

Міністерство освіти та науки України
Національна металургійна академія України

Теорія та методика
навчання
математики, фізики,
інформатики

*Збірник наукових праць
Випуск V*

Том 2

Кривий Ріг
Видавничий відділ НМетАУ

2005

Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. Випуск V: В 3-х томах. – Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2005. – Т. 2: Теорія та методика навчання фізики. – 401 с.

Збірник містить статті з різних аспектів дидактики фізики і проблем її викладання в вузі та школі. Значну увагу приділено проблемам розвитку методичних систем навчання фізики та застосування засобів інформаційно-комунікаційних технологій навчання фізики у шкільній та вузівській практиці.

Для студентів вищих навчальних закладів, аспірантів, наукових та педагогічних працівників.

Редакційна колегія:

В.М. Соловйов, доктор фізико-математичних наук, професор

Є.Я. Глушко, доктор фізико-математичних наук, професор

О.І. Олейніков, доктор фізико-математичних наук, професор

М.І. Жалдак, доктор педагогічних наук, професор

П.С. Атаманчук, доктор педагогічних наук, професор

В.І. Клочко, доктор педагогічних наук, професор *Ю.О.*

Дорошенко, доктор технічних наук, професор *О.Д.*

Учитель, доктор технічних наук, професор

І.О. Теплицький, відповідальний редактор

С.О. Семеріков, відповідальний секретар

Рецензенти:

Г.Ю. Маклаков – д-р техн. наук, професор кафедри кібернетики та обчислювальної техніки Севастопольського національного технічного університету, науковий керівник лабораторії біокібернетики, дійсний член Міжнародної академії біоенерготехнологій

А.Ю. Ків – д-р фіз.-мат. наук, професор, завідувач кафедри теоретичної фізики Південноукраїнського державного педагогічного університету (м. Одеса)

ISBN 966-537-619-2

**СУЧАСНА ІСТОРІЯ МЕТОДИКИ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ: СЛОВО
ПРО ВЧИТЕЛЯ**



На 69 році обірвалося життя відомого вченого, академіка Міжнародної педагогічної академії (з 1998 року), доктора педагогічних наук (з 1991 року), професора, завідувача кафедри фізики та методики її викладання Запорізького державного університету Сергеєва Олександра Васильовича.

Олександр Васильович народився 29 травня 1935 року в селі Барабой, Овідіопільського району, Одеської області в сім'ї залізничника. У 1954 р. закінчив середню школу № 32 Одеської залізниці на станції Колосівка і вступив на фізичний факультет Одеського державного університету. Після закінчення в 1961 році університету працював учителем фізики, потім – асистент кафедри фізики Белгородського педагогічного інституту, аспірант кафедри методики викладання фізики Ленінградського педагогічного інституту (1966–1969 р.р.), завідувач кафедри загальної і теоретичної фізики Актюбінського педагогічного інституту (1969–1973 р.р.), завідувач кафедри методики викладання фізики та ТЗН Запорізького державного педагогічного інституту (1973–1985 р.р.). У Запорізькому державному університеті працював з дня його заснування, тобто з 1985 року. Докторську дисертацію захистив 1991 року, а 1998 року його обрано академіком. З 1991 р. очолив кафедру фізики та методики її викладання Запорізького державного університету.

Постійна праця в бібліотеках, наукове спілкування зі знайомими вченими-методистами (яке він так любив і вважав необхідною умовою творчої діяльності вченого), його величезна ерудиція, широкий спектр наукових інтересів, колосальна працездатність дозволили йому стати справжнім професіоналом своєї справи.

Науковий доробок Олександра Васильовича не може не вражати. З під його пера вийшло більше 550 наукових праць, з яких 21 книга та понад 40 методичних посібників для вчителів і студентів.

Уже перші кроки науково-методичної діяльності показали непересічний талант та широту наукових інтересів Олександра Васильовича, прагнення відійти від окремих “рецептів” навчання фізики, здатність до чіткого наукового аналізу та широких узагальнень. У 1965–1966 р.р. він опублікував 6 статей у журналі “Фізика в школі”, в яких досліджуються питання змісту і структури шкільного курсу фізики, міжпредметних зв'язків фізики та математики, використання спостережень учнів у навчальному процесі, проблемності при вивченні фізики у восьмирічній школі та методики ви-

вчення окремих питань шкільного курсу фізики, зокрема, виявлення намагнічування тіл у магнітному полі Землі [1–6]. В цей же період виходить його перша книга, присвячена учнівським рефератам з фізики [7]. Логічним результатом науково-методичних досліджень Олександра Васильовича став захист у 1970 р. кандидатської дисертації з методики викладання фізики, присвяченої спостереженням учнів з фізики на першому ступені навчання.

На початку 70-х років Олександр Васильович проводить перші дослідження з історії методики навчання фізики. Вони стосуються періодизації вітчизняної історії методики навчання фізики, тенденцій її розвитку, історико-методологічних основ підготовки майбутніх вчителів фізики, структури факультативного курсу “Історія методики навчання фізики в школі”, а пізніше – теоретичних проблем, досвіду організації і викладання однойменного спецкурсу. Істотним доповненням історико-методичних досліджень стали його рецензії науково-методичних матеріалів. Протягом другої половини 70-х – початку 90-х років він давав кваліфіковану оцінку багатьом тодішнім публікаціям в царині методики навчання фізики та педагогіки. Рецензії нерідко мали полемічний характер, були вагомим внеском у поглиблення історіографічної рефлексії з методики навчання фізики.

На початку 80-х років Олександр Васильович інтенсивно працював над удосконаленням підготовки майбутніх учителів фізики. В цей період він підготував серію матеріалів, які слугували методичним забезпеченням курсу “Методика навчання фізики” та супутніх йому курсів, а саме: методичні рекомендації до лекційного курсу, семінарських занять, шкільного фізичного експерименту, до курсів “Практикум з розв’язування фізичних задач”, “Міжпредметні зв’язки у викладанні фізики”, “Позакласна робота з фізики в середній школі”, “Історія методики викладання фізики в середній школі”, “Дидактичні основи розвитку творчих здібностей учнів у процесі навчання фізики”, з організації та проведення педагогічної практики (зміст, організація, підготовка і проведення уроків, позакласна та науково-дослідна робота з методики викладання фізики під час педагогічної практики). Лекції Олександра Васильовича відрізнялися високою науковістю, досконалим професіоналізмом. Для нього був характерним творчий підхід до проведення занять: розроблена ним авторська система навчання відзначалася стрункістю, націлювала на плідну роботу, їй була притаманна продумана прагматична мотивація всіх етапів навчальної діяльності студентів, яка практично унеможлилювала пропуски ними навчальних занять. Завдяки непересічному таланту, помноженому на копітку працю, він завжди був на крок попереду у науково-методичних дослідженнях і педагогічній діяльності. Олександр Васильович у навчанні методики фізики запроваджував основи технологічного підходу до її вивчення студентами. Усі курси лекцій, семінарських і лабораторних занять, спеціальних курсів були забезпечені оригінальними друкованими методичними розробками. Заняття передбачало вимоги до орієнтування викладачу часі, опрацювання великого кола першоджерел з

методики навчання фізики. Практично кожне заняття супроводжувалося методичними задачами на основі реальних ситуацій із практики викладання фізики. Задачі переходили в інші покоління студентів і ніби починали жити окремим життям. Ці педагогічні задачі на матеріалі методики фізики значно випередили час у порівнянні з традиційним вивченням і прискорили становлення сучасної дидактики. Розроблена ним і впроваджена у навчальний процес Запорізького державного університету новаторська система навчальних занять багато в чому передувала кредитно-модульній системі навчання, що тільки починає використовуватися у вищих навчальних закладах України.

У 1991 р. він захистив докторську дисертацію з методики навчання фізики [8], у якій досліджено становлення та розвиток історії методики навчання фізики в середній школі як наукової дисципліни. Розглядаючи історію методики навчання фізики як одне із невичерпних джерел методичних ідей, Олександр Васильович вперше сформулював принципи періодизації та основні періоди розвитку методики навчання фізики. Ним розроблені і обґрунтовані критерії періодизації методики навчання фізики, виділені основні періоди її розвитку, що дозволило виявити головні досягнення і тенденції розвитку методичної думки, а також встановити потенціальні можливості методики фізики як наукової дисципліни, невикористані резерви практичної творчої діяльності вчителів-новаторів. У дисертації також досліджено проблему наукового прогнозування в методиці навчання фізики та методологічні аспекти історико-методичних досліджень.

90-і роки ХХ ст. – найбільш плідний період наукової діяльності Олександра Васильовича, коли він постає як генератор інноваційних методичних ідей та вдумливий науковий керівник окремих дослідників і наукових колективів. Умовно можна виділити три напрямки науково-методичних досліджень, що проводилися за його керівництва в цей час: 1) Фундаментальна підготовка майбутнього вчителя фізики до вирішення професійних завдань; 2) Розробка і реалізація технологій навчання фізики в середній школі; 3) Історія методики навчання фізики.

У рамках першого напрямку інтенсивно розроблявся акмеологічний підхід до підготовки вчителя фізики у вищому навчальному закладі, що передбачав чітке виділення міждисциплінарних понять на основі аналізу міжпредметних зв'язків, поглиблення та поширення раніше вивчених понять (законів) при викладанні дисциплін загальнопрофесійного і спеціального циклів на основі принципу послідовності, формування узагальнених знань та умінь, необхідних для виконання комплексних завдань, підвищення зацікавленості до загальнонаукових дисциплін на основі мотивації вивчення загальнопрофесійних і спеціальних предметів, ефективну реалізацію єдності науки та практики, використання наукових знань при досягненні практичних цілей. Олександром Васильовичем сформульований акмеологічний принцип підготовки фахівців, що має два рівні застосування [9]. Увузькому

розумінні він вимагає виявлення найбільш значущих фактів, явищ, законів, теоретичних залежностей із фундаментальних наук, знання яких необхідне для засвоєння наступних дисциплін загальнопрофесійного і спеціального циклів, тобто виявлення оптимального мінімуму знань, умінь і навичок (що відповідає теперішньому розумінню державних освітніх стандартів) із змісту фундаментальних наук для успішного оволодіння конкретною спеціальністю. У більш широкому розумінні акмеологічний принцип визначає взаємозв'язок загальної і професійної (спеціальної) освіти. І в цій якості він уже постає як синтетичний принцип, що містить такі дидактичні принципи, як принцип наступності, принцип міжпредметних зв'язків, принцип системності, принцип інтеграції та ін., які у своїй сукупності, виходячи із кваліфікаційної характеристики майбутнього спеціаліста, визначають якість його підготовки в оптимально стислі терміни. Для реалізації акмеологічного принципу створювалися акмеологічні технології професійної підготовки майбутнього вчителя фізики, обґрунтовувалися теоретичні засади побудови дидактичної системи цієї підготовки до творчості у професійній діяльності, проводилося моделювання фундаментальної підготовки студентів, вносилися концептуальні зміни до професіограми майбутнього вчителя фізики.

У рамках технологічного підходу до навчання фізики у середній школі досліджувалися інновації як джерело інтенсифікаційних процесів у сучасній середній школі, розроблялися технології модульного, концентрованого, ігрового та активного навчання фізики, форми, методи і засоби навчання в умовах технологізації навчального процесу з фізики, застосування нових інформаційних технологій, інноваційні аспекти використання задач, досліджувалася проблема інтеграції знань учнів з фізики та інших навчальних предметів.

Продовжувалися дослідження з історії методики навчання фізики. Була розв'язана проблема становлення і розвитку наукових шкіл методики фізики, реалізації їх інтегративних функцій як напрямку у розвитку методичної думки. Розроблена періодизація історії методики навчання фізики в Україні, висвітлено місце і значення історичного підходу у методиці навчання розв'язуванню і складанню фізичних задач.

Воїстину подвижницька наукова праця на теренах вітчизняної методики навчання фізики, напружена педагогічна діяльність не завадила йому підготувати 12 кандидатів та 2 доктори педагогічних наук зі спеціальності "Теорія і методика навчання фізики". Він допомагав дослідникам обирати актуальні теми, формулювати та вирішувати науково-методичні проблеми, вчив умінню аналізувати й осмислювати педагогічні явища, аргументовано відстоювати свої позиції, націлював на копітку роботу в бібліотеках, у школах, на уважне і детальне вивчення та аналіз навчального процесу з фізики.

Олександр Васильович був дуже уважним, вимогливим і навіть прискіпливим науковим керівником, не терпів верхоглядства та недбалості в роботі, і разом з тим ці якості органічно поєднувалися з великою повагою, людя-

ністю та широю доброзичливістю.

У залученні до науково-дослідної, пошукової роботи студентів з методики навчання фізики Олександр Васильович великого значення надавав курсовим роботам. При цьому він любив цитувати слова патріарха методики викладання фізики П.О. Знаменського (Ленінградський педінститут ім. О.І. Герцена), що майбутнього вчителя фізики найкраще можна впізнати саме за рівнем виконання курсової роботи з методики і що курсова, дипломна робота з методики навчання фізики неможлива без історичного аналізу проблеми “історії питання”. Відзначимо, що знання “історії питання” все ще залишається дуже актуальною та досить болючою проблемою і культури сучасних педагогічних досліджень, коли автори часто і густо свідомо чи несвідомо “відкривають” давно відкрите і далеко не нове, лише вводячи нові гасла і термінологію. Як історик методики навчання фізики, Олександр Васильович це розумів і завжди дотримувався вимог такого собі своєрідного “морального кодексу” науковця.

Отже, обов’язковою вимогою до кваліфікаційних робіт з методики навчання фізики було розкриття історії питання з максимально можливою “глибиною патентного пошуку”. Починали студенти з вивчення підшивки журналу “Фізика в школі”, яка в результаті користувалася великою популярністю у читальному залі, та періодичних науково-методичних збірників статей. Так само обов’язковою вимогою було самостійне визначення і написання студентами методологічної, концептуальної частини дослідження: формулювання мети і завдань дослідження, методологічної основи, новизни отриманих результатів, доказової частини дослідження, формулювання загальних висновків.

Олександр Васильович ще в ті “семидесяті” на заняттях демонстрував приклади, як тепер би назвали, “особистісно-орієнтованого” навчання. У відповідності до теми заняття, студенти могли почути персоналії з методики навчання фізики і зацікавлено проаналізувати разом з лектором шлях у науку, наукові здобутки того чи іншого конкретного автора, цікаві випадки із його життя, друковані видання і приклади їх використання на практиці. Більшість з наведених прикладів супроводжувались спогадами лектора про особисте спілкування, знайомство і наукову співпрацю. Так, наприклад, Олександр Васильович Пьоришкін залишався у пам’яті студентів не лише як академік, лауреат Державної премії, автор багаторазових перевидань підручників фізики для середньої школи, науково-методичних праць, але і як непересічна людина, талановитий вчитель фізики, репетитор дітей Й. Сталіна, керівник наукової школи, рецензент наукових статей і рукописів, який взяв участь у становленні наукового шляху майбутнього аспіранта О.В. Сергєєва. Саме О.В. Пьоришкін після аналізу наукового напрямку рукопису у нетрадиційній формі – письмовому зверненні-рецензії до молодого починаючого автора порадив йому навчання в аспірантурі Ленінградського ДПІ ім. О.І.Герцена.

Виконанню курсових робіт передувала велика і копітка робота завідувача кафедри: формувався перспективний перелік тематики робіт на 5 років з тим, щоб вона не повторювалась щонайменше в цей період. Всю свою ерудицію, знання історії та напрямків розвитку сучасної проблематики методики викладання фізики він вкладав у цю перспективну тематику курсових робіт. Процедури організації написання і захисту курсових робіт з самого початку мали, користуючись сучасною термінологією, “прозорий” характер. Студенти заздалегідь обирали собі теми дослідження (саме теми, а не наукового керівника). Відбувався справді публічний захист робіт з попередніми письмовими оголошеннями-графіками, обов’язковими письмовими рецензіями і “зовнішніми” відзивами. У публічному захисті брали участь і студенти інших курсів. Велика увага приділялась умінню студента належно презентувати свою роботу з використанням технічних засобів навчання, демонстрацій, таблиць і т.д. Не було такого випадку, коли б Вчитель відмовив у змістовній і глибокій консультації з курсової роботи будь-якому студенту (з наданням літератури із власної бібліотеки), незалежно від того, був він його науковим керівником чи ні.

Не дивно, що студенти відзначали: з методики викладання фізики важко написати і захистити курсову роботу, але потім вже легко працювати над дипломною роботою. Воістину справджувався принцип О.В. Суворова, з яким до речі, з гумором порівнював себе інколи Вчитель (швидше за все, через співпадання ім’я та по-батькові): важко у навчанні, легко у бою. Як наслідок, зазвичай курсові роботи переростали в науково-дослідні конкурсні студентські роботи, дипломні роботи, науково-методичні публікації і навіть дисертації. Сама поява і кількість студентських публікацій під керівництвом Вчителя були дуже рідкісними для часів колишнього СРСР, коли друковані статті і матеріали дуже обмежувалися і піддавалися цензурі. Кількість дипломних робіт з методики навчання фізики на випускному курсі ставала вражаючою (і це в ті часи, коли написання дипломної роботи студентами педагогічних вузів було не обов’язковим). Цікаво і символічно, що одна з перших тем курсових робіт студентів за 1975 рік зберегла свій науковий напрям і пройшла у своєму розвитку шлях до дипломної роботи (1977 рік), першої кандидатської дисертації Олександра Васильовича як наукового керівника (1986 рік), а потім і докторської дисертації з теорії і методики навчання фізики. Інші афоризми, які наводив у спілкуванні з учнями і керувався у своїй діяльності Вчитель, теж досить символічні і натхненні – пам’ятає у В. Каверіна із книги “Два капітани”: “Бороться і искать, найти и не сдаваться...”. Інший вислів-гасло із класиків діалектики: у науці немає стовпової дороги.

Професор Сергеев О.В. був не просто завідувач кафедри – він її створив, зберіг за не дуже сприятливих обставин, зробив її авторитетною в ЗДУ, відомою в столиці, в Україні, в країнах близького зарубіжжя. Це справжній організатор кафедри, усього її життя і, щонайперше, її наукової діяльності.

О.В. Сергєєв не без підстав пишався науковою школою, до якої він належав (П.О. Знаменський, А.П. Римкевич, Є.В. Савьолова та ін.), завжди тепло і з вдячністю згадував свого наукового керівника Євгенію Василівну Савьолову. Але водночас він активно співпрацював з іншими науковими школами Москви, Києва і став фундатором наукової школи з методики фізики у Запоріжжі. Мав енциклопедичні знання з історії розвитку методики викладання фізики в Україні. Намагався не пропускати жодної тематичної науково-практичної конференції, завжди ретельно готувався до виступів згідно з визначеними напрямками роботи, адже, за його словами, хтось повинен це робити для нового покоління методистів-початківців, з поваги до визначеної проблеми та організаторів конференції і т.п. Донецьк, Київ, Кам'янець-Подільський, Кіровоград, Кривий Ріг, Львів, Миколаїв, Москва, Чернігів, Херсон – ось лише частина пам'ятної “географії виступів” Учителя на конференціях за останні роки. Був дуже обов'язковим у справі наукової атестації педагогічних кадрів та відповідних наукових процедур: завжди когось із колег невимушено консультував, рецензував якісь численні рукописи і статті, оформляв відзиви і “терміново” їх передавав, часто з вокзалів, знаючи ціну для аспіранта чи здобувача здавалось би звичайних паперів.

Його хоббі – наука і все, що з нею зв'язане: конференції, аспіранти, докторанти, наукові праці, студентська творчість. Він і свою щорічну відпустку старанно планував заздалегідь: що саме і в які терміни він мусив написати, прорецензувати, подати, відіслати. Слугував зразком у дотриманні виконавської дисципліни: будь-яку роботу він виконував наперед, заздалегідь, раніше встановленого терміну і вимагав цього від інших.

Розумів і цінував доречний гумор. У нього не було поганого настрою ніколи: він був завжди один і той же – робочий...

Здобувши майже всі можливі найвищі наукові титули, він залишався простим, доступним, людяним.

Шанував і дорожив чесно кафедри, гідністю її членів. Поважав рідний університет, турбувався про його імідж, дбав про його престиж.

Є у старовинному і величному головному корпусі Запорізького національного університету на третьому поверсі аудиторія, стіни якої пам'ятають історію по-особливому. У ній звично чути дзвінки, студентські голоси, лаконічне і логічне пояснення викладача під стукіт крейди. Здається от-от звідти вийде енергійною ходою усміхнений, доброзичливий Вчитель, ім'я якого викарбуване на меморіальній дошці.

Література:

1. Сергеев А.В. О содержании и структуре курса физики восьмилетней школы // Физика в школе. – 1965. – №4.
2. Сергеев А.В. О связи преподавания школьных курсов физики и математики // Физика в школе. – 1965. – №5.
3. Сергеев А.В. Наблюдение физических явлений в быту и природе // Физика в школе. – 1965. – №6.
4. Сергеев А.В. Кружок по изучению проекционной аппаратуры // Физика в школе. – 1966. – №1.
5. Сергеев А.В. Обнаружение намагничивания тел в магнитном поле Земли // Физика в школе. – 1966. – №2.
6. Сергеев А.В. Использование наблюдений учащихся в учебном процессе // Физика в школе. – 1966. – № 4.
7. Сергеев О.В. Учнівські реферати з фізики: Посібник для вчителів. – К.: Рад. школа, 1966. – 157 с. (у співавторстві з В.П.Баланенко).
8. Сергеев А.В. Становление и развитие истории методики преподавания физики в средней школе как научной дисциплины. Дисс. ... д-ра пед. наук (13.00.02. –теория и методика преподавания физики). – Запорожье, 1989.
9. Сергеев О.В. Акмеологічний принцип: його сутність і призначення / Педагогічні науки. Збірник наукових праць. Вип. 15. Ч.1. – Херсон: Айлант, 2000. – С.147-154 (у співавторстві з І.Богдановим).

ОРГАНІЗАЦІЯ ОБГОВОРЕННЯ ГОЛОВНОЇ ІДЕЇ ТА ПЛАНУ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ФІЗИЧНОЇ ЗАДАЧІ

І.С. Аксьонов, Ю.П. Мінаєв^а, Н.І. Тихонська^б
м. Запоріжжя, Запорізький національний університет
^аminaevy@mail.ru
^бn_tikhonskaya@mail.ru

Нами пропонується методична розробка одного уроку з теми “Фізика атома та атомного ядра”, на якому організоване обговорення головної ідеї та розгорнутого плану розв’язування фізичної задачі.

Вибір такої форми уроку обґрунтований можливістю залучити всіх учнів до розв’язування задач високого рівня зі “Збірника різнорівневих завдань для державної підсумкової атестації з фізики” (за ред. І.М.

Гельфгата). Учні при цьому займають активну позицію у побудові стратегії розв’язування задачі. Такий підхід привчає звертати особливу увагу на головну ідею, бо без цього неможливо утримати у пам’яті весь хід розв’язування.

Проілюструємо це на прикладі задачі з вищезгаданого збірника (№16.43).

Задача. Протон з кінетичною енергією 5,0 МеВ налітає на нерухоме ядро ${}^7_3\text{Li}$. У результаті реакції вилітають дві α -частинки з однаковими енергіями. Знайдіть кут між напрямками руху α -частинок.

Коментар. Вчитель починає обговорювати з учнями підхід до розв’язування цієї задачі. Він зазначає, що перш за все треба зробити аналіз фізичної ситуації та визначитися з рівняннями, які її описують.

Текст діалогу. *Вчитель (В):* Для того, щоб з’ясувати, які рівняння описують рух частинок, про які йдеться в умові задачі, треба відповісти на запитання: “Ці частинки релятивістські чи нерелятивістські?”. Від цього залежатиме вигляд рівнянь, які будуть використовуватися для розв’язку. Протон, що налітає на нерухоме ядро, є релятивістською чи нерелятивістською частинкою?

Учень (У1): А в чому полягає різниця між ними?

У2: Релятивістські частинки мають швидкості, близькі до швидкості світла, на відміну від нерелятивістських, швидкості яких набагато менші.

В: Підказка: щоб відповісти на поставлене запитання треба порівняти енергію спокою частинки з її кінетичною енергією. Поясніть — чому?

У1: Чим більша швидкість руху частинки, тим більша її кінетична енергія. І якщо ця енергія, наприклад, буде набагато менша за енергію спокою, яка розраховується за формулою $E = m_0 c^2$, де m_0 – маса спокою, то можна дістатися висновку, що швидкість руху частинки буде набагато менша, ніж швидкість світла c .

В: Гарзд. Давайте зробимо відповідне порівняння за допомогою роз-

рахунків. Нагадую, що наприкінці збірника завдань міститься додаток з фізичними сталими. В ньому є інформація про масу та енергію спокою протона, а також інші необхідні дані.

У1: За табличними даними ця енергія набагато більша за кінетичну (938,26 MeV \gg 5 MeV). Отже, можна зробити висновок, що протон у даній задачі нерелятивістський.

В: Треба ще з'ясувати, чи відбувається ядерна реакція? Якщо так, то треба буде визначитися, збільшується кінетична енергія розглядуваної системи чи зменшується?

У2: В умові задачі йдеться про зіткнення протона з нерухомим ядром літію ${}^7_3\text{Li}$, у результаті якого з'явилися дві α -частинки. Це і є ядерною реакцією за означенням.

В: Чи вистачить для розв'язку задачі використання тільки закону збереження енергії?

У2: В задачах на зіткнення в механіці ми завжди використовували поряд з законом збереження енергії закон збереження імпульсу.

В: Вірно, треба записати також закон збереження імпульсу. Причому модуль імпульсу раціональніше попередньо виразити через енергію.

У1: Чи вірно я зрозумів хід розв'язку? По-перше, необхідно з'ясувати, збільшиться чи зменшиться кінетична енергія системи в результаті ядерної реакції, та не забути врахувати це, записуючи закон збереження енергії. По-друге, треба записати закон збереження імпульсу, використовуючи значення енергії частинок.

В: Так. Чи є запитання щодо реалізації цього плану?

У3: Як розраховується зміна кінетичної енергії системи?

В: Хто може відповісти на це запитання?

У1: Для цього застосовується формула $\Delta E = \Delta mc^2$, де Δm – різниця мас спокою частинок, які вступили до реакції, та тих, що утворилися в її ході.

Але перед тим, як почати робити розрахунки, треба обов'язково визначити, які частинки брали участь у ході ядерної реакції.

У2: До реакції існували протон, що літів, та нерухоме ядро літію ${}^7_3\text{Li}$. Після реакції утворилися дві α -частинки.

У3: Рівняння, що відбиває ідею закону збереження енергії, матиме такий вигляд: $E_p + \Delta E = 2E_\alpha$, бо кінетичні енергії α -частинок однакові.

В: Вірно. А як буде виглядати закон збереження імпульсу, записаний через значення кінетичних енергій?

У2: Спочатку треба згадати, як зв'язані між собою кінетична енергія та імпульс частинок.

У1: За формулою $E = p^2/2m$.

У2: Ага, тоді $p = \sqrt{2mE}$. Але закон збереження імпульсу треба писати

у векторному вигляді, а нам невідомі напрямки векторів імпульсів α -частинок.

В: Сумарний імпульс системи до взаємодії мав певний напрямок. Він співпадав з напрямком руху протона, бо ядро, з яким він зіткнувся, не рухалося. Після взаємодії сумарний імпульс системи не змінився. Тому можна стверджувати, що вектор імпульсу протона до взаємодії і вектори імпульсів α -частинок після взаємодії знаходяться в одній площині. Який висновок з цього можна зробити щодо проєкцій імпульсів α -частинок на напрямок, перпендикулярний до початкового імпульсу системи?

У3: За законом збереження імпульсу сума проєкцій імпульсів на цей напрямок повинна дорівнювати нулю, бо система не мала імпульсу у цьому напрямку. Отже, проєкції імпульсів α -частинок на цей напрямок рівні за модулем та протилежні за знаком.

В: Тому можна казати про те, що частинки розлітаються під однаковими кутами до напрямку руху протону. Позначимо через γ кут розльоту α -частинок. Як тоді записати суму проєкцій їхніх імпульсів у зазначеному напрямку?

У3: У зв'язку з тим, що енергії α -частинок однакові, то і їхні імпульси за модулем також будуть однакові: $p_\alpha = \sqrt{2m_\alpha E_\alpha}$. А сума проєкцій імпульсів на напрямок руху протона буде складати $2 p_\alpha \cos \gamma_2 \mp 2 \sqrt{2m_\alpha E_\alpha} \cdot \cos \gamma_2$.

Коментар. Учня пропонується продовжити розв'язувати задачу самостійно. Але їм надається можливість поставити вчителю запитання про будь-який крок у розв'язку, що викликав певні труднощі. Таким чином, вчитель вчасно приходить на допомогу.

У2: У мене є питання щодо визначення різниці мас спокою частинок, які вступили до реакції, та тих, що утворилися в її ході. Я не знаю, де знайти масу α -частинки?

В: α -частинка – це ядро атома гелію ${}^4\text{He}$. Отже, треба звернутися до відповідної таблиці у додатках до збірника завдань.

У2: У таблицях збірника значення ядер відсутні. Є тільки таблиця мас атомів деяких ізотопів.

В: Уважно подивіться на цю таблицю. У дужках після її заголовку є інформація щодо визначення маси ядра: можна відняти від маси атома сумарну масу його електронів.

Коментар. Це твердження треба додатково обґрунтувати. Але не зараз, бо важливо не втратити лінію розв'язку.

Багато учнів починає визначати кількість електронів в атомі гелію та літію задля того, щоб визначити відповідні маси ядер. Але можна зрозуміти, що це не обов'язково робити у даній задачі. Дійсно, якщо у формулі для розрахунку різниці мас спокою частинок, які вступили до реакції, та тих, що утворилися в її ході, замінити маси ядер масами відповідних атомів, то відповідь не зміниться, бо під час розрахунків сумарні маси електронів все одно будуть взаємно знищуватися. Маса протона прийдеться замінити масою

атома ${}^1_1\text{H}$. Буде добре, якщо вчитель потім особливо відмітить тих, хто зробив це ${}^1_1\text{H}$ "відкриття" самостійно.

Учні записують рівняння для визначення різниці мас у такому вигляді:
 $\Delta m = m_1 + m_2 - 2m_3$. Далі підставляють числові значення і отримують

$${}^1_1\text{H} \quad {}^3_1\text{H} \quad {}^2_2\text{He}$$

відповідь: $\Delta m = 1,00783 + 7,01601 - 2 \cdot 4,0026 = 0,01864$ (а.о.м.)

Для розрахунку енергетичного виходу ядерної реакції вчитель пропонує скористатися коефіцієнтом пропорційності між одиницями виміру маси й енергії, що міститься у додатках до збірника. Це значно скорочує розрахунки. Але бажано також надати можливість учням дійти до цього самостійно.

Далі школярі отримують таке значення енергетичного виходу:

$$\Delta E = 0,01864 \text{ а.о.м.} \times 931,5 \text{ MeV} \Big|_{\text{а.о.м}} = 17,4 \text{ MeV.}$$

Далі розв'язується система рівнянь, в якій значення ΔE вже вважається

$$E_p + \Delta E = 2E_\alpha$$

відомим: $\sqrt{2m E_p} = 2 \sqrt{2m E_\alpha} \cdot \cos \gamma / 2$

Багато учнів потребують допомоги вчителя. Він надає її кожному у міру потреби.

З першого рівняння системи учні знаходять енергію α -частинок E_α і підставляють у друге рівняння системи. Потім виражають шуканий кут γ :

$$\gamma = 2 \arccos \sqrt{\frac{m_p E_p}{m_\alpha E_\alpha}} = 2 \arccos \sqrt{\frac{1 \cdot 5}{1 \cdot 5}} \approx 160^\circ.$$

Тут треба звернути увагу учнів на те, що в останню формулу доречно підставляти наближені значення m_p і m_α . В атомних одиницях маси вони дорівнюватимуть кількості нуклонів, з яких складаються ці частинки, тобто для протона $m_p \approx 1$ а.о.м., а для α -частинки $m_\alpha \approx 4$ а.о.м.

Оскільки для отримання чисельного значення відповіді будуть використовуватися калькулятори, не завадить нагадати, що не потрібно записувати у відповідь усі цифри, які з'явилися на табло. Навіть такий запис, який ми навели, є перебільшенням точності.

Зазначимо принагідно, що значення мас та енергій у даному випадку не треба переводити у СІ, бо перевідні коефіцієнти все одно б скоротилися.

Задача вже розв'язана, але існує питання, до якого доцільно повернутися: "Як обґрунтувати твердження, що міститься у додатках до збірника, про те, що для визначення маси ядра можна відняти від маси атома сумарну масу його електронів?".

VI: За модельними уявленнями атом складається з ядра та електронів. Зрозуміло, що маса цілого дорівнює масі його складових. Отже, маса атома

дорівнює сумі мас ядра та всіх електронів в атомі.

В: Чому тоді сума мас нуклонів в ядрі не дорівнює сумі мас цих нукло-

нів, але взятих окремо?

У2: Бо існує певний зв'язок частинок в ядрі. Для того, щоб його „розбити” треба виконати роботу проти ядерних сил, які утримують нуклони у ядрі.

В: А чи немає подібного зв'язку між електронами та ядром в атомі?

У1: Дійсно, негативно заряджені електрони повинні притягуватися позитивно зарядженим ядром і відштовхуватися між собою. Тому треба враховувати цей зв'язок.

В: Давайте зробимо оцінку для енергії зв'язку електрона з ядром атома. Для цього корисно пригадати, яку роботу треба виконати, щоб іонізувати, наприклад, атом водню?

У3: Коли ми розглядали схематичне зображення енергетичних рівнів атома водню, найнижчий рівень відповідав значенню – 13,6 еВ. Отже, для іонізації з основного стану електрону потрібно надати енергію 13,6 еВ.

В: У скільки разів відрізняється ця енергія від енергії спокою електрона?

У1: За табличними даними енергія спокою електрона дорівнює 0,5 МеВ. Отже, енергія зв'язку електрона з ядром набагато менша за енергію спокою електрона. Ось і виходить, що нею можна знехтувати.

Запропонований спосіб організації уроку розв'язування задач високого рівня, на наш погляд, є більш дієвим, ніж традиційний, коли розв'язок отримує вчитель, або один учень біля класної дошки під його безпосереднім керівництвом.

Перевага, на наш погляд, полягає у можливості визначити загальний напрямок розв'язування задачі в цілому. Це є важливим з точки зору сприйняття процесу розв'язування не як послідовності майже не пов'язаних між собою кроків, а як усвідомлення фізичної сутності явищ, що згадуються в умові. Учень, який достатньо уважно слідкує за ходом такого уроку, та ще й бере активну участь в обговоренні, має краще засвоїти і теоретичний матеріал, бо цілеспрямовано застосовує його при розв'язуванні задачі. Це допоможе учневі у майбутньому розв'язувати задачі самостійно.

Ми маємо на меті у подальшому підготувати посібник з методичними розробками запропонованого типу. Вважаємо, що він був би корисним для шкільних учителів фізики, особливо початківців.

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ФАХОВИХ ЯКОСТЕЙ МАЙБУТНЬОГО УЧИТЕЛЯ ФІЗИКИ В УМОВАХ ОСОБИСТІСНО-ОРІЄНТОВАНОГО НАВЧАННЯ

П.С. Атаманчук, В.В. Мендерецький
м. Кам'янець-Подільський, Кам'янець-Подільський державний університет
k-pdu_mvfv@mail.ru

Складність і неоднозначність соціальних змін, що відбуваються в нашому суспільстві, ставлять педагога перед необхідністю ціннісного самовизначення, вимагають від нього реалізації демократичних і гуманістичних принципів у педагогічній діяльності, підвищення рівня його професійної підготовки. Це вимагає переходу від типових педагогічних технологій навчання до особистісно-орієнтованих [1, 7, 9, 10]. Цю проблему досліджували відомі психологи сучасності К.О. Абульханова-Славська, О.Г. Асмолов, Г.О. Балл, І.Д. Бех, В.В. Давидов, В.О. Моляко, А.В. Петровський, В.В. Рибалка, В.В. Столін, В.О. Татенко, Т.М. Титаренко, І.С.Якиманська.

Філософсько-педагогічні аспекти особистісно-орієнтованого навчання у педагогіці визначили Е.В. Бондаревська, С.У. Гончаренко, І.А. Зязюн, О.В. Киричук, В.Г. Кремень, О.Я. Савченко, В.В. Серіков, Л.М. Фрідман. Сьогодні існує значна кількість теоретичних концепцій такого навчання. Проте, наукова думка ще не дає однозначної й аргументованої відповіді на питання про сутність психолого-педагогічних умов, що забезпечують процес розробки і впровадження особистісно-орієнтованих технологій у систему вищої педагогічної освіти. Тому що система освіти у вищих педагогічних навчальних закладах базується, переважно, на підходах, у яких більш значущими виступають дії викладача, що навчає, виховує і спрямовує діяльність студента на визначену спеціальність.

Найважливішими ознаками особистісно-орієнтованого навчання академік О.Я. Савченко вважає багатоваріативність методик і технологій, уміння організовувати навчання одночасно на різних рівнях складності, утвердження всіма засобами цінності емоційного благополуччя, позитивно-го ставлення до світу, тобто внутрішньої мотивації [8].

Використання в дидактичній практиці поняття «суб'єкт» стосовно того, хто навчається, вимагає уточнення його змісту. Суб'єктом є певна молода особа чи група студентів, які розглядаються в бутті й разом із пізнанням буття творять його. Зміни в бутті ведуть до зміни суб'єкта як частини буття. Отже, ця взаємодія діалектична: буття творить суб'єкта, а суб'єкт творить буття. Таке розуміння суб'єкта надзвичайно важливе для дидактики. У процесі навчально-пізнавальної діяльності студент стає суб'єктом, тобто потенційно готовим до самоактуалізації, самовизначення, саморозвитку і самореалізації у професійній діяльності, а ставши суб'єктом цієї діяльності, він змінює дійсність.

Навчання має ґрунтуватися на приматі суб'єктності людини як суб'єкта уміння, визнання за нею права на самовизначення і самореалізацію в навчально-пізнавальній діяльності через оволодіння її способами, що передбачає пристосування освіти до неї, а не навпаки, як у традиційному навчанні. Таке твердження вимагає кардинальної зміни мети й ціннісних орієнтацій навчального процесу, оновлення змістового компонента і його гуманітаризації, перебудови технології та її гуманізації й демократизації, зміни методики діяльності педагога та розширення в ній технології співробітництва, коригування характеру навчально-пізнавальної діяльності того, хто навчається як суб'єкта навчального процесу.

Все це кардинально змінює функції навчального процесу, основними серед яких стають виховна, розвивальна і функція самовдосконалення, а не освітня – як у традиційній системі. В такому розумінні освіта справді гуманізується, бо вона всебічно сприятиме збереженню та розвитку екології людини, допомагатиме її інтелектуальному, духовному й фізичному збагаченню, ненасильницькій соціалізації в умовах навчально-пізнавальної діяльності.

Це автоматично вимагає суттєвої корекції змісту освіти та шляхів і методів її реалізації. Змістовий компонент навчального процесу має охоплювати, з одного боку, все те, що потрібно для формування і розвитку особистості, а з іншого – для формування особистості професіонала.

Під час конструювання і реалізації навчального процесу виявляється суб'єктний досвід кожної людини, його соціалізація в умовах освітньо-виховних систем, бо «в межах особистісного підходу суттєво змінюються орієнтири, за якими відбувається життя людини та її взаємодія з соціальним середовищем і професійними подіями. Саме діяльність стає засобом розвитку людини, а якщо вона не забезпечує цього розвитку, не задовольняє потреб людини, вона повинна прагнути її змінити» [8]. Цього можна досягти шляхом упровадження в навчальний процес нової педагогічної технології, в основі якої – розуміння, активний діалог, самоуправління, взаєморозуміння, які передбачають суб'єкт-суб'єктні взаємини між педагогами та учнями.

Найпростішою ланкою, з яких складається особистісно-орієнтоване навчання, є особистісно-орієнтована педагогічна ситуація. Це така навчальна ситуація, опинившись у якій людина повинна шукати сенс, пристосувати її до своїх інтересів, побудувати образ чи модель свого життя, вибрати творчий момент, дати критичну оцінку. Такі завдання неможливо розв'язати лише на рівні знань і репродукції. Тут немає простих відповідей, рішень та істин. Переживання і вихід з такої ситуації – не минуле і майбутнє людини, а її сьогодення. Одне і теж саме заняття різним студентам дає різний пізнавальний і життєвий досвід.

Необхідність розробки особистісно-орієнтованої технології вивчення фізики пов'язана зі значимістю цієї дисципліни для формування світогляду людей, знання основ якої потрібні широкому колу випускників у майбутній

практичній і професійній діяльності і здатна забезпечити формування багатомірного комплексу психологічних якостей особистості. Навчання фізиці припускає різні труднощі, подолання яких можливе при наявності в молоді стійкого інтересу до пізнання як цієї дисципліни, так і до відповідної наукової галузі, до застосування отриманих знань в практичній діяльності, до розуміння наукової картини світу.

Призначення особистісно-орієнтованих технологій полягає в тому, щоб підтримувати і розвивати природні якості людини, її здоров'я й індивідуальні здібності, допомагати в становленні її суб'єктності, соціальності, культурній ідентифікації, творчій самореалізації особистості.

Зупинимось на окресленні та технологічній інтерпретації шляхів удосконалення професійної підготовки майбутніх учителів фізики, очевидність яких зумовлюється самою природою [2, 7–9] особистісно-орієнтованого навчання.

Удосконалення фундаментальної професійної підготовки, зокрема учителів фізики, повинно більшою мірою базуватися на суб'єкт-суб'єктній основі. При цьому має бути підсилена і чітко визначена роль самого студента в навчальному процесі. Головний спосіб реалізації особистісного підходу в навчанні – зробити навчання сферою самоствердження особистості. Будь-які педагогічні зусилля будуть успішними лише за умови активізації власних сил особистості викладача і студента. Особистісно-орієнтоване навчання реалізується через діяльність, що має не тільки зовнішні загальні атрибути, а і своїм внутрішнім змістом передбачає співробітництво, саморозвиток суб'єктів навчального процесу виявлення їхніх особистісних функцій.

Технологізація особистісно-орієнтованого освітнього процесу передбачає спеціальне конструювання навчального дидактичного матеріалу, методичних рекомендацій для його використання, форм контролю за особистісним розвитком в ході навчально-пізнавальної діяльності. Тільки при реалізації принципу суб'єктності освіти можна говорити про особистісно-орієнтовані технології.

Особистісно-діяльнісний підхід до навчання в системі фундаментальної професійної підготовки майбутнього учителя фізики виступає в двоєдиній ролі: не тільки взаємодія викладача і студента, але і як предмет вивчення засобів професійної діяльності майбутнього учителя-предметника.

У даному випадку головна увага звертається не на фактичний, а на педагогічний зміст майбутнього шкільного предмета, активізується процес становлення і розвитку професійної індивідуальності вчителя.

Реалізація особистісно-орієнтованого процесу виконання експериментальних завдань може забезпечувати розвиток і саморозвиток особистості людини як суб'єкта пізнавальної діяльності, що разом і є основною умовою гуманізації будь-якої роботи.

За теперішнього стану речей, варто від авторитарних, пояснювально-ілюстративних технологій навчання все більш рішуче переходити на техно-

логії дослідництва, пошуку, творчого навчання, коли на перший план виходить учень, як суб'єкт-діяч, а не суб'єкт-виконавець, має бути присутня зорієнтованість на власний досвід, на пошукову і творчу активність – цього можна досягти через належну фахову підготовку майбутнього учителя.

В такому ракурсі методична складова професійної підготовки майбутнього учителя фізики має розгортатися через поєднання цільових орієнтацій змісту шкільного курсу фізики та змісту методики його викладання.

Усвідомлюємо те, що навчально-пізнавальна діяльність це процес суб'єктно-суб'єктний, це поєднання зусиль двох суб'єктів процесу, але ці зусилля орієнтовані на об'єкт навчання (реальний світ). Основний вектор спільної суб'єктної діяльності обох учасників процесу (студент-викладач) направлений на об'єкт пізнання. Означена зорієнтованість проглядається через те, що дослід проводиться не заради досліду, а він повинен спрямовуватись на конкретні явища, процеси реального світу. При цьому звертаємо головну увагу на дії молодшої особи, що мають місце на заняттях, в позааудиторній діяльності та побутових ситуаціях.

Така постановка проблеми вимагає якісно нового підходу щодо формування фахових якостей майбутніх учителів фізики, який виражається в реалізації принципів особистісно-орієнтованого навчання.

Як показує досвід [2, 7], дуже важливо в підготовці учителів забезпечення чіткої цілеспрямованості щодо суті, місця і компетентного коментування того чи іншого досліду, спостереження, трактування і розв'язку експериментальної задачі. Доцільно організовані лабораторні роботи активізують думку того, кого навчають, привчають його самостійно шукати відповідь на поставлені запитання експериментальним шляхом.

Окреслення кінцевої мети діяльності студента в процесі експериментальної підготовки можливе лише за умови комплексного аналізу вимог освітньо-професійної програми фахової підготовки та вимог навчальної програми шкільного курсу фізики. Вивчаючи конструкцію, призначення і правила експлуатації приладів, ресурсне оснащення з фізики для середньої школи, студент вчиться користуватися ним і давати оцінку його педагогічним і технічним якостям, пізнає загалом порядок виконання основних дослідів, складає установки за схемами й описами, які вміщені в методичних посібниках. А також він опановує методику і техніку виконання різних видів шкільного фізичного експерименту з дотриманням основних дидактичних вимог до них, навчається чітко демонструвати і правильно пояснювати передбачені навчальними програмами досліди, супроводжувати досліди чіткими, вичерпними і короткими поясненнями на рівні доступному для учнів відповідного віку, робити записи і замальовки в конспекті, здобуває навички в дотриманні правил безпеки роботи під час проведення усіх видів навчального експерименту. Однак цей неповний перелік педагогічних завдань в навчальних програмах не детермінується об'єктивними визначниками, які, на нашу думку, повинні були б дати відповідь на основне запитання навчаль-

ного процесу: чи в повній мірі сформовані у студента професійно значущі знання?

Для усунення такого протиріччя – змістове наповнення з однієї сторони і відсутність конкретизованої мети діяльності з другої – пропонуємо у якості цілеспрямовуючого компонента експериментальної діяльності використовувати бінарну цільову програму [2]. Це – організаційний документ, який визначає змістовий компонент навчального матеріалу в особистісно-діяльнісному аспекті його реалізації.

Особливість цільової програми полягає в чіткому окресленні еталонних вимог: заучування, наслідування, розуміння головного, повне володіння знаннями, уміння застосовувати знання, навички, переконання, що стосуються як змісту курсу фізики, так і змісту професійної підготовки [1, 2]. Така цільова програма накладає відповідні орієнтири на діяльність студента в ході виконання лабораторного практикуму з методики і техніки шкільного фізичного експерименту.

Досвід застосування описаної технології [1, 2, 7] формування експериментаторських якостей майбутнього учителя фізики дає підстави зробити наступний висновок: в умовах вимог особистісно-орієнтованого навчання [1, 7, 9, 10] та переходу на сучасні стандарти фізичної освіти [3–6] існує реальний шлях [1, 2, 7] дієвої підготовки фахівця на основі орієнтирів цільових програм. Дослідження варто продовжити в аспекті розкриття технологічних особливостей та відмінностей у фаховій підготовці бакалавра та магістра фізики.

Література:

1. Атаманчук П.С. Інноваційні технології управління навчанням фізики. – Кам'янець-Подільський: К-ПДПІ, Інформаційно-видавничий відділ, 1999. – 174 с.
2. Атаманчук П.С., Мендерецький В.В., Кух А.М. Елементи цілеорієнтації експериментальної діяльності студентів з фізики // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. Випуск 4. – Кривий Ріг: Вид. відділ НМетАУ, 2004. – С.8–15.
3. Бугайов О.І. Концепція фізичної освіти у середній загальноосвітній школі України // Освіта: Методика: Газета в газеті “Освіта”, №15. – 1992. – 8 вересня.
4. Державний стандарт базової і повної середньої освіти / Освіта України. – 2004. – №5. 20 січня 2004 р. – С.9–10.
5. Коршак Є.В., Коршак Н.М., Коршак Т.С. Особливості вивчення природничих наук в умовах стандартизації освіти // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції “Стандарти загальної середньої освіти. Проблеми, пошуки, перспективи”. – К.: ІЗМН, 1996. – С.13–14.
6. Ляшенко О.І. Якість як феномен освіти // Збірник наукових праць Кам.-Под. Державного університету. – КПДУ, Інформаційно-вид. відділ,

2003. – Вип. 9. – С. 58–60.

7. Мендерецький В.В. Шляхи вдосконалення експериментальної підготовки майбутнього учителя фізики // Наукові записки: Збірник наукових статей Національного педагогічного університету ім. М.П.Драгоманова. – К.: НПУ, 2003. – Вип. 53. – С.205–212.

8. Савченко О.Я. Ознаки особистісно-орієнтованої підготовки майбутнього вчителя // Творча особистість вчителя: проблеми теорії і практики. – К., 1997.

9. Шут М.І., Сергієнко В.П. Психолого-педагогічні основи розуміння фізики // Збірник наукових праць Кам.-Под. державн. університету. – КПДУ, Інформ.-вид. відділ, 2003. – Вип. 9. – С.52–54.

10. Якиманская И.С. Личностно-ориентированное обучение в современной школе. – М., 1996. – 240с.

ДЕМОНСТРАЦИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ СТРУКТУРЫ ДОМЕННОЙ ГРАНИЦЫ БЛОХА МЕТОДОМ ЯМР

А.А. Безлепкин, С.П. Кунцевич

г. Харьков, Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина
bezlepkin@ukr.net

В курсе «Физика магнитных явлений» рассматриваются различные виды доменных границ в магнитоупорядоченных веществах. Доменная граница (ДГ) Блоха допускает относительно простое теоретическое рассмотрение, которое можно провести в рамках лекционного курса. Целесообразно теоретическое рассмотрение дополнить экспериментальными исследованиями в рамках лекционной демонстрации или лабораторной работы.

В данной работе показано, что, используя высокоанизотропный гексаферрит структурного типа М [1], можно методом ЯМР изучать особенности ЯМР-спектров, связанные со специфическим распределением локальной намагниченности в блоховской ДГ. Описана лабораторная установка и методика эксперимента.

Структура ДГ Блоха была установлена Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшицем [2]. Было показано, что в ДГ проекция локальной намагниченности J_s на направление легкого намагничивания J_l координата y , отсчитываемая от середины ДГ перпендикулярно ей, связаны соотношением

$$J = \frac{A}{y} \left(1 - \frac{y^2}{\Delta^2} \right) \quad (1)$$

$$J_s = J \cos \vartheta = \frac{A}{\Delta} \left(1 - \frac{y^2}{\Delta^2} \right) \cos \vartheta$$

$$\Delta = \frac{K_1}{J_s}$$

где A – обменное взаимодействие, K_1 – константа энергии анизотропии; ϑ – угол между направлением легкого намагничивания и направлением J_s .

На рис. 1 представлена зависимость J_z/J_s от относительной координаты (y/Δ).

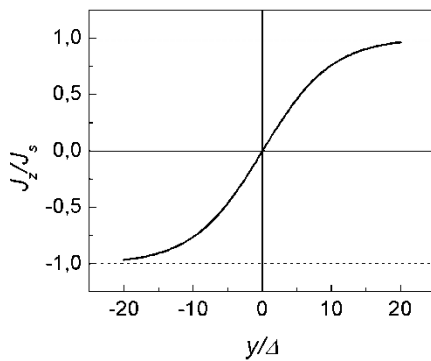


Рис. 1

Из рисунка следует, что переходная область от доменной границы к домену вблизи домена занимает большое число атомных слоев, то есть число магнитных моментов, имеющих приблизительно одинаковую ориентацию, велико вблизи домена и мало в середине ДГ. Для ядер в ДГ локальная частота ЯМР ν зависит от ориентации локальной намагниченности относительно кристаллографических осей и задается выражением

$$\nu(\vartheta) = \nu_d(\nu - \nu_w) \sin^2 \vartheta, \quad (2)$$

где ν_d — локальная частота ЯМР ядер на краю ДГ ($\vartheta=0, \pi$); ν_w — локальная частота ядер в середине ДГ ($\vartheta=\pi/2$).

Соотношения (1), (2) обуславливают зависимость частоты ЯМР от y , которую качественно можно представить в виде, показанном на рис. 2.

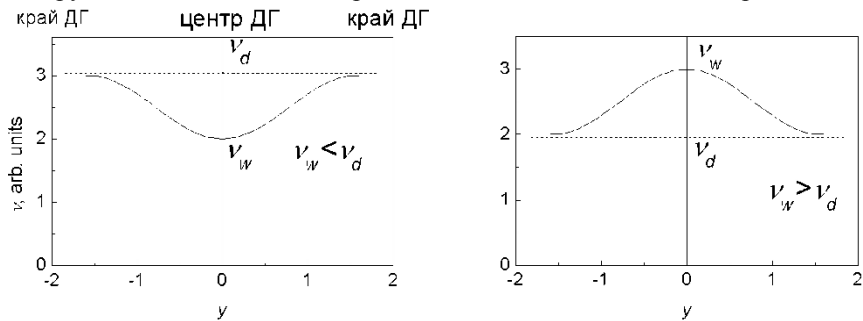


Рис. 2

Из рис. 2 следует, что в стационарном ЯМР спектре вместо широкой линии, соответствующей непрерывному распределению частот в ДГ при разных значениях y , могут наблюдаться пики, соответствующие максимальной спектральной плотности состояний, то есть, в точках, где $d\nu/dy \approx 0$. Из рис. 2 следует, что этим условиям отвечают две точки перегиба на краю ДГ (частота ν_d) и одна в середине ДГ (частота ν_w). Кроме того, для наблюдения пиков ЯМР с частотами ν_d и ν_w необходимо, чтобы локальные ширины линий ЯМР в середине $\Delta\nu_w$ на краю ДГ $\Delta\nu_d$ были значительно меньше $|\nu_w - \nu_d|$. В работе [3] были проведены расчеты действительной и мнимой частей магнитной восприимчивости ядерной подсистемы при выполнении условия $(\Delta/\delta\nu) = 50$ ($\Delta_d \approx \Delta_w \approx \Delta$, $\delta\nu = |\nu_w - \nu_d|$). Кривые поглощения и дисперсии в зависимости от уприведены на рис. 3 в относительных единицах.

Из рис. 3 следует, что зависимость $\chi''(y)$ имеет особенность в середине ДГ, а $\chi''(y)$ как в середине, так и на краю ДГ. Поэтому, изучая зависимость $\chi''(y)$ от ν , можно определить частоты ЯМР ядер на краю ДГ ν_d и в середине ДГ ν_w .

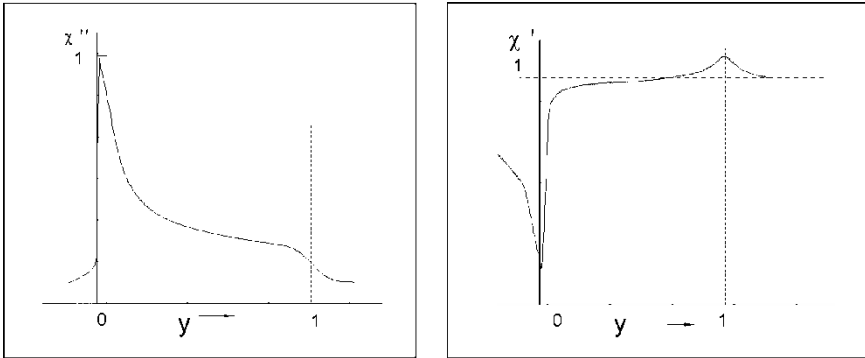


Рис. 3

Для регистрации сигнала, пропорционального χ'' , использовался пассивный LC-контур, в катушку индуктивности которого помещался исследуемый образец. В этом случае дополнительное напряжение, порождаемое действительной частью магнитной восприимчивости образца, будет в фазе или в противофазе с напряжением на контуре, и сигналы будут иметь вид характерных пиков на амплитудно-частотной характеристике LC-контюра [4]. Для наблюдения рассматриваемого эффекта в качестве образцов использовались монокристаллы $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ с обогащением изотопом ^{57}Fe , ориентированные гексагональной осью свдоль оси катушки индуктивности. LC-контур через емкость связи подключался к генератору качающейся частоты, в качестве которого использовался генератор измерителя амплитудно-частотных характеристик X1-42. LC-контур через емкость связи подключался ко входу полосового усилителя. Выход усилителя нагружался на детекторную секцию X1-42. Генераторный блок вырабатывал стабильное по амплитуде напряжение, частота которого линейно изменялась со временем. Напряжение на LC-контуре усиливалось полосовым усилителем, детектировалось и подавалось на индикаторный блок X1-42. На экране индикаторного блока наблюдалась резонансная кривая контюра, на которой сигналы ЯМР имели вид пиков. При необходимости спектры могут быть записаны с помощью графопостроителя, подключенного к выходу прибора X1-42. Частоты пиков измерялись частотомером ЧЗ-35 в «ручном» режиме изменения частоты генератора. Точность определения положения пиков 10 кГц.

На рис. 4 для иллюстрации показан фрагмент амплитудно-частотной характеристики контюра с исследуемым образцом, на котором видны пики сигнала дисперсии, соответствующие частотам ν_m и ν_d подрешетки c (кристаллографическое положение ядер $4f_1$) феррита ВаМ при температуре 77 К. Как видно на рисунке, форма пиков достаточно хорошо соответствует теоретической зависимости, приведенной на рис. 3. Вид теоретической зависимости соответственно является следствием специфической структуры блоховской ДГ, то есть, зависимости $J=f(y)$.

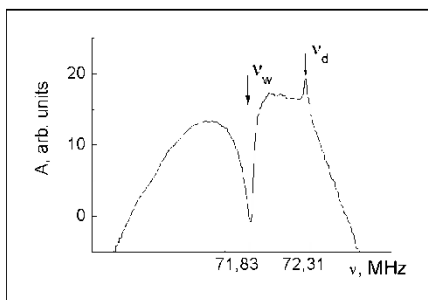


Рис. 4

При проведении лекционной демонстрации пики ЯМР наблюдаются визуально на экране электронно-лучевого индикатора Х1-42.

Устройство может быть использовано для выполнения лабораторной работы. При этом имеется возможность:

1. Определить частоты ЯМР ν_w и ν_d .
2. Рассчитать анизотропию локальных частот $\delta H_{\text{л}}$ и локальных полей $\delta H_{\text{л}}$ ДГ.
3. Изучить температурные изменения ν_w , ν_d , $\delta H_{\text{л}}$.
4. Исследовать влияние внешнего магнитного поля на спектры ЯМР.

Литература:

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. К теории дисперсии магнитной проницаемости ферромагнитных тел // Ландау Л.Д. Собрание трудов. – М.: Наука, 1969. – С.128-143.
2. Залесский А.В. Применение метода ЯМР для изучения реальной структуры магнитоупорядоченных кристаллов // Физическая кристаллография: Сб. науч. трудов. – М.: Наука, 1992. – С.306-326.
3. Butler M.A. Wall resonances in ferromagnetic // Intern. J. Magnetism. – 1973. – v. 4. – P. 131-138.
4. Леше А. Ядерная индукция. – М.: НЛ, 1963. – 684с.

ВИРТУАЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО РАЗДЕЛУ КУРСА ФИЗИКИ “ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ”

А.В. Безуглый

г. Харьков, Национальная академия городского хозяйства
triumf_1@bars.net.ua

В современном учебном процессе, наряду с традиционными, все возрастающую роль играют компьютерные технологии обучения, особенно – в связи с развитием дистанционного обучения.

Большинство работ в этом направлении относятся к области контроля знаний и организации учебного процесса. Вместе с тем значительное место в учебном процессе занимает лабораторный практикум, который требует специального, подчас дорогостоящего оборудования. Кроме того, при работе с лабораторными установками практически невозможно реализовать фронтальный метод проведения лабораторных работ, так как для этого необходимо иметь широкую номенклатуру таких установок.

Проблема может быть решена путем создания виртуальных физических лабораторий [1]. В частности, в данной работе предлагается цикл из семи компьютерных лабораторных работ (КЛР), охватывающих основные темы раздела физики “Электричество и магнетизм” и образующих виртуальный физический практикум по данному разделу:

1. Изучение графического представления электрического поля точечного заряда и системы точечных зарядов.

2. Изучение электрического поля плоского и цилиндрического конденсаторов.

3. Измерение электрического сопротивления методом моста Уитстона.

4. Осциллографирование физических процессов.

5. Изучение магнитного поля кругового витка с током изоленоида.

6. Определение отношения заряда электрона к его массе методом фокусировки пучка электронов.

7. Определение удельного заряда электрона методом магнетрона.

Структура и содержание КЛР близка к содержанию лабораторных работ физического практикума по данному разделу, за исключением, пожалуй, одного: в реальном практикуме они выполняются на лабораторных макетах, в нашем случае их роль выполняет одна универсальная установка – компьютер.

Основными пунктами методических указаний к проведению КЛР, определяющих содержание работ, являются:

1.1 Цель работы.

1.2 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

- 1.3 Описания компьютерной программы и ее интерфейса.
- 1.4 Инструкция пользователю.
- 1.5 Содержание отчета и указания по обработке результатов.
- 1.6 Тесты для самопроверки (функционирующие в интерактивном режиме).

Остановимся кратко на особенностях виртуальных работ.

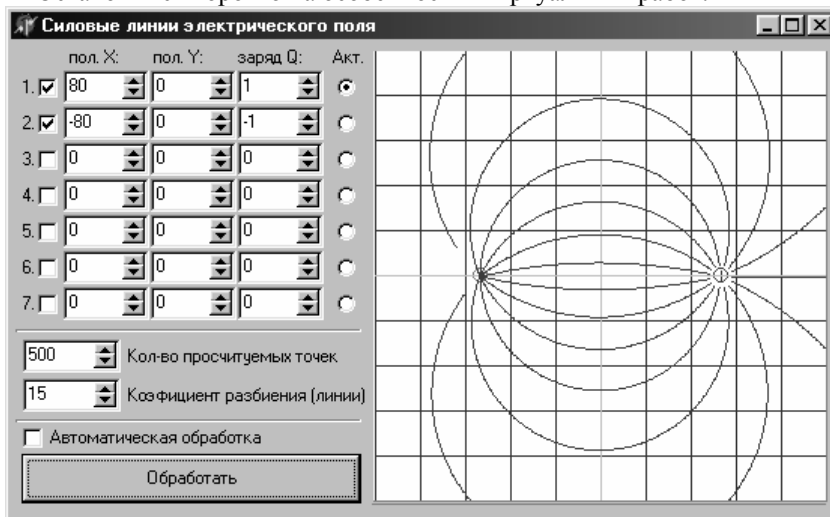


Рис. 1

В работе №1 пользователь знакомится с изображением электрического поля в виде силовых линий напряженности поля, получает представление об основных свойствах силовых линий электрического поля, убеждается в справедливости теории Гаусса. Программа позволяет получить картины силовых линий поля для одного точечного заряда, диполя, квадруполя, в принципе, для любого распределения семи точечных зарядов – положительных и отрицательных.

Целью второй работы является изучение распределения потенциала электрического поля плоского и цилиндрического конденсатора, влияние на распределение поля конечных размеров пластин плоского конденсатора, образованного пластинами бесконечной длины, но конечной ширины. Благодаря вычислительным возможностям ПК, алгоритм вычислений строится на представлении поля от дискретной последовательности точечных зарядов, отвечающих определенной линейной плотности распределения заряда. Такое рассмотрение целесообразно, во-первых, с той точки зрения, что на первом курсе студенты, изучающие физику, еще не знакомы с интегральным исчислением. Во-вторых, вычисления, основанные на непрерывном распределении заряда с последующим интегральным представлением потенциала, в конечном итоге все равно должны сводиться к замене интеграла

приближенной суммой.

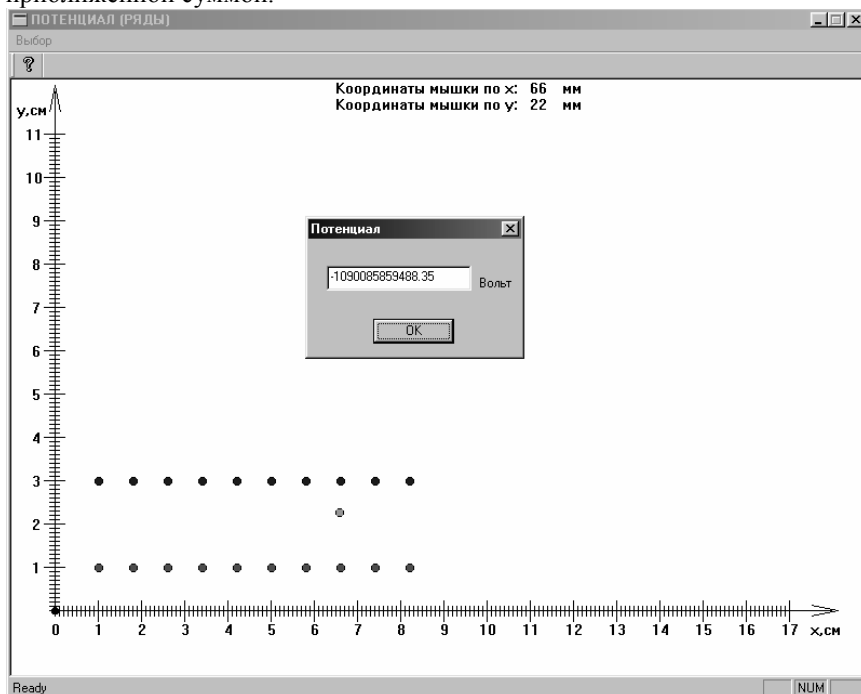


Рис. 2

Программа позволяет найти точки равного потенциала для распределения на плоскости произвольного числа точечных зарядов. «Измерение» потенциала в любой точке на плоскости экрана осуществляется с помощью «зонда», роль которого играет курсор. Помещая курсор в определенную точку, получаем высвеченные на экране значения координат точки и значения потенциала. По найденным точкам равного потенциала пользователь строит эквипотенциальные линии поля, а заодно и может проследить, как влияет дискретность распределения зарядов на форму линий, построить в конечном итоге линии напряженности поля, оценить влияние конечности ширины пластин на распределение поля.

В работе №3 алгоритм программы строится на решении уравнений, полученных в соответствии с правилами Кирхгофа для мостовой схемы. Программа позволяет «собрать» схему моста и путем перемещения (с помощью курсора) движка реохорда добиться его уравнивания, производя затем измерение плеч реохорда. По полученным данным, как и в реальной лабораторной работе, пользователь может рассчитать значение неизвестного сопротивления и погрешности его определения.

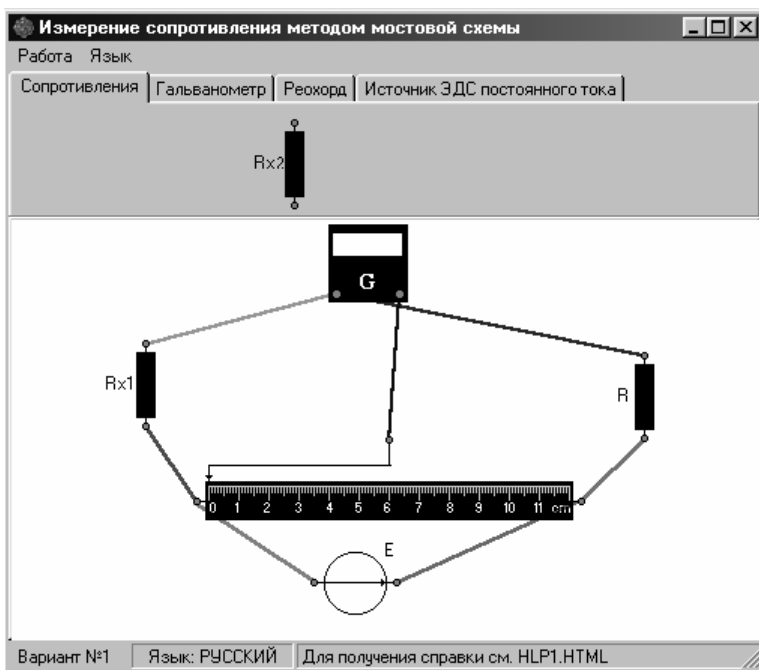


Рис. 3

Подобная работа может быть, в принципе, реализована на пакете «ElectronicsWorkbench», однако для одной работы, с точки зрения компактности программного обеспечения, привлекать пакет нецелесообразно, с другой стороны, на указанном пакете добиться непрерывного перемещения движка реохорда и точной установки на нуль невозможно.

В работе №4 пользователь может непосредственно наблюдать, какие процессы происходят в электронно-лучевой трубке (ЭЛТ), т.е. проследить за движением электронного луча при измерении напряжения на отклоняющих пластинах, убедиться в том, что для наблюдения истинной формы сигнала на экране ЭЛТ необходимо подавать на горизонтально-отклоняющие пластины пилообразное напряжение, т.е. такое напряжение, которое линейно изменяется во времени.

Выполняя работу, пользователь знакомится с устройством и принципом работы ЭЛТ, осваивает методику измерения напряжения, частоты переменного напряжения, разности фаз двух электрических сигналов. Программа также позволяет изучить сложение взаимно-перпендикулярных колебаний. В зависимости от соотношения частот двух синусоидальных напряжений, их разности фаз, можно получить идеальное изображение соответствующих фигур Лиссажу.

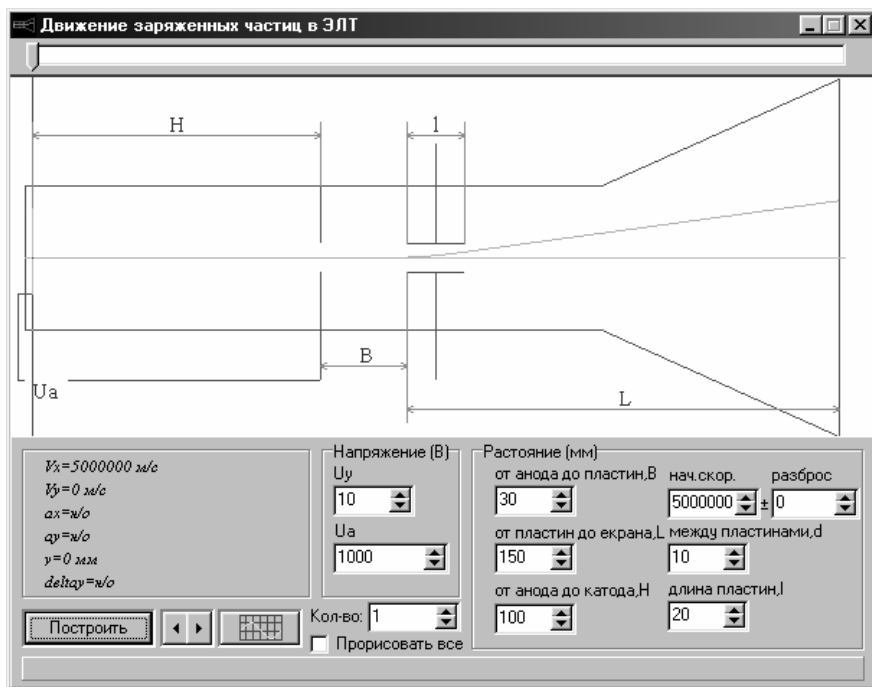


Рис. 4.

В работе № 5 изучается графическое представление магнитного поля с помощью силовых линий индукции для контура с током, системы произвольного числа соосных контуров, образующих катушку, распределение поля на оси соленоида конечной длины, производится сравнение поля в центре конечного соленоида с величиной индукции, рассчитанной по формуле, справедливой для бесконечного соленоида. Алгоритм программы строится на законе Био-Савара и использовании принципа суперпозиции. При этом каждый контур разбивается на малые конечные элементы тока с последующим суммированием значений индукции, создаваемых в определенной точке каждым элементом тока. Алгоритм базируется на средствах элементарной математики и понятен студенту, не имеющему подготовки по высшей математике. Программа позволяет проследить изменения формы силовых линий от весьма неоднородного поля одного, нескольких витков до поля, приближающегося внутри соленоида к однородному полю.

В качестве «измерителя» значения индукции используется курсор, подведение которого в произвольную точку экрана приводит к появлению на панели интерфейса значения индукции и координат (x, y) данной точки.

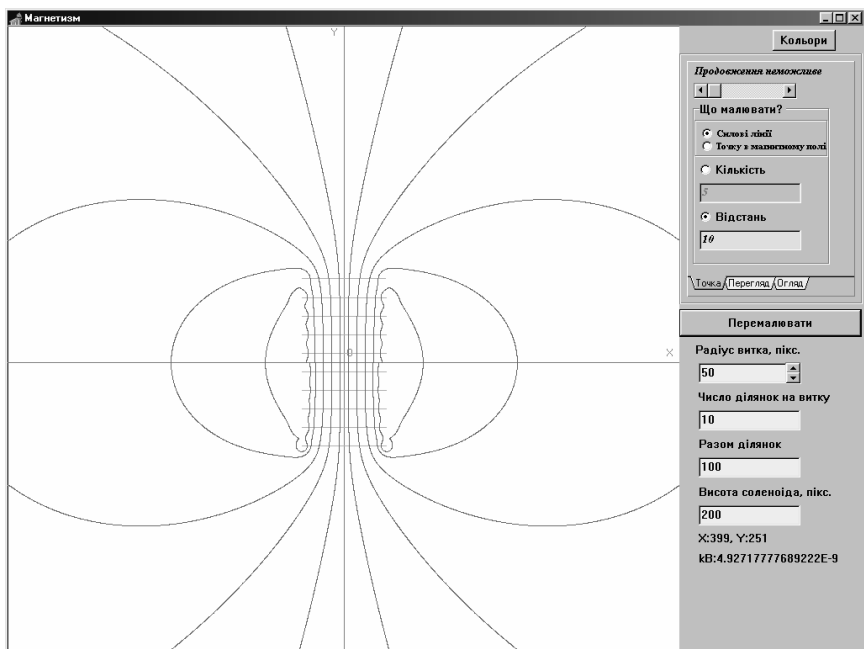


Рис. 5

В работе №6 моделируется движение электронов в ЭЛТ, помещенной внутрь соленоида. При этом изучается движение электронов в однородном, а также в неоднородном магнитном поле. При произвольном направлении скорости электрона относительно направления вектора индукции магнитного поля движение электрона описывается с помощью известного модифицированного алгоритма Эйлера. Программа дает возможность наблюдать на экране дисплея траекторию электрона в трех взаимно перпендикулярных плоскостях и в трехмерном пространстве. Изменяя параметры системы: значение тока в соленоиде, продольной (по отношению к индукции) и поперечной составляющих скоростей нескольких электронов можно добиться такого режима, когда электроны, вылетающие с одинаковым значением продольной скорости, но с различными значениями поперечной скорости, фокусируются на экране ЭЛТ в одну точку.

Фиксируя значение тока, при котором происходит фокусировка электронов, а также конструктивные параметры соленоида, можно вычислить удельный заряд электрона: отношение заряда электрона к его массе.

И наконец, в работе №7 изучается движение электрона в скрещенных электрическом и магнитном полях в двухэлектродной электронной лампе, помещенной в магнитное поле соленоида. Двумерное движение электрона в лампе описывается с помощью модифицированного алгоритма Эйлера. При

этом учитываются все силы, действующие на электрон со стороны электрического поля, создаваемым напряжением анода, со стороны магнитного поля соленоида, а также электрическая сила, создаваемая пространственным зарядом, имеющимся в работающей лампе в промежутке между катодом и анодом.

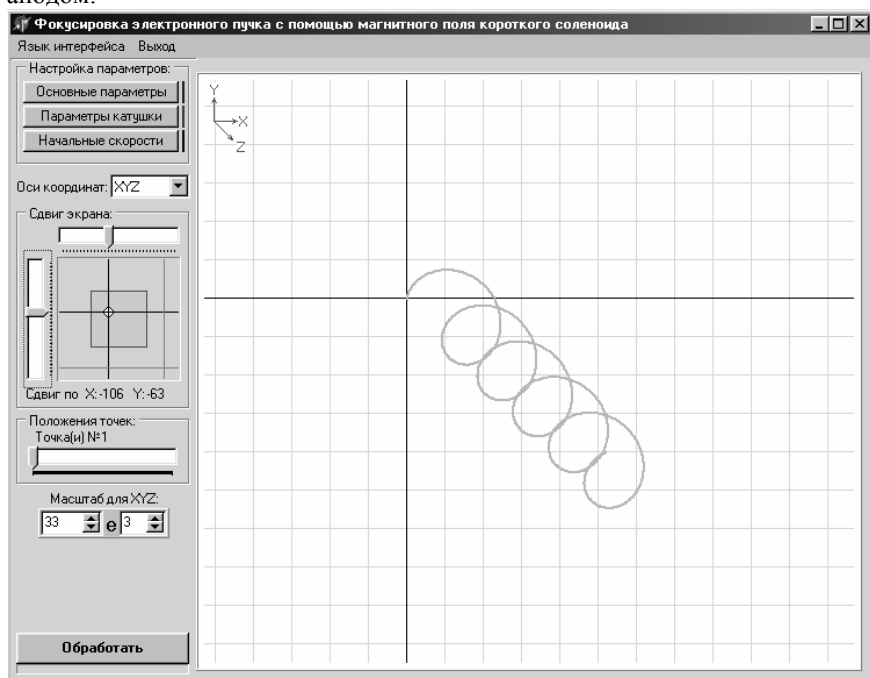


Рис. 6

Пользователь наблюдает траекторию одного или нескольких электронов, вылетающих из катода с разными начальными скоростями. Изменяя ток в соленоиде, можно наблюдать наступление критического режима, соответственно, «измерить» критическое значение тока, при котором электроны пролетают мимо анода, возвращаясь на катод, и вычислить удельный зарядэлектрона.

В компьютерных технологиях весьма эффективным является комплексное использование программных и аппаратных средств. Такое совместное использование компьютерных и лабораторных методов в учебном процессе образует программно-лабораторный комплекс (ПЛК) [2]. В научно-методической литературе [3] обсуждалась методика совместного использования компьютерных и лабораторных работ, где первые выполняли роль тренинговой составляющей. Такой вариант легко может быть реализован в данном случае, так как представленные виртуальные лабораторные работы

являются аналогами лабораторных работ поставленных в лаборатории электромагнетизма.

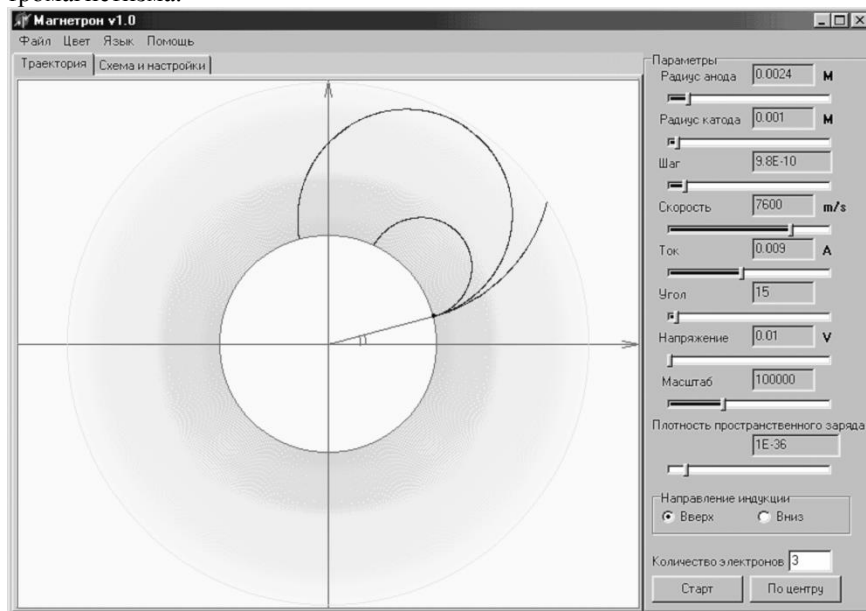


Рис. 7

ПЛК относится к программированному обучению (ПО). ПО предполагает, как правило, наличие внешних и внутренних обратных связей. Внешняя обратная связь позволяет преподавателю получить информацию о протекании познавательной деятельности обучаемого, внутренняя – о правильности своих действий.

В предлагаемом ПЛК по электромагнетизму внешняя обратная связь может быть осуществлена:

- путем осуществления контроля преподавателем в режиме реального времени процесса выполнения работы отдельным обучающимся (сетевая технология);

- через систему отчетности обучаемого после выполнения одной (или всех) работ ПЛК.

Внутренняя обратная связь может осуществляться:

- путем повторного обращения к методическим рекомендациям по выполнению работы;

- использованием системы информационных меню с пояснениями по отдельным элементам интерфейса взаимодействия обучаемого с программной оболочкой.

По своей форме ПЛК, как и другие виды программированного обуче-

ния относится к виду самостоятельной работы обучающихся.

В системе дистанционного и заочного обучения при отсутствии лабораторного оборудования возможно использование ПЛК частично, как цикла виртуальных лабораторных работ, или в несколько этапов:

- компьютерная часть выполняется по месту проживания обучающегося;
- лабораторная часть выполняется в ВУЗе во время установочной сессии.

Литература:

1. Завизиступ Ю.Ю., Руденко О.Г., Коваленко А.А. Виртуальная сетевая лаборатория на основе принципов физического моделирования. // Образование и виртуальность–2002. Сб. трудов 6-й Междунар. конф. УАДО. – Харьков–Ялта, 2001.– С.294–297.

2. Гордиенко Т.П., Лагунов И.М. Программно-лабораторный комплекс как вид программированного обучения. // Теорія та методика навчання математики, фізики та інформатики: Збірник наукових праць. – Т.2. – Кривий Ріг, 2002. – С.89–94.

3. Гордиенко Т.П., Лагунов И.М., Самойленко П.И., Сергеев А.В. Применение инновационных технологий при подготовке к лабораторным работам // Специалист. – 2001. – № 12. – С.22–25.

ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ “ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОЕРС РІЗНОРІДНИХ МЕТАЛІВ”

Ю.П. Бендес, В.А. Струць, А.О. Москаленко, О.І. Піхуля
м. Полтава, Полтавський військовий інститут зв'язку
Ben.Yu@mail.ru

Останнім часом комп'ютерна техніка досить широко використовується при викладанні фізики з метою активізації пізнавальної діяльності студентів та курсантів, максимального врахування їх індивідуальних особливостей та диференціації навчання. Оскільки досить важливим видом занять при викладанні фізики є лабораторні роботи, то виникає необхідність застосування нових підходів щодо застосування комп'ютерних технологій при їх проведенні. Одним з таких підходів є використання віртуальних лабораторних робіт, що ґрунтуються на комп'ютерному моделюванні. Під комп'ютерними віртуальними моделями потрібно розуміти комп'ютерні програми, які дозволяють імітувати фізичні явища, експерименти чи ідеалізовані ситуації.

Комп'ютерне моделювання дозволяє отримувати наочні динамічні ілюстрації фізичних процесів та явищ, відтворювати їх деталі, які часто непомітні при спостереженні реальних явищ та експериментів. Комп'ютер, з одного боку, надає унікальну, недосяжну у реальному фізичному експерименті, можливість візуалізації спрощеної моделі реального явища природи, а з іншого боку відбувається підміна реального явища комп'ютерною моделлю, що є досить суттєвим недоліком. Для його ліквідації поряд із комп'ютерним моделюванням необхідно виконувати роботу на реальних фізичних приладах. Крім того, з нашої точки зору, комп'ютер найбільш доцільно використовувати як універсальний комплекс, що дозволяє вимірювати та обробляти різноманітні фізичні параметри. Реалізація цієї ідеї вимагає розробки програмно-апаратних засобів, які ґрунтуються на цифрових технологіях.

Прикладом використання таких технологій є розроблена авторами лабораторна робота “Дослідження термоЕРС різнорідних металів” на базі персонального комп'ютера. Мета даної роботи полягає у вивченні контактних явищ у металах шляхом дослідження залежності ЕРС термопари від різниці температур гарячого і холодного спаїв, яке проводиться за допомогою лабораторної установки (рис. 1).

Ці ж дослідження можна провести, використовуючи розроблений та виготовлений авторами пристрій, що підключається до послідовного порту комп'ютера. Послідовний порт доцільно використовувати завдяки його більшій потужності порівняно з паралельним портом, що дає змогу водночас із передачею даних вирішувати питання живлення не завжди економічних схемінтерфейсів.



Рис. 1. Загальний вигляд лабораторної установки

Принципова схема приведена на рис. 2 побудована на основі аналого-цифрового перетворювача (АЦП) TLC1549IP.

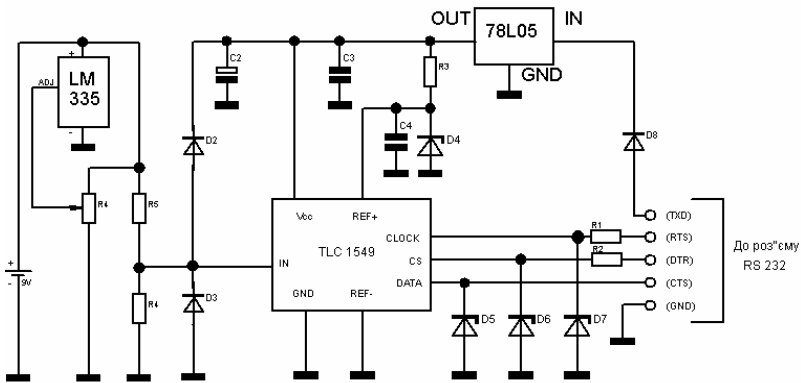


Рис. 2. Принципова схема інтерфейсу для RS232

Він є широко розповсюдженим типовим зразком АЦП з послідовним протоколом передачі даних. Головною особливістю такого типу мікросхем є організація керування по одно- або двопровідній послідовній шині (SPI, Microwire, I²C і т.д.), а не через паралельний інтерфейс, що потребувало б наявності одного виводу мікросхеми на кожен розряд шини керування. Звісно, до недоліків передачі даних з допомогою послідовного інтерфейсу слід віднести деяке зниження швидкості обміну інформацією, однак і в такому випадку можна досягнути швидкості передачі даних до 1 Мбіт/с. На практиці, з врахуванням можливостей схем дискретизації та квантування, не слід розраховувати на подолання бар'єру в декілька десятків тисяч вимірів в секунду, що в середньому відповідає частоті дискретизації 20 кГц. Таким чином, дані електронні компоненти не слід порівнювати із надшвидкими АЦП типу "flash" або "video", але вони, між іншим, відносяться до класу швидкодіючих АЦП. Врешті-решт при розрядності даних від 8 до 12 біт вони пре-

красно підходять для вирішення більшості задач в області створення віртуальних вимірювальних пристроїв.

Протокол зв'язку АЦП TLC1549IP досить простий, його часові діаграми представлені на рис. 3.

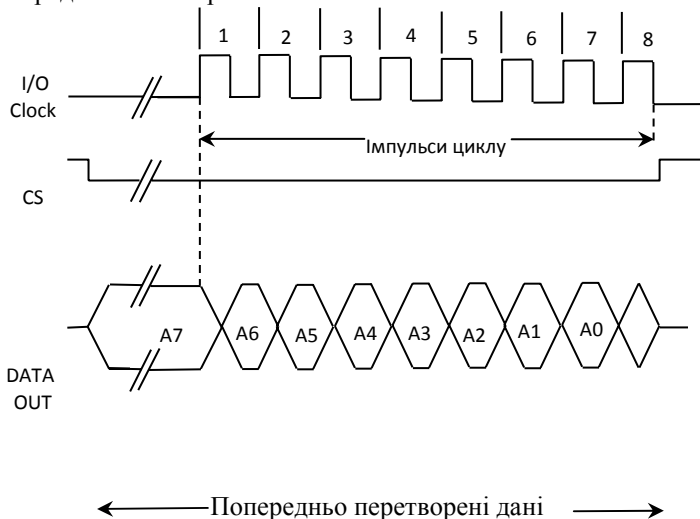


Рис. 3. Протокол зв'язку АЦП TLC 1549IP

При переході сигналу CS з високого в низький рівень у регістр виводу даних заносяться результати попереднього перетворення. Через це рекомендується виконати “пусте” перетворення, а лише потім знімати достовірні дані. Також “пусте” перетворення слід виконувати після довгої паузи в роботі АЦП, тому що перше зчитане значення в таких випадках буде невірним. Наступне перетворення буде правильним та розпочнеться по передньому фронту імпульсу, що подається на вхід CS. Кожен біт вихідних даних може бути зчитано на виводі DATA OUT, причому біти виводяться старшими розрядами вперед.

Вхідний каскад схеми (рис. 2) побудовано на основі дільника напруги зібраного на резисторах $R5=R4=100$ кОм. Він забезпечує необхідний вхідний опір, але внаслідок того, що вхідний опір АЦП в момент вимірювання набуває ємнісного характеру і в сукупності із вхідним дільником утворює RC-ланцюг, проявляється ефект інтегруючого фільтру. Саме даний ефект накладає обмеження на використання тієї чи іншої частоти дискретизації АЦП.

Підключення ліній керування та ліній даних АЦП до порту RS-232 складніше, ніж у випадку з паралельним портом. Крім того, робочі рівні напруг на виводах послідовного порту складають близько 12В, в той час коли АЦП формує напруги від 0 до 5В.

Для вирішення цієї проблеми в схемі встановлено три стабілітрона на

4,7 В та два резистори $R1=R2=8.2$ кОм. Крім того, перед інтегральним стабілізатором 78L05, що формує напругу 5 В із сигналу лінії TXD, повинен

бути включений імпульсний діод D8 (1N4148). Номінали решти компонентів наступні: D3, D2, D1 (1N4148), C1 (16 V, 100 mF), C2 (10 mF), C3, C4 (0.1 mF), R3 (15 кОм), D4(REF25Z).

Представлена апаратна частина працює під керуванням драйверу, який реалізований на мові програмування Pascal.

Застосовуючи запропонований варіант аналого-цифрового перетворювача, можна здійснити вимірювання напруги в межах від 0 до 5 В, що є достатнім для вимірювання ЕРС термопари. На рис. 3 в сукупності із схемою АЦП на базі мікросхеми TLC 1549IP представлений вимірювач температури. Головним його елементом є термодатчик LM335, з робочим діапазоном температур від $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$, що відповідає значенням вихідної напруги від 2,23 В до 4,23 В і є сумісним з АЦП. Змінний резистор в колі термодатчика виконує функції калібровочного та забезпечує точність вимірювання температури не гірше $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Разом з апаратною частиною, розроблена й програма, інтерфейс якої представлений на рис. 4. Вона дозволяє проводити вимірювання значень температури та ЕРС термопари, що відповідає цій температурі, й проводити їх обробку.

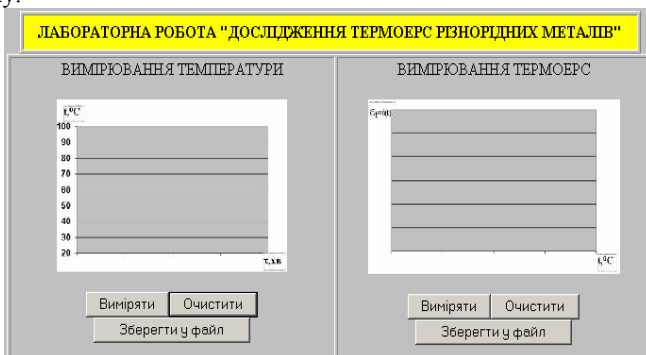


Рис. 4. Інтерфейс програмного забезпечення

Проведення лабораторної роботи “Дослідження термоЕРС різномірних металів” з використанням розроблених програмно-апаратних засобів, що ґрунтуються на використанні цифрових технологій, дає можливість студентам та курсантам проводити експеримент на сучасному методологічному рівні. Розроблений авторами універсальний вимірювальний комплекс може бути легко відтворений та застосований для проведення аналогічних вимірювань поза межами лабораторії зацікавленими курсантами та студентами. А оскільки комп’ютер став неодмінним атрибутом робочого місця працівників багатьох професій, то такі лабораторні роботи моделюють умови подальшої діяльності, сприяють інтелектуальному розвитку та формуванню практичних умінь і навичок.

ИЗУЧЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА

Г.С. Бляшенко, А.М. Ткаченко

г. Харьков, Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина
kml@ukr.net

Целью работы является изучение закономерностей, имеющих место при радиоактивном распаде азотнокислого уранила.

При проведении эксперимента в физике экспериментатор часто сталкивается со всевозможными ошибками. Эти ошибки бывают разных типов, обусловленные различными причинами. В экспериментальной физике ошибки делятся на систематические и случайные. Систематические ошибки чаще всего обусловлены несовершенством измерительных приборов и методов измерений. В ряде случаев измеряемая величина имеет вероятностный характер. Это значит, что если, к примеру, закон радиоактивного распада $A = \lambda N$, где λ – постоянная распада, а N – число радиоактивных ядер, то за каждую секунду распадется вовсе не обязательно A ядер. Вероятностный характер самой измеряемой величины приводит в экспериментальной физике к так называемым статистическим ошибкам, которые принято относить к случайным ошибкам.

На практикуме по ядерной физике на физическом факультете в Харьковском национальном университете выполняется работа, в которой изучается интенсивность радиоактивного излучения нескольких радиоактивных препаратов, а затем производится обработка результатов с целью выявить статистический характер распада.

Работа состоит в следующем. В небольшой свинцовый контейнер по очереди помещаются два исследуемых радиоактивных препарата, содержащих различное количество азотнокислого уранила. Для каждого препарата измеряется интенсивность излучения (число импульсов – число частиц, регистрируемых счётчиком) за определённое время с помощью счётчика Гейгера-Мюллера и частотомера ЧЗ1-32. В опыте этот временной интервал равнялся пяти секундам. Эти измерения проводятся многократно. Серия должна быть достаточно длинной, чтобы можно было установить статистический характер распада. Если же серия будет короткой, то эту закономерность на фоне флуктуаций измеряемой величины около среднего значения уловить будет сложно. Была поставлена цель экспериментально получить оптимальное количество измерений в серии.

В рассматриваемом случае функция распределения возможных флуктуаций даётся известной формулой Пуассона:

$$W(N) = e^{-vt} \frac{(vt)^N}{N!},$$

где ν — среднее число частиц, попадающее в счётчик за единицу времени;

t – время;

N – количество зарегистрированных частиц;

W – вероятность попадания N частиц за время t .

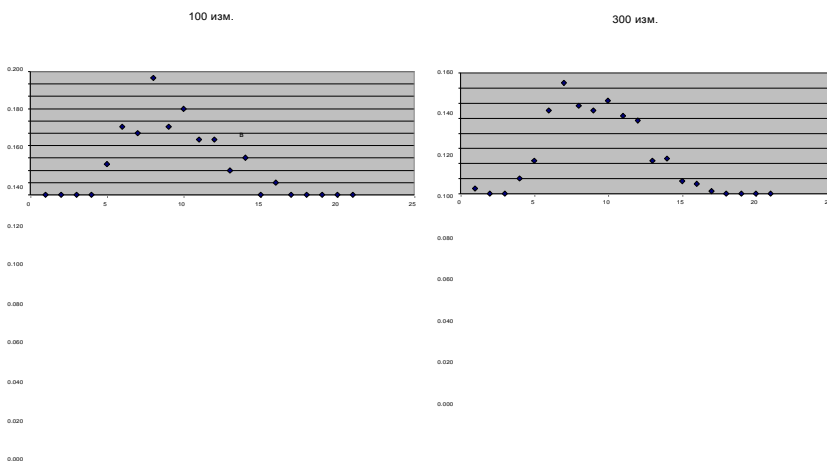
Для большого числа частиц распределение Пуассона переходит в распределение Гаусса.

Серии измерений были различны, число измерений варьировалось от 100 до 1300. Затем все данные были занесены в компьютер и обработаны с помощью широко распространённой программы электронных таблиц. Экспериментальные результаты для менее активного препарата представлены на рис. 1, а для более активного – на рис. 2. По оси абсцисс отложено количество частиц, регистрируемых приборами за время измерения (5 секунд), а по оси ординат – вероятность данного события. Количество частиц, зарегистрированных за один и тот же промежуток времени, различно для одного и того же препарата при разных измерениях, что говорит о вероятностном характере этого процесса. Максимумы кривых в данном случае приходится на 8 (для менее активного) и 24 (для более активного препарата) частиц, зарегистрированных за время измерения. Флуктуации проявляются тем сильнее, чем меньше число измерений проводилось в серии. Хорошо видно, что с увеличением количества измерений график приближается к теоретической кривой (сплошная линия на рис. 3), которая строилась по упрощённой формуле:

$$W(N) = \frac{n_0^n e^{-n_0}}{n!},$$

где n – число импульсов в отдельном измерении;

n_0 – \bar{n} (среднее) за большой промежуток времени.



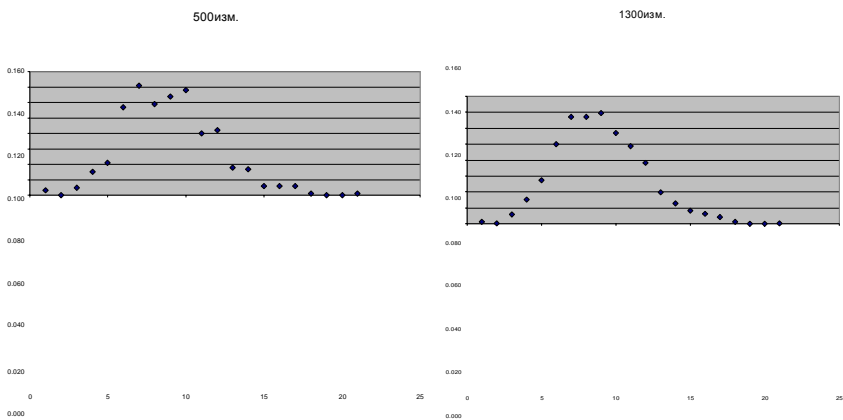


Рис. 1. Препарат 1

На рис. 3. представлены гистограммы, построенные по результатам обработки экспериментальных данных. Из приведённого графика видно, что при большем числе распадов его максимум уменьшается, и он растягивается

вдоль оси абсцисс. Максимумы графиков различны по величине и имеют различное положение на оси абсцисс, с увеличением активности препарата максимум смещается вправо. Площадь под обоими графиками одинакова.

Рис. 2. Препарат2

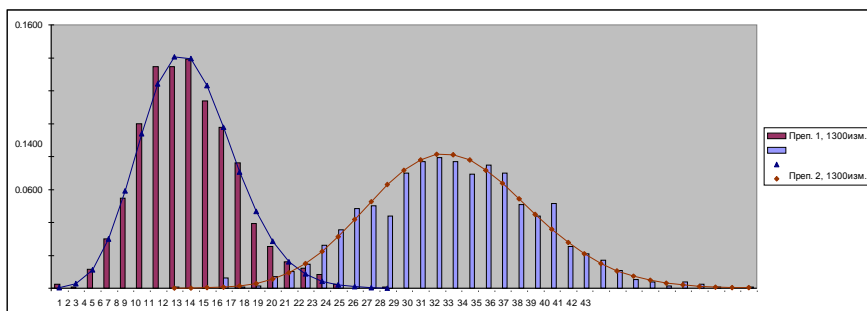


Рис. 3. Сравнение

Из этих экспериментальных данных был сделан вывод, что следует проводить не менее 500 измерений для каждого препарата.

Литература:

1. Сборник описаний лабораторных работ по физике. Строение вещества. – Харьков: Издание Харьковского государственного университета, 1971.
2. Румшицкий Л.З. Элементы теории вероятностей. – М.: Наука, 1976.

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ ЗА ДОПОМОГОЮ РОЗВИТКУ ПІЗНАВАЛЬНОГО ІНТЕРЕСУ УЧНІВ

Т.В. Бодненко
м. Черкаси, Черкаський національний університет
імені Богдана Хмельницького
bodnenko@cdu.edu.ua

Серед багатьох завдань, направлених на удосконалення навчального процесу, провідне місце в навчальному процесі займає формування пізнавального інтересу учнів. Ця ідея повинна бути втілена в життя із застосуванням таких засобів, які б зацікавлювали учнів, залучали б їх до спільної діяльності з учителем, активізували б їх до навчання.

У сучасній школі більше часу приділяють розвитку індивідуальних особливостей учня. Він стає діючою особою навчального процесу, а не спостерігачем, і це дуже добре – адже на такому уроці покращується процес засвоєння навчального матеріалу.

Останнім часом спостерігається значне послаблення пізнавального інтересу учнів до вивчення фізики, в результаті чого вивчається предмет не в усьому його обсязі, різноманітні, а тільки основні закони та явища. Учні заучують закони, розв'язують задачі, виконують лабораторні роботи, не розуміючи змісту матеріалу. Зазвичай такі уроки одноманітні і нецікаві. Діти, які мають проблеми у зв'язку із вивченням фізики, не можуть розкрити себе, побачити красу предмету. Адже фізика – дуже цікавий і різноплановий предмет, хоча і складний.

Тільки учитель може змінити повною мірою подібне відношення до фізики. Важливу роль у процесі навчання відіграє вміле використання наукових відомостей, матеріалів для розширення світогляду учня, матеріалів цікавого характеру, творчих і самостійних робіт, які виховують в учня любов до фізики. Особливу увагу вчителю необхідно приділяти формуванню в учнів пізнавального інтересу до свого предмету, пізнавальної активності, самостійної роботи.

Мета нашого дослідження – розробити методику проведення уроків з фізики, а саме нетрадиційних уроків, за допомогою яких учитель може сформувати і розвинути в учнів пізнавальний інтерес до предмету; підвищити активну діяльність при вивченні фізики.

Пізнавальний інтерес – це форма прояву пізнавальної потреби, що забезпечує спрямованість особистості на усвідомлення цілей діяльності, сприяє ознайомленню з новими фактами, більш глибокому відображенню дійсності [7, с. 42]. Значення пізнавального інтересу полягає в тому, що процес вивчення навчального предмету повинен мати позитивне емоційне забарвлення і суб'єктивно сприйматися як легший; процес засвоєння знань має набути вираженого особистісного характеру, знання, які засвоюються, по-

винні стати особистою заслугою учня, являтися особистісною цінністю, де учень буде прагнути до подальшого набуття знань та їх переосмислення. Сферою пізнавального інтересу є пізнавальна діяльність, в процесі якої відбувається оволодіння змістом навчальних предметів і необхідними способами або вміннями та навичками, за допомогою яких учень отримує освіту. Важливо, щоб навчальна діяльність учителя, спираючись на інтереси учнів, на їх прагнення і запити, значно сприяла б удосконаленню навчального процесу.

Пізнавальний інтерес тісно пов'язаний з увагою, пам'яттю, працездатністю учня та позитивно діє на всі психічні функції. Його потрібно визнати одним із найважливіших факторів навчального процесу, вплив якого незаперечний як на створення світлої та радісної атмосфери навчання, так і на інтенсивність протікання пізнавальної діяльності учнів [8, с. 101].

Учителю необхідно постійно вдосконалювати свій урок, його методику за допомогою форм і методів, які допомагають активізувати пізнавальну діяльність учнів.

Усім відомо, як важко сформувати в учнів пізнавальний інтерес до вивчення фізики. З цього приводу вченими пропонувалися різні шляхи вирішення цієї проблеми. Практика показує, що сформоване традиційне проведення уроків, де відсутні різноманітні педагогічні технології, які враховують важливість формування пізнавального інтересу учнів, нового стилю спілкування, емоційного настрою уроку вчителя і учня в навчальному процесі [5, с. 2]. У цьому випадку доцільно проводити нетрадиційні уроки з фізики.

Навчальний процес обов'язково повинен бути важливим фактором формування стійкого пізнавального інтересу учня до вивчення фізики.

У наш час проблемою активізації пізнавальної діяльності учнів займалися Г.І. Щукіна, І.Я. Ланіна, М.М. Горбань, М.Г. Кікець, С. Сивашенко та інші. Ці вчені розглянули проблему формування і розвитку пізнавального інтересу у взаємозв'язку з процесом становлення особистості учня і проблемами удосконалення уроку.

Пізнавальний інтерес, як і всі психічні процеси має складну структуру, що містить емоційні, інтелектуальні, регулятивні, мнемічні процеси, а також варто враховувати об'єктивні та суб'єктивні зв'язки з навколишнім середовищем.

Важливу роль у розвитку пізнавального інтересу відіграє віковий фактор. Саме цей фактор має великий вплив на розвиток пізнавального інтересу, оскільки процес отримання нових знань створює підґрунтя до переходу інтересу на вищий рівень [2, с. 10].

Проблема впливу вікового фактору на розвиток пізнавального інтересу найширше досліджена в роботах І.Я. Ланіної. Вона поділяє розвиток пізнавального інтересу на три види, а саме: низький, середній і високий. Низьким рівнем розвитку пізнавального інтересу вважається рівень ситуативного

інтересу, під середнім і високим – глибокий пізнавальний інтерес.

І.Я. Ланіна вважає, що головна функція вчителя – це не передача знань, а створення певного відношення до цих знань, яке забезпечить їх активне засвоєння. На жаль, багато учнів вважають уроки фізики нецікавими, незрозумілими і іноді тільки через це – непотрібними. Таке відношення досить правомірне, бо із класу в клас матеріал, що вивчається на уроках фізики, стає ще складнішим і складнішим. Відповідно, інтерес дітей, нічим не підтриманий, дедалі гасне. Цьому сприяє і надміру “охолоджене”, формалізоване викладання [4, с.3].

Формування пізнавального інтересу залежить від ставлення учнів до предмету, а саме тим, наскільки цікаво побудований навчально-пізнавальний процес.

Найкращі результати дає навчальна праця, пов’язана з іншими способами добування знань, яка відіграє в житті дитини важливу роль. Це видно з досвіду вчителів. Одним із них є уроки, проведені нетрадиційним методом – у формі гри. Учитель повинен спрямувати хід гри на самостійне подолання учнями пізнавальних труднощів та опановування знаннями. Учні включаються в такий урок легко, із задоволенням беруть участь у навчальному процесі. Такі нетрадиційні уроки подобаються дітям, на них учні поводять себе вільно, несковано. Головною дидактичною особливістю таких занять є те, що вони розвивають пізнавальні можливості і здібності учнів; підвищують розумові здібності, зокрема, рівень самостійної розумової діяльності.

У педагогіці основними видами людської діяльності є гра, навчання, праця. Саме ці три види діяльності людини є найбільш дієвими факторами у формуванні світогляду особистості її моральних та ідейних переконань. Педагог повинен поєднувати цей вид діяльності з іншими видами для активного розвитку розумових здібностей учнів, зокрема, розвитку пізнавального інтересу.

Психологами та педагогами доведено, що кожна дитина тягнеться до гри, до пізнання навколишнього світу, до праці. При поєднанні цих прагнень на одному уроці підвищується значимість в учнів таких уроків. Такі заняття значною мірою сприяють активізації та розвитку пізнавального інтересу до предмету, що вивчається [6, с. 13].

Забезпечити успіх гри в навчальному процесі можна:

- 1) вмінням учителя визначати ступінь гри та її необхідності в навчальному процесі на певному етапі вивчення певноматеріалу;
- 2) наполегливістю та впевненістю у досягненні значних позитивних наслідків та гарного впливу на учнів.

Це нелегко для вчителя, та, щоб вирішити ці питання, необхідний, звичайно, певний досвід [1, с. 5].

Уроки, проведені у формі гри, наближають фізику до учнів, вони навчають бачити фізику навколо всіх нас, любити її, показують, що вміння встановлювати взаємні зв’язки між всіма явищами природи допомагають

нам, людям, у повсякденному житті, на кожному кроці. Тобто, з фактором необхідності вивчення предмета утворюється суттєвий фактор – інтерес. Саме інтерес є надійним помічником учителя в навчанні та виховному процесі [3, с. 3].

Таким чином, аналіз дидактичної і психологічної літератури показав, що методичних розробок про розвиток пізнавального інтересу учнів на уроках фізики, на жаль, мало. Треба враховувати, що інтерес сучасних учнів багато в чому змінився. А це означає, що необхідно творчо підходити до організації навчального процесу. А відносно тих старих розробок, які існують, можна сказати, що слід опиратися на основні, фундаментальні принципи, методи і способи, вказані в них, комбінуючи, доповнюючи і творчо переробляючи останні так, щоб вчитель зміг знаходити свої, особисті підходи для розвитку пізнавального інтересу вучнів.

Література:

1. Горбань М.М. На уроці та після... (фізика, ігри, розваги). – Чернігів: Десна, 1992. – 113с.
2. Зорька О.В. Елементи цікавої фізики як засіб формування пізнавального інтересу: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. – К., 1994. – 21с.
3. Кікець М.Г. Вечори цікавої фізики. – Київ: Радянська школа, 1960. – 116с.
4. Ланіна І.Я. Позакласна робота з фізики. – К.: Радянська школа, 1983. – 270с.
5. Роот С.Ю. Формирование познавательного интереса школьников при изучении темы «Законы сохранения в механике» // Методист. – 2004. – № 3. – С. 2–3.
6. Сивашенко С. Уроки – ділові ігри // Фізика та астрономія в школі. – 1999. – №3. – С.13.
7. Словник-довідник педагогічних і психологічних термінів / За редакцією Кузьмінського А.І. – Черкаси: Видавництво ЧДУ ім. Б. Хмельницького, 2002. – 112с.
8. Щукина Г.И. Активизация познавательной деятельности учащихся в учебном процессе: Учеб. пособие для студентов пед. ин-тов. – М.: Просвещение, 1979. – 160с.

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ PHP ТА JAVASCRIPT В СТРУКТУРІ КОМП'ЮТЕРНО-ОРІЄНОВАНИХ ПОСІБНИКІВ ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Г.М. Бойко^а, А.М. Бакал^б

м. Київ, Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова

^аvojko_npu@list.ru

^бvd34@ukr.net

Україна чітко визначила орієнтири на входження в освітній простір Європи, здійснює модернізацію освітньої діяльності в контексті європейських вимог у напрямі практичного приєднання до Болонського процесу.

Процеси інтеграції сучасної університетської та шкільної освіти у світовий освітній простір потребують термінової модернізації та корекції її інформаційно-комп'ютерної складової. Інформаційний “вибух” породив велику кількість проблем, найважливішими з яких є проблеми освіти. Необхідно не лише підвищувати рівень освіти (як професійної так і загальної) майбутніх фахівців, а й формувати новий тип інтелекту, новий спосіб мислення, адаптований до надшвидких змін економічних, технологічних, соціальних і інформаційних реалій оточуючого світу.

Найкоротший та найефективніший шлях до розв'язку сформульованої комплексної мети – це інтенсивне (і водночас – помірковане) застосування сучасних інформаційних технологій у навчальному процесі.

На кафедрі експериментальної і теоретичної фізики та астрономії Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова було створено електронний варіант посібника до лабораторних робіт з астрофізики “Практична астрофізика. Лабораторний практикум”. За змістом електронний посібник є модифікованим електронним варіантом друкарського видання, що містить опис 7 аудиторних лабораторних робіт, які відповідають програмі з астрофізики для фізико-математичних факультетів педагогічних університетів, охоплюючи курс практичної астрофізики.

Необхідність задовольнити вимог щодо невибагливості до потужностей комп'ютера, компактності, простоти створення (існують різноманітні конвектори з найбільш розповсюджених текстових форматів у формат гіпертексту) та використання (Internet Explorer є невід'ємною частиною операційної системи Windows), незалежності від операційної системи (Unix-платформа чи Win32), наштовхнули на думку використати гіпертекстовий формат (HTML-сторінки).

Оскільки протокол передачі гіпертексту є стандартом WWW, то використаний формат дозволяє розмістити електронний посібник у мережі Internet, чи використати локальну мережу. Наявність електронного посібника (On-line посібник) у мережі Internet створює додаткові можливості для студента звертатись до нього з будь-якого комп'ютера, підключеного до між-

народної мережі, а наявність принтера дозволяє легко перетворити електронні інструктивні матеріали до лабораторної роботи у тверду копію [1].

Зауважимо, що застосування гіпертекстового підходу до подання знань спирається на використання так званої “гіпертекстової метафори”, сутність якої в тому, що в пам’яті людини знання “упаковані” у вигляді окремих ідей, фактів та ін., між якими встановлено логіко-сміслові зв’язки. Власне така структура електронного посібника й дозволяє реалізувати “гіпертекстову метафору” на фізичних носіях.

Практика застосування створеного електронного варіанта посібника до лабораторних робіт у навчальному процесі разом із результатами тестування в мережі Internet (на безкоштовному WWW-сервері) дозволили зробити висновок про необхідність розширення його функціональних можливостей.

Модифікована структура електронного посібника передбачає створення системи трьох блоків, пов’язаних гіпертекстовими посиланнями (рис. 1).

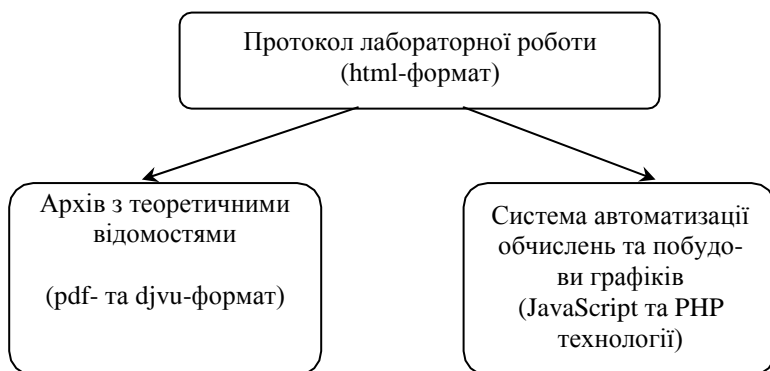


Рис. 1. Структура комп’ютерно-орієнтованого посібника до лабораторних робіт

Архів із теоретичними відомостями забезпечує можливість студенту отримати вичерпну інформацію щодо астрофізичного явища, яке вивчається в даній лабораторній роботі.

Особливо важливим є блок автоматизації громіздких математичних обчислень та побудови графіків (інтерактивний блок), по можливості не залучаючи складні в реалізації програмні засоби. На думку авторів, цей блок слід реалізувати на основі Internet-технологій, використовуючи мови опису клієнтських сценаріїв – JavaScript та мови серверних сценаріїв (serverscriptlanguage) –PHP.

Вибір пропонованих інструментів створення системи автоматизації обчислень та побудови графіків зумовлено бажанням забезпечити кросс-платформеність (Unix, Linux, Windows тощо), простоту та максимальну інтегрованість з Internet.

JavaScript – це інтегрована мова створення сценаріїв, розроблена компанією Netscape. Як і HTML, вона сумісна з переважною більшістю платформ, та дозволяє вбудовувати прикладний код безпосередньо в HTML-сторінку, який опрацьовує браузер користувача (клієнтські сценарії). Однією із суттєвих переваг JavaScript, є те, що розпізнавши подію, викликану діями користувача (наприклад, введення даних), сценарій може виконувати роботу, не звертаючись до Web-сервера й не потребуючи додаткової інформації, що важливо за умов використання повільних (dial-up) каналів зв'язку. Тобто JavaScript-код повністю передається на комп'ютер користувача. Але, на жаль, мова JavaScript не дозволяє виводити інформацію у вигляді графіків.

Мову PHP (препроцесор гіпертексту) називають мовою серверних сценаріїв. Це означає, що PHP-сценарій виконується на сервері, а клієнту передається результат його роботи.

Мова програмування PHP має безсумнівну перевагу порівняно з іншими мовами, застосовуваними для роботи з HTML, оскільки, власне, для таких завдань вона й розроблялась. На противагу CGI-сценаріям, PHP-програму можна легко вбудовувати в створену HTML-сторінку, використовуючи відкриваючі та закриваючі теги (наприклад `<?php i ?>`) [2].

Зауважимо, що кожний виклик CGI-сценарію вимагає від ядра породження нового процесу, а це займає процесорний час та оперативну пам'ять. А PHP працює як частина Web-сервера.

Поряд із тим, PHP є повноцінною мовою програмування, синтаксис якої дуже схожий на синтаксис C або Perl. Програми написані на PHP легко читати та розуміти (на відміну від Perl).

Необхідно обов'язково відмітити, що Apache+PHP є безкоштовними та можуть бути завантажені з відомих Internet-серверів (для Win32) або є складовою частиною ОС Linux, що дозволяє розв'язати проблему використання лише ліцензованого програмного забезпечення без значних фінансових витрат.

На думку А.Ф. Костарева, широкого розповсюдження мова PHP зобов'язана, власне, ОС Linux. Її створення й швидкий розвиток співпав із періодом широкого використання Linux в якості Internet-серверів [3].

Спираючись на вище викладені аргументи, було використано для автоматизації математичних обчислень – мову опису сценаріїв JavaScript [1], а для побудови графічних залежностей – PHP.

Алгоритм генерації (PHP+Apache) графічних залежностей, реалізований мовою PHP, передбачає наступну послідовність дій:

1. Створення полотна.
2. Креслення форм та вивід тексту наповнено.
3. Побудова графічної залежності.
4. Вивільнення ресурсів.

Важливою є можливість запису побудованих графіків у файл на сервері

для подальшого використання.

Використання системи автоматизації астрофізичних обчислень дозволить студентам сконцентрувати увагу на вузлових моментах експерименту, створюючи в лабораторії атмосферу навчально-дослідницької діяльності, ефективно впливаючи на пізнавальну зацікавленість студентів та активізуючи психологічні механізми позитивного ставлення до процесу пізнання.

Аналіз досягнутих результатів створення, тестування та впровадження електронного варіанту посібника до навчального процесу дозволяє зробити наступні висновки:

- вибір мови опису клієнтських сценаріїв JavaScript та мови серверних сценаріїв PHP для створення модуля автоматизації обчислень та побудови графічних залежностей у сучасних умовах швидкого розвитку Internet є оптимальний;
- використання модуля автоматизації обчислень та побудови графічних залежностей активізує процес формування експериментальних умінь та навичок, звільнюючи студентів від складних астрофізичних обчислень;
- використання електронного посібника створює сприятливі умови для інтенсифікації мотиваційних ресурсів особистості.

Поряд з тим, необхідно продовжити роботи в напрямку створення та об'єднання гіпертекстовими посиланнями модулів для розв'язку тематичних задач, пов'язаних зі змістом виконуваної лабораторної роботи, електронної системи тестової перевірки знань та електронного варіанту лекцій, тобто у напрямку формування єдиного навчально-інформаційного середовища.

Значення комп'ютерів в сучасному світі важко переоцінити. Але, з точки зору теорії пізнання, ніякий комп'ютер не може складати серйозної альтернативи реально спостережуваного астрофізичного явища.

Поряд з тим, комп'ютерні технології органічно вписуються до навчального астрофізичного практикуму, наприклад, на стадії підготовки до виконання лабораторної роботи, математичного опрацювання отриманих результатів експерименту чи спостереження, побудови графічних залежностей.

Література:

1. Бойко Г.М. Використання інформаційних технологій у лабораторно-практикумі з астрофізики. // Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції “Астрономічна освіта учнівської молоді”. – К.: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2003. – С.138-144.
2. Косентіно К. PHP. Web–професіоналам: Пер. с англ. – К.: Издательская группа BHV, 2001. – 208с.
3. Костарев А.Ф. PHP в Web–дизайне. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 592с.

МЕТОДИКА ФОРМУВАННЯ ПОЧАТКОВИХ УЯВЛЕНЬ ПРО ЕЛЕКТРОМАГНІТНУ ВЗАЄМОДІЮ І ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ПОЛЕ В ОСНОВНІЙ ШКОЛІ

В.І. Бурак, Є.Г. Купа

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет

За традиційною методикою на першому ступені вивчають електричні явища та магнітні явища. У класах фізико-математичного профілю вивчають також явище електромагнітної індукції. Згідно закону про середню загальну 12-річну освіту [1], в основній школі явище електромагнітної індукції вивчатимуть також і у непрофільних класах. Окрім того, до програми основної школи включили також тему “Електричний струм в різних середовищах”. Назріла необхідність оновлення і вдосконалення методики навчання електромагнетизму. Під терміном “електромагнетизм” в даній статті ми будемо розуміти навчальний матеріал, котрий відноситься до електричних явищ, магнітних явищ та явища електромагнітної індукції.

На нашу думку, основою подальшого розвитку методики навчання електромагнетизму в основній школі є **генералізація курсу електромагнетизму навколо понять електромагнітної взаємодії (ЕМВ) і електромагнітного поля (ЕМП)**. Це дозволяє об’єднати весь навчальний матеріал навколо спільного ядра, формувати узагальнені доступні учням уявлення і знання з електромагнетизму, оптимально поєднати розвиток емпіричного і теоретичного мислення учнів.

Пропонуємо врахувати орієнтацію на вивчення понять ЕМВ і ЕМП вже в назві **частини фізики “Електромагнітні явища і електромагнітне поле”** та її розділів: “Електричні явища і електричне поле” (Розділ 1); “Магнітні явища і магнітне поле” (Розділ 2); “Явище електромагнітної індукції і електромагнітне поле” (Розділ 3).

Можна реалізувати три підходи до вивчення понять ЕМВ і ЕМП.

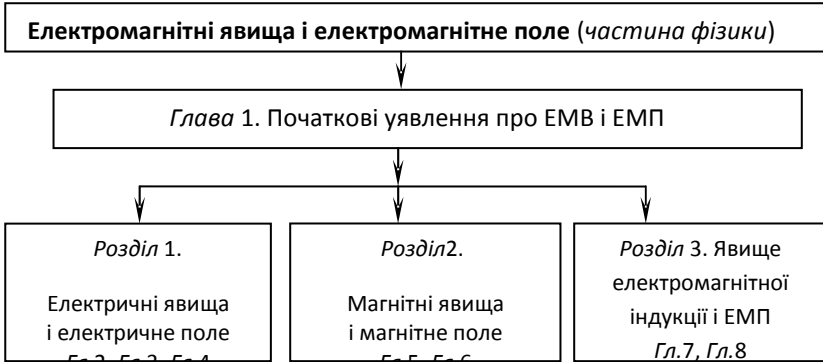
Перший підхід найближчий до традиційної методики. Послідовно вивчаємо три вказані вище розділи, а поняття ЕМВ і ЕМП вводимо в Розділі 3 під час вивчення явища електромагнітної індукції. Це індуктивний підхід до вивчення електромагнетизму.

Другий підхід полягає у наступному [2, 3]. У вступі до частини фізики “Електромагнітні явища і електромагнітне поле” зазначаємо, що згідно сучасних уявлень існує ЕМВ, котру в окремих випадках можна розділити на електричну і магнітну взаємодію (ЕВ і МВ) та “єдине” ЕМП, котре в окремих випадках можна розділити на електричне і магнітне поля (ЕП і МП). Приводимо приклади електричних і магнітних явищ. Наводимо простий і

переконливий приклад існування ЕМП: радіохвилі, завдяки яким здійснюється радіозв'язок, телевізійний зв'язок, мобільний телефонний зв'язок, поширюються у вакуумі зі швидкістю, близькою до $3 \cdot 10^8$ м/с. Після такого

вступу, при вивченні Розділів 1 і 2, ми не просто говоримо про існування ЕП і МП, а вказуємо, що кожне із них є проявом “єдиного” ЕМП. Такий підхід дозволяє формувати більш узагальнені уявлення учнів про ЕМВ і ЕМП.

Найбільш послідовним, на нашу думку, є *третій підхід* [4], структурна схема для якого має наступний вигляд.



Глава 1 “Початкові уявлення про ЕМВ і ЕМП” є своєрідним розширеним вступом до всього курсу електромагнетизму. В цій главі за невелику кількість логічних і методичних кроків формуємо початкові достатньо узагальнені якісні уявлення учнів про ЕМВ і ЕМП.

1. Початкові уявлення про ЕВ і ЕП

1.1. Електризація тіл. Два види електричного заряду

Проводимо досліди по електризації тіл дотиком чи тертям і вивчаємо взаємодію виключно між електрично зарядженими тілами: відсутність взаємодії між неелектризованими поліетиленовою і паперовою смугами (рис. 1а); притягання між взаємно наелектризованими поліетиленовою і паперовою смугами (рис. 1б); відштовхування між двома поліетиленовими смугами, наелектризованими об папір (рис. 1в); взаємне відштовхування ебонітових стержнів, наелектризованих об хутро (рис. 1г); притягання ебонітового стержня, наелектризованого об хутро, до скляного стержня, наелектризованого об шовк чи сухий папір (рис. 1д), тощо.

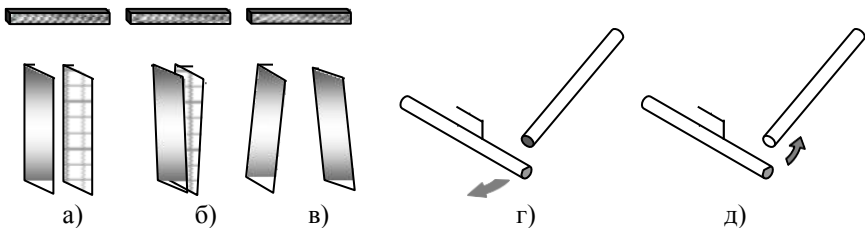


Рис. 1.

Допомагаємо учням поетапно дійти висновків: а) при контакті тіл, що посилюється внаслідок тертя, тіла електризуються і набувають електричного заряду, між ними виникає **електрична взаємодія**; в електризації беруть участь два тіла внаслідок контакту чи тертя між ними; б) існує тільки **два види (роди) електричного заряду: позитивні та негативні** заряди, які позначають знаками “+” і “-”; в) **різномірно електрично заряджені тіла (частинки) взаємно притягуються, а однойменно електрично заряджені тіла (частинки) взаємно відштовхуються між собою.**

Як бачимо, на початковому етапі ми, на відміну від традиційної методики, не демонструємо дію електрично заряджених тіл на електрично нейтральні тіла (наприклад, притягання дрібних електронейтральних клаптиків паперу до зарядженого ебонітового стержня). Дію електрично заряджених тіл на електрично нейтральні тіла (металеві та діелектрики) ми аналізуємо у Розділі 1 після вивчення будови атома. За такого підходу учні чітко розуміють, що вказана вище взаємодія пов’язана із дією електрично зарядженого тіла на електрично заряджені частинки електронейтрального тіла.

1.2. Початкові уявлення про електричне поле

Обґрунтовуємо, що **існує ЕП електрично зарядженої частинки** чи тіла. **ЕП невіддільне від електрично зарядженої частинки** (тіла). ЕП і є тим “посередником”, завдяки якому здійснюється електрична взаємодія на відстані. ЕП однієї зарядженої частинки чи тіла діє на іншу заряджену частинку чи тіло і навпаки. Між електрично зарядженими частинками чи тілами завдяки ЕП існує електрична взаємодія на відстані. Вказуємо, що існує ЕП й іншої природи, котре буде вивчатись в кінці курсу електромагнетизму. Переконуємо учнів в реальності існування ЕП і демонструємо, що **ЕП виявляють за його дією на електрично заряджену частинку** чи тіло.

2. Початкові уявлення про МВМП

Наводимо коротку історичну довідку про існування природних та штучних магнітів. Беремо нефарбовані магніти і перевіряємо на досліді, що вони електронейтральні. Зближуємо магніти і спостерігаємо, що вони або притягаються (рис. 2а), або відштовхуються (рис. 2б – магніти нанизані на немагнітний стержень, наприклад, на олівець чи ручку; верхній магніт відштовхується від нижнього і “висить” у повітрі). Разом із учнями робимо висновок, що це новий вид взаємодії – **магнітна взаємодія**. Використання нефарбованих

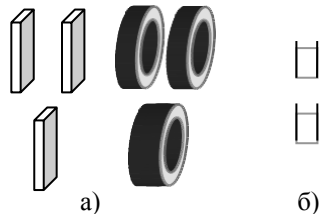


Рис. 2

постійних магнітів продиктовано тим, щоб не формувати у свідомості учнів невірною уявлення про магнітні полюси.

Демонструємо орієнтацію магнітної стрілки відносно географічних полюсів Землі, як велетенського магніту, та відносно постійних нефарбованих магнітів. Згадуємо про компас. Зазначаємо, що магнітна стрілка теж є не-

личким магнітом із умовними північним та південним полюсами, введені на основі орієнтації магнітної стрілки відносно географічних полюсів Землі. Обґрунтовуємо, що навколо Землі та постійних магнітів існує **МП**, що **магнітна взаємодія здійснюється завдяки наявності МП**. Переконаємо учнів в реальності існування МП і демонструємо, що **наявність МП легко виявити за його орієнтаційною дією на магнітну стрілку**.

Посилаємось на чітко встановлений експериментальний факт (наприклад, на дослід Роуланда-Ейхенвальда), що магнітна стрілка орієнтується певним чином навколо рухомих електрично заряджених частинок. Допомогаємо учням зрозуміти, що **навколо рухомих електрично заряджених частинок (тіл) існує МП**. Тобто ми одразу формуємо у свідомості учнів узагальнені уявлення: **навколо нерухомих електрично заряджених частинок (тіл) існує ЕП**, а **навколо рухомих – як ЕП, так і МП**. Зазначаємо, що існує МП й іншої природи, що буде вивчатись в кінці курсу електромагнетизму.

3. Початкові уявлення про ЕМВ і ЕМП

Задаємо учням питання: *яке поле*

існує навколо нерухомого електрично зарядженого тіла (рис. 3а)? навколо рухомого електрично зарядженого тіла (рис. 3б)? Учні легко відповідають на поставлені питання.

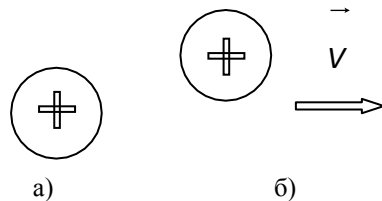


Рис. 3.

Нехай це електрично заряджене тіло бере учитель і рухається разом із ним. Знову запитуємо: *яке поле існує навколо електрично зарядженого тіла відносно вас? яке поле існує відносно учителя?* Допомогаємо учням зрозуміти, що відносно учнів (у системі відліку, пов'язаній із учнями) існує як ЕП, так і МП. А відносно учителя (у системі відліку, пов'язаній з учителем) існує тільки ЕП, так як електрично заряджене тіло не рухається відносно учителя. Відповідно в одній системі відліку ми спостерігаємо електричну взаємодію, а в іншій, як електричну, так і магнітну.

Згадуємо, що навколо нерухомого магніту існує тільки МП, котре ми виявляємо за допомогою магнітної стрілочки. Зазначаємо, що згодом ми доведемо про існування навколо рухомого магніту як МП, так і ЕП. І, навпаки, якщо ми не рухаємось відносно магніту, то спостерігаємо МП, а якщо рухаємось відносно магніту, то спостерігаємо як МП, так і ЕП. Тобто, в одній системі відліку існує МП, а в іншій – як МП, так і ЕП.

Той факт, що відносно одних спостерігачів (в одній системі відліку), існує тільки ЕП чи тільки МП, а відносно інших спостерігачів (в іншій системі відліку), існує як ЕП, так і МП, свідчить, по-перше, про **відносність електричного і магнітного полів**, і, по-друге, дає підстави вважати, що **існує “єдине” електромагнітне поле**, котре в одній системі відліку може проявлятися як тільки ЕП чи тільки МП, а в іншій системі відліку як ЕП та МП одночасно. *ЕП і МП є свого роду двома сторонами (двома проявами)*

“єдиного” ЕМП.

Згадуємо на конкретних прикладах про відносність механічного руху і підводимо учнів до узагальнення: *поняття відносності стосується не тільки механічного руху, але й електромагнітних явищ.*

Переконуємо учнів в тому, що *існує електромагнітна взаємодія, котру в окремих випадках можна розділити на ЕВ та МВ. ЕМВ здійснюється завдяки ЕМП.*

Пояснюємо учням механізм ЕМВ: згідно сьогоденних уявлень, котрі підтверджені експериментально, ЕМВ поширюється у вигляді ЕМП не миттєво, а з певною кінцевою, хоч і дуже великою швидкістю – *у вакуумі ЕМВ поширюється зі швидкістю приблизно $300000 \text{ км/год} = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$.* Так, наприклад, експериментально доведено, що електромагнітні радіохвилі, завдяки яким здійснюється радіозв'язок, телевізійний зв'язок чи мобільний супутниковий зв'язок, поширюються саме із такою швидкістю. Із швидкістю $3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ поширюється і світло у вакуумі. На сьогоднішній день більшої швидкості експериментально не зафіксовано. Цілком можливо, що більшої швидкості не існує.

Переконуємо учнів на конкретних прикладах у тому, що оскільки ЕМП (ЕП, МП) здатні виконати роботу, то *ЕМП (ЕП, МП) мають певну енергію.* Те, що ЕМП має енергію свідчить про реальність його існування.

Узагальнюємо знання учнів про матерію: все, що реально існує в світі – це *матерія*. Згадуємо з учнями про такий *вид матерії*, як *речовина*. Тіла, молекули, атоми відносяться до речовини. Оскільки реально існує і ЕМП, то воно теж є матерією. Є й інші види полів. Так, існує *гравітаційне поле*, завдяки якому здійснюється гравітаційна взаємодія, наприклад, між Землею і Сонцем, чи між людиною і Землею. Узагальнюючи сказане, приходимо до висновку: існує такий *вид матерії*, як *поле*. Остаточоно можемо сказати, що *існує два види матерії – речовина і поле*. Поле (електромагнітне поле), як вид матерії, є не менш реальним, ніж речовина. Зазначаємо учням, що згідно сьогоденних уявлень фізики речовина і поле не є відокремленими видами матерії, вони не просто доповнюють одне одного, але й тісно взаємопов'язані між собою.

На завершення Глави 1 підводимо підсумки про ЕМВ і ЕМП та про їх конкретні прояви у вигляді ЕВ і ЕП та МВ і МП.

Як бачимо, для формування початкових достатньо узагальнених уявлень про ЕМВ і ЕМП, відібрано тільки найбільш важливий навчальний матеріал. При цьому орієнтуємось в основному на використання індукції як методу наукового пізнання. Отримані початкові уявлення про ЕМВ і ЕМП застосовуються та поглиблюються, конкретизуються та збагачуються при подальшому вивченні електромагнітних явищ шляхом оптимального поєднання дедукції та індукції.

Основи методики подальшого вивчення курсу електромагнетизму у Розділах 1, 2, 3 значною відображено у роботах [2-4]. Як результат, отриму-

емо принципово нову методику навчання електромагнетизму в основній школі на засадах генералізації курсу навколо понять ЕМВ і ЕМП. Звичайно, при цьому ми опираємось на весь позитив традиційної методики. В повній мірі запропоновані підходи можуть бути реалізованими в умовах диференціації навчання для класів фізико-математичного профілю шляхом оптимального поєднання теоретичного та емпіричного мислення. Для непрофільних класів при вивченні частини тем необхідно в більшій мірі орієнтуватись на емпіричне мислення, скоротити обсяг навчального матеріалу, а вивчення деяких тем взагалі перенести в старшу школу.

Література:

1. Державний стандарт базової і повної середньої освіти // ОсвітаУкраїни. – № 5 (500), 20 січня 2004. – С. 1–13.
2. Бурак В.І., Пономаренко О.С. Формування поняття єдиного електромагнітного поля в основній школі // Зб. наук. пр. Вип. 4: В 3-х томах. – Кривий Ріг, 2004. – Т.2: Теорія та методика навч. фізики. – С.67–71.
3. Бурак В.І. Генералізація електромагнетизму в загальноосвітніх закладах // Зб. наук. пр. Вип.55. – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВВ КДПУ. – 2004. – С. 26–32.
4. Бурак В.І. Генералізація електромагнетизму в основній школі // Зб. наук. пр. Кам'янець-Подільського держ. ун-ту: Серія педагогічна: Дидактика дисциплін фізико-математ. та технологічної освітніх галузей. – 2004. – Вип.10. – С.140–143.

ДІЯ ЗМІННОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ КОТУШКИ ТОМСОНА НА СУЦІЛЬНЕ МЕТАЛЕВЕ КІЛЬЦЕ

В.І. Бурак, С.В. Личкатий

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет

При вивченні явища електромагнітної індукції у вищих навчальних закладах часто демонструють дослід з котушкою Томсона. Суть досліду полягає у “зависанні” замкнутого металевого кільця над котушкою з осердям, по якій тече змінний струм.

Для більш детального дослідження цього явища нами було проведено 4 серії дослідів з різними конфігураціями магнітотомасона осердя із розбірного трансформатора (рис. 1–4) при діючій напрузі на котушці від 0 до 200 В. У дослідях серії 1 використовували вертикальне осердя і розташовували алюмінієве кільце над котушкою. У серіях 2, 3, 4 досліді проводились при наступних положеннях замкнутого алюмінієвого кільця на осерді: зліва над котушкою, на нижній поперечці, на верхній поперечці, справа внизу, а також підвішували кільце горизонтально на правій частині осердя на чотирьох гумових стрічках.

При виконанні дослідів спостерігались наступні закономірності.

1. Кільце починає підніматись зліва над котушкою при діючій напрузі приблизно 80 В у серії 1, близько 75 В у серіях 2 і 3 та 70 В у серії 4. При цьому у дослідях серій 2, 3 і 4 сторона кільця, котра розташована всередині осердя, піднімається вище іншої. У серії 1 із симетричним осердям закономірності у тому, котра сторона піднімається вище не спостерігається. При напрузі приблизно 30 В починається вібрація кільця (серії дослідів 2, 3, 4).

2. При розташуванні кільця на нижній поперечці у дослідях серій 2, 3 і 4, воно починало рухатись вправо при напрузі близько 50 В.

3. У досліді серії 4 при розташуванні кільця на верхній поперечці, воно починало рухатись вправо при напрузі 100 В.

4. У дослідях серій 2, 3 і 4 при розташуванні кільця справа внизу осердя, воно знаходилось в цьому положенні при всіх значеннях напруги. При напрузі близько 150 В починається вібрація кільця.

5. У дослідях серій 2, 3 і 4 при розташуванні кільця горизонтально справа на підвісі, починаючи з певної напруги відбувається перекид кільця: піднімається як ліва, так і права сторона кільця в залежності від його положення відносно котушки. Перекид кільця починається при напрузі близько 130 В для замкнутого осердя у серії 4 та при вищій напрузі серіях 2 і 3 із незамкнутим осердям. Якщо підвіс прибирати, то кільце падає в нижній правий кут осердя, за виключенням випадку, коли кільце знаходиться у верхньому правому куті замкнутого осердя у дослідях серії 4 при досить великій напрузі.

6. Якщо у серіях дослідів 1 і 3 котушку підняти до верхнього краю осер-

рдя і на ній розмістити гладку горизонтальну поверхню, то кільце при напрузі близько 50 В ковзає по поверхні: в серії 1 – у довільному напрямі, а у серії 3 – вправо.

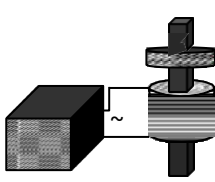


Рис. 1 (серія 1).

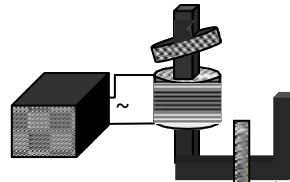


Рис. 2 (серія 2).

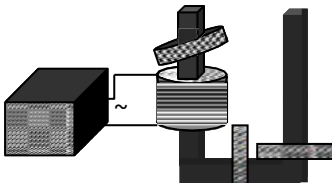


Рис. 3(серія3).

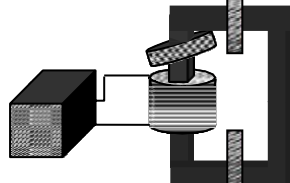


Рис. 4 (серія 4).

Проведено також дослідження залежності висоти піднімання та перекосу кільця на осерді від напруги на котушці. В даній статті ми не аналізуватимемо отримані чисельні результати, а зупинимось лише на фізичній суті явища.

Як правило, “висіння” у повітрі суцільногометалевого кільця пояснюють за допомогою правила

Щодо правильного Ленца не достатньо для пояснення цього явища.

Через котушку протікає змінний струм, який ми вважаємо гармонічним що змінюється, наприклад, за законом синуса (рис.5). За таким же законом змінюється індукція магнітного поля в осерді та навкол нього. Внаслідок змін магнітного потоку, що пронизує контур, утворений алюмінієвим кільцем, в кільці виникає індукційний електричний струм. Напрямок цього струму визначають за правилом Ленца. Тоді, на протязі першої чверті періоду (ділянка ОА на рис. 5), коли сила струму та індукція магнітного поля зростають, вектор індукції магнітного поля індукційного струму B' направлений протилежно до напрямку індукції магнітного поля котушки з осердям B . Кільце буде відштовхуватись вгору від котушки (можна провести аналогію з двома магнітами, що взаємодіють однойменними полюсами). На протязі наступної чверті періоду (ділянка АВ, рис. 5) сила струму та індукція зменшуються, тому індукційний струм у кільці за правилом Ленца змінить свій напрям. Внаслідок

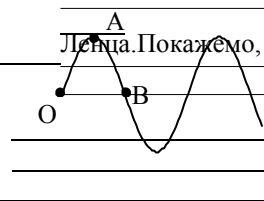


Рис. 5.

цього \mathbf{B} та \mathbf{B}' співнаправлені і кільце повинно притягуватись вниз до котушки (два магніти, що взаємодіють різнойменними полюсами притягаються). Таким чином, застосування правила Ленца приводить нас до висновку, що сила взаємодії змінює свій напрям кожну чверть періоду, отже її середнє значення дорівнює нулю. Тобто, *одного правила Ленца недостатньо, щоб пояснити причину "висіння" алюмінієвого кільця у досліді з котушкою Томсона.*

Пропонуємо пояснення цих дослідів на основі уявлень про магнітний момент контуру зі струмом та враховуючи неоднорідність магнітного поля котушки зосередям.

У випадку однорідного поля, направлено вертикально вгору, сила Ампера F_A , з якою поле діє на будь-яку ділянку алюмінієвого кільця зі струмом, лежить у площині цього кільця і намагається розтягнути або стиснути його та зорієнтувати горизонтально, перпендикулярно до ліній магнітної індукції. У нашому випадку поле неоднорідне. Внаслідок цього вектор сили, що діє на кільце, не лежить у площині кільця, а направлений під деяким кутом до неї. Складова цієї сили, перпендикулярна до площини кільця, змушує його здійснювати поступальний рух вздовж осердя. Модуль нормальної складової сили в неоднорідному магнітному полі визначається формулою [1, 2]:

$$F_n = p_m \cdot \frac{\partial B}{\partial x} \cdot \cos \alpha \quad (1)$$

де: p_m – магнітний момент кільця, $p_m = i \cdot S$ або у векторному виді $\mathbf{p}_m = i \cdot \mathbf{S} \cdot \mathbf{n}$;

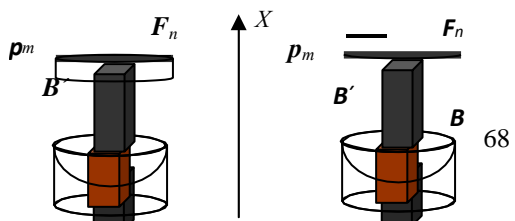
α – кут між векторами \mathbf{p}_m та \mathbf{B} ;

$\frac{\partial B}{\partial x}$ – градієнт індукції магнітного поля.

Переконаємось в тому, що сила, яка діє на кільце, дійсно є силою відштовхування і завжди направлена в одну сторону.

Під час першої чверті періоду (рис. 5) сила струму зростає. Зростає й індукція магнітного поля. Але, оскільки швидкість поширення поля скінченна ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с), то градієнт поля $\frac{\partial B}{\partial x}$ у напрямі осі X від'ємний: $\frac{\partial B}{\partial x} < 0$.

Згідно правила Ленца, вектор \mathbf{B}' індукції магнітного поля індукційного струму буде направлений вниз (рис.



ба). Сюди ж направлений і магнітний момент p_m . Отже $\alpha=180^\circ$, $\cos \alpha=-$

1. Тому $F_n > 0$. Розглянемо наступну чверть періоду (рис. 6б). Тепер сила струму, а разом з нею й індукція магнітного

B

Рис. 6а.

Рис. 6б.

поля, зменшуються, $\frac{\partial B}{\partial x} > 0$, вектори \mathbf{p}_m і \mathbf{B} співнаправлені, $\alpha = 0^\circ$, $\cos \alpha = 1$.

Видно, що і в цьому випадку $F_n > 0$. Тобто, ми бачимо, що в обох випадках сила, що діє на кільце з боку поля, направлена в одну сторону, в даному випадку – вгору.

Розмірковуючи аналогічно, можна переконатись, що сила, яка діє на кільце, розташоване зліва нижче котушки, направлена завжди вниз.

Загалом, з формули (1) видно, що сила, яка діє на кільце зі струмом в неоднорідному магнітному полі, залежить від орієнтації магнітного моменту кільця відносно напрямку індукції магнітного поля. Якщо вектори \mathbf{B} і \mathbf{p}_m співнаправлені, то сила буде втягувати кільце в область більш сильного поля. Якщо ж вектори \mathbf{B} і \mathbf{p}_m протилежно направлені, сила буде втягувати кільце в область простору з меншою індукцією магнітного поля, тобто виштовхувати кільце з області простору з більшою індукцією.

Використовуючи формулу (1) можна пояснити й інші закономірності, що спостерігались під час експерименту. Так, при розміщенні алюмінієвого кільця на горизонтальних верхній чи нижній поперечках осердя (рис. 2–4), нормальна складова сили направлена вправо, що приводить до руху кільця у цьому напрямі.

Очевидно, що індукція магнітного поля всередині осердя більше, ніж ззовні. Саме цим пояснюється той факт, що права сторона кільця, при його розташуванні зліва над котушкою піднімається вище. В той же час, у серії 1 із симетричним осердям, поле симетричне, тому ніяких закономірностей у підніманні тієї чи іншої сторони кільця не спостерігається: підніматись буде та сторона, котра випадково виявилась ближче до осердя.

Інша складова сили, паралельна площині кільця, призводить до відхилення його перпендикулярно до осердя, оскільки положення рівноваги кільця у неоднорідному магнітному полі є нестійким і тому найменша дія призводить до виходу з цього положення. У досліді серії 1, коли осердя не виступає за верхній край котушки, кільце зміщується по горизонтальній гладкій поверхні в напрямі, перпендикулярному до осердя. Оскільки поле в цьому випадку є симетричним, конкретний напрям зміщення кільця є довільним, в залежності від того, яка сторона кільця знаходиться ближче до осердя, тобто у сильнішому магнітному полі. У досліді серії 3, коли осердя не виступає за верхній край котушки, кільце, внаслідок несиметричності поля, зміщується по горизонтальній гладкій поверхні вправо, де індукція поля більша.

В описаному досліді діють не лише вказані сили, а й відповідні моменти сил, які необхідно враховувати при більш детальному аналізі явища, особливо при поясненні перекосів кільця. Крім того, треба мати на увазі, що в усіх вище вказаних формулах величини \mathbf{B} , \mathbf{B}' , \mathbf{p}_m та \mathbf{F}_n змінюються за гармонічним законом, що приводить до вібрації кільця. Усереднене положення кільця при цьому визначається діючими значеннями вказаних величин.

Таким чином, дію змінного магнітного поля котушки Томсона на суцільне металеве кільце можна пояснити на основі уявлень про магнітний момент контуру зі струмом та враховуючи неоднорідність магнітного поля котушки зосердям.

Література:

1. Калашников С.Г. Электричество: Учеб. Пособие. – 5 изд., испр. и доп. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1985. – (Общий курс физики). – 576с.
2. Савельев И.В. Курс общей физики: Учеб. пособие. Т. 2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. – 3-е изд., испр. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 496с.

ДИДАКТИЧНЕ НАПОВНЕННЯ ЗМІСТУ ПРОФІЛЬНОЇ ФІЗИЧНОЇ ОСВІТИ

A.I. Varic

м. Запоріжжя, Запорізький обласний інститут післядипломної педагогічної освіти

zoippo@mail.zp.ua

Формування дидактичного наповнення змісту шкільної фізичної освіти в умовах її профілізації є одним із головних завдань дидактики фізики.

За сучасним педагогічним енциклопедичним словником, зміст освіти – педагогічно адаптована система знань, умінь і навичок, досвіду творчої діяльності та емоційно-ціннісного ставлення до світу, засвоєння якої забезпечує розвиток особистості [8, с. 266].

В.М. Галузяк, М.І. Сметанський та В.І. Шахов під змістом освіти розуміють систему знань, вмінь та навичок, досвіду творчої діяльності, світоглядних ідей, якими учні оволодівають в процесі навчання. Згідно даного визначення автори визначають чотири компоненти змісту освіти: пізнавальний досвід – у формі знань; практичний досвід – у формі вмінь та навичок; досвід творчої діяльності та досвід емоційного ставлення до оточуючого світу [4, с. 138].

І.П. Підласий визначає зміст освіти як систему знань та вмінь, які відбивають потреби суспільства та окремих людей [7, с. 224].

В основу змісту шкільної освіти необхідно також покладати прогноз розвитку держави та суспільства, а, в зв'язку з цим, і модель майбутнього випускника школи – особистості, здатної до самореалізації, самовдосконалення, саморозвитку. Формування такого випускника можна розглядати як процес формування компетентної особистості у житті, суспільстві, фаховій діяльності та ін. Адже як справедливо зауважив О.І. Ляшенко, *в світі не існує теорії змісту освіти, є концепція компетентності, концепція неперервності освіти, теорія поковального розвитку, яка аналогічна навчальним планам в нашій країні* [6, с. 18].

Зміст освіти – і фізичної зокрема – формувався на протязі тисячоліть і послідовно, по краплям включався до навчальних курсів. В наш час наука стрімко розвивається і об'єм знань подвоюється кожні 2,5–3 роки. Звичайно, за таких обставин необхідно постійно коригувати і зміст освіти, і методи та форми навчання, а це, в свою чергу, призводить і до змін педагогічних технологій у навчанні.

На думку М.І. Бурди, основою змісту навчального матеріалу є методологічні знання, які окреслюють межі пошуку змісту, його відбір і головним тут мають бути запити суспільства на види діяльності людини та відповідне до цього відображення компонентів науки [3, с. 22].

Зміст фізичної шкільної освіти визначається навчальними планами і

програмами з фізики та відображається в підручниках і посібниках.

У дослідженнях М.П. Карпенко аналізувалась сучасна педагогічна практика навчання фізики. Експерти, розглянувши 16 підручників з курсу фізики для 5–11 класів, дійшли таких висновків: 1) існуюча шкільна програма з фізики необґрунтовано перенавантажена; 2) на етапі практичного застосування вчитель стикається з “нереальною” програмою і при цьому вимушений “нереально” оцінювати знання своїх учнів [5, с. 110].

Особливого значення питання змісту фізичної освіти набуває у контексті введення профільного навчання в загальноосвітній школі. Зміст фізичної освіти при цьому має бути узгодженим з напрямом профільного навчання. Проблемних питань у цьому ракурсі більш ніж достатньо: чим має обґрунтовуватись добір навчальних дисциплін з конкретного профілю навчання? Чи має відрізнитись профільне вивчення предмету від поглибленого? Як визначити об’єм виучуваного матеріалу з дисципліни? Яким має бути зміст навчальних дисциплін у межах профільного курсу? та ін.

Розглянемо два аспекти профільного навчання: мету і головні завдання профільного курсу та дидактичне наповнення змісту фізичної освіти згідно поставленої мети.

Перший аспект висвітлено у Концепції профільного навчання та програмі з фізики для профілю навчання. В першу чергу необхідно визначитись з планованим результатом профільного навчання. Згідно головної мети профілізації загальноосвітньої школи – забезпечення умов для самовизначення та професійної орієнтації особистості учня – таким результатом має стати профільна компетентність випускника, як необхідний щабель в свідомому професійному самовизначенні особистості випускника школи. Отож профільний курс фізики має забезпечити формування саме профільної компетентності учнів. А це вже складне комплексне завдання, адже фізика тут має бути предметною складовою у профільному напрямку навчання і своїм змістом окреслювати профіль навчання. Яким чином можна реалізувати профільний напрям у навчанні фізики?

Профільного наповнення зміст фізичної освіти має набути на будь-якому визначеному профілі навчання.

Розглянемо структуру змісту профільного курсу фізики природничого профілю в загальноосвітній школі. Як впливає профіль навчання на відбір змісту фізики?

Перед тим як дати відповідь на це запитання, звернемося до тлумачного словника за визначенням понять профілю та профільності. Отже, *профіль* – це сукупність основних типових рис, які характеризують, наприклад, фах, а *профільовати* означає надавати чому-небудь певного профілю [10, с.665].

На природничому профілі навчання фізика може виступати у ролі профільної дисципліни. Паралельно з фізикою профільними предметами можуть бути хімія, біологія, географія, екологія. Кількість профільних дисциплін має становити не більше трьох, отож, добір такого циклу предметів

покладено на школу. Таким чином, курс фізики природничого профілю має відображати типові риси своєї галузі, тобто повинен бути профільним або близьким до профільного.

У програмі з фізики для природничого профілю навчання зазначено, що "... природничий профіль навчання передбачає системне вивчення старшокласниками основ природничих наук, формування і розвитку умінь практичного використання здобутих знань та поглиблення компетентності у предметних галузях профілю (хімія, біологія, географія, медицина, екологія тощо), пов'язаних з вибором професії чи подальшим навчанням" [2]. При цьому фізичний компонент має розглядатись в тісному зв'язку з профільними предметами.

Аналізуючи програму курсу фізики для природничого профілю, ми дійшли висновку, що тематичний зміст програми спрямований на профільну компоненту лише частково (за нашими підрахунками в межах 10-15% від загального об'єму) і носить ознайомчий характер щодо впливу тих чи інших факторів на живі організми чи навколишнє середовище і т.д. Так, наприклад, у розділі "Основи термодинаміки" до змісту програми включено питання з проблем необоротності процесів в біології та медицині, проблем парникового ефекту, впливу продуктів функціонування теплових двигунів на біосистеми. У розділі "Закони постійного струму" розглядається питання впливу струму на організм людини. Разом з тим, навчальні досягнення, які передбачено програмою і можна віднести до компетентностей учня, також відносно більше, ніж у змісті тем, містять деякі знання і уміння стосовно освітнього профілю.

Перелік фронтальних лабораторних робіт та лабораторного практикуму взагалі носять відсторонений від профільного напрямку характер. Таке наповнення змісту фізики виконує функцію поглиблення знань учнів з предмету. Будемо виділяти таку складову курсу фізики як *базову*. Однак профіль навчання впливає на зміст навчання фізики як профільного предмету – *профільну* складову. У подальшому ми будемо розділяти базову та профільну компоненти змісту курсу навчання фізики. Профільна компонента, на наш погляд, повинна знайти свою реалізацію у профільних мініспекурсах.

Врахування профілю навчання у програмі з фізики ми зустрічаємо у рекомендаціях до лабораторного практикуму, де вказано: "...враховуючи особливості природничого профілю навчання, вчитель може доповнити пропонуваній перелік роботами, орієнтованими на біологію, медицину, географію, екологію" [2].

Отже, на наш погляд, на перший план виступає проблема дидактичного наповнення змісту курсу фізики природничого профілю, а, значить, і його науково-методичного супроводження. Головним фактором, стримуючим формування і розвиток профільного навчання фізики, є створення навчально-методичного комплексу. На сьогодні існують лише програми профільного курсу фізики, але вони не підтримані відповідним навчально-методичним

забезпеченням, дидактичними засобами, підручниками та навчальними посібниками і т.д. Тому реалізація профільної компоненти наразі складається лише із профільних спецкурсів, тобто курсів профільного доповнення змісту, які покликані поглибити і розширити зміст профільних предметів та забезпечити профільну прикладну і початкову професійну спеціалізацію навчання [1, с. 10]. Такі спецкурси частково розроблені творчими педагогами загальноосвітніх шкіл, технікумів, вищих закладів освіти. У своїй більшості вони носять специфічний і локальний характер і не завжди узгоджуються між собою.

Вирішення проблеми дидактичного наповнення змісту фізичної освіти може здійснюватись у декількох напрямках.

По-перше, виникає проблема інформаційної насиченості друківаних дидактичних засобів навчання фізики відповідно до профілю.

Для цього необхідно насамперед визначитись з групою профільних дисциплін які складають даний напрям навчання. Складність полягає у тому, що за одним і тим же профілем, наприклад, природничим, можуть бути затверджені різні склади профільних предметів, як то фізика і біологія, фізика і хімія, фізика і географія, біологія і хімія, біологія і екологія т.ін.

По-друге, забезпечення профільного компоненту у змісті навчання має відбуватись на основі тісного зв'язку з профільними предметами, широкого використання міжпредметних зв'язків з метою інтеграції профільних курсів та їх теоретичних узагальнень, формування в учнів сучасного наукового стилю мислення. Доцільно розробити інтегровані лабораторні практикуми, практичні роботи для якісного забезпечення профілю навчання фізики.

По-третє, необхідно розробити не тільки програми профільних і спеціальних курсів, але і відповідні методики, засоби навчання, які найповніше враховуватимуть різноманітність освітніх середовищ і діапазон індивідуальних потреб учнів.

Необхідність змін та корекції змісту навчання приводить нас до необхідності розв'язання однієї задачі: забезпечення поглибленого вивчення профільного курсу фізики при одночасному формуванні у учнів компетентності у профільному напрямку – опанування знаннями та вміннями в конкретній галузі на взаємодоповнювальній і підтримувальній основі споріднених профільних дисциплін. При цьому курс фізики природничого профілю має забезпечити "... опанування учнями основних фізичних гіпотез, моделей, концепцій, законів, явищ на рівні теоретичних узагальнень, достатніх для розуміння і пояснення хімічних, біологічних явищ, формування екологічної культури, основ медичних знань" та ін. [2].

На нашу думку, зміст профільного курсу фізики має бути пронизаний прикладною профільною спрямованістю як в теоретичному викладі навчального матеріалу, так і в лабораторно-практичному. Теоретично-наукова фізична освіта необхідна, але недостатня в профільному навчанні.

Проблема профільного наповнення теоретичного змісту фізики може

бути розв'язана завдяки використанню міжпредметних зв'язків профільних дисциплін та введення принципу *екземпляризму* у навчальний курс. Нагадаємо, що в основі теорії дидактичного екземпляризму лежить принцип “parsprototo” (частина замість цілого), суть якого полягає в тому, щоб на прикладі репрезентативних фрагментів навчального матеріалу познайомити учнів із темою в цілому [3, с. 152]. У ролі таких “тематичних прикладів” можуть виступати деякі аспекти можливої професійної спрямованості учнів

– як теоретичні знання, так і прикладні, профільовані задачі.

Застосування екземпляризму у змісті навчання сприяє забезпеченню професійного само-визначення учнів і, на наш погляд, може бути доцільним у профільному курсі фізики. Так, наприклад, при вивченні квантової фізики на природничому профілі доцільно зупинитись на питаннях прояву квантових властиво-стей світла у механізмі зору людини і тим самим пов'язати знання учнів з біології, хімії, медицини та екології. Тут можна висвітлити такі питання: учому полягає механізм споглядання оточуючого світу? Як з'являється зо-браження предмету на сітківці ока людини і в головному мозку? Які хімічні перетворення молекул спричиняють появу зорового сигналу? Який діапазон електромагнітних хвиль сприймається людським оком і чому? та ін. Використання таких показових прикладів застосування знань з фізики у медицині, біології, екології допоможе учням зрозуміти роль знань з фізики у своїй майбутній професійній діяльності, демонструє нерозривний зв'язок природничих дисциплін, а також допомагає учням у професійному самовизначенні. Міжпредметні зв'язки забезпечують викладання профільної компоненти і можуть здійснюватись через доповнення до відповідних суміжних тем, або окремими навчальними заняттями, розробленими в підсумок вивчення одного з розділів фізики.

Профільна компонента також реалізується і через лабораторно-практичні заняття. До них ми відносимо інтегративні лабораторні практики та семінарські, практичні заняття з вираженим прикладним та міжпредметним характером. Методичне забезпечення і одного, і другого на сьогоднішній день майже відсутнє, але розробка і створення відповідного навчально-методичного комплексу може узагальнити і систематизувати вже існуючий багатий досвід по впровадженню міжпредметних зв'язків в теоретичні та практичні заняття з фізики. Необхідно провести відбір практичних завдань з профільним звучанням. Що ж стосується інтегративного практикуму, то така форма профільного навчання є інноваційною і вперше була запропонована С.Н. Рягіним. У своїй роботі з проектування змісту профільного навчання він називає інтегративний практикум ядром профільного навчання, бо саме він формує профільну компетентність учнів [9, с. 127]. Ми погоджуємось з високою оцінкою ролі інтегративного практикуму у профільному навчанні і виділяємо окремо інтегративний лабораторний практикум як більш доцільний у природничому профілі навчання. Інтегративне поєднання знань та вмінь з профільних предметів має стати підсумком профіль-

ного навчання фізики наприкінці навчального року. На наш погляд, запропонований перелік робіт лабораторного практикуму навчальною програмою не носить профільної спрямованості, але дані рекомендації щодо включення робіт, орієнтованих на профіль. Окрім того, доцільно включити до такого практикуму деякі екскурсії, що мають профільну спрямованість. Так, наприклад, екскурсія до фізіотерапевтичного кабінету лікарні ознайомить учнів з принципом дії та застосуванням медичної апаратури і узагальнить знання учнів з біології (функціонування живих організмів) та фізики (електромагнітні хвилі і їх дія), а також матиме безпосереднє значення у профорієнтації.

На завершення хочемо зазначити, що сьогодні сучасної фізики демонструє її статус фундаментальної науки в розвитку споріднених галузей у науці і техніці. У наш час фізика пропонує свої знання, досягнення і теорії, методи дослідження на службу іншим наукам, а сама перетворюється на науку про фундаментальні основи природознавства.

У XXI столітті прогнозується збільшення кількості наук, що виникають на межі областей різних наук. Проникнення фізики і в саму фізику гілок різних наук створює умови для стрімкого розвитку інтегрованих з фізикою наук: біофізика, фізика дисипативних систем, геофізика та багато ін. Кожна з похідної від фізики наук потребує у навчанні більш глибокого розкриття саме своєї специфічної області вивчення фізики, іншими словами вимагає такого змісту навчання фізики, який би забезпечував наступність навчання.

Усі ці тенденції мають бути враховані освітніми закладами і в першу чергу – профільною школою. Сучасний зміст фізичної освіти має бути максимально особистісно-орієнтованим для досягнення учнем головних цілей освіти, для забезпечення його самовизначення та самореалізації у житті.

Уведення профільного навчання допоможе учням зорієнтуватись у різноманітності прикладної спрямованості фізики і стане першим кроком до свідомого вибору майбутньої професійної діяльності.

Зміст фізичної профільної освіти, на наш погляд, має опиратись на перспективний прогноз розвитку людської цивілізації – глобалізацію усіх сфер життя, комп'ютеризацію та інтенсивне впровадження нових технологій.

Відбір змісту профільного навчання фізики – процес складний і повний протиріч. Він породжує нові педагогічні технології, змінює уявлення про міжпредметні зв'язки, модифікує попереднє науково-методичне забезпечення, обумовлює варіативність програм та навчальних спекурсів. Однак необхідність вирішення цих задач вже не викликає сумнівів.

Література:

1. Концепція профільного навчання в старшій школі // Інформаційний збірник міністерства освіти і науки України. – 2003. – №24. – С.3-15.
2. Програма для природничого профілю навчання. Фізика, 10-11 класи. // Фізика та астрономія в школі. – 2004. – №6.

2. Бурда М. Теорія шкільного підручника // Директор школи, ліцею, гімназії. – 2002. – №6. – С.22-23.
3. Галузяк В.М., Сметанський М.І., Шахов В.І. Педагогіка. – Вінниця, 2003. – 416с.
4. Карпенко М... Содержание современного образования: взгляд на проблему // Психологическая наука и образование. – 1999. – №3-4. – С.110.
5. Ляшенко О. Проблема оновлення змісту загальної середньої освіти// Директор школи, ліцею, гімназії. – 2002. – №6. – С. 18-21.
6. Подласый И.П. Педагогика: Учебник для студентов высш. учеб. заведений. – М.: Просвещение: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1996. – 432с.
7. Педагогический энциклопедический словарь / Гл. ред. Б.М. Бим-Бад; Ред. кол. М.М. Безруких, В.А. Болотов, Л.С. Глебова и др. – М.: Большая Российская энциклопедия, 2003. – 528с.
8. Рягин С.Н. Проектирование содержания профильного обучения в старшей школе // Школьные технологии. – 2003. – №2. – С.121-129.
9. Тлумачний словник української мови / За ред. В.С. Калашника. – Х.: Прапор, 2003. – 992с.

ФІГУРИ ХЛАДНІ НА КРУГЛИХ ПЛАСТИНАХ

Б.М. Валійов, В.Д. Єгоренков

м. Харків, Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна
vladimir.d.yegorenkov@univer.kharkov.ua

У цій доповіді мова йтиме про простий метод отримання та спостереження стоячих хвиль пружності на круглих пластинках шляхом реєстрації ліній вузлів за допомогою мілкового піску. Це можна виконати як в демонстраційному експерименті в аудиторії під час лекцій, так і в умовах навчальної лабораторії в лабораторній роботі. Вони використовуються, зокрема, для вимірювання висоти звуку.

Метод отримання фігур належить Ернсту Флоренсу Фрідріху Хладні [1]. Він вперше знайшов можливість візуалізації стоячих хвиль пружності, що збуджуються у скляних чи металевих пластинках. Сам Хладні описує своє відкриття наступним чином: “Серед інших речей я помітив, що будь-яка не надто мала скляна або металева пластина давала низку різних тонів, якщо її тримати в різних положеннях та вдаряти по ній; я хотів дізнатись про причину різноманіття цих тонів, які ще ніхто не розглядав. Я затиснув бронзову пластину, яка була частиною шліфувальної машини, за конус, що був посередині, у лещата, і зрозумів, що водячи смичком, можна генерувати різні тони, які були гучніші та звучали довше, ніж ті, що отримувались ударами” [1]. Існує багато методів для збудження коливань пластинок [2]. Як свідчать старі книжки з фізики, такі пластини (часто з бронзи), закріплені на дерев’яних підставках, були неодмінною приналежністю фізичних кабінетів. Оскільки нашому університету цього року виповнюється 200 років, то не дивно, що ми маємо в демонстраційному кабінеті комплект з круглої (рис. 1) та квадратної бронзових пластин, виготовлених у першій половині 19 сторіччя фірмою Marloye et C^{ie}.

Важливо відрізнити коливання струн та мембран від коливання язичків (наприклад, баяна або акордеона) та пластин, хоча обидва типи коливань є поперечними. Справа в тому, що з математичної точки зору коливання струн та мембран описуються рівняннями другого порядку по координатах, тоді як для опису коливань язичків та пластин треба застосовувати в загальному випадку рівняння четвертого порядку по координатах [3]. В той час, як коливання струн та мембран будь-якої форми розповсюджуються без зміни їх форми, у випадку стрижнів та пластин коливання згину розповсюджуються без зміни форми тільки, якщо вони єгармонічними.

Треба зауважити, що у природі можна спостерігати коливання такого типу, про що свідчить наступний уривок з оповідання В. Біанкі “Музикант” [4]: «Старик подкрался из-за елочки и видит: на опушке разбитое грозой дерево, из него торчат длинные щепки. А под деревом сидит медведь, схватил одну щепку лапой. Медведь потянул к себе щепку и отпустил ее. Щепка

выпрямилась, задрожала, и в воздухе раздалось «Дзенн!...» – как струна запела.». Бокали також коливаються як пластини.



Рис. 1. Одна з широковідомих фігур Хладні, збуджена смичком, яка має у якості вузлових ліній лише діаметри.

Історія побудови математичного опису коливань пластин досить драматична. Е. Хладні вперше продемонстрував свої фігури у Французькій академії наук перед Наполеоном у 1808 році. Той, зацікавившись, не тільки дав 6000 франків на переклад праць Хладні французькою мовою, але і утворив призовий фонд у 3000 франків в Інституті Франції для оголошення конкурсу із наступним завданням: “Сформулювати математичну теорію пружних поверхонь та встановити, як вона узгоджується з емпіричними даними”. Строк конкурсу був 2 роки. Більшість математиків не намагались розв’язати цю проблему, тому що Лагранж сказав, що наявні математичні методи не є адекватними для її розв’язку. Однак, французький математик-самоук Марі-Софі Жермен витратила наступні 10 років у спробі побудувати теорію пружності, змагаючись та співпрацюючи із деякими з найвидатніших математиків та фізиків. Фактично, Жермен була єдиним кандидатом у 1811 році,

але її робота не отримала нагороди. Вона не вивела свій опис із фізичних принципів, але її робота вказала нові підходи, і Лагранж, який був одним із суддів, виправив помилки в її обчисленнях і отримав рівняння, яке, як він вважав, могло б описати фігури Хладні. Строк було подовжено на два роки, і знов Жермен була єдиним пошукувачем. Вона показала, що рівняння Лагранжа дійсно надають фігури Хладні у деяких випадках, але не змогла представити задовільне виведення рівняння Лагранжа із фізичних принципів. Лише третя спроба Жермен у конкурсі, який був знов відкритий у 1815 році, була оцінена як гідна нагороди, хоча залишалися недоліки щодо математичної суворості. Лише у 1850 році, після смерті Жермен, Г. Кірхгоф знайшов бездоганний аналітичний розв'язок для круглого диска, написавши правильну умову на вільному краю диска [3]. А квадратний диск чекав на теорію аж до 1909 року, коли В. Рітц розробив свій варіаційний принцип та надав числовий розв'язок відповідної задачі[5].

Картина стоячих хвиль круглого диска природно складається із діаметрів та кіл. Позначимо кількість діаметрів як n , а кількість кіл – як v . Тоді, згідно теорії Кірхгофа [6], висота власних тонів вільної круглої пластинки, якщо прийняти основний тон за одиницю, надається у наступній таблиці.

Таблиця 1.

v	$n=0$	$n=1$	$n=2$	$n=3$	$n=4$	$n=5$
0			1,0000	2,3124	4,0485	6,1982
1	1,6131	3,7032	6,4033	9,6445	13,3927	17,6304
2	6,9559	10,8383	15,3052	20,3249		
3	15,9031	21,25?				

З таблиці 1 випливає, що стояча хвиля, зображена на рис. 1, відповідає випадку (0, 3), тобто кола відсутні, а є три діаметри. Ми демонстрували фігури Хладні протягом багатьох років, але ніколи не отримували фігур, що складаються лише з одних кіл, наприклад, фігури (1,0) або (2,0). Лише у підручнику О.Д. Хвольсона [7] ми знайшли пораду, як збудити радіально симетричні стоячі хвилі. Ці хвилі легко відтворити, якщо круглу пластину відділити від її дерев'яної підставки та закріпити двома гайками на сталевому стрижні. Потім пластину з цим стрижнем можна або закріпити за стрижень у лещатах, як це робив сам Хладні (рис. 2), або підвісити на нитках (рис. 3).

В обох випадках ми не використовуємо смичок, а злегка постукуємо дерев'яним молоточком по стрижню, збуджуючи поздовжні коливання стрижня, які коливають центр пластини. В залежності від того, як затягнуті гайки, ми отримуємо одне або два кільця. На рис. 2 можна навіть спостерегти будову третього кільця. Відношення зовнішнього діаметра кільця до діаметра диска на рис. 2 добре узгоджується з розрахунком Пуассона, наведеним у книзі [3].

Тепер варто навести результати теорії Кірхгофа для круглих пластин

які відносяться лише до вузлових ліній у вигляді кіл. В такому випадку колові частоти коливань виражаються формулою

$$\omega_m = s^2 \sqrt{\frac{h^2 E}{\rho R^4}},$$

де з точністю до 10% (згідно Пуассона) $s = \frac{m\pi}{R}$, $m=1, 2, 3, \dots$



Рис. 2. Пластика із стрижнем вщетах.



Рис. 3. Пластика із стрижнем напіввісі.

Тут R є радіус пластини, h – її товщина, E – модуль Юнга, ρ – масова густина, σ – коефіцієнт поперечного стискання. Тоді для радіусів вузлових кіл стоячих хвиль, що відповідають першим трьом модам, знайдемо (згідно Пуассона) [4]:

Таблиця 2.

$s_1 = \pi/R$	$s_2 = 2\pi/R$	$s_3 = 3\pi/R$
$r_1' R = 0.68062$	$r_2' R = 0.39151$ $r_2'' R = 0.84200$	$r_3' R = 0.25679$ $r_3'' R = 0.59647$ $r_3''' R = 0.89381$

Звідси видно, що одне коло відповідає першій моді (рис. 3), два кола відповідають другій моді, три – третій моді. Так що можна вважати, що рис. 2 показує фігуру, яка відповідає моді вище першої. Імовірно, що стрижень з гайками, який навантажує пластину, змінює фігуру, яка відповідає коливанням вільної пластини.

Ми хотіли б на завершення зазначити, що Хладні надихнув на пошук фігур, що утворює пісок на пластинах, інший тип фігур. Останні відносяться до розподілу позитивного та негативного заряду, які залишає на діелектричних пластинах ковзаючий коронний розряд і які можна візуалізувати за допомогою жовтої сірки та червоного суріку. Вони були відкриті Георгом Крістофом Ліхтенбергом у 1777, за десять років до фігур Хладні. Ми вже звертались до демонстрацій фігур Ліхтенберга [8], але в цьому нашому короткому повідомленні нажалі не знайшлося місця для фото. В свою чергу, утворення фігур на квадратній пластині, посипаній піском, за допомогою іншої ідентичної пластини, що коливається поблизу даної пластини, стимулювало Майкла Фарадея до відкриття явища електромагнітної індукції у 1831 р.

Література:

1. Chladni E.F.F. Die Akustik (1802 and 1830) (Breitkopf and Haertel).
2. Rossing T.D. Chladni's law for vibrating plates. Am. J. Phys. 50 (1982) 271-274.
3. Шефер К. Теоретическая физика. Т.1. Часть вторая. Механика сплошных сред. – М.-Л.: ОГИЗ НКТП, 1929. – С.228.
4. Бианки Виталий. Рассказы и сказки. Для младшего школьного возраста. – Киев: Веселка, 1985. – С.194.
5. Ritz W. Ann. d. Phys. 28 (1909) 737.
6. Schulze F.A. Ann. d. Phys. 24 (1907) 785.
7. Хвольсон О.Д. Курс физики. Т. 2, Издание Риккера (1911) 60.
8. Валиев Б.М., Егоренков В.Д. Фигуры Лихтенберга в преподавании электростатики в курсе физики. Матер. 4 Междун. научно-методической конференции “Методические, дидактические и психологические аспекты проблемного обучения” 26-29 августа 1996. – Донецк: ДонГУ, 1996. – С.95.

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ДИДАКТИКИ ФІЗИКИ ВИЩОЇ ШКОЛИ

І.С. Величко¹, С.П. Величко²

¹ м. Київ, Київський національний університет імені Тараса Шевченка

² м. Кіровоград, Кіровоградський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка
SPVelichko@yandex.ru

За роки незалежності України в освітній галузі відбулися і все ширшого розмаху набувають суттєві зміни, які пов'язані з тим, що освіта спрямована на формування активної і дійової позиції кожної молодої людини. Тому основною в системі освіти є розвивальна і культурологічна домінанта, виховання відповідальної творчої особистості, яка вміє критично мислити, спрямовувати на краще своє життя і життя своїх співвітчизників.

Інтеграція і диференціація та глобалізація соціальних, економічних і культурних процесів, які відбуваються в освіті, перспективи розвитку нашої держави упродовж найближчих двох десятиліть вимагають глибокого, випереджувального оновлення системи освіти, бо сучасний соціальний прогрес і розвиток на межі двох тисячоліть характерний переходом до високотехнологічного інформаційного суспільства, де рівень освіченості й культури людей є вирішальним для економічного та соціального поступу держави. Відтак, система освіти забезпечує соціально-педагогічні умови для створення достатнього простору, який, у свою чергу, створює умови для самореалізації та самовдосконалення особистості у навчанні. До того ж таке спрямування у розвитку освітньої галузі означає відхід від попередніх умов загальної стандартизації навчання, аналіз наявного досвіду у створенні реальних умов для самореалізації як учнів, так і студентів, відхід від жорсткої уніфікації навчальних планів у школах різних типів, зокрема й у різних вищих навчальних закладах.

Реформування вищих навчальних закладів відповідно до закону України “Про вищу освіту” передбачає реалізацію принципів гуманізації і демократизації освіти, методологічну переорієнтацію процесу навчання на розвиток особистості студента, формування його компетенцій. Особливої уваги заслуговує у наш час і принцип фундаменталізації освіти, який за своєю сутністю, на думку С.У. Гончаренка [1], має розв'язати утворений розрив між глобальними потребами суспільства й результатами освіти, між професійною орієнтацією і потребами особистості в гармонійному задоволенні різноманітних пізнавальних інтересів, між сучасними методологічними підходами до розвинутих наук й архаїчними формами їхнього вивчення.

У сучасних соціальних та економічних умовах нове розв'язання має дістати й суперечність, котра існує між фундаментальною освітою та професійним навчанням, бо орієнтація на вузьких професіоналів відображає рівень розуміння соціального захисту особистості в попередні десятиріччя.

Нині ж реально захищеною в соціальному плані може вважатися лише високоосвічена людина, котра здатна гнучко перебудовувати зміст своєї діяльності в залежності від ринкових вимог та у зв'язку зі зміною технології у відповідних галузях.

За цих умов варто зазначити, що у своєму розвитку людина і цивілізація в цілому все більшою мірою виявляє істотні основоположні (фундаментальні) якості й риси життєдіяльності соціальної форми існування матерії, що значною мірою ускладнює можливість створення такої системи освіти і такої її структури, коли є можливість і вдається досить легко відстежувати і вносити у навчальний процес найновіші наукові знання.

Відтак, освітня система має бути здатною не лише давати нові знання, а головне – постійно і швидко оновлювати ці знання, формувати потребу в безперервному самостійному їх засвоєнні, формувати вміння і навички самоосвіти, самостійного і творчого оволодіння ними упродовж усієї активної життєдіяльності людини.

І врешті, формування у системі освіти і забезпечення сприйняття учнями в навчально-виховному процесі сучасної наукової картини світу вимагає інновацій як у змісті освіти, так і в його структурі. За цих обставин в освітньому процесі до змісту навчального матеріалу повинні включатися такі наукові знання, засоби навчання, освітні технології і методики, дисципліни й курси, які здатні відображати фундаментальні аспекти “двоєдиного процесу інтеграції і диференціації в науці, використовувати досягнення кібернетики, синергетики та інших сфер знання, що виникають на стику багатьох наук і дають можливість виходити на системний рівень пізнання дійсності, бачити й використовувати механізми самоорганізації і саморозвитку явищ і процесів” [1, с.8].

За цих умов кожний високопрофесійний фахівець з вищою освітою, а відтак і кожний випускник вищого навчального закладу повинен бути наділений тими рисами і носити на собі відбиток тих особливостей сучасних динамічних змін у суспільстві, котрі пов'язані із високою значущістю інформації, вагомою ролі інформаційних та комп'ютерних технологій. Тобто вища школа має переорієнтуватися у напрямку підготовки фахівців, які не просто досконало знають свої фахові предмети, але й уміють самостійно здобувати, аналізувати, групувати, переробляти інформацію з будь-яких тем, розділів, галузей і напрямків, “адже сьогодні кількість інформації зростає настільки, що її просто неможливо засвоїти на звичайних університетських лекціях чи практичних заняттях” [1, с.176].

Такі сучасні проблеми у вивченні природничих дисциплін, крім вирішення традиційних освітньо-виховних завдань, потребують перегляду матеріальної бази лабораторій і кабінетів й забезпечення їх новітніми засобами навчання. Тому перед викладачами всіх навчальних дисциплін, і зокрема перед викладачами фізики, постає завдання не просто передавати деяку суму знань, а головне спонукати студентів до самоосвіти, саморозвитку.

Як свідчить практика, у навчанні фізики ефективному розв'язанню цих завдань сприяють різні види самостійної роботи студентів з елементами дослідництва, постановка різних видів навчального експерименту тощо, результативність яких визначається і забезпечується матеріальним оснащенням фізичних лабораторій і кабінетів. Слід підкреслити, що саме наявність досконалого сучасного обладнання у кабінеті фізики та реальна можливість плідної роботи з приладами, у тому числі і комп'ютерного оснащення, дає змогу студентам відчути себе справжнім експериментатором, дослідником, що створює умови для самореалізації особистості.

Тут варто зазначити і те, що кожна навчальна дисципліна у вищому навчальному закладі, кожен предмет і навіть кожна окрема його тема потребує чіткої, зваженої і добре продуманої системи засобів навчання. І навіть у межах одного навчального предмета засоби навчання не залишаються сталими, бо необхідність зміни їх виникає з об'єктивних причин.

По-перше, такі зміни зумовлені динамічними змінами взагалі у суспільстві, що викликають відповідні зміни основних завдань педагогіки вищої школи. Тому перед дидактикою фізики вищої школи зараз постає як одне із першочергових завдань створення нових засобів навчання, які відповідали б сучасним досягненням науково-технічного прогресу і давали б змогу готувати фахівців з перспективою на майбутній період.

По-друге, інтенсифікація розробки новітніх засобів навчання обумовлена гіперінформованістю навчальних дисциплін. Сьогодні не лише зростає кількість інформації з фізики, яку слід опанувати майбутньому фахівцю, але й суттєво поглибився її зміст, розширився і ускладнився понятійний та математичний апарат. Саме за цих умов ефективність у навчальному процесі досягається за рахунок використання новітніх засобів навчання, зокрема комп'ютерних і мультимедійних технологій, що значною мірою активізують пізнання студентів і залучають їх до самоосвіти, бо формування і створення у свідомості студентів чіткої і міцної системи уявлень про основні фізичні поняття, явища, закони чи фізичні гіпотези і теорії веде до створення базової системи фізичних знань, до їх фундаменталізації, а згодом, спираючись на цю систему, дозволяє робити висновки стосовно нових явищ та уявлень про них, узагальнювати їх. Таким чином, новітні засоби навчання для реалізації фізичної освіти відповідно до сучасних вимог у вищих навчальних закладах є досить важливим чинником у формуванні фізичного стилю мислення особистості кожного студента, що врешті створює низку узагальнених уявлень концептуального характеру, які в гносеологічному аспекті постають над конкретним змістом фізичного навчального матеріалу, над фізичною конкретикою.

До того треба додати, що до важливих проблем дидактики фізики вищої школи слід віднести, звичайно, і підготовку підручників та посібників відповідно до нового змісту; комп'ютеризацію усіх ланок життєдіяльності ВНЗ та зокрема навчально-виховного процесу; посилення розвивального та

виховного аспектів навчального процесу; створення нових та модернізацію у запровадженні відомих активних форм і методів навчання; розвиток напрямків демократизації, гуманізації та фундаменталізації вищої освіти та ін. З урахуванням усіх цих аспектів новітні сучасні засоби навчання повинні відповідати сучасним запитам навчального процесу у ВНЗ, змінювати навчальну діяльність студентів у напрямках її розширення та інтенсифікації, змістовно і конструктивно орієнтувати її на сучасний стан розвитку науки і техніки та суспільства. Одночасно вони “повинні уможливлувати застосування у вузівському навчальному прогресі тих засобів, які вже ефективно зарекомендували себе в освітянській практиці, доповнюючи й надаючи їм нових можливостей та розширюючи їхні функції; забезпечувати посилення міжпредметних зв’язків, інтегрування та поєднання навчальних дисциплін, враховуючи альтернативність навчальних планів на свободу наукової діяльності; формувати таке навчальнонаукове середовище, яке сприяє створенню умов для продуктивної науково-пошукової діяльності студентів; активізувати науково-дослідну діяльність студентів і спрямовувати їхню самостійність; бути орієнтованими на сучасну технологічну базу, сучасний дизайн та універсальність” [1, с.178].

Серед досить вдалих, на нашу думку, у цьому відношенні сучасних розробок і рекомендацій з курсу загальної фізики можна назвати “Фізичний практикум у вищій школі”, описаний у статті [2], який дає можливість на достатньо високому науково-методичному рівні виконати комп’ютерний варіант робіт фізичного практикуму з розділу “Механіка” та “Молекулярна фізика”. Такий лабораторний комплекс “L-мікро” вже достатньо ефективно себе зарекомендував у фізичних лабораторіях вищих навчальних закладів м. Кіровограда й Умані.

Іншим, досить ефективним, є напрямок, пов’язаний із створенням нових сучасних навчальних приладів, котрі достатньо добре себе зарекомендували у навчальному процесі в поєднанні з типовим обладнанням фізичних кабінетів і лабораторій і створюють оригінальні навчальні комплекти з фізики. Серед них: навчальні комплекти “Оптика”, універсальний спектральний комплект УСК-6, інтерферометр Юнга, джерело еталонного випромінювання ДЕВ-3м, фотометр інтегральний, болومتر, прилад для графічного запису деформації, прилад для вивчення газових законів та ін., котрі є наслідком діяльності Наукового центру розробок засобів навчання, що з 2000 року плідно працює на кафедрі фізики та методики її викладання Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка і подані у 2004 році з метою експертної оцінки в Інститут засобів навчання АПН України.

Зокрема **фотометр інтегральний** є перетворювачем “світловий потік – напруга” і може одночасно бути використаний для вимірювання потужності неперервного випромінювання He-Ne лазера ($\lambda=0,63$ мкм), а також для вимірювання потужності некогерентного випромінювання джерел у видимій

та ближній інфрачервоній ділянці спектра. Дякуючи наявності вузької діаграми спрямованості (рис. 1), прилад може бути використаний для вимірювання локальної яскравості віддалених просторових джерел.

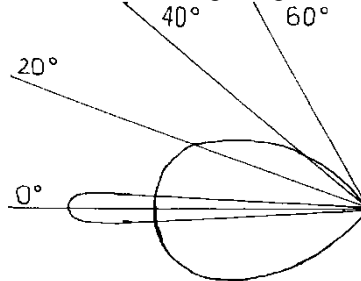


Рис. 1

Якщо додатково визначити за еталонним вимірювачем залежний від довжини хвилі коефіцієнт перетворення, то фотометр може бути ефективно використаний для абсолютних вимірювань потужності монохроматичного випромінювання будь-якої іншої довжини хвилі в межах чутливості вмонтованих приймачів. Поряд з цим фотометр може бути використаний для вирішення багатьох науково-дослідних та навчальних завдань, пов'язаних з оптичними вимірюваннями у лабораторних та польових умовах і одночасно для вимірювання величин струмів, напруг, опорів, що дуже часто є необхідним в лабораторній практиці.

Визначення інтенсивності світла одержується як виважена сума впливів світлових потоків у залежності від спектрального їх складу та напрямку поширення. Тому вимірювання потужності світлового потоку в абсолютних одиницях можливе при фіксуванні напрямку поширення і довжини хвилі. В інших випадках вимірювання здійснюються у відносних одиницях.

При вимірюванні освітленості (потужності світлового потоку) прилад може працювати у двох режимах: з вузькою діаграмою спрямованості і широкою. Під діаграмою спрямованості (ДС) мається на увазі залежність коефіцієнта перетворення "світловий потік – напруга" від напрямку на віддалене точкове джерело світла. Вузька ДС формується встановленням приймальної площадки фотодіода у фокусі лінзи, при цьому розкриття ДС (ширина її на рівні половини коефіцієнта перетворення відносно максимального його значення) дорівнює 2:

$$2\theta = L/F,$$

де L – розмір фотоплощадки діода у відповідній площині (вертикальній або горизонтальній), F – фокусна відстань лінзи. Діафрагмуванням діючого поля фото діода та вибором фокусної відстані можна змінювати розкриття діаграми спрямованості в широких межах від часток до десятків градусів.

При необхідності одержати широку діаграму спрямованості в даному приладі використовується інтегрування за напрямком світлового потоку, яке

здійснюється ідеальним (Ламбертовським) розсіювачем. Недолік останнього – низький ККД, але при наявному запасі підсилення він не суттєвий.

З метою центрування входних отворів приладу в обох режимах фотодіоди розташовані на одній оптичній вісі: перший – у фокусі, а другий закріплено безпосередньо в площині лінзи, для чого в центрі лінзи просвердлено посадкове заглиблення, стінки якого відшліфовані. Збільшення ширини діаграми спрямованості забезпечується трьома елементами: передньою сферичною поверхнею лінзи, шліфованою поверхнею заглиблення та лінзою фотодіода.

Вибір діаграми здійснюється комутацією входних кіл перетворювача “струм-напруга” без зміни положення приладу відносно джерела випромінювання.

Вихідна напруга фотометра пропорційна світловому потоку, який досягає фотодіод аж до величин, при яких підсилювач “струм-напруга” насичується. Після досягнення рівня насичення вихідний сигнал відповідає струму насичення вихідного каскаду підсилювача, який, у свою чергу, залежить від напруги джерела живлення. Джерело живлення вмонтоване у фотометрі. Прилад не має елементів та функцій, що являють небезпеку для обслуговуючого персоналу.

Загальний вигляд фотометра зображений на рис. 2.



Рис. 2. Загальний вигляд фотометра ФІ-2.

Технічні характеристики фотометра:

- | | |
|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Область спектральної чутливості, мкм | 0,4–1,0 |
| 2. Діапазон вимірювання потужності монохроматичного випромінювання, мкВт, | для множника $\times 1$ 5×10^4 –50
$\times 1000$ 50 – 5×10^{-2} |
| 3. Час встановлення вихідного сигналу до рівня 95%, мс, не більше | 0,5 |

4. Коефіцієнт перетворення для осьового пучка, потужність світлового потоку/напруга, $\lambda = 0,63 \mu\text{м}$, мВт/В,	для перемикача $\times 1$ для перемикача $\times 1000$	10 10^{-2}
5. Коефіцієнт перетворення фотострум/напруга, для режиму "AU", А/В	$\times 1$ $\times 1000$	10^3 10^6
6. Точність вимірювання потужності лазерного випромінювання, %		± 10
7. Відтворюваність значення вимірюваної величини, плюс одиниця останнього розряду, %		± 1
8. Напруга джерела живлення, В		9
9. Струм, що споживається від джерела, мА, не більше		2,5
10. Маса, кг, не більше		0,5

Література:

1. Наукові записки. – Випуск 55. – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка. – 2004. – 356с.
2. Величко Л.П., Величко С.П. Розвиток навчального фізичного експерименту засобами комп'ютерних технологій // Зб. наук. праць Кам'янець-Подільського держ. ун-ту: Серія педагогічна: Дидактика дисциплін фізико-математичної та технологічної освітніх галузей. – Кам'янець-Подільський, 2004. – Вип. 10. – С.144-147.

ВИДЕОЯРД КОМПЬЮТЕРНОГО КУРСА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

Т.В. Гаврилова, С.П. Мовчан, С.В. Марасов
г. Харьков, Харьковский национальный автомобильно-дорожный
университет
air@khadi.kharkov.ua

Переход к кредитно-модульной системе организации учебного процесса в высших учебных заведениях III–IV уровней аккредитации (решение коллегии Министерства образования и науки Украины от 27 февраля 2004 г.) предусматривает полное обеспечение индивидуальной траектории достижения необходимого уровня знаний и навыков, согласно критериям образовательно-профессиональных программ (ОПП) подготовки специалистов.

В рамках курса общей физики, обязательной дисциплины ОПП технических высших учебных заведений, это неизбежно связано с необходимостью существенного расширения традиционных форм самостоятельной работы студентов (СРС), как аудиторной, так и внеаудиторной, прежде всего дистанционной.

Наряду с этим модульно-рейтинговая технология учебного процесса, по своей сути, предусматривает систематическое совершенствование системы комплексной проверки (тестирования) и критериев рейтинговой оценки знаний и навыков студентов по отдельным модулям или кредитам.

Решению указанных задач способствует компьютерный курс общей физики, один из вариантов которого разработан автором работы [1].

На наш взгляд, в подобной структуре компьютерного курса физики наряду с пакетом тестов и электронной версией теоретического курса физики, как в полном, так и в кратком реферативно-справочном варианте, следует особое внимание уделить видеоряду компьютерного курса физики. Данный видеоряд должен включать не только мультипликационные демонстрации основных физических явлений и соответствующих им законов физики, охватываемых электронной версией теоретического курса, но и наглядное визуальное пояснение как условий, так и способов решения основных типовых задач.

При этом следует, как и в рамках теоретического курса физики, широко использовать анимации, базирующиеся на методе аналогий, используя, прежде всего, его эвристическую функцию [2].

Поясним это на ряде примеров. Так, в электростатике для наглядной интерпретации потенциала и эквипотенциальных поверхностей $\varphi(x, y, z) = \text{const}$, которые на плоскости вырождаются в эквипотенциальные линии, следует сравнить последние с помощью анимации с линиями рельефа с одинаковой высотой $h = \text{const}$ над уровнем моря на географических картах. Тогда эквипотенциальные линии в виде окружностей разнорадиуса

электростатического поля точечного заряда соответствуют линиям одинаковой высоты конуса.

В случае вершины с различной крутизной (в объемном изображении) густота линий рельефа зависит от крутизны склона, так же как и густота эквипотенциальных линий позволяет судить о величине напряженности электрического поля $E = -\text{grad } \varphi(r)$.

Аналогия между разностью потенциалов $d\varphi$ и перепадом высоты dh может быть продолжена и в электродинамике при сравнении условий возникновения и существования электрического тока в цепи с условиями циркуляции жидкости в замкнутой системе. При этом роль насоса, обеспечивающего разность давлений, играет в электродинамике источник тока, обеспечивающий разность потенциалов.

Не менее наглядна анимация, при которой направленное движение зарядов по замкнутому контуру сравнивается с механической аналогией движения шарика (прообраза заряда) по наклонному винтообразному желобу с механическим подъемником, который сопоставляется с источником тока, своеобразным «подъемником» заряда. При этом подчеркивается, что аналогом потенциальной энергии шарика на различной высоте h является потенциал того или иного сечения проводника, а аналогом компоненты силы тяжести, скатывающей шарик при его равномерном движении по желобу, в свою очередь, является электрическая сила, обеспечивающая направленное движение зарядов в проводнике.

Особую роль следует уделить мультипликационным демонстрациям проблемного характера с последующим их анимационным разъяснением.

Ряд таких демонстраций может быть представлен в виде типовых задач, второй – компоненты видеоряда компьютерного варианта курса общей физики.

Так, поиски ответа на вопрос, почему два цилиндра с одинаковыми массами и геометрическими размерами (что подкрепляется изображением процесса измерения их параметров) скатываются по наклонной плоскости с разной скоростью, завершаются наглядной демонстрацией, показывающей, что цилиндры имели разное распределение масс, т.е. различные по величине моменты инерции.

В качестве закрепления данного материала предлагаются в анимационном варианте следующие задачи.

Задача 1.

Два тела одинаковой массы, формы с равными размерами соскальзывают одновременно без начальной скорости с наклонной плоскости. Трение существенно.

Предлагается найти ответы на следующие вопросы:

1. Почему тела приходят к концу спуска одновременно?
2. В каком случае они могут прийти к концу спуска неодновременно?
3. Зависит ли работа силы трения на всем пути движения тела доста-

новки:

а) от угла наклона плоскости?

б) от коэффициента трения?

4. Сравните смещения тел, считая от вершины наклонной плоскости по горизонтальному направлению до остановки в случае разных углов наклона плоскости к горизонту (коэффициенты трения на горке и на горизонтальном участке считать одинаковыми).

Задача 2.

С наклонной плоскости одновременно без начальной скорости начинают скатываться без проскальзывания два цилиндра одинаковой массы и размеров: а) сплошной; б) тонкостенный полый (труба).

Для решения задачи нужно дать ответы на вопросы:

1. Какие законы используются для решения данной задачи?

2. Запишите закон сохранения энергии для каждого тела.

3. Сравните мгновенные скорости тел на заданном уровне относительно горизонта.

4. Сравните скорости тел в заданный момент времени

5. Найдите отношение кинетических энергий тел в конце спуска.

6. Каково отношение угловых ускорений тел в заданный момент времени?

Задача 3.

Шарик соскальзывает без трения по наклонному желобу, переходящему в мертвую петлю радиусом R . С какой высоты должен начать двигаться шарик, чтобы не оторваться от петли в верхней точке траектории?

Для решения задачи нужно дать ответы на вопросы:

1. Какие силы действуют на тело в верхней точке траектории?

2. Как записать закон сохранения энергии?

3. Каково условие того, что тело не оторвется в верхней точке петли?

Данная анимация позволяет также поставить следующие задачи:

1. Найти силу давления тела на желоб в точке, определяемой углом α между вертикалью и радиусом – вектором тела (начало координат в центре петли) при заданной высоте h .

2. При каком значении угла α произойдет отрыв?

3. Чему равно полное ускорение тела, когда его скорость направления: а) горизонтально; б) вертикально?

Таким образом, наличие анимаций в компьютерном курсе физики позволяет не только наглядно проиллюстрировать подаваемый учебный материал, но и усилить процесс активизации познавательной деятельности студентов, развитию их творческих способностей, то есть служит развитию конструктивистской концепции обучения.

Литература:

1. Александров В.Д. Компьютерный курс общей физики // Теорія на методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. Випуск 3: В 3-х томах. – Кривий Ріг : Видавничий відділ НметАУ, 2003. – т. 2. – С.3-6.

2. Мовчан С.П., Кудрявцев І.М. Використання методу аналогій в курсі загальної фізики // Теорія на методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. Випуск 3: В 3-х томах. – Кривий Ріг: Видавничий відділ НметАУ, 2003. – т. 2. – С.238-242.

КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В УМОВАХ ОСОБИСТІСНО-ОРІЄНТОВАНОГО НАВЧАННЯ ФІЗИКИ

О.В. Генів-Стешенко¹, Н.Л. Сосницька²

¹ м. Бердянськ, Загальноосвітня школа №4

² м. Запоріжжя, Запорізький національний університет
sosnickaya19@rambler.ru

Реформування загальної середньої освіти в Україні передбачає переорієнтацію процесу навчання з інформативної форми на розвиток компетентності, впровадження особистісно-орієнтованого підходу до навчання, підвищення якості і об'єктивності оцінювання знань учнів. Проблемам особистісно-орієнтованого навчання присвячені роботи Якіманської І.С., Ляудіса В.Я., Полата Є.С., Гузика М.П., Подмазіна С.І. та ін. Однією з моделей особистісно-орієнтованого навчання є семестрово-блочно-залікова організація навчального-виховного процесу (СБЗН). В ній поєднані традиційне репродуктивне навчання з інноваційними технологіями, зокрема комп'ютерно-орієнтованими, які все частіше застосовують для вдосконалення навчального процесу з фізики, шкільного фізичного експерименту (ШФЕ) тощо. Використання навчального фізичного експерименту у поєднанні з комп'ютером допомагає ефективно реалізувати особистісний підхід до учня, формувати стиль наукового фізичного мислення, значно підвищити результативність навчальної діяльності учнів, забезпечити доступність, наочність, послідовність викладання матеріалу, сприяє зацікавленості учнів, оптимізації навчального процесу, зміцненню міжпредметних зв'язків. Удосконалення навчального фізичного експерименту та методики його використання при особистісно-орієнтованому навчанні в умовах широкого застосування комп'ютерно-орієнтованих технологій сьогодні ще залишається без належної уваги. Тому у цьому дослідженні ми поставили за мету визначити теоретичні основи, принципи побудови, технологізації та методики використання особистісно-орієнтованого навчання, зокрема СБЗН; розробити ППЗ "Вольт-амперна характеристика діода", який складається з експериментальної установки для проведення навчального фізичного експерименту та відповідного програмного забезпечення; розробити конкретні методичні рекомендації вчителю з використання даного ППЗ при вивченні теми "Електричний струм у напівпровідниках" у Х класі ЗОШ в умовах СБЗН.

З аналізу науково-методичної літератури [1–4] ми дійшли висновку, що ППЗ переважно розроблюють для віртуального дослідження фізичних процесів та явищ при безпосередньому використанні віртуальних лабораторій, зокрема Electronics Workbench. Тому вважаємо, що створений нами ППЗ для вивчення теми "Електричний струм у напівпровідниках" та методика його використання є актуальною практичною розробкою на шляху комп'ютеризації реального ШФЕ.

ППЗ “Вольт-амперна характеристика діода” призначений для застосування в шкільному курсі фізики в X класі ЗОШ при вивченні теми “Електричний струм у напівпровідниках” на таких типах уроків (за умови використання СБЗН): при вивченні матеріалу блоку навчальної інформації (урок-лекція), фронтальному опрацюванні матеріалу блоку навчальної інформації (урок-семінар), індивідуальному опрацюванні, на додаткових індивідуальних завданнях (ДІЗ) в якості демонстраційного фізичного експерименту для демонстрації однобічної електричної провідності напівпровідникового діода, залежності сили струму в напівпровідниковому діоді від напруги; у роботі фізичного практикуму “Зняття вольт-амперної характеристики напівпровідникового діода”. Також можливе застосування на спецкурсах, факультативах, заняттях фізико-технічних гуртків, у роботах дослідницького характеру, для самостійної роботи учнів; ППЗ також може бути використане при вивченні курсів електротехніки, радіотехніки у вищих навчальних закладах.

ППЗ складається з двох блоків: експериментальної установки для проведення навчального фізичного експерименту та відповідного програмного забезпечення. Установка являє собою стенд, на передню панель якого винесені клеми для монтажу колодок з досліджуваними напівпровідниковими радіоелементами, світлодіоди – датчики напруги на радіоелементі та джерелі живлення, а також зображена спрощена функціональна схема установки. Із задньої панелі установки виходить три кабелі для підключення до: мережі живлення (стандартна вилка), входу (Line In) звукової карти (стандартний роз’єм стерео-мініджек), порту LPT ПК (стандартний LPT роз’єм).

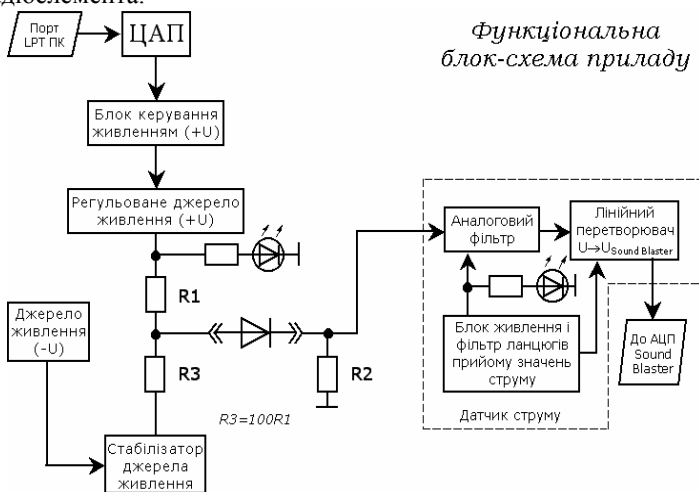
Принцип дії установки (рис. 1). Напруга від мережі надходить на джерело живлення (-U), ЦАП, блок керування живленням (+U) та блок датчика струму. Програмно виставляємо відповідний байт на ніжках LPT-роз’єму. Цифровий сигнал від LPT-порту, оброблюючись ЦАПом, перетворюється в аналогову форму. Аналоговий сигнал надходить на блок керування напругою (+U), що керує зміною напруги з якимось кроком у діапазоні від -10 В до +15 В на регульованому джерелі живлення. Світіння зеленого світлодіода свідчить про те, що установка підключена до мережі. Світіння червоного світлодіода дозволяє візуально фіксувати зміну напруги на досліджуваному радіоелементі.

Спочатку ми програмно відтинаємо позитивну напругу на регульованому джерелі живлення. Через досліджуваний радіоелемент тече негативний струм, що надходить з джерела живлення (-U) через стабілізатор джерела живлення. Червоний світлодіод яскраво горить за рахунок негативної напруги. Починаємо подавати невелику позитивну напругу через резистор R_1 . За рахунок того, що $R_3 = 100 \cdot R_1$, негативна напруга падає не так швидко, як позитивна. Таким чином, напруга на досліджуваному радіоелементі плавно змінюється в інтервалі від -10 В до 0 В. Дані про струм і напругу в цьому інтервалі потрібні для побудови лівої частини вольт-амперної характери-

стики (ВАХ). Як тільки $U = 0$ В, червоний світлодіод гасне. Далі напруга на досліджуваному радіоелементі починає рости в інтервалі від 0 В до +15 В. Світіння червоного світлодіода свідчить про це. Дані про струм і напругу в цьому інтервалі потрібні для побудови правої частини ВАХ.

Сигнал, надходячи на аналоговий фільтр, очищується від шумів і на лінійному перетворювачі напруги перетворюється в напругу, що задовольняє вхідні параметри звукової карти ПК. Блок живлення і фільтр ланцюгів прийому значень струму потрібні для живлення аналогового фільтра і лінійного перетворювача, а також для зняття даних про струм на радіоелементі.

Далі інформація про струм і напругу через вхід звукової карти надходить на АЦП звукової карти і дискретизується за часом та за амплітудою. Дискретизація за амплітудою дозволяє вимірювати чисельні значення досліджуваного сигналу, дискретизація за часом використовується для узгодження роботи ЦАП і АЦП. За даними будується графік ВАХ досліджуваного радіоелемента.



Програмна частина складається з виконуваного модуля ВАХ диода.exe, файлу функціональної схеми Shems.bmp, файлу з осями координат та сіткою Графік.bmp, файлу довідкової системи Дов_дка.hlp. Для запуску програми необхідно з будь-якої операційної оболонки, наприклад, Windows Commander, завантажити програму ВАХ диода.exe. Після завантаження програми на дисплеї з'являється головне вікно, в якому спочатку відображена спрощена функціональна схема установки.

Після натискання кнопки "Очистити" на екрані в головному вікні з'являється заздалегідь підготовлений за збережений у каталог з програмою рисунок (файл Графік.bmp), на якому зображені координатні вісі та сітка

координат. Він потрібен для проведення експерименту за умов використання конкретного типу діода. Також можна відкрити для проведення експерименту будь-який підготовлений заздалегідь файл для конкретного типу діода через меню Файл “Відкрити”. Якщо ж планується використання нового типу діода, то необхідно провести попередній експеримент для встановлення точок координат.

Робота з ППЗ може здійснюватися у двох режимах:

1. Демонстрація. Вчитель встановлює відповідний до використовуваного діода коефіцієнт підсилення досліджуваного сигналу, інтервал зчитування даних про струм і напругу, виставляє відповідні коефіцієнти корекції даних та визначає вид отриманого графіка ВАХ через меню Властивості графіка.

Далі, натискаючи кнопку “Запуск”, вчитель починає демонструвати одnobічну електричну провідність напівпровідникового діода та залежність сили струму в діоді від напруги (дані про напругу та силу струму знімаються в режимі реального часу). На цьому етапі доречно використовувати таблиці, які пояснюють процеси, що відбуваються на p-n-переході. Після того, як графік ВАХ отримано, вчитель, спираючись на результат експерименту, пояснює одnobічну електричну провідність напівпровідникового діода та залежність сили струму в діоді від напруги, звертає увагу учнів на відсутність зворотного струму. Після цього вчитель демонструє збільшену у масштабі ліву вітку ВАХ, натискаючи “Властивості демонстрації” / “Показати таблицю та графік зворотного струму”. На цьому етапі можна не зупинятися на експериментальних значеннях струму та напруги, які представлені в таблиці. Вчитель має змогу продемонструвати ВАХ іншого діода (параметри якого будуть задовольняти параметри установки), що дозволяє отримати інший графік ВАХ діода.

2. Лабораторна робота. У цьому режимі роботи з ППЗ вчитель повинен докладно пояснити учням етап підготовки до експерименту для того, щоб вони могли самостійно приступити до виконання роботи. У лабораторній роботі для побудови ВАХ діода використовуються експериментальні дані про напругу та силу струму. Ці дані також можуть бути використані для аналізу графіків залежностей $I=f(U)$, доведення, що зворотний струм на p-n-переході існує, але він невеликий таїн.

При використанні будь-якого режиму роботи з ППЗ можна зберегти отриманий експериментальний графік ВАХ, роздрукувати його, використовуючи меню Файл “Зберегти” та Файл “Роздрукувати”. Також учні мають можливість викликати довідку і закріпити чи поглибити знання з теми “Електричний струм у напівпровідниках”, натискаючи “Довідка – Теоретичні відомості”, або ж більш детально ознайомитися з установкою, програмним комплексом та технікою його використання, натискаючи “Довідка – Допомога”.

Дана робота – крок на шляху до створення універсального навчально-

експериментального комплексу, який дозволить застосовувати комп'ютерно-орієнтовані технології в контексті особистісно-орієнтованого навчання для демонстрування та дослідження ВАХ багатьох напівпровідникових радіоелементів, закону Ома для ділянки ланцюга та ін. Подальша робота буде йти у напрямку удосконалення схеми установки, програмної частини, розширення меж та точності вимірювання напруги, сили струму на досліджуваному радіоелементі.

Література:

1. Бугайов О.І., Закота Л.А., Костокевич Д.Я., Мартинюк М.Т. Програми для загальноосвітніх навчальних закладів. Фізика. 7-11 класи. – К.: Шкільний світ, 2001. – №22-23. – 95с.
2. Вісник Чернігівського державного педагогічного університету ім. Т.Г. Шевченка. Випуск 13. Серія: педагогічні науки: Збірник. У 2-х т. – Чернігів: ЧДПУ, 2002. – №13. – Т 1. – 152с.
3. Подмазин С.И. Теория и практика семестрово-блочно-зачётного режима обучения и 12-бального оценивания знаний учащихся. – Запоріжжя: Просвіта, 2000. – 88с.
4. Сосницька Н.Л. Засоби реалізації нових педагогічних технологій у навчальному процесі з фізики // Наукові записки. – Серія: Педагогічні науки. – Засоби реалізації сучасних технологій навчання. – Випуск 34. – Кіровоград: РВЦ КДПУ ім. Винниченка. – 2001. – С.236–241.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИКИ В PYTHON

Е.Е. Гетманова

г. Харьков, Харьковский национальный университет радиоэлектроники
elge@mail.ru

Использование компьютерных технологий повышает эффективность преподавания фундаментальных дисциплин, в частности, физики. Компьютерная графика делает физические процессы более наглядными, а численные методы позволяют изменять физические параметры и тем самым исследовать явления всесторонне.

Таким образом происходит обучение моделированию виртуальной реальности, поскольку самый эффективный способ моделирования процессов реальности основан на использовании физических законов, так как эти законы описывают взаимодействия объектов в окружающем мире. И обучать моделированию виртуального мира надо параллельно с изучением физики.

Умение работать с компьютерной графикой и создавать физические модели необходимо каждому специалисту. Даже если он не будет впоследствии заниматься инженерными и физическими задачами, возможно, ему придется создавать экранные заставки, компьютерные игры или Web-страницы. Поэтому заинтересованность студентов в обучении физики с помощью компьютерных программ высока. Общеизвестно, что, чем выше заинтересованность обучаемого в предлагаемом материале, чем интенсивней его эмоциональный настрой, тем лучше проходит процесс усвоения учебного материала.

Моделировать физические процессы путем программирования 3D графики достаточно сложно. Появление языка Python позволило преодолеть эту сложность.

Python – интерпретируемый, объектно-ориентированный, высокоуровневый язык программирования, изобретенный Гвидо ван Россумом. Python имеет легкий для изучения синтаксис. Интерпретатор Python и большая стандартная библиотека распространяются свободно.

Python имеет подключаемый графический модуль, который называется “Visual”. С помощью модуля VPython создается 3D графика.

Во многих университетах мира студенты используют VPython для моделирования физических процессов. Использование VPython позволяет сконцентрироваться на физической сути явлений и получать графические модели без особых сложностей.

В Харьковском национальном университете радиоэлектроники студенты выполняют лабораторные работы по моделированию физических процессов в VPython.

Выпущено пособие к лабораторным работам «Моделирование физических процессов в VPython» [1], в которое вошли основные сведения по под-

ключаемому модулю VPython, примеры использования этого модуля. Основные теоретические положения по лабораторным работам, также включенные в пособие, позволяют понять идеи моделирования физических процессов, и наконец, сами работы – это уже активное использование VPython.

При моделировании используются векторные физические величины, которые управляют движением объектов. Это способствует пониманию физической сути векторных величин в физике.

В конце каждой работы приведены контрольные вопросы, а также контрольные задания. Изучаются поступательное равномерное и равнопеременное движения. Объекты двигаются по поверхности. Код программы подключает графический модуль, модуль для создания графиков, создает объекты и задает законы движения. Одновременно строятся графики зависимости пройденного пути от времени. Когда объекты встречаются, графики пересекаются, и определяется время и место встречи. Данная лабораторная работа помогает понять физический смысл отрицательных ускорений и скоростей.

Далее изучается движение тела, брошенного под углом к горизонту. Одновременно с первым телом, параллельно поверхности движется второе тело. Когда координаты тел совпадают, второй объект исчезает (сбивается первым) (рис. 1).

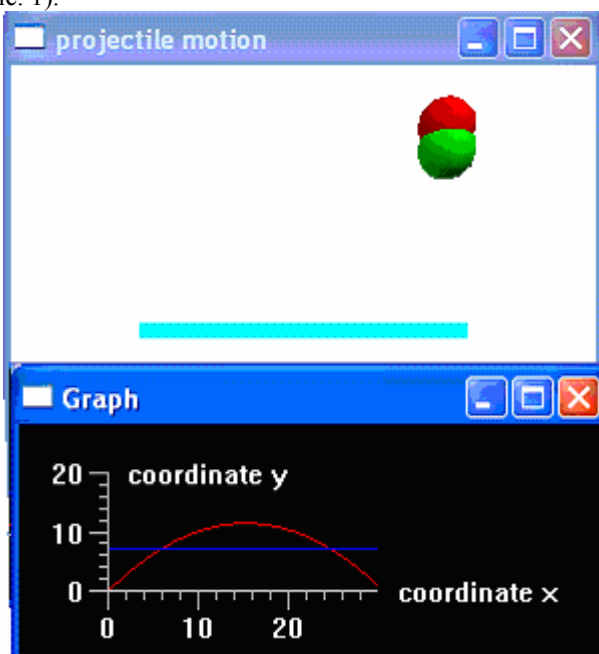


Рис. 1

В качестве самостоятельной работы предлагается расположить торы по траектории движения первого тела таким образом, чтобы при совпадении координат движущегося тела и центров масс торов, последние исчезали.

Одна из лабораторных работ посвящена изучению второго закона Ньютона и рассмотрению движения центра масс системы двух тел. В VPython векторы могут рассматриваться как силы, причем компоненты вектора представляют собой компоненты силы. Программа описывает два тела, движение которых определяется действующей на тела силой. График показывает изменение расстояния между объектами от времени (рис. 2).

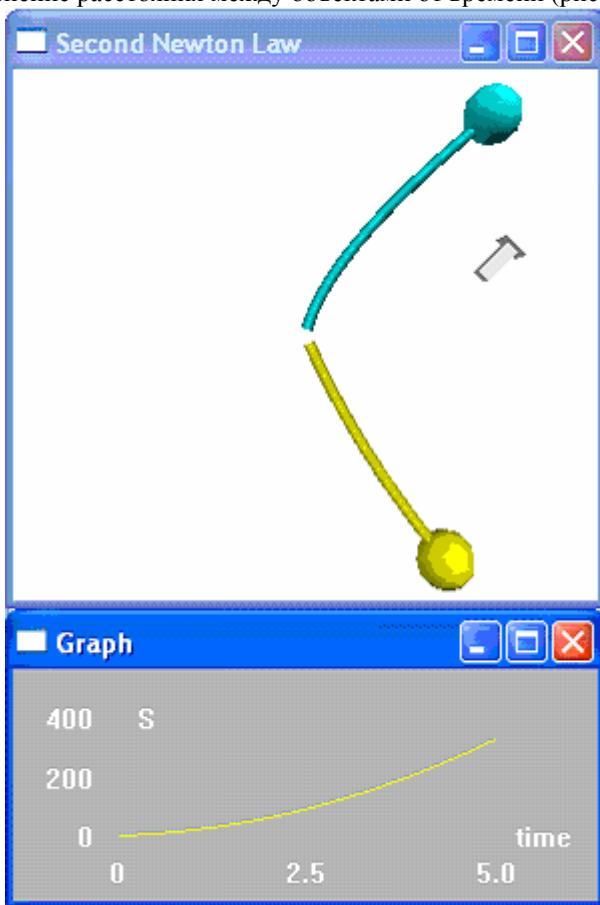


Рис. 2

Известно, что большие трудности у учащихся вызывает вопрос, связанный с движением центра масс системы тел. В качестве самостоятельной работы предлагается ввести положение центра масс системы и посмотреть

закон его движения.

При изучении моментов инерции моделируются вращения тел различной формы. Указывается направление угловой и линейной скоростей (рис. 3). В качестве самостоятельной работы предлагается изменить ось вращения.

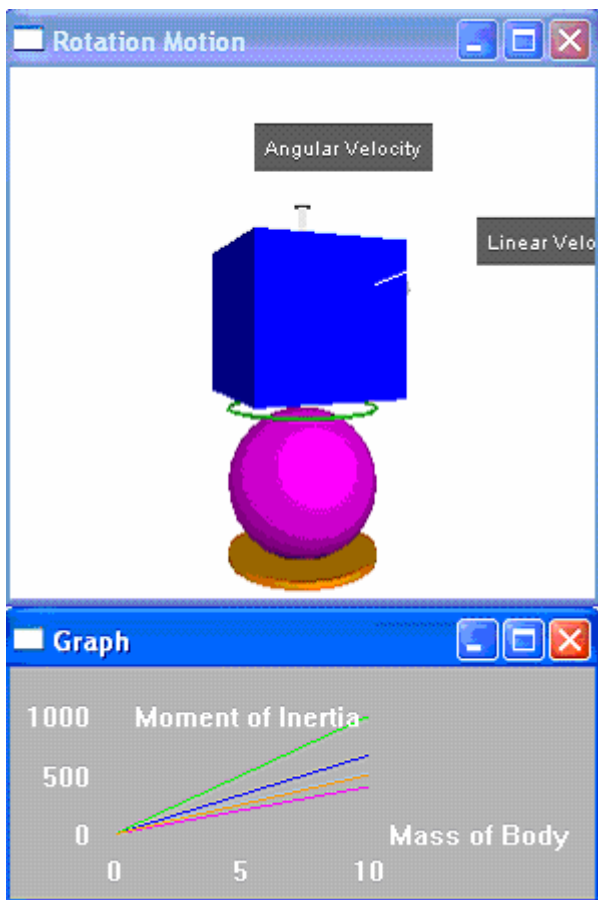


Рис. 3

Далее рассматриваются способы управления скоростью вращения и поступательного движения тела с помощью ползунков и переключателей. В качестве самостоятельной работы предлагается рассмотреть различные тела – цилиндр, сферу, тор, которые совершают плоское движение. Строятся графики зависимости кинетической энергии тел.

С помощью одной из лабораторных работ исследуется движение стержня брошенного под углом к горизонту. Подобного рода задачи часто

возникают при создании игр. В общем случае, как известно, такое движение представляет собой поступательное и вращательное движения. В зависимости от точки приложения силы, характер движения тела меняется (рис. 4).

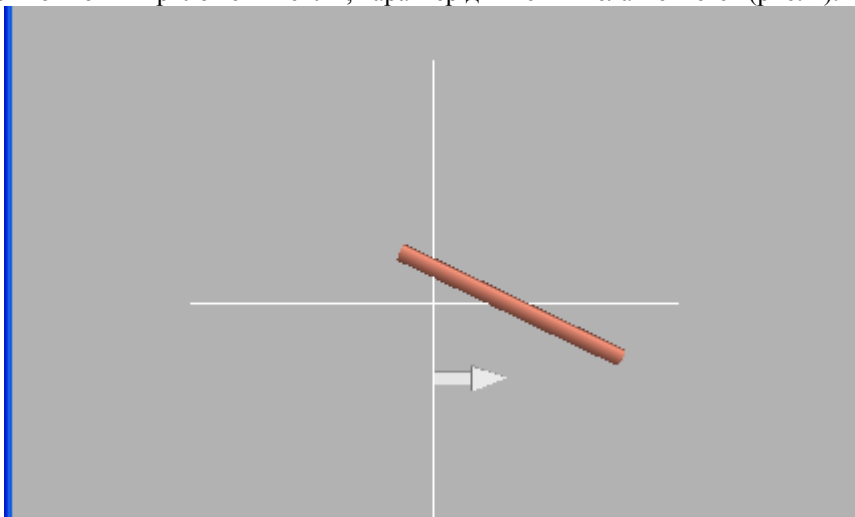


Рис. 4

На сегодняшний день Python имеет много применений, в частности, для написания сценариев для Интернета. Лабораторные работы могут рассматриваться и как обучение созданию экранных заставок, презентаций, Web-страниц.

Лабораторные работы позволяют изучать как физику, так и основы программирования.

Следует также отметить, что такой подход в образовании представляет собой обучение через действие, и воспринимается студентами как имеющий непосредственное отношение к их личным целям и вызывает большой интерес.

ІНТЕГРАТИВНІ ПІДХОДИ В ПРОЦЕСІ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ІНЖЕНЕРІВ-МЕХАНІКІВ

К.М. Горбунова, С.В. Краснянський
м. Миколаїв, Миколаївський державний аграрний університет
serega_kras@mail.ru

Одним із напрямків удосконалення професійної підготовки ВНЗ III–IV рівнів акредитації є впровадження інтегративних курсів, що сприяє підвищенню ефективності засвоєння знань студентами.

Актуальність даної проблеми визначається протиріччям між диференціацією навчання, з одного боку, та інтегративним характером розвитку науки, техніки і виробництва з іншого боку. Саме інтегративний характер розвитку сучасного виробництва зумовлює потребу суспільства в спеціалістах широкого профілю, які володіють системними і функціональними знаннями, творчим та системним стилем мислення [1].

Інтегративний підхід відрізняється від міжпредметних зв'язків тим, що встановлюються зв'язки між знаннями не в навчальних програмах, а навпаки, самі навчальні програми укладають, виходячи з реально існуючих зв'язків між явищами, речами чи поняттями. Для вдосконалення професійної підготовки необхідно підсилити роль теоретичних знань, а це в свою чергу потребує перегляду підходів, які б спонукали студентів до самостійної роботи з опанування знань, необхідних для набуття професії.

Мета: нашого дослідження полягає у розкритті можливих інтегративних підходів у викладанні навчальних дисциплін “Фізика”, “Теоретична механіка” та “Теорія машин і механізмів”, в процесі професійної підготовки інженерів-механіків

До завдань, які необхідно було розв'язати, увійшли:

- аналіз різних підходів “інтеграції” в навчальному процесі;
- обґрунтування найбільш доцільного підходу інтеграції дисциплін “Фізика”, “Теоретична механіка” та “Теорія машин і механізмів” в процесі професійної підготовки інженерів-механіків.

В сучасній педагогічній практиці широко використовуються різноманітні підходи до інтегративного викладання окремих дисциплін. Так, наприклад, Н.Е. Кузнецова, М.А. Шаталов вважають, що одним із таких підходів є проблемно-інтегративний, який полягає у відповідному типі взаємодії викладача та студента, при якому викладач організовує та спрямовує студентів на самостійну пошукову діяльність, а також на вирішення системних взаємозв'язаних міжпредметних навчальних проблем в умовах цілеспрямованого навчання. За своєю природою проблемно-інтегративний підхід є технологічним, так як його реалізація передбачає чітку постановку навчальних цілей, гнучке і поетапне управління та організацію пізнавальної діяльності студента на основі оперативного зворотного зв'язку, та базується на наступі-

пних принципах організації процесу навчання:

– *принцип міжпредметної інтеграції* пропонує систематичну та цілеспрямовану реалізацію міжпредметних зв'язків як основний механізм інтеграції знань та способів дії при вивченні фізики, а також головний спосіб створення проблемних ситуацій, постановки і вирішення навчальних проблем;

– *принцип єдності всередині і міжпредметної інтеграції знань та способів дії*, що відображає діалектичну єдність та взаємозв'язок всередині і міжпредметні зв'язки у вивченні фізики.

– *принцип горизонтальної та вертикальної динаміки і координації пізнавальної діяльності студентів*, визначає динаміку розвитку пізнавальної діяльності у студентів на протязі кожного навчального року (по горизонталі), при переході від одного року навчання до іншого (повертикалі).

Таким чином, організація процесу навчання фізики на основі проблемно-інтегративного підходу передбачає перегляд всієї методики вивчення навчального матеріалу, а це, в свою чергу, призводить до необхідності розробки дидактичного забезпечення процесу проблемно-інтегративного навчання. Розглядаючи принципи цього підходу, ми бачимо, що принцип міжпредметної інтеграції та принцип горизонтальної та вертикальної динаміки можна застосувати при впровадженні інтегративного курсу фізики та інженерних дисциплін “Теоретична механіка” та “Теорія механізмів і машин”. Це пов'язано з тим, що деякі базові розділи фізики, зокрема розділ “Механіка” вивчаються в першому семестрі. “Теоретична механіка” вивчається в другому семестрі, “Теорія механізмів і машин” – в четвертому семестрі, що зумовлює низький рівень сприйняття понять, принципів та законів “Теоретичної механіки” та “Теорії механізмів і машин”, у зв'язку з порушенням принципу систематичності і послідовності навчання. Тому ми вважаємо доцільним застосовувати принцип горизонтальної та вертикальної динаміки і координації пізнавальної діяльності студентів [1].

А.В. Степанюк, Т.В. Гладюк розглядають у навчальному процесі такі рівні інтеграції:

- початковий – об'єднує елементарні знання про природу;
- проміжний – інтеграція знань розділу, теми задисциплінами;
- заключний – інтеграція на заключному етапі навчання.

Також цими авторами використовується міждисциплінарний підхід, який більш доцільно можна використовувати при впровадженні інтеграції фізики з інженерними дисциплінами. Такий підхід дає змогу студентам з'ясувати зв'язки між різними галузями знань, створює умови для більш гнучкого планування навчальної роботи і задовольняє індивідуальні потреби кожного студента. Таке навчання організовується на основі наступних підходів:

– розширення предметних програм, в яких об'єднуються споріднені курси;

– суміщення предметних програм, коли в одній програмі поєднуються різні дисципліни;

– створення стрижневих програм, коли навколо якої-небудь теми як стрижня інтегрують матеріал з різних галузей знань [2].

Запропоновані підходи дають можливість вирішити проблему створення інтегративного курсу фізики з інженерними дисциплінами. Таким чином, із запропонованих підходів інтеграції найбільш доцільно буде застосувати два підходи: створення стрижневих програм, а також розширення програми з фізики. Зокрема, доцільно виділити більшу кількість годин, для розширеного викладання базового розділу “Механіка”, який виступає підґрунтям при вивченні “Теоретичної механіки” та “Теорії механізмів і машин”.

Проблемою інтегративних підходів займався також В.Й. Якилешек, який запропонував такі підходи до створення інтегративних курсів сучасної науки:

- в окремих науках;
- між науками однієї галузі, але без участі філософії, що визначає міжнауковий, міждисциплінарний підхід;
- між конкретним науковим пізнанням і філософією, що і є загальнонауковим підходом.

Усі три підходи є основними формами реалізації сучасних інтегративних тенденцій у розвитку наукового пізнання, а відповідно, й основними формами реалізації сучасних міжнаукових взаємодій. Методологічною основою взаємних зв'язків усіх трьох підходів є єдність одиничного, особливого й загального (всезагального), що визначає інтегративний підхід у науковому розвитку. Перераховані підходи найкраще використовувати при проведенні наукових досліджень, які поєднують різні галузі наук [3].

На **схемі 1** показані зв'язки між дисциплінами “Фізика”, “Теоретична механіка”, “Теорія механізмів і машин” на прикладі розділу “Механіка” на рівні знань. Із схеми видно, що розділ “Механіка”, який вивчається в курсі фізики, є базовим при вивченні таких дисциплін як “Теоретична механіка”, “Теорія механізмів і машин”, тому що знання, які набувають студенти при вивченні розділу “Механіка” з курсу фізики, будуть виступати фундаментом при подальшому розумінні законів, принципів та будови механізмів, що використовуються при вивченні інженерних дисциплін.

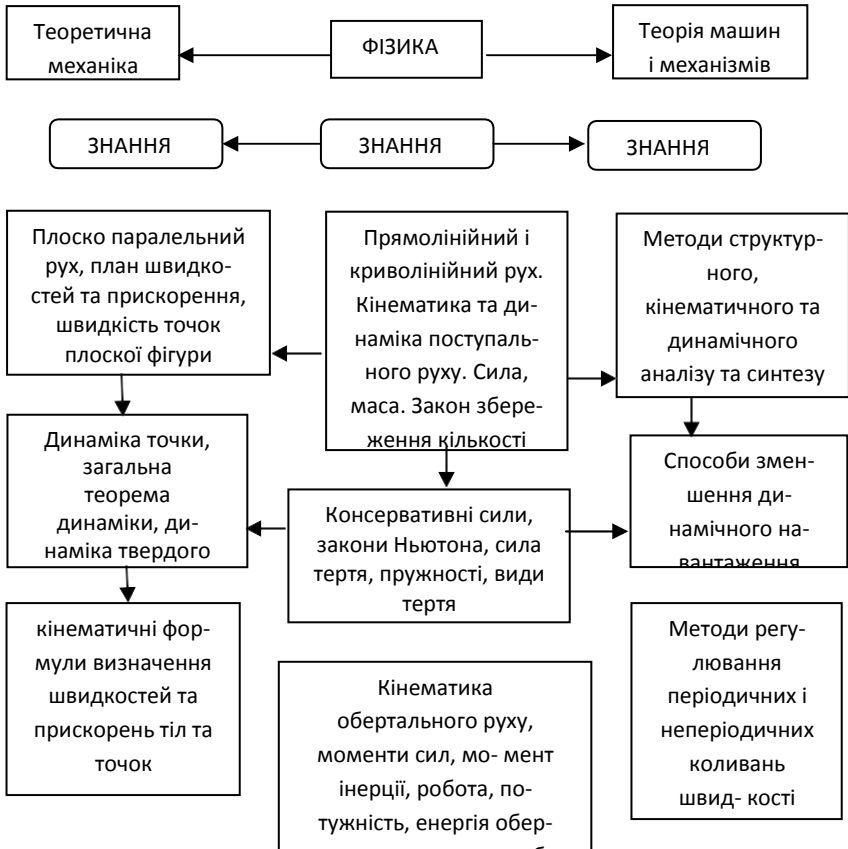
Висновок. Як зазначалося вище, інтегративний підхід відрізняється від міжпредметних зв'язків. При впровадженні інтегративного підходу найбільш доцільно в подальшому створити стрижневу розширену програму з фізики.

Така програма дозволить:

- підвищити інформаційну ємкість наукових знань;
- сформувати цілісну систему інтегративних знань студентів;
- поліпшити якість підготовки до засвоєння спеціальних дисциплін.

Схема

Зв'язки між дисциплінами “Фізика”, Теоретична механіка”, “Теорія машин і механізмів” на прикладі розділу “Механіка” на рівні знань



Література:

1. Кузнецова Н.Е., Шаталов М.А. Проблемно-интегративный подход и методика его реализации в обучении химии // Педагогика і психологія. – 1996. – №1. – С. 25–35.
2. Степанюк А.В., Гладюк Т.В. Интеграция природничих дисциплин у школі // Педагогика і психологія. – 1996. – №1. – С.18-24.
3. Якилешик В.Й. Интеграційний підхід до формування ймовірнісно-статистичних понять // Педагогика і психологія. – 1996. – №1. – С. 69–78.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО КУРСУ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

Т.П. Гордиенко

г. Симферополь, Таврический национальный университет
имени В.И. Вернадского
Gordienko@mail.strace.net

В национальной программе «Образование. Украина XXI столетие», государственной программе «Концепция педагогического образования» отмечается, что основная цель системы образования – создать условия для развития и самореализации каждой личности как гражданина, сформировать поколения, способные учиться в течение всей жизни. Именно поэтому самостоятельная работа может стать ведущей в обучение студентов.

В соответствии с учебными планами учебных заведений, на самостоятельную работу выделяется значительное время (так, в высших учебных заведениях на самостоятельную работу выделяется от одной трети до двух третей общего объема времени, отведенного на изучение конкретной дисциплины). Следует отметить тенденцию увеличения времени на самостоятельную работу в учебных заведениях на современном этапе развития образования в Украине. Например, соответственно рекомендациям Министерства образования и науки Украины, начиная с 2002 года осуществляется постепенный переход от тридцати шести аудиторных часов обучения в неделю до тридцати и приближается к мировому уровню. Такой переход требует пересмотра многих учебных планов с целью перераспределения времени между разными формами обучения. Время, отведенное на самостоятельную работу, значительно увеличивается, поэтому его роль в учебно-воспитательном процессе принципиально изменяется. На современном этапе обучения самостоятельную деятельность студентов высших учебных заведений нужно осуществлять как традиционными средствами, так и инновационными.

В работах Л.В. Жаровой, Р.А. Низамова, А.А. Смирнова определены методологические и научные основы рассмотрения сути, структуры процесса организации самостоятельной работы и умений, которые обеспечивают этот процесс. Отдельные подходы к организации самостоятельной работы учеников и студентов нашли отображения в исследованиях А.М. Алексюка, С.И. Архангельского, Ю.К. Бабанського, В.М. Вергасова, Р.С. Гуревича, Л.В. Жаровой, О.В. Киричука, В.О. Онищука, П.В. Стефаненка. В дидактике и методике высшей школы существует ряд работ, авторы которых поднимали проблемы организации самостоятельной работы студентов (СРС) В.Б. Бондаревский, А.А. Вербицкий, В.А. Козаков, М.Д. Никандров и др.

Организация этой работы в целом – сложная педагогическая проблема.

Переориентация учебного процесса на увеличение СРС поставила перед физическим факультетом ряд организационных, методических и научно-педагогических задач.

В литературе встречается разноречивая трактовка понятия СРС, которую можно объяснить сложностью этого педагогического явления, наличием в нем относительно разных сторон, каждая из которых может стать предметом специального изучения. Самостоятельная работа студента – это специфический вид деятельности учения, главной целью которого является формирование самостоятельности учащегося субъекта, так как формирование его умений, знаний и навыков осуществляется опосредованно через содержание и методы всех видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы студента – развитие такой черты личности, как самостоятельность, т.е. способности организовывать и реализовывать свою деятельность без постороннего руководства и помощи [1].

Успешность любой деятельности во многом определяется ее условиями. Из большой совокупности показателей условий обучения (социально-экономические, индивидуально-психологические, пространственно-временные, внешняя среда и т.п.) выделяются те, от которых в первую очередь зависит эффективность «передачи индивиду опыта, выработанного социальной практикой: знаний, умений, способностей видов и способов деятельности в нормативных для конкретно-исторических условий показателях» [2, с.77] – условия информационного и методического обеспечения учения.

Информационное обеспечение дает ответ на вопрос: «Что изучать?», а методическое – отвечает на вопрос: «Как изучать?». В первом случае – концентрируется опыт (умения, знания, виды, способы деятельности), а во втором – способы передачи (непосредственные указания – инструкции и опосредованные - через содержание действий). Информационно-методическое обеспечение – это одна из целей системы обучения и в определенной мере является итоговым продуктом деятельности педагога.

Под обеспечением СРС будем понимать процесс создания педагогом необходимых и достаточных условий учения, гарантирующих удовлетворение потребности студентов в информационных источниках и предписаниях. Информационные источники и предписания – это совокупность документов, в которых зафиксированы в удобном и доступном для пользователя виде какие-либо знания. Совокупность документов – источников информации может быть представлена:

- текстовыми материалами (книги, брошюры, журналы и другая печатная продукция);

- графическими – чертежи, схемы, диаграммы;

- аудиовизуальными – звукозаписи, кинофильмы, видеофильмы;

- программными продуктами для компьютера, компакт-дисками.

В зависимости от степени удовлетворения потребности учащегося

субъекта в источниках информации и предписаниях можно говорить об уровне информационно-методической обеспеченности (ИМО) [3].

Общие требования к ИМО формулируются с учетом выполнения различных дидактических функций:

1. Обеспечение по всем дисциплинам и видам занятий (в том числе факультативные и СРС) источниками информации, с помощью которых можно расширить объем знаний, причем не только на базе текстовых или графических материалов, компьютера, но и ссылкой на другую литературу и методы получения этой информации (эксперимент, наблюдения и т.п.), и сформулировать необходимые умения по дисциплине при проверке, оценке и коррекции хода обучения

2. Развитие эмоционально-мотивационной сферы восприятия информационно-методических материалов – формирование интереса (соотношение цель-мотив учения) и положительного отношения к изучению конкретной дисциплины, побуждение студента к активной познавательной учебной деятельности ит.д.

В настоящий момент в Таврическом национальном университете им. В.И. Вернадского для обеспечения самостоятельной работы студентов по курсу общей физики созданы компакт-диски «Механика», «Молекулярная физика», «Электричество», «Оптика», «Атомная и ядерная физика». После запуска диска появляется «приглашающее» окно, в котором кратко описано содержание диска.

Для продолжения работы необходимо щелкнуть мышкой. Перед вами появится основное окно программы. Оно состоит из трех панелей. Левая панель содержит опции выбора, на ней находятся ссылки на литературу, лекции, программы и т.д. Верхняя панель навигации, на ней расположены три кнопки – влево и вправо, как и в любом браузере позволяют открывать предыдущие окна. Кнопка между ними возвращает пользователя на главную страницу. Для работы с такой программой необходим Acrobat Reader не ниже 4версии.

В содержание диска входят: несколько учебников, программа по общей физике, конспекты лекций, основные формулы, методика решения задач, разобранные задачи, задания для самостоятельной работы студентов, тесты, энциклопедия, справочный материал.

Такие компакт-диски выполняют все дидактические функции, присущие учебной литературе:

1. Создают мотивационную основу учения.
2. Обеспечивают информационную базу обучения в соответствии с программой дисциплины.
3. Способствуют овладению новыми знаниями, включая их систематизацию и закрепление.
4. Формируют новые и закрепляют уже имеющиеся умения и навыки, в том числе исамообразования.

5. Ориентируют на проблемно-целостное восприятие содержание дисциплины, давая возможность приобретать новые знания и умения при рациональном использовании уже имеющихся.

6. Развивают навыки систематического контроля, оценки и коррекции хода и результатов обучения.

7. Способствуют пониманию содержания прочитанного текста, которое выражается умениями: повторить на память важнейшие элементы, распознать признаки описываемых понятий, пояснить примерами главные положения, объясняют связи и зависимости между описанными предметами, явлениями, событиями, процессами ит.п.

8. Обеспечивают подготовку студентов к жизни в условиях, которых пока нет, и к решению задач, которые сегодня еще несформулированы.

9. Формируют навыки научного труда, развивают самообразование, самостоятельное критическое мышление ит.п.

Литература:

1. Гордієнко Т.П. Організація самостійної роботи студентів. // Вісник Чернігівського держ. педаг. університету ім. Т.Г. Шевченка. Випуск 23. Серія: педаг. науки. – Чернігів: ЧДПУ, 2004. – С.159-163.

2. Козаков В.А. О комплексном подходе к методике социально-психологических исследований обучения студентов // Сб. науч. трудов уч.-метод. кабинета по высш. образ. Минвуза УССР «Учебный процесс и социологические исследования». – К.: УМК ВО, 1989. – С.13-22.

3. Козаков В.А. Самостоятельная работа студентов: Учеб. пособие.– Киев: УМК ВО, 1989. – 280 с.

ОРГАНІЗАЦІЯ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНОГО ФЕСТИВАЛЮ

А.Г. Григорович, О.В. Заяць, Р.М. Хлопик
м. Дрогобич, Дрогобицький педагогічний ліцей
a_grygorovych@mail.ru

Багаторічний досвід викладання в Дрогобицькому педагогічному ліцеї, де органічно поєднуються профільне навчання та довузівська підготовка свідчить, що лише постійний пошук та запровадження нових форм навчально-виховної роботи може дати ефективний кінцевий результат

Однією з форм такої роботи є проведення фізико-математичного фестивалю. Його мета – популяризація фізики та математики, стимулювання творчого самовдосконалення старшокласників, розвиток у них умінь та навичок на високому рівні викласти, обґрунтувати своє бачення розв’язку поставленої задачі, вміння працювати індивідуально та колективно, самостійно здійснювати пошукову роботу, полемізувати.

Наше бачення проведення фестивалю полягає у наступному.

Для участі у фестивалі залучаються учні 10–11 класів загальноосвітніх та спеціалізованих шкіл, гімназій, ліцеїв. До складу команди входить 4 учнів та капітан. Кожну команду очолює керівник, який відповідає за здоров’я та життя дітей, надає необхідну науково-методичну та морально-психологічну підтримку.

Фізико-математичний фестиваль проводиться в два етапи:

I етап – фізичний;

II етап – математичний.

Ігри фізичного та математичного етапів проводяться за однаковою схемою в чотири раунди:

I раунд – «Колектив»;

II раунд – «Сума»;

III раунд – «Один за всіх...»;

IV раунд – «Всі за одного...».

Перед початком змагань відбувається презентація команд і проводиться жеребкування. Участь в одній грі приймають від 3 до 5 команд. Переможці виходять у наступний етап.

Регламент однієї гри

«Колектив». Всім командам пропонується одна задача. Час на обдумування та оформлення розв’язку – до 15 хв. Після обдумування кожна команда здає в журі свій варіант розв’язку. Команда, яка зробить це першою, отримує право викласти його біля дошки. Всі інші команди можуть опонувати.

Оцінюється окремо письмовий варіант розв’язку – до 15 балів, та доповідь і участь в дискусії – до 5 балів. Максимальна кількість балів за раунд –

20.

«Сума». Кожна команда отримує 5 варіантів тестових завдань. Кількість завдань – 10. Час на обдумування – 10 хв. Правильна відповідь на одне завдання – 0,5 бала. Максимальна кількість балів для одного учасника – 5, для команди – 25.

«Один за всіх...». Кожна команда делегує по одному учаснику для виконання експериментального завдання. Максимальний результат – 15 балів.

«Всі за одного...». Участь в ньому команди беруть в неповних складах. Їм пропонується по 4 завдання. Час для обдумування – 10 хв. Задачі можуть розв'язуватися за оптимальною для команди схемою: індивідуально, попарно, командно... Одна задача оцінюється в 10 балів. Максимальна кількість балів, набраних командою – 40.

Під час проведення фестивалю потрібно продумати завантаженість дітей упродовж цілого дня. Для цього варто організовувати програму відпочинку, в яку входять вечори знайомств, дискотеки, математичні та фізичні брейн-ринги, екскурсії.

За такою методикою нами 10–14 листопада 2004 року був проведений I Український фізико-математичний фестиваль, організаторами якого були Міністерство освіти і науки України, Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, Інститут фізики та математики ДДПУ, Дрогобицький педагогічний ліцей. Участь у фестивалі прийняли 8 команд з різних регіонів України.

Як приклад наведемо один з варіантів запропонованих командам завдань на фізичному етапі фестивалю.

«Колектив». Дайте теоретичне обґрунтування, чому велосипедист може переміщуватися значно швидше від пішохода та навіть від бігуна, хоч в усіх випадках робота виконується за рахунок мускульної енергії людини? Зробіть оцінку наскільки швидше може рухатися велосипедист.

«Сума».

1. Закон Бернуллі справедливий:

- а) для нерухомих рідин;
- б) твердих тіл;
- в) тільки для рухомих газів;
- г) для рухомих рідин і газів;
- д) для нерухомих рідин і газів.

2. В критичному стані питома теплота пароутворення:

- а) найбільша;
- б) зменшується;
- в) дорівнює нулю;
- г) дорівнює табличному значенню, яке відповідає температурі кипіння.

3. Закони розгалужених електричних кіл відкрив:

- а) Максвелл;
- б) Кірхгоф;

- в) Джоуль і Ленц;
 - г) Ом;
 - д) Фарадей.
4. Поперечність світлових хвиль підтверджується явищем:
- а) дисперсії;
 - б) інтерференції;
 - в) поляризації; г) дифракції.
5. Ядерну реакцію розпаду урану здійснюють під дією:
- а) протонів;
 - б) α -частинок;
 - в) швидких електронів;
 - г) нейтронів.
6. Рідини зберігають:
- а) об'єм і форму;
 - б) форму;
 - в) зберігає форму, але не зберігає об'єму;
 - г) зберігає об'єм, але не зберігає форми.
7. Явище дифузії при однаковій температурі найшвидше протікає:
- а) в газах;
 - б) у рідинах;
 - в) у твердих тілах;
 - г) однаково.
8. Рух тіла задано рівнянням $x=4+4t^2$. Записати рівняння швидкості:
- а) $v=4+4t$;
 - б) $v=4+8t$;
 - в) $v=8t$;
 - г) $v=4t$.
9. До якого типу двигунів можна віднести вогнепальну зброю:
- а) електричний двигун;
 - б) дизельний двигун;
 - в) двигун внутрішнього згорання;
 - г) парова машина.
10. Енергія фотона становить 3 еВ. До якої ділянки спектру належить це випромінювання:
- а) ультрафіолетового;
 - б) фіолетового;
 - в) червоного;
 - г) інфрачервоного.
- «Один за всіх...». На замкнутий залізний сердечник надіті дві котушки. Як визначити число витків у кожній із них, якщо в вашому користуванні є джерело змінного струму, моток ізольованого дроту і вольтметр.

«Всі за одного...». В балоні був деякий газ. Після того як з балона випу-

стили частину газу, його температура зменшилась в n разів, а тиск в k разів. Яка частина газу була випущена?

Члени команди-переможця фестивалю отримали запрошення для навчання в Інститут фізики та математики Дрогобицького педагогічного університету без вступних випробувань.

Досвід проведення фестивалю дозволяє стверджувати, що така методика позакласної та позашкільної роботи допомагає у пошуку і виявленні талановитої молоді, яка цікавиться фізико-математичними науками і бажає надалі вдосконалювати свої знання у різних формах діяльності; здійснює профорієнтаційну функцію; дозволяє активніше залучати професорсько-викладацький склад, аспірантів, студентів вищих закладів освіти до активного сприяння навчально-виховним закладам у справі поліпшення стану викладання фізики та математики й підвищення рівня знань, умінь та навичок учнівської молоді.

ОСОБЛИВОСТІ ВІДКРИТИХ СИСТЕМ ТА ЗАКОНОМІРНІСТЬ САМООРГАНІЗАЦІЇ СТРУКТУР В НИХ

В.Й. Грицай
м. Київ, Національний аграрний університет
vgrytsay@bitp.kiev.ua

На відміну від замкнутої системи, ентропія якої під дією теплового руху молекул прямує до свого максимального значення, в відкритій системі можливо зменшення ентропії.

Зміна ентропії відкритої системи складається з двох компонент: $dS = d_i S + d_e S$, де: $d_i S$ – зміна ентропії системи, завдяки протіканню її внутрішніх процесів, причому завжди $d_i S \geq 0$ – відповідно II закону термодинаміки; $d_e S$ – зміна ентропії системи, завдяки обміну системи з навколишнім середовищем енергією і речовиною.

Оскільки $d_e S$ може бути як додатна, так і від’ємна, тому загальна зміна ентропії системи також може бути як додатна, так і від’ємна. Відкрита система може поглинати від’ємну ентропію з середовища. Це означає, що замість хаосу, без порушень II-го закону термодинаміки, в такій системі можуть виникати і існувати впорядковані структури [1].

Поглинання відкритої ентропії системи означає, що в систему надходить речовина, впорядкованість в якій вище, чим в самій системі, або поглинається енергія, яка впорядковує середовище системи.

Тобто, для існування життя і любого іншого періодичного процесу потрібно щоб система була відкритою і в неї постійно надходила від’ємна ентропія, завдяки якій утримується ритм системи.

Розумінню особливостей відкритих систем та їх біологічного значення сприяли праці І. Пригожина. Він ввів поняття дисипативних структур, структур що утворюються внаслідок самоорганізації від надходження в відкриту систему від’ємної ентропії.

Розглянемо як приклад відкритої системи трубу з водою.

Оскільки труба з водою в загальному випадку відкрита система, то загальна зміна ентропії її визначається: $dS = d_i S + d_e S$.

При швидкості течії рівній нулю, під дією дифузії усі нерівноважності в воді швидко зникають $dS = d_i S = d_e S = 0$. Система стає замкнутою. В ній встановлюється термодинамічна рівновага. Ентропія набуває максимально-го значення.

При невеликій швидкості течії $V < V_{кр}$ в трубі встановлюється ламінарна течія.

$$V_{кр} = Re \cdot \frac{\eta}{\rho \cdot D},$$

де $Re \geq 2300$ (число Рейнольдса); η – в’язкість; ρ – густина; D – діаметр тру-

би.

Відбувається плавний перехід від термодинамічної рівноваги до динамічної рівноваги. Фронт швидкості рідини змінюється плавно, зростаючи від нуля у стінок труби до max – в центрі течії.

$$d_e S < 0; \left| \frac{d_r S}{dt} \right| = \left| \frac{d_e S}{dt} \right|,$$

де $\frac{d_r S}{dt}$ – виробництво ентропії. Скільки додатної ентропії виробляється в

системі, стільки ж її від'ємної надходить в систему з зовні. Такий просторово-неоднорідний стан є поточною рівновагою даної відкритої системи. Поточна рівновага формується плавно зовнішніми умовами і стійка по відношенню до малих відхилень.

Коли $V \geq V_{кр}$, виникає турбулентність – дисипативна структура, нова самоорганізована структура.

В даному випадку $d_e S < 0$ і $\left| \frac{d_r S}{dt} \right| < \left| \frac{d_e S}{dt} \right|$. Швидкість надходження

від'ємної ентропії з зовні вище за виробництво ентропії всередині системи. Тому $dS < 0$. Загальна зміна ентропії знижується, в системі з'являється перехідний процес до впорядкованості – вихрового руху рідини.

Коли встановиться: $\left| \frac{d_r S}{dt} \right| = \left| \frac{d_e S}{dt} \right|$; $dS = 0$. Турбулентність стає стійкою,

встановлюється стійкий коливальний режим.

Під час ламінарної течії сила тертя між шарами рідини визначається

$$F_{тер} = -\eta \frac{\Delta V}{\Delta x} \cdot \Delta S = -\eta \frac{V_1 - V_2}{\Delta x} \cdot \Delta S,$$

тобто сила тертя прямо пропорційна першому степеню швидкостей шарів рідини. Залежить від них лінійно.

В турбулентному ж потоці сила тертя пропорційна вже не першому степеню, а квадрату, або навіть кубу швидкості, тобто $F_{тер} = f(V^2)$ або $F_{тер} = f(V^3)$. Залежить від швидкості нелінійно.

Турбулентність є дисипативною структурою, вона утворена у відкритій нелінійній системі під дією зовнішніх умов, але ця структура формується і утримується завдяки своїй внутрішній самоорганізації.

Турбулентність виникла не під дією якоїсь зовнішньої сили, а як наслідок внутрішньої властивості системи – нелінійної залежності сили внутрішнього тертя від швидкості потоку.

Для виникнення самоорганізації в системі обов'язково необхідна нелінійна залежність взаємодії між частинками середовища системи.

Зміна залежності $F_{тер}$ від V виникла далеко від рівноваги системи внаслідок біфуркації – раптового переходу швидких молекул внутрішнього

шару рідини в зовнішній шар з повільними молекулами. На траєкторію збу-

рення втягуються і інші швидкі молекули, утворюючи кооперативність руху. Виникає вихор.

Іншим прикладом дисипативних структур є правильні шестигранні Комірки Бенара. Вони утворюються в посудині з невеликим шаром рідини, яка підігрівается знизу. Наприклад: сковорода з китовим жиром.

Між нижньою і верхньою поверхнею рідини викують різниці температур $\Delta T = T_1 - T_2$ і густин шарів рідини $\Delta \rho = \rho_2 - \rho_1$. Внаслідок того, що температура верхнього шару нижче нижнього, густина рідини верхнього шару більша за густину нижнього шару, утворюється нестійка рівновага шарів рідини. При малих докритичних значень різниць температур $\Delta T < \Delta T_{кр}$, рідина нерухома, тепло передається за рахунок теплопровідності. При $\Delta T \geq \Delta T_{кр}$ верхній шар рідини падає, а нижній – різко піднімається вгору, утворюється конвективний кооперативний рух молекул рідини, формуються Комірки Бенара. Всередині комірок рідина піднімається вгору, а по границям – вниз.

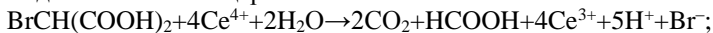
Іншим видом дисипативних структур є когерентне лазерне випромінювання. При малій потужності накачки лазера зовнішнім джерелом енергії спонтанне випромінювання вище за індуковане. Лазер в такому режимі працює як звичайна лампа. Лише після того, як потужність накачки стає вище критичного значення, виникає когерентне лазерне випромінювання.

Із цих прикладів видно, що формування структур у відкритих системах, далеких від рівноваги – це наслідок кооперативної поведінки елементів системи.

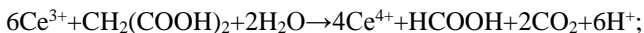
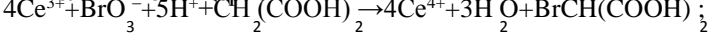
В якості хімічного прикладу дисипативних структур є окисно-відновлювальна реакція Білоусова-Жаботинського, що протікає в пробірці з таким розчином: сірчана кислота, малонова кислота, сульфат церію, бромід калію і фероїн.

Протікання реакції можна розбити на декілька стадій:

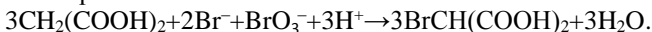
1) відновлення іонів церію



2) окислення іонів церію



3) синтез броммалонової кислоти



В пробірці можна спостерігати періодичну зміну кольору розчину з червоного на синій і знову на червоний. При деякій концентрації компонент можна спостерігати утворення періодичного чергування зміни кольору шарів розчину. Період коливання 4 хв. на протязі 30 хв. Це так званий “годинник в стакані”.

Виникнення періодичних коливань в протіканні реакції пояснюється тим, що реакція має автокаталітичний характер, тобто коли один або декілька вихідних компонентів реакції являються вхідними компонентами попередніх стадій реакцій. Утворення $\text{BrCH}(\text{COOH})_2$ в 2 і 3 стадіях як вихід-

ного продукту є вхідним реагентом для I стадії. Аналогічно і для іонів цезію.

Виникнення дисипативних структур спостерігається і в популяції амеб. Аналогічно хімічним коливанням утворюються дисипативні структури в біології, а саме в живих істотах.

Клітини і організм в цілому представляють собою відкриті нелінійні системи. Через мембрани клітини отримують споживні речовини, виділяють енергію, необхідні елементи і видаляють продукти реакції [2, 3].

В клітинах протікають метаболічні процеси, які підтримуються за рахунок зовнішніх умов, але ці процеси самоорганізувалися на протязі біологічної еволюції. Ці процеси мають автокаталітичний характер (аналогічно реакції Белоусова-Жаботинського).

Аналогічно відбувається і в цілому організмі, який утворює більш загальну відкриту систему. Органи самоорганізувалися в результаті еволюції так, що функціонують в єдиному ритмі, обмінюючись між собою продуктами реакції.

Їжа – впорядкована речовина, що дає організму від'ємну ентропію.

Дисипативні структури можна спостерігати і в косяках риб, тваринних зграях та в суспільстві між людьми.

Всюди у всіх природних явищах, де можна виділити відкриту нелінійну систему, внаслідок нерівноважності утворюються структури. Фізичні закони їх самоорганізації однакові.

Література:

1. Николис Г, Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. – М.: Мир, 1979. – 512с.
2. Рубин А.Б. Биофизика. – М.: Высшая школа, 1987, т. 1. – 319с.
3. Рубин А.Б. Биофизика. – М.: Высшая школа, 1987, т. 2. – 303с.

ПУТИ АКТИВИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ КУРСА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

Н.С. Губин, А.М. Шкилько

г. Харьков, Украинская инженерно-педагогическая академия

Введение. Из опыта педагогической работы известно, что далеко не все студенты, изучающие общую физику, осознают необходимость физических знаний в их будущей профессии. К тому же у многих из них по различным причинам имеются существенные пробелы в знаниях по элементарной физике, без которых освоение курса более высокого уровня становится весьма проблематичным. В этой ситуации активизация учебного процесса является важнейшей задачей коллектива кафедры физики.

Цель статьи. Основной целью статьи является рассмотрение различных форм проведения лабораторных и практических занятий по физике, способствующих формированию творческой активности будущих инженеров-педагогов.

Основной материал. Работа кафедры общей физики ведется в основном по четырем основным направлениям:

- постоянная работа по совершенствованию содержания обучения, тщательный отбор материала для занятий, ознакомление студентов с новейшими достижениями в экспериментальной и теоретической физике;
- совершенствование методов проведения занятий, использование только продуманных и выверенных практикой методик;
- связь изучаемого материала с современной техникой и будущей специальностью;
- организация и методическое обеспечение самостоятельной работы студентов во внеурочное время.

К наиболее активным формам обучения, развивающим физическое мышление и творческие способности студентов, относятся лабораторные работы и практические занятия [1]. Одним из условий эффективности лабораторных занятий является соблюдение дидактического принципа систематичности и последовательности, согласно которому лабораторные работы должны быть органически связаны с лекционным курсом. Лабораторный практикум, составленный из случайных работ, которые выполняются в отрыве от лекционных занятий, не вызывает у студентов большого интереса, а у части студентов порождает неверие в свои силы.

Известны, в основном, три метода проведения лабораторных работ по физике: фронтальный, цикловой и метод практикума. При фронтальном методе лабораторные работы идут вслед за лекциями и их темы совпадают. В дидактическом отношении это наилучший метод, однако реализовать его на практике не всегда возможно, так как для проведения лабораторных занятий требуется большое количество однотипного лабораторного оборудования. По этой причине традиционным стал метод практикума, когда все

лабораторные работы по целому разделу физики выполняются одновременно и, естественно, значительная часть работ проводится в большом по времени отрыве от лекционных занятий. Недостатки данного метода очевидны. В связи с этим лучшей является организация лабораторных занятий по цикловому методу. Цикл работ ставится по каждой теме. Все работы одного цикла студентами выполняются одновременно, как и при обычном практикуме, и часть лабораторных работ первого цикла выполняется с небольшим опережением лекционных занятий. Этот недостаток за счет хорошего методического обеспечения лабораторных работ можно сделать минимальным. Все последующие циклы выполняются после изучения соответствующей темы на лекциях. По сравнению с фронтальным цикловой метод требует от студентов большей самостоятельности как при подготовке, так и при выполнении работ.

Особое значение в лабораторном практикуме, как системе подготовки будущих специалистов, имеют первые лабораторные занятия по физике. Первый цикл работ – это своего рода введение в экспериментальную физику. На первых занятиях закладывается стиль работы студентов в лаборатории на все последующие годы учебы. Поэтому отбор материала для первых лабораторных работ, разработка руководств к ним, совершенствование организации и методики проведения первых занятий является предметом особой заботы коллектива кафедры физики.

В процессе выполнения первых лабораторных работ студенты должны научиться: 1) оценивать погрешности измерений, планировать эксперимент так, чтобы точность измерений соответствовала поставленной цели; 2) правильно строить графики по экспериментальным точкам; 3) анализировать результаты лабораторного исследования и делать выводы; 4) пользоваться такими измерительными инструментами и приборами, как штангенциркуль, микрометр, аналитические весы, электронный осциллограф, магазин сопротивлений и т.д.

Каким основным требованиям должны отвечать лабораторные работы, чтобы их выполнение в максимальной степени решало задачу подготовки будущих инженеров-педагогов? На наш взгляд они сводятся к следующему:

- каждая лабораторная работа должна стимулировать самостоятельную работу студентов, развивать творческие способности и физическое мышление, давать новизнания;
- характер заданий, уровень их сложности и количество в каждой лабораторной работе следует планировать так, чтобы преподаватель имел возможность осуществлять индивидуальный подход, определяя объем работы студенту. Каждый должен работать в полную силу. При такой организации занятий создаются условия для самостоятельности в овладении знаниями;
- задания одной и той же лабораторной работы могут преследовать различные цели – получение независимостей, которые послужат опорой на по-

следующих лекционных занятиях, углубление и закрепление уже изученного материала, изучение приборов и приобретение навыков работы с ними, выполнение исследований разной степени сложности, требующих сравнительно высокого уровня экспериментальной подготовки и аналитического мышления;

- лабораторные работы должны иметь элементы профессиональной направленности.

На практических занятиях большое значение имеет содержание предлагаемых задач. Если задача сводится к тому, чтобы в нужную формулу подставить значения величин и получить ответ, то рассчитывать на активное участие студентов в занятии, а, тем более, – надеяться вызвать интерес к физике, очевидно, не приходится. Развивают физическое мышление, творческие способности и интерес к физике задачи проблемного характера, связанные с жизнью, с техникой. Такие задачи вызывают интерес всех студентов, стимулируют мыслительную деятельность, запоминаются надолго.

Развитие творческих способностей студентов возможно только в условиях самостоятельного мышления и выполнения заданий. На практических занятиях, например, такие условия возникают при чередовании коллективной и самостоятельной работы. Часть планируемых на занятие задач следует предлагать для самостоятельного решения с последующим кратким обсуждением хода решения.

Сказанное выше проиллюстрируем некоторыми примерами организации лабораторных и практических занятий по разделу «Электричество и магнетизм». В самом начале, рассказывая о значении этого раздела в деле подготовки инженеров-педагогов, студентам сообщается, что в ближайшей перспективе полученные знания необходимы будут для изучения электротехники. Напоминаем им, как глубоко в нашу жизнь проникла электрическая энергия, какие неоценимые услуги мы получаем от электрической техники каждый день. Такой подход повышает интерес и ответственность студентов к выполняемой ими учебной работе.

По теме «Постоянный электрический ток» разработан цикл из трех лабораторных работ под общим названием «Исследование физических закономерностей в цепях постоянного тока». Каждая из работ является небольшим исследованием, на основе которого студенты имеют возможность углубить и закрепить знания по физике электрических цепей, развить свои экспериментаторские и аналитические способности, овладеть методикой и техникой электрических измерений. В лабораторной работе № 1 «Проверка закона Ома и исследование на его основе мостика Уитстона» целью является проверка закона Ома не только для однородного участка цепи, но и для неоднородного участка, а также для замкнутой цепи. Исследование мостика Уитстона позволяет студентам осознанно им пользоваться при выполнении других лабораторных работ, где он применяется. Вторая лабораторная работа «Исследование электрических характеристик источника ЭДС» дает воз-

возможность глубоко понять физическую сущность электродвижущей силы источника электрической энергии, овладеть методами измерения как этой величины, так и других величин, характеризующих источник электрической энергии. Наконец, в лабораторной работе № 3 «Исследование разветвленной цепи постоянного тока» проверяются правила Кирхгофа и принцип независимости действия источников ЭДС в разветвленной цепи.

Выполнив эти работы, студенты не только изучат соответствующую тему по физике, но и получат основательную подготовку к изучению электрических цепей в курсе электротехники.

Ниже приведены примеры тех вопросов электротехники, которые рассматриваются при решении задач и освещаются в лекциях по разделу «Электричество и магнетизм».

1. Почему уменьшается яркость горящих ламп при включении мощного потребителя электрической энергии? Для выяснения ставится конкретная вычислительная задача, перед решением которой студенты высказывают свои гипотезы.
2. Осуществление импульсной стыковой электросварки с помощью разрядного конденсатора.
3. Вычисление коэффициента полезного действия различных потребителей и источников электрической энергии. Способы повышения их КПД.
4. Физические основы источника электрической энергии.
5. Поворот рамки с током в магнитном поле на примере измерительного механизма приборов магнитоэлектрической системы.
6. Как на основе одного и того же измерительного механизма можно создать амперметр и вольтметр, то есть комбинированный электроизмерительный прибор?
7. О роли электромагнитной индукции при изучении электротехники и радиотехники.
8. Процессы самоиндукции и взаимной индукции в трансформаторе.
9. О роли противо-ЭДС электромагнитной индукции в якоре электродвигателя.
10. Токи Фуко и способы их уменьшения в магнитопроводах трансформаторов и электрических машин.
11. Сила Ампера, как основная движущая сила на электротранспорте и т.д.

Выводы. Эффективность лабораторных занятий значительно повышается при их проведении по цикловому методу. При изучении раздела «Электричество и магнетизм» активизация работы студентов достигается направленностью и связью излагаемого материала с электротехникой.

Литература:

1. Бондар А.Д., Ранська Л.А. Лабораторні і практичні роботи у вищій школі. –К.: Вища школа, 1977. – 78с.

З ДОСВІДУ ВИВЧЕННЯ ТЕМИ “ВУГЛЕЦЕВІ НАНОСТРУКТУРИ” В КУРСІ “ФІЗИКА ТВЕРДОГО ТІЛА”

Л.В. Гурова

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет
myscientistbox@mail.ru

Зміст освіти в сучасній вищій школі повинен відповідати принципу науковості, тобто серед іншого містити нові досягнення в галузі науки. Студентам старших курсів та магістрам фізико-математичного факультету нашого університету викладаються спецкурси, де пропонується подібний матеріал. Однак в монографічній та учбовій літературі з фізики дуже мало таких джерел, які пояснюють деякі питання фізики твердого тіла. Зазвичай у збірниках задач з загальної фізики відсутні задачі з цієї навчальної дисципліни. Отже вищі учбові заклади, що працюють у напрямках підготовки спеціалістів з фізики, не забезпечені достатньою кількістю матеріалів для набуття студентами навичок практичних розрахунків в галузі фізики твердого тіла. В плані обміну досвідом наведемо зміст навчального матеріалу з розділу “Фізика твердого тіла”, пов’язаний з викладанням теми “Вуглецеві наноструктури”.

Останнім часом науковці приділяють велику увагу дослідженню різноманітних наноструктур і можливості використання їх в якості квантових фрагментів, які вбудовано в класичне електричне коло. Застосування таких об’єктів в сучасних високо технологічних приладах дасть змогу значно зменшити розміри пристроїв для збереження та перезапису інформації, не знижуючи при цьому їх надійності та швидкодії.

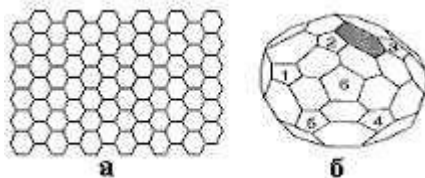


Рис. 1. Структури графену (а) та фуллерену (б)

Серед різних наноструктур можна виділити такі як графен, тубулен і фуллерен [1]. Графен являє собою плоску структуру, яка складається з атомів вуглецю, що утворюють стільниковподібну решітку, як показано на рис. 1а. Тубулен – це трубка, відкрита з обох боків, яку можна утворити шляхом “зшиття” лівого та правого країв графену. Фуллерен складається з атомів вуглецю, які утворюють багатогранник, бічними гранями якого є як шестикутники так і п’ятикутники (рис.1б).

Вперше експериментальне відкриття вуглецевих нанотрубок було здійснено на мультитінних нанотрубках в 1991 році [2]. Ця новина стимулю-

вала велику кількість теоретичних робіт, пов'язаних з вивченням структури і властивостей найбільш простих вуглецевих нанотрубок, тобто таких, які мають один атомний шар в радіальному напрямі. Однак, реальний прорив в дослідженні одностінної вуглецевої нанотрубки відбувся після їх експериментального відкриття в 1993 році[3].

Розглянемо більш детально будову вуглецевих нанотрубок. Одностінна вуглецева нанотрубка може бути описана як графеновий лист, який скручено у формі циліндру таким чином, щоб структура була одномірною з *осьовою* симетрією і в загальному уявленні спіральною будовою, яку називають хіральністю. До того ж кінці такої трубки не обов'язково повинні бути відкритими, як у випадку тубулена. Вони можуть бути або обидва закриті, або один закритий, а інший – відкритий. Ці кінці часто називають кришками, які складаються з “півсфери” фуллерена. Кожна кришка містить шість п'ятикутників і таку кількість шестикутників, яка відповідає кількості шестикутників в циліндричній частині трубки.

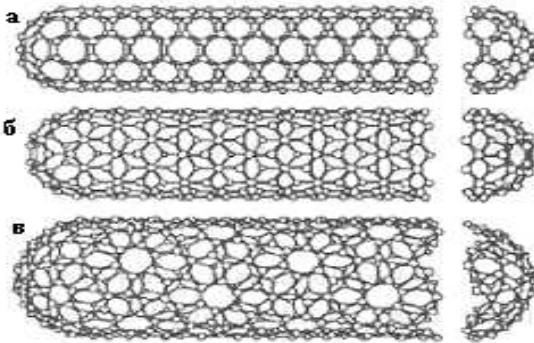



Рис. 2.
Класифікація вуглецевих нанотрубок:
a – *armchair*;
б – *zigzag*;

в – хіральна нанотрубка.

Табл. 1. Класифікація вуглецевих нанотрубок

Тип	Хіральний кут θ	Хіральний вектор C_h	Форма осевого перерізу
<i>armchair</i>	30°	(n, n)	<i>cis</i> -тип
<i>zigzag</i>	0°	$(n, 0)$	<i>trans</i> -тип 
<i>хіральна</i>	$0^\circ < \theta < 30^\circ$	(n, m)	суміш <i>cis</i> та <i>trans</i> -типів

Вуглецеві нанотрубки розподіляють на ахіральні та хіральні. Ахіральними вуглецевими нанотрубками є такі утворення, для яких дзеркальне відображення їх структури збігається з самою структурою. Існують лише два види ахіральних нанотрубок, так звані *armchair* та *zigzag* нанотрубки (рис.2а і 2б відповідно). Назви “*armchair*” (крісло) та “*zigzag*” (зігзаг) походять від форми структурних кілець циліндра. На рис. 2 ці форми можна побачити на зрізі нанотрубок. Для хіральних нанотрубок спостерігається така спіральна симетрія, при якій дзеркальне відображення структури не збігається з самою

структурою. Зрис.2 можна побачити, що орієнтація шестикутних кілець

стільникоподібній решітці вздовж вісі нанотрубки може бути майже довільною. Отже маємо кілька варіантів конфігурації вуглецевих нанотрубок, в яких можна змінювати діаметр, хіральність та структуру кришки. Класифікацію вуглецевих нанотрубок наведено в табл. 1.

Структура одностінної вуглецевої нанотрубки визначається вектором, який відповідає перерізу нанотрубки перпендикулярному до її вісі (надалі називатимемо цей переріз екватором нанотрубки). На рис. 3 показано розгорнуту стільникоподібну решітку нанотрубки, в якій вектор OB показує напрям вісі нанотрубки, а вектор OA – напрям її екватору. Беручи до уваги кристалографічну еквівалентність розташування O, A, B та B' , можна сконструювати паперову модель вуглецевої нанотрубки, врахувавши при скручуванні стільникоподібного листа те, що точки O та A співпадають (точки B та B' повинні співпасти також). Вектори OA та OB визначають хіральний вектор C_h та трансляційний вектор T вуглецевої нанотрубки. Хіральний вектор C_h можна виразити через базисні вектори гексагональної решітки a_1 та a_2 в реальному просторі:

$$C_h = na_1 + ma_2 \equiv (n, m), \quad (1)$$

де n, m – цілі числа, $0 \leq n \leq m$.

Рис. 3. Розгорнута стільникоподібна решітка нанотрубки. Нанотрубку можна сконструювати, сумістивши точки A та O , і B та B' . OA та OB визначають хіральний вектор C_h і трансляційний вектор T нанотрубки. Прямокутник $OAB'B$ визначає елементарну комірку нанотрубки. Вектор R – вектор симетрії. Вектори a_1 та a_2 – базисні вектори гексагональної решітки

Хіральні вектори C_h структур, показаних на рис. 2, дорівнюють, відповідно, $a - (5,5)$, $b - (9,0)$, в $- (10,5)$, а хіральний вектор решітки на рис. 3 дорівнює $(4,2)$.

Хіральний кут θ визначається як кут між векторами C_h та a_1 і лежить у межах $0 \leq \theta \leq 30^\circ$. Цей кут позначає нахил шестикутників до напрямку вісі нанотрубки, а також визначає спіральну симетрію. Хіральний кут θ входить до скалярного добутку векторів C_h та a_1 , для нього справедливий вираз:

$$\cos \theta = \frac{C_h \cdot a_1}{|C_h| |a_1|} = \frac{2n + m}{\dots} \quad (2)$$

$$\overline{2\sqrt{m^2+nm}}$$

Трансляційний вектор T паралельний до вісі нанотрубки і перпендику-

лярний до хірального вектора C_h розгорнутій стільникоподібній решітці на рис. 3. Його можна виразити через базисні вектори a_1 та a_2 таким чином:

$$T = t_1 a_1 + t_2 a_2 \equiv (t_1, t_2), \quad (3)$$

де t_1 та t_2 – цілі числа.

Враховавши зв'язок трансляційного вектора з хіральним вектором, не важко отримати вирази для t_1 та t_2 :

$$t_1 = \frac{2m+n}{d_R}, \quad t_2 = -\frac{2n+m}{d_R}, \quad (4)$$

Тут d_R – найбільший спільний дільник чисел $(2n+m)$ та $(2m+n)$.

Замітимо, що трансляційний вектор решітки на рис. 3 має значення $(4, -5)$, бо маємо $C_h = (4, 2)$ та $d_R = 2$.

На сучасному етапі розвитку інженерії вуглецевих нанотрубок вже не обмежуються вивченням простих структур. Конструюють різноманітні нові нанотрубки. Наприклад, шляхом зв'язування двох одностінних вуглецевих нанотрубок різних радіусів, або шляхом скручування одностінної вуглецевої нанотрубки [4, 5]. Вперше таку структуру (тороїдальну нанотрубку) запропонував Ікара в 1995 році. Деякі з таких утворень наведено на рис. 4.

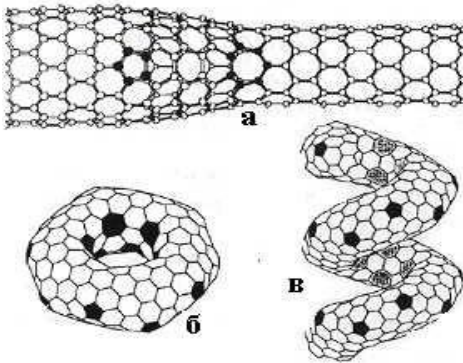


Рис. 4.

Структури, утворені з одностінних вуглецевих нанотрубок: *a* – шляхом зв'язування двох одностінних вуглецевих нанотрубок різних діаметрів; *б* – тороїдальна нанотрубка C_{360} ; *в* – спіралью скручена нанотрубка C_{360} .

Ще одним цікавим напрямком є конструювання нанотрубок, діаметр яких змінюється за періодичним законом – рис. 5.

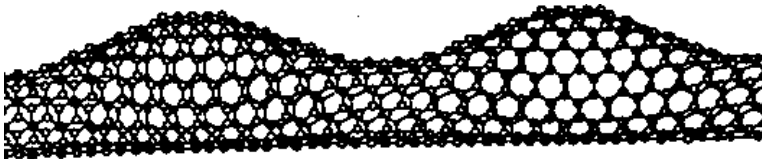


Рис. 5. Структура, яка складається з двох періодично пов'язаних armchair нанотрубок

Оскільки вуглецеві наноструктури на сучасному етапі розвитку фізики твердого тіла інтенсивно досліджуються та широко використовується в новітніх технологіях, включення результатів останніх досліджень в цій галузі в курс фізики твердого тіла актуальне і цілком виправдане і сприяє більш якісній підготовці студентів фізичних спеціальностей.

Література

1. Physical properties of carbon nanotubes, Copyright © 1998 by imperial collegepress.
2. S. Iijima, *Nature* (London) 354, 56(1991).
3. D.S.Bethune, C.H.Kiang, M.S. de Vries, G.Gorman, R. Savoy, J. Vazquez, and R. Beyers, *Nature* (London) 363, 605 (1993).
4. S. Ihara and S. Iton, *Carbon* 33, 931(1995).
5. C. Dekker, S.J. Tans, M.H. Devoret, L.J. Geerlings, R.J.A.Groeneveld, L.C. Venema, J.W.G. Wildoer, A.R.M. Verschueren, A..Bezryadin, A..Thess, H. Dai, and R.A. Smalley. In *Proc. of the Int. Winter School on Electronic Properties of Novel Materials: Molecular Nanostructures*, edited by H. Kuzmany, J. Fink, M. Mehring, and S. Roth, Springer-Verlag, New York, 1997. Kirchberg, Austria.

К АНАЛИЗУ ФУНКЦИЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТИЦ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ ПО ПАРАМЕТРАМ

А.И. Денисенко¹, С.А. Денисенко²

¹ г. Днепропетровск, Национальная металлургическая академия Украины

² г. Днепропетровск, Днепропетровский национальный университет

astard@mail.dnepr.net

Для наблюдаемых на плоских срезах слоя частиц характерны разные размеры, хаотическое распределение по слою как по толщине, так и по плоскостям, параллельным подложке, разнообразие форм. Как правило, функции распределений представляются в виде гистограмм с небольшим (порядка 10-20) количеством интервалов разбиения параметра. При этом жестко заданные (например, настройкой порогов дискриминаторов) границы интервалов разбиения параметра снижают точность соответствия фиксируемой и исследуемой гистограмм. Возможность использования на порядок большего количества первичных интервалов дискриминации качественно изменяет ситуацию как с точки зрения повышения вероятности статистической недостаточности заполнения счетных ячеек, так и с точки зрения возможности повышения точности представления результатов за счет преобразования гистограмм на избыточных количествах интервалов дискриминации в гистограммы на объединенных интервалах индивидуально оптимизированных длин с последующим преобразованием в аналитические функции.

На рис. 1 представлена гистограмма на первичных интервалах. По вертикальной ее оси отложена функция $f(r) = n/\Delta a$ в мкм^{-1} , а по горизонтальной – порядковый номер k соответствующего первичного интервала.

Гистограмма на первичных

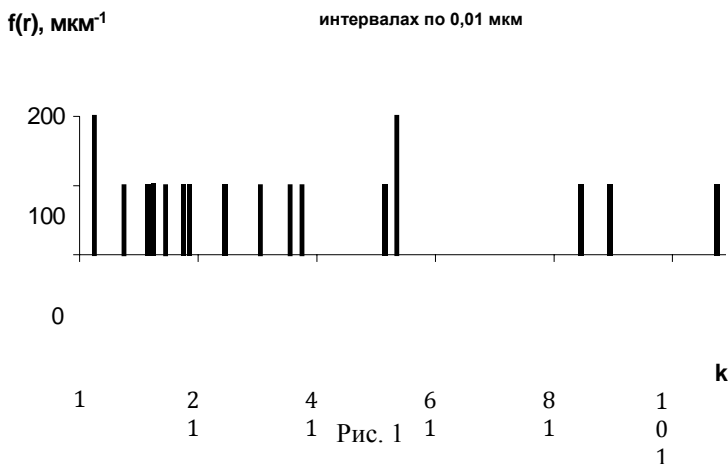


Рис. 1

Представленная на рис.1 гистограмма характеризуется статистической недостаточностью наполненности частицами интервалов равной величины, определяемой малостью числа визуально наблюдаемых на плоских срезах слоя частиц. Будем повышать статистическую наполненность, укрупняя

интервалы и уменьшая их количество.

Гистограмму на объединенных интервалах построим путем объединения длин первичных интервалов и суммирования количеств относящихся к ним частиц, руководствуясь критерием гладкости получаемой функции распределения (рис. 2).

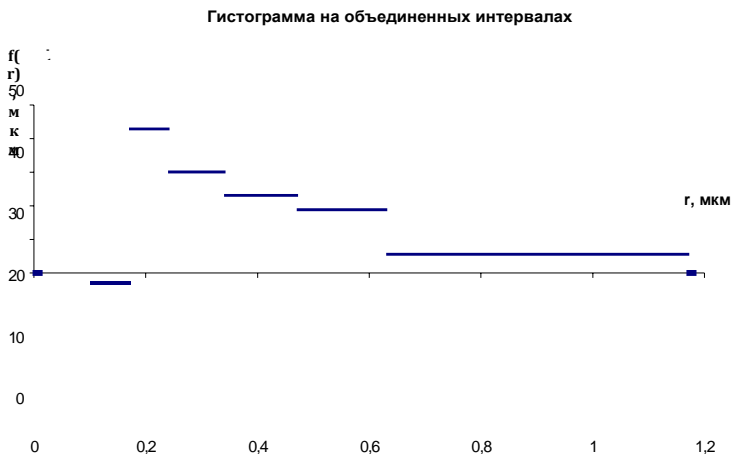


Рис. 2

По серединам столбцов этой гистограммы построим функцию распределения по размерам изображений частиц на наблюдаемых плоских срезах исследуемого слоя (рис. 3).

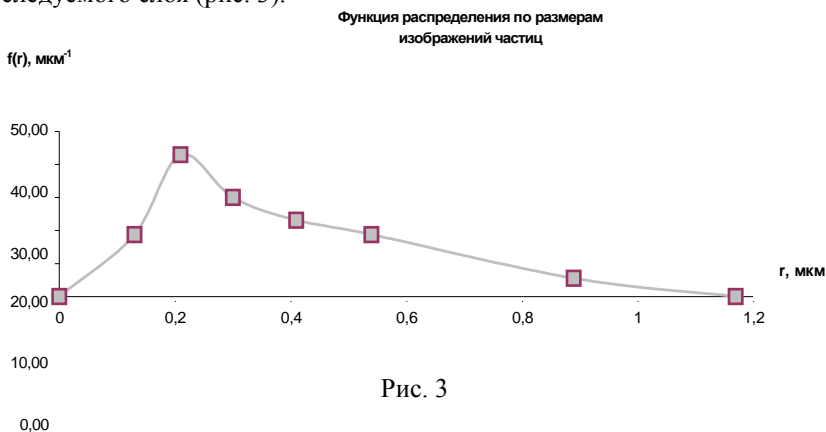


Рис. 3

Последующие оценки и преобразования функций распределения предполагают учет формы частицы и формы ее сечений. В первом приближении форму частиц будем предполагать сферической, а все сечения частиц – кру-

говыми. Отличие формы сечений реальных угловатых частиц, наблюдаемых в исследуемом слое, от круговой может быть при необходимости в дальнейшем учтено коэффициентом формы (или функцией распределения по размерам коэффициента формы).

Используя зависимость площади моделирующего изображение частицы круглого сечения от измеренных ранее средних диаметров (размеров) наблюдаемых изображений частиц, а также функцию распределения с рис. 3, определим функцию распределения изображений частиц по суммарным площадям от размера (рис.4).

Распределение по площади мизображений "круглых" частиц на срезе
слоя

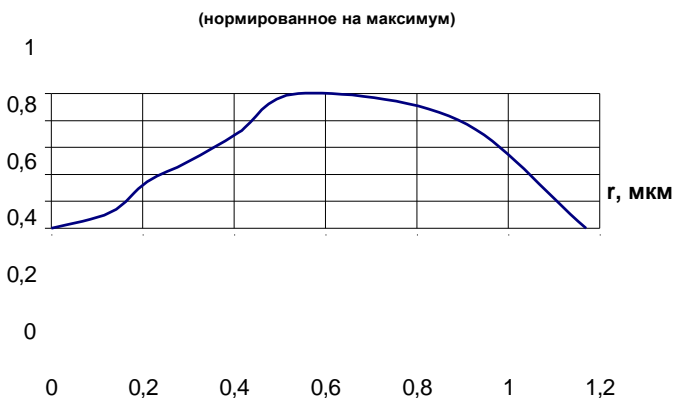


Рис. 4

Вид этой функции распределения (рис. 4) соответствует визуальному восприятию распределения частиц на наблюдаемых плоских срезах исследуемого слоя.

Обратим внимание на то, что изучаемый срез слоя содержит центральные сечения для одних частиц (т.е. максимальные по площади, проходящие через центры), и вовсе не центральные – для других частиц. Нереальным представляется допущение о таком эффекте или механизме, который свел бы центры частиц, наблюдаемых на срезе слоя, в случайно выбранную плоскость среза этого слоя.

Даже в случае монодисперсности содержащихся в слое частиц, случайность величины расстояния от плоскости наблюдения до центра каждой конкретной проявившейся на срезе частицы приведет к распределению наблюдаемых площадей сечений частиц от максимальной величины, соответствующей пересекающему центр частицы сечению до исчезающе малых величин сечений, соответствующих срезу края частицы.

Это приводит к тому, что более крупные частицы своими нецентральными сечениями проявляются во всех классах размеров, соответствующих центральным сечениям более мелких частиц, а функция распределения по размерам частиц в исследуемом слое отличается от представленной на рис. 3 функции распределения по размерам наблюдаемых в плоскости среза слоя изображений частиц.

Выделим функции распределения по размерам частиц в исследуемом слое из полученной выше функции распределения по размерам изображений, наблюдаемых в плоскости сечения слоя частиц.

Пусть в результате предварительно произведенной экспериментально (или смоделированной расчетными методами на основании предполагаемых

симметрий) калибровки будет сформирована двумерная функция $U(R, r)$ распределения вероятности регистрации частицы размера R в виде частицы “наблюдаемого” размера r для конкретного оптически наблюдаемого среза слоя в предположении равномерного, одинакового для всех размеров R частиц распределения центров калибрующих частиц по объему исследуемого слоя.

Полученную в результате обмера изображений частиц на срезе исследуемого слоя функцию распределения по “наблюдаемым” размерам r изображений частиц запишем в виде $f_n(r)$.

Определение функции распределения частиц по размерам на основании функции распределения по “наблюдаемым” размерам с учетом результатов предварительной калибровки $U(R, r)$ произведем с применением соотношения

$$F(r) = f(r) - \int_r^{r_{\max}} F(R) \cdot U(R, r) \cdot dR \quad (1)$$

Для максимального значения диапазона размеров соотношение (1) примет вид:

$$F(r_{\max}) = f_n(r_{\max}) \quad (2)$$

Определение функции $F(r)$ в области $r < r_{\max}$ произведем следующим образом. Разобьем диапазон изменения r , начиная с r_{\max} , на интервалы. Для конца первого интервала, прилегающего к r_{\max} , соотношение (1) запишем в виде:

$$F(r) = f(r) - F(r) \int_{r_1}^{r_{\max}} U(R, r) \cdot dR \quad (3)$$

В соотношении (3) и далее используется упрощающее допущение – значение функции $F(r)$ на большем краю интервала по r (на стадии преобразования функции распределения по “наблюдаемым” размерам в функцию распределения по размерам) присваивается всем r из этого интервала, что позволяет вынести, например, $F(r_{\max})$ за знак интеграла в выражении (3) и произвести вычисление интеграла. Для вычисления интеграла из функции $U(R, r)$ на интервале $[r, r_{\max}]$ по параметру R выделяется для значения r функциональная зависимость по R , которая и интегрируется в указанных для R пределах. После определения значения функции $F(r)$ в точке r_1 на конце первого интервала производим определение функции $F(r)$ в точках r_i на концах остальных интервалов поочередно, используя для этого каждый раз соотношение:

$$F(r_i) = f_n(r_i) - \sum_{p=0}^{i-1} F(r_p) \cdot \int_{r_{p+1}}^{r_p} U(R, r_i) \cdot dR \quad (4)$$

В результате учета эффекта виньетирования для границ интервалов разбиения диапазона по r определим значения $F(R)=F(r)$, отличающиеся на величину суммарного вклада от частиц больших размеров. Для частиц сферической формы, хаотично, но равномерно распределенных центрами в пространстве, функция распределения вероятности регистрации частицы размера R в виде частицы “наблюдаемого” размера r может быть смоделирована расчетными методами на основании возможности сведения искомого распределения для набора монодисперсных частиц к функциональным зависимостям площадей их сечений от расстояний до центров.

Для удобства применения метода восстановления вида функции распределения по размерам частиц переопределим полученную в результате обмера изображений частиц на срезе исследуемого слоя функцию распределения по “наблюдаемым” размерам r на равные интервалы, в сумме составляющие весь диапазон наблюдаемых размеров частиц.

Далее, используя гистограммное представление функциональных зависимостей, выделим функцию распределения по размерам частиц (рис. 5, линия 2) из полученной ранее функции распределения по размерам их изображений (рис. 5, линия 1).

Функции распределения по размерам изображений частиц (1) и по размерам частиц (2)

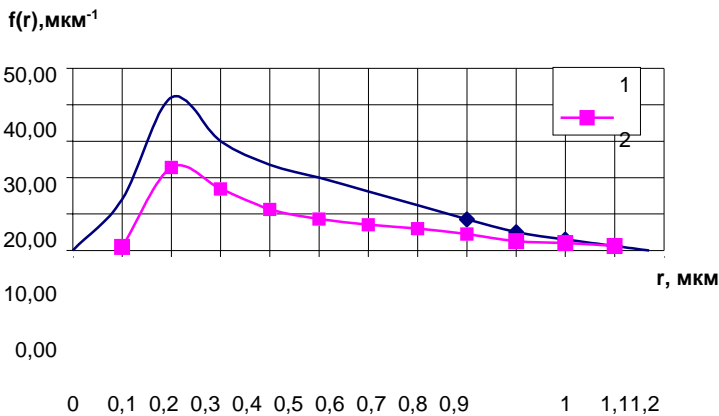


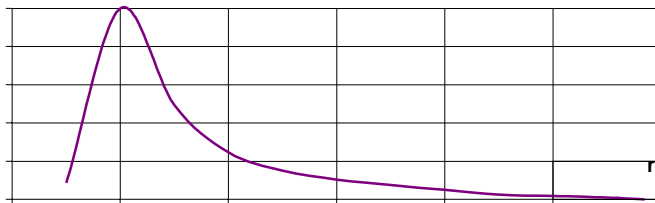
Рис. 5

С учетом зависимости величины измерительного объема, формируемого вблизи плоскости среза, от размера частиц, от функции распределения частиц по размерам (рис. 5, линия 1), фиксируемой при данном способе измерения (плоский срез слоя), перейдем к нормированному на свой максимум распределению (рис. 6) объемной концентрации частиц по размерам.

Распределение объемной концентрации частиц по размерам

n_1	$\left(\frac{r}{a} \right)$	0,2
σ_1	$\left(\frac{r}{a} \right)$	0
σ_2	$\left(\frac{r}{a} \right)$	
0,4		

М
К
М



0

0

,
2

0

,
4

0

,
6

0

,
8

1

1

,
2

Р

и

с

.

6

В рамках приближения о сферичности частиц на основе распределения объемной концентрации частиц по размерам могут быть получены распределения поверхности и объема частиц дисперсной фазы по их размерам, характеризующие эффективность её проявлений.

Литература:

1. Денисенко О.І. Застосування комп'ютерної техніки при викладанні фізики. // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. – Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2002. – т. 2. – С.108-110.
2. Денисенко О.І., Ковтун В.В. Комп'ютеризація лабораторного практикуму з фізики. // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. – Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2003. – т. 2. – С.84-87.
3. Денисенко О.І. Лазерна діагностика дисперсної фази полідисперсного, полішвидкісного, політемпературного плазмового потоку. // В зб. праць VI міжнародної науково-практичної конференції “Наука і освіта–2003”, т. 7. – С.25-26.
4. Денисенко О.І. Функції розподілу в лабораторному практикумі з фізики. // Теорія та методика навчання фундаментальних дисциплін у вищій школі: Збірник наукових праць. – Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2004. – т. 2. – С.165-168.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ЗАСІБ РЕАЛІЗАЦІЇ МІЖПРЕДМЕТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ КУРСУ ФІЗИКИ

Ю.В. Єчкало

м. Київ, Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова
uliaechk@mail.ru

Усі галузі сучасної науки тісно пов'язані між собою, тому і навчальні предмети не можуть бути ізольовані один від одного. Особливо це стосується дисциплін фізико-математичного циклу, які мають багатоаспектні зв'язки з іншими галузями знань. Ці міжпредметні зв'язки забезпечують опанування наукових фактів і фундаментальних ідей, усвідомлення суті понять і законів, принципів і теорій, які дають змогу пояснити перебіг фізичних явищ і процесів, з'ясувати їхні закономірності, характеризувати сучасну фізичну картину світу, зрозуміти наукові основи сучасного виробництва, техніки і технологій, оволодіти основними методами наукового пізнання і використати набуті знання в практичній діяльності [1].

Міжпредметні зв'язки можуть бути розкриті по спільності методів дослідження. Такий спосіб їх реалізації дозволяє, по-перше, використовувати у системі постійно оновлювані завдяки науково-технічному розвитку (відкриття нових речовин і матеріалів, розробка нових методів дослідження, розвиток комп'ютерної техніки тощо) методи дослідження, пізнання окремих наук, а по-друге, уникнути того частково локального і обмеженого характеру, який мають загальні методи пізнання та навчання в окремих науках [2].

Моделювання є одним з загальних методів наукового пізнання, який, поряд з абстрагуванням, аналізом, синтезом, індукцією, дедукцією використовують як на емпіричному, так і на теоретичному рівнях дослідження. Метод моделювання має ґрунтовні традиції у розвитку природознавства і, зокрема, фізики. Сьогодні поряд із відомими з часів Ньютона основними його гілками – техніко-експериментальною та теоретичною – набув широкого застосування порівняно новий метод дослідження, породжений сполученням обчислювальних машин і моделей. Він відомий як комп'ютерне моделювання.

Фізика – наука, в якій комп'ютерне моделювання є надзвичайно важливим методом дослідження. На сучасному етапі, вивчаючи фізику, вже мало використовувати комп'ютер лише для демонстрування надзвичайно швидких або повільних процесів, небезпечних для життя і здоров'я дослідів, дуже складних і коштовних установок. Складніше, але значно важливіше «навчитись вчити» комп'ютер моделювати фізичні процеси. Адже моделювання складає невід'ємну частину сучасної фундаментальної і прикладної науки. По важливості в останні роки воно наближається до традиційних експериментальних і теоретичних методів.

Аналізуючи основні етапи комп'ютерного моделюванні фізичних явищ, можна простежити, що реалізація при цьому міжпредметних зв'язків не тільки декларується, але і є основою для успішного створення моделі. Цикл комп'ютерного моделювання наведений на рис. 1.

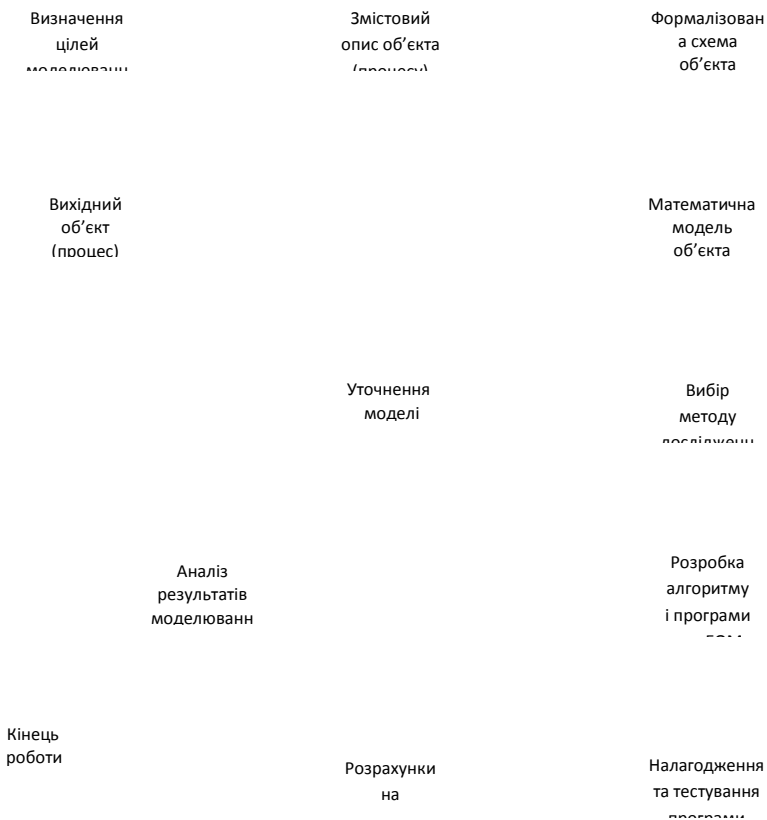


Рис. 1. Цикл комп'ютерного моделювання

Перший етап – змістовий опис об'єкта (процесу) та визначення цілей моделювання. Основні з них: зрозуміти структуру та основні властивості конкретного об'єкта, навчитись ним керувати та прогнозувати наслідки впливу на нього. За вихідний об'єкт може бути прийняте, як і будь-яке інше, *фізичне* явище.

Після цього приступають до формалізації об'єкта (процесу), результатом чого буде в нашому випадку *математична* модель. На етапі переходу від формалізованої схеми до математичної моделі необхідно перейти від абстрактного формулювання моделі до формулювання, яке має конкретне

математичне наповнення. Тоді модель постане перед нами у вигляді традиційного для фізики рівняння, системи рівнянь, системи нерівностей, диференціального рівняння тощо.

Після визначення ступеня адекватності моделі реальному процесу та вибору методу дослідження переходять до розробки алгоритму та створення *програми для ЕОМ*. Розвиток комп'ютерної технології приводить сьогодні до нового погляду на фізичні системи. Спроби формулювати задачу на комп'ютері вже привели до нових формулювань фізичних законів і усвідомлення того, що наскільки практично, настільки і природно виражати фізичні закони у вигляді програм для комп'ютера, а не лише традиційною мовою математики. В деяких випадках алгоритми зручно реалізовувати, використовуючи готові програмні продукти, наприклад, електронні таблиці або спеціальні математичні пакети.

Налагоджену та протестовану програму можна використовувати для чисельного експерименту. «Однією з причин того, – зазначає автор [3], – що чисельний експеримент стає в наш час таким важливим у фізиці, є те, що комп'ютерна техніка є новим ефективним інструментом для дослідження нелінійних процесів і систем з багатьма змінними». Часто чисельне моделювання в фізиці називають «обчислювальним експериментом», оскільки воно має багато спільного з лабораторним експериментом. Зв'язок між ними можна виразити такими аналогіями:

Лабораторний експеримент	Обчислювальний експеримент
Зразок	Модель
Фізичний прилад	Програма для комп'ютера
Калібрування приладу	Тестування програми
Вимірювання	Розрахунок
Аналіз даних	Аналіз даних

Таке комп'ютерне моделювання (обчислювальний експеримент) виражає зв'язок лабораторного експерименту з чисельними розрахунками.

Після закінчення комп'ютерного експерименту дані, одержані за допомогою моделі, включаються до системи знань про об'єкт-оригінал.

Наведемо приклади комп'ютерних моделей фізичних явищ і процесів.

1

2

3

Рис. 2. Траєкторії руху тіла, кинутого під кутом до горизонту

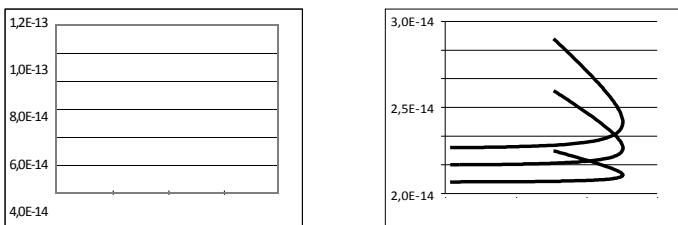


Рис. 3. Траскторії руху α -частинки в досліді Резерфорда

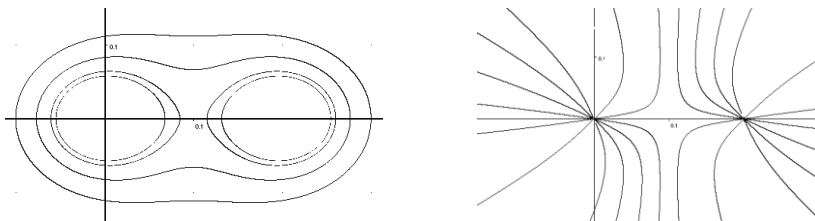


Рис. 4. Проекції еквіпотенціальних поверхонь та силові лінії поля двох однойменних електричних зарядів

Таким чином, самостійне комп'ютерне моделювання потребує від виконавця крім володіння алгоритмізацією та програмуванням також ґрунтовного вивчення фізичної суті явища і математичних методів розв'язання фізичних задач. Це дозволяє показати, що «ні ЕОМ, ні математична модель, ні алгоритм її дослідження окремо не можуть розв'язати достатньо складну вихідну задачу. Але разом вони являють силу, яка дозволяє пізнавати оточуючий світ та керувати ним в інтересах людини» [4].

Отже ми, розглядаючи комп'ютерне моделювання як метод наукового пізнання та як об'єкт вивчення, вважаємо, що воно є засобом для здійснення міжпредметної інтеграції та формування на цій основі наукового світогляду.

Література:

1. Межпредметные связи курса физики в средней школе / Ю.И. Дик, И.К. Турышев, Ю.И. Лукьянов и др.; Под ред. Ю.И. Дика, И.К. Турышева. – М.: Просвещение, 1987. – 191 с:ил.
2. Староста В.І. Завдання як засіб реалізації міжпредметних зв'язків // Фізика та астрономія в школі. – 2004. – № 2. – С.31-35.
3. Шестаков А.П. Профильное обучение информатику в старших классах средней школы (10-11-е классы) на основе курса «Компьютерное математическое моделирование» (КММ) // Информатика. – 2002. – № 34. – С.3-12
4. Горстко А.Б. Познакомьтесь с математическим моделированием. – М.: Знание, 1991. – 160с.

РАЗВИТИЕ ТВОРЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ УЧЕНИКОВ НА УРОКАХ ФИЗИКИ И ВО ВНЕУРОЧНОЙ РАБОТЕ В АЭРОКОСМИЧЕСКОМ ЛИЦЕЕ «ХАИ»

Л.С. Завертанная, А.А.Таран
г. Харьков, Национальный аэрокосмический университет
им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Аэрокосмический лицей на базе Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ» является частью системы непрерывного аэрокосмического образования, созданной университетом для подготовки высококвалифицированных специалистов. Обучение в лицее дает ученикам возможность получить среднее образование согласно государственным стандартам, а также начать подготовку к дальнейшему обучению в университете с целью стать ведущими специалистами в основных областях авиации и космонавтики, авиационной науки, авиационных технологий. Обучение в лицее имеет свои особенности: практикуется модульно-рейтинговая система. Материал учебной дисциплины разделяется на модули. При изучении определенного модуля создается проблемная ситуация. Материал каждого конкретного модуля изучается на лекциях и закрепляется на практических, семинарских и лабораторных занятиях. По каждому из модулей предусматривается определенный вид контроля: написание рефератов, решение тематических проблемных заданий или выполнение контрольных работ.

Опыт работы со студентами младших курсов показывает, что им трудно адаптироваться к курсу общей физики, преподаваемому в вузе. Основная задача, которую решают в лицеях при вузах, – уменьшить ступеньку между средней школой и высшим учебным заведением при изучении математики, информатики, физики. Физика занимает особое место среди естественных наук и является основой современного научного мировоззрения. На всех этапах обучения она должна давать навыки научного познания, активизировать наблюдательность, любознательность и стремление к совершенствованию своих знаний. В аэрокосмическом лицее на базе Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ» наряду с традиционными уроками физики читаются лекции, проводятся семинарские и практические занятия, выполняются лабораторные работы. На практических занятиях ученики выполняют дифференцированные задания по выбору, при этом обеспечиваются индивидуальный подход к каждому ученику, поддерживается определенная свобода действий при выполнении заданий, и эти действия регулируются структурой познавательного процесса. На семинарах заслушиваются доклады и рефераты, которые активно обсуждаются оппонентами, при этом учащиеся делают открытия «для себя», т.е. такие открытия, которые имеют субъективную новизну. Таким образом, на прак-

тических занятиях и семинарах создаются условия для развития способностей и творческой самореализации личности, всестороннего развития и саморазвития личности, индивидуализации и дифференциации обучения, перехода на личностно-ориентированные педагогические технологии. Лабораторный практикум в аэрокосмическом лицее построен так, что ученик индивидуально выполняет лабораторную работу, получает навыки работы с измерительными приборами на экспериментальных установках, самостоятельно делает вывод на основе обработки и анализа полученных результатов. Кроме того, учащиеся привлекаются к совершенствованию и модернизации лабораторных работ.

Внедрение вузовских методик обучения физики способствует более быстрой адаптации студентов первого курса, лицеисты осваивают курс физики лучше, чем учащиеся обычных общеобразовательных школ, сдают экзамены на «хорошо» и «отлично».



Перестройка школы, её профилизация внесли свои изменения в систему развития творческой деятельности учеников. Возможность в раннем возрасте приобщиться к научно-исследовательской работе способствует формированию умений и навыков изобретателя, рационализатора, будущего ученого. С первых дней существования аэрокосмического лицея «ХАИ» большое внимание уделяется научно-исследовательской работе лицеистов. Эта работа не только раскрывает творческие способности учащихся, но и способствует лучшему усвоению ими учебных программ по физике и другим предметам. В лицее создано научно-техническое общество, а с помощью кафедры физики ХАИ – научно-исследовательская лаборатория. Эксперименты проводятся как на кафедре физики, так и на других кафедрах

университета. Полученные результаты обсуждаются на научных семинарах, лучшие из докладов рекомендуются для участия в городских, всеукраинских и международных конференциях, коллоквиумах, смотрах-конкурсах научно-исследовательских работ МАН.

Традиционными стали участие лицеистов в научно-технической конференции довузовской молодежи «Химия и физика в современных технологиях», которая проводится в Национальном техническом университете «ХПИ», и проведение на базе нашего лицея научно-практической конференции довузовской молодежи «Гагаринские чтения». Итогом научной работы лицеистов является смотр-конкурс научно-исследовательских работ Малой академии наук.

С целью повышения качества научно-исследовательской работы проводится научно-методический семинар учителей «Проблеми природничонаукової освіти в системі комплексної підготовки ліцеїстів», на котором рассматриваются вопросы:

- традиционные и новые подходы профориентационной работы в процессе изучения физики, химии, биологии;
- формирование навыков научно-практической деятельности учащихся при проведении лабораторных работ.

Таким образом, все проводимые мероприятия приводят к развитию способностей учеников, самореализации личности, привлечения их к научной и творческой активности.

ВИВЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ФІЗИЧНИХ ЗАДАЧ

М.І. Задорожній

с. Новоюлівка, Новоюлівська середня загальноосвітня школа

Постановка проблеми. Вивчення технології розв'язування фізичних задач викликає у вчителів та учнів цілий ряд труднощів та незрозуміння переваг цієї технології над іншими методиками та способами розв'язування фізичних задач.

Аналіз досліджень та публікацій. Технологія розв'язування фізичних задач одержана за допомогою інформаційних технологій навчання [3], під якими слід розуміти не тільки використання комп'ютерної техніки та програмного забезпечення, а в першу чергу застосування принципів, законів, властивостей, понять інформатики та програмування для глибокого та повного аналізу структури навчальної інформації; навчального процесу в цілому та його окремих елементів; умов та факторів, які позитивно чи негативно впливають на результативність навчання учнів та студентів.

Характерною особливістю інформаційних технологій навчання є впорядкування навчальної інформації з метою більш ефективного її використання та зменшення перевантаження учнів та студентів. Окремі елементи такого аналізу наведено в [1].

Технологія розв'язування фізичних задач є складовою частиною інформаційних технологій навчання, необхідність яких обґрунтована в [1]. Приклади застосування інформаційних технологій навчання наведені в [1], [4], [5], [8].

Технологія розв'язування фізичних задач частково описана в [6]. Основною технологією є алгоритм розв'язування фізичних задач, описаний в [1], [2], [7].

Мета статті: дослідити особливості вивчення цієї технології та показати найважливіші її елементи: відомості про фізичні явища, алгоритм розв'язування фізичних задач, рівні складності фізичних задач.

1. Особливості вивчення технології розв'язування фізичних задач

Перш за все, слід відзначити складність фізики, як навчального предмету. Він містить десятки різних понять, багато з яких мають складну, часто дворівневу чи навіть тривірневу структуру. Складність та кількість понять шкільного курсу фізики на порядок вищі ніж, наприклад, шкільної геометрії.

Успішне розв'язування задач потребує не тільки знання теоретичної частини фізики, що вивчається, а й її експериментальної частини; достатньої математичної підготовки; вміння аналізувати та описувати фізичні явища, що зустрічаються в задачах.

Переваги технології розв'язування фізичних задач починають проявлятися лише на задачах, що описують кілька фізичних явищ, нестандартних та

олімпіадних задачах.

Дуже корисним для засвоєння цієї технології є паралельне вивчення програмування персональних комп'ютерів, в першу чергу об'єктно-подійного програмування.

Важливим елементом вивчення технології розв'язування фізичних задач є використання в навчальному процесі індивідуальних завдань з оригінальними задачами, які не мають друкованих розв'язків і відповіді до цих задач відомі лише викладачу. Такі задачі можна одержувати за допомогою комп'ютерних програм, що складають такі задачі.

Починати вивчення технології розв'язування фізичних задач слід із систематизації відомостей про фізичні явища, необхідних для розв'язування задач. Такі відомості можна об'єднати у довідники фізичних явищ, що вивчаються в даному курсі фізики. Приклад відомостей про одне з фізичних явищ наведено нижче. Є дуже корисним, якщо такі довідники створюють самі учні чи студенти.

Другим найважливішим елементом вивчення технології є формування навичок аналізу фізичних явищ, описаних у задачах. Для цього в задачах можна визначати лише фізичні явища та об'єкти, що там описані, та їх властивості та закони.

2. Довідник фізичних явищ

Фізика 7 клас Тема 2 Взаємодія тіл

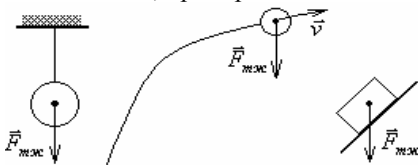
Явище 7: Земне тяжіння (16 листопада)

Властивості:

Всі тіла, що знаходяться поблизу Землі, притягуються до неї.

Сила тяжіння Землі направлена до її центру.

Сила тяжіння, що діє на тіло, пропорційна його масі.



Формули:

Сила тяжіння Землі $F_{тж} = mg$

Величини:

Сила тяжіння Землі	$F_{тж}$	1 Н
Маса тіла	m	1 кг
Коефіцієнт сили тяжіння	g	9,8 Н/кг

3. Алгоритм розв'язування фізичних задач

Таблиця алгоритму містить перелік кроків алгоритму, які виконуються

при розв'язуванні всіх типів задач. Ці кроки розділені на 6 етапів та 4 рівні складності, розміщені в порядку їх виконання, який найчастіше зустрічається при розв'язуванні задач. Ця таблиця постійно доповнюється новими кроками алгоритму, змінюється і їх складність.

При розв'язуванні кожної конкретної задачі виконуються тільки ті етапи та кроки, які необхідні для найбільш простого та раціонального розв'язку задачі. Складність кроків алгоритму є в достатній мірі приблизною, але її можна використовувати для визначення та порівняння складності розв'язування задач в балах, оцінивши кроки рівня 0 в 0,5 балів, рівня 1, 2, 3

– 1, 2, 3 бали.

Складність задач в балах дає можливість оцінити час, необхідний для розв'язування задачі. Це потрібно для складання завдань контрольної роботи чи тестів. На один бал складності розв'язку задачі учні витрачають, як правило, 30–60 секунд.

Таблиця алгоритму розв'язування фізичних задач I етап: Явища

Рівень 0	Рівень 1	Рівень 2	Рівень 3
----------	----------	----------	----------

1-1-0. Явище за текстом

| 1-2-1. Явище за малюнком

| 1-3-2. Явище за графіком

| 1-4-3. Явище за рівнянням

1-5-0. Властивість тіл або явищ

1-6-0. Величина для явища

1-7-0. Формула для явища

| 1-8-1. Закон для явища

| 1-9-2. Виконання малюнка

| 1-10-2. Формула з індексами

| 1-11-2. Рівняння

| 1-12-3. Взаємодія тіл, явищ

| 1-13-3. Нова величина

| 1-14-3. Нова властивість

2-1-0. Повна назва

| 1-15-3. Нова формула

II етап: Величини

| 2-2-1. Величина за одиницями

| 2-3-2. Величина за текстом

| 2-4-2. Величина за
малюнком 2-5-2. Величина
за рівнянням

| 2-6-3. Величина за графіком

| 2-7-3. Відношення величин

2-8-0. Невідоме значення

III етап: Формули

| 3-1-1. Вибір формули

| 3-2-1. Перетворення формули

3-3-1. Підстановка формули

| 3-4-2. Алгебраїчна дія

| 3-5-3. Розв'язування рівняння

| 3-6-3. Перевірка одиниці

IV етап: Вимірювання

4-1-0. Вимірювальний засіб

| 4-2-1. Спосіб вимірювання

| 4-3-2. Похибка величини

4-4-0. Результат вимірювання

| 4-5-3. Формула похибки

V етап: Обчислення

| 5-1-1. Основна одиниця

| 5-2-1. Фізична константа

5-3-1. Таблична величина

| 5-4-3. Дія з векторами

5-5-0. Підстановка значення

5-6-0. Усне обчислення

| 5-7-1. Обчислення з калькулятором

| 5-8-2. Обчислення у стандартному запису

5-9-2. Обчислення тригонометричних функцій

5-10-0. Одиниця результату

| 5-11-1. Дія з однаковими одиницями

| 5-12-2. Дія з різними одиницями

| 5-13-1. Округлення значення

5-14-1. Зручний вигляд

6-2-0. Значення величини

6-1-0. Явище-результат

5-15-	ова графіка
3.	
Побуд	VI етап: Відповідь
6-3-1. Властивість явища	
	6-4-2. Формула або рівняння
	6-5-3. Графік
	6-6-3. Аналіз варіантів

4. Рівні складності розв’язування фізичних задач

Є задачі, які мають кілька розв’язків різної складності. Тому більш точним буде поняття складності не самої задачі, а саме розв’язку задачі. Кращим буде розв’язок з найменшою складністю.

Рівні складності розв’язку задач можна визначити за такими критеріями:

- кількість властивостей чи формул, необхідних для розв’язування задачі;
- складністю кроків, необхідних для розв’язування задачі;
- кількістю фізичних явищ, описаних в задачі.

Нульовий рівень – це рівень фрагментарних знань. На цьому рівні учні знають лише окремі елементи знань, не вміють самостійно відтворити їх повністю. Цей рівень знань недостатній для розв’язування фізичних задач.

На цьому рівні учні можуть розв'язувати лише окремі вправи.

Нульовий рівень кроків алгоритму має особливе значення. Він визначає мінімально необхідний набір кроків для розв'язування задачі.

Перший рівень – репродуктивний. На цьому рівні знань учні самостійно відтворюють знання. Тут учні розв'язують лише стандартні задачі з кроками алгоритму 1 рівня; стандартні задачі, для розв'язування яких застосовуються 1-2 стандартні властивості, закони та формули; задачі на одне фізичне явище або тіло (стандартні задачі).

Другий рівень – це аналітичний рівень. На цьому рівні знань учні вміють аналізувати, систематизувати, порівнювати окремі елементи знань. Тут учні розв'язують стандартні задачі з кроками алгоритму 2 рівня; стандартні задачі, які потребують для свого розв'язування 3-4 стандартні формули або рівняння; задачі, що описують кілька однакових фізичних явищ і потребують запису стандартних формул з індексами для кожного випадку; задачі з кількома різними фізичними явищами, що об'єднуються одним фізичним законом або рівнянням.

Третій рівень – це творчий рівень. На цьому рівні знань учні вміють самостійно одержувати нові для себе елементи знань. Тут учні розв'язують стандартні задачі, з кроками алгоритму 3 рівня; стандартні задачі, які потребують для свого розв'язування 5 і більше стандартних формул або рівнянь; задачі на кілька фізичних явищ, що потребують складання нестандартних формул; задачі на застосування явищ, властивостей, законів, формул, рівнянь, математичних дій, що не вивчалися в теоретичній частині фізики.

Таблиця рівнів складності розв'язків задач

Рівні знань	Критерії		
	Складність кроків	Кількість формул	Кількість явищ
Рівень 3(10 – 12 балів) ТВОРЧИЙ самостійне одержання нових знань	є кроки 3-го рівня	5 і більше формул або властивостей	2 і більше різних явищ
Рівень 2(7 – 9 балів) АНАЛІТИЧНИЙ перетворення готових знань	є кроки 2-го рівня	3 – 4 формули або властивості	2 і більше однакових явищ або на один закон
Рівень 1(4 – 6 балів) РЕПРОДУКТИВНИЙ відтворення готових знань	є кроки 1-го рівня	1 – 2 формули або властивості	1 явище або тіло
Рівень 0(1 – 3 бали) ФРАГМЕНТАРНИЙ окремі частини готових знань	Вправи на кілька кроків 0 та 1 рівня		

5. Приклад розв'язування задачі

Задача (Фізика 8 клас. Плавлення льоду, конденсація пари.)

Скільки льоду можна розплавити за рахунок енергії, яка виділяється при конденсації 500 г пари при 100 °С. Лід взятий за температурою 0°С.

Явища: 1) Плавлення льоду при 0°С $Q_1 = L_1 \cdot m_1$
2) Конденсація пари при 100°С $Q_2 = r_2 \cdot m_2$

Закон збереження енергії $Q_1 = Q_2$

Величини: Маса пари $m_2 = 500 \text{ г} = 0,5 \text{ кг}$

Маса льоду $m_1 - ?$

Формули: $Q_1 = Q_2 L_1 \cdot m_1$
 $= r_2 \cdot m_2$
 $m_1 = r_2 \cdot m_2 / L_1$

Обчислення:

Питома теплота плавлення льоду при 0 °С $L_1 = 332 \text{ кДж / кг}$

Питома теплота пароутворення води при 100 °С $r_2 = 2257 \text{ кДж / кг}$

$$m_1 = 2257 \cdot 10^3 \cdot 0,5 / 332 \cdot 10^3 = 3,399 = 3,4 \text{ кг.}$$

Відповідь: можна розплавити 3,4 кг льоду.

Аналіз задачі: є кроки 2 рівня; використовуються 3 формули; два явища на один закон.

Задача 2 рівня, максимальна оцінка 9 балів.

Висновки

1. Описана технологія розв'язування фізичних задач дає можливість впевнено розв'язувати задачі, в яких описується кілька явищ чи об'єктів.

2. Ця технологія передбачає чітке та однозначне оцінювання складності розв'язків задач, яке може бути використане для стандартизації оцінювання розв'язування фізичних задач.

3. Компоненти цієї технології можна використати для створення комп'ютерних програм та електронних посібників для вчителів та учнів.

Література:

1. М.І. Задорожній М.І. Інформаційні технології навчання в загальноосвітній школі // Комп'ютерне моделювання та інформаційні технології в освітній діяльності. – Кривий Ріг: Вид. відділ КДПУ, 1999. – 249 с. – С. 158–168.

2. Задорожній М.І. Алгоритм розв'язування фізичних задач для комп'ютера та учнів // Комп'ютерне моделювання та інформаційні технології в природничих науках: Збірник наукових праць. – Кривий Ріг: Вид. відділ КДПУ, 2000. – 462 с. – С.350–356.

3. Задорожній М.І. Навчання з точки зору інформаційних технологій // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: збірник наукових праць: в 3-х томах. – Кривий Ріг: Вид. відділ КДПУ, 2001. – Т. 3: Теорія та методика навчання інформатики. – 209 с. – С.60-64.

4. Задорожній М.І., Задорожній О.М. Обчислення лабораторних робіт з фізики за допомогою електронних таблиць // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: збірник наукових праць: в 3-х томах. –

Кривий Ріг: Вид. відділ КДПУ, 2001. – Т. 2: Теорія та методика навчання фізики. – 392 с. – С. 133-135.

5. Задорожній М.М. Вивчення чисельних методів розв'язування алгебраїчних рівнянь в школі // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць: в 3-х томах. – Кривий Ріг: Вид. відділ КДПУ, 2001. – Т. 3: Теорія та методика навчання інформатики. – 209 с. – С.65–67.

6. Задорожній М.І. Технологія розв'язування фізичних задач // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. Випуск 3: В 3-х томах. – Кривий Ріг: Вид. відділ НМетАУ, 2003. – Т. 2: Теорія та методика навчання фізики. – 360 с. – С.116–119.

7. Задорожній М.І. Алгоритм розв'язування фізичних задач для комп'ютера та учнів // Фізика та астрономія в школі. – 2003. – №5. – С. 22–25.

8. Задорожній М.І., Задорожній В.М. Електронний зошит для лабораторних робіт з фізики // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. Випуск 3: В 3-х томах. – Кривий Ріг: Вид. відділ НМетАУ, 2004. – Т. 2: Теорія та методика навчання фізики. – 462 с. – С.178–182.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВІДНОСНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОГО І МАГНІТНОГО ПОЛІВ

І.С. Каплун, О.А. Коновал

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет
yooi@inbox.ru

Ознайомлення школярів і студентів з методами наукових досліджень – одна з найважливіших вимог принципу науковості у вивченні фізики. Серед багатьох методів наукового пізнання вагоме місце займає метод моделювання, який використовується не лише у фізиці, а й у багатьох інших галузях науки.

Комп'ютерні моделі легко вписуються в структуру традиційних форм навчання, дають змогу викладачу моделювати природні явища, створювати абстрактні моделі, які в процесі вивчення курсу фізики описувались словесно або в суто формальному вигляді.

Комп'ютерні моделі є ефективним засобом пізнавальної діяльності учнів, що відкриває перед викладачем широкі можливості щодо удосконалення навчально-виховного процесу. Вони використовуються на заняттях з фізики під час вивчення ідеальних фізичних моделей (ідеальний газ, електричне поле, електронний газ тощо); моделювання класичних дослідів з фізики (досліди Йоффе–Міллікена, Перрена, Кулона, Мандельштама–Папалексі); моделювання явищ, які неможливо відтворити засобами навчальної лабораторії (ядерний магнітний резонанс, стан критичної маси речовини); демонстрація принципів дії машин, приладів і установок; закріплення навичок фізичних вимірювань [1, 10].

Взагалі, застосування методу моделювання в навчальному процесі – одне з актуальних питань сучасної педагогіки і відповідних методик. І це цілком закономірно, адже сам процес формування знань пов'язаний з перетворенням у свідомості учня одних моделей на інші, які є похідними від перших, але точнішими, з більшим наближенням до дійсності. Використання моделей з навчальною метою допомагає виділити і відобразити найважливіші для пізнання зв'язки в явищах, які часто бувають недоступними для безпосереднього спостереження, розкрити механізм протікання відповідних процесів, ознайомити учнів з експериментальною базою сучасної фізики. Крім названих дидактичних можливостей метод комп'ютерного моделювання може бути використаний також для самостійної роботи учнів при вивченні фізики.

Метод математичного моделювання, який дозволяє звести дослідження явищ зовнішнього світу до математичних задач, займає провідне місце серед інших методів дослідження, особливо в зв'язку з бурхливим розвитком обчислювальної техніки. Математичні моделі проявили себе як важливий засіб управління. Вони застосовуються в самих різних напрямках наукового

пізнання, стали необхідним апаратом в галузі економічного планування і є важливим елементом автоматизованих систем управління.

Одним з можливих напрямків застосування методу математичного моделювання є дослідження відносності електричного і магнітного полів. При формуванні поняття ЕМП набули поширення такі методичні шляхи:

1) спочатку вивчається електро- та магнітостатичне поля, а потім на основі закону електромагнітної індукції (ЕМІ) встановлюється зв'язок між магнітним та електричним полем [3, 7, 8,9];

2) уявлення про ЕМП формується на основі фундаментальних фізичних понять[2];

3) уявлення про єдине електромагнітне поле (ЄЕМП) можуть бути сформовані на високому науково-методичному рівні при аналізі взаємодії двох рухомих заряджених частинок [5], на основі аналізу основних експериментальних законів електромагнетизму[4].

Критичні зауваження стосовно методики 1) наведені в [4, 5, 6]. Що стосується методики 2), то, як на наш погляд, поняття ЕМП слід формувати не на основі фундаментальних фізичних понять, як це пропонується в [2], а на основі вивчення його властивостей у всіх електродинамічних проявах. Тобто, з'ясувати, за яких умов виникає електричне та магнітне поле, як воно проявляється та реєструється в експериментах, які має інтегральні та локальні характеристики. А те, що при описі та поясненні фізичних явищ необхідно використовувати фундаментальні фізичні поняття, є очевидним. Крім того, сукупність фундаментальних понять, на основі яких можна сформува-ти адекватне поняття ЕМП, у певних межах довільна.

Так, основні властивості ЕМП та адекватне уявлення про цей об'єкт можна сформува-ти, спираючись тільки на закон Кулона, принцип відносності та принцип суперпозиції.

Ми можемо ставити проблему вивчення властивостей ЕМП не на основі фундаментальних фізичних понять, зокрема таких, як відносність, симетрія і взаємодія, а з використанням цих понять.

Електромагнітне поле є складним об'єктом, який надзвичайно складно уявити—кожнійточціпросторувідповідаєшістьчисел(проекціївекторів

E і B на координатні осі). Комп'ютерна модель дозволяє більш-менш наочно та адекватно представити електромагнітне поле і його перетворення при переході від однієї системи відліку (СВ) до іншої, причому не лише якісно – у вигляді відповідних зображень, але й кількісно, оскількизначення векторів E і B можуть бути розраховані в будь-якій точці простору.

Як відомо, при переході від однієї СВ K' до СВ K компоненти ЕМП перетворюються згідно формул:

$$E = E', E = \Gamma(E' + VB'), E = \Gamma(E' - VB'),$$

$$B = B', B = \Gamma(B' - VE'), B = \Gamma(B' + \frac{VE'}{c}) \quad (1)$$

$$x \quad x \quad y \square y \square \quad c^2 \square \quad z \square z \quad 2 \square$$

$\square \quad \square$

$$\text{де } \Gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}} \text{ - швидкість світла в вакуумі}$$

Рис. 1. Загальний випадок співвідношення векторів B і E .

Якщо напруженість електричного та індукцію магнітного полів розкласти на дві взаємно перпендикулярні складові компоненти поля: паралельну вісі OX та перпендикулярну до вісі OX (наприклад, $E = E_{\parallel} + E_{\perp}$), то формули перетворення можна записати наступним чином:

$$E'_{\parallel} = E_{\parallel}, \quad E'_{\perp} = \Gamma(E_{\perp} - [vB]_{\perp}),$$

$$B'_{\parallel} = B_{\parallel}, \quad B'_{\perp} = \Gamma(B_{\perp} + \frac{1}{c^2} v \cdot E_{\perp}),$$

Оскільки вектори B'_{\parallel} та v - колінеарні, то $[vB]_{\perp} = [vB_{\perp}] + [vB_{\parallel}] = [vB]_{\perp}$,

аналогічно $[vE]_{\perp} = [vE'_{\perp}]$. Тому останні формули набувають вигляду:

$$E'_{\perp} = \Gamma(E_{\perp} - [vB]_{\perp}), \quad B'_{\perp} = \Gamma(B_{\perp} + \frac{1}{c^2} [vE]_{\perp}), \quad (2)$$

$V \ll c$

c^2

Відмітимо такі наслідки ФПКЕМП (2): в тому випадку, коли електрично-неполезнапруженість E переміщується відносно СВК, в системі відліку K виникає магнітне поле з індукцією B , а при переміщенні тільки магнітного поля з індукцією B зі швидкістю V в системі відліку K крім магнітного

поля (МП) виникає електричне поле, напруженість якого $E = -[V \cdot \Gamma]$. В

Тобто, якщо в системі K' існує тільки електричне або тільки магнітне поле, то в системі відліку Kz' являється відповідно магнітне і електричне, які перпендикулярні векторам E та B . Має місце й обернене твердження: якщо в системі відліку K' вектор напруженості електричного поля E' перпендикулярний B , тоді завжди можна знайти систему відліку, в якій буде існувати тільки електричне або тільки магнітне поле.

Нехай в системі відліку K' є взаємно перпендикулярні E та B поля. Знайдемо таку швидкість руху СВ K' відносно системи відліку K , щоб в СВ K було відсутнє: а) електричне поле, $E = 0$; б) магнітне поле $B = 0$.

а) Орієнтацію осей СВ K' слід вибрати так, щоб вісь $O'X'$ була перпендикулярна площині, в якій лежать вектори E та B . Тоді $E = E = 0$, а $E' \perp E$, $E \perp E = 0$. Це буде за умови $E \perp = \Gamma (E \perp - [V \cdot B']) = 0$.^x

Тобто: $E' - [V \cdot B] = 0 \rightarrow E' = [V \cdot B]$. Аленам треба знайти величину швидкості СВ K' . Помножимо останню рівність векторно на B' :

$$[B' \cdot E'] = [B' \cdot [V \cdot B]] = V \cdot (B'^2) - B' \cdot (B' \cdot V) = V \cdot (B'^2), iV = \Gamma \left[\begin{array}{c} \vdots \\ \vdots \end{array} \right] \quad (\text{рис.2})$$

$$B'^2$$

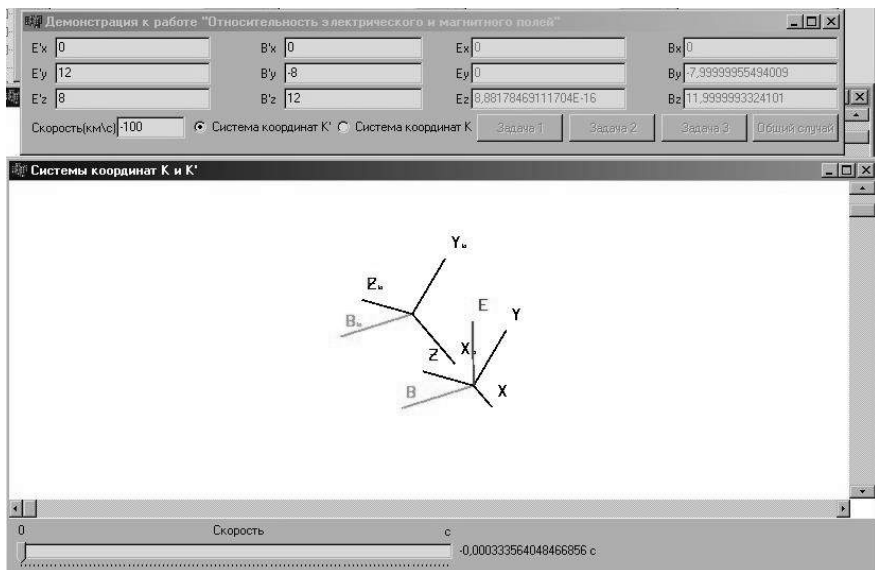


Рис. 2. Результат роботи програми за умовою задачі а)

Цей результат можна пояснити і таким чином: система відліку K' повинна рухатися так, щоб електричне поле, що породжується рухом поля Γ

B' ,

компенсувало те електричне поле, що виникає в системі відліку K внаслідок руху E' :

$$E = \Gamma \cdot E' = -\Gamma \cdot [V \cdot B]$$

Електричне поле в системі відліку K може зникнути за умови, що $cB > E$.

б) Знайдемо напрямок і величину швидкості системи відліку K' , при якій в системі K буде відсутнє магнітне поле, якщо в СВ K' вектор напруженості поля перпендикулярний B . Орієнтацію осей СВ K слід вибрати

так, щоб вісь $O'X'$ була перпендикулярна площині, в якій лежать вектори E та B . Тоді $B'_x = B_x, B'_y = B_y = 0$ із формули перетворення

$$B'_x = \Gamma \left(B_x + \frac{V}{c^2} E_y \right) = 0$$

одержуємо:

$$\frac{B'_x}{B'_y} = -\frac{1}{V} \frac{E'_y}{E'_x}$$

Помножимо векторно на E'

$$\frac{B'_x}{B'_y} \begin{bmatrix} E'_x \\ E'_y \end{bmatrix} = -\frac{1}{V} \begin{bmatrix} E'_x E'_x \\ E'_x E'_y \end{bmatrix}$$

$$\frac{B'_x}{V} = -\frac{c^2 \cdot [E'_x B'_y]}{E'^2}$$

$$V = \frac{c^2 \cdot B'_y}{E'_x}$$

при умові, що в системі відліку $K' E' > cB$.

Знаходження величини та напрямку швидкості руху такої СВ K' наочно можна пояснити і так: в СВ K ми повинні мати тільки електричне поле, бо магнітне поле повинно зникнути. Але магнітне поле в системі відліку K створюється рухом B' і рухом електричного поля

$$E \cdot B'_y = \Gamma \cdot B'_y$$

$$\mathbf{r} = \frac{c^2}{V} \Gamma \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{r} & r \\ \cdot & \cdot \end{bmatrix},$$

$$B'_E = \frac{c^2}{V} VE$$

в сумі ми повинні отримати нуль, тобто (рис. 3):

$$\mathbf{B}' = -\frac{c^2}{V} \Gamma \cdot \begin{bmatrix} \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \end{bmatrix} VE'$$

$$\mathbf{r} = \frac{c^2}{V} \Gamma \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{r} & r \\ \cdot & \cdot \end{bmatrix}$$

$$B'_E = \frac{c^2}{V} VE$$

в) Якщо в СВ K' існують довільні за величиною і напрямком електричне і магнітне поля, то завжди можна знайти СВ K , в якій $E \parallel B$.

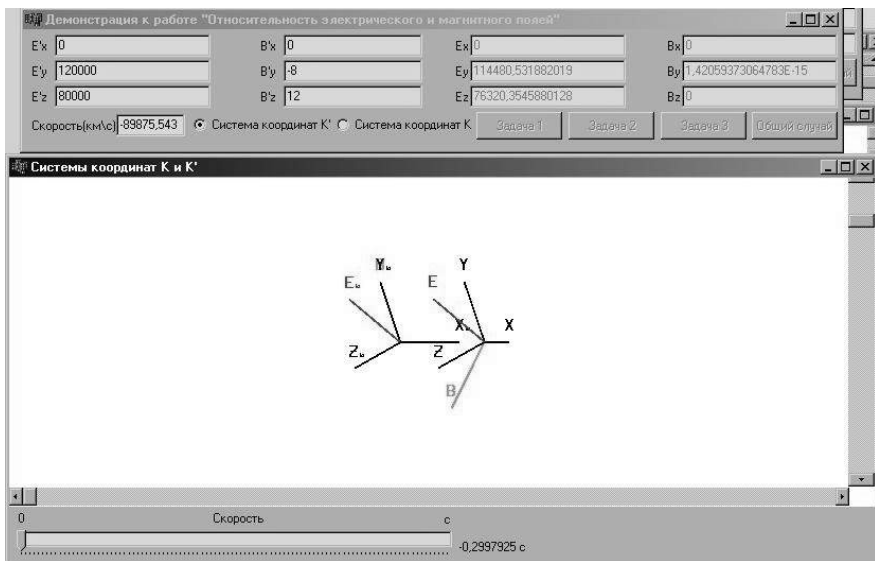


Рис. 3. Результат работы программы за умовою задачіб)

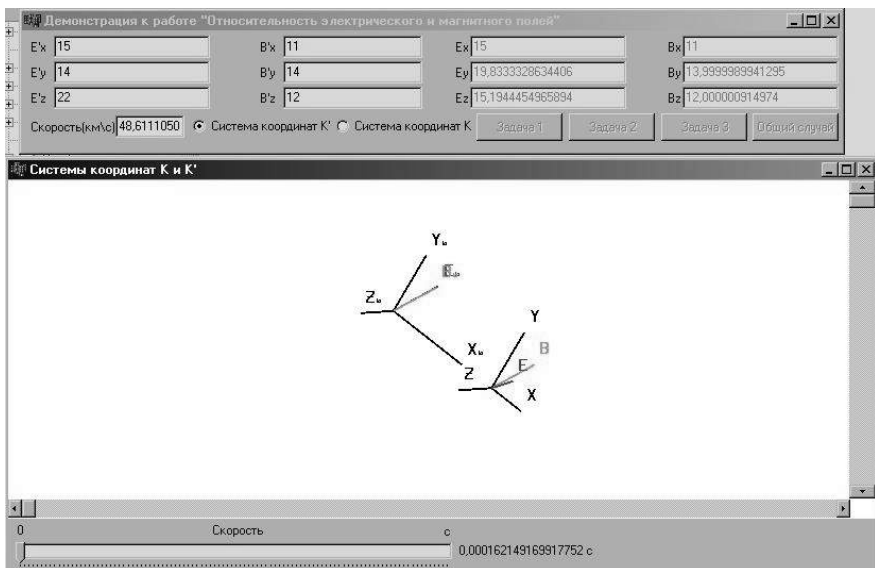


Рис. 4. Результат работы программы за умовою задачів)

Припустимо, що в СВ K поля паралельні, тобто $[E \cdot B] = 0$. Направимо швидкість V СВ K' перпендикулярно полям E і B , а напрямком V вибере-

мо за вісь X та X' . Тоді $E_x = B_x = 0$, а $[E \cdot B]$ еквівалентно $E_y \cdot B_z - E_z \cdot B_y = 0$.

Підставивши сюди поля E_y, E_z, B_y, B_z , які виражені через E і жимо: Γ
 B , одер-

$$\Gamma \left[E_y + V B_z \right] \cdot \Gamma \left[B_z + \frac{2}{c} E_y \right] = \Gamma \left[E_z - V B_y \right] \cdot \Gamma \left[\frac{2}{c} E_z \right] \quad (3)$$

Тоді, позадавши E і B з цього рівняння можна знайти V . Але, оскільки $E_x = B_x = 0$, то можна знайти напрямок V відносно напрямків E і

$$B. \text{ Дійсно, } [E \cdot B] = i \cdot (E_y \cdot B_z - E_z \cdot B_y) \quad (4), \text{ а } v = V \cdot i \quad (5). \text{ Розв'язуючи (3),}$$

(4), (5), отримуємо:

$$\frac{V}{c^2} = 1 + \frac{V^2}{c^2} \cdot \left[\frac{\Gamma}{c^2} \cdot \frac{\Gamma}{c^2} \right] \cdot B E \quad (\text{рис. 4})$$

Література:

1. Калапуша Л.Р. Моделювання при вивченні фізики. – К.: Рад. школа, 1982. – 158с.
2. Вознюк С., Кульчицький В. Формування поняття “електромагнітне поле” на основі фундаментальних фізичних понять // Фізика та астрономія в школі. – 1999. – № 4. – С.43–47.
3. Глазунов А.Т., Нурминский И.И., Пинский А.А. Методика преподавания физики в средней школе: Электродинамика нестационарных явлений. Квантовая физика: Пособие для учителя. – М.: Просвещение, 1989. – 272 с.
4. Коновал О.А. Формування уявлень про відносність та взаємозв'язок електричного та магнітного полів при вивченні електромагнетизму // Наукові записки. – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВЦ КДПУ ім. В. Винниченка. – 2003. – Випуск 51. – Частина 1. – С.135–141.
5. Коновал О.А., Рябоконт Д.В. Відносність електричного і магнітного полів: Методичні аспекти // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. Випуск 3: В 3-х томах. – Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2003. – Т.2. – С.154–167.
6. Коновал О.А., Єчкало Ю.В. Еволюція поглядів на методику формування уявлень про електромагнітне поле у школярів // Фізика та астрономія в школі. – 2004. – №1. С.28–30.
7. Вольштейн С.Л. Элементы Максвелловской электродинамики в школе. –

Минск.: Народная асвета, 1973. – 165 с.

8. Каменецкий С.Е., Пустыльник И.Г. Электродинамика в курсе физики средней школы. Пособие для учителей. – М.: Просвещение, 1978. – 127 с.
9. Дідович М.М., Мощенко С.М. Систематизація знань учнів приформу-

ванні поняття електромагнітного поля // Дидактичні проблеми фізичної освіти в Україні: Матеріали науково-практичної конференції. – Чернівці: Чернігівський державний педагогічний університет імені Т.Г. Шевченка. 1998. – С. 53.

10. Калапуша Л., Савош В., Мартинюк О. Організація самостійної роботи учнів з фізики на основі використання елементів методу моделювання // Фізика та астрономія в школі. – 2000. – №1. – С.16–21.

ДОСЛІД ТРОУТОНА-НОБЛЯ В СИСТЕМІ ПАРАДОКСІВ ТЕОРІЇ ВІДНОСНОСТІ

О.А. Коновал, О.В. Швидкий

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет

В дидактиці фізики існує підхід, згідно якого фундаментальні фізичні принципи і фізичні теорії являються наслідком експерименту або сукупності експериментів. Типовими прикладами таких методичних міфів являються, зокрема, “відкриття” закону електромагнітної індукції та створення спеціальної теорії відносності (СТВ).

В багатьох посібниках по теорії відносності власне викладу самої теорії відносності передують так звані “експериментальні основи СТВ”, де розглядаються досліди, які начебто були предтечею СТВ і без знання яких А. Ейнштейн не зміг би створити СТВ. Особливо часто в існуючих підручниках як для вищої школи так і для середніх навчальних закладів при вивченні основ СТВ наголошується на визначній ролі досліду Майкельсона в створенні Ейнштейном теорії відносності. Фактично ситуація уявляється зовсім іншою. Ось слова самого А.Ейнштейна:

“...в моих исследованиях опыт Майкельсона не играл никакой роли или, по крайней мере, не играл решающей роли” [4, с.298].

В той же час ряд класичних дослідів більш очевидних, ніж дослід Майкельсона, та фізично прозорих не розглядаються в більшості посібників по теорії відносності. Це насамперед дослід Трутона-Нобля.

Трутон і Нобль спостерігали на протязі достатньо великого проміжку часу за поворотом зарядженого конденсатора, який підвішувався на пружинній нитці.

Щоб пояснити, чому слід чекати повороту зарядженого конденсатора при русі його разом з Землею, розглянемо модель конденсатора Трутона-Нобля. Дві заряджені частинки (ЗЧ) знаходяться на кінцях твердого стержня (див. рис. 1., рис. 2., рис. 6.).

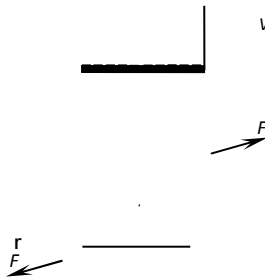


Рис. 1. Ідея досліду Трутона-Нобля

Тоді при русі такої системи – стержень-ЗЧ – навіть і в нерелятивістському наближенні (з використанням закону Біо-Савара в класичній формі), на систему буде діяти момент сил [3]:

$$M = \frac{1}{z} \frac{q \cdot q B^2 \sin 2\theta}{8\pi\epsilon}$$

де $B = \frac{V}{c}$, V – швидкість руху системи стержень-ЗЧ, c – швидкість світла в

вакуумі, θ – кут між вектором V та стержнем (див. рис. 2., рис. 6.).

А враховуючи точні значення величин, що описують електромагнітне поле рухомої ЗЧ, для обертового моменту, що діє на систему стержень-ЗЧ, яка рухається з швидкістю V одержуємо [1, 5]:

$$M = \left[\begin{matrix} r \\ r \end{matrix} \right] = -q_1 q_2 \left[\begin{matrix} r \\ r \end{matrix} \cdot \nabla \varphi_H \right]$$

$$M = \left(-y \cdot \nabla \varphi_z + x \cdot \nabla_y \varphi_H \right) \cdot q \cdot q = \frac{q_1 q_2 \left(1 - \frac{V^2}{c^2} \right) \cdot xy}{\pi \epsilon \cdot 2 \left(2 \right)^2} \cdot \frac{V^2}{c^2} \cdot \frac{V^2}{c^2}$$

$$= \frac{q_1 q_2 \left(1 - \frac{V^2}{c^2} \right) \sin 2\theta}{4 \pi \epsilon \cdot \frac{V}{c^2}} \cdot \theta \cdot \sin^2 \theta$$

де $\varphi_H(x, y, z, t)$ – потенціал Хевісайда

Тому, якби існувала переважна система відліку (і малоімовірно, що вона знаходилася б в спокої відносно Землі) то поступальний рух Землі разом з підвишеним на нитці зарядженим конденсатором (стержень-ЗЧ) пови-

нен був би приводити до виникнення обертового моменту. Конденсатор мав би повернутися так, щоб його пластини зорієнтувалися паралельно швидкості руху Землі V .

Нами створена комп'ютерна програма для моделювання величин обертового моменту в залежності від кута θ та швидкості V .

Залежності $M_z(V)$ та $M_z(\theta)$ зображені на рис. 3 та рис. 4.

Відмітимо характерні особливості $M_z(\theta, V)$:

- а) навіть при швидкостях руху $V \approx 10^5$ м/с $M_z(\theta)$ носить практично гармонічну залежність, а максимальне значення $(M_z)_{\max}$ спостерігається при $\theta \approx 45^\circ$; б) при $V > 10^8$ м/с гармонічна залежність зникає, а $(M_z)_{\max}$ спостерігається

при кутах $\theta > 45^\circ$;

в) при швидкості руху $V \sim c$ величина обертового моменту набуває максимального значення $(M_z)_{\max}$ при $\theta \rightarrow \pi/2$;

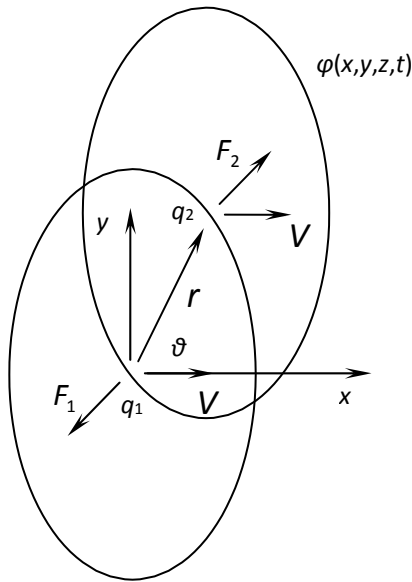


Рис. 2. Сили взаємодії між двома ЗЧ, які знаходяться з допомогою конвекційного потенціалу Хевісайда [1, 5]

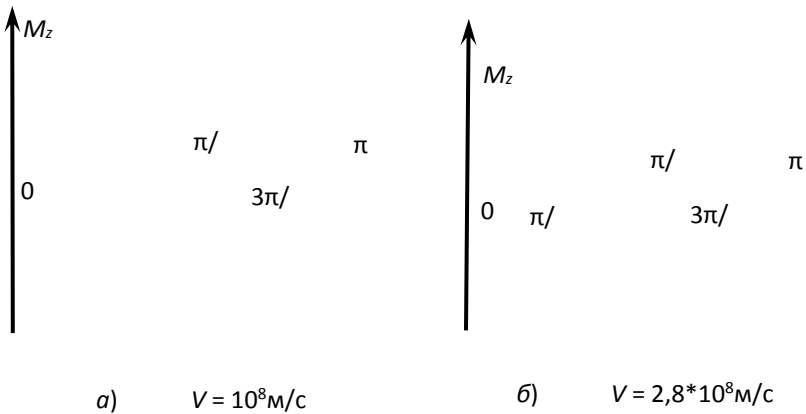


Рис. 3. Залежність моменту сил M_z від кута θ при різних значеннях швидкості

г) при різних значеннях θ залежність $M_z(V)$ при $V < c/2$ носить плавний характер;

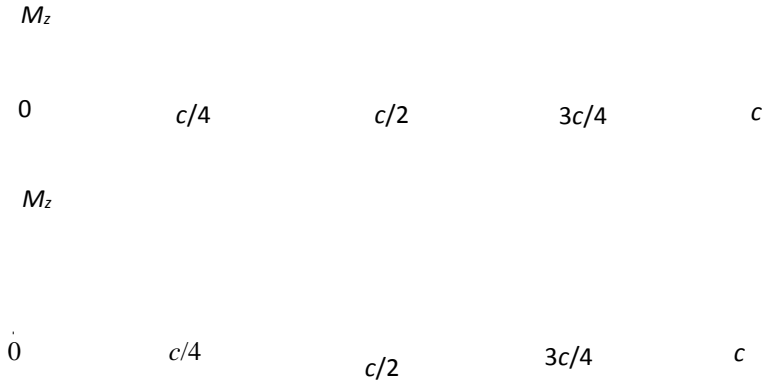
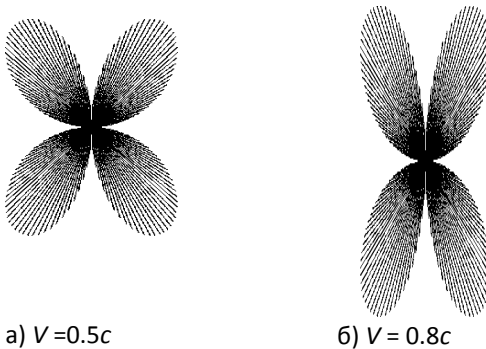


Рис. 4. Залежність моменту сил M_z від швидкості V при різних значеннях кута θ

д) але максимальне значення M_z при довільних θ спостерігається при швидкості руху $V \sim c$;

Зазначені вище якісні характеристики $M_z(\theta, V)$ можна також зобразити в полярній системі координат (рис. 5).



а) $V = 0.5c$

б) $V = 0.8c$

Рис. 5. Залежність $M_z(\theta, V)$ в полярній системі координат

менту. Що ж ми спостерігаємо? Коли швидкість зарядженої частинки набагато менша за швидкість світла у вакуумі, тобто $V \ll c$, то обертовий момент

$$V^2$$

має досить маленьке значення $\sim \frac{V^2}{c^2}$. Потім, коли швидкість зростає і має

значення $V < c$, ми бачимо ріст і значний ріст величини обертового момен-

Полярна вісь на малюнку зображена горизонтально і проходить вона через середину рис. 5а та рис. 5б. Відповідне значення обертового моменту відповідає довжині променя, а кут, на який повернутий промінь від полярної вісі проти руху годинникової стрілки, відповідає куту, при якому знаходять значення обертового мо-

ту. А коли швидкість $V \approx c$, то видно, що значно змінюється кут, при якому

обертовий момент має максимальне значення.

Корисно також одержати вираз для моменту сил M_z на основі СТВ, який повинен співпадати з (1) оскільки електродинаміка являється релятивістською теорією.

Нехай стержень довжиною r' на кінцях якого знаходяться заряджені частинки q_1 та q_2 орієнтований під кутом θ' відносно осі $O'X'$ СВ K' (рис. 6).

Очевидно, що $l = r' \cdot \cos \theta$, $l = r' \cdot \sin \theta$. Сили, що діють на заряджені частинки:

$$F_x = mF \cdot \cos \theta, F_y = mF \cdot \sin \theta$$

“−” відноситься до зарядженої частинки q_1 , “+” відноситься до зарядженої частинки q_2 , а $F =$

$$\frac{q_1 \cdot q_2}{4\pi\epsilon_0^2}$$

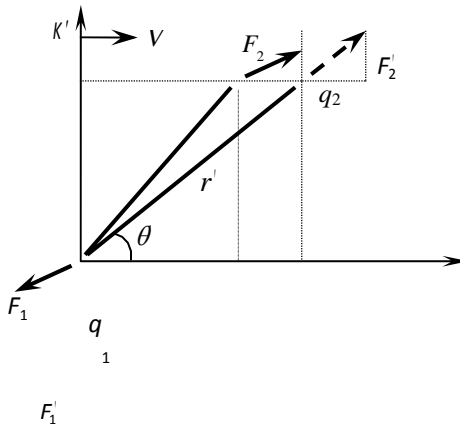


Рис. 6. До обчислення моменту сил, що діють на систему стержень-заряджені частинки [1]

Якщо стержень з зарядами q_1 і q_2 на його кінцях рухається з швидкістю V вздовж вісі OX , то сили, що діють на заряди в СВ K вже не будуть направлені по лінії, яка їх з'єднує. Виникає момент сил, який намагається повернути стержень перпендикулярно до V (якщо q_1 і q_2 різнойменні), або паралельно V , якщо заряди однойменні.

Цей момент в нашій моделі конденсатора виникає внаслідок лоренцевого скорочення повздовжньої проекції r' та зменшення поперечних складових сил, що діють на заряджену частинку.

Дійсно, в СВ K

$$\sqrt{1-B^2} \qquad \sqrt{1-B^2}$$

$$l_x = l'_x \cdot \cos \theta = r' \cdot \cos \theta$$

а формулы перетворення сил дають:

$$F_x = F'_x = m F \cos \theta \quad F_y = F'_y \cdot \sqrt{1 - B^2} = m F' \cdot \sin \theta \cdot \sqrt{1 - B^2}$$

Тоді момент сил в СВ К дорівнює:

$$\begin{aligned}
 \vec{r} &= [r_x \vec{e}_x + r_y \vec{e}_y + r_z \vec{e}_z] = [(l_x \vec{e}_x + l_y \vec{e}_y) + (F_x \vec{e}_x + F_y \vec{e}_y)] = l \\
 M &= \vec{r} \times \vec{F} = \begin{vmatrix} \vec{e}_x & \vec{e}_y & \vec{e}_z \\ l_x & l_y & 0 \\ F_x & F_y & 0 \end{vmatrix} = (0 \vec{e}_x - l_y F_x + l_x F_y) \vec{e}_z \\
 &= -l_y F_x + l_x F_y \vec{e}_z
 \end{aligned}$$

а для проекції M_z маємо:

$$M_z = l_x F_y - l_y F_x = -(r \sin \theta F \cos \theta) + r' \cos \theta \sqrt{1-B^2} F \sin \theta = \quad (2)$$

$$= r' F \sin \theta \cos \theta (-1 + (1-B^2)) = -r' F \frac{V^2}{c^2} \sin \theta \cos \theta$$

Неважко впевнитися, що (2) співпадає з (1). Дійсно, величини r' , $\cos \theta$, $\sin \theta$ виражаються через параметри задачі в СВК:

$$\sin \theta = \frac{r_y}{r'} = \frac{r \sin \theta}{r' \Gamma (1-B^2 \sin^2 \theta)^{1/2}} = \frac{\sin \theta \sqrt{1-B^2}}{\Gamma (1-B^2 \sin^2 \theta)^{1/2}}$$

оскільки довжина стержня в СВ K' виражена через довжину та орієнтацію його в СВ K дорівнює:

$$r' = (x^2 + y^2 + z^2)^{1/2} = \Gamma \left\{ (x-Vt)^2 + (y^2 + z^2) \right\}^{1/2} = r \Gamma (1-B^2 \sin^2 \theta)^{1/2}$$

або

$$\begin{aligned}
 r' &= \sqrt{l_x^2 + l_y^2} = \sqrt{\frac{l_x^2}{\Gamma^2} + l_y^2} = \Gamma \sqrt{l_x^2 + l_y^2 (1-B^2)} = \\
 &= \Gamma \sqrt{r^2 \cos^2 \theta + r^2 \sin^2 \theta (1-B^2)} = r \Gamma \sqrt{1-B^2 \sin^2 \theta}
 \end{aligned}$$

$$\cos \theta = \frac{l_x}{r'} = \frac{l_x / \sqrt{1-B^2}}{r \Gamma (1-B^2 \sin^2 \theta)^{1/2}} = \frac{\cos \theta}{\Gamma (1-B^2 \sin^2 \theta)^{1/2}}$$

Тому

$$M_z = \frac{q \cdot q}{4\pi \epsilon_0 c^2} \frac{V^2}{c^2} \theta = \frac{q^2 V^2}{4\pi \epsilon_0 c^2} \frac{\cos \theta}{4\pi \epsilon_0 (1-B^2 \sin^2 \theta) \cdot r \Gamma (1-B^2 \sin^2 \theta)^{1/2}} =$$

$$\begin{aligned}
 & q_1 q_2 \cdot \frac{V^2}{c^2} \cdot (-\cos^2 \theta) \cdot \frac{1}{r} \cdot \frac{V^2}{c^2} \cdot (-\cos^2 \theta) \cdot \frac{1}{r} \\
 &= \frac{q_1 q_2 \cdot \frac{1}{2c^2} (1 - B^2 \sin^2 \theta)}{4\pi\epsilon_0 \cdot r \cdot (1 - B^2 \sin^2 \theta)^2} = \frac{q_1 q_2 \cdot \frac{1}{2c^2} \sin^2 \theta}{4\pi\epsilon_0 \cdot r \cdot (1 - B^2 \sin^2 \theta)^2}
 \end{aligned}$$

що співпадає з (1).

Виходячи із попереднього аналізу слід чекати, що, наприклад, і при русі металеві кулі рівномірно зарядженої по поверхні заряди її повинні скупчуватися на передньому та задньому (по відношенню до напрямку руху) кінцях кулі. Такий перерозподіл зарядів по кулі можна в принципі зареєструвати по відповідній зміні електричного поля в околі кулі. Тобто, знову можна було б визначити швидкість Землі відносно переважної системи від-

ліку. Але скупченню зарядів на полюсах кулі запобігає явище лоренцевого скорочення кулі в напрямку руху. З точки зору СВ K куля має вигляд сплющеного еліпсоїду обертання. Тоді накопичення зарядів в місцях з найбільшою кривизною приводить до компенсації ефекту скупчення зарядів на полюсах кулі.

Численні спостереження за поведінкою конденсатора не виявили існування обертового моменту. Таким чином, цей експеримент показав, що:

- а) переважна система відліку відсутня;
- б) підтверджується принцип відносності і в електродинаміці

Але залишається пояснити, чому ж не спостерігається поворот конденсатора в СВ K незважаючи на те, що електродинаміка, як релятивістська теорія, передбачає появу обертового моменту в ЛСВ.

Якісне пояснення таке. Оскільки в СВ K' електромагнітні та механічні сили зрівноважуються, а при переході до СВ K вони перетворюються згідно одних і тих же формул перетворення, то і в СВ K вони будуть зрівноважені. Момент електромагнітних сил в СВ K буде компенсуватися рівним, але протилежно направленим йому механічним моментом, що створюється пружними напруженнями в стержні при поступальному русі його.

Якраз цю обставину, що і механічні сили, які розтягують або стискають стержень і які рухаються відносно СВ K , в цій СВ характеризуються моментом сил класична фізика не могла пояснити.

Часто цей незвичний результат залишався поза увагою при вивченні СТВ. Без врахування цього ефекту неможливо спростувати і деякі інші парадокси СТВ (наприклад парадокс важеля).

В СВ K сили F_1 і F_2 починають діяти неодноразомно, а з проміжком часу:

$$t_2 - t_1 = \Delta t = \frac{V}{c^2} \frac{r'}{\sqrt{1 - B^2}}$$

на протязі Δt на стержень діє тільки сила F_1 . Тому пружна сила, що виникає в нижньому кінці стержня за цей час надає стержню імпульс компонента якого дорівнює:

$$p = F_1 \cdot \frac{V}{\sqrt{1 - B^2}} \cdot \sin \theta \cdot \Delta t = \frac{r' \cdot F \cdot \sin \theta \cdot \cos \theta}{c^2}$$

Якщо g – густина імпульсу в стержні, то момент імпульсу

$$L = \int [r \cdot g] \cdot dV,$$

а зміна в часі моменту імпульсу нашої дорівнює:

—

$$dt \int_{-\infty}^{\infty} \frac{V}{f} dt$$

оскільки при поступальному русі стержня кожний елемент його переміщу-

ється за dt на $V \cdot dt$, а імпульс, що міститься в кожному dV не змінюється. Тобто

$$\frac{dL_z}{dt} = V \cdot p_y - j \cdot p_z + V \cdot p_y \cdot k,$$

$$M_z = V \cdot p_y; \quad p_z = 0.$$

Тому

$$M_z = F \cdot r \cdot \frac{V^2}{c^2} \cdot \sin \theta \cdot \cos \theta, \quad (3)$$

Ця величина співпадає з величиною моменту електромагнітних сил (2). Таким чином, момент сил (1) і (2) компенсується моментом механічних сил (3), який виникає внаслідок появи компоненти імпульсу p_y із-за наявності потоку енергії в стержні [1].

Література:

1. Беккер Р. Электронная теория. – Л.: ОНТИ, 1936. – 416с.
2. Угаров В.А. Специальная теория относительности. – М.: Наука, 1977. – 384с.
3. Пановский В., Филипс М. Классическая электродинамика. – М.: ГИФМЛ, 1963. – 432с.
4. Холтон Дж. Эйнштейн и «решающий» эксперимент // Успехи физических наук. – 1971. – т. 104. – вып.2. – С. 297–316.
5. Коновал О.А., Швидкий О.В. Властивості і моделювання електромагнітного поля рухомої зарядженої частинки // Матеріали ІХ Всеукраїнської наукової конференції “Фундаментальна та професійна підготовка фахівців з фізики”. Укладачі: Шут М.І., Січкара Т.Г. – К.: НПУ, 2004. – С. 52.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ В СТРОИТЕЛЬНОМ ВУЗЕ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Е.Г. Копанец, Ю.Е. Крот, Г.Н. Подус, С.О. Даньшева
г. Харьков, Харьковский государственный технический университет
строительства и архитектуры

Курсы физики, математики, химии и теоретической механики являются фундаментом для овладения специальными дисциплинами, изучаемыми в технических вузах вообще и в строительных – в частности. Преподавание физики независимо от профиля вуза требует выполнения двух обязательных требований: 1) курс физики должен быть целостным, чтобы студенты могли получить представление о физике как современной науке; 2) курс физики для инженерно-технических специальностей должен быть четко ориентирован на потребности инженера той или иной специальности.

В последнее время в связи с уменьшением числа часов, отводимых на изложение курса общей физики, одновременное выполнение этих двух требований становится весьма проблематичным, поскольку поверхностное изложение материала без вывода формул отрицательно сказывается на качестве знаний студентов. Поэтому кафедрам физики технических вузов приходится прибегать к инновационным педагогическим технологиям для создания мотивов к обучению на должном уровне.

На кафедре физики ХГТУСА с целью улучшения фундаментальной подготовки студентов в настоящее время большая часть материала специальных приложений рассматривается в спецкурсах. Так, на факультете промышленного и гражданского строительства читается курс «Избранные вопросы физики». Учебной программой для этого курса выделено 18 часов лекций и 18 часов практических и лабораторных занятий в 5-м семестре.

Рассмотрим содержание лекционного курса. Учебный материал в программе в основном распределен по традиционным для курса общей физики темам: механика, молекулярная физика и термодинамика, электричество и магнетизм, колебания и волны, оптика, ядерная физика. Однако фундаментальные положения физики и основные физические законы излагаются кратко, а основное внимание уделяется анализу их практической ценности с точки зрения использования в строительной индустрии и при эксплуатации зданий и сооружений. Подробное изложение некоторых разделов физики проводится лишь в том случае, когда данный материал не рассматривался в курсе общей физики, (например, модели деформации сплошных сред, термоэлектричество, магнитные цепи, диаграмма слуховых восприятий).

Таким образом, весь материал, рассматриваемый в спецкурсе, условно можно разбить на два блока – физический и строительный, причем материал физического блока излагается в объеме, необходимом для понимания материала специальных приложений. Перечень вопросов, рассматриваемых

в данном спецкурсе, приведен в таблице 1.

Таблица 1

№	Строительный блок	Физический блок					
		Механика	Молекул. физика и термод.	Электромагнетизм	Колес. и волны	Волновая и квант. оптика	Физика атомов и атомных ядер
1.	Энергоэкономичное здание. Альтернативные источники энергии		+	+		+	
2.	Создание оптической среды жизнедеятельности человека («Умный дом»)		+	+			
3	Физические аспекты техники безопасности и охраны окружающей среды	+		+	+		+
4.	Основы неразрушающего контроля качества	+		+	+	+	+

При отборе материала специальных приложений соблюдались следующие принципы:

1. Исходя из того, что физика является базой строительной науки, в спецкурс введены примеры использования физических явлений и законов в различных разделах строительной науки, главными из которых являются:

- создание оптимальной среды для жизнедеятельности человека;
- ресурсо- и энергосберегающие технологии среды обитания;
- экологическая сбалансированность естественной и искусственной среды обитания;
- создание «интеллектуального здания».

2. Наличие информации о некоторых физико-технических характеристиках строительных материалов и изделий, а также о методах физических исследований, содержащаяся в ДСТУ Б. Так, например, к номенклатурным показателям качества строительных материалов на основании ДСТУ Б кроме традиционных механических характеристик отнесены коэффициенты звукопоглощения и звукоизоляции. Для этих двух характеристик приводится методика их определения для оконных блоков, описанная в ДСТУ Б.А.2.6-19-2000.

Остановимся на методике изложения материала специальных приложе-

ний.

1. Из многих типов установок, применяемых для достижения одной цели, отбираются только те, принцип действия которых использует физические законы, излагаемые в данном разделе физического блока. Например, при рассмотрении раздела «Динамика» речь идет об уплотнении бетонной смеси путем центрифугирования, а при изложении темы «Колебания и волны» обсуждаются проблемы уплотнения бетонной смеси путем вибрирования. Предварительное натяжение арматурных стержней при изготовлении напряженного железобетона рассматривается в разделах «Механические свойства твердых тел» и «Электрический ток». Такое натяжение стержней осуществляется или механическим путем, или пропуском через них электрического тока.

2. При изложении специальных приложений физики в ряде случаев удобно использовать метод аналогий. Так, при заданной мощности скорость перемещения груза подъемным краном в вертикальном направлении тем меньше, чем больше масса груза (чем больше сила тяжести). Аналогично скорость вращения вала двигателей строительных машин тем меньше, чем больше крутящий момент на валу двигателя. Строительные машины характеризуются неравномерным режимом нагружения двигателя. Увеличение (уменьшение) крутящего момента в ходе работы должно компенсироваться снижением (возрастанием) скорости вращения вала двигателя при постоянной мощности. Кроме широко используемой в курсе общей физики аналогии между величинами, характеризующими поступательное и вращательное движение, можно провести формальную аналогию между характеристиками теплопроводности и электропроводности, что позволяет ввести одну из основных теплотехнических характеристик ограждающих конструкций – термическое сопротивление. Для первой климатической зоны Украины оно должно составлять $2,2 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$. В Европе максимальное значение, оправданное экономически, принято равным $5 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$. На основании закона Ома для замкнутой магнитной цепи, являющегося аналогом закона Ома для замкнутой электрической цепи, объясняется метод контроля толщины защитного слоя бетона и диаметра арматуры в железобетоне (ДСТУ БВ.2.6-4-95).

3. Материал специальных приложений позволяет создавать проблемные ситуации и, следовательно, широко использовать методику проблемного изложения материала. Так, введя понятие критической частоты вращения (раздел «Движение во вращающейся системе отсчета»), можно обсудить вопрос, почему частота вращения шаровой мельницы для измельчения строительных материалов должна быть меньше критической частоты вращения, а частота вращения центрифуги для изготовления цилиндрических труб из бетонной смеси должна превышать критическую частоту вращения. При рассмотрении принципа действия холодильника и теплового насоса (раздел «Тепловые машины») сравниваются основные характеристики этих

агрегатов – холодильный и отопительный коэффициент соответственно. Максимальные значения этих коэффициентов $\eta_x = T_2 / (T_1 - T_2)$ и $\eta_x = T_1 / (T_1 - T_2)$ сопоставляются с максимальным значением коэффициента полезного действия теплового двигателя $\eta = (T_1 - T_2) / T_1$. Обсуждается вопрос, почему холодильный и отопительный коэффициенты описываются разными формулами. При рассмотрении вынужденных механических колебаний анализируется роль резонансных колебаний в устройствах, используемых в строительстве (сваебойные машины, вибротельности, виброплощадки) и в виброизолирующих устройствах (амортизаторах) для различных агрегатов.

В заключение отметим, что классификацию содержания спецкурса можно провести и по другому принципу: проследить, как в различных разделах физического блока описываются некоторые вопросы, являющиеся ключевыми для строительной науки и практики. Перечень этих вопросов с указанием разделов физического блока, где содержится информация о них, приведен в таблице 1. Такой подход целесообразен на завершающем этапе преподавания. Студентам предлагается дать развернуто ответ на вопрос, каковы физические основы той или иной из тем строительного блока, представленных в таблице 1.

Итак, введение спецкурса «Избранные вопросы физики»:

1. Способствует усилению фундаментальной составляющей образования.
2. Знакомит студентов с используемыми в строительной науке физическими методами исследования и обработки результатов измерения.
3. Способствует экологическому воспитанию студентов.

ЯКОЮ МАЄ БУТИ НОВА ФІЗИКА–XXI У СЕРЕДНІЙ І ВИЩІЙ ШКОЛІ?

К.В. Корсак

м. Київ, Інститут вищої освіти АПН України
korsak@iep.uninet.kiev.ua

Обговорення цього важливо питання триває досить давно, існує чимало пропозицій і публікацій. З них у цій статті ми зможемо розглянути лише частину, обираючи їх так, щоб у читачів сформувалося уявлення про весь масив дидактичної інформації щодо змісту курсів фізики у СШ і ВНЗ.

Прийняття законодавчого рішення про введення в Україні 12-річної середньої освіти актуалізувало дискусії щодо створення концепції й програм “нової фізики”. Наприклад, часопис “Фізика та астрономія в школі” вмістив дві нові концепції [4, 6], друга з яких надто стисла і лише окреслює проблему. Більш повна концепція відомого фізика-методиста О.І. Бугайова, що у різних версіях публікувалася і раніше. У ній ми знаходимо загальні принципи, підходи і підстави, стислий виклад програм для окремих класів та ін. Бракує одного – сучасної фізики, оскільки цілковито ігноруються всі її досягнення (нелінійні явища, лазери та ін.), а про перспективи нанодіапазону навіть не згадується.

Отже, вже запропоновані програми, як і наявні, мають спільний недолік – вони відверто застарілі, невиправдано академічні. У них відсутня важлива для діяльності в сучасній техносфері інформація. Не можемо ми поділяти і підходи теоретиків з АПН України до вибору змісту нової шкільної освіти. Наприклад, у статтях О.І. Ляшенка переповідається вже давно відоме і відсутня бодай згадка про роль нанофізики [7]. Не краще становище з вибором нового змісту й методів викладання фізики у XXI ст. і в Росії [10], бракує вдалих рішень і на захід від України [8, 12].

Ця ситуація видається дещо парадоксальною, адже вона свідчить про відсутність реакції педагогів-науковців і викладачів фізики на науковий прогрес, на зниження ролі фізики в системах освіти і в очах громадськості. Вже у 1970-х роках зміщення лідерства в кількості наукових публікацій від фізики до біології віщувало важкі часи для фізики.

Автор розпочав аналізувати становище фізики в середніх і вищих школах ще у середині 1980-х років і прийшов до переконання, що у майбутньому викладання фізики у закладах всіх рівнів зазнає дуже істотних змін, тому особисті зусилля скеровував як на створення книг для наявної системи освіти, так і формування концепції фізики у школі XXI ст. На цей період припало багато особистих публікацій, кращою з яких можна вважати навчальний посібник “ФІЗИКА. 25 повторювальних лекцій” (К.: Вища школа, 1994). Книга містить поглиблений виклад фізики за програмою усіх старших класів середньої школи, кількості прикладів розв’язування якісних, графічних і

обчислювальних задач, а також майже 1000 завдань тренувального плану з відповідями. Видавництво отримало свого часу схвальні відгуки споживачів, але не спромоглося на перевидання книги, яка з того часу стала бібліографічним раритетом. Вона успішно використовується не лише у спеціалізованих ліцеях та закладах підготовки до вищої освіти, але і в деяких ВЗО I-III рівнів акредитації.

Звичайно, несприятливість для авторів навчальної літератури умов нашого сьогодення стала об'єктивною причиною того, що більшу частину індивідуальних планів здійснити не пощастило.

До логічного завершення була доведена лише одна тема – дослідження особливостей старих (“радянських”) навчальних програм з фізики й формування концепції і комплексу програм цілковито “нової фізики” для модернізованої школи України XXI ст. Розглянемо коротко авторські міркування кінця 1980-х рр., які не втратили перспектив на майбутнє.

Зміст шкільної фізики періоду 1950–1980 рр. в СРСР відзначався специфічними характеристиками. Критикувати цю “стару фізику” було неважко – курси радянського зразка і справді не мали виразної гуманістичної спрямованості, не орієнтували молодь на захист довкілля, гарантування безпечної життєдіяльності та ін. Фізика була однією з підвалин побудови і діяльності грандіозного військово-промислового комплексу СРСР. Перетворений у дещо спрощений варіант курсу загальної фізики для інститутів та університетів, шкільний предмет “Фізика” мав завдання сприяти селекції учнів і виділяти з них лише ту частину, яка пізніше могла успішно навчатися в системі природничонаукової та інженерно-технологічної вищої освіти. Для решти (більшості) учнів вивчення абстрактних понять і законів було ментальною вправою, корисність якої так і лишалася невідомою. Якщо додати доведені до максимально можливого рівня “науковість та історизм” у викладі основ фізики, то стає зрозумілим зниження якості засвоєння фізики учнями СРСР після кожної зміни й перебудови, якими їх організатори намагалися досягти якраз протилежного результату (про причини провалів цих реформ див. [3, 9, 11] та ін.).

В Україні 90-х років єдиними пострадянським “нововведенням” була заміна старих підручників з малою кількістю помилок на національні, де їх більше від 10 до 50 разів (напр. [2, 5]).

На превеликий жаль, створені у нас “державні стандарти” з фізики й інших природничих наук цілковито ігнорують суспільно-економічні процеси як в Україні, так і за її межами (глобалізацію, народження інформаційного суспільства, ліквідацію елітного варіанту навчання і заміна його на демократичне і загальне тощо). Грандіозним став розрив між змістом предметів і тим, чого досягли передові розділи фізики.

Що ж можна запропонувати з огляду на вказані вище процеси?

Необхідно *демократизувати, гуманізувати, трансформувати*
йудо-

сконалитивсюнашуосвіту,орієнтуватипііненасловах,анасправді,на

пріоритети всього населення, а не диктаторів минулих часів і тієї країни, якої вже не існує майже 15 років. Одночасно слід зберегти елементи усього того позитивного, що створене в Україні поколіннями викладачів фізики, авторів підручників і методичних книг.

Закон “Про загальну середню освіту” 1999 р. передбачає “середньосвітову” структуру школи за схемою 4+5+3 роки, що значно краще того, з чим спробувала експериментувати Росія – 4+6+2 роки. Прийнятними є й плани вибору комплексу предметів для всіх трьох рівнів школи.

У нас проголошена, але нічим ще не підкріплена профільність навчання у старшій середній школі, де обіцяють одразу десятки профілів. Доцільніше створити там чотири – фізико-математичний, загально-природничий, філолого-історичний, економічний. Та більш імовірні усього два – природничо-математичний і гуманітарний. Причина проста – глибока диференціація стане можливою лише після підготовки значної кількості вчителів нового покоління і видання необхідної для фрагментованого навчання великої кількості підручників і додаткової навчально-методичної літератури. Чи узгоджується це з вимогами суспільства знань?

Наша відповідь – ні, а тому школу слід орієнтувати не на профілізацію, і на “науковізацію”.

Дуже важливими ми вважаємо врахування наукових відкриттів зі сфери мозкової діяльності людини, які обґрунтовують принципово нові підходи до вибору змісту і методів викладання фізики, іноземних мов та інших предметів дітям різних вікових груп. Не останньою за значенням ми вважаємо проблему таких змін змісту навчання, які полегшать наше входження в європейський освітній простір.

Відтак, зміни у змісті курсу “Фізика” для фізики мають бути значно глибшими від тих пропозицій, які внесли автори праць [1, 4, 6]. Ми пропонуємо наступне.

Вивчення фізики має включати в себе *чотири етапи* різного значення і тривалості. Їх розташування і зміст не можуть бути довільними. Вони мають визначатися віком учнів й можливостями їхнього мозку.

На I етапі (2 або 3 класи) у рамках дисципліни “Ручна праця” протягом року вводиться предмет “Фізика і гра” чи (як мінімум) його фрагменти. На уроках і вдома діти виготовлятимуть з різноманітних матеріалів, про фізичні властивості яких їм розповість учитель і підручник, іграшки з яскравим фізичним змістом. Це дозволить їм зіткнутися з першими дослідами з фізики світла, звуку, руху, теплоти, магнетизму й електрики.

Школярі, за бажанням, зможуть одержати від учителя загальне уявлення про принцип дії іграшок, про явища, що стоять за парадоксальною і “неможливою” поведінкою виготовлених власними руками й перевіреними у дії фізичними іграшками. Бажано створити простий і веселий підручник для дітей і посібник для учителя з поясненнями фізичних явищ.

2 етап припадає на 6–7 класи і передбачає істотне підвищення частки

фізики у вивченні природознавства. Ми можемо запропонувати власний варіант “Природознавства”, що використовує віковий пік цікавості дитини до оточуючого світу. У ньому пропонується вивчення у 6 класі Сонця, Сонячної системи, Землі, біо- і техносфери через рекордні досягнення і все те незвичайне і цікаве, що відомо про них. У 7 класі учні одержать відповіді на “вічні” запитання: що у світі найбільше, найдужче, найшвидше, найяскравіше, найменше, найміцніше тощо. Вони якісно й кількісно ознайомляться з основними фізичними величинами і явищами.

Під час навчання слід всіляко підтримувати інтерес дитини до навчання і пошуків знань, читання книг з цікавої фізики, біології, хімії, астрономії тощо. Узагальнюючи, можна сказати, що введення у природознавство “Фізики дивовижного” дозволить досягти головного: викликати у дитини стійку цікавість до фізики та інших природничих наук, збільшити відсоток тих, хто колись стане талановитим ученим, дослідником.

Центральним у вивченні фізики повинен стати 3 етап – 8 і 9 класи обов’язкової 9-річної школи. Тут викладатимуться базові знання з фізики при значній – не менше 4 – кількості годин на тиждень. Необхідно відмовитись від традиційного уявлення про шкільну фізику як сукупність найзагальніших законів і положень світоглядного характеру, перетворивши її у предмет під умовною назвою “Фізика для всіх”.

Мета оновленої дисципліни – дати сукупність знань, що абсолютно необхідні для подальшого життя людини у техносфері, глибокого розуміння екології і Природи в цілому. Підручники мають стати такими, щоб кожен назавжди зберігав їх удома.

Спираючись, звичайно, на виклад основних законів і відклавши частково діалектику пізнання світу на старші класи, слід дати кожному учню практично важливі знання, – аби інженер-електрик не гинув у міській квартирі від напруги 5 В, доцент-фізик автодорожнього інституту не розбивав автомобіль внаслідок недостатнього знання властивостей сили тертя. Новий курс фізики, наприклад, повинен віддавати перевагу знанням з теплопровідності й конвекції перед точною теорією ідеального газу тощо. Обов’язково слід відновити викладання акустики, скоротивши більшу частину “історичної механіки”.

Мета третього етапу – озброїти кожну людину знаннями з фізики, які будуть украй корисні їй у подальшому житті, викликати у частини учнів свідоме бажання вдосконалювати їх у старшому класі.

4 етап припадає на спеціалізоване навчання у 10–12 класах. Протягом трьох років школа має підготувати учнів до успішного навчання у вищих навчальних закладах. Це можливо за умови поглибленої підготовки з групи предметів. Для фізико-математичної спрямованості частини учнів буде необхідно використати у 10–12 класах варіант програми для сучасних фізико-математичних шкіл (ліцеїв). Для цього треба створити відповідний підручник, але це не проблема – він уже давно підготовлений автором до видання і

постійно поліпшується.

Варіант цієї програми і той же підручник можуть використати всі учні, які обрали для себе загально-природничий напрямок – майбутні хіміки, біологи, геологи, географи тощо.

Для старшокласників гуманітарного й економічного напрямку навчання можна створити інший варіант програми з фізики (випробуваний у 2-річному гуманітарному ліцеї при Київському державному університеті: автори програми і підручника – К.В. Корсак і М.П. Кононенко).

Та набагато доцільніше відмовитися від комплексу відділених одна від одної природничих наук, замінивши їх найсучаснішим за змістом інтегрованим курсом “Природознавство–XXI”. Визнаний на конкурсі кращим серед усіх запропонованих, авторський варіант програми “Природознавства” опублікований в інформативному збірнику Міністерства освіти (№24, грудень 1991 року). Пізніше він неодноразово фігурував в усіх офіційних виданнях перспективних програм для старшої середньої школи.

Наскільки реальне виконання запропонованого проекту?

Воно не тільки реальне – частково вже здійснене, оскільки автор і самостійно, і у співпраці з колегами, підготував до видання приблизно половину необхідної для переходу на “нову фізику XXI ст.” навчальної літератури (існують підручники для 10–12 класів і великі фрагменти для молодших класів).

Лишається сподіватися на сприятливі умови для втілення цих планів.

Література:

1. Абрамов А.М. Взгляд на программу обновления содержания общего среднего образования // Энергия. – 2001. – №11. – С.53-58.

2. Бровдій В.М., Гаца О.О., Куруц Н.В. Світ, в якому ми живемо: Космос, Земля, Природа, Екологія, Людина. Навч. посібник. – К.: Магістр-S, 1997. – 40с.

3. Броневщук С.Г. Уроки реформи школи 1970–1980 гг. // Стандартизация и мониторинг образования. – 2000. – №4. – С.3-12.

4. Бугайов О.І. Концепція фізичної освіти у 12-річній загальноосвітній школі (проект) // Фізика і астрономія в школі. – 2001. – №6. – С.6-12.

5. Ільченко В.Р., Гуз К.Ж. Довкілля-5. Навчальний посібник. – К.: Торгово-видавниче бюро ВНУ, 1996. – 240 с.; Довкілля-6 (Основні системи природи). – К.: Торгово-видавниче бюро ВНУ, 1996. – 304с.

6. Коршак Е., Шут М., Грищенко Г. Проект Концепції освіти з фізики та астрономії для 12-річної школи. // Фізика і астрономія в школі. – 2001. – №3. – С. 24-26.

7. Ляшенко О.І. Концептуальні засади навчання фізики у середній школі // Нові технології навчання: Науково-метод. збірник. Випуск 16. – К.: ІСДО, 1996. – С.139-144.

8. Петрікаш А. Нове у розвитку змісту шкільної освіти в Угорщині //

Шлях освіти. – 1999. – №1. – С. 12-15.

9. Рыжаков М.В. Чему учит история (как не надо реформировать содержание образования) // Стандартизация и мониторинг образования. – 2001. – №3. – С.20-27.

10. Фистуль В. Тенденции развития современной техники и преподавание физики в технических вузах // Вестник высшей школы (Alma mater). – 1999. – № 9. – С.14-17.

11. Birzea C. Les dilemmes de la reforme de l'enseignement rumaine: therapie de choc, infusion d'innovation ou dr decommunisation culturelle? // Enseignement superieure en Europe, Vol. XXII, No. 3, 1997. – p.71-78.

12. Les enjeux de l'enseignement des sciences. Forum du Comité de l'éducation, Strasbourg (France), 30 mars 1999. – Conseil de l'Europe, Strasbourg, 2000. – 77p.

ОДНА З ТЕМ “БЕРМУДСЬКОЇ ФІЗИКИ” – АНАЛІЗ МІФУ ПРО ГІГАНТСЬКІ ДЗЕРКАЛА

С.К. Корсак, К.В. Корсак
м. Київ, Інститут вищої освіти АПН України
korsak@iep.uninet.kiev.ua

Явище практично загальносвітового зниження цікавості молоді до вивчення фізики на всіх рівнях освіти (виняток – частина країн третього світу) серед інших причин має дидактично невдалий вибір змісту навчання і тих вправ, з якими стикаються учні і студенти. Для ліквідації подібного недоліку можна запропонувати різні засоби. У цій статті ми наводимо одну з задач, які стосуються того, що можна назвати “бермудською фізикою”.

Завдання “бермудської фізики” – проаналізувати “бермудські міфи” на основі суворих законів невблаганної Природи. Про “Бермудський трикутник” (симетричної форми зону поблизу США з вершинами у точках Бермудського архіпелагу, острова Пуерто-Рико і півдня Флориди) й наближеними до нього територіями в 1960-1980-х роках було написано так багато, що вказане словосполучення увійшло в усі словники як синонім чогось грізного, небезпечного, реального і одночасно екстремально дивного і непоясненого.

“Постраждав” від “Бермудського трикутника” і Радянський Союз. Сталося це у 1970 році, відзначеному рекордними за силою катаклізмами на континенті Південної Америки, що спричинили велику кількість жертв і постраждалих. Уряд СРСР скерував літак АН-22 “Антей” у Перу з великим вантажем медичного обладнання і гуманітарної допомоги потерпілим, але саме над “трикутником” він зник без сліду, так і не доставившись аеропорту Гавани для проміжної посадки.

Засоби масової інформації відгукнулися на подію сотнями публікацій і передач, а Володимир Висоцький детально (хоч і з перебільшеннями і дофантазованими епізодами) описав цю катастрофу в пісні “На Канатчиковой даче”. Серед опублікованих матеріалів зустрічалися виклади такого стибу:

“Гігант АН-22 полишив обіч Бермудський архіпелаг і наближався до Багам. Всі чотири двигуни працювали як годинник, сонячна погода сприяла польоту. Прилади показували незначну втрату пального, але це не хвилювало пілотів – у разі потреби літак міг досягти не лише Гавани, а й Мексики чи Панами. Довгий і широкий трюм АН-22 був заповнений десятками тонн медикаментів, медичної апаратури, наметами і ковдрами, які призначалися горянам з Перу, які постраждали відземлетрусів.

Вільні від вахти члени екіпажу з цікавістю поглядали крізь ілюмінатори на океан – літак ось-ось мав перетнути центр самого “Бермудського трикутника”...

Раптом сліпуче світло залило знизу весь літак, який раптово опинився у

палючому пеклі, схожому на новонароджену зорю. Спалахнула плівка пального на нижній поверхні лівого крила і охоплений полум'ям “Антей” впав в океан. Невдовзі вода заспокоїлася й назавжди приховала таємницю зникнення літака, екіпаж якого так поспішав на допомогу іншим...”.

Якщо переглянути всі публікації про “Бермудський трикутник”, то виявиться, що існують десятки пояснень різноманітних катастроф яхт, катерів, кораблів і літаків.

Не всі вони були вдалі. Наприклад, поверхово ознайомлені з принципами дії квантових генераторів когерентного світла (лазерів) люди в СРСР і поза ним кілька разів друкували статті у газетах з припущеннями типу: “у БТ часто утворюється величезний лазер, який діє приблизно так, як зображено на рис. 1”.

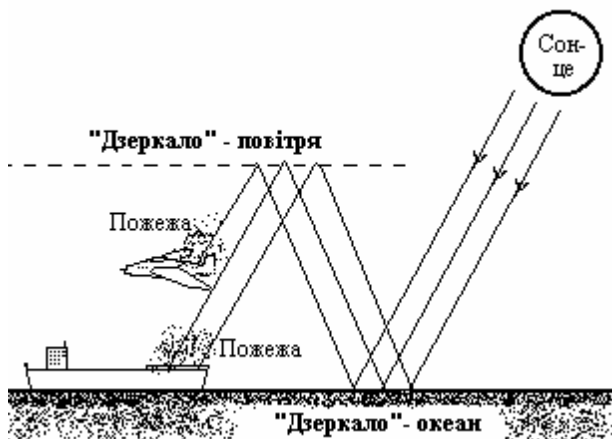


Рис. 1. Припущення про можливість утворення “сонячного лазера”

Як пересвідчувався кожен з нас на березі моря, подібної “концентрації” променів Сонця ніколи не відбувається, воно просто неможливе (вкрита хвилями вода не відбуває всі промені Сонця, у повітрі не утворюється “дзеркал” з такими властивостями, як на рис. 1, та ін.). Та головне – повітря аж ніяк не надається до використання в ролі активного середовища лазера, середовища, яке здатне накопичувати енергію і швидко випромінювати її керованим чином. Справжній лазер – один з найточніших фізичних приладів, що перетворює один вид енергії (світлову, хімічну, електричну) в інший (проміння). Це перетворення настільки складне, що у природних умовах біля поверхні Землі утворення лазера статися не може.

Ближчим до реалій видається припущення про утворення на поверхні океану в БТ великих вгнутих ділянок, які діють аналогічно до дзеркал подібної форми, концентруючи промені у точці фокусу (приблизно половина радіусу кривизни у вершині западини). Обертанням великої посудини з ртуттю подібне дзеркало створив свого часу американський фізик Р. Вуд.

Чи не могли б океанічні вихори (“ринги”), зменшуючись у розмірах і збільшуючи швидкість обертання, сформувати подібну грандіозну западину-дзеркало?

Нижче ми прямими обчисленнями доведемо, що навіть теоретично (за повної відсутності будь-яких хвильок) подібне дзеркало не може нагріти літак до температури запалювання гасу чи бензину. До того ж, ринги утворюються переважно поза межами БТ. І останнє – якби саме вони знищували літаки і кораблі, то це відбувалося б на основних шляхах між США і Європою, а плавання в Північній Атлантиці вже давно було б дуже схоже на смертельну гру з назвою “російська рулетка”...

Якщо спиратися лише на інформацію зі шкільних географічних карт, то легко формується переконання у тому, що течія Гольфстрім на просторах Атлантики являє собою упорядкований потік, який майже прямолінійно рухається від берегів Північної Америки аж до морів і проток Західної і Північної Європи.

Та це помилковий висновок – рух води відбувається не в скелястих чи інших берегах, які обмежують її зміщення убік й вимагають для утворення звивин (меандрів) чимало часу (чи взагалі виключають їх появу), а у “рідких берегах”, які практично не чинять опору відхиленням потоку Гольфстріму від прямолінійності.

Саме це приводить до виключної легкості утворення меандрів (звивин), які пізніше відриваються від головного потоку і самозамикаються в кільцеві структури – так звані “ринги”. Розмір їх, враховуючи середню ширину основної течії Гольфстріму у межах від 120 до 220 км, виявляється дуже великим – близько 200 км діаметром. Рух води у рингах складний – приблизно 100 тис. куб. км океанічної води плавно рухається по замкненій лінії, яку умовно можна назвати “колом”, одночасно центр рингу зберігає ту невисоку швидкість, з якою вода Гольфстріма рухалася на північний схід.

Загалом швидкість води у рингах близька до 1 м/с, але згідно законів фізики у разі стискання рингу під дією зовнішніх впливів вона неминуче має збільшуватися, підкоряючись закону збереження обертального руху (закону збереження моменту імпульсу).

Уявимо на хвилю, що подібне стискання завершується утворенням водяного вихору діаметром усього 8-10 км. У цьому разі його поверхня обов’язково буде вгнутою і мати форму параболоїда обертання. Відтак, в ідеальному випадку гігантський кількасоткілометровий ринг має породити велике параболічне дзеркало, здатне фокусувати проміння Сонця.

Переріз цього дзеркала вертикальною площиною разом з його головними параметрами вказаний нами на рис. 2.

Як відомо, обертальний рух тіла (у даному випадку – води) описується так званими “кутовими характеристиками” – кутом повороту φ за час t , кутовою швидкістю $\omega = \varphi/t$, а також періодом обертання T як часом повного повороту навколо нерухомої осі.

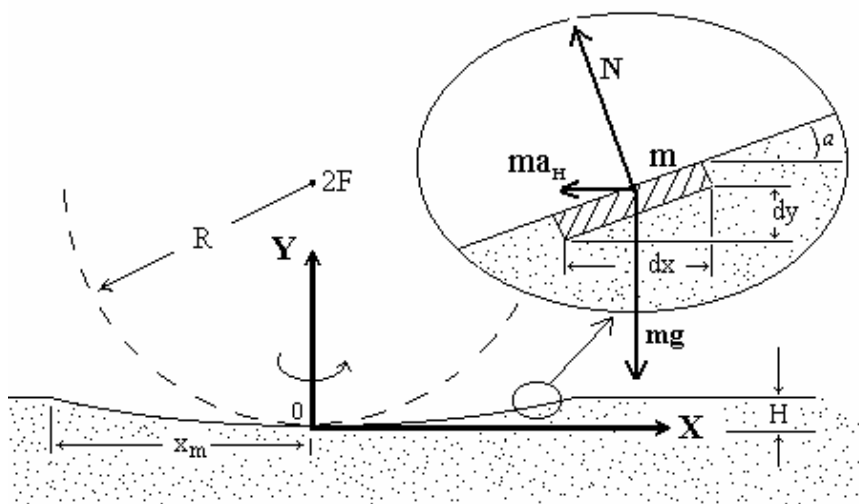


Рис. 2. Характеристики заглибини-дзеркала на поверхні океану

Оскільки за час повного обертю ($t=T$) кут повороту становить 2π , то кутова швидкість пов'язана з періодом T формулою

$$\omega = \varphi/t = 2\pi/T \quad (1)$$

Під час руху по колу рідина обов'язково має доцентрове прискорення (зміна вектора її швидкості полягає в зміні його напрямку) a_n , обчислити яке ми можемо за будь-якою з кількох наступних формул:

$$a_n = v^2/R = R\omega^2 = 4R(\pi/T)^2. \quad (2)$$

Тут v – швидкість поступального руху рідини по колу, R – радіус того кола, по якому вона рухається.

Плинність рідини є причиною того, що необхідне для її руху по колу прискорення виникає лише тоді, коли її поверхня нахилена до горизонту. Цей нахил зростає зі збільшенням прискорення – зростанням відстані x до осі обертання і кутової швидкості ω .

Розташування сил, які діють на невеликий об'єм води на її поверхні під час руху по колу радіусом x , наведений нами на рис. 2. Якщо кут нахилу поверхні α , то ми можемо записати таке співвідношення:

$$\operatorname{tg} \alpha = ma_n/mg = dy/dx. \quad (3)$$

Тут m – маса вказаного штриховкою на рис. 2 елемента рідини, dx – довжина його проекції на вісь X , dy – на вісь Y .

Підставляючи співвідношення (3) у формулу доцентрового прискорення (2), приходимо до наступної формули зв'язку між dx і dy , яка насправді є диференціальним рівнянням і дає змогу визначити форму поверхні рідини:

$$dy = (\omega^2/g)x dx.$$

Обчислюючи невизначений інтеграл ($\int x dx = 0,5x^2 + C_1$), отримаємо співвідношення $y(x) = C_1 + \omega^2 x^2 / 2g$. Невідому величину C_1 (сталу інтегрування) ми

зможемо знайти з “початкової умови”, яка полягає у тому, що у нашому випадку крива проходить через початок координат (див. рис. 2). Отже, $y(x)/_{x=0}=0$. Для виконання цієї умови необхідно, щоб $C_1=0$, а це означає, що лінія поверхні води в її вертикальному перерізі описується рівнянням параболи

$$y(x)=\omega^2 x^2/2g. \quad (4)$$

З лінійної оптики відомо, що параболічне дзеркало – саме таку форму має вгнута поверхня води – має властивість відбивати падаючі на нього промені світла так, що всі вони збігаються пізніше в одну невелику область з назвою “фокус”. Знайдемо положення фокуса параболічної поверхні.

Враховуючи, що в межах заглиблення в океані значення координати у малі, запишемо рівняння кола, яке має центр на осі Y і дотикається з параболою в початку координат (це дотичне коло вказане нами на рис. 2 пунктиром), а пізніше трансформуємо його, нехтуючи малою величиною, якою є y^2 .

$$x^2+(y-R)^2=R^2; \rightarrow x^2+y^2-2Ry+R^2=R^2; \rightarrow x^2=2yR.$$

Отже, $y=x^2/2R$. Порівнюючи його з формулою (4), дійдемо висновку, що радіус викривлення поверхні моря у вершині западини становить

$$R=x^2/2y=g/\omega^2. \quad (5)$$

Зауважимо, що більш точне обчислення радіуса викривлення вгнутості дзеркала засобами вищої математики приводить до такого ж результату.

Як відомо з лінійної оптики, пучок паралельних до головної осі вгнутого сферичного дзеркала променів, після відбивання концентрується так, що його промені збираються у точці фокусу, яка віддалена на відстань $F=R/2$ і лежить на головній осі.

Отже, якщо сонячні промені падають на гладеньку поверхню води (припускаємо, що панує повний штиль і немає ніяких хвиль) вертикально уздовж осі Y , то після відбивання вони концентруються у фокусі на висоті

$$F=R/2=g/2\omega^2=gT^2/8\pi^2$$

Тут g – прискорення вільного падіння, T – період руху води по колу в западині. Якщо обертання відбувається швидко, кутова швидкість ω велика, а період T малий, то фокус знаходиться недалеко від поверхні води. Але в океані вода обертається повільно, то фокус може виявитися на тих висотах, де й рухаються літаки.

Зауважимо, що рівняння параболи (4) дає змогу обчислити перевищення крайніх точок западини над її найнижчою точкою – глибину западини H . Для цього необхідно знати радіус западини x_m і період обертання T (чи кутову швидкість ω):

$$H=(\omega x_m)^2/2g=2(\pi x_m)^2/gT^2=x_m^2/4F.$$

Наш наступний крок – обчислення ефективності відбивання потоку со-

нячної енергії від поверхні води. Якщо знехтувати поглинанням світла у порівняно прозорій атмосфері над “Бермудським трикутником”, то на кожен квадратний метр поверхні води у тропіках падає потужність 1370 Вт (“соня-

чна стала”). Для слабо вгнутої поверхні дзеркала його площу можна наближено обчислити за простою формулою $S=\pi x_m^2$, а тому всю відбиту потужність знайдемо так: $N_R=RN=R\pi x_m^2\sigma$. Тут N_R – шукана повна відбита потужність, R – коефіцієнт відбивання світла, σ – сонячна стала (1370 Вт/м²).

Експерименти доводять, що ефективність відбивання світла поверхнею прозорого діелектрика залежить від його показника заломлення N . Можна довести (вперше це зробив французький фізик О. Френель), що у даному випадку вертикального падіння на воду коефіцієнт відбивання світла обчислюється за формулою

$$R=(N-1)^2/(N+1)^2.$$

У води показник заломлення $N=4/3=1,33$.

N_R : Отже, западина-дзеркало радіусом x_m концентрує у фокусі потужність

$$N_R=\pi x_m^2\sigma(N-1)^2/(N+1)^2. \quad (6)$$

Промені Сонця, які приходять знизу від дзеркала, потрапляють на поверхню крил літака, частково поглинаються ними і підвищують температуру металу. Якщо нагрівання дуже інтенсивне, то він може втратити механічну міцність і ще в повітрі розвалиться на окремі частини.

Для подальших обчислень нам треба визначити розмір фокальної зони (фокусу), в якій концентруються відбиті промені на висоті польоту літака.

Як відомо, Сонце віддалене від Землі на відстань L приблизно 150 млн. км, а його радіус R_c близький до 700 000 км. Океанічне дзеркало створює зображення Сонця у зоні свого фокусу. Позначимо його радіус R_f , а для обчислення використаємо формулою дзеркала, яка пов’язує відстань $d=L$ до предмета (Сонця) з відстанню f до зображення (вони відраховуються від вершини дзеркала):

$$(1/d)+(1/f)=(1/F)=2/R.$$

Коефіцієнт збільшення γ обчислюють як відношення розмірів зображення і предмета або через відношення відстаней f і d :

$$\gamma=f/d=R_f/R_c.$$

Останні дві формули дають змогу визначити розмір тієї зони (фокусу), в яку концентрується відбита від океану сонячна енергія. Обчислимо радіус зони фокуса:

$$R_f=R_c f/d=R_c F/(L-F). \quad (7)$$

Тут L – відстань від Сонця до Землі, R_c – радіус Сонця.

Будемо вважати, що в межах всієї фокальної зони густина сконцентрованої енергії розподілена рівномірно, тому метал крил опромінюється однаково у межах зони з протяжністю $2R_f$. Якщо літак рухається з швидкістю v , то весь час опромінення ми отримаємо з найпершої формули кінематики прямолінійного руху, якою люди користувалися задовго до появи терміну

“фізика”:

$$t = 2R_f/v = 2R_c F/v(L-F). \quad (8)$$

Частина енергії, яка потрапить на метал обшивки крил і корпусу, від-

і́б'ється, тому нам слід використати коефіцієнт поглинання η . Якщо площу частини крила позначити S , то у випадку густини енергії N_{ϕ} в фокусі за час t на неї потрапить повна енергія $W=N_{\phi}St$.

Для обчислення густини енергії N_{ϕ} необхідно всю потужність N_R , яка відбивається дзеркалом (див. формулу 6), поділити на площу πR_f^2 фокальної зони: $N_{\phi}=N_R/\pi R_f^2$.

Враховуючи коефіцієнт поглинання η , після підстановки у формулу $W=N_{\phi}St$ значень часу t , потужності N_{ϕ} і радіуса фокальної зони R_f (використовуються формули 6–8), ми приходимо до наступної формули, яка дає змогу обчислити ту енергію, яку поглине поверхня крил літака за час його прольоту через фокальну зону:

$$W=[S\eta\sigma x_m 2(L-F)(N-1)^2] / RF(N+1)^2 v.$$

Саме ця енергія витрачається на нагрівання металу крил. Якщо його товщина h , густина ρ , то маса листа площею S буде $m=\rho hS$. Позначаючи теплоємність металу крил c , можна з рівняння теплового балансу $W=Q=cm\Delta t^0$ обчислити збільшення температури Δt^0 обшивки крил і корпусу літака:

$$\Delta t^0 = \left[\frac{(N-1)}{(N+1)} \right]^2 \{ 2\eta\sigma x_m (L-F) / c\rho h R_f c v \}. \quad (9)$$

Як і слід було чекати, нагрівання тим дужче, чим повільніше летить літак (швидкість його руху v входить у знаменник) і чим більший радіус океанічного дзеркала x_m .

Отримавши заключну формулу, ми впритул наблизились до мети – оцінки максимально можливого (теоретично) підвищення температури поверхні літака. Для цього вважатимемо її чорною (коефіцієнт поглинання $\eta=1$) і тонкою – товщиною 1 мм ($h=1$ мм). Якщо матеріалом є алюміній чи сплави з його перевагою у складі, то густина становитиме $\rho=2700$ кг/м³, а питома теплоємність $c=880$ Дж/кг·К. Припустимо, що літак перетинає фокальну зону по її діаметру, перебуває в ній максимально можливий час і має швидкість $v=720$ км/год=200 м/с. Приблизно такою ж була швидкість польоту радянського “Антея” в 1970р.

Слід зробити певні припущення і щодо радіуса океанічного дзеркала x_m . Вважатимемо його досить великим: $x_m=4$ км=4000 м.

Це заключний акорд припущень і спрощень – ми маємо значення всіх величин, що входять у кінцеву формулу (9), а тому врешті можемо обчислити максимально можливе нагрівання обшивки літака за час прольоту над океанічним дзеркалом діаметром 8 км:

$$\Delta^0 \approx 48^0 \text{ C.}$$

max

Отже, навіть у цілком ідеальних (і нереальних!) умовах – повна відсутність хвиль на воді, прозорість повітря, ідеальне відбивання променів від води і цілковите поглинання поверхнею літака, максимальний час перебування у фокусі, відсутність втрат теплоти металом крил на теплообмін з

повітрям та ін. – нагрівання поверхні літака надто незначне не лише для втрати механічної міцності і розпаду конструкції, але й для підпалювання

гасу чи бензину.

Та у цій точці нашого викладу найбільш прискіпливі читачі можуть висловитися таким чином: “Плівка пального могла вкривати нагріту поверхню двигунів, а тому до її підпалювання цілком могло вистачити невеликого – на кілька десятків градусів – додаткового нагрівання світлом від океану...”.

Згода, подібний варіант теоретично цілком можливий. Але ж конструктори проєктують двигуни, їх розташування, способи живлення пальним так, щоб ні за яких умов бензин чи гас не могли опинитися на поверхні дуже нагрітих деталей двигунів. І вони досягли великих успіхів – випадки самозаймання літаків стали дуже рідкісним явищем, хоч щодня десятки тисяч літаків злітають у небо і повертаються назад.

Отже, вгнута водна западина не може стати причиною початку катастрофічної пожежі на літаку чи його руйнування внаслідок втрати механічної міцності. “Дзеркала-убивці” не можуть знищувати літаки у “Бермудському трикутнику” – надто слабкими вони є нагрівачами.

Та наш скепсис щодо можливостей дзеркал підкріплюється ще однією істотною обставиною – відсутністю самих западин-дзеркал в океані. Це стане цілком очевидним, якщо розглянути характеристики подібних 8–10-кілометрових дзеркал, точніше – глибини западини.

Повернемося до обчислення цієї глибини H – перевищення рівня океану над нижньою точкою западини, якщо діаметр дзеркала 8 км, а фокус розташований на висоті 8 км (приблизно на такій висоті летів “Антей”).

Підставивши це у формулу $H = x_m^2 / 4F$, отримаємо: **$H = 500$ м.(!)**.

Це таки вражає – для розташування фокусу на висоті 8 км колосальна западина-дзеркало 8-кілометрового діаметра повинна мати глибину найглибших гірничорудних кар’єрів – половину кілометра. І така грандіозна штука здатна нагріти поверхню літака щонайбільше на якихось 30–50⁰ С.

Чи бачив хтось і колись подібні вирви в Атлантиці чи інших океанах?

Звісно – ні. Та справа навіть не в тому, чи бачили. Закони фізики несумісні з утворенням ідеального гладенького водяного провалля півкілометрової глибини і діаметром 8–10 км.

Тому такі вирви і не виникають ніде.

Навіть у “Бермудському трикутнику”...

МОДЕРНІЗАЦІЯ КУРСІВ ФІЗИКИ У ВНЗ І НАНОРЕВОЛЮЦІЯ

О.І. Косенко

м. Київ, Національний аграрний університет
korsak@iep.uninet.kiev.ua

Вважають, що наука “Фізика” виникла раніше від появи вищих навчальних закладів університетського рівня. Та зайняти у них своє видатне місце їй пощастило лише на розвиненій стадії індустріального суспільства, яке мало гостру потребу в науково-технологічному забезпеченні всіх секторів виробництва, транспорту, зв’язку і, на жаль, нападу й оборони.

Зусиллями журналістів Заходу після відкриття радіо подружжям Кюрі і виявленню того факту, що він “порушує закон збереження енергії”, фізика на досить тривалий час стала об’єктом уваги більшості населення розвинених країн. Хоч у міжвоєнний період цікавість до неї дещо зменшилася і сконцентрувалася переважно у науково-популярних журналах, та пізніше відновилася і досягла небаченого для будь-яких інших природничих наук рівня в період “холодної війни” і ядерно-ракетного суперництва СРСР з блоком розвинених країн.

Стабілізація змісту курсу фізики в середніх і вищих школах Радянського Союзу припала саме на цей період, а пізніше вже не переглядалася, хоч фізика продовжувала стрімко розвиватися і породжувати все нові і нові технології – лазерні, мікроелектронні та інші. Кінець ХХ століття – дуже складний для фізики період не лише в Україні чи Росії, а й у розвинених країнах, де фінансування, загалом, не зменшувалося.

Серед причин зменшення загальної цікавості до фізики та її досягнень – надто велика кількість глобальних процесів, які детермінують сучасну еволюцію суспільств, виробництв, освіти і самої людини [4]. Під їх впливом у розвинених країнах світу комплекс “вища освіта і наука” перетворився у вирішальний засіб забезпечення діяльності так званої “інноваційної економіки” й джерело “високих” і “надвисоких” технологій.

Ціла декада постійного скорочення валового національного продукту України (жодна інша країна світу в 1990-х роках не знала занепаду подібної тривалості [6]) мала дуже руйнівні наслідки і для фізики в системі освіти, і для фундаментальних досліджень у цій науці.

Якщо керівники освітньої системи України й усвідомлюють необхідність прискороженого розвитку вищої школи та її інтегрування через Болонський процес в європейський простір вищої освіти і науки [5], то наші вищі адміністративні і законодавчі інстанції ще далекі від усвідомлення того, що справжній прогрес розпочнеться не на основі виробництва добрив, вугілля, чавуну і сталі, а після відновлення наукового потенціалу і його використання для розвитку високотехнологічного сектору промисловості – літако- і ракетобудування, мікроелектроніки і кібернетичних систем, виготовлення

зброї нових поколінь та ін. Час братися за генні технології, за поширення найвищих досягнень нашої медицини, хімії, фізики і матеріалознавства.

Тимчасом, в Україні не існує сприятливої для розвитку наук атмосфери. Досить звернутися до часопису “Економіст”, щоб переконатися – ні економісти, ні експерти не вивчають нанонауки і високі технології, не цікавляться тим, як саме рухаються вперед розвинені країни Європи, які, як і США та Японія, вважають точні науки пріоритетною сферою капіталовкладень. За останні два роки серед десятків статей в “Економісті” лише у двох фігурували терміни “суспільство знань” та “інноваційна економіка”, а решта співала осанну мудрості наших керівників та широті планів і економічних проєктів (напр., [8, 9]). Можна позаздрити – Росія значно випереджає у цій сфері Україну, адже там створені відповідні стратегічно-дослідницькі агентства, продукція яких скеровується не лише керівникам країни, а й всьому населенню через науково-популярні часописи, подібні до “Науки и жизни” [7].

Перехід від індустріального суспільства до суспільства знань пов’язаний не з прискоренням масової комп’ютеризації побуту чи виробництва, і навіть не з появою роботів-няненок і цілковито автоматизованих ділянок зварювання кузовів автомобілів на заводах розвинених країн. Ці засоби лише підвищують продуктивність праці і сприяють безперервному дистанційному навчанню, що не залежить від того, де саме на поверхні Землі знаходиться людина, яка бажає отримати освітні послуги через Інтернет чи іншим способом. Вони не можуть припинити забруднення довкілля, зняти загрозу “парникового ефекту”, вирішити енергетичні та інші проблеми всього людства.

Саме тому більшість публікацій на теми “екологія” і “стійкий розвиток” відзначаються песимізмом. Тимчасом, він не має наукових підстав – автори цих праць не знають нічого ні про нанонауки, ні про їх можливості.

А ці можливості настільки великі, що їх у даний момент неможливо оцінити точно на віддалений період. Досягнення нанонаук з легкістю дають змогу реалізувати всі ті завдання, які неможливо вирішити іншим способом. Саме тому найбільш помітним позитивним явищем останніх років у сфері природничих наук ми вважаємо початок так званої “нанореволюції” – виходу фізики, хімії, біології, матеріалознавства та інших ділянок знань на рівень точних маніпуляцій з окремими атомами чи їх групами й формування структур, які хоча б в одній координаті близькі до нанометра (10^{-9} м). Головний вигравш подібного переходу полягає не у зменшенні в мільйони і мільярди разів потреб в матеріалах (металах, кристалах та ін.), хоч і це дуже важливо.

Розвиваючи нанонауки, найбільшу користь люди отримають від виробництва керованих штучних квантових структур, де діють незвичайні закони квантового світу. Йдеться про те, що вперше в своїй історії людина розпочинає використовувати на свою користь не природні, а цілковито штучні

матеріали і вироби, всередині яких владарюють не класичні закони Ньютона, Гука, Кулона, Ома, Джоуля-Ленца тощо, а квантові формули і рівняння. У них сповна виявляють себе хвильові властивості частинок, а також нелінійні взаємодії між ними й різноманітними полями.

У світі вже діють десятки тисяч лабораторій чи наукових груп, які ведуть дослідження у нанодіапазоні. Ознайомлення з російською та іншою зарубіжною педагогічною літературою свідчить про те, що в Росії і розвинених країнах розпочалася чи буде розпочата у найближчий час підготовка фахівців з профілю “*Нанотехнології*”, а також здійснена певна переорієнтація роботи фізичних, хімічних та інших факультетів. Легко передбачити – у найближчі роки у царині нанонаук і нанотехнологій будуть сконцентровані не сотні, а мільйони науковців, технологів та інженерів, оскільки саме тут з’явилися можливості не просто відкрити щось нове, а втілити у життя технології, які дадуть змогу забезпечувати життєдіяльність людства без шкоди для біосфери.

Нанотехнології вже довели, що цілком можливо використати природні процеси для здійснення усіх тих завдань, які у межах індустріальної цивілізації вимагають великих витрат енергії і внесення у довкілля грандіозних кількостей шкідливих речовин разом з порушенням всього нормального життя суходолу і морів.

Рамки статті і неможливість детальних пояснень відмін між класичними і квантовими законами примушують нас навести лише порівняно спрощені приклади. Нанонауки нашого часу вже запропонували перші нанотехнології отримання бездефектних структур і матеріалів. Прикладом подібних матеріалів є так звані “нанотрубки” з карбону (вуглецю). Ці нанотрубки засвоїми механічними властивостями переважають кращу сучасну сталь приблизно у 100 разів [2, 3], а металічний азот буде міцнішим від неї ще більше. Ці матеріали не страждатимуть від корозії, а тому вироби з нано-матеріалів поєднуюватимуть легкість з абсолютною стійкістю. І канат з нано-трубок, і канат з металічного азоту дають змогу ліквідувати всі грандіозні витрати хімічних продуктів і металу, які використовують в сучасних ракетах. Йдеться про повну зміну способів виведення корисного вантажу у космос. З цих нових матеріалів можна виготовити канат довжиною понад 36000 км, який звисатиме з платформи, яка робитиме оберт за добу на так званій “стаціонарній орбіті”. Цей вертикальний канат торкатиметься поверхні екватора, а тому може відігравати роль опори для ліфта, який рухатиметься між Землею і “стаціонарною платформою”.

Сонячні елементи дадуть енергію для того, щоб цей ліфт з вантажем міг, не поспішаючи, підніматися з екватора у космос. Так можна поступово вивести “на стаціонар” частини супутника зв’язку, якоїсь дослідної станції, міжпланетного корабля та ін. Старт з подібної орбіти не вимагає значних витрат пального чи енергії, цілком вистачить електронного чи іншого двигуна, які мають набагато кращі показники, як звичні для нас хімічні ракети

двигуни. З появою подібних платформ космос стане забезпечувати прогрес набагато ефективніше, як у даний момент, а звичні для нас сателітарно-інформаційні послуги стануть у десятки і сотні разів дешевшими.

Та повернімося до нанонаук. Нанопроцеси, як вже було вказано, є суто квантовими і, як правило, нелінійними. Це означає, що *в рамках класичної фізики чи хімії їх навіть неможливо зрозуміти.*

Відтак, перетворення наносфери в провідну сферу наукових досліджень та інженерно-технологічних розробок вимагатиме докорінного перегляду програми викладання точних наук у старшій середній школі і переважній більшості вищих навчальних закладів.

Перше, що необхідно буде зробити – слід значно скоротити розділи “Механіка”, “Молекулярна фізика” і “Електрика” у курсах фізики. Не можна витратити третину часу в дев’ятому класі на нудні і прості питання прямолінійного руху – ці втрати пізніше неможливо надолужити інтенсифікацією викладу якихось питань квантової фізики в заключному класі школи.

Очевидно – все більш деструктивною є політика скорочення курсів загальної фізики в профільних університетах і академіях – аграрних, педагогічних, транспортних та всіх інших. Можливо, це сталося тому, що попередні програми були надто класичними і в багатьох аспектах повторювали на трохи вищому рівні шкільний курс фізики. Фізика та інші точні науки мають повернутися у вказані вищі навчальні заклади на цілком новій основі як нанонауки – лише в цьому разі стає виправданим виділення на них не десятків, а кількох сотень навчальних годин.

Коли можуть розпочатися в Україні подібні зміни і чи маємо ми фахівців, спроможних успішно працювати у сфері нанонаук і нанотехнологій? Без жодних сумнівів, це цілком можливо, якщо за прикладом не лише США, але й Росії постійно розширювати фінансування цієї наукової сфери. Нагадаємо – Росія проголосила початок плану масової підготовки фахівців з нанотехнологій. Базою для цього стануть не лише провідні ВНЗ Москви і Петербурга, а й багато інших регіональних університетів і політехнічних інститутів [1].

У даний момент Україна у сфері нанонаук набагато відстає не лише від більшості розвинених країн, а й від Росії. Це дуже прикро, якщо пригадати, що майже всі десятиріччя другої половини ХХ ст. Київ і Харків були визнаними світовими лідерами у розвитку теорії твердого тіла, кристало- і матеріалознавства. Все це – ті основи, на яких пізніше стала рости нанонаука. Будемо ж сподіватися на те, що останні глибокі політичні зміни в Україні неминуче приведуть і до того, що надалі нанонауки стануть об’єктом пріоритетного фінансування й надійною основою сталого нашого розвитку в усьому ХХІ столітті.

Література:

1. Алферов Ж., Таиров Ю., Астахов М., Чаплыгин Ю., Горбацевич А.

в России. – 2004. – №6. – С. 82-90.

2. Головин Ю.И. Нанотехнологическая революция стартовала // Природа. – 2004. - №1. – С.25-36.

3. Комаров С.М. Искусственные объекты наномира // Химия и жизнь. – 2000. – № 5. – С.10-17.

4. Корсак К.В. Освіта, суспільство, людина в ХХІ столітті: інтегрально-філософський аналіз: Монографія. – К.-Н.: Вид-во НДПУ ім. М. Гоголя, 2004. – 224с.

5. Кремень В.Г. Підвищення ефективності вищої освіти і науки як дієвого чинника суспільного розвитку та інтеграції в європейське співтовариство // Вища школа. – 2003. – №6. – С.3-23.

6. Лазебник Л. Теорії економічного розвитку та економічного зростання як методологічна основа формування економічної політики в Україні // Вища школа. – 2004. – №1. – С.69-76.

7. Макаров В.Л. Экономика знаний: уроки для России // Наука и жизнь. – 2003. – №5. – С. 26-30.

8. Послання Президента України до Верховної Ради України про внутрішнє і зовнішнє становище України в 2003 році. // Економіст. – 2004. – №3. – С. 21-46.

9. Стратегія економічного і соціального розвитку України (2004-2015 роки). Шляхом європейської інтеграції. – К., 2004. – 400 с.

МОЖЛИВІ ШЛЯХИ ОНОВЛЕННЯ ЗМІСТУ РОЗДІЛУ “МЕХАНІКА” У СШ І ВНЗ

О.І. Косенко, Ж.П. Ольховська
м. Київ, Національний аграрний університет
korsak@iep.uninet.kiev.ua

Стан знань загалу наших учнів і студентів з фізики оцінити досить важко – Україна вже понад 10 років не бере бодай найменшої участі в міжнародних тестуваннях чи інших об’єктивних вимірах. Тому певні висновки ми зможемо зробити лише по результатах, що показують учні Російської Федерації. Вони наводяться як у працях російських науковців, так і в українських джерелах [1, 3, 6].

З огляду на виключну важливість і незаперечність останніх і найповніших тестувань, вкажемо їх інтегральні наслідки у табл. 1 – розподіл десятків країн світу за успішністю учнів з мови, математики і природничих наук.

Таблиця 1

Рейтингова таблиця успішності учнів 14-15 років різних країн з читання, математики і природничих наук (2000, PISA)

<i>З читання</i>	<i>З математики</i>	<i>З природничих наук</i>
1. Фінляндія	1. Японія	1. Південна Корея
2. Канада	2. Південна Корея	2. Японія
3. Нова Зеландія	3. Нова Зеландія	3. Фінляндія
4. Австралія	4. Фінляндія	4. Великобританія
5. Ірландія	5. Австралія	5. Канада
6. Південна Корея	6. Канада	6. Нова Зеландія
7. Великобританія	7. Швейцарія	7. Австралія
8. Японія	8. Великобританія	8. Австрія
9. Швеція	9. Бельгія	9. Ірландія
10. Австрія	10. Франція	10. Швеція
11. Бельгія	11. Австрія	11. Чехія
12. Ісландія	12. Данія	12. Франція
13. Норвегія	13. Ісландія	13. Норвегія
14. Франція	14. Ліхтенштейн	14. США
15. США	15. Швеція	15. Угорщина
16. Данія	16. Ірландія	16. Ісландія
17. Швейцарія	17. Норвегія	17. Бельгія
18. Іспанія	18. Чехія	18. Швейцарія
19. Чехія	19. США	19. Іспанія
20. Італія	20. Німеччина	20. Німеччина
21. Німеччина	21. Угорщина	21. Польща
22. Ліхтенштейн	22. Росія	22. Данія

<i>З читання</i>	<i>З математики</i>	<i>З природничих наук</i>
23. Угорщина	23. Іспанія	23. Мексика
24. Польща	24. Польща	24. Італія
25. Греція	25. Латвія	25. Ліхтенштейн
26. Португалія	26. Італія	26. Греція
27. Росія	27. Португалія	27. Росія
28. Латвія	28. Греція	28. Латвія
29. Люксембург	29. Люксембург	29. Португалія
30. Мексика	30. Мексика	30. Люксембург
31. Бразилія	31. Бразилія	31. Бразилія

Росіян одразу ж вразив той факт, що їхні учні виключно погано читали і майже не розуміли прочитаного, а в традиційно “виграшних” предметах – математиці і з природничих наук – виявилися дуже далекими від кращих світових показників. Було проведено додаткове дослідження даних PISA та інших тестувань, яке виявило, що лише кілька відсотків усіх російських учасників міжнародних вимірювань “знали фізику”, а понад дев’ять десятих мали про неї дуже поверхове уявлення і не могли розв’язати жодної задачі. Більш успішні учні представляли спеціалізовані школи, а слабо підготовлені – загальноосвітні (як на периферії, так і в столицях).

Можна стверджувати, що подібні результати стали наслідком очевидної неухаги до освіти Б.М. Сльцина і його оточення, а також кількох інших причин, аналіз яких виходить за рамки нашої статті. Ця обставина була очевидною і для росіян, тому серед серйозних пріоритетів В.В. Путіна і обраних ним керівників міністерств стало прискорене виправлення недоліків з викладанням точних наук і розширення не лише фінансування наукових досліджень, але й підготовки молодих науковців.

Ця політика дала практично негайні наслідки у значному скороченні відпливу молодих російських науковців у США і країни Заходу, але проблема оновлення змісту навчання у середній школі, а також досягнення європейських і світових стандартів лише поставлена, але ще далека від вирішення – не прийнятий закон про 12-річну школу, відхилені всі проекти нових стандартів середньої освіти та ін.

Чому ж росіяни не досягли в освіті таких же “швидких успіхів”, як і в стимуляції розвитку наукових досліджень? Вивчення нами російських джерел засвідчило, що серед усього комплексу причин чи не головним стало переконання у тому, що “все добре”, необхідно лише трішки “поліпшити та інтенсифікувати”. Опір і вплив консерваторів набагато перевищив силу аргументів тих, хто був готовий без зволікань і дуже довготривалих експериментів переходити на глибоко змінені програми навчання. Особливо помітною ця обставина була під час кількадечного обговорення у комісіях російської Думи нових стандартів середньої освіти [2, 7].

Які ж висновки ми можемо зробити з викладеного та інших джерел, в

яких вказані і події в Росії, і результати інших міжнародних педагогічних вимірювань, і еволюція міжнародних предметних олімпіад для школярів, де наші учні показують непогані результати?

Не буде перебільшенням стверджувати, що дійсний стан викладання в Україні фізики та інших природничих наук, як і знання учнів, загалом відповідають тому, що міжнародні виміри виявили в Росії. Факти, які діють “на користь росіян” – більша кількість науково-популярних журналів і навчальних телевізійних передач, вища якість і кількість підручників та ін. – урівноважуються нашими перевагами, в які ми включаємо вищу працьовитість учнів, менший вплив на освіту масового “народного” алкоголізму, кращими погодними і геофізичними умовами, більшою абсолютною тривалістю навчання та ін.

Серед серйозних причин низької успішності учнів – їх знижена мотивація до вивчення тих чи інших предметів. В усіх країнах світу спроби “розвантажити учнів” перетворенням якихось обов’язкових предметів у факультативні неминує дуже знижує бажання учнів їх вивчати, відтак, негативно впливає і на заключні знання, вміння і навички.

Саме таку помилку здійснили і в Росії та Україні, ліквідувавши фізику на вступних екзаменах у вищих навчальних закладах – учні просто не мають серйозних стимулів до її вивчення у загальноосвітніх школах. На користь цього нашого твердження свідчить той факт, що у таблиці 1 Росія займає 22-е місце з математики і лише 27-е – з фізики. Математика у них є обов’язковою для переважної більшості випускників загальноосвітніх середніх шкіл, а фізика – для меншості учнів. Тому одні й ті ж учні більше докладаються з математики і менше – з фізики.

Не менший за силою негативний вплив на мотивацію до ефективного навчання учнів і студентів має гранично застарілий зміст більшості розділів фізики, насамперед – розділу “Механіка”. Наше дослідження всіх поширених в Україні підручників для школярів 9-го класу засвідчує – центральне місце у них займає виклад “законів прямолінійного руху” – від 16% до 30% всього об’єму книг.

Можна навести багато пояснень того, чому найпримітивніший і найменш цікавий вид руху займає центральне місце у підручниках. Вони лежать у діапазоні від “автори книг спромоглися вивчити лише цей вид руху” до “принцип наступності вимагає саме такого викладу формул і графіків прямолінійного руху”.

Якщо перше твердження є банальним і, на наш погляд, не відповідає дійсності, то друге може бути обґрунтоване тим, що ще до дев’ятого класу учні кілька разів стикаються з поняттями “рух”, “час”, “відстань (шлях)”, “швидкість” тощо на первинному (примітивному) рівні на уроках початкової школи, під час вивчення окремих предметів, включаючи математику, в основній школі та ін. Досить багато мовиться про прямолінійний рух у 7-му класі, тому автори книг для 9-го класу й не шкодують місця на “ґрунтовне,

послідовне і наукове” висвітлення найменших деталей і другорядних аспектів рівномірного і нерівномірного прямолінійного руху в підручниках для 9-го класу. Вони вважають, що учні підготовлені до сприйняття саме такого викладу і відповідної кількості сторінок, графіків, малюнків, формул та ін.

Насправді ж ця інформація є відверто зайвою і малопридатною у житті. Враховуючи справжні інтелектуальні можливості учнів 9-го класу, легко викласти все необхідне для них з теми “прямолінійний рух” не за 2-3 місяці, як це відбувається зараз, а за 4-5 уроків, використавши економію часу не лише на криволінійний і обертальний рух, а й на висвітлення елементів обертання тіл. У нас є всі підстави стверджувати, що цілковита необізнаність учнів і студентів з особливостями обертального руху тіл стає безпосередньою причиною великої кількості нещастя у щоденному житті – від переломів кінцівок під час найменшої ожеледі до значного відсотка аварій на транспорті, де для розуміння руху автомобілів слід знати не кінематику прямолінійного руху точки, а закони динаміки і збереження характеристик обертального руху.

Чи краще становище з викладом механіки обертання у курсах загальної фізики вищих навчальних закладів? На жаль – воно просто розпачливе. У “старих” і “нових” курсах фізики у черговий раз навіть у ВНЗ молодь стикається з усе тією ж ненависною для неї “матеріальною точкою”, а замість обертального руху тіла довго вивчає коловий рух точок тіла, яке обертається навколо нерухомої осі. Не дивно, що сучасні програми з “механіки” наших ВНЗ, як правило, не гарантують елементарного розуміння механічних явищ в неінерціальних системах відліку (особливо у тих, які рівномірно чи нерівномірно обертаються), принципів відмінностей поступального й обертального руху, законів збереження обертального руху та їх застосовності на практиці тощо.

Наші пропозиції полягають у тому, що слід об’єднати зусилля середньої і вищої школи в глибокій модернізації курсів фізики, розпочати яку, очевидно, доведеться з рішучої відмови від “священної корови” – традиційного викладу механіки, викладу, який практично не змінювався вже понад 100 (сто) років. Інформаційна обізнаність та інтелектуальні можливості сучасної молоді набагато перевищують показники їх ровесників другої половини XIX століття, а тому не можна мріяти про те, що виклад фізики за зразками підручників позаминулого сторіччя хоч чимось дуже зацікавить учнів і студентів.

Виникає логічне запитання – а чи не надто складним є обертальний рух стосовно поступального? Чи існує можливість простого і доступного викладу законів динаміки обертання, в яких неможливо обійтись від понять “момент інерції”, “момент сили” та інших?

Для обґрунтованої відповіді на них ми рекомендуємо звернутися до невеликої брошури, де стисло і глибокого викладені ті знання обертального руху твердих тіл, які повинні знати всі учні України [4]. Якщо перша части-

на брошури хоч зараз може включатися в підручники 9-го класу, то з другою не завадило б ознайомитися і викладачам та студентам ВНЗ. Більш складні питання обертання і явищ у неінерціальних системах відліку вони знайдуть в іншій брошурі, орієнтованій на університети і заклади аналогічного рівня[5].

Ці два приклади ми використали для того, щоб переконати наших читачів у тому, що насправді в Україні є значний потенціал для швидкого і ефективного оновлення розділів “Механіка”, для перетворення їх у виключно цікавий і багатих важливими прикладами “з життя” вступний курс сучасної фізики.

Література:

1. Долженко О. Какова наша школа (по результатам международного сравнения) // Вестник высшей школы (Alma mater). – 2002. – №3. – С.37-42.
2. Зотова И., Целищева Н. Обсуждается новый стандарт общего образования. Избавит ли он школу от нынешних бед? // Народное образование. – 2002. – №6. – С.13-20.
3. Ковалева Г. Не впереди планеты всей// Народное образование. – 1998. – №5. –С.6-11.
4. Корсак К.В. Обертальний рух твердого тіла. Методичні рекомендації для вчителів спеціалізованих шкіл. – К.: РУМК, 1991. – 64с.
5. Корсак К.В. Методичні вказівки до розділу “Механіка неінерціальних систем відліку” у курсі фізики вузів і до самостійної роботи студентів над ними. – К.: НМК ВО, 1990. – 52с.
6. Проскура О. Порівняльне міжнародне дослідження успішності учнів // Шлях освіти. – 2004. – №1. – С. 22-26.
7. СТЕНОГРАММА парламентских слушаний на тему: Содержание стандарта общего образования // Стандарты и мониторинг в образовании. – №6 ноябрь-декабрь 2002. – С. 30-47; №1(28) январь-февраль 2003. – С. 3-10.

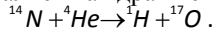
ДО ІСТОРІЇ ОВОЛОДІННЯ АТОМНОЮ ЕНЕРГІЄЮ

Ю.С. Крот

м. Харків, Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури

Мабуть, точніше було б говорити про ядерну, а не про атомну, енергію. До речі, це задовольнило б і таких прихильників термінологічної “надточності”, як Нобелівський лауреат Фредерік Содді [1], який запропонував відкинути заперечення “а” і говорити про “томну” енергію (від “томік”, а не “анатомік”), бо вираз “атомна енергія” походить від слова “атом” (неподільний), а атомна енергія традиційно вивільняється внаслідок поділу атомних ядер.

Уперше в історії фізики ядерне перетворення (так би мовити “трансмутацію”) здійснив у 1919 р. Ернест Резерфорд у Манчестерському університеті. При цьому ядра азоту (чи нітрогену) під дією альфа-частинок радієвого випромінювання перетворювались на ядра кисню (чи оксигену):

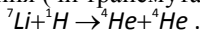


7 2 1 8

У цих дослідах більшість “снарядів” не влучали в “мішень”, бо змушені були пролітати відносно великі відстані між “мішенями” (атомними ядрами) і їх електронним оточенням (Ейнштейн назвав цей процес “спробою стріляти в темряві у птахів, яких до того ж взагалі небагато”). Таке перетворення можна розглядати як своєрідний розпад ядер [2], бо, крім ядра оксигену, продуктом реакції є протон, що вилітає з ядра нітрогену.

Найперший поділ (або розщеплення) вихідного ядра на дрібніші за нього ядра здійснили у 1932 р. Джон Кокрофт і Ернест Уолтон у керованій Резерфордом Кавендішській лабораторії (інформація про результати їх досліджень була опублікована у квітні 1932 р.).

Прискорені за допомогою спеціально сконструйованого генератора високої напруги протони потрапляли на літєву мішень, внаслідок чого відбувалось таке ядерне перетворення (чи трансмутація):



3 1 2 2

Такий поділ ядер не був енергетично вигідним, тобто зовнішня (прискорююча протони) енергія перевищувала енергію, що виділялась внаслідок ядерних перетворень. І все ж одержані Кокрофтом і Уолтоном результати були визначним науковим досягненням, відзначеним у 1951 р. Нобелівською премією.

У 1932 р. американські фізики Ернест Лоуренс (Нобелівська премія 1939 р.) та Мілтон Лівінгстон за допомогою сконструйованого ними магнітного резонансного прискорювача – циклотрона – здійснили таку ж, як і Ко-

крофт з Уолтоном, трансмутацію ядер.

Особливо “відзначились” у галузі “трансмутацій” представники Радянського Союзу – вчені Українського фізико-технічного інституту (УФТІ) в

Харкові [3]. За рік до свого великого відкриття Д. Кокрофт відвідав Харків, де протягом тижня спілкувався з співробітниками УФТІ (зокрема – з К.Д. Синельниковим і А.К. Вальтером). “У програмі” були і “домашні прийоми” гостя господарями, і відвідання господарями гостя у його готельному номері. Наслідком відвертості і щирості гостя у тому ж році у науковому плані Високовольтної бригади УФТІ з’явилась ще одна тема: “Створення високовольтного прискорювача для здійснення розщеплення атомного ядра”.

Унаслідок “натхненної” праці “високовольтників” (К.Д. Синельникова, О.І. Лейпунського, А.К. Вальтера і Г.Д. Латишева) в офіційному органі Радянської держави – газеті “Правда” – 22 жовтня 1932р. з’явилась телеграма на ім’я керівників держави Й.В. Сталіна, В.М. Молотова і Г.К. Орджонікідзе: “ЗРУЙНОВАНО ЯДРО АТОМА ЛІТІУ. Величезне досягнення радянських учених. УФТІ у Харкові в результаті ударної праці до 15-ї річниці Жовтня досяг перших успіхів у зруйнуванні ядра атома. 10 жовтня високовольтна бригада зруйнувала ядро літію; роботи продовжуються”. Про цей “велетенський” успіх зразу ж написали всі радянські газети під гучними заголовками: “Стрибок у майбутнє”, “Почалася нова епоха у фізиці”, “Світова перемога радянської науки”. На гербі Харкова на ознаменування згаданої події з’явився символ атома.

Але були й інші оцінки. В [4] наведено оцінку “досягнення” видатним вченим-уфтінцем Л.В. Шубниковим (розстріляним “на честь 20-ї річниці Жовтня”, див. [5]). Цей вчений говорив про “багатомільйонні витрати грошей на нікому непотрібні високовольтні установки, які, не встигнувши попрацювати, демонтували, щоб на їх місці збудувати нові нікому непотрібні установки”. І далі – про “грандіозні розміри обману Партії і Уряду у відомій телеграмі з повідомленням про розщеплення ядра літію”. І ще: на сесії Академії наук СРСР у березні 1936 р. начальник теорвідділу УФТІ Л.Д. Ландау сказав: “Повторення досліду Кокрофта і Уолтона, яке у подальшому не призвело до жодних особливих результатів, було видане в телеграмі за якимсь велетенське досягнення науки”. Дотепник Л.Д. Ландау на інститутському вечорі з притаманним йому “не дуже доброзичливим” гумором зі сцени запропонував [3] надіслати тов. Сталіну телеграму: ”Продиференціювали синус, одержали косинус. Роботи продовжуються”.

Як добре відомо, енергетично вигідними виявились розщеплення важких ядер. У 1938 р. німецькі вчені Отто Ган (Нобелівська премія 1944 р.) і Фріц Штрассман відкрили поділ ядер урану нейтронами. Сутність відкритого ними явища (як поділу первинного ядра на два дрібніші за нього ядра-осколки) пояснили у 1939 р. англійський фізик Отто Фріш і австрійський фізик Лізе Мейтнер.

Проте ряд визначних фізиків (серед них і ровесник О. Гана Альберт Ейнштейн, і на 8 років старший за них патріарх атомної і ядерної фізики Ернест Резерфорд) не вірили у можливість практичного використання атом-

ної енергії. Резерфорду належать слова про те, що люди, які говорять про одержання атомної енергії у великих масштабах, “кажуть нісенітницю”. Посилаючись на авторитет Резерфорда, П.Л. Капиця в 1940 р. сказав співробітнику журналу “Дитяча література”: “Є всі об’єктивні дані вважати, що в земних умовах ядерна енергія не буде використана” [3].

Немає потреби (та й можливості у рамках доповіді на науково-методичній конференції) переповідати всю історію використання ядерної енергії. Зупинимось лише на деяких історичних аспектах та на суперечливих оцінках одних і тих же подій.

В [6] з патріотичним пафосом написано: “Сторінки західної преси заповнені всілякими вигадками щодо витікання (і “притікання” до нас?) атомних секретів із США і т.д.”. Але ж дуже “бурхливе витікання” надзвичайно важливої і дуже детальної у технологічному відношенні інформації відбулось цілком офіційно. У серпні 1945 р. (у тому ж місяці, коли було скинуто американські атомні бомби на Хіросіму і Нагасакі) у США, з дозволу сенату, було видано книгу Г. Сміта “Атомна енергія для військових цілей”.

Одночасно “Звіт Сміта” публікувався в журналі “Британський союзник,” що видавався англійським посольством у Москві для радянських читачів. Це був “цілий масив розсекреченої інформації щодо розділення ізотопів урану, ядерних реакторів, плутонію і урану-235 і, в загальних рисах, щодо будови атомної бомби” [7]. Мабуть, публікація цього звіту мала на меті “відбити бажання” у Радянського Союзу навіть пробувати змагатись із США: “Вартість проекту, в яку входить зведення нових міст і заводів багатокілометрової протяжності, неймовірна за обсягами експериментальна робота – усе це, як у фокусі, сконцентровано в атомній бомбі. Жодна інша країна світу не була б здатна на таку затрату мозкової енергії та технічних зусиль” [8]. За оцінками американських фахівців, для виготовлення атомної бомби Радянському Союзу потрібно було б приблизно 20 років.

Отже, американці були певні, що нікому ця книга не знадобиться реально. Але вони не знали, що значна кількість наведеної в книзі інформації вже кілька років була відома радянським фахівцям через шпигунів (чи розвідників), а також не мали уявлення про можливості безжальної, нелюдської експлуатації усіх верств радянських людей сталінсько-берієвським режимом. Для полегшення виготовлення американського зразка атомної бомби у Москві в 1946 р. було видано книгу Г. Сміта у перекладі [8] (наклад – 30 тис. примірників, тобто досить великий). Ця своєрідна енциклопедія стала настільною книгою радянських атомників.

Ось як пояснюється в [3] “неперевірена наукова інтуїція І.В. Курчатова та природа його геніальних здогадок і готових рішень” у розв’язанні атомної проблеми. У розпорядження Курчатова надходила розвідувальна інформація (загальний обсяг її близько 60 тис. сторінок). Завдяки цій інформації радянським вченим не треба було, наприклад, самим вимірювати перерізи ядерних реакцій, підраховувати критичні маси різних речовин і т.д.

Замість цього “великий організатор нашої атомної науки і атомної індустрії” [9] І.В. Курчатов міг дати замовлення розвідці і отримати достовірні дані з американських лабораторій. Одним з найцінніших інформаторів, як відомо, був провідний американський фізик-ядерник Клаус Фукс. Науковий керівник робіт зі створення ядерної зброї академік Ю.Б. Харитон визнавав, що “наша перша атомна бомба – копія американської. Будь-які інші дії на той час були неприпустимими, бо важливими були строки: хто має атомну зброю, той і диктує політичні умови”[10].

Навчальна література (завдяки прагненню авторів до лаконічності чи недостатній інформованості їх) іноді дезінформує довірливого читача. Наприклад, в [11] говориться, що атомна бомба (взагалі) складається з двох шматків урану-235 і зразу ж про те, що атомні бомби було скинуто на Хіросіму і Нагасакі. Але ж одна з цих бомб була не урановою, а плутонієвою, як і перша радянська атомна бомба: «Радянськими випробувачами на радянському полігоні (поблизу Семипалатинська, 29 серпня 1949 р.) була підірвана американська плутонієва бомба, зроблена руками радянських людей, але за американськими ідеями, американськими проектами, “наводками”»[3].

І ще про “зовнішню допомогу” радянським ядерникам. Подібно до того, як провідних ракетників переможеної Німеччини (на чолі з Вернером фон Брауном) американці перевезли до себе, Радянський Союз одержав у своє розпорядження багатьох німецьких вчених (серед них – Нобелівського лауреата, а потім – і лауреата Сталінської, чи Державної, премії Густава Герца; двічі лауреата Сталінської премії фізико-хіміка Петера Тіссена [12]), які працювали на радянську атомну проблему, використовуючи перевезене з Німеччини багатьма залізничними ешелонами наукове устаткування.

Висвітлення багатьох подій радянського минулого в літературі було тенденційним. Так в [7], засуджуючи американців за варварське бомбардування двох японських міст, автор стверджує, що від радянської атомної бомби не загинула жодна людина. При цьому подібна “парадна” преса не згадує ні про десятки тисяч людей, які постраждали на уранових рудниках і на хімічних заводах, ні про участь багатьох військовослужбовців (льотчиків, танкістів і навіть піхотинців) у “випробуванні на собі” наслідків дії атомного вибуху.

Ще деякі недоліки офіційних колишніх (та, на жаль, і деяких сучасних) видань. Як відзначав невтомний борець за правду, лауреат Нобелівської премії миру А.Д. Сахаров [7], “жахливі правила публікації” наукових і технічних матеріалів “переживають усі зміни керівництва”. “З міркувань секретності забороняється публікація даних про запаси і виробництво кольорових металів...”

Стосовно тематики даної доповіді: в радянській літературі можна були знайти інформацію щодо уранових і торієвих (як відомо, торій стоїть в одному ряду з плутонієм і ураном-235) родовищ в Африці, Австралії, Америці, Канаді, але не в СРСР і країнах “соціалістичного табору”. Зарубіжні видан-

ня, в яких наводилась добре відома за кордоном “секретна” для (чи від) радянських людей подібна інформація, майже не видавались у перекладі на російську мову (рідкісний виняток – [13], рис. 1).



Рис. 1. Розподіл деяких родовищ урану і торію (з російськомовного видання).

Ось і зараз у підручниках з географії України не знайти інформації стосовно родовищ уранових руд в нашій державі (інформації, що допомагала б вихованню патріотизму учнів, які б ще більш пишались батьківщиною). Між тим, із цілком офіційних солідних джерел інформації [14] та широко розповсюджених “скандальних” джерел [15] відомо декілька областей (Дніпропетровська, – Жовті Води; Кіровоградська, – Смоліно, Інгульське; Миколаївська, – Новокостянтинівка), пов’язаних із зазначеною вище проблемою.

Література:

1. Содди Ф. История атомной энергии. – М.: Атомиздат, 1979.
2. Китайгородский М.И. Атомное ядро. – М.: Гос. тех.-теор. издат, 1956.
3. Ранюк Ю.М. Лабораторія №1 (ядерна фізика в Україні). – Харків: Акта, 2001.
4. Павленко Ю.В., Ранюк Ю.Н., Храмов Ю.А. Дело УФТИ. – К.: Наук. думка, 1998.
5. Крот Ю.Є. Деякі маловідомі факти з історії фізики (Зб. наукових праць 4-ї наук.-метод. конференції). – Кривий Ріг: НМетАУ, 2004.
6. Асташенков П.Т. Академик Курчатов И.В. – М.: Воениздат, 1971.
7. Сахаров А.Д. Воспоминания // Знамя. – 1990. – № 11.

8. Смит Г. Атомная энергия для военных целей. – М.: Воениздат, 1946.
9. Данин Д.С. Неизбежность странного мира. – М.: Молодая гвардия, 1962.
10. Харитон Ю.Б. Интервью (газ. “Красная звезда”, август 1992).
11. Евграфова Н.Н., Каган В.Л. Курс физики. – М.: Высш. шк., 1973.
12. Абызов В., Брок Г. ГДР: будни и праздники. – М.: Политиздат, 1984.
13. Намиас М. Ядерная энергия. – М.: Изд.ин.лит., 1955.
14. Соколовская Я. Урания – особая зона Украины (газ. “Известия”, №100, 2 июня 1995г.).
15. Суворов В.Б. Аквариум. – Харьков: Фолио, 2003.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ПОТОЧНОГО ТА МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛІВ У КУРСІ ФІЗИКИ ЗА КРЕДИТНО-МОДУЛЬНОЮ СИСТЕМОЮ

В.В. Куліш, О.Я. Кузнецова
м. Київ, Національний авіаційний університет
kulish2001@ukr.net

Усі ми маємо можливість спостерігати, як очевидно і радикально трансформувались соціальні та базові економічні засади нашого суспільства протягом останнього десятиріччя, як стрімко еволюціонували психологія та ментальність соціуму і як різко змінились система життєвих пріоритетів та базова шкала цінностей сучасної молоді людини. Не менш масштабні і кардинальні зміни відбулися сфері базових засад функціонування вітчизняної вищої школи. Як приклад сказаного, можна згадати нинішній так званий “Болонський” етап реформи вищої школи.

Останній, як відомо, за своєю суттю являє собою ні що інше, як конструктивне намагання держави привести національну систему освіти у відповідність до соціальних, політичних, економічних і т.д. стандартів, характерних для сучасного західного світу. Тобто, іншими словами можна сказати, що головною метою даного етапу є *глибока і органічна інтеграція усієї нашої національної освітньої системи з загальноєвропейською*. У цьому зв’язку, починаючи з 2004/05 навчального року в ряді вузів України заплановано (поки що в порядку експерименту) перехід до так званої “*кредитно-модульної системи планування та організації навчального процесу*”. Як добре відомо, останню, згідно з Болонською декларацією, на сьогодні прийнято як універсальний загальноєвропейський стандарт. В основу даної системи закладено спеціальну *кредитно-модульну схему*, яка, в свою чергу, базується на специфічних *модульно-рейтингових технологіях організації навчання*.

Далі слід зауважити, що, якщо кредитно-модульна схема планування, сама по собі, є рідчю відносно новою для вітчизняної вищої школи, то цього аж ніяк не можна сказати стосовно модульно-рейтингових навчальних технологій. Більш того, неважко впевнитись у тому, що для вітчизняної школи рейтингова ідеологія, сама по собі, не є щось абсолютно досі незнане. За останні два десятиріччя зусиллями МОНУ (а у більш давні часи – мінвузом) терміни “рейтинг” та “рейтинговий контроль знань” і т.д. не менше як двічі ставали на порядок денний вузівського життя. І, треба зазначити, що це не пройшло для нього зовсім вже й безслідно. Тому не дивно, що роботи з розробки та впровадженню у життя нових модульно-рейтингових навчальних

технологій, раз почавшись, далі вже ніколи не залишалися поза увагою дослідників-експериментаторів [1–3].

Версію кредитно-модульної системи, яку планується ввести в практику

в Україні у процесі даного етапу реформи, побудовано на засадах Європейської кредитно-трансферної та акумулюючої системи (ECTS). Як вже відзначалось, ця система сьогодні запроваджується на інституціональному, регіональному, національному та загальноєвропейському рівнях і є однією з ключових вимог Болонської декларації 1999 року. То ж, впровадження ECTS у практику вітчизняної вищої школи у найближчі роки виглядає невідворотною подією з відповідним шлейфом зрозумілих потрясінь та організаційно-методичних клопотів. Очевидно, що перші з них будуть пов'язані із входженням у наше повсякденне професійне життя нової “Болонської” термінології. То ж далі дамо визначення для деяких з нових термінів такого типу:

- *кредитно-модульною системою організації навчального процесу* (КМСОНП) називають модель організації навчального процесу, яка ґрунтується на поєднанні *модульно-рейтингових технологій* навчання та системою спеціальних залікових освітніх одиниць (*залікових кредитів*);
- *модульно-рейтинговими* називають навчальні технології, характерною ознакою яких є застосування *накопичувальних* систем оцінки знань студентів та розбивки навчального матеріалу на модулі;
- *заліковий кредит* – це одиниця виміру навчального навантаження, необхідного для засвоєння *змістовних модулів* або *блоку змістовних модулів*;
- *модуль* – це задокументована завершена частина освітньо-професійної програми (навчальної дисципліни, практики, державної атестації), що реалізується відповідними формами навчального процесу;
- *змістовний модуль* – це система *навчальних елементів*, що поєднана за ознакою відповідності певному навчальному об'єктові.

Особливості організації навчального процесу за кредитно-модульною системою

У разі застосування КМСОНП зміст навчальних дисциплін розподіляється на *змістові модулі* (2-3 за семестр). Змістовий модуль (розділ чи підрозділ) навчальної дисципліни містить окремі теми аудиторної і самостійної роботи студента – *навчальні елементи* (мікромодулі). Рівень освоєння студентом кожного змістового модуля оцінюється з використанням *рейтингової системи* оцінки знань.

Загальна оцінка студента за навчальний модуль визначається як підсумкова за всіма складовими навчання у межах модуля. У випадку курсу фізики, наприклад, вона включає в себе (за спеціальною системою підрахунку) поточні (мікромодульні) та модульні оцінки за теоретичний матеріал, практичні задачі (тобто, за вміння розв'язувати задачі) та лабораторний практикум. При цьому, в однаковій мірі враховуються як результати аудиторної, так і самостійної роботи. На рис. 1 наведено структурну схему підсумкової семестрової модульної оцінки.

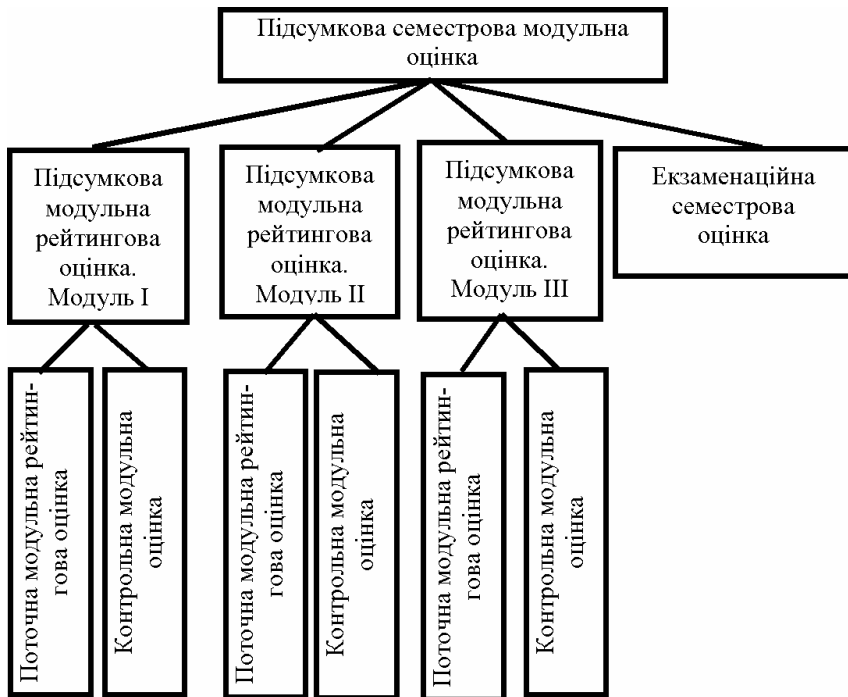


Рис. 1.

Підсумкова (результуюча) оцінка засвоєння студентом навчального матеріалу дисципліни визначається так:

$$Q_{PS} = \frac{f_1 Q_R + f_2 Q_e}{f_1 + f_2}$$

де Q_{PS} – *підсумкова (результуюча) семестрова оцінка*, f_1 – ваговий коефіцієнт підсумкової семестрової *модульної рейтингової* оцінки Q_R (рекомендується значення коефіцієнта $f_1=2$); Q_e – оцінка за *семестровий екзамен*. Рекомендуються значення коефіцієнта $f_2=0$ (у разі, якщо студента звільнено від обов’язкового складання семестрового екзамену) чи $f_2=1$ (у випадку, коли студент зобов’язаний чи побажав здавати екзамен).

Підсумкова (результуюча) оцінка засвоєння студентом навчального матеріалу з дисципліни може визначатись *без проведення семестрового*

екза- мену (заліку) як інтегральна (рейтингова) оцінка за всіма змістовими моду- лями:

$$Q_R = \frac{\sum_{j=1}^m a_j Q_{Rj}}{\sum_{j=1}^m a_j},$$

де j – номер модуля, Q_{Rj} – поточна рейтингова оцінка за j -тий модуль, a_j – вагові коефіцієнти, які враховують можливу нерівноцінність різних модулів, m – кількість модулів засеместру.

При цьому, студент, який набрав протягом семестру необхідну кількість балів, має наступні можливості:

- не складати іспит (залік) і отримати набрану кількість балів як підсумкову оцінку за отриманим рейтингом;
- складати іспит (залік) з метою підвищення свого рейтингу за даною навчальною дисципліною;
- ліквідувати академічну різницю навчальних обсягів, пов'язану з переходом на інший напрям підготовки чи до іншого вищого навчального закладу;
- поглиблено додатково вивчати окремі розділи (теми) навчальних дисциплін, окремі навчальні дисципліни, які формують кваліфікацію, що відповідає сучасним вимогам ринку праці;
- використати час, що відведено графіком навчального процесу на екзаменаційну сесію за своїми особистими планами.

Важливим у випадку застосування модульно-рейтингової технології є те, що, студент, який набрав протягом семестру *менше за мінімально необхідну* кількість балів, *зобов'язаний* складати іспит (залік). При цьому він допускається до його складання лише у випадку, якщо попередньо виконав *увесь обов'язковий перелік завдань*, передбачених навчальним графіком з даної дисципліни (розрахунково-графічні роботи, лабораторні роботи, індивідуальні завдання, курсові проекти тощо).

Таким чином, державною програмою проведення педагогічного експерименту щодо впровадження КМСОНП у вищих навчальних закладах України, у тому числі, передбачено:

1. Відхід від традиційної схеми “навчальний семестр, навчальний рік, навчальний курс”.
2. Раціональний поділ навчального матеріалу дисципліни на модулі і по модульну перевірки якості засвоєння теоретичного матеріалу.
3. Поточне оцінювання знань студента в процесі перевірки його підготовленості до даного лабораторного, практичного заняття тощо.
4. Використання більш широкої і детальної шкали оцінки знань.
5. Вирішального впливу суми рейтингових балів, одержаних студентом протягом семестру при поточному (мікромодульному) та по модульному контролю, на підсумкову (результуючу) оцінку з навчальної дисци-

пліни.

6. Стимулювання систематичної самостійної роботи студентів протягом всього семестру.
 7. Підвищення рівня об'єктивності оцінювання знань студентів.
 8. Підсилення здорової конкуренції в навчанні.
 9. Виявлення та розвиток творчих здібностей студента.
- Очікуються наступні наслідки від практичного впровадження кредитно-модульної системи організації навчального процесу:
- інтенсифікація навчального процесу та підвищення якості підготовки фахівців;
 - підвищення рівня систематичності засвоєння студентами навчального матеріалу;
 - підсилення зворотного зв'язку на визначених етапах навчання;
 - покращання системи контролю і, як наслідок, можливість більш адекватного коригування навчально-виховного процесу;
 - підвищення мотивації учасників навчально-виховного процесу та зменшення пропусків навчальних занять;
 - більш рівномірне психологічне навантаження студентів протягом семестру;
 - підвищення відповідальності студентів за результатами навчальної діяльності;
 - більш повне забезпечення потреб особи у виборі освітнього рівня та кваліфікації;
 - підвищення рівня адаптації особи до зміни вимог ринку праці;
 - скорочення непродуктивної частини загального навчального часу (у тому числі, за рахунок ліквідації екзаменаційних сесій).

Модульно-рейтингові технології організації навчального процесу

Як вже відзначалось вище, сама по собі ідея системи навчання, що побудована на використанні такого методичного прийому як рейтинг, не є чимось абсолютно новим для вітчизняної педагогічної науки. Історично, протягом багатьох років розвитку нашої вищої школи, вона, ця ідея, не раз і не два ставала до “порядку денного”. Як результат, було розвинуто ряд методично-організаційних (у тому числі, модульно-рейтингових) версій її практичного втілення у навчальний процес. На жаль, однак, в силу згаданих вище фундаментальних причин, розроблені в ті часи версії навчальних рейтингових технологій далеко не у всьому можуть беззастережно бути сьогодні застосованими в рамках КМСОНП. У цьому зв'язку, протягом останніх трьох років було проведено необхідну роботу з тим, щоб максимально адаптувати раніше запропоновані методичні схеми до поточних реалій сучасної ситуації. Саме таку “розвинуту і адаптовану” версію модульно-рейтингової технології навчання і описано у даній роботі.

В основу технології, що обговорюється, закладено специфічну комбінацію базових концепцій та ідей. Одною із головних, при цьому, як вже від-

значалось, являється концепція *поточного рейтингового моніторингу* ефективності навчальної роботи студентів протягом усього семестру. Саме завдяки її застосування на практиці вдається забезпечити прийнятний рівень систематичності і рівномірності роботи (у тому числі, самостійної) студентів протягом усього семестру. Ключова ідея у даному випадку полягає у тому, що *кожне* практичне (і лабораторне) заняття організовано як своєрідний *мікромодуль* (навчальний елемент). Тобто, на *кожному* такому занятті, фактично моделюється (у масштабі, звичайно, даного навчального елементу) повноцінна екзаменаційна ситуація. У тому числі, письмове чи комп'ютерне тестування за матеріалами аудиторно та самостійно опрацьованих лекцій, вирішених задач, вивчених описів лабораторних робіт і т.д. Поточні оцінки, отримані студентом на таких заняттях-мікромодулях, далі складають основу *накопичувальної* компоненти його *загальної (результуючої) рейтингової оцінки*.

Сукупність мікромодулів, як вже говорилося утворює *змістовий модуль*. Традиційно змістовні модулі об'єднують крупні блоки матеріалу, який є пов'язаний спільністю тематики чи міркуваннями іншого характеру. Наприклад, у курсі фізики традиційно виділяють такі змістовні модулі як “Механіка”, “Молекулярна фізика та термодинаміка”, “Електростатика”, тощо. На базі модульної структури матеріалу і будуються базові навчально-методичні схеми, сукупність яких, власне, і утворює дану версію модульно-рейтингової технології. У тому числі, кожен модуль, як вже відзначалось, закінчується відповідним *модульним контролем*. Оцінка, отримана студентом за результатами такого контролю, грає роль *модульно-контрольної* компоненти його загальної рейтингової оцінки. *Результуюча рейтингова модульна* (тобто, за модуль у цілому) оцінка визначається як інтегральна за обома компонентами. При її визначенні використовується спеціальна система вагових коефіцієнтів і т.д.

Характеризуючи модульно-рейтингову технологію навчання, що тут обговорюється, у цілому, можемо констатувати, що:

- *головною метою* її практичного впровадження є адаптація існуючої на сьогодні системи навчання до специфічних умов кредитно-модульної системи;
- *основний зміст* навчального процесу у даному випадку полягає у розвитку необхідних навичок, необхідних для реалізації однієї із фундаментальних концепції Болонського процесу – “*навчання продовж усього життя*”;
- *базовою формою* навчання у випадку модульно-рейтингових технологій даного типу являється *самостійна* (тобто поза аудиторна) робота студента під “аудиторним” (у формі консультацій і контролів) керівництвом викладача;
- *основний метод* навчання – використання спеціальних консультативно-контрольних навчальних технологій проведення практичних

і лабораторних занять;

- *головний засіб* досягнення поставлених цілей - спеціально розроблена комбінація поточного (мікромодульного) та модульного контролю знань студентів.

Далі звернемося до більш детального опису вже самої модульно-рейтингової технології, що пропонується.

Головні відмінності запропонованої версії модульно-рейтингової технології від традиційних викладено в роботах [1, 2, 3].

Лекції

Лекційний матеріал, що входить до складу теоретичного ядра кожного модуля, заздалегідь ділиться на *аудиторний* та такий, що призначений для *самостійного вивчення*. При цьому, при оголошенні студентам потоку того, що той чи інший матеріал призначається для самостійного вивчення, лектор зобов'язаний подати точні назви розділу і підрозділів даного комплексу, а також розділи і підрозділи додаткової літератури, якщо така ним рекомендується.

Іншою методичною особливістю є те, що календарний графік читання лекцій у даному випадку виявляється на практиці доволі жорстким і не допускає ніяких збоїв. Все це в процесі підготовки і ведення лекції висуває багато більш жорсткі (ніж звичайно) вимоги до самого лектора, його дисциплінованості та організованості.

Важливим є також і те, що при складанні варіантів теоретичної частини тестів, як аудиторний лекційний матеріал, так матеріал, віднесений для самостійного вивчення, враховуються в них в однаковій мірі.

Практичні заняття

У всіх, без виключення версіях модульно-рейтингових технологій, практичне заняття грає ключову роль. Це пов'язано з тим, що тут:

- по-перше, не тільки поглиблюються раніше отримані теоретичні і практичні знання, та формуються необхідні навички вирішення задач, але і здійснюється їх *поточний та модульний рейтингові контролю*;
- по-друге, тому, що саме на практичних заняттях вдається здійснити найбільш ефективний поточний контроль ефективності попередньої *самостійної роботистудентів*.

Таким чином, можемо констатувати, що в рамках модульно-рейтингових технологій практичне заняття грає подвійну роль. З одного боку, це, як вже згадувалось, поглиблення та формування необхідних навичок практичного застосування отриманих теоретичних знань. А з іншого – реалізація поточного контролю цих навичок та якості освоєння студентами матеріалу (лекційного і практичного), визначеного планом навчального процесу як до аудиторного, так і самостійного (поза аудиторного) вивчення.

Як наслідок сказаного, модульно-рейтингова форма організації практичного заняття реально виявляється найбільш складною як методично, так і технологічно.

Саме заняття у даному випадку розбивається на дві нерівних частини. А саме, на *навчальну* і *контрольну*. В силу жорсткої обмеженості ліміту часу практичного заняття, його навчальна частина, частіше за все, будується на принципі "*поглиблених консультацій*". А саме, на занятті проводиться обговоренні *тільки "проблемних" питань* самостійної підготовки студентів до заняття. Той же матеріал, самостійне освоєння якого не викликає у них особливих труднощів, на занятті спеціально не обговорюється. За рахунок сказаного і вдається "зеконормити" необхідний аудиторний час з тим, щоб практично реалізувати повноцінний поточний письмовий контроль *кожного студента на кожному занятті*.

Саме у сказаному і полягає *головна методична відмінність* таких занять від тих, що проводяться за традиційними формами. Традиційно ж, як правило, запланований матеріал (наприклад, вирішення задач певного типу) вивчається на занятті у плановому порядку, у незалежності від того, чи виникли у студентів при його самостійному опрацюванні якісь труднощі, чи ні. І, крім того, далеко не всі студенти при цьому виявляються охопленими поточним контрольним опитуванням і, відповідно, отримали відповідну поточну рейтингову оцінку. У випадку ж модульно-рейтингової технології увесь сценарій проведення практичного заняття, як відзначалось вище, виглядає суттєво інакшим.

Контрольна частина практичного заняття, у свою чергу, розпадається на дві складові. Перша з них зводиться до так званого *письмового* мікромодульного контролю теоретичної частини матеріалу, який студент був зобов'язаний підготувати до заняття. Друга контрольна частина організована, як *персональний захист розв'язків загальних задач*. Крім того, студенти повинні також здати на перевірку всі індивідуальні задачі, які передбачені їх персональним планом навчального процесу на данезаняття.

Далі зазначимо, що важливим елементом вказаного методу є також те, що, як вже відзначалось, варіанти модульних тестових завдань тут складаються на основі теоретичних запитань та типових загальних задач поточного мікромодульного контролю. Аналогічно, варіанти письмових екзаменаційних білетів, в свою чергу, складаються на основі вказаних варіантів завдань модульного контролю.

Таким чином, головна методична ідея, що закладена в основу модульно-рейтингової технології проведення практичного заняття, полягає у застосуванні так званого *методу моделювання екзаменаційної ситуації на кожному занятті*. Тобто, у систематичному відтворенні на кожному практичному занятті ситуацій близьких до екзаменаційної. Саме це, у кінцевому підсумку, дозволяє підвести студента до отримання високої результуючої рейтингової оцінки та екзамену оптимальним шляхом.

Для розрахунку поточної модульної рейтингової оцінки пропонується наступна формула:

$$Q_{Mji} = \frac{\sum_{j=1}^{n_j} Q_{Mji} + b_j Q_{Lj} + p_j Q_{Kj}}{n_j + b_j + p_j}$$

де Q_{Mji} – поточна оцінка за i -тий мікромодуль (практичне заняття) j -того модуля; n_j – кількість мікромодулів (практичних занять) у j -тому модулі; Q_{Lj} – модульна оцінка за лабораторний практикум j -того модуля; b_j – ваговий коефіцієнт за лабораторний практикум j -того модуля (рекомендоване значення коефіцієнта $b_j=3$), Q_{Kj} – оцінка за j -й модульний контроль, p_j – ваговий коефіцієнт (рекомендується $p_j=3$). При цьому, для обрахування модульної оцінки за лабораторний практикум Q_{Lj} рекомендується наступна формула:

$$Q_{Lj} = \frac{\sum_{l=1}^{k_j} (c_l Q_{Tjl} + f_l Q_{Ejl})}{k_j (c_j + f_j)}$$

c_j – ваговий коефіцієнт “за теорію”; k_j – кількість лабораторних робіт у j -тому модулі; Q_{Tjl} – поточна оцінка за теоретичну підготовку до l -тої лабораторної роботи, c_j – ваговий коефіцієнт оцінки Q_{Tjl} , Q_{Ejl} – поточна оцінка за захист експериментальних результатів l -тої лабораторної роботи; f_j – ваговий коефіцієнт оцінки Q_{Ejl} (рекомендується $c_j=f_j=1$).

Лабораторний практикум

Говорячи про лабораторний практикум, необхідно особливо підкреслити, що в навчальній практиці, що на сьогодні реально склалася, вибір схеми та методики проведення лабораторних занять за модульно-рейтинговою технологією, суттєво залежить від структури затверджених планів навчального процесу з фізики. Це пояснюється, головним чином, появою такої “специфічної новації” у навчальних планах останніх років, як повна чи часткова *відсутність* (!) у цих планах практичних занять з курсу фізики як таких. Це, відповідно, породжує надзвичайно важку методичну проблему. А саме, абсолютно неясно, як у таких умовах і далі забезпечувати формування необхідних навичок вирішення задач? Як відомо, вказані навички є одними із ключових для майбутнього інженера і саму необхідність їх формування у подальшому ніхто поки що не відміняв. Відразу скажемо, що іншого повно-

цінного вирішення даної проблеми, як повернення цих навчальних годин у навчальні плани, в природі не існує. Але відновлення нормального стану з плануванням у цій ділянці – це питання часу і, не виключено, доволі тривалого. Отже, тут, у свою чергу, повстає інше запитання: якщо ми не можемо вирішити проблему “природнім” шляхом, то чи можемо ми хоча би якось пом’якшити її згубний вплив? Наприклад, шляхом певної модернізації ме-

тодичних схем проведення лабораторних занять. Отриманий практичний досвід останніх років показала, що така реальна можливість, в принципі, існує.

Таким чином, в силу вище сказаного і в залежності від того, чи передбачено навчальним планом з фізики практичні заняття, чи ні, можлива реалізація двох типів методичних схем проведення лабораторних занять. Форми робочих журналів, які наведено [2, 3, 4], відображають організаційно-методичні особливості обох зазначених типів.

Перша із методичних схем (випадок, коли практичні заняття передбачено) побудована базі стандартних методик. Деякі відмінності тут стосуються лише введення елементів, що характеризують її рейтингову направленість. У даному випадку суть цих елементів зводиться до того, що за кожен виконану лабораторну роботу студент отримує дві оцінки. У тому числі, одну з них за *теоретичну підготовку* до роботи, а другу – за *захист отриманих експериментальних результатів*. При цьому, для проведення теоретичної підготовки рекомендується застосовувати комп'ютерні тести. Захист лабораторних робіт проводиться за стандартними методичними схемами. Таким чином, на кожному занятті, проведеному за першою схемою, студент отримує дві оцінки. А саме, одну за теоретичну підготовку (допуск студента до виконання роботи) і ще одну за захист отриманих експериментальних результатів. На базі отриманих оцінок обраховується *результуюча семестрова рейтингова оцінка за лабораторний практикум*, яка враховується при визначенні результуючої (загальної) рейтингової семестрової оцінки.

У випадку, коли практичні заняття не передбачені навчальними планами (друга методична схема), загальна методика проведення заняття формально залишається без змін. Але суттєво змінюється зміст самого заняття. А саме, різко зростає питома вага теоретичної частини лабораторної роботи у загальному балансі поточних оцінок. А це, в свою чергу, суттєво змінює увесь методичний сценарій проведення лабораторного заняття.

Формальну, відсутність аудиторних годин на практичні заняття ми розцінюємо як *перенос цього виду навчальних занять з аудиторної на поза аудиторну форму вивчення*. Але при такій постановці питання, що очевидно, виникає проблема організації контролю ефективності даного виду самостійної роботи студента. А такий контроль, згідно з базовими нормативними документами, що регламентують навчальний процес у вузах України, може проводитись тільки аудиторно.

То ж пропонується наступний варіант вирішення поставленої проблеми. А саме, допуск студентів до виконання лабораторної роботи здійснюється за схемою, аналогічною до схеми проведення контрольної частини практичного заняття. Тобто, проводиться відповідний поточний (мікромодульний) письмовий контроль теоретичного матеріалу, захист загальних задач та прийом індивідуальних задач. Далі студент виконує експериментальну частину лабораторної роботи, за захист результатів якої отримує ще

одну поточну оцінку.

Таким чином, на кожному лабораторному занятті, що проводиться за другою методичною схемою, студент отримує три поточних (мікромодульних) оцінки. Крім останніх, він ще отримує відповідні оцінки за модульні контролі, які проводяться в кінці кожного модуля.

У цьому випадку поточна модульна рейтингова оцінка Q_{Rj} за j -тий модуль розраховується за формулою:

$$Q_{Rj} = \frac{\sum_{i=1}^{l-1} (c_{jij} Q_{Tij} + d_{jij} Q_{Eij} + f_{jij} Q_{Kij}) + p_j}{k_j (c_j + d_j + f_j) + p_j},$$

де Q_{Pij} – поточна оцінка за розв’язання задач до l -тої лабораторної роботи j -того модуля, d_j – ваговий коефіцієнт за “практику” (рекомендується $d_j=1$).

Індивідуальна робота

У рамках модульно-рейтингової технології на цих заняттях студенти отримують методичну допомогу з розв’язання індивідуальних та загальних задач. Крім того, мають змогу “погасити” свої поточні заборгованості. Студенти, які цього бажають, на індивідуальних заняттях мають також можливість підвищити свої поточні рейтингові оцінки. Все це, з одного боку, дозволяє студентам пом’якшити можливі організаційні наслідки від отримання незадовільних контрольних оцінок, а з іншої – створює реальні можливості для підвищення свого поточного рейтингу.

Література:

1. Куліш В.В., Кулішенко В.М., Кузнецова О.Я., Пастушенко С.М. Досвід використання рейтингово-модульної системи у курсі фізики в технічному університеті // Сучасні тенденції розвитку природничо-математичної освіти. – Матеріали Міжнародної конференції. – Херсон: ХДПУ, 2002. – С.69-75.
2. Куліш В.В., Кулішенко В.М., Кузнецова О.Я., Пастушенко С.М. Досвід застосування модульно-рейтингової системи в курсі фізики для інженерних спеціальностей. // Вісник Національного авіаційного університету. – 2003. – №1. – С.151-159.
3. Куліш В.В., Кулішенко В.М., Кузнецова О.Я., Пастушенко С.М. Модульно-рейтингова система в курсі фізики для інженерних спеціальностей: досвід застосування в сучасних умовах // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики. Вип. 4, т. 2. – Кривий Ріг, 2004. – С.244-252.
4. Куліш В.В., Соловйов А.Н., Кузнецова О.Я., Кулішенко В.М. Фізика для інженерних спеціальностей. Кредитно-модульна система:

Навч. посібник. – Ч.І. – К.: НАУ, 2004. – 456с.

ИЗУЧЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ВЕЩЕСТВА В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ФИЗИКИ И ПРЕДЕЛЬНЫЕ ПЛОТНОСТИ ВЕЩЕСТВА В ПРИРОДЕ

Ю.А. Курбатов, А.Н. Подлипная

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

Знание плотности различных веществ имеет большое практическое и теоретическое значение. В этой связи при изучении физики в средней школе в самом начале курса данному вопросу уделяется значительное внимание. Уже в седьмом классе общеобразовательной школы учащиеся показывают, что тела, имеющие одинаковые объёмы, но изготовленные из разных материалов, имеют разные массы. Здесь вводится понятие плотности вещества как массы единицы его объёма. Понятие плотности вещества затем широко используется в различных разделах физики и в астрономии.

Так, например, при изучении строения кристаллов можно показать зависимость плотности кристаллических веществ от размеров и состава их элементарных ячеек. Рассмотрим это на примере [1].

Кристаллическая решётка Al – кубическая гранецентрированная, в которой минимальное расстояние между атомами $l_0 = 2,9 \text{ \AA}$. Рассчитать плотность Al по этим данным, зная атомную массу Al ($A = 27 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$) и постоянную Авогадро $N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$.

При решении этой задачи надо определить количество атомов, принадлежащих одной элементарной ячейке. Атом, расположенный в центре грани, одновременно принадлежит двум ячейкам, таких атомов по количеству граней 6 штук, значит, одной ячейке принадлежат 3 атома. Атом, расположенный в вершине ячейки, принадлежит одновременно 8 ячейкам, таких атомов 8 штук, значит, одной ячейке принадлежит один атом. Таким образом, одной ячейке принадлежит 4 атома Al. В одном моле вещества будет $N_A/4$ ячеек, а их общий объём будет:

$$V = \frac{N_A}{4} \cdot 2l_0^3 \sqrt{2}$$

где l_0 – расстояние между центром грани и вершиной элементарной ячейки.

Тогда плотность кристаллического Al будет $\rho = A/V$.

Можно решить и обратную задачу: по известной плотности и размерам элементарной ячейки определить число атомов, принадлежащих одной элементарной ячейке, а затем определить строение элементарной ячейки.

Другой интересной задачей, связанной с плотностью вещества, является оценка плотности ядерного вещества. Известно [2], что радиус ядра с хорошим приближением определяется его массовым числом A :

$$R = R_0 \cdot A^{1/3},$$

где $R_0 = (1,3 \div 1,7) \cdot 10^{-15} \text{ м}$.

Масса ядра определяется числом протонов Z и нейтронов N , входящим

в ядро. Таким образом, плотность ядерного вещества составляет величину

порядка $1,8 \cdot 10^{17} \text{ кг/м}^3$. В природе такую плотность имеют нейтронные звёзды, представляющие собой плотную упаковку вещества после его нейтролизации [3]. Эта плотность, по всей видимости, является предельно возможной плотностью вещества в природе.

Однако, согласно современным космологическим представлениям Вселенная расширяется от сверхсжатого сингулярного состояния с первоначальной плотностью 10^{96} кг/м^3 до её сегодняшней средней плотности 10^{27} кг/м^3 [4]. По гипотезе [5] в далёком прошлом, когда плотность Вселенной была чудовищно велика, имелась возможность образования сгустков материи сколь угодно высокой плотности, получивших название первичных (реликтовых) чёрных дыр. Но до сих пор обнаружить их во Вселенной не удалось и вряд ли когда-либо будет найдено подтверждение этой гипотезы.

Однако во Вселенной найдены чёрные дыры как продукт эволюции звёзд [3]. Можно показать, что плотность этих чёрных дыр обратно пропорциональна квадрату массы звезды. Действительно, гравитационный радиус чёрной дыры [3]:

$$R_g = 2GM/c^2,$$

где M – масса звезды, G – гравитационная постоянная, c – скорость света в вакууме.

Тогда плотность вещества чёрной дыры:

$$\rho = 3c^6/32\pi G^3 M^2 \approx (7,3 \cdot 10^{79})/M^2 \text{ (кг/м}^3\text{)}$$

Для звёзд типа Солнца, плотность гипотетической чёрной дыры составляет величину порядка $1,8 \cdot 10^{19} \text{ кг/м}^3$, что на два порядка выше ядерной плотности. Поэтому чёрные дыры могут образоваться в результате эволюции звёзд, массы которых на порядок и более превосходят массу Солнца. Плотность вещества таких чёрных дыр будут иметь порядок ядерной плотности и меньше. Такие объекты найдены во Вселенной, например, объект X-1 в созвездии Лебедя с массой около 10 солнечных.

Литература:

1. Методические разработки по математике и физике для абитуриентов. – М.: МФТИ, 1984. – 88 с.
2. Савельев И.В. Курс общей физики. Т. 3. – М.: Наука, 1979. – 304 с.
3. Дагаев М.М., Климишин И.А., Чаругин В.М. Астрономия. – М.: Просвещение, 1983. – 384 с.
4. Морозова Н.Д. Прошлое и будущее Вселенной. – М.: Наука, 1986. – 176 с.
5. Зельдович Я.Б., Новиков Н.Д. Релятивистская астрофизика. – М.: Наука, 1967. – 380 с.

УЧЕТ ДИДАКТИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПРОГРАММНО-ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА ПО КУРСУ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

И.М. Лагунов

г. Симферополь, Таврический национальный университет
им. В.И. Вернадского
Lagunov@mail.strace.net

В научно-методической литературе широко описаны дидактические принципы [9, 15], но менее отражено действие данных принципов при использовании отдельных инновационных педагогических технологий в учебном процессе [14]. Однако, **проблема** заключается в том, что дидактические принципы необходимо учитывать значительно раньше, еще на этапе формирования педагогической технологии. Особенно это относится к инновационным технологиям, которые в настоящее время интенсивно разрабатываются и внедряются в учебный процесс. К сожалению, научно-методических работ такого направления (анализирующих этап формирования педагогической технологии) недостаточно [8], хотя дидактика педагогической технологии определяет систему правил не только проведения и анализа результатов, но и формирования самой технологии.

Вопросам дидактики большое внимание всегда уделял наш Учитель – Александр Васильевич Сергеев [10, 11, 12, 13], научные работы которого оказывают и далее будут оказывать большое влияние на педагогическую деятельность в Украине и за ее пределами.

Цель данной работы – на примере одной инновационной педагогической технологии «программно-лабораторный комплекс» (ПЛК) по курсу общей физики [8, с. 290] показать, как учитывались основные дидактические принципы при ее формировании и на каких этапах выполнения работ комплекса действие данных принципов максимально эффективно.

Учитывая активизацию интереса к компьютеризированным физическим практикумам (например, дискуссия на семинаре по методике физики Национального педагогического университета им. М.П. Драгоманова в декабре 2004 года, [14] и т.д.), необходимо отметить некоторые моменты. Вопросы эффективности применения в учебном процессе компьютеризированных физических практикумов рассматриваются во многих научно-методических работах [5, 6, 14, а также списки литературы к ним]. Мнения авторов сильно различаются по оценке эффективности различных модификаций таких практикумов. Относительно «программно-лабораторного комплекса», который разрабатывался длительное время под руководством А.В. Сергеева и разрабатывается далее его учениками, следует уточнить следующее:

- концепция «программно-лабораторного комплекса» изначально базируется-

ся на обязательном выполнении лабораторных работ по курсу общей физики, так как полностью поддерживается тезис, что «при навчанні студентів фізики на віртуальних моделях завжди існує ризик одержати віртуального фахівця» [14, с. 419];

- данная технология предназначена для студентов очной формы обучения (однако, частично может быть применена и в системе дистанционного обучения);

- к программно-лабораторному комплексу можно отнести тезис «в процесі навчання фізики робота з реальними об'єктами (процесами, явищами) має перебувати роботі з моделями. Інакше виникає ризик комп'ютерну підтримку лабораторного експерименту перетворити на його комп'ютерну дискредитацію» [14, с.419];

- также можно согласится с авторами работы [14, с. 419], что виртуальный физический практикум (имеется ввиду без лабораторной части) целесообразно применять «з метою домашньої підготовки до майбутньої роботи з реальним обладнанням», особенно для будущих физиков и учителей физики;

- в отличие от системы дистанционного обучения, программно-лабораторный комплекс предусматривает подготовку «до майбутньої роботи з реальним обладнанням» не только дома, но и самостоятельно в учебном заведении (и в аудиторное время, если есть такая возможность и запланировано).

Далее в работе проанализирована часть дидактических принципов [4, с. 89], учитываемых при формировании программно-лабораторного комплекса.

Принцип научности обучения. Данный принцип требует учитывать связь между содержанием науки и содержанием педагогической технологии. Таким образом, на этапе формирования ПЛК необходимо внести в работы комплекса информацию, которая в дальнейшем, в процессе выполнения работ, позволит студентам ознакомиться с объективными научными законами, явлениями, фактами и понятиями соответствующего раздела науки, а также с современными достижениями в ней. Согласно [2, с. 13], «особлива дидактична субстанція – змістовна навчальна інформація».

При формировании работ ПЛК данный принцип учитывается в их тематике и заданиях. Например, для раздела «Механика» курса общей физики характерны работы: «Изучение законов динамики на машине Атвуда»;

«Проверка основного закона вращательного движения с помощью маятника Обербека»; «Проверка выполнения закона сохранения импульса при столкновении шаров». Таким образом, осуществляется проверка основных законов данного раздела физики и методически нецелесообразно в следующих работах ставить отдельные задания, которые дублировали бы предыдущие работы. Такое дублирование может только привести к неоправданной потере времени на изучение однотипного учебного материала или перегрузке

студентов, если число учебных тем не сокращено. Далее необходим ряд работ по изучению новых понятий, которые не входят в план средней образовательной школы или изучаются в ней факультативно (в большинстве случаев). Для этого в комплекс вводятся работы, например, «Определение момента инерции твердых тел методом крутильных колебаний», «Определение модуля Юнга» и т.д. Спорные и не устоявшиеся в науке вопросы целесообразно включать в работы программно-лабораторного комплекса по курсу общей физики при его разработке, так как это, в дальнейшем, может привести к формированию у студентов неправильного мировоззрения.

Также необходимо отметить, что научная информация, которую планируется изучить в курсе общей физики, отличается стабильностью. Учет современных научных достижений при формировании работ ПЛК в курсе общей физики затруднителен и нецелесообразен, так как предусматривает наличие уникального (а не серийного, как для курса общей физики) лабораторного оборудования, способствующего раскрытию новых научных достижений. Можно рекомендовать учитывать современные достижения конкретного раздела науки при формировании работ ПЛК по спецдисциплинам на старших курсах высших учебных заведений, в которых имеется оборудование двойного назначения (для научных исследований и учебного процесса).

При формировании компьютерной части ПЛК учитывалось, что «комп'ютерні навчальні програми дають змогу передавати таку інформацію й у такому обсязі, котрий непосильний для словесних методів» [1, с. 196].

В работах программно-лабораторного комплекса изучение законов (процессов, явлений) физики проводится и в компьютерной и в лабораторной частях. В компьютерной части ПЛК студент выполняет задания, ориентированные на работу с компьютерной моделью экспериментальной физической установкой, а в лабораторной части он непосредственно работает на данной установке. Отметим, что «компьютерное изучение законов физики» предполагает только предварительное ознакомление с данными законами, формирование знаний, но не убеждений. Здесь учитывалось мнение одного из ведущих ученых Украины А.И. Бугайова, что «комп'ютерне моделювання – моделювання з допомогою комп'ютера – розкриває ще більші можливості для моделювання фізичних явищ і процесів» [3, с. 8]. Оставить знания, полученные при работе с компьютерной моделью, без лабораторного подтверждения нельзя, так как в таком случае при выполнении работ комплекса не будет осуществлен дидактический принцип научности обучения. Без лабораторного подтверждения знания студента базируются скорее на знаниях, сознательном отношении к труду и совести физика-методиста и программиста (разработчиков компьютерной части), а не на законах природы. Получение только «виртуальных» знаний не имеет ничего общего с дидактическим принципом научности обучения и не может быть рекомендовано для учебного процесса.

Принцип наглядности обучения. Согласно данному принципу, в процессе передачи знаний студенту, необходимо использовать наглядные пособия, объекты, оптимизированные схемы и т.д. Наглядность помогает не только в передаче, но и в дальнейшем закреплении знаний. Например в [15, с. 77], отмечается: «Используйте различные виды наглядности – натуральные объекты, схемы, картинки, карты, муляжи, изображения на экране». Компьютерная модель в ПЛК визуализируется в виде динамического изображения на экране.

В процессе формирования работ программно-лабораторного комплекса требования данного принципа учитываются:

- на этапе разработки интерфейса пользователя программной средой;
- при разработке компьютерной модели;
- при оптимизации отображения статистических данных процесса выполнения работы;
- при составлении формы отчетности за выполненную работу.

Интерфейс пользователя обучающей программой не должен копировать все известные интерфейсы. Например, использование многочисленных гиперссылок и формат HTML можно рекомендовать, как правило, только для справочной информации (или как один из вариантов электронной методической информации, встроенной в ПЛК). Применение в работах ПЛК подобных форматов не отвечает дидактическому принципу наглядности. Принципу наглядности более отвечает:

- древовидная структура представления этапов компьютерной части работы и выполнения заданий, которая выступает аналогом визуальной структурированности учебного материала;
- уменьшение числа окон, необходимых на конкретном этапе работы для выполнения задания;
- цветовое отличие текстовых сообщений для выполненных и еще не выполненных заданий (предполагается, что студенту дозволено повторение отдельных этапов и заданий ПЛК, например, ознакомление с методическими материалами, просмотр видеороликов).

Для выполнения требований данного дидактического принципа в работе ПЛК в качестве наглядного объекта вводится компьютерная модель экспериментальной установки. Для повышения уровня наглядности при разработке компьютерной модели необходимо учитывать:

- современные возможности ее визуализации (например, текстурированная полупрозрачная, мультимедийная 3D модель);
- методически значимые функциональные особенности модели (например, изменение числа степеней свободы модели в зависимости от цели занятия, уровня учебной группы и аудиторного времени);
- внутренние и внешние связи модели (например, манипуляция на лицевой панели модели лабораторных приборов приводит в действие отдельные динамические части всей экспериментальной установки).

Для отображения процесса выполнения работы необходимо еще на этапе формирования ПЛК сопоставить отдельную информацию с различными видами графиков или диаграмм. Например, методически целесообразно выводить на дисплей время выполнения работы в виде секторной диаграммы, а не абсолютное численное значение, которое затем нужно сопоставить в уме с аудиторным временем. Столбиковые диаграммы эффективно визуализируют прохождение тестового этапа ПЛК, а графические зависимости удобно использовать для вывода функциональных зависимостей физических величин.

При формировании ПЛК, с учетом дидактического принципа наглядности, учитывались определения (демонстрации, компьютерной визуализации учебной информации, исследуемого объекта и компьютерного эксперимента) данные в [1, с. 194-195].

В работы ПЛК целесообразно ввести видеoinформацию по изучаемой теме (видеоролик, фотоизображения экспериментальной установки и отдельных ее частей, фотоизображения учебного процесса и т.д.). Применение различных видеообъектов оказывает положительное влияние на развитие наблюдательности, мышления, внимания и в целом интереса к учебе.

Необходимо отметить, что нельзя увлекаться чрезмерным количеством наглядной информации. Это также учитывалось при формировании работ ПЛК, например, на дисплей компьютера выводится только одно фотоизображение для отдельного этапа компьютерной части работы, но различные для разных этапов.

Разнообразные элементы компьютерной графики используются на всех этапах выполнения работ комплекса, так как при их формировании учитывалось мнение, что «комп'ютерна графіка, що поєднує в собі науку, мистецтво і технології стає тепер одним із ефективних засобів навчання фізики» [3, с. 8].

Принцип прочности получения знаний. Выполнение данного принципа в процессе обучения достаточно сильно зависит от психологических и физиологических особенностей студента. Даже если при формировании педагогической технологии учтены отдельные дидактические принципы, то это еще не означает, что принцип прочности получения знаний будет выполняться для большинства студентов в учебной группе.

Как известно, сильное воздействие на прочность знаний оказывает повторение материала (народная мудрость). При формировании ПЛК (и концепции и отдельных работ) это учитывалось в следующих двух вариантах повторений:

- возможность многократного самостоятельного повторения студентом учебного материала через повторное выполнение обучающей программы (компьютерная часть ПЛК);
- дублирование учебной информации в компьютерной и лабораторной частях ПЛК.

Дублирование учебной информации, в данном случае, не относится к неоправданной потере времени. Например, в [15, с. 79] даются следующие рекомендации: «Изучайте материал с разных сторон и с помощью различных видов деятельности». Этот тезис также можно считать основополагающим в концепции «программно-лабораторного комплекса» и при формировании его работ. Компьютерная и лабораторная части конкретной работы ПЛК отображают функционирование одной и той же экспериментальной установки, таким образом, проводится обучение с разных сторон и с помощью различных видов деятельности [6, с. 127].

В следующих работах по данному направлению необходимо рассмотреть влияние других дидактических принципов на формирование работ программно-лабораторного комплекса и выполнение этих принципов непосредственно в учебном процессе.

В заключении хотелось бы отметить, что научно обоснованная методика формирования инновационной педагогической технологии способствует не только улучшению учебного процесса, но и дальнейшему развитию самой технологии.

Литература:

1. Афанасьева Н.І., Сергеев О.В. До питання про термінологію у навчальному фізичному експерименті та в засобах його реалізації // Наукові записки. – Серія: Педагогічні науки. – Засоби реалізації сучасних технологій навчання. – Випуск 34. – Кіровоград: РВЦ КДПУ ім. В. Винниченка. –2001. – С. 193-197.

2. Богданов І.Т., Сергеев О.В. Дидактична сутність навчання (інноваційний підхід до вивчення фізики) // Наукові записки. – Серія: Педагогічні науки. – Засоби реалізації сучасних технологій навчання. – Випуск 34. – Кіровоград: РВЦ КДПУ ім. В. Винниченка. – 2001. – С. 12-16.

3. Бугайов О.І. Сучасний погляд на розвиток наочності у навчанні фізики //Вісник Чернігівського державного педагогічного університету ім. Т.Г.Шевченка. Випуск 9. Серія: педагогічні науки: Збірник. – Чернігів: ЧДПУ, 2001. – № 9. – С. 5 -8.

4. Гончаренко С.У. Український педагогічний словник. – Київ: Либідь, 1997. – 376с.

5. Гордиенко Т.П., Лагунов И.М., Самойленко П.И., Сергеев А.В. Применение инновационных технологий при подготовке к лабораторным работам // Специалист. – 2001. – №12. – С.22-25.

6. Гордиенко Т.П., Лагунов И.М., Сергеев А.В. Компьютерный тренинг по работам лабораторного практикума курса общей физики // Инновационный потенциал Таврического национального университета им. В.И. Вернадского /Приложение к научно-практическому дискуссионно-аналитическому сборнику «Вопросы развития Крыма». Научное издание. – Симферополь: Таврия-Плюс, 2002. – С. 127 –129.

7. Гуляева Т.В., Сергеев О.В. Лабораторні роботи з фізики як інтегруючий чинник // Наукові записки. – Випуск 51. – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВЦ КДПУ ім. В. Винниченка. – 2003. – Частина 2. – С.94–99.

8. Лагунов И.М., Сергеев А.В. Методика развития педагогической технологии на примере декомпозиции физического практикума // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. Випуск 4: В 3-х томах. – Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2004. – Т. 2: Теорія та методика навчання фізики. – С.287–295.

9. Подласый И.П. Педагогика. Новый курс: Учебник для студ. пед. вузов: В 2 кн. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2000. – Кн. 1: Общие основы. Процесс обучения. – 576с.

10. Самойленко П.И., Сергеев А.В. Развитие дидактики физики как инновационный процесс // Специалист. – 1997. - №4. – С. 28-31; №5. – С. 29-32; №6. – С.34-37.

11. Сергеев О.В. Метод і спосіб у дидактиці фізики // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка. Випуск 13. Серія: педагогічні науки: Збірник. У2-х т. – Чернігів: ЧДПУ, 2002. – №13. – Т 1. – С. 124 – 127.

12. Сергеев О.В. Мотивоване управління самостійною діяльністю студентів // Наукові записки. – Серія: Педагогічні науки. – Випуск 42. – Кіровоград: РВЦ КДПУ ім. В. Винниченка. – 2002. – С.198-202.

13. Сергеев О.В. Теоретичні засади дидактики фізики // Збірник наукових праць: Спеціальний випуск / гол. ред. В.Г. Кузь та інші. – К.: Науковий світ, 2001. – С.7–11.

14. Теплицький І.О., Семеріков С.О. «Віртуальний фізичний лабораторний практикум» як актуальна проблема сучасної дидактики / Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. Випуск 4: В 3-х томах. – Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2004. – Т. 2: Теорія та методика навчання фізики. – С. 414 –421.

15. Хуторской А.В. Современная дидактика: Учебник для вузов. – СПб.: Питер, 2001. – 544 с.

ДВА ПІДХОДИ ДО ВИВЧЕННЯ МОДЕЛЕЙ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

Ю.Г. Лотюк^а, О.Є. Щодро^б

м. Рівне, Міжнародний університет “Рівненський економіко-гуманітарний інститут” імені академіка Степана Дем’янчука

^аlotyuk@rivne.com

^бaleug@ukrwest.net

При проведенні практично-лабораторних занять з курсів “Теорія систем” та “Моделювання складних систем” зі студентами 4-х і 5-х курсів спеціальностей “Інформатика” Міжнародного університету “РЕГП” ім. акад. С. Дем’янчука, розглядаються складні математичні моделі. Вони можуть бути побудовані як на основі систем звичайних диференційних рівнянь разом з початковими умовами (задачі з підручників), так і не мати достатньо простого аналітичного розв’язку, який студент може отримати на протязі однієї–двох пар (реальні практичні задачі).

На прикладі динамічної моделі вільних коливань у системі з багатьма ступенями вільності покажемо процес створення та дослідження моделі як засобами додатку Simulink [4], так і засобами символічних перетворень пакету Mathematica [3]. На практичних заняттях та на лабораторних роботах з “Моделювання складних систем” від студентів вимагається дослідити модель двома методами, виконуючи розрахунки у двох середовищах. Порівняння їх дає більш повну інформацію про модель та дозволяє оцінити взаємні переваги та недоліки двох методів.

Аналіз фізичних властивостей об’єктів задачі та її декомпозиція за силами, що діють на елементи, проводиться безпосередньо перед її розв’язанням. Внаслідок проведеного аналізу записується система диференційних рівнянь, що лежить в основі моделі. Після отримання диференційних рівнянь аналізується їх розв’язок. Причому, при детерміністичному завданні умов задачі розв’язок аналізується безпосередньо.

При стохастичному моделюванні на основі заданих стохастичних диференціальних рівнянь імітуються діючі на систему випадкові фактори, як правило, на основі генераторів випадкових чисел. Але такого роду задачі розв’язуються студентами в ході курсового та дипломного проектування. На практичних заняттях для вивчення властивостей моделі частіше аналізуються розв’язки диференціальних рівнянь.

У випадку неможливості або складності виведення диференціальних рівнянь застосовується імітаційна модель фізичного явища, більш наочна та сприятлива для розуміння студентів. Хоча вона менш точна, порівняно з аналітичною моделлю, але вона простіша і зручніша у користуванні. Студент конструює досліджувану схему зі стандартних блоків графічної бібліотеки. Після побудови схеми використовуються підпрограми, що реалізують у чисельному або графічному вигляді алгоритми обробки або аналізу заданої схеми.

Для ілюстрації вищенаведених підходів та принципів наведемо повний розв'язок двома методами задачі про вільні коливання двох зв'язаних пружних мас, яка поставлена і описана в роботі [1].

Задача. Дослідити вільні коливання у системі з багатьма ступенями вільності на прикладі системи зв'язаних візків (рис. 1). Знайти закон зміни узагальнених координат візків від часу $q(t)$. Дослідити, як змінюється характер коливань в залежності від маси візка, жорсткості пружини, коефіцієнту опору руху.

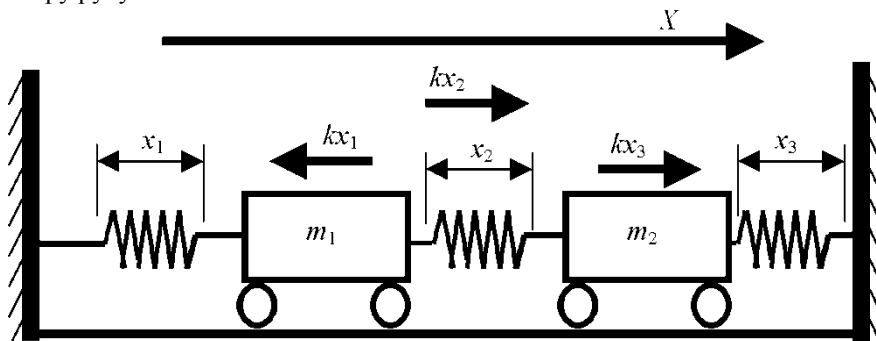


Рис. 1. Механічна схема задачі.

Найбільш загальним методом аналізу руху консервативних систем з багатьма ступенями вільності є метод рівнянь Лагранжа, які мають вигляд

$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} - \frac{\partial L}{\partial q_i} = 0$, де $L = T - U$ – функція Лагранжа [2], U та T – відповідно

потенціальна та кінетична енергія системи. Для системи з двома ступенями вільності

$$U = \frac{1}{2} a_1 q_1^2 + \frac{1}{2} a_2 q_2^2 + a_{12} q_1 q_2, \quad T = \frac{1}{2} b_{11} \dot{q}_1^2 + \frac{1}{2} b_{22} \dot{q}_2^2 + b_{12} \dot{q}_1 \dot{q}_2$$

рівняння руху набувають вигляду:

$$\begin{aligned} & b_{11} \ddot{q}_1 + b_{12} \ddot{q}_2 + a_{11} q_1 + a_{12} q_2 = 0; \\ & b_{12} \ddot{q}_1 + b_{22} \ddot{q}_2 + a_{21} q_1 + a_{22} q_2 = 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Можливо відразу розв'язати цю систему диференціальних рівнянь символьними засобами пакету Mathematica, але для наочності виконаємо всі кроки, згідно [1]. Оскільки система (1) є системою лінійних диференціальних рівнянь з постійними коефіцієнтами, то її розв'язок можна шукати в екпо-

ненціальному вигляді. Запишемо функції для $q_1(t)$ та $q_2(t)$ $q_1[t] = A * e^{i\omega t}$,
і підставимо їх значення у рівняння:

$$b_{1,2} * D[q_1[t], \{t, 2\}] + b_{2,2} * D[q_2[t], \{t, 2\}] + a_{1,2} * q_1[t] + a_{2,2} * q_2[t]$$

$$A e^{i t \omega} a_{1,2} + B e^{i t \omega} a_{2,2} - A e^{i t \omega} \omega^2 b_{1,2} - B e^{i t \omega} \omega^2 b_{2,2}$$

Ця підстановка перетворює систему (1) на систему двох лінійних однорідних алгебраїчних рівнянь щодо амплітуд A та B , тому виділимо члени при коефіцієнтах A та B :

Ця система має нетривіальний розв'язок лише тоді, коли її визначник дорівнює нулеві. Таке рівняння називається характеристичним. Розв'язуючи його, можна знайти власні частоти досліджуваної системи:

$$\text{Viznachnik} = (a_{1,1} - \omega^2 b_{1,1}) * (a_{2,2} - \omega^2 b_{2,2}) - (a_{1,2} - \omega^2 b_{1,2}) * (a_{1,2} - \omega^2 b_{1,2})$$

$$- (a_{1,2} - \omega^2 b_{1,2})^2 + (a_{1,1} - \omega^2 b_{1,1}) (a_{2,2} - \omega^2 b_{2,2})$$

Введемо позначення: $\omega^2 = \frac{a_{11}}{b_{11}}$, $\omega^2 = \frac{a_{22}}{b_{22}}$ — парціальні частоти: частоти

коливань змінної q_1 при $q_2=0$, q_2 при $q_1=0$.

a^2 b^2 — відповідно “силові” та “інерційний” коефіцієнти

$k^2 = \frac{a_{12}}{a_{11} a_{22}}$, $k^2 = \frac{a_{12}}{b_{11} b_{22}}$

зв'язку. Виконаємо відповідні підстановки у характеристичному рівнянні:

$$\text{Viznachnik} = \text{Viznachnik} / . \mathbf{a_{1,1}} \rightarrow \omega_{0,1}^2 * \mathbf{b_{1,1}}$$

$$- (a_{1,2} - \omega^2 b_{1,2})^2 + (a_{2,2} - \omega^2 b_{2,2}) (\sqrt{\omega^2 b_{1,1} + b_{1,1} \omega_{0,1}^2})$$

$$\text{Viznachnik} = \text{Viznachnik} / . \mathbf{a_{2,2}} \rightarrow \omega_{0,2}^2 * \mathbf{b_{2,2}}$$

$$- (a_{1,2} - \omega^2 b_{1,2})^2 + (\sqrt{\omega^2 b_{1,1} + b_{1,1} \omega_{0,1}^2}) (\sqrt{\omega^2 b_{2,2} + b_{2,2} \omega_{0,2}^2})$$

$$\text{Viznachnik} = \text{Viznachnik} / . \mathbf{a_{1,2}} \rightarrow \sqrt{\mathbf{k_{\alpha}^2 * a_{1,1} * a_{2,2}}}$$

$$- \left(\sqrt{k_{\alpha}^2 a_{1,1} a_{2,2}} - \omega^2 b_{1,2} \right)^2 + (\sqrt{\omega^2 b_{1,1} + b_{1,1} \omega_{0,1}^2}) (\sqrt{\omega^2 b_{2,2} + b_{2,2} \omega_{0,2}^2})$$

$$\text{Viznachnik} = \text{Viznachnik} / . \mathbf{b_{1,2}} \rightarrow \sqrt{\mathbf{k_{\beta}^2 * b_{1,1} * b_{2,2}}}$$

$$- \left(\sqrt{k_{\alpha}^2 a_{1,1} a_{2,2}} - \omega^2 \sqrt{k_{\beta}^2 b_{1,1} b_{2,2}} \right)^2 + (\sqrt{\omega^2 b_{1,1} + b_{1,1} \omega_{0,1}^2}) (\sqrt{\omega^2 b_{2,2} + b_{2,2} \omega_{0,2}^2})$$

Simplify [Viznachnik]

$$(\omega_{0,1}^2 - \omega^2) (\omega_{0,2}^2 - \omega^2) - (k_{\alpha} \omega_{0,1} \omega_{0,2} - \omega^2 k_{\beta})^2$$

Характеристичне рівняння може бути подане у вигляді $(\omega^2 - \omega^2)(\omega^2 - \omega^2) - (k\omega\omega - \omega^2 k)^2 = 0$. (2)

01 02 a 01 02 b

Розв'яжемо це рівняння символічними засобами пакету Mathematica:

Solve [Viznachnik == 0, {ω}]

Враховуючи вищезгадані підстановки, отримуємо:

$$q_1[t] = A_1 * e^{i*\omega_1*t} + A_2 * e^{-i*\omega_1*t} + A_3 * e^{i*\omega_2*t} + A_4 * e^{-i*\omega_1*t}$$

$$e^{i*t*\omega_1} A_1 + e^{-i*t*\omega_1} A_2 + e^{i*t*\omega_2} A_3 + e^{-i*t*\omega_1} A_4$$
(3)

$$q_2[t] = k_\alpha (A_1 * e^{i*\omega_1*t} + A_2 * e^{-i*\omega_1*t}) + k_\beta (A_3 * e^{i*\omega_2*t} + A_4 * e^{-i*\omega_2*t})$$

$$(e^{i*t*\omega_1} A_1 + e^{-i*t*\omega_1} A_2) k_\alpha + (e^{i*t*\omega_2} A_3 + e^{-i*t*\omega_2} A_4) k_\beta$$

Візьмемо для прикладу такі початкові умови: при $t=0$ $q_1(t)=A_0$, $\dot{q}_1(t)=0$, $q_2(t)=0$, $\dot{q}_2(t)=0$ – у початковий момент часу обидва осциляторинерухомі, перший із них відхилений, а другий перебуває в положенні рівноваги

Остаточно отримаємо $A_1=A_2$, $A_3=A_4$, $A_3 = \frac{k_\alpha * A_0}{2 * (k_\alpha - k_\beta)}$.

Підставимо отримані значення у (3), виконуючи заміни оператором “/.”, наприклад $-q_1[t] = q_1[t] / A_1 \rightarrow \frac{k_\beta * A_0}{2 * (k_\alpha - k_\beta)}$.

Візуалізуємо отримані функції залежності узагальнених координат візків від часу (рис. 2).

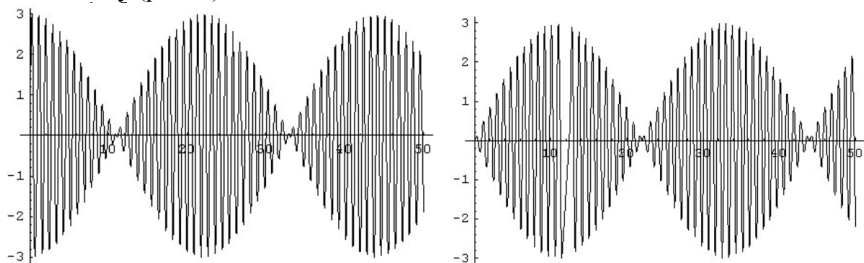


Рис. 2. Закон зміни узагальнених координат візків від часу $q_1(t)$ та $q_2(t)$

Побудуємо імітаційну модель системи, описаної у задачі. На перший візок діє сила $F_1 = -k_1x_1 - k_2x_2 + k_3x_3$, а на другий – $F_2 = -k_1x_1 + k_2x_2 + k_3x_3$. Знаючи ці сили та масивізків, визначимо миттєве прискорення візків:

$$a = \frac{-k_1x_1 - k_2x_2 + k_3x_3}{m}, a = \frac{-k_1x_1 + k_2x_2 + k_3x_3}{m}, \text{ де } k - \text{коєфіцієнти пружності}$$



пругин, x – розтяг пружин, m – маса візків. Визначивши миттєве прискорення, знайдемо миттєве переміщення візків $\Delta x = \frac{a \Delta t^2}{2} + \Delta V_i t$. На кожній

ітерації будемо визначати координати x_i візків $x^n = x^{n-1} - \Delta x$, $x^n = x^{n-1} + \Delta x$,

1 1 1 2 2 2

$x^n = x^{n-1} - \Delta x$ та миттєву швидкість $V^n = V^{n-1} + a \Delta t$, де n – номер ітерації, i –

3 3 3 i i

номер візка.

Зобразимо побудовану імітаційну модель за допомогою типових динамічних блоків у робочому листі MatLab.

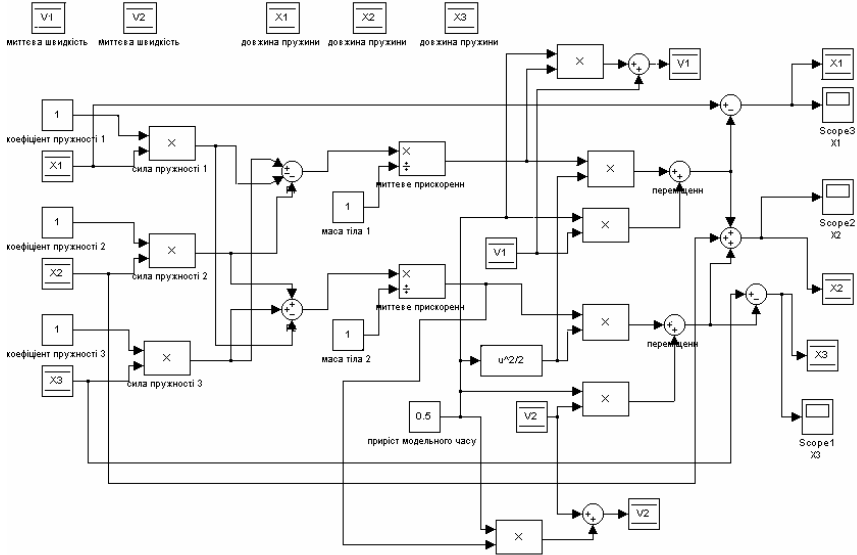


Рис. 3. Імітаційна модель задачі

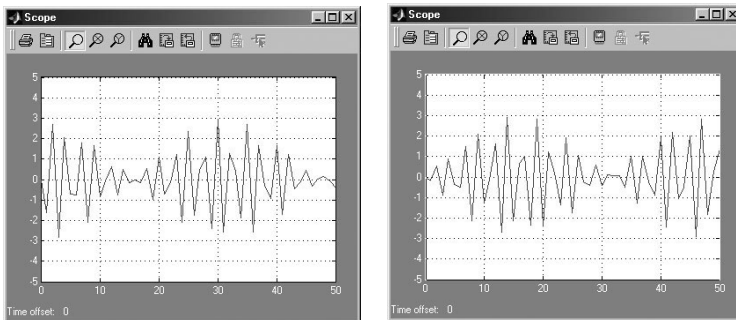


Рис. 4. Закон зміни узагальнених координат візків від часу $q_1(t)$ та $q_2(t)$ на основі імітаційної моделі задачі

Проаналізувавши результати моделювання, робимо висновок, що коли-

вання кожної із змінних являють собою биття з періодом $T = \frac{2\pi}{\omega_1 - \omega_2}$. Для

двох змінних ці биття протифазні. Отже, між парціальними осциляторами відбувається обмін енергією, що підтверджує теоретичні викладки.

На відміну від простого подання лектором матеріалу, потрібно надати студенту можливість самому вивести всі формули та дослідити властивості системи у середовищі Mathematica.

Результатом роботи студента за одне-два заняття є аналітично виведені рівняння руху елементів системи у символній формі та результати імітаційного моделювання. Їх порівняння дозволяє студенту зробити висновок про характер якісної поведінки системи, який має бути однаковим за результатами дослідження двома методами. Студентам також можуть бути пояснені причини відмінності у поведінці розв'язків у двох випадках: на рис. 2 зображено результати аналітично-символьного моделювання, яке отримано для більш ідеалізованих умов, а на рис. 4 – результати імітаційного моделювання реальної системи.

Авторами пропонується для розв'язання складних задач моделювання використовувати як мінімум аналітичний та імітаційний методи, характеризувати роботу моделі на основі узагальнених висновків, що впливають з двох методів.

Література:

1. Анісімов І.О. Коливання та хвилі: Навчальний посібник. – К.: Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 2001. – 218с.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика. – М.: Физматгиз, 1958.– С. 10–21.
3. Дьяконов В.П. Mathematica 4.1/4.2/5.0 в математических и научно-технических расчетах. – М.: Солон, 2004. – 696с.:ил.
4. Дьяконов В.П. Matlab 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5. Основы применения. Полное руководство пользователя. – М.: Солон, 2002. – 768с.:ил.

ОЗНАЙОМЛЕННЯ ШКОЛЯРІВ З ФУНДАМЕНТАЛЬНИМИ УЯВЛЕННЯМИ СУЧАСНОЇ ФІЗИКИ

С.Ф. Лягушин, О.Й. Соколовський
м. Дніпропетровськ, Дніпропетровський національний університет
lyagush@ff.dsu.dp.ua

1. Криза фізики у школі і шляхи її подолання

Сучасне викладання фізики у школі перебуває у кризі. У значній мірі вона викликана відсутністю фізики серед предметів, які необхідно складати для вступу до переважної більшості вищих навчальних закладів.

Кризовий стан шкільної фізики вимагає не опису, не аналізу, не зітхань, а конкретних дій. Постає питання, як викладати фізику, що після революційного для неї 20-ого століття продовжує невпинно розвиватися, в незацікавленій, слабко підготовленій аудиторії. Більшість учителів під тиском обставин зводить фізику до набору формул – тоді розв’язування задач набуває вигляду пригадування формул і подальшої підстановки туди чисел. Чи можна щось протиставити цій тенденції, коли не вистачає часу на розгляд найважливіших явищ і закономірностей? Автори пропонують **зайняти наступальну позицію** й шукати способи донесення фізичних знань до широкого загалу, долаючи добре відомі труднощі.

По-перше, слід рішуче **переорієнтувати заняття з фізики з лише відпрацювання формул до розповіді з метою формування в учнів розуміння явищ та створення їх зорового образу**. Розуміння фізики звичайно базується на моделях класичної механіки, суттєвою складовою яких є просторові уявлення. Відомий приклад – нерозуміння Ейнштейном квантової механіки, неприйняття ним первинності випадкового. Розвиток просторової уяви може бути забезпечений демонстраційним експериментом, наочними засобами, апелюванням учителя до побутового досвіду. Нова позитивна тенденція, яка може допомогти в цій справі, – це комп’ютеризація шкіл і можливість використання комп’ютерних засобів унаочнення. Ми розуміємо, що у повітрі зависає питання про наявність кваліфікованих педагогічних кадрів, здатних до такого викладання фізики: звичайно, особистість педагога відіграє (після наявності мотивації) визначальну роль у навчальному процесі; більш того, талановитий учитель може зацікавити аудиторію своїм предметом, створити навіть культову атмосферу навколо нього. Але за будь-яких умов можна ввімкнути такий суб’єктивний чинник, як правильне орієнтування вчителів органами освіти. Якщо контрольні зрізи складатимуться не з задачок “на формули”, а з питань, які перевіряють саме розуміння основ науки, що вивчається, вчителі прагнутимуть виробити в учнів бачення суті явищ і процесів. Скажемо чесно: перевіряти розуміння незрівнянно складніше, ніж запам’ятовування, методика такої перевірки гідна серйозної розробки, а спроби чесно контролювати знання з фізики задачами

середнього рівня складності дають, як правило, невтішні результати. Такий зріз забезпечує фізикам ДНУ Регіональний центр моніторингу освіти.

По-друге, **допомогу фізикам можуть і повинні надати математики**. Слід наблизити викладання математики основній масі школярів до практичних потреб, тобто до здатності робити кількісний аналіз ситуацій, які виникають у побуті та на виробництві. Той рівень формальності у піднесенні математичного матеріалу, який існує зараз у школі, виправданий тільки стосовно тієї дуже обмеженої частини учнів, яка буде у подальшому займатися чистою математикою (хоча й чисті математики часто стверджують, що їх математична уява предметна, тобто по суті фізична). Характерно те, що текстові задачі з математики, які пропонуються абітурієнтам, де треба самостійно скласти рівняння або нерівності, викликають найбільші труднощі. Діти психологічно налаштовані на роботу з формулами, де є x і y , і не впізнають добре знайомі математичні співвідношення, наприклад, квадратні рівняння, записані в інших позначеннях, які виникають у фізичних задачах. Учні не вміють проводити елементарні чисельні оцінки, не користуючись калькулятором. Навчити школярів працювати з векторами (у звичайному тривимірному просторі), які дуже потрібні вже 9-класникам, – це завдання математиків, на наш погляд. Так само допомогло б вивченню фізики відпрацювання, можливо, без зайвої математичної строгості, як у книжці Я.Б. Зельдовича [1], понять похідної, диференціала, інтеграла (особливо, визначеного). На жаль, гідної допомоги шкільна фізика в цьому не отримує. З одного боку, математика викликає інтерес у школярів завдяки її алгоритмізованості й збереженню у переліку вступних іспитів багатьох ВНЗ, її непогано знають, з іншого – математичні перетворення та обчислення у фізичних задачах сприймаються більшістю як серйозна перешкода на шляху до розв'язку. Усі ці питання один з авторів (С.Л.) піднімав ще 1999 року [2]. Математика й інформатика зараз ефективно розвивають формально-логічне мислення, а творче діалектичне мислення не набуває розвитку в учнів, і це є проблема суспільства в цілому, яка потребує якнайшвидшого усвідомлення і спільних дій.

По-третє, **інтерес до фізики повинні стимулювати періодика, науково-популярна література** (у тому числі, в комп'ютерному варіанті), передачі радіо та телебачення. Чудовий журнал “Світ фізики” видають львів'яни, цей журнал добре працює й на патріотичне виховання юнаків і дівчат. Але його наклад усього 1000 примірників! Напевне, потрібна державна підтримка науково-популярних видань і редакцій фізики.

По-четверте, **не знімається з порядку денного питання про збільшення кількості годин на фізику, повернення її до числа обов'язкових у школі та до переліку вступних випробувань вищих навчальних закладів природничого та інженерного профілів**.

По-п'яте, **значну роль при вивченні фізики відіграє методологія, елементи філософії**. Важливо, що це все буде однаково сприяти вивченню

не тільки фізики, а й хімії, біології. Тут можна згадати про елементи діалектичного мислення та діалектичні закономірності у природі. Важливо обговорити з учнями місце дедукції та індукції, теорії та експерименту, математики та фізики.

2. Сучасні підходи до викладання опису руху

А тепер розглянемо, **які знання необхідні для формування у випускників школи уявлень, адекватних сучасній фізичній картині світу**, у якій мірі досягнення фундаментальної науки на початку нового тисячоліття доступні для сприйняття учнями, які не опанували солідний математичний апарат. **Почнемо з уявлень про простір і час.** Відповідні уявлення класичної фізики – тривимірний простір і абсолютний час – збігаються з буденним досвідом і добре розкриті у стандартному підручнику С.У. Гончаренка [3]. Проблема не в наявності матеріалу, а у стилі викладу. Говорячи про тривимірність простору, доцільно згадати не тільки про декартові координати, підкреслюючи необхідність задання трьох чисел для того, щоб схарактеризувати положення точки у просторі. Знання про циліндричну та сферичну систему координат сприятимуть розвитку просторової уяви, до того ж кутові координати будуть широко використані в курсі астрономії [4]. На наш погляд, слід відмовитись від пройденого шляху як основної характеристики руху в кінематиці, а говорити про **залежність координат від часу** при русі рівномірному, рівнозмінному, довільному. Вчитель повинен постійно підкреслювати роль математики як мови для опису фізичної реальності, показувати, що **зведення фізичної задачі до математичної** (розв'язання рівняння, нерівності тощо) є суттєвим спрощенням проблеми. У цьому плані можна запропонувати ефективний критерій перевірки засвоєння матеріалу – це задачі про знаходження шляху та переміщення для випадку, коли залежність координат від часу дається формулою $x(t)=at^2+bt+c$, причому розглядається проміжок часу, коли напрям руху змінюється. Надзвичайно повчальна вправа – зображення руху малюнком та графіками залежності координат і швидкості від часу. Це все працює на актуалізацію знань з математики. У цей час у курсі з'являються поняття вектора та скаляра. Важливо звернути увагу на збереження довжини вектора при переході до іншої системи координат.

Ознайомлення в 11-ому класі з уявленнями про простір і час у спеціальній теорії відносності – дуже делікатна проблема; рівень абстракцій у цьому розділі значно вищий, ніж у попередньому матеріалі. У сучасній програмі [5] та підручнику [6] гору бере тенденція до формульного викладу. Вінцем зусиль стає релятивістський закон додавання швидкостей, який з'являється за відсутності перетворень Лоренца. Ми пропагуємо інший підхід, коли **головним є усвідомлення проблеми**, а про послідовне розв'язання її можна чесно сказати, що воно занадто складне для школяра. Треба пояснити учням, що абсолютність часу у класичній фізиці ґрунтується-

ся на уявленні про можливість миттєвої передачі інформації та, відповідно, синхронізації годинників. Якщо, як випливає з дослідів, швидкість світла є граничною швидкістю сигналу та не залежить від системи відліку, виникає питання про час у заданій системі і стає зрозумілою **необхідність узгодженого перетворення просторових і часової координат події** при переході до іншої системи координат. Найбільш показове – це розгляд розповсюдження світла від точкового джерела в системах відліку S і S' , початки координат яких співпадають у початковий момент і S' рухається з певною швидкістю відносно S . В обох системах відліку повинні мати сферичну хвилю з центром у початку координат, тому одночасно виконуються рівності: $x^2+y^2+z^2=c^2t^2$ і $x'^2+y'^2+z'^2=c^2t'^2$. Тут доцільно сказати про перетворення Лоренца, які дозволяють задовольнити рівняння одночасно, можна показати ці перетворення (як завжди, для руху уздовж осі x), запропонувати перевірити, що ці формули відповідають нашим вимогам, але не орієнтувати учнів на запам'ятовування формул. Натомість варто підкреслити факт, що конструкція $c^2(\Delta t)^2 - (\Delta x)^2 - (\Delta y)^2 - (\Delta z)^2$ залишається тут незмінною, коли ми розглядаємо проміжки між випромінюванням світлового сигналу та його приходом у певну фізичну точку в різних системах відліку, що ця величина зберігається в 4-вимірному часі-просторі, який для сучасної фізики є загальноприйнятим поняттям, при переході до інших систем координат подібно до того, як у класичній фізиці для даного відрізка константою є $(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2$. Після такої підготовки логічними будуть терміни **“евклідів” і “псевдоевклідів” простори**, які стають доступними розумінню. А більш складного завдання ми собі не ставили! Формули для додавання швидкостей тепер не об'єкт заучування, а наслідок перетворень координат, який, у принципі, учні здатні отримати самотужки. Ще раз наголошуємо: формули не самоціль, а засіб усвідомити суттєві зв'язки між фізичними величинами. Хороша техніка математичних перетворень стає у пригоді при опрацюванні фізичного матеріалу, підвищує довіру учнів і зв'язність курсу. Опис гравітаційного поля в загальній теорії відносності як викривленого часу-простору лежить далеко за межами шкільного курсу. Чи треба боятися згадувати про це? Ні, якщо школярі готові не заучувати, а ознайомлюватись, якщо розповіді вчителя здатні викликати інтерес, а нетугу.

Говорячи про **відносність руху в класиці**, напевне, доцільно **подолати традиційний страх перед поняттям радіус-вектора**. Тоді наочна формула $r=r_0+r'$ дасть можливість глибше сприйняти закон додавання швидкостей (і прискорень) як векторне співвідношення. Слід озброїти дітей умінням працювати з векторами. Якщо добре засвоєно ідею 3-вимірності простору, сприйняття векторної величини як сукупності проєкцій не викличе трудно-

щів. Доцільно розрізнити модуль вектора, наприклад, $|v| \equiv v$ і проєкцію вектора на певний напрямок, наприклад, v_x , що може мати різний знак. Тоді при розгляді кінематичних зв'язків, складанні рівнянь руху та умов рівноваги не виникатиме проблема запам'ятовування знаків. Завжди треба **почина-**

ти з основоположного векторного співвідношення типу $m\vec{a} = \sum_i \vec{F}_i$, а вже

потім записувати його у проекціях. Саме такий підхід отримує найвищу оцінку при перевірці робіт абітурієнтів у ДНУ. Як бачите, весь час ми прагнемо відійти від мнемонічних прийомів і привчити школярів виходити з перших принципів, що особливо доцільно в задачах з механіки. Для використання законів Ньютона суттєвим є поняття інерціальної системи відліку. У допитливого школяра виникає питання **про використання для опису руху неінерціальних систем відліку**. Звичайно, за наявності часу паралельний розгляд задач у неінерціальних та інерціальних системах відліку – це дуже виграшний матеріал, важливе застосування уявлення про сили інерції дає дослідження рівноваги тіла, яке рухається з прискоренням. Але й під тиском дефіциту часу варто знайти можливість сказати школярам про силу інерції в системі відліку, що рухається поступально, $\vec{F}_i = -m\vec{a}$. Напочатковому етапу

пі цілком задовільним є пояснення про необхідність запровадити силу, яка забезпечить нерухомість тіла, яке зберігає своє положення в системі, що рухається з прискоренням a . Узагальнення цього положення береться на віру, а далі доцільно зафіксувати увагу учнів на **локальній еквівалентності поля сил інерції та однорідного гравітаційного поля**, на нетривіальному факті еквівалентності гравітаційної та інертної мас, пояснити принципове значення принципу еквівалентності в загальній теорії відносності й зазначити, що природа сил інерції, як і гравітації, залишається питанням дискусійним, що наявність ефективних способів дослідження фізичних процесів не означає вичерпання фундаментальних проблем.

Шкільний курс включає багато практично важливих задач з кінематики, динаміки, статички, математичний апарат розгляду може бути вдосконаленим на базі вищої математики, але тут ми не торкаємось інших питань з розділу “Механіка”, оскільки цікавимося донесенням до школярів фундаментальних уявлень, а це у межах матеріалу 9-ого класу – саме **простір, час, відносність руху, система відліку, маса**. Буде добре, щоб діти розуміли, що мають справу з давно дослідженими питаннями, що лише готуються до ознайомлення з ідеями сучасної фізики.

3. Особливості викладання властивостей багаточастинкових систем

Фундаментальні аспекти частини курсу 10-ого класу “Молекулярна фізика” – це **діалектичний зв’язок макроскопічного та мікроскопічного опису багаточастинкових систем, уявлення про статистичний характер закономірностей, які діють у них** (до речі, діалектичному підходу теж варто вчити, роз’яснюючи в чому він полягає). Для школярів природним є уявлення про окремі атоми та молекули як про класичні об’єкти. Характер їх

руху в речовині, яка знаходиться в різних агрегатних станах, розкрито в уживаних підручниках [7]. Зважаючи на математичну складність подальшого розгляду, бачимо доцільність концентрації уваги школярів на якісній

стороні справи. Макроскопічний стан характеризується невеликою кількістю параметрів, мікроскопічні стани, які йому відповідають, можуть бути дуже різними й питання, в якому саме мікростані знаходиться система, позбавлене сенсу, а можна говорити про ймовірність мікростанів системи. Звернімо увагу, що найзагальніші поняття, котрі спливають при спробі ознайомити початківців з базовим ідеями статистичної фізики, – **стан, ймовірність** – значно легше сприймаються, якщо йдеться про дискретні величини, тобто у квантовому варіанті. Оскільки ми оговорюємо проблеми на рівні інтуїтивного розуміння, цього парадоксу не треба лякатися: **квантовий виклад виявляється простішим**, бо ж поняття ймовірності простіше за густину ймовірності. Гарне розуміння особливостей макроскопічного підходу дає порівняння рівноваги в механіці, де цей стан пов'язаний з відсутністю руху, та в термодинаміці, де за незмінності макроскопічних параметрів (температура, тиск) відбувається **хаотичний рух** мікрочастинок, з яких складається система, а отже виникають флуктуації макроскопічних параметрів. Необоротність самодовільних процесів у термодинамічних системах пояснюється статистичним характером закономірностей у них: переконливий приклад – оцінка ймовірності для частинок ідеального газу, що в початковий момент займають половину об'єму посудини, знову зібратися в цій половині. Нарешті, ключове положення для розуміння якісної відмінності теплоти та роботи полягає в тому, що теплова енергія пов'язана з хаотичним рухом мікрочастинок, а виконання роботи передбачає спрямований рух.

4. Опанування польовими уявленнями

Основоположне для сучасної фізики поняття “поле” з'являється у шкільному курсі при вивченні електростатики. У подальшому воно добре розкривається в рекомендованих посібниках С.У. Гончаренка [6, 8]. За нашими спостереженнями, проблема засвоєння цього поняття полягає в орієнтації школярів на формулу, в неготовності до сприйняття текстового матеріалу. Напевне, це той випадок, коли вчитель мусить домогтися уваги учнів і роз'яснити їм основу сучасної фізичної картини світу.

Логічна схема приблизно така: концепція далекодії несумісна з відомим фактом скінченності швидкості розповсюдження сигналів – у концепції близькодії з необхідністю з'являється матеріальний агент, який оточує фізичні тіла, передає взаємодію безпосередньо діє на інші тіла, – це і поле – поле ми розглядаємо не як математичну абстракцію (функція від просторової точки), а як вид матерії з усіма належними їй атрибутами – поле виявляється за своєю дією на відповідні заряди – поле можна виявити в довільній точці простору, це фізичний об'єкт, “розмазаний” у просторі – для поля можна побудувати рівняння, що керує його еволюцією, вони можуть містити похідні змінних, котрі характеризують поле, по часовій і просторових змінних – у стаціонарних випадках польовий опис матерії можна замінити

уявленнями про далекодію й говорити, скажімо, не про енергію поля, а про енергію системи зарядів або струмів; в нестационарних випадках поле – єдиний спосіб математично адекватно описати ситуацію.

Коли треба розкрити перед школярами цю аргументацію? Напевне, це треба робити неодноразово, починаючи з 2-ого півріччя 10-ого класу. Наголос слід зробити на тому врочистому факті, що з цього часу основним об'єктом вивчення стає поле, уявлення про яке сформувалося лише в середині XIX століття, а тепер пронизує всю фізику. Діти будуть правильно зорієнтованими і певною мірою заінтригованими, якщо у вступному занятті з розділу “Електродинаміка” почують слова: поняття поля – ключове для сучасної фізичної картини світу, за якою **вся матерія має польову природу**; мислення категоріями полів – це той рівень абстракції, який необхідний для розуміння природи явищ, які вивчає сучасна фізика; електромагнітне поле (електричне – його окремий випадок, вияв) – одне з фізичних полів, але дуже важливе для практики і єдине, для якого досить послідовне вивчення можливе у школі (до речі, й у загальному університетському курсі теоретичної фізики друга частина “Електродинаміка” корелює з 2-им томом (“Теорія поля”) класичного курсу Л.Д. Ландау, Є.М. Ліфшица [9]). Далі йтиме природна і правильна з точки зору індуктивної – від явищ до законів – побудови шкільного курсу розповідь про спостереження й емпіричні закони електродинаміки, але саме нестача часу й недостатня увага школярів до предмету роблять актуальним виділення базової інформації [10], повторення провідної ідеї польового підходу з формуванням зорового образу поля (як неоднорідності у певному середовищі, яка ще й може залежати від часу). Варто порівняти математичне поняття поля (приклади: скалярне поле температури в нагрітому стержні й векторне поле швидкостей у стаціонарному потоці рідини) і **фізичне поняття поля як виду матерії** [11]. Добре, що у підручнику С.У. Гончаренка [6] наведено класичні міркування, які обґрунтовують відносність розділення електромагнітного поля на електричну та магнітну складові, при цьому слід подбати, щоб учні розуміли, що у фіксованій системі відліку електромагнітне поле виступає як сукупність двох векторних полів, які при переході до систем відліку, що рухаються відносно вихідної, повинні (зі згаданих міркувань) перетворюватись певним взаємозгодженим способом. В одного з авторів (С.Л.) є кількарічний досвід ознайомлення 11-класників Дніпропетровського обласного ліцею-інтернату фізико-математичного профілю з **рівняннями Максвелла у вакуумі в рамках спецкурсу**. Математична підготовка учнів дозволяла легко сприймати поняття часткової похідної, вектора, векторного поля. Найскладнішим було донесення операцій векторного аналізу, хоча формально це все легкозробити, використовуючи оператор набла ∇ . Далі обсяг інформації перевищував готовність ліцеїстів, зорієнтованих в основному на математику, до сприйняття. Але певні корисні висновки є: школярам з хорошою математичною підготовкою слід дати уявлення про **лінійність рівнянь поля**, що матема-

тично забезпечує виконання **принципу суперпозиції**, та їх **диференціальний характер**, що означає **локальність** поля. Це дуже важлива ідея: ми спостерігаємо певні інтегральні ефекти: е.р.с. у контурі, силу, що діє на провідник із струмом, але події розгортаються в кожній точці. Сила Лоренца первинна по відношенню до сили Ампера, принцип Гюйгенса-Френеля (він є у шкільній програмі) дуже фізичний – поле дійсно породжується в кожній точці хвильового фронту. І ще: поле у фіксованій точці визначається всіма наявними джерелами, але певна комбінація похідних від характеристик поля пов'язана тільки з густинами заряду та струму саме в цій точці. Фундаментальні теорії полів у сучасній фізиці оперують переважно з локальними полями.

5. Запровадження поняття хвильової функції

На **квантову фізику** шкільною програмою, що виходить з 3 годин фізики на тиждень, відведено 30 годин, але на принципові питання квантового опису матерії припадає заледве 2 рядки у програмі [5]. Спробуймо запропонувати конкретне наповнення для того невеличкого часу, який надає нам програма, спираючись на досвід спілкування з добре підготовленими школярами. Зараз схематично їх знання мисляться так: світло (електромагнітні хвилі) іноді слід розглядати як потік фотонів з енергією $h\nu$, взагалі, світло – це “не хвиля і не частинка в звичайному розумінні... йому притаманні двоїсті квантово-хвильові властивості” [6], орбіти електронів у атомі підпорядковані постулатам Бора, частинки можуть анігілювати та народжуватись. При цьому **на уроках хімії учні широко оперують поняттям “електронна хмаринка”**. Впевнені, що цей розрив у програмах курсів варто подолати. Перший крок – це інформація про **опис стану частинки хвильовою функцією**. Тут виникають труднощі, оскільки комплексні числа зараз вилучені з шкільного курсу математики (на відміну від того, що було 30-40 років тому!). Треба шукати компроміс: або разом з математиками дати уявлення дітям про комплексні числа, або просто апелювати до польової концепції та пояснювати, що частинка ніби розмазана у просторі, що коли вона знаходиться в атомі у стані з певними енергією та моментом імпульсу, її координати приймають різні значення з певною ймовірністю, електронна хмаринка забезпечує зоровий образ такої ситуації. Якщо стану відповідає хмаринка, яка є суперпозицією (накладенням) двох (або більше) таких хмаринок, маємо стан, у якому вимірювання енергії дають різні значення і лише середнє значення енергії фіксується однозначно. Ми не пропонуємо говорити про вектори й оператори в гільбертовому просторі станів, але певні відомості про хвильову функцію зроблять курс прозорішим і точнішим. Реально можна сказати про хвилі де Бройля, коли монохроматична хвиля відповідає руху частинки з певним значенням імпульсу, про розповсюдження квантово-хвильового дуалізму зі світла на звичайні частинки, про принцип невизначеності Гайзенберга, про ефект тунелювання, про макроскопічні квантові

явища [12].

6. Як говорити про квантове поле?

Власне, тільки зараз у своєму розгляді ми наблизились до сучасної фізичної картини світу, яка є квантово-польовою. Оскільки вже у квантовій механіці стан частинки зображується полем амплітуд густини ймовірності, учні, які отримали певні уявлення такого роду, будуть готові сприйняти інформацію про те, що в сучасній теоретичній фізиці фактично стерта грань між описом (за традиційними уявленнями) полів і частинок. Найближче до адекватного розуміння природи матерії шкільний курс підходить у пункті “корпускулярно-хвильовий дуалізм” стосовно світла. На наш погляд, тут варто орієнтуватись не на еkleктичні формулювання “і хвиля, і частинка”, а на інформування учнів про існування теорії, яка на основі єдиного математичного апарату описує електромагнітні взаємодії для довільного частотного діапазону. Це квантова електродинаміка, передбачення якої справджуються з надзвичайно високою точністю. Можна дуже точно обчислити наслідки елементарних процесів взаємодії, а для макроскопічних результатів можливі наближені обчислення, які виявляються тотожними звичному тлумаченню об’єктів як хвиль і частинок.

Характерним є те, що сучасний підручник [6] містить інформацію про квантово-польову картину світу. Цього й близько не було в широко визнаному курсі під редакцією Г.С. Ландсберга [13], який зберігає своє значення у висвітленні багатьох питань. У 60-і та 70-і роки минулого сторіччя спроба ознайомлення школярів з поглядами новітньої фізики на устрій світу стала справою авторів науково-популярних книжок дуже високого рівня типу [14] та сміливих курсів фізики для профільних шкіл [15]. Напевне, ті фрази, що увійшли до книжок – це плід досить довгих роздумів авторів. Наші наміри на даному етапі – виділити деякі ключові положення, які наблизять школярів до розуміння сучасної фізики шляхом, що враховує запропоновані вище новації у піднесенні фундаментальних уявлень, стиль мислення школярів початку 3-ого тисячоліття, наявний досвід. І ще раз підкреслимо: оптимальний варіант ознайомлення врешті-решт визначається особистістю педагога та контингентом учнів. Положення викладачемозетово:

1) Створення основ квантової теорії поля на рубежі 20-х та 30-х років ХХ століття було результатом об’єднання квантових ідей, що довели свою плідність у квантовій механіці, та ідей релятивізму з відповідним формулюванням вимог причинності. Спеціальна теорія відносності стала з того часу невід’ємною основою для розвитку фізичних теорій. Її доведенням слід вважати не здатність пояснити експеримент Майкельсона-Морлі, а передбачення існування позитрона в теорії Дірака, одного з творців квантової електродинаміки (думка завідувача кафедри квантової макрофізики ДНУ проф. В.В.Скалозуба).

2) Квантове хвильове поле – фундаментальна фізична концепція, в

рамках якої формулюється динаміка частинок і їх взаємодії [16]. Вона дозволяє описувати різні стани систем частинок єдиним фізичним об'єктом у 4-вимірному просторі-часі – квантованим полем. Квантоване поле виникає через „квантування” класичного поля, в результаті якого **польова функція набуває операторного характеру** та виражається через оператори народження та знищення частинок (тут слід якось пояснити математичний зміст поняття оператора – способу переходу від одного стану системи до іншого). Таким чином з'являється можливість описувати найважливішу особливість світу елементарних частинок – процеси їх взаємногоперетворення.

3) **Властивості польових функцій**, які відповідають відомим частинкам **відображають** їх спінові, зарядові та інші **дискретні характеристики частинок** – і навпаки. Так, кванти електромагнітного поля – фотони – не мають електричного заряду, мають нульову масу спокою, їх спін дорівнює одиниці. Поперечний характер класичного електромагнітного поля відбивається в тому, що існують дві незалежні поляризації електромагнітних хвиль (фотонів).

4) Реально існуючі частинки слід розглядати як збуджені стани нової реальності – **фізичного вакууму**. Прочитуємо слова Дірака: “Можна сказати, що вакуум є область у просторі з мінімально можливою енергією... Таким чином, прийємо нову картину вакууму, в якому зайняті всі стани з від'ємною енергією й вільні всі стани з додатною енергією” [17]. Варто запропонувати зоровий образ океану віртуальних частинок, де постійно виникають і зникають пари “частинка-античастинка”. Слід підкреслити, що такий вакуум взаємодіє з реальними частинками, що цю взаємодію враховують при точних обчисленнях, саме вона пояснює спонтанне випромінювання.

5) Усі фундаментальні взаємодії описуються **однотипно в дусі окресленої концепції**. Але квантова теорія електромагнітного поля вже у перші 30 років свого існування дозволяла точні обчислення, а для сильних і слабких взаємодій таких результатів не було, вони вивчалися в рамках більш феноменологічного підходу, який розвивався довгий час як **фізика елементарних частинок**. В останні 40 років ця галузь **усе більше ототожнюється з квантовою теорією поля**.

6) Пояснення характеристик полів і частинок, які реально існують у Всесвіті, залишається переднім краєм науки. Головне досягнення – це пояснення **кваркової структури адронів** на основі аналізу спектра мас і зарядів частинок, що спостерігались в експерименті. Це просування до більш глибокого розуміння проблеми елементарності частинок, яка обговорюється в підручниках. Не має сенсу зараз уникати в ознайомлювальних курсах згадок про кварки, глюони, **квантову хромодинаміку**, тим більше якщо взяти до уваги визначну роль українських учених на цьому напрямку [18].

7. Відповідати на виклики часу

Бажаючи проаналізувати можливості ознайомлення школярів з фунда-

ментальними уявленнями фізики, ми торкнулись уявлень про простір і час, мікро- та макроопис багаточастинкових систем, поняття поля, квантовомеханічний опис частинок і, нарешті, про квантово-польову картину світу. **За межами нашого огляду** залишились закони збереження (це питання добре висвітлено у шкільних підручниках), зв'язок законів збереження та властивостей простору-часу (це питання надто складне для учнів), уявлення про еволюцію Всесвіту в цілому. Останній пункт забезпечується дуже вдалим курсом І.А. Климичина й І.П. Крячка [4].

Усвідомлюємо, наскільки складну та багатогранну проблему ми підняли. Але для авторів очевидні: а) неможливість збільшення розриву між рівнем сучасної науки й рівнем обізнаності широких верств населення; б) необхідність подолання орієнтації шкільної фізики на запам'ятовування формул; в) нагальність збудження здорового інтересу до фундаментальних проблем хоча б у тих школярів, чиє покликання – фізика; г) плідність культивування правильних сучасних уявлень про фізичну науку в усій масі випускників загальноосвітньої школи. Це спонукало нас до власного аналізу зазначених питань з готовністю до критичного сприйняття та обговорення.

Література:

1. Зельдович Я.Б. Высшая математика для начинающих и ее приложения к физике. – Изд. 5-е. – М.: Наука, 1970. – 560с.

2. Лягушин С.Ф. Взаємовплив вивчення фізики та математики у спеціалізованих навчальних закладах фізико-математичного профілю // Актуальні питання комплексної освіти у спеціалізованих середніх навчальних закладах з підвищеними вимогами до вивчення природничо-математичних дисциплін. Матеріали Всеукраїнської науково-методичної конференції “Рішельєвські читання” 23-27 вересня 1999 р., м. Одеса. – Одеса: Астропринт, 1999. – С.153-155.

3. Гончаренко С.У. Фізика: пробний підручник для 9-ого класу... – К.: Освіта, 1997.– 431с.

4. Климичин І.А., Крячка А.П. Астрономія. Підручник для 11 класу загальноосвітніх навчальних закладів. – К.: Знання України, 2002. – 192с.

5. Ільченко В.Р., Гончаренко С.У., Куляєва О.М. Фізика // Програми для середньої загальноосвітньої школи. Природознавство... – К.: Перун, 1996. –С.65-97.

6. Гончаренко С.У. Фізика: пробний навчальний посібник для 11 класу шкіл ступеня, ліцеїв і гімназій природничо-наукового профілю. – К.: Освіта, 1995. – 448с.

7. Перышкин А.В., Родина Н.А. Физика: Учебник для 8-ого класса –11-е изд. – М.: Просвещение, 1990. – 190 с.

8. Гончаренко С.У. Фізика: пробний навчальний посібник для 10 класу... – К.: Освіта, 1995. – 430с.

9. ЛандауЛ.Д.,ЛифшицЕ.М.Теорияполя(Серия:Теоретическаяфи-

зика, том II). – М.: Наука, 1973. – 504 с.

10. Лягушин С.Ф., Половина М.Н. Базові блоки інформації у викладанні дисциплін фізико-математичного циклу// Актуальні проблеми викладання та навчання фізики у вищих освітніх закладах. Матеріали Всеукраїнської науково-методичної конференції. Львів, 5-6 жовтня 1999 р. – Львів: Ліга-Прес, 1999. – С.120-121.

11. Матвеев А.Н. Электричество и магнетизм. – М.: Высшая школа, 1983. – 463с.

12. Соколов А.А., Тернов И.М., Жуковский В.Ч. Квантовая механика.– М.: Наука, 1979. – 528 с.

13. Элементарный учебник физики / под ред. акад. Г.С.Ландсберга, том III. – М.: Наука, 1964 – 532 с.

14. Григорьев В.И., Мякишев Г.Я. Силы в природе. – М.: Наука, 1969. – 416с.

15. Яворский Б.М., Пинский А.А. Основы физики, том 2. – М.: Наука, 1972. – 736с.

16. Боголюбов Н.Н., Ширков Д.В. Квантовые поля. – М.: Наука, 1980. – 320с.

17. Дирак П.А.М. Пути физики. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 88с.

18. Соколовський О.Й. Чому Нобелівська премія не в Дніпропетровську. Вчений Дніпропетровського національного університету Ваняшин В.С. міг отримати Нобелівську премію з фізики 2004 року // Газета “Освіта”, 1-8 грудня 2004р.

ЗАВИСИМОСТЬ ФОРМЫ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБЛАКОВ ОТ КВАНТОВЫХ ЧИСЕЛ: РАЗНОЧТЕНИЯ В УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЕ

О.А. Марченко^а, Ю.П. Минаев^б
г. Запорожье, Запорожский национальный университет
^аMarchenkoOks@rambler.ru
^бminaevy@mail.ru

В одном из известных учебников общей химии есть пункт, специально посвященный интересующему нас вопросу. Он озаглавлен так: «Орбитальное квантовое число. Формы электронных облаков» [1, с. 76]. В самом начале этого пункта указывается, что форма электронного облака не может быть произвольной: «... она определяется орбитальным квантовым числом l ». В следующем пункте указывается, что «... и ориентация электронного облака не может быть произвольной: она определяется значением так называемого магнитного квантового числа m » [1, с. 82]. Там же приведены иллюстрации, отражающие формы и расположение в пространстве электронных облаков, соответствующих $1s$ -, $2p$ - и $3d$ -орбиталям. В дальнейшем тексте указывается, что значение главного квантового числа n существенно не отражается на форме электронных облаков. Автор другого учебника химии [2] приводит те же иллюстрации, но значение главного квантового числа вообще не указывает. Речь идет о s -, p - и d -орбиталях безотносительно к номеру энергетического уровня.

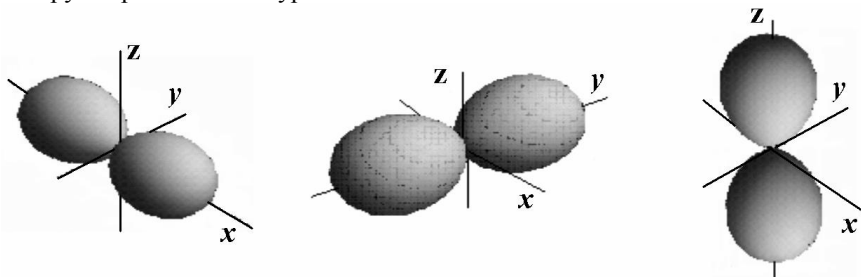


Рис. 1

По мнению авторов указанных учебных пособий, p -орбитали ($l=1$) выглядят примерно так, как показано у нас на рис. 1. Три различные ориентации электронных облаков соответствуют трем значениям магнитного квантового числа ($m=1$, $m=-1$, $m=0$). Однако, лишь в [3] мы смогли обнаружить более конкретные указания на то, какое именно расположение облака соответствует определенному магнитному числу, а именно: при $m=1$ «гантель» электронного облака располагается вдоль оси X , при $m=-1$ – вдоль оси Y , а при $m=0$ – вдоль оси Z [3, с. 38]. Авторы этого пособия указывают на равно-

правность осей X, Y и Z. Именно этой равноправностью они объясняют три возможные ориентации одинаковых по форме электронных облаков p -орбиталей.

На рис. 2 приведены иллюстрации, подобные тем, которые авторы учебников химии [1; 2] предлагают для демонстрации формы и ориентации в пространстве электронных облаков d -орбиталей. Нетрудно заметить, что одно из облаков имеет совершенно иную форму, нежели остальные. Это явно не соответствует утверждению о том, что орбитальное квантовое число определяет форму электронного облака.

Обратим также внимание на обозначения этих облаков: d_{zx} , d_{yz} , d_{xy} , $d_{x^2-y^2}$ и d_{z^2} . Если следовать той же логике, что и при рассмотрении p -

орбиталей, относительно равноправности осей X, Y и Z, то непонятно, почему не существует d -облаков с индексами x^2 , y^2 , x^2-z^2 или y^2-z^2 . В пособиях по химии нам не удалось найти пояснений на этот счет.

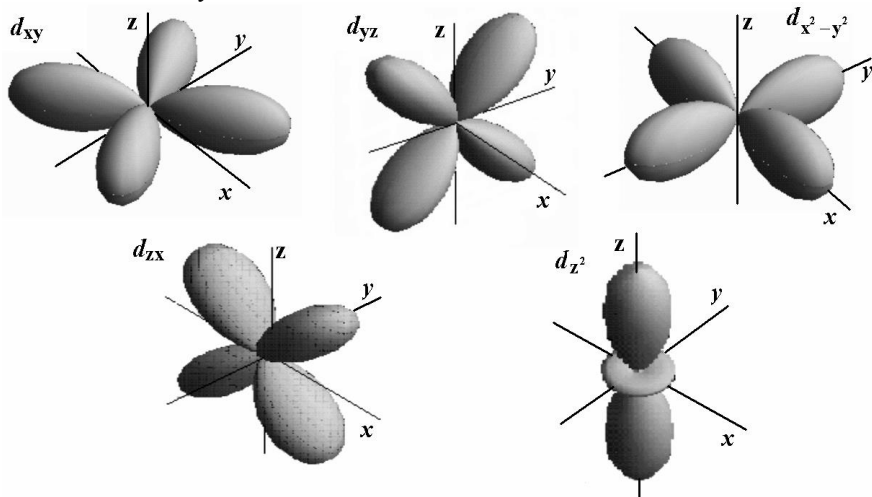


Рис. 2

Вопрос о том, каким именно значениям магнитного квантового числа m соответствуют изображения на рис. 2 также оставался открытым. Как будет показано при дальнейшем анализе, **электронные облака, соответствующие состояниям с фиксированными значениями квантовых чисел n , l и m не могут иметь форму, приведенную на рис. 1 и 2.** Изображения, представленные на этих рисунках, очень похожи на иллюстрации атомных электронных облаков из учебников химии. Но на самом деле они графически отражают результаты расчетов для принципиально другой задачи, хотя и связанной с задачей о распределении электронной плотности в атоме.

Речь идет о так называемом сферическом ротаторе. Эта модельная задача изучается в курсе квантовой механики перед рассмотрением атома во-

дорода. Полученные при ее решении так называемые сферические функции $Y_{lm}(\theta, \varphi)$ используются во всех задачах со сферически симметричным потенциальным полем.

Но в задаче о ротаторе вопрос о расстоянии между частицей и началом координат не стоит: частица находится от него на фиксированном расстоянии, т.е. может двигаться только по сфере. В связи с этим, результаты расчетов для $|Y_{lm}(\theta, \varphi)|^2$ можно наглядно представлять, откладывая значение последней функции на луче, направление которого определяется углами θ и φ сферической системы координат. В результате получается некоторая поверхность. Именно так нами были получены поверхности, соответствующие $|Y_{10}|^2$ и $|Y_{20}|^2$. Остальные поверхности получены как квадраты модулей линейных комбинаций функций вида Y_{1m} (для рис. 1) и Y_{2m} (для рис. 2).

Из квантовой механики известно, что распределение электронной плотности определяется квадратом модуля соответствующей волновой функции $|\psi_{nlm}|^2$. Воспользуемся свойствами этой функции для тех состояний, которые в водородоподобных атомах характеризуются квантовыми числами n , l и m .

Поскольку плотность вероятности обнаружить электрон в точке со сферическими координатами r , θ , φ для состояний с заданными значениями квантовых чисел n , l , m не зависит от угла φ , наглядное представление о поведении этой функции во всем трехмерном пространстве можно получить по ее значениям в точках любой плоскости, содержащей ось Z . Для формирования зрительного образа электронного облака можно поставить в соответствие плотности вероятности обнаружить электрон в некоторой точке пространства степень зачернения рисунка, чтобы он был более темным при тех значениях r и θ , при которых квадрат модуля волновой функции $|\psi_{nlm}|^2$ больше.

Конечно, из таких рисунков нельзя будет получить точной количественной информации об «электронной плотности» в различных точках пространства, но они могут дать правильные представления на качественном уровне, которого вполне достаточно для целей нашей статьи. Мы хотели на конкретных примерах продемонстрировать, что можно получить очень похожие по форме электронные облака для разных значений орбитального квантового числа l , а с другой стороны, – внешне заметно отличающиеся для состояний с одинаковым l и m .

Сравните изображения на рис. 3. В столбцах сгруппированы сечения электронных облаков, которые описываются волновыми функциями с различными значениями квантовых чисел, но во всех случаях модуль магнитного квантового числа m был равен орбитальному квантовому числу l . Как видим, в каждом из столбцов изображения электронных облаков очень похожи по форме. Левый столбец отличается от правого по так называемому радиальному квантовому числу $n_r = n - l - 1$, где n — главное квантовое число. В левом столбце $n_r = 0$, а в правом $n_r = 1$. Изображениям, распо-

женным на одном горизонтальном уровне, соответствуют одинаковые пары квантовых чисел l и m , но, как уже было сказано, разные значения n_l (и, соответственно, n). Стрелки на рисунке, символизирующие вращение, напоминают о том, что изображения сечений электронных облаков для фиксированных значений квантовых чисел n , l , и m не будут изменяться при повороте на любой угол вокруг оси Z .

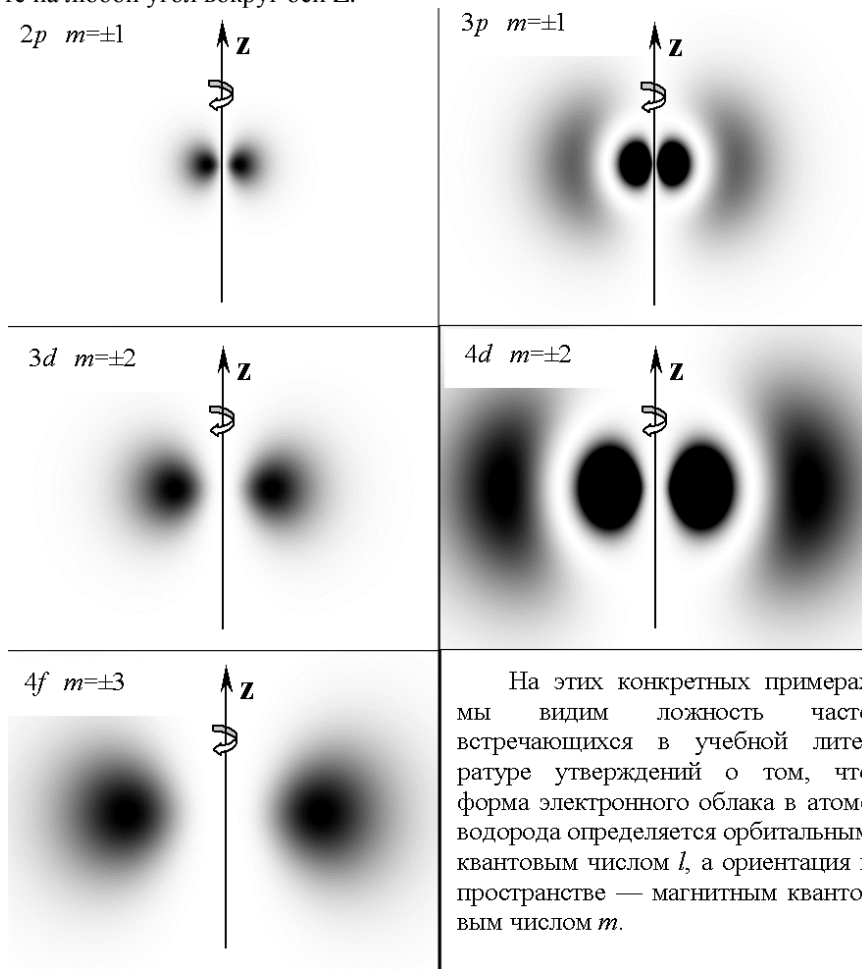


Рис. 3

На этих конкретных примерах мы видим ложность часто встречающихся в учебной литературе утверждений о том, что форма электронного облака в атоме водорода определяется орбитальным квантовым числом l , а ориентация в пространстве — магнитным квантовым числом m .

Как будут выглядеть так называемые граничные поверхности, о которых пишут в учебниках химии, когда речь заходит о форме и ориентации в пространстве электронных облаков, для случаев, представленных нами на рис. 3? Легко сообразить, что для состояний с $n_l = 0$ и $|m|=l$ (левый столбец)

граничные поверхности будут иметь торообразную форму. В случае же состояний с $n_r=1$ и $|m|=l$ (правый столбец) граничные поверхности будут напоминать два тора с общей осью. Правда, больший «тор» будет образован при вращении вокруг оси Z замкнутой линии, весьма слабо напоминающей окружность.

Отметим, что похожие рисунки для сечений распределения «электронной плотности» приведены в «Фейнмановских лекциях» [4] и «Атомной физике» Макса Борна [5].

Общий вид электронного облака для состояния с заданными значениями n , l , m определяется наличием и формой так называемых узловых поверхностей, где квадрат модуля волновой функции $|\psi_{nlm}(r, \theta, \varphi)|^2$ (т.е. «электронная плотность») обращается в нуль. Как известно из квантовой механики, волновая функция для водородоподобного атома в сферических координатах представляется произведением радиальной и угловой частей:

$$\psi_{nlm}(r, \theta, \varphi) = R_{nl}(r) \cdot Y_l(\theta, \varphi).$$

К тому же, угловая часть, в свою очередь, распадается на произведение двух функций, каждая из которых зависит только от одной переменной, причем зависимость от φ очень простая:

$$\Phi_m(\varphi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{im\varphi},$$

где i — мнимая единица ($i^2 = -1$). Последнее обстоятельство как раз и приводит к тому, что квадрат модуля волновой функции не зависит от φ , поскольку $|e^{im\varphi}| = 1$. Это означает, что электронные облака переходят сами в себя при повороте на любой угол вокруг оси Z . Структура же функции угла θ такова, что ее модуль определяется орбитальным квантовым числом l и модулем магнитного квантового числа m , но не его знаком. Это приводит к тому, что электронные облака состояний, отличающихся лишь знаком магнитного квантового числа неразличимы ни по форме, ни по ориентации в пространстве. Например, на $2p$ -подуровне ($l=1$) может быть только два типа электронных облаков (для $m=0$ и $m=\pm 1$), а не три, как об этом пишут во многих учебниках химии. Аналогично, на $3d$ -подуровне ($l=2$) может быть только три типа пространственных распределений $|\psi_{32m}|^2$ (для $m=0$; $m=\pm 1$; $m=\pm 2$), а не пять (по числу возможных значений m при заданном l).

Теперь должно быть понятно, что узловые поверхности, о которых шла речь, могут быть двух видов: сферы и конусы. Правда, конические узловые поверхности могут в предельных случаях вырождаться или в плоскость $z=0$ при $\theta=\pi/2$, или в прямую, совпадающую с осью Z при $\theta=0$ и $\theta=\pi$. Сферические узловые поверхности имеют радиусы, определяемые корнями уравнения $R_{nl}(r) = 0$. Количество сферических узловых поверхностей равно радиальному квантовому числу n_r , которое вычисляется через n и l по упоминаемой уже нами формуле: $n_r = n - l - 1$. Сечения этих узловых поверхностей хорошо просматриваются в виде светлых колец на рис. 4. Для $3s$ -состояния видны две сферические узловые поверхности ($3-0-1=2$), а для $4d$

– одна ($4-2-1=1$). Угловое распределение “электронной плотности” определяется в основном тем, как сильно $|m|$ отличается от своего возможного максимального значения, т.е. от l .

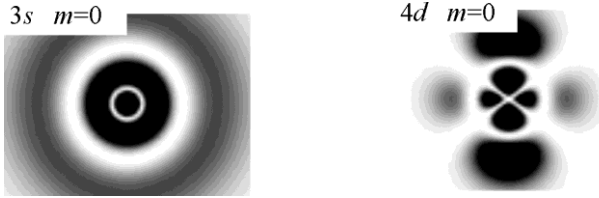


Рис. 4

На рис. 3 был рассмотрен случай, когда $|m|=l$. Максимально возможный $|m|$ при заданном l соответствует максимально возможному значению модуля проекции момента импульса электрона на ось Z (напомним, что $L_z = m\hbar$) при заданном значении квадрата момента импульса ($L^2 = \hbar^2 l(l+1)$). Для создания максимально возможного модуля проекции на ось Z электрону приходится двигаться как можно дальше от этой оси. И это хорошо видно на рисунке.

Если $m=0$, то проекция момента импульса на ось Z равна нулю, и для $l \geq 1$ электронное облако преимущественно вытянуто вдоль оси Z (см. рис. 5).

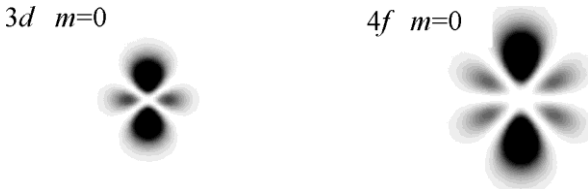


Рис. 5

Если $|m|$ принимает промежуточные значения между 0 и l , то направления (по θ) максимальной электронной плотности тоже имеют промежуточные значения (см. рис. 6).

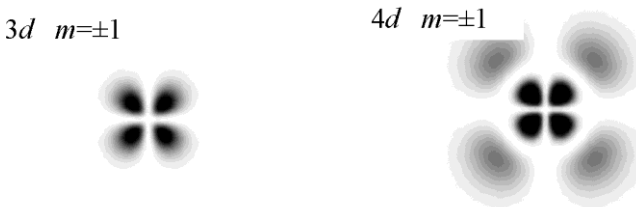


Рис. 6

Тот факт, что положение и количество конических узловых поверхностей (а значит, и форма электронных облаков) зависит не только от l , но и от m , хорошо иллюстрируется примером $4f$ -состояний (см. рис. 7).

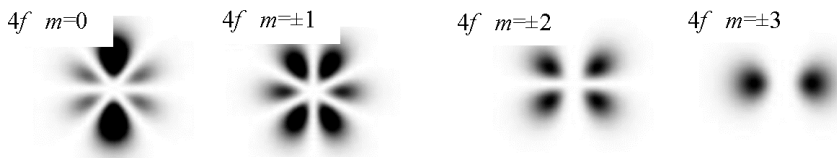


Рис. 7

Необходимо специально подчеркнуть, что речь шла о форме электронных облаков таких состояний водородоподобного атома, в которых имеют вполне определенные значения три физические величины: энергия, квадрат момента импульса и проекция момента импульса на заранее выделенное направление (на ось Z). Именно эти величины в теории Шредингера для атома водорода жестко связаны с соответствующими квантовыми числами n, l и m .

Всякие другие возможные состояния могут описываться волновыми функциями, которые можно представить в соответствии с принципом суперпозиции в виде линейной комбинации функций ψ_{nlm} , являющихся соб-

ственными функциями одновременно трех операторов: H, L^2, L_z .

В частности, если некоторое состояние описывается волновой функцией ψ_{nlm} , где ψ_{nlm} является собственной функцией операторов: H, L^2, L_z

L_z —оператор проекции момента импульса на некоторую ось Z' , несовпадающую с Z , то соответствующее электронное облако будет иметь в качестве оси вращения ось Z' . Тем не менее указанную волновую функцию можно будет разложить по «старому» базису волновых функций, причем квадраты модулей коэффициентов такого разложения будут отвечать за вероятности обнаружить соответствующие значения проекции момента импульса на «старую» ось Z .

Таким образом, в статье речь шла только об электронных облаках, соответствующих некоторым базисным волновым функциям, которые являются собственными для трех вполне определенных операторов. В этих состояниях имеются вполне определенные значения трех физических величин, которые образуют, как говорят в квантовой механике, полный набор. Если мы будем рассматривать произвольные линейные комбинации базисных функций (ограничиваясь лишь условиями нормировки), то можно получить электронные облака, не имеющие оси вращения.

В заключение авторы выражают благодарность ученику 10 класса

ЦОМ №5 г. Запорожья Глебу Минаеву за создание компьютерной программы, позволившей выполнить иллюстрации к нашей статье, которые приве-

дены на рис. 3-7.

Литература:

1. Глинка Н.Л. Общая химия: Учебное пособие для вузов. – 22-е изд., исправленное / Под ред. Рабиновича В.А. – Л.: Химия, 1982. – 720с.
2. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. Учеб. для вузов. –4-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2002. – 743 с.
3. Пиментел Г., Спратли Р. Как квантовая механика объясняет химическую связь. – М., 1973. – 332с.
4. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции. Вып. 8,9. – М., 1978. – 524 с.
5. Борн М. Атомная физика. – М., 1970. – 484с.

О ВОЗМОЖНОСТИ ДЕМОНСТРАЦИИ НЕУРАВНОВЕШЕННЫХ СИЛ В ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ ПОДСИСТЕМАХ

Р.М. Менумеров

г. Симферополь, Крымский государственный инженерно-педагогический университет

Взаимодействия электрических токов посредством магнитных полей, обладают рядом специфических особенностей связанных с тем, что возникающие силы перпендикулярны направлению движения зарядов. В общем случае указанные силы являются нецентральными и не удовлетворяют принципу равенства действия и противодействия [1, 2]. Особенно резкое нарушение этого принципа проявляется при взаимодействии элементов тока перпендикулярных друг другу, что отмечается во всех известных курсах электродинамики [1–3]. При этом очевидное нарушение третьего закона Ньютона в указанных взаимодействиях трактуется неоднозначно, решающим из которых является утверждение о невозможности наблюдения взаимодействия отдельных элементов электрической цепи в силу необходимой замкнутости последних.

Известно, что применение фундаментальных положений электродинамики (характеристики магнитных полей движущихся электрических зарядов, закона Био-Савара и выражения силы Лоренца) приводит к закону взаимодействия элементов электрического тока, имеющего в векторных обозначениях следующий вид [1, 4] (формула Грассмана [4, 6]).

$$F_{12} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \int \frac{J_1 \cdot J_2}{R^3} dl_1 \cdot dl_2 \cdot R_{12} \quad (1)$$

где F_{12} - сила, действующая на элемент тока $J_2 dl_2$ со стороны элемента $J_1 dl_1$.

Нетрудно доказать, что выражение (1) в применении к двум взаимодействующим элементам тока приводит в общем случае к неравенству

$$F_{12} \neq F_{21} \quad (2)$$

В соответствии с этим многие авторы [1, 3, 4] считают, что формула Грассмана в дифференциальной форме не является точным выражением силы, так как в ней опущены некоторые слагаемые, обращающиеся в нуль при суммировании по замкнутому контуру. Физический смысл имеют только

ко результирующие силы, действующие на замкнутый контур со стороны другого замкнутого контура, неравенство нулю векторной суммы сил взаимодействия элементов тока не может быть обнаружено в макроскопических масштабах [2, 3].

Между тем в известном курсе физики [2] указывается, что «для взаимодействий, осуществляющихся посредством полей, соблюдения принципа

равенства действия и противодействия не обязательно»; аналогичные мнения высказывают авторы [5, 6]. В монографии [6] показано, что формула (1) является полным выражением силы магнитного взаимодействия электрических токов и согласуется с законом сохранения импульса системы включающей в себя движущиеся заряженные частицы (носители тока) и образующей ими электромагнитное поля.

В методической литературе отсутствуют демонстрационные эксперименты в которых наглядно проявляются вышеуказанные особенности взаимодействия элементов тока и позволяющие однозначно трактовать закономерности вытекающие из электронной теории магнетизма. Предлагаем несколько таких опытов, успешно реализуемых на сравнительно несложном оборудовании.

На рис. 1 представлена экспериментальная установка, состоящая из подвижного П-образного проводника ВДГ (мостика), ток к которому от внешней цепи подводится через скользящие контакты ВГ. Данные контакты осуществляется посредством жидкого электролита (раствор CuSO_4), налитого в ванночки А и В, и проводящих поплавков В и Г. Равновесие подвижного мостика обеспечивается за счет опорного поплавка Д, плавающего на поверхности воды, налитой в кювету Е. Внешние (неподвижные) проводники располагались, как указано на рис. 1, 2. При включении тока (8–10 А) мостик приходит в поступательное движение в направлении, указанном стрелкой V . Направление движения не зависит от направления тока, поэтому эффект проявляется также при использовании переменного тока промышленной частоты.

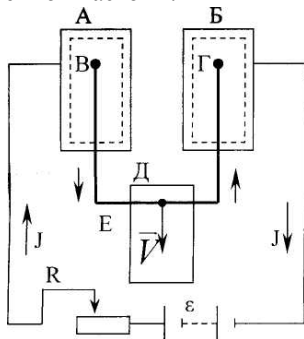


Рис.1

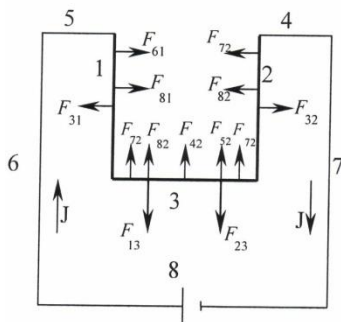


Рис. 2

В другом варианте опыта (рис. 3) два П-образных проводника объединяют в единую жесткую конструкцию таким образом, что вышеуказанные силы создают вращательный момент вокруг оси совпадающей с центром масс проводников. При включении тока (через скользящие контакты, аналогичные рис. 1) конструкция приходит во вращение, направление которого не зависит от полярности источника питания.

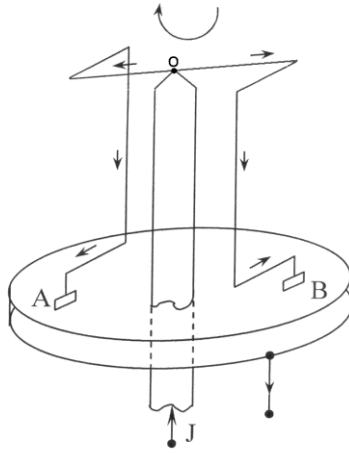


Рис. 3

Для объяснения причины движения проводников необходимо принять во внимание все силы, действующие на подвижную часть электрической цепи. На рис. 2 представлена схема экспериментальной установки и показаны силы действующие на выделенную часть проводников со стороны всех участков цепи в соответствии с законом Био-Савара и выражением силы Лоренца [1, 4]. Нетрудно видеть, что магнитные поля токов, текущих в неподвижных частях цепи, не могут своим действием вызвать движение мостика, т.к. возникающие при этом силы либо препятствуют наблюдаемому перемещению подсистемы (F_{72} , F_{82} , F_{42} , F_{32}), либо вызывают его деформацию (F_{61} , F_{72} , F_{81} , F_{82}) или наклон (F_{62} , F_{52} , F_{83}).

Поступательное движение П-образного проводника вызывают силы F_{13} и F_{23} , обусловленные действием магнитного поля токов, текущих в ветвях 1 и 2 на ток в перемычке 3.

Количественный расчет движущей силы в данной подсистеме на основе закона (1) сводится к попарному суммированию сил взаимодействия элементов тока в проводниках 1–3, т.е. вычислению суммы двойных интегралов:

$$F_{13} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{I_1 I_2}{R_{31}^2} dl_1 dl_2 + \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{I_1 I_2}{R_{32}^2} dl_1 dl_2 \quad (3)$$

$${}_{23} R_{32} \infty \infty f$$

выражающей полную силу действия участков 1 и 2 на участок 3. В соответствии с выбранной расчетной схемой и направления координатных осей

(рис. 4) имеем

$$R_{13} = ix - jy; R = \sqrt{x^2 + y^2}; dl = -jdy; dl = idy; dl = idy = jdy.$$

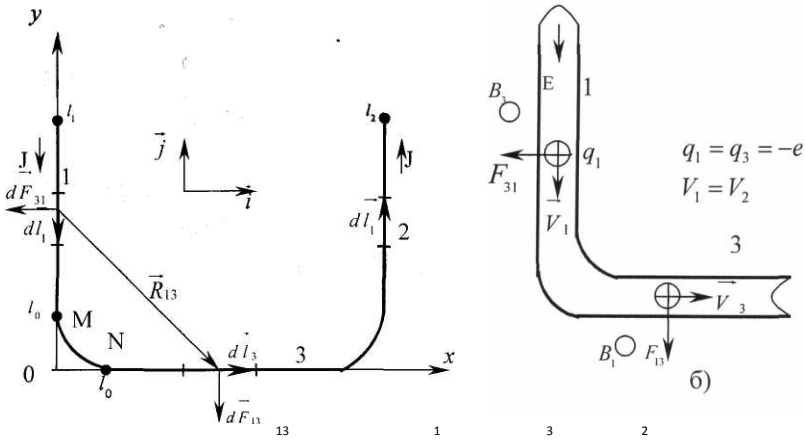


Рис. 4

При интегрировании (3) необходимо учитывать особенности взаимодействия токов в области сопряжения прямолинейных участков рассматриваемой цепи. В противном случае задача становится математически неопределённой (вследствие неоднозначности функции в точке сопряжения) и подынтегральная функция обращается в бесконечность. На рис. 4 (а) представлена реальная конфигурация рассматриваемого участка MN. В этом случае в указанной области формируется криволинейный участок, который можно рассматривать как часть окружности с радиусом l_0 . Вводя данный параметр в выражение (3) как нижний предел интегрирования, получаем величину искомой силы. (Ввиду симметрии рассматриваемой задачи достаточно вычислить один из интегралов в сумме (3) и результат удвоить.)

$$F_{13} = \frac{\mu^2 l_1 l_2}{4\pi l_0 l_0} \int_0^{l_1} \int_0^{l_2} \frac{(ix - jy) dx dy}{\sqrt{x^2 + y^2}} = \frac{\mu^2}{4\pi} \ln \frac{(l_1 - l_0) + l_0^2 \sqrt{l_2^2 - l_0^2}}{l_0} - \ln \frac{(l_1 - l_0) + l_0^2 \sqrt{l_2^2 - l_0^2}}{l_3} \quad (4)$$

При размерах установки, использованной в работе ($l_1=l_3=30$ см, $l_0=0,1$ см, $J=10$ А), расчетная величина силы составляет $3 \cdot 10^{-4}$ Н, а направление находится в соответствии с наблюдаемым в экспериментах движением подсистемы.

Отметим, что физической причиной движения указанных проводников является магнитное взаимодействие электронов, образующих электрический ток, *внутри самих проводников*. Каждая пара электронов, носителей

заряда взаимодействует, как показано на рис. 4 (б), при этом электрические (кулоновские) силы можно не учитывать вследствие экранирования полей электронов ионами кристаллической решетки.

Таким образом, описанные эксперименты позволяют наглядно продемонстрировать особенности взаимодействия электрических зарядов, движущихся во взаимно-перпендикулярных направлениях и подтверждают представление о силах взаимодействия токов как сил попарного взаимодействия их элементов в соответствии с выражением (1).

Литература:

1. Тамм И.Е. Основы теории электричества. – М.: Просвещение, 1970. – 620с.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.3. Электричество. – М.: Наука, 1977. – 688с.
3. Калашников С.Г. Электричество. – М.: Наука, 1985. – 576с.
4. Матвеев А.Н. Электричество и магнетизм. – М.: Высшая школа, 1983. – 512с.
5. Савельев И.В. Курс общей физики. Т. 1 .Механика. Молекулярная физика. – М.: Наука, 1977. – 416с.
6. Сигалов Р.Г. Новые исследования движущих сил магнитного поля. – Ташкент: Фан, 1975. – 227 с.

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОБЩЕГО МЕТОДА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

Н.В. Наумчук, И.Д. Романенко

г. Донецк, Донецкий государственный университет экономики и торговли
им. М.И. Туган-Барановского
physics@kaf.donduet.edu.ua

С первых курсов при изучении физики как общеобразовательной дисциплины у студентов должны формироваться наиболее общие научно обоснованные методы получения теоретических знаний и их применение к решению конкретных задач – в частности, методы применения физических знаний, которые используются студентами не только для решения непосредственно физических задач, но и для решения задач по ряду общеинженерных дисциплин, таких как теоретическая механика, теория машин и механизмов, сопротивление материалов.

Наиболее трудным этапом решения физической задачи является переход от условия задачи к составлению системы уравнений для ее решения. Обучение этому приводится в большинстве методических пособий при помощи указаний вида «обдумать условие задачи», «выяснить физический смысл задачи» и подбора конкретных примеров решения некоторых задач. Кроме этого, преподаватель у доски пытается на примерах решения отдельных задач пояснить, как осуществляется выяснение физического смысла, при этом многие прodelьвается преподавателем «в уме» и скрыто от наблюдателя. Преподаватель предлагает студентам смотреть и продолжать, а дальше как можно больше упражняться. Но как показывает практика, не всем студентам удастся самостоятельно выяснить главное в методике решения задачи. Поэтому возникает проблема: сделать процесс решения физической задачи наблюдаемым, т.е. представить его в виде определенной последовательности элементарных действий. Последовательность действий должна быть такой, чтобы ее можно было бы применить к возможно более широкому кругу физических задач. Это требование связано с тем, что студенты, встречаясь с задачами нового типа, затрудняются их решать, часто не знают с чего начать решение (как «выяснить их физический смысл»).

Психологи предлагают теорию поэтапного формирования умственных действий, которая не только выделяет определенную структуру деятельности студентов в процессе обучения, но и утверждает, что эта структура не возникает самостоятельно, а требует специального обучения и тренировки. Особое внимание психологи уделяют ориентировочной основе действия, которая должна содержать описание той последовательности элементарных операций, которая необходима для успешного выполнения заданного действия. Известны попытки обобщить методы решения физических задач и представить их в виде последовательности определенных действий [1].

Предлагается общий метод решения естественнонаучных задач, основывающийся на методах получения естественнонаучных знаний. Обучение студентов теоретическим знаниям в лекционном курсе происходит по следующей схеме: студентам разъясняется, что научные знания относятся не непосредственно к реальной действительности, а к некоторым идеализированным системам, к формальным средам, в которых реальным объектам окружающей нас среды соответствуют некоторые идеальные объекты. Идеальные объекты находятся в определенных состояниях, характеризующих совокупностью некоторых параметров в выбранной системе координат. Научные знания описывают изменения, которые происходят в этой формальной среде, в виде формул, законов, связывающих между собой либо параметры одного состояния, либо параметры различных состояний идеальных объектов. Имея такое описание формальной среды, можно решить самые различные естественнонаучные задачи, построив на основе общей модели реальной ситуации частную модель, соответствующую условию данной задачи. В эту модель должны входить идеальные объекты; состояния идеальных объектов, заданные в условии задачи; параметры выделенных состояний; уравнения состояния, связывающие параметры различных состояний; дополнительные условия, связывающие величины, вошедшие в уравнения состояния, с величинами, данными в условии задачи. Из всего этого вытекает общий метод решения задач, который может быть представлен в виде последовательности действий:

- 1) заменить реальные объекты, о которых говорится в условии задачи, идеальными;
- 2) выделить в выбранной системе координат состояния каждого идеального объекта, о которых говорится в условии задачи;
- 3) выписать параметры каждого состояния каждого идеального объекта;
- 4) записать уравнения, связывающие параметры каждого из выделенных состояний каждого идеального объекта с параметрами нулевых состояний (основные уравнения состояния);
- 5) записать дополнительные уравнения, связывающие величины, вошедшие в основные уравнения состояния, с величинами, приведенными в условии задачи;
- 6) объединить полученные уравнения в одну систему;
- 7) решить полученную систему уравнений;
- 8) выяснить физический смысл полученных решений.

Достоинствами такого метода решения задач являются следующие:

1. Позволяет установить тесную связь между теоретическими знаниями студентов и применением их к решению задач и организовать единую структуру деятельности студентов в процессе обучения, что повысит эффективность обучения.

2. Позволяет сделать управляемым сложный процесс перехода от условия задачи к составлению системы уравнений («выяснения физического смысла») наблюдаемому явлению.

3. Может быть применим к широкому кругу не только физических задач.

Литература:

1. Балаш В.А. Задачи по физике и методы их решения. – М.: Высшая школа, 1964. – 230 с.

ДОСВІД СТВОРЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ МУЛЬТИМЕДІЙНОГО НАВЧАЛЬНОГО КУРСУ ТА ЕЛЕКТРОННОЇ БІБЛІОТЕКИ “АКУСТОЕЛЕКТРОНІКА”

О.Ю. Нечипорук

м. Київ, Київський національний університет імені Тараса Шевченка
chira@univ.kiev.ua

Мультимедійний навчальний курс презентує таку галузь сучасної функціональної електроніки, як акустоелектроніка (АЕ). АЕ набула широкого розвитку на протязі останніх 20-30 років, її сформовано на межах таких наук як акустика, фізика твердого тіла та мікроелектроніка. На цей час створено велику кількість пристроїв акустоелектроніки, які переважно використовують поверхневі акустичні хвилі та знайшли широке застосування.

Як відомо, прилади АЕ працюють в діапазоні частот від десятків МГц до 1,5 ГГц та набули значного розповсюдження завдяки насамперед малих розмірів та механічної міцності.

Створений університетський мультимедійний курс об'єднує текстові матеріали, ілюстрації (рисунок, графіки, схеми, таблиці), літературні джерела, глосарій, перелік скорочень та позначень. На рис. 1. наведено одну з сторінок мультимедійного навчального курсу та електронної бібліотеки “Акустоелектроніка”.

В спеціальному розділі курсу наведено опис відповідних лабораторних робіт. Мультимедійний курс містить демонстраційну комп'ютерну програму, яка обраховує дисперсію та швидкість поширення SH-хвиль і акустичних хвиль Лемба в пластині найбільш відомого акустичного кристала ніобата літію LiNbO_3 . Передбачено можливість самооцінки знань користувачем курсу відповідним тестуванням, в цьому ж підрозділі є і перелік індивідуальних завдань для студентів. Всі тестові матеріали курсу в форматах .doc, .zip наведено в окремому розділі курсу з метою можливого роздрукування та подальшого редагування.

Для полегшення сприйняття матеріалу в спеціальному розділі в форматі .doc вміщено прозорки, які на даний час використовують викладачі під час викладання в студентській аудиторії курсу “Акустоелектроніка”. Інтерфейс мультимедійного навчального курсу складається з трьох вікон (фреймів) з метою спростити роботу користувача при роботі з компакт-диском та здійснювати переходи між розділами та параграфами курсу.

В інформаційно-довідковому розділі (див. рис. 2) зосереджено інформацію про авторів та розробників курсу, радіофізичний факультет та кафедру квантової радіофізики Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Тут же представлено інформацію про саму програму та сформульовано вимоги до обчислювальної техніки, на якій курс можна подивлятися:

Pentium 100 та вище, оперативної пам'яті 64 Мб, Sound Blaster 16 bit, операційні системи Windows 9x/NT/2000/ME/XP, CD-ROM 4x та краще, VGA адаптер (рекомендуємо SVGA 800 x 600 пкс. Та більше), браузер Microsoft Internet Explorer 4.0 та вище (зауважимо, що програму оптимізовано під Internet Explorer v. 5.50 і роздільну здатність 800 x 600 пкс).

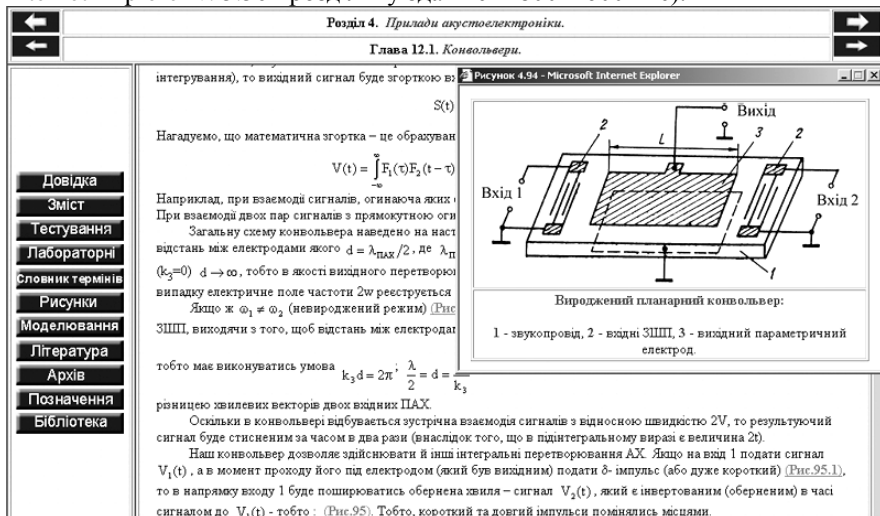


Рис. 1. Одна з сторінок мультимедійного навчального курсу та електронної бібліотеки “Акустоелектроніка”

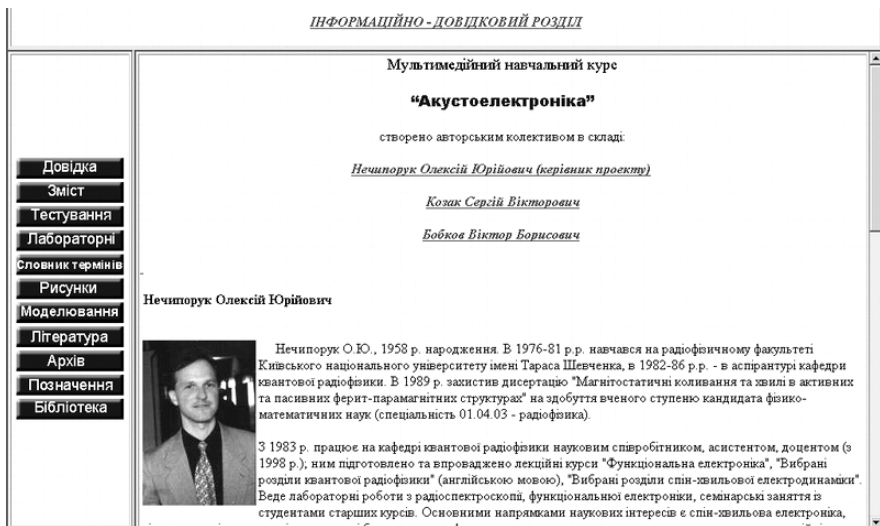


Рис. 2. Інформаційно-довідковий розділ мультимедійного навчального курсу та електронної бібліотеки “Акустоелектроніка”

Компакт-диск містить як незалежну частину електронну бібліотеку з акустoeлектроніки. Тут представлено відскановані з роздільною здатністю 300 dpi підручники, наукові монографії, оглядові журнальні статті (всього понад 3000 сторінок текстів) з фізики акустичних хвиль та їх застосування в приладах акустoeлектроніки. Наявність такої бібліотеки суттєво полегшує вивчення акустoeлектроніки студентами.

Створений навчальний курс забезпечено детальними інструкціями (Help).

Мультимедійний навчальний курс та електронна бібліотека з “Акустoeлектроніки” широко використовується на радіофізичному факультеті Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ РОЗМІРНОСТЕЙ ПРИ ВИВЧЕННІ ФІЗИКИ У ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ

О.Ю. Орлянський

м. Дніпропетровськ, Дніпропетровський національний університет
orl@ff.dsu.dp.ua, oleg_orl@atlantis.dp.ua

Уміння аналізувати розмірності фізичних величин є необхідною частиною культури будь-якого фізика. Розмірність відображає ті закономірності, якими дана фізична величина зв'язана з іншими, і тому аналіз розмірностей може принести набагато більше користі, ніж просте відновлення забутих формул і відшукання помилок у власних обчисленнях. На жаль, навіть на такому рівні більшість студентів не спроможна застосувати метод розмірностей, оскільки не має практики в його використанні і навіть не згадує про нього під час контрольних робіт або екзаменів. Враховуючи важливість розмірних співвідношень у різних розділах фізики, основи цього методу, на наш погляд, повинні викладатися вже на першому курсі в обсязі 4–8 годин. Для того, щоб останнє побажання набуло переконливості, нагадаємо основні ідеї методу і наведемо різні приклади.

1. Одиниця виміру довільної фізичної величини може бути записана у вигляді добутку основних одиниць виміру, які піднесені у деякі степені. Такий запис називається розмірністю, а до основних одиниць виміру за домовленістю відносять довжину L , час T , масу M , заряд q , температуру θ .

2. Дорівнювати і додавати можна величини однакової розмірності.

Почнемо з математичних прикладів.

Розмірність першої похідної $f'(x)$ за визначенням дорівнює розмірності відношення функції до аргументу, $[f'(x)] = [f/x]$. Розмірність кожної наступної похідної відрізняється від розмірності попередньої на розмірність аргументу. Отже, $[f^{(n)}(x)] = [f/x^n]$. Легко переконалися, що всі доданки ряду Тейлора мають однакову розмірність функції і незалежать від розмірності аргументу

$$f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{f^{(n)}(x_0)}{n!} (x - x_0)^n = f(x_0) + f'(x_0)(x - x_0) + \frac{1}{2} f''(x_0)(x - x_0)^2 + \dots$$

На другому курсі під час вивчення теоретичної механіки окремі студенти довго не можуть запам'ятати, де саме в рівняннях Лагранжа-Ейлера треба ставити точку (знак похідної по часу). З огляду на розмірності можна визначитись майже миттєво:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} = \frac{\partial L}{\partial q_i}$$

Аналогічно, дуже легко відновити рівняння Ейлера-Пуассона, яке є

узагальненням рівняння Лагранжа-Ейлера на випадок, коли функція Лагранжа залежить від старших похідних:

$$\frac{\partial L}{\partial y_i} - d \frac{\partial L}{dx \partial y_i} + d^2 \frac{\partial L}{dx^2 \partial y_i} - \dots + (-1)^n \frac{\partial L}{dx^n \partial y_i} = 0.$$

Спростується аналіз результатів обчислення дужок Пуассона. Оскільки за визначенням $\{f, g\} = \frac{\partial f}{\partial g} - \frac{\partial g}{\partial f}$, розмірність дужки Пуассона дорівнює

$$\frac{\partial q_i}{\partial q_i} \frac{\partial p_i}{\partial p_i} \frac{\partial p_i}{\partial q_i} \frac{\partial q_i}{\partial p_i}$$

внює відношенню розмірностей добутку функцій f і g до добутку загальної координати q_i відповідної їй загальної імпульсу p_i , $[f, g] = \frac{[q, p]}{[q, p]}$.

i

i

$[q, p]$

Наприклад, обчислити $\{M, T\}$, де a – деякий сталий вектор, M – момент імпульсу частинки ($M = r \times p$), T – її кінетична енергія ($T = p^2 / 2m$). Зна-

лізу розмірностей зрозуміло, що у відповідь у вигляді добутку будуть входити вектор a і відвіч вектор p (у знаменнику залишиться маса частинки m). Оскільки дужка Пуассона є скалярною величиною, три вектори будуть утворювати змішаний добуток, який дорівнює нулю, коли один з векторів, як у нашому випадку, зустрічається двічі. Отже $\{M, T\} = 0$.

У наведеному нижче виразі для абсолютного значення прискорення у сферичній системі координат є чотири помилки

$$a = \sqrt{(-r\ddot{\theta}^2 - r\dot{\theta}^2 \sin^2 \theta)^2 + (2\dot{\theta} \ddot{\theta} + r\ddot{\theta} - r\dot{\theta}^2 \sin \theta \cos \theta)^2 + (2\dot{\theta} \dot{\phi} \sin \theta + 2r\ddot{\theta} \dot{\phi} \cos \theta + r\dot{\phi}^2 \sin^2 \theta)^2}$$

які легко знайти і відтворити вірний варіант виразу

$$a = \sqrt{(-r\ddot{\theta}^2 - r\dot{\theta}^2 \sin^2 \theta)^2 + (2\dot{\theta} \ddot{\theta} + r\ddot{\theta} - r\dot{\theta}^2 \sin \theta \cos \theta)^2 + (2\dot{\theta} \dot{\phi} \sin \theta + 2r\ddot{\theta} \dot{\phi} \cos \theta + r\dot{\phi}^2 \sin^2 \theta)^2}$$

Аналогічно до похідної, простий і зрозумілий вигляд має розмірність інтеграла, значок якого \int є стилізованою Лейбницем літерою S , а саме – сумою добутків функції f на нескінченно малі прирощення аргументу dx (d від слова *differentia* – різниця). Таким чином, $[\int f dx] = [f x]$. Розмірність інтегралу дорівнює добутку розмірностей підінтегральної функції і аргументу, за яким проводиться інтегрування. Так само знаходиться узагальнення на випадок кратних інтегралів.

Інколи студенти, які заучують так звані табличні інтеграли, а саме $\int \frac{dx}{a^2+x^2}$ і $\int \frac{dx}{\sqrt{a^2-x^2}}$, не можуть пригадати у якому з випадків вставити

множник

1, перед $\frac{\arctg x}{a}$ чи перед $\frac{\arcsin x}{a}$. В обох випадках a і x мають

однакові розмірності, тому перший інтеграл має розмірність $\frac{1}{a}$, другий –

безрозмірний. Отже $\int \frac{dx}{a^2+x^2} = \frac{1}{a} \arctg \frac{x}{a} + C$, $\int \frac{dx}{\sqrt{a^2-x^2}} = \arcsin \frac{x}{a} + C$. В

$$\int \frac{dx}{a^2+x^2} = \frac{1}{a} \arctg \frac{x}{a} + C, \quad \int \frac{dx}{\sqrt{a^2-x^2}} = \arcsin \frac{x}{a} + C.$$

інших, більш громіздких випадках, однорідність за розмірностями виконуються так само: всі доданки завжди мають однакову розмірність, наприклад

$$\int x^2(a^2-x^2)^{3/2} dx = -\frac{x(a^2-x^2)^{5/2}}{6} + \frac{a^2x(a^2-x^2)^{3/2}}{24} + \frac{a^4x\sqrt{a^2-x^2}}{16} + \frac{a^6}{16}\arcsin\frac{x}{a} + C$$

Наведемо приклади фізичних задач з різних розділів фізики, які можуть бути швидко розв'язані методом розмірностей.

1. Коефіцієнт взаємної індукції двох контурів (коефіцієнт пропорційності між швидкістю зміни струму в одному контурі і ЕРС індукції в іншому), має саморозмірність, шой індуктивність, і визначається виразом

$$M = \frac{4\pi \epsilon_0^{-2} \int \int d\vec{l}_1 d\vec{l}_2}{r^n}, \text{ де } d\vec{l}_1 \text{ і } d\vec{l}_2 \text{ елементи довжини першого і другого контурів, } r_{12} - \text{відстань між цими елементами.}$$

Визначити значення показника степені n у запропонованій формулі.

Відповідь: $n=1$.

2. Знайти залежність радіусу r фронту вибухової хвилі від часу t і енергії W ядерного повітряного вибуху.

$$W \propto r^{15}$$

Відповідь: $r = C \sqrt[15]{W \rho}$, де ρ – густина повітря, C – тут і далі безрозмірна стала, яка під час оцінок дорівнюється одиниці.

3. Матеріальна точка масою m здійснює в потенціальному полі $U(x)$ в околі точки рівноваги x_0 малі коливання з амплітудою Δx . Визначити залежність періоду коливань від амплітуди.

$$\text{Відповідь: } T = C \sqrt{\frac{m}{U^{(n)}(x)}} \Delta x^{\frac{n-2}{2}}, \text{ де } n - \text{порядок першої відмінної}$$

$$U^{(n)}(x) \propto \Delta x^n$$

від нуля в похідній потенціальної енергії точки рівноваги. Якщо $n=2$ період не залежить від амплітуди, коливання є гармонічними.

4. Визначити період осциляцій газового пузиря, який з'явився внаслідок глибинного підводного вибуху. Як зміниться період осциляцій, якщо глибину і енергію вибуху збільшити в 4рази?

$$\text{Відповідь: } T = C \sqrt{\frac{W^2 \rho^3}{\rho^5}}, \text{ де } W - \text{енергія вибуху, } \rho - \text{густина води, } P -$$

тиск на глибині h . Період зменшиться у 2 рази. Це зрозуміло з наступного

виразу для періоду $T = C \sqrt{\frac{W^2}{\rho^2 g^5 h^5}}$.

5. Оцінити енергію, що виділяється кожним метром блискавки в поперечному до її розповсюдження напрямі. Частоту грому прийняти $\nu = 100$ Гц.

Відповідь: $\frac{W}{\rho^v} = C \frac{P^2}{\rho^v} \approx \frac{P^2}{\rho^v} \approx 10^6 \text{ Дж/м}^3$. Було прийнято, що атмосфе-

рний тиск $P = 10^5 \text{ Па}$, а густина повітря $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$.

6. Стан одного молу ідеального газу в першій посудині змінюється за законом $P = 2\alpha V^2 e^{-\beta V}$, а стан двох молів ідеального газу в другій посудині – за законом $P = \alpha V^2 e^{-2\beta V}$, де P – тиск, V – об'єм, α і β – додатні сталі. Визначити, у скільки разів максимально можлива температура газу в першій посудині більша за максимально можливу температуру газу в другій.

Відповідь: у 32 рази. Якщо стан газу змінюється за законом $P = \alpha V^2 e^{-\beta V}$, то використовуючи метод розмірності, для температури будемо мати $T = C \frac{a}{R}$, де ν – кількість молів, R – універсальна газова стала.

$$\frac{\nu R b}{3}$$

7. Визначити залежність потужності P електромагнітного випромінювання зарядженої частинки від її прискорення a .

$$q^2 a^2$$

Відповідь: $P = C \frac{q^2 a^2}{\epsilon_0^3}$

8. Дістати закон Стефана-Больцмана, тобто знайти, як залежить потужність випромінювання з одиниці площі поверхні чорного тіла від абсолютної температури T ($[u(T)] = [W/(tS)]$).

Відповідь: $u = C k^4 T^4$, де k – стала Больцмана.

$$\frac{h^3 c^2}{n}$$

9. Визначити енергію E основного стану частинки масою m , яка знаходиться в потенціальному полі $U = \alpha x^n$ (одновимірний випадок), $U = \alpha \rho^n$ (аксіальна симетрія) або $U = \alpha r^n$ (сферична симетрія).

$$\frac{h^2}{m} \propto n+2$$

Відповідь: $E = C \alpha^{n+2} \frac{h^2}{m}$. Для $n = -1$ отримаємо енергію основного стану атому водню, для $n = 2$ – енергію гармонічного осцилятора.

10. За рахунок квантових ефектів чорна дірка випаровується. Визначи-

ти її температури.

$$hc^3$$

Відповідь: $T = C \frac{hc^3}{\gamma km}$, де γ – гравітаційна стала, k – стала Больцмана, m – маса зірки.

Таких прикладів можна привести дуже багато, і вони переконують, що розмірні співвідношення мають зайняти належне місце в процесі викладання фізики у вищих навчальних закладах.

Ознайомитись з методом розмірностей можна в [1–9].

Література:

1. Биркгоф Г. Гидродинамика. – М.: Иностранная литература, 1963.
2. Бриджмен П.В. Анализ размерностей. –Л.; М.: ОНТИ–ГТТИ, 1934.
3. Брук Ю.М., Стасенко А.Л. Как физики делают оценки – метод размерностей и порядки физических величин // О современной физике – учителю. – М.: Знание, 1975. – С.54–131.
4. Дибай Э.А., Каплан С.А. Размерности и подобие астрофизических величин. – М.: Наука, 1976.
5. Коган Б.Ю. Размерность физической величины. – М.: Наука, 1968.
6. Курт Р. Анализ размерностей в астрофизике. – М.: Мир, 1975.
7. Орлянський О.Ю. Елементи теорії розмірності: Навч. посібник.– Дніпропетровськ: Редакційно-видавничий відділ ДДУ, 1999.
8. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. – М.: Наука, 1981.
9. Хантли Г. Метод размерностей. – М.: Мир, 1970.

НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ ОЗНАЧЕНЬ ПРИ ВИКЛАДАННІ ФІЗИКИ

Ю.А. Пасічник¹, В.Ф. Заболотний², Н.А. Мислицька¹

¹ м. Київ, Національний педагогічний університет імені М.П.Драгоманова

² м. Вінниця, Вінницький державний педагогічний університет
parch2K4@yandex.ru

Практика роботи зі студентами показує низьку якість засвоєння фізичних термінів. Аналіз навчальних підручників і посібників показав, що у школах і вищих навчальних закладах для одних і тих же фізичних термінів використовують різні означення. Викладачі і учителі дають такі означення термінів, які можуть не співпадати з посібником. А від учня чи студента в більшості випадків можна чекати не стільки точного визначення того або іншого терміна, даного викладачем, скільки хоча би розуміння його суті при формулюванні його визначення своїми словами. Тлумачення одного і того ж фізичного терміна різною кількістю інших термінів приводить до *певної невизначеності його означення*. То які означення термінів вимагати від студентів? Де критерії того, що воно правильне? В роботі розглядаються питання вдосконалення і використання української фізичної термінології в навчальному процесі.

Питання української фізичної термінології досить актуальні з точки зору викладання фізики та створення і використання державних стандартів України (ДСТУ). Цій проблемі присвячено ряд робіт учасників Міжнародної наукової конференції «Проблеми української термінології Слово Світ», яка періодично проходить у Львові при сприянні Національного Університету «Львівська політехніка», Технічного Комітету стандартизації науково-технічної термінології Держспоживстандарту та МОН України.

Згідно з ДСТУ 1.0:2003 об'єктами стандартизації є продукція, процеси та послуги, зокрема матеріали, їхні складники, устаткування, системи, їхня сумісність, правила, процедури, функції, методи чи діяльність, у тому числі освітніх і наукових організацій. **Найважливішими об'єктами стандартизації** є: організація провадження робіт зі стандартизації; *термінологічні системи різних галузей знань та діяльності; методи випробовування (аналізу-вання), системи та методи забезпечування якості, контролювання якості та керування якістю; метрологічне забезпечення (захист громадян і національної економіки від наслідків недостовірних результатів вимірювання); системи фізичних величин та одиниць вимірювання; стандартні довідкові дані про фізичні сталі та властивості речовин і матеріалів*; умовні позначки, зокрема, графічні та їхні системи, розмірні геометричні системи та їх контролювання; *інформаційні технології,*

зокрема, програмні та технічні засоби інформаційних систем загального призначення, тощо.

Оскільки Україна уже на шляху Болонського процесу і планує вступити в ЄС, то відповідно необхідно вжити заходів щодо гармонізації розроблю-

ваних національних стандартів з відповідними міжнародними (регіональними) стандартами, що і регламентується ДСТУ 1.0:2003.

Даною роботою автори звертають увагу на проблеми, що стосуються використання української фізичної термінології у навчальному процесі.

1. Державні Стандарти України вимагають використання фізичних термінів та їх визначення відповідно до розділів фізики, які вивчаються у школах і вищих навчальних закладах. Аналіз шкільних і університетських посібників і підручників з фізики показав практично повну відсутність посилань на ДСТУ і непослідовність використання визначених ДСТУ термінів, якщо це іноді і є у підручниках фізики: «Оксиген і кисень» на різних його сторінках, «Гідроген і водень», «пришвидшення – прискорення», і ін. Використання термінів і їх означень у школі не узгоджені з такими ж при викладанні фізики у вищих педагогічних (технічних) навчальних закладах.

2. Наведені в ДСТУ 3651.(0-97, 1-97, 2-97) «Метрологія. Одиниці фізичних величин» фізичні величини, одиниці фізичних величин, їхні назви, позначення та правила застосування відповідають аналогічним вимогам міжнародних стандартів, але ця інформація не використана в підручниках і посібниках, виданих після 1997 року. У той же час установлені в стандартах одиниці фізичних величин, їх назви, позначення і правила використання підлягають обов'язковому застосуванню в Україні у всіх видах документації, що розробляється чи переглядається, у науково-технічних публікаціях, навчальній та довідковій літературі, у навчальному процесі всіх навчальних закладів.

3. Частина ДСТУ, яка стосується фізичних величин, розроблялась давно і не повністю відповідає ДСТУ 1.0:2003. Значна кількість фізичних термінів просто відсутня у зв'язку з бурхливим розвитком фізики. Терміносистеми технічних наук часто використовують фізичні, хімічні і математичні терміни, які не стандартизовані у відповідних ДСТУ, що вносить додаткові ускладнення при їх використанні. Дивно, але і сучасні видавництва (див. посібники і підручники) не вимагають у авторів обов'язкового використання ДСТУ при оформленні цих публікацій.

4. На проблеми української наукової мови звертають увагу В. Козирський і В. Шендеровський [1], указуючи на поширені хиби сучасних текстів: рясне засмічення мови безпідставними запозиченнями, найчастіше російськими та англійськими; уживання термінів спеціальної та загальної лексики з порушенням питомої семантики і ін.

Література:

1. Козирський В., Шендеровський В. Тяжка недуга української наукової мови. // Матеріали 8-ї Міжнародної наукової конф. "Проблеми української термінології СловоСвіт 2004", м. Львів, 7-9 вересня 2004 р. – 227 с.

ДО ПИТАННЯ ПРО ЗМІНИ В СУЧАСНІЙ СИСТЕМІ ОСВІТИ

Т.М. Погорілко, І.І. Тичина

м. Київ, Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова

Перед працівниками педагогічних ВНЗ, як і багато років тому стоїть завдання: підготовка вчителів, викладачів відповідно до динаміки і тенденцій всезагального наукового прогресу. Оскільки неможливо передбачити абсолютно всі ситуації і проблеми, з якими може зустрітися сьогоднішній студент у майбутньому, сучасний ВНЗ повинен озброїти завтрашнього спеціаліста методологією наукового пізнання. Останнє допоможе не розгубитися в гіперпросторі всезростаючого інформаційного поля. У світлі поставленої задачі нам потрібно готувати спеціалістів, здатних логічно і творчо мислити, ефективно використовувати досягнення сучасної наукової думки, НТП.

Безсумнівним є факт, що хто володіє інформацією, той володіє світом. Без володіння відомими фактами і нормами чисті зльоти фантазії і уяви безсилі. Але чим далі йде прогрес в науці і техніці, тим далі система освіти заходить в глухий кут: об'єм матеріалу, який необхідно подати студентам (учням) стрімко зростає, а час, необхідний для вивчення, залишається константою. Тобто сучасна система освіти потребує змін.

На превеликий жаль, сучасна система освіти віддає пріоритет пояснювально-ілюстративному підходу в навчанні. У сучасній школі (як середній, так і вищій) студентові (учневі) на заняттях з фізики дають окремі факти, ілюструють досліди, що підтверджують ті чи інші закони. Ці відомості є виокремленими. Нерідко студент (учень) не розуміє, чому саме той чи інший закон важливий, як стосується цей закон (явище) матеріалу, що вивчається на минулому занятті. Студент повинен не лише засвоїти знання на вищому рівні ніж той, який будуть мати в майбутньому його учні, але і оволодіти методами отримання цих знань. В умовах різкого зростання об'єму знань, що накопичуються людством, і незмінній строгості рамок термінів навчання, у ВНЗ акценти мають бути поставлені не на самому навчанні, а на методах оволодіння цими знаннями. Окремі факти застарівають досить швидко, чого не можна сказати про науковий метод. Тому необхідно виробляти у студентів вміння вибирати найбільш важливе з потоку інформації, оперативно обробляти її, застосовувати для майбутньої роботи. В орбіту пошуку відповіді на гостру проблему "Як вчити за сучасних умов?" залучається все більше нових дослідників, які вносять свій посильний внесок у розв'язання цієї проблеми.

Основною нашою ідеєю є перехід від ілюстративно-пояснювального підходу в навчанні (формального і спрямованого на отримання фактів) до системи розвитку діяльнісного, логічного мислення студентів і учнів. Розвиток логічного мислення студентів (учнів) лише тоді буде ефективним,

якщо вони будуть залучені до самостійної розумової діяльності. Останнє можливе за умови, що не буде втрачена логіка викладення матеріалу, що логічна нитка пронизуватиме весь матеріал від першої лекції (заняття) до останньої. Варто згадати і про надзвичайну роль задач у такому процесі. Вони не повинні бути простими тренувальними вправами, де просто у відому формулу студент чи учень підставляє значення, повністю абстрагуючись від фізики, всі задачі мають бути логічно навантаженими. Тільки так можна показати нерозривність всіх явищ, примусити студена (учня) бачити цілісність світу, природи. Студент має бачити цілісність фізичної картини світу. Фізика як науки не існує відокремлено: механіка, електрика, оптика тощо – в реальності це наше життя.

Інновації в процесі навчання потрібно спрямовувати на перехід до навчання, яке приведе до освоєння основних фізичних ідей. Для цього слід розкласти фізику на окремі смислові модулі, перейти до наскрізних програм. Модульна система викладення основних фізичних ідей, законів, яка заснована на процесі розвитку фізики як науки, є фундаментом розвитку логічного мислення. Саме в такій інтерпретації студенти можуть бачити помилки вчених, розуміти, чому сучасне формулювання того чи іншого закону, теорії подано саме в такому вигляді, який пропонує викладач, на контрприкладі студенти чітко бачать хибність певної теорії наприклад ефіру, теплороду, флюїду тощо (останнє дозволяє зіставляти і зважувати різні факти і таким чином доходити до істини), а головне, не порушується логіка наукової думки. Підбір відповідних задач і вправ з даної теорії повинен бути спрямований на формування і розвиток логічних операцій у студентів й учнів.

Одним з модулів наскрізної програми може бути “Закони збереження в природі”. Чому саме цей? Бо саме закони збереження проходять через всю фізику: від макросвіту до мікросвіту. Нема жодного розділу сучасної фізики, де б не фігурував хоча б один із законів збереження. До того ж закони збереження підводять і до відкриття нових понять, законів фізики. Зокрема за допомогою законів збереження при β -розпаді були відкриті нейтрино ($\bar{\nu}$) і антинейтрино ($\tilde{\nu}$), на основі цих же законів розраховано імпульс цих частинок. Подібних прикладів можна навести безліч. Хотілося б зауважити, що вже є розробка програми дещо схожого змісту, які підписані прем'єр-міністром. З ними можна ознайомитись в [1].

Тезисно фрагмент змісту модуля, який ми пропонуємо, можна подати так.

Витоки закону збереження і перетворення енергії. Мова йде про ті

вчення, що в остаточному підсумку сприяли його встановленню. Найбільш раннє примітивне формулювання закону збереження матерії Епікура (III ст. до н.е.): „З нічого не твориться ніщо по божественній волі”. Погляди Демокріта, Фалеса, Анаксимена.

Розвиток механіки при вивченні явищ: падіння тіл, удар, коливання

маятника, виникнення тих ідей і понять, узагальнення яких привело в XVII ст. до формулювання принципу збереження руху, що одержав своє вираження в цей час у двох аспектах: у законі збереження кількості руху й у неможливості механічного вічного двигуна. Галілей (XVII ст.): робота сил не залежить від форми шляху, а тільки від початкового і кінцевого положення тіла (положення є одним з формулювань закону збереження механічної енергії); вперше висувається питання про міру сили удару. Чітке розрізнення силу тиску (статична сила) і силу вантажу, що рухається. Тим самим Галілей робить перший крок у питанні про закон збереження механічної енергії. Закон збереження кількості руху у формулюванні Декарта (первинне формулювання закон збереження енергії): “Коли одне тіло зіштовхується з іншим, воно може передати йому лише стільки руху, скільки саме одночасно втратить, і відняти в нього лише стільки, на скільки воно збільшить свій власний рух”.

Гюйгенс: помилковість погляду Декарта щодо збереження кількості руху при ударі (зберігається векторна сума кількості руху, а не проста кількість руху): “Коли два тіла співударяються, то не завжди зберігається кількість руху, яку мали обидва тіла до удару, вона може або зменшитися, або збільшитися”. Міра руху по Гюйгенсу – величина mv^2 (Декарт вважав мірою руху добуток mv). Суперечка поглядів Декарта і Гюйгенса. Погляди прихильників Гюйгенса (Лейбніц), Декарта (Папін, Меранн тощо).

Поняття сили. Концепція Ньютона. Критика його поглядів Лейбніцем.

Спроба встановлення міри руху Галілеєм, Декартом, Лейбніцем.

Розвиток поняття роботи і енергії. Ідеї Бернуллі про збереження “живої сили”. Понселе і його формулювання принципу передачі механічної роботи (одне з формулювань закону збереження енергії): “Робота або “жива сила” (mv^2) ніколи не виходить з нічого і не перетворюється в ніщо, а тільки перетворюється з одного виду в інший”. Силова функція Гріна і Гамільтона.

Проекти вічних двигунів. П'єр де Маренкур (1269 р.), Віллар д'Оннекур (1245 р.) – перші проекти вічних двигунів. Оголошення Паризької Академії наук (1775 р.) про неприйняття заяв про вічний двигун, квадратуру кола і філософський камінь. Ідея про неможливість створення вічного двигуна вже в XVIII ст. – важливий фактор у розвитку вчення про механічний рух. Встановлення окремого випадку закону збереження енергії, що знайшов своє відображення як у теоремі “живих сил”, так і в принципі неможливості вічного двигуна.

Розвиток уявлень про природу теплоти. З'ясування природи теплоти. Встановлення еквівалентності теплоти і механічної роботи. Уявлення про сутність теплоти як про вид руху (зародилося у натурфілософів античного світу) і як про деяку матеріальну субстанцію, якій притаманні специфічні особливості (XVII ↓ XVIII ст.). Гіпотези Ф. Бекона і Р. Декарта, Бойля, Гука. Спроби механічного пояснення природи теплоти і теплових явищ. Теорія теплороду (Вольф, Лавуазьє, Келлендер, Лаплас). Досліди К. Блека. Винахід

термометра (флорентійські академіки, Ньютон, Фаренгейт, Реомюр, Цельсій) і його роль у розмежуванні понять “кількість теплоти” і “температура”. Винахід парової машини – передумова до відкриття закону збереження і перетворення енергії. Погляди М. Ломоносова, критика теорії теплоруду. Праці Лавуазьє і Лапласа. Боротьба між молекулярно-кінетичними уявленнями про теплоту і теорію теплоруду (до середини ХІХ ст.). Постановка переконливих дослідів, що остаточно довела неспроможність теорії теплоруду (праці Деві, Румфорда).

Т. Юнг, А. Ампер і їх погляди на теплоту.

Пікте і Меллоні: аналогія між тепловими і світловими променями. Вивчення теплопровідності у твердих тілах.

Відкриття і дослідження взаємозв'язку різних форм енергії. Підведення вчених до думки про єдність сил природи, взаємозв'язок розрізнених, на перший погляд, явищ при дослідженні електричних, магнітних, оптичних явищ. Перші здогадки про зв'язок електрики і магнетизму (Г. Вільберт, далі Ерстед). Теорія флюїду. (Гальвані, Вольта). Поняття “ефіру” (Ейлер, Розенберг). Тотожність електричних і хімічних сил (Деві і Берцеліус). Стовп Вольта і підтвердження, що всі ефекти, які відбуваються за допомогою електрики від тертя, відтворюються і за допомогою електричного струму (показано єдність різних видів електрики). Розгром теорії флюїдів (Ерстед). Породження магнетизму струмом (Ерстед). Перетворення магнетизму в електрику (Фарадей). Відкриття Фарадеєм (переконаного у єдності сил природи) магнітного обертання площини поляризації.

Встановлення Ленцем закону (“правила”) про напрямок індукованих струмів як окремий випадок закону збереження і перетворення енергії.

Ідеї С. Карно і їх роль для подальшого розвитку знань про взаємозв'язок теплоти і роботи (введення поняття про круговий процес і поняття про ККД теплової машини, кількісний зв'язок між теплою і роботою, спроба обчислення механічного еквіваленту теплоти).

Формулювання Шлейденом і Шванпом основних положень клітинної теорії будови організмів (30-і рр. ХІХ ст.) та ідеї на основі яких був сформульований діалектичний закон про єдність і взаємозв'язок різних форм рухів – закон збереження і перетворення енергії.

Формулювання закону збереження і перетворення енергії у загальному виді протягом п'яти років (1842–1847 рр.) незалежно один від одного декількома вченими, що прийшли до нього різними шляхами. Найбільш загальний вид закону (Р. Майєр, Г. Гельмгольц, Д. Джоуль).

Викладаючи матеріал таким чином, відображається найтісніший зв'язок між різними явищами, законами, цілком зрозуміло вибудовується логіка міркувань вчених, що стимулює студентів (учнів) до навчання, аналізу і співставлення фактів, підбирається ключ для пізнання цілісної картини світу. Буде зростати якість підготовки спеціаліста. Очевидно, що не абсолютно всьобся інформація можна запропонованими методами подати

на заняттях, але основу, стрижень, на який додаткові факти можна нанизати – передбачено. Запропонований модуль був апробований викладачами нашої кафедри і не безуспішно. Звичайно, щоб не формувався пасивний стереотип поведінки студентів (учнів), ще необхідно підкріпити запропонований підхід достатньою кількістю творчих задач. Це буде запобігати тому, що зустрівшись з нескладною навчальною ситуацією, яка вимагає найпростішого творчого підходу, студент стане розгубленим, практично немічним.

Література:

1. Фізика і астрономія в школі. – 2004. – №3.
2. Льюїс М. История физики. – М.: Мир, 1970. – 465с.
3. Храмов Ю.А. Физики. Биографический справочник. 2-е изд. – М., 1983.

ДОСЛІДЖЕННЯ ШВИДКОПЛИННИХ ПРОЦЕСІВ У ШКІЛЬНОМУ ФІЗИЧНОМУ ЕКСПЕРИМЕНТІ

Г.П. Половина, В.О. Ківа, М.А. Стовповенко
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет

Використання науково-дослідницького методу навчання, де діяльність учнів керується педагогом і спрямована на самостійне здобування знань і на опанування методів наукового пізнання все частіше використовується в шкільній практиці [2].

Одним із завдань, що стоять перед шкільним вчителем, є виховання творчої особистості, здатної в майбутньому не лише застосовувати знання, набуті в школі, але і створювати нове як в науці, так і в техніці; вміти від праці отримувати задоволення.

Підвищення продуктивності педагогічної праці неможливе без застосування сучасних технічних засобів навчання (ТЗН). Лавиноподібне зростання різноманітної інформації та обмаль часу на її осмислення та засвоєння потребує пошуку шляхів підвищення ефективності педагогічного процесу. Отже, об'єктивно назріла потреба використання сучасних ТЗН. ТЗН дозволяють, наприклад, різнобічно розглядати та вивчати динаміку різноманітних фізичних процесів, які важко сприймаються в реальному часі їх протікання. В першу чергу це відноситься до вивчення саме швидкоплинних процесів [3], які при допомозі сучасних технічних пристроїв можна спостерігати в уповільненому режимі, як в прямому так і в зворотному напрямках їх протікання та використовувати “стоп-кадр”.

Цифрові технології створили цілий ряд електронних пристроїв, що успішно використовуються в якості ефективних технічних засобів навчання. Як правило, це такі: камкордер (сукупність в одному корпусі відеокамери та відеомагнітофону), відеопроєктор, комп'ютер, відеомагнітофон, цифровий фотоапарат та інше.

Вчитель фізики за своїми можливостями має суттєві переваги перед іншими вчителями-предметниками. Ці переваги полягають в тому, що учні з перших уроків фізики можуть експериментально перевіряти деякі теоретичні положення, вести спочатку прості, а потім все складніші дослідження, які можуть перейти в наукові. Тільки той вчитель фізики, який повною мірою використовуватиме поряд з іншими науково-дослідницький метод навчання, досягне поставленої мети.

На початку вивчення фізики важливими є простота експерименту та навчання творчого підходу до нього. Вчитель вчить учня знаходити аналітичний розв'язок проблеми; виконувати експериментальні дослідження; оцінювати похибки вимірів; аналізувати одержані результати і таке інше.

Спочатку розглянемо деякі творчі роботи старшокласників, які, використовуючи традиційне обладнання, одержали цікаву інформацію щодо

фізичних процесів. Ці роботи в основному пов'язані з механікою, тобто не вимагають для дослідження дорогої апаратури.

Приклад 1. Ознайомившись із принципом Ферма, учень здивувався, що світло вибирає шлях, на проходження якого витрачається найбільший або найменший час. Він вирішив перевірити, чи є щось подібне в механіці. Ним була виготовлена установка, яка складається з трьох жолобів однако-вих довжин: прямого, опуклого та вгнутого. Три однакових сталевих кульки одноразово починали спуск вниз з однакової висоти, кожна по своєму жо-лобу.

Першою досягала нижнього кінця жолоба кулька, що рухалась по угну-тому жолобу, а та, що рухалась по опуклому – найпізніше. Теорія ствер-джує, що внизу їхні швидкості однакові (рис. 1).

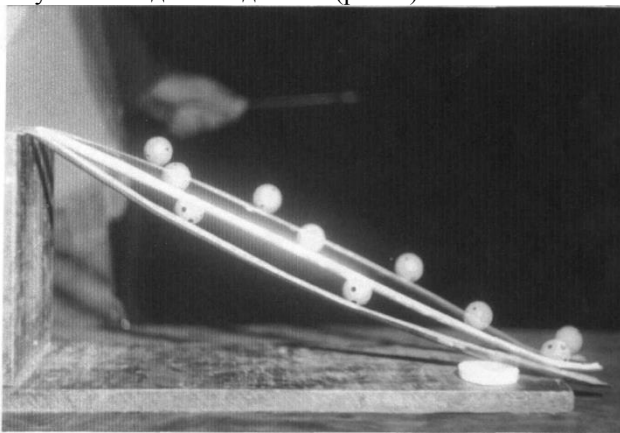


Рис. 1. Скочуння кульок по жолобах різного профілю

Експериментально треба було довести, що хоч кульки долали однакові шляхи за різний час, швидкості в кінці спуску в них були однакові.

Учень у своїй роботі запропонував чотири способи перевірки рівності швидкостей в кінці спуску.

1. Розташувачи пристрій на підлозі, визначив далекість відкочування цих кульок. Так як вони зупинялись на однаковій відстані від пристрою, то, долаючи силу тертя, яка їх зупиняла, вони виконали однакову роботу, значить і швидкості на початку горизонтального руху у них були однакові.

2. Розташувачи установку на столі, скотив кульки. Скотившись зі столу, ці кульки впали на однаковій відстані, що стверджувало про їх однакові швидкості.

3. На горизонтальній поверхні на шляху кульок, що скочувались і рухались горизонтально, ставили бруски однакової маси. Всі кульки виконували однакову роботу, зсуваючи бруски на однаковій відстані.

4. Жолоби в кінці спуску закінчувались дугами однакового радіуса. Всі

кульки, скотившись з різних жолобів, рухаючись по дузі, піднімались на однакову висоту.

За даними експерименту визначалась кінцева та середня швидкості руху кульок. Для знаходження часу спуску кожної кульки та миттєвих швидкостей в різних точках траєкторій використовували стробоскопічне фотографування. На рисунку 1 показана стробоскопічна фотографія, де чітко видно найбільший та найменший час спуску кульок.

Для визначення часу спуску кожної кульки та їх миттєвих швидкостей використаний відеозапис при допомозі цифрового камкордера з частотою 25 кадрів на секунду. Це дало можливість визначити положення кульок через конкретні рівні проміжки часу. На рисунку 2 показані графіки миттєвої швидкості для трьох вказаних жолобів.

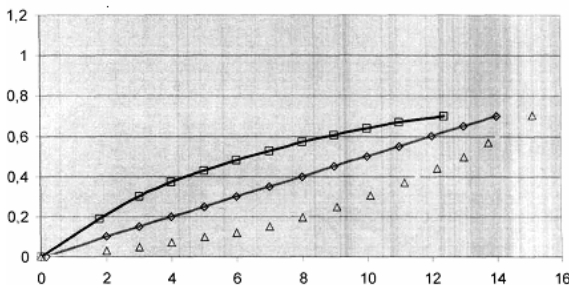


Рис. 2. Графік залежності швидкості кульок від часу руху

Додаткова інформація, яку одержав учень, використавши стробоскопічне фотографування:

1. Графік залежності миттєвої швидкості від часу спуску мав деякі відмінності від теоретично розрахованого. Це примусило перевірити, чи немає проковзування кульок?

2. Перед початком експерименту існувала думка, що при малій масі кульок, які скочуються, більша сила опору повітря буде діяти на ту кульку, яка має більшу миттєву швидкість в деяких точках траєкторії, і цей факт не дозволить перевірити гіпотезу про однакову кінцеву швидкість і різний час спуску. Проте дослідження фотографій з кульками різної маси показали, що гасіння швидкості внаслідок збільшення сили опору повітря в цьому експерименті незначне і ним можна нехтувати.

Приклад 2. Досліджувалась поведінка магнітного феритового кільця на феритовому стержні. При певному співвідношенні діаметрів стержня та кільця це кільце себе вело дивно, коли обертаючись, опускалось по вертикально розташованому стержню. Дивним в цьому експерименті було те, що коли магнітне кільце було повернуте північним полюсом вгору, то воно рівномірно обертаючись, рівномірно опускалось вниз. Коли ж кільце було повернуте вгору південним полюсом, то опускаючись, виконувало декілька обертів за годинникову стрілку, на деяку мить зупинялось, потім почи-

нало обертатись проти годинникової стрілки і так далі, опускаючись по стержню вниз.

Щоб дослідити вплив магнетизму, сили тертя, гіроскопічного ефекту на поведінку магнітного феритового кільця, були проведені дослідження поведінки дерев'яного кільця на дерев'яному стержні, та феритового – на феро-, пара- та діаманітному стержнях. Стробоскопічні зйомки поведінки кілець дали змогу дослідникам помітити ряд закономірностей, які неможливо побачити з причини їх швидкоплинності, а саме:

- представлено саме собі кільце з будь-якого матеріалу на вертикальному стержні, опускається вниз і рівномірно обертається;

- феритове намагнічене кільце на феритовому (напівпровідник) та феромагнітному (провідник) стержнях (коли північний полюс повернуто вгору) обертається, рівномірно опускаючись, але біля нижнього кінця стержня починає обертатись швидше і зависає наньому;

- феритове кільце, повернуте південним полюсом вгору на феритовому стержні, на початку спуску обертається в одному напрямку, зупиняється і починає обертатись в протилежному напрямку; якщо ж тепер кільцю в нижній точці надати обертового руху в горизонтальній площині, то кільце почне підніматись по стержню вгору.

На рисунку 3 наведена стробоскопічна фотографія феритового кільця при положенні південного полюса вгорі. Видно, що площина його обертання змінюється.

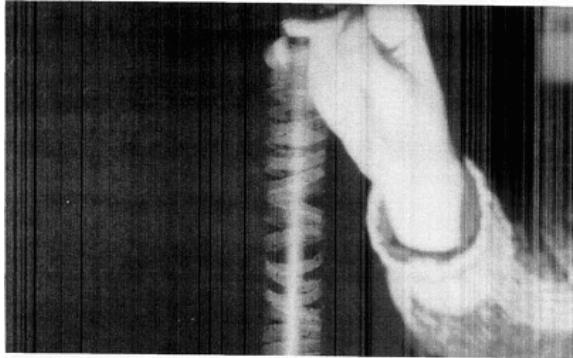


Рис. 3. Рух феритового кільця

Приклад 3. Досліджувалась передача удару тілом, що має вісь обертання. Установка складалась з дерев'яної рейки, що вільно обертається на підставці. На одному кінці рейки знаходилась кулька, а на другий кінець з деякої висоти падала інша. Перша кулька підскакувала вгору в результаті зіткнення другої кульки з важелем.

Досліджувалась залежність висоти відскоку другої та першої кульок від: 1) відстані до центру обертання рейки; 2) співвідношення мас кульок; 3) висоти падіння. Але найбільший інтерес був у визначенні моменту відри-

ву кульки, що спочатку була в стані спокою. Чи вона відривається і летить вгору в момент удару падаючої кульки, чи в той момент, коли важіль ударяється об горизонтальну поверхню?

На рисунку 4 наведено стробоскопічну фотографію, на якій показано координати кульки, що піднімалась вгору після удару об важіль падаючої кульки та координати кінця важеля, на якому лежала ця кулька. Як видно з фотографій, подібних до наведеної, час взаємодії кульки, що впала на важіль, з важелем менше 0,04 с, а друга кулька відривається від важеля, на якому лежала, за такий самий час. Тобто, момент відриву другої кульки співпадає з моментом зіткнення першої кульки з важелем. Удар пружний. Як показали дослідження стробоскопічних фотографій, несиметричність траєкторії кульки, що підстрибує від удару, пов'язана з її обертальним рухом.

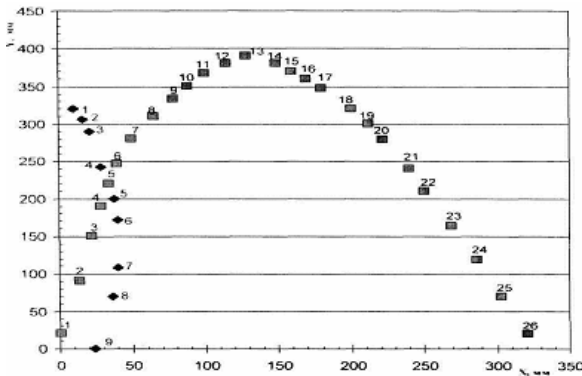
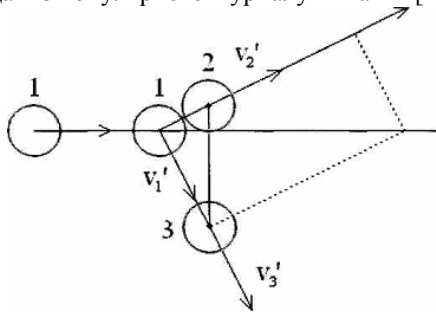


Рис. 4. Координати руху кульки. Координати руху важеля праворуч, на які знаходилась кулька до удару

Приклад 4. Бажання провести експериментальні дослідження виникло після розв'язку задачі з популярного журналу “Квант” [4].



Задача. Три однакові гладенькі більйардні кулі з радіусами R розташовані на гладенькій горизонтальній поверхні. Кулі 1 надали швидкості v_0 . Вона ударяється спочатку об кулю 2, а потім об кулю 3 і зупиняється. Ви-

значити відстань r між центрами куль 2 та 3 та швидкості, які будуть у куль після удару. Удари абсолютно пружні. Визначити кут розльоту куль 1 і 2 після удару.

Із закону збереження імпульсу

$$mv_1 = mv_1' + mv_2', \quad (1)$$

де mv_1 – імпульс кулі 1 до удару (кількість руху кулі 2 дорівнює нулеві);

mv_1' і mv_2' – імпульс першої та другої куль після удару.

З закону збереження енергії при пружному ударі маємо:

$$mv_1^2 = mv_1'^2 + mv_2'^2 \quad (2)$$

З рисунка до задачі та з рівняння (2) маємо

$$\clubsuit v^2 = v_1'^2 + v_2'^2 - 2 \cdot v_1' \cdot v_2' \cdot \cos \alpha \quad (3)$$

$$v^2 = v_1'^2 + v_2'^2$$

$$\heartsuit v_1^2 = v_1'^2 + v_2'^2$$

З (3) маємо: $2 \cdot v_1' \cdot v_2' \cdot \cos \alpha = 0$, але оскільки $v_1' \neq 0$ та $v_2' \neq 0$, то $\cos \alpha = 0$, отже $\alpha = 90^\circ$, тобто кут розльоту кульок при пружному ударі завжди дорівнює 90° .

З рисунка видно, що відстань між кулею 2 і 3 рівна $4R$; $r = 4R$.

З метою перевірки того несподіваного для школярів факту, про те, що кут розльоту кульок при пружному ударі завжди дорівнює 90° , досліджувались пружні нецентральні удари бильярдних куль. Стробоскопічні дослідження показали, що при будь-якому пружному нецентральному ударі кут розльоту кульок, (якщо одна з них до удару була в стані спокою, а друга налітала на неї), завжди дорівнював 90 градусів. На рисунку 5 – стробоскопічна фотографія для цього випадку.

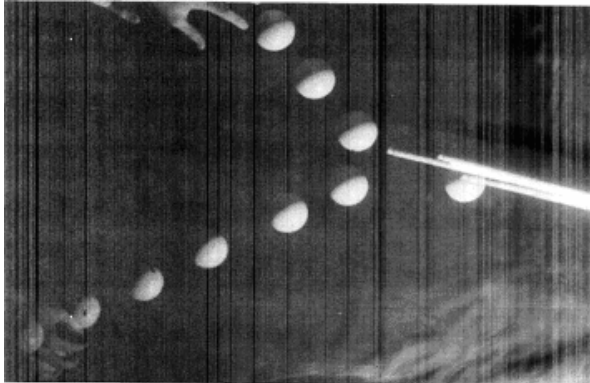


Рис. 5. Розлітання кульок після удару

Нами були використані творчі роботи учнів Центрально-Міського ліцею м. Кривого Рогу, які, виконуючи дослідження, робили суб'єктивні відкриття у фізиці. Вони ставили перед собою задачі, відповіді на які не були

ними знайдені в літературі й експериментально та теоретично досліджували їх. При цьому вони мали нагоду переконатись, що експериментальні дослідження з використанням сучасних технічних засобів дають не тільки інформацію для роздумів, але й показують, що в експерименті насамперед слід враховувати суттєві й несуттєві фактори та різного роду похибки.

Стробоскопічне фотографування дозволяє фіксувати місцеположення рухомих тіл у різні моменти часу, проте потребує багато часу на виготовлення фотографій. При наявності цифрового фотоапарату цей процес значно спрощується, так як оперативної можна отримувати різну кількість фотографій. Використання камкордера уможливорює ефективне дослідження динаміки руху фізичних тіл. Перенесення записаної на камкордері інформації на вінчестер комп'ютера дає можливість її подальшого редагування в цифровій формі, оперативного тиражування на компакт-дисках при збереженні високих технічних характеристик.

Використання мультимедійного проектора дозволяє переглядати записану інформацію на екрані значних розмірів без затемнення приміщення. Особливо це важливо при вивченні дрібних об'єктів.

Таким чином, використання сучасних технічних засобів значно підвищує продуктивність педагогічної праці, є діючим засобом в ефективному засвоєнні фізичних знань.

Література:

1. Галатюк Ю., Рибалко А. Впровадження системи дослідницьких задач в курсі фізики середньої школи // Сучасні технології в науці та освіті. – 2003. – Т. 2. – С.49-55.
2. Белкин Н.К. Стробоскопический эффект // Квант. – 1985. – № 9. – С. 23-28.
3. Квант. – 1988. – №2. – С. 34.

МЕТОДИКА ВИВЧЕННЯ ТЕМИ “ДИНАМІКА ОБЕРТАЛЬНОГО РУХУ”

Г.П. Половина, О.М. Пльонкіна
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет

В наш час саме у середній школі закладаються основи наукового світогляду. Його формування – це процес складний і тривалий, він протікає одночасно і в єдності з процесом навчання. Під час вивчення фізики учні зустрічаються з цікавим методологічним фактом, а саме тим, що якісно різні фізичні явища й закономірності виражаються зовнішньо однаковими математичними формулами. Це, зокрема, поступальний і обертальний рухи, які описуються подібними законами й закономірностями.

Про актуальність і доцільність вивчення теми “Динаміка обертового руху” у загальноосвітній середній школі, а тим більше в спеціалізованих класах з поглибленим вивченням фізики, говориться в працях багатьох методистів. В роботі [1] Е.Е. Евенчик вважає, що розкриття значення таких величин, як енергія, імпульс, момент імпульсу та відповідних законів збереження, обов’язково має починатися в механіці і продовжуватися в усіх інших розділах фізики. Це дає змогу учням краще зрозуміти фізичні явища і процеси, розширює їхній науковий кругозір і світогляд.

В роботі [2] Ю.А. Туманьян рекомендує при вивченні теми “Обертвий рух тіла” провести лабораторне заняття з визначення моменту інерції куль малого радіуса. Він досить детально розробив відповідну роботу з урахуванням того, що потенціальна енергія кулі при скочуванні по жолобу перетворюється на кінетичні енергії поступального та обертового рухів і частково витрачається на роботу проти сил тертя.

Аналіз результатів конкурсних робіт й олімпіад за останні роки показав, що тема “Динаміка обертового руху” засвоюється учнями не на належному рівні. Для учасників олімпіад, які крім теоретичних задач розв’язують експериментальні, ми рекомендуємо виконати лабораторну роботу, яка сприятиме більш глибокому розумінню такого поняття, як момент інерції, а також закону збереження енергії при поступальному та обертовому русі.

Лабораторна робота № 1 [3]

Тема: Визначення моменту інерції полого циліндру.

Мета: Визначення моменту інерції полого циліндру, використовуючи закон збереження енергії, а також основні закони динаміки поступального та обертового рухів.

Обладнання: штатив, довга дошка, терези, гирі, штангенциркуль, лінійка, секундомір.

I. Використання закону збереження енергії для визначення моменту інерції полого циліндру.

Енергія обертання полого циліндру з зовнішнім радіусом R і внутрі-

$$I_1 \omega^2 = \frac{I_1 \omega^2}{2} + \frac{I_2 \omega^2}{2}, \quad (1)$$

де I_1 , I_2 та I_3 – відповідно моменти інерції суцільного циліндру радіуса R , полого циліндру, циліндру радіуса r (отвір), ω – кутова швидкість. З рівняння (1) випливає, що момент інерції полого циліндру дорівнює

$$I = I_1 - I_2.$$

Моменти інерції циліндрів відомі: $I_1 = \frac{1}{2} m_1 R^2$, $I_2 = \frac{1}{2} m_2 r^2$, де m_1, m_2 – ма-

си циліндрів; $m_1 = \rho \pi R^2 d$, $m_2 = \rho \pi r^2 d$, де ρ – густина речовини, із якої складаються циліндри, d – висота циліндрів.

Враховуємо, що $\rho = \frac{m}{m_1 - m_2}$, де $m = (m_1 - m_2)$ – маса циліндру з отвором,

одержимо:

$$I = \frac{\pi(R^2 - r^2)d}{2} m = \frac{1}{2} m_1 R^2 - \frac{1}{2} m_2 r^2 = \frac{\rho \pi d}{2} (R^2 - r^2) = \frac{m}{2} (R + r). \quad (1')$$

Як видно з останньої формули для визначення моменту інерції потрібно виміряти масу циліндру та його внутрішній і зовнішній радіуси.

II. Використання основних законів динаміки обертального та поступального рухів для визначення моменту інерції полого циліндру.

Циліндр знаходиться в поступальному та обертальному русі.



Рис. 1

Згідно з II законом Ньютона (рис. 1)

$$m g \sin \alpha - F_{\text{тр}} = m a, \quad (2)$$

де $F_{\text{тр}}$ – сила тертя. Згідно з основним рівнянням динаміки обертального руху:

$$F_{mp} R = I \varepsilon, \quad (3)$$

де ε – кутове прискорення циліндру, I – потрібний момент інерції.

Розв'язуючи рівняння (2) і (3) разом, використовуємо співвідношення між лінійним a та кутовим ε прискоренням: $a = \varepsilon R$. (4)

Отримаємо:

$$mg \sin \alpha$$

$$I = mR^2 \frac{1}{a} - 1, \quad (5)$$

де $\sin \alpha = \frac{h}{l}$, h та l – потрібно виміряти. Для знаходження прискорення a

можна виміряти пройдений шлях і час руху t :

$$a = \frac{2S}{t^2} \quad (6).$$

Підставимо в формулу (5) значення (6), одержимо:

$$I = mR^2 \frac{2S}{t^2} - 1 \quad (7).$$

Оцінюються похибки вимірювання моменту інерції та порівнюються результати, одержані різними методами.

Для більш глибокого засвоєння матеріалу на тему “Динаміка обертового руху” слід рекомендувати розв’язати наступні задачі.

Задача [4].

Супутник рухається по коловій орбіті в площині екватора на висоті, яка дорівнює радіусу Землі. З якою швидкістю повинен переміщуватися наземний спостерігач, щоб супутник з’являвся над ним кожні 5 годин? Напрямок руху супутника і обертання Землі співпадають.

Розв’язання.

На супутник, що рухається по коловій орбіті, діє сила тяжіння Землі $F = \gamma \frac{Mm}{r^2} = \gamma \frac{Mm}{4R^2}$, де R – радіус Землі.

$$r^2 = 4R^2$$

Поблизу поверхні Землі рівняння руху вільно падаючого тіла має вигляд: $mg_0 = \gamma \frac{Mm}{4R^2}$, звідси прискорення вільного падіння поблизу поверхні

Землі $g_0 = \gamma \frac{M}{R^2}$. Враховуючи це, перетворюємо вираз для сили тяжіння: $F =$

$$\gamma \frac{Mm}{4R^2} = g_0 \frac{m}{4}$$

$$4R^2 = 4$$

Так як супутник рухається по коловій орбіті з постійним прискоренням, то рівняння руху (2-й закон Ньютона) має вигляд: $m\omega^2 2R = g_0 \frac{m}{4}$



Так як супутник переміщується в напрямку руху Землі (рис. 2), то за час $t = 5$ годин супутник проходить по своїй орбіті шлях $ABCA B = S = v t$ та попадає в точку B , яка знаходиться від точки A на відстані: $AB = v t - 2\pi r = r(\omega t - 2\pi) = 2R(\omega t - 2\pi)$.

Щоб супутник опинився над спостерігачем, останній повинен попасти в точку B_1 за той же час, тобто пройти шлях A_1B_1 . Цей шлях він проходить зі швидкістю $v_1 + v_2$, де v_1 – швидкість спостерігача відносно землі, v_2 – швидкість Землі. Отже, $A_1B_1 = (v_1 + v_2)t$.

З рисунку видно, що за час t супутник і спостерігач проходять однакову кутову відстань, тобто

$$\varphi_1 = \varphi_2, \varphi_1 = \frac{A_1B_1}{R}; \varphi_2 = \frac{AB}{2R} \text{ чи } \frac{(v_1 + v_2)t}{R} = \frac{2R(\omega t - 2\pi)}{2R}.$$

Враховуючи, що швидкість Землі $v_2 = \frac{2\pi R}{T}$, де $T = 24$ години – період обертання Землі, отримуємо

$$\frac{(v_1 + \frac{2\pi R}{T})t}{R} = \omega t - 2\pi,$$

звідси

$$v_1 = \omega R - \sqrt{g_0} - \frac{2\pi R}{t} = \omega R - \sqrt{g_0} - \frac{2\pi R}{T}.$$

Підставляючи числові значення, одержимо: $v_1 = 111$ м/с.

Задача [5].

Полий циліндр з внутрішнім радіусом r та зовнішнім радіусом R котиться без проковзування з постійною швидкістю по горизонтальному столу. На внутрішній поверхні циліндру знаходиться невеличка шайба, коефіцієнт тертя ковзання якої по його поверхні дорівнює μ . При якій мінімальній швидкості циліндра шайба зможе знаходитися в спокої відносно нього (рис. 3).

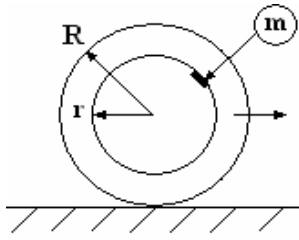


Рис. 3

Розв'язок.

Будемо розглядати сили, які діють на шайбу, коли її положення зада-

ється кутом (рис.4). Ми поки що не знаємо, якому відповідає мінімальна швидкість циліндра.

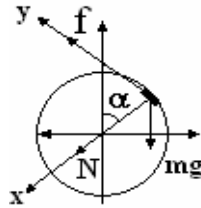


Рис. 4

За допомогою рис. 4 можна записати 2-й закон Ньютона:
 $m\omega^2 r = N + mg \cos \alpha$

$$f = mg \sin \alpha \quad (1)$$

Умова не проковзування: $f \leq \mu N$

З системи (1) отримуємо:

$$m\omega^2 r \geq mg \cos \alpha + \underbrace{mg}_{\mu} \underbrace{\sin \alpha}_{\mu} = mg (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

Приймаючи до уваги, що

$$\sin \alpha + \mu \cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1+\mu^2}} \sin \alpha + \frac{\mu}{\sqrt{1+\mu^2}} \cos \alpha = \sqrt{1+\mu^2} \cos(\alpha - \phi)$$

де $\sin \phi = \frac{1}{\sqrt{1+\mu^2}}$, $\cos \phi = \frac{\mu}{\sqrt{1+\mu^2}}$.

Так, як $\cos(\alpha - \phi) \leq 1$, то

$$m\omega^2 r \geq \frac{mg}{\mu} \sqrt{1+\mu^2};$$

Оскільки $v = \omega R$, то $v^2 \geq \frac{R^2 g}{\mu r} \sqrt{1+\mu^2}$.

Звідси отримуємо $\gamma R^2 g = [gr] = [v^2]$.

$$\leq r^{\infty}_f$$

При $\mu=0$ шайба завжди буде ковзати вниз.

Вповідь: $v_{\min} = R \sqrt{g (1 + M^2)^{1/4}}$.

Пропонуємо програму з вивчення динаміки обертового руху у фізико-математичних класах з поглибленим вивченням фізики, яку ми склали користуючись [6] та власним досвідом (табл. 1).

**Програма з вивчення динаміки обертового руху
в класах з поглибленим вивченням фізики**

Номер уроку	Тема уроку
1	Динаміка обертового руху матеріальної точки. Закон Ньютона. Доцентрова сила.
2	Штучні супутники Землі. Космічні швидкості.
3	Розв'язування задач. Самостійна робота.
4	Динаміка обертового руху твердого тіла. Момент сили. Момент імпульсу. Основне рівняння динаміки обертового руху. Закон збереження моменту імпульсу.
5	Тверде тіло. Абсолютно тверде тіло. Кінематика руху абсолютно твердого тіла (теорема про проекції швидкостей).
6	Момент інерції твердого тіла. Взаємозв'язок між моментом імпульсу і моментом інерції. Основне рівняння динаміки обертового руху твердого тіла із закріпленою віссю обертання.
7	Моменти інерції твердих тіл правильної геометричної форми. Теорема Штейнера.
8	Лабораторна робота. Вимірювання моменту інерції пологого циліндру.
9	Кінетична енергія обертового й обертово-поступального рухів. Робота в обертовому русі.
10	Аналогія між поступальним і обертовим рухами. Розв'язування і складання задач.

Таким чином, діяльність учнів проходить на рівні розуміння й осмислення змістово-логічних зв'язків між різними видами знань та їх структурними компонентами. Цей метод навчання спрямований на розвиток мислення учнів, на застосування учнями знань, здобутих під час вивчення інших розділів механіки.

Література:

1. Эвенчик Э.Е. Модели центробежных механизмов в демонстрационных опытах // Физика в школе. – 1988. – № 4. – С. 58–63.
2. Туманьян Ю.А. Определениемоментаинерциисаровмалогорадиуса// Физика в школе. – 1990. – № 4. – С. 37–38.
3. Учебные задания для участников физических олимпиад. // АПНСССР. НИИ содержания и методов обучения. – М., 1989. – 82с.
4. Прудников В.Н. Методические указания. Подготовительные курсы естественных факультетов МГУ. – М.: Издательство МГУ, 1976. – 16с.
5. Троицкий С.В. Говорун Е.Н. Пособие по физике для 10 класса: Методические разработки для учащихся ВЗМШ. – М., 1992. – 48с.
6. Попова Т.М. Динаміка обертального руху та його аналогія і подібність з поступальним рухом // Фізика та астрономія. – 2001. – №2. – С.22-25.

РАСЧЕТ СИЛЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОЗДУХА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ “ИЗУЧЕНИЕ МАЯТНИКА МАКСВЕЛЛЯ”

Т.Н. Попова

г. Керчь, Керченский морской технологический институт

Особенности изучения темы “Законы сохранения” в средней школе рассматриваются в работах А.И. Бугаева и Н.Н. Дидовича, Г.Р. Лисенкер, И.И. Плющя, Б.В. Селюка, А.В. Усовой и других авторов.

Эвристическая роль законов сохранения заключается в том, что законы сохранения, выполняя методологическую функцию, являются критерием для проверки физических гипотез. В работе [1] А.И. Бугаев и Н.Н. Дидович отмечают функции законов сохранения в науке:

- исключительная общность законов сохранения, как для явлений космического масштаба, так и для явлений микромира;
- с помощью законов сохранения можно исследовать механические, тепловые, электрические и др. явления и процессы;
- универсальность законов сохранения подтверждается их связью со свойствами пространства, времени и с симметрией: *однородность времени приводит к закону сохранения энергии, однородность пространства – к закону сохранения импульса, изотропность пространства – к закону сохранения момента импульса.*

Механическая работа – физическая величина, численно равная скалярному произведению векторов силы, действующей на тело, и перемещения:

$$A = F \cdot s = |F| |s| \cdot \cos \alpha.$$

При изучении понятий работы и энергии в курсе механики, по мнению И.И. Плющя [2], А.В. Усовой [3] возникает необходимость мотивации определяющих формул, а также обоснованного их введения. Мы расширяем понятие “работы” в случае переменной силы с помощью известной теоремы об изменении кинетической энергии:

$$mV^2 - mV_1^2$$

$$A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}.$$

Аналогично вводится определение механической работы как изменения потенциальной энергии:

1) $A = mgh_1 - mgh_2$ – при изменении высоты тела относительно нулевого уровня;

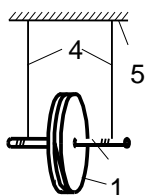
2) $A = \frac{1}{2} kx_2^2 - \frac{1}{2} kx_1^2$ – упруго деформированного тела;

3) $A = G \frac{mM}{R_1} - G \frac{mM}{R_2}$ – гравитационного взаимодействия.

Алгоритм решения задач на расчет энергии тела или системы тел таков: 1) воспользоваться формулами для определения кинетической, потенциальной или полной энергии системы; 2) выбрать тело отсчета, относительно которого потенциальная энергия равна нулю, и связать с ним систему координат; 3) уточнить природу действующих сил.

При рассмотрении механической работы мы также вводим понятия консервативных и неконсервативных сил. Соответствующие примеры: сила тяжести, сила тяготения, силы упругости – консервативные силы; сила трения – неконсервативная сила. Работа консервативных сил по замкнутому пути равна нулю. Процесс перехода механической энергии в немеханическую называют *рассеянием энергии* или *диссипацией энергии*.

Решая многие задачи механики, мы рассматриваем физические модели явлений и процессов, в которых обычно пренебрегаем силой сопротивления воздуха. В реальных же процессах и явлениях эта сила влияет на конечный результат. Наглядно наблюдать процесс перехода механической энергии в немеханическую, когда работу по изменению потенциальной энергии тела, кроме силы тяжести, совершает сила сопротивления воздуха, можно на маятнике Максвелла при выполнении соответствующей лабораторной работы.



Цель работы. Рассчитать силу со-

противления воздуха при движении маятника Максвелла.

Оборудование и материалы. Маятник Максвелла, опорная площадка, измерительная линейка.

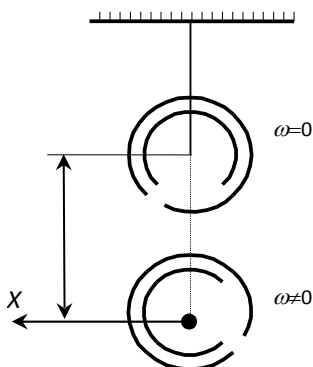


Рис. 1. Схема устройства маятника Максвелла

Теоретические сведения. Упрощенный вид установки для изучения маятника Максвелла и измерения его момента инерции представлен на рис. 1. Маятник состоит из цилиндрической оси 1, диска 2, дополнительного кольца с прорезью 3 и двух нитей одинаковой длины 4. Концы нитей закреплены на опорной площадке 5.

Принцип действия прибора основан на законе сохранения энергии. В начальном состоянии обе нити намотаны на ось, маятник поднят к опорной площадке и удерживается около нее. После опускания под действием силы тяжести и силы натяжения нитей маятник начинает вращаться и опускаться вниз. При этом потенциальная энергия маятника переходит

в кинетическую энергию вращательного движения и кинетическую энергию

поступательного движения центра масс маятника. Если центр масс маятника опустился на расстояние h , то по закону сохранения энергии:

$$mgh = \frac{J\omega^2}{2} + \frac{mV^2}{2},$$

где m – масса маятника; J – его момент инерции; ω и V – приобретенные угловая скорость и скорость поступательного движения центра масс маятника соответственно; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

Описание

экспериментально
установки

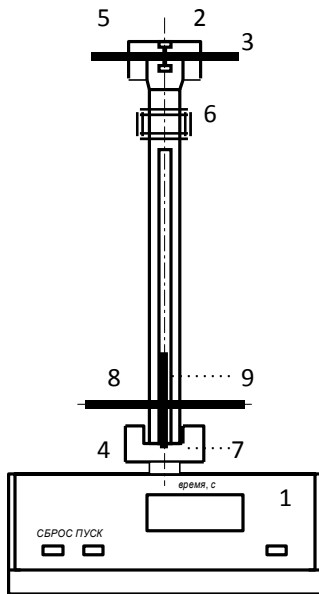


Рис. 2. Схема установки
“Маятник Максвелла”

Чертеж установки представлен на рисунке 2. На рисунке обозначены: 1 – основание с регулируемыми ножками; 2 – колонка, к которой прикреплены верхний кронштейн 3, подвижный нижний кронштейн 4. На верхнем кронштейне находится электромагнит 5, фотоэлектрический датчик 6. Нижний кронштейн с фотоэлектрическим датчиком 7 можно перемещать вдоль колонки и фиксировать в произвольно выбранном положении. Маятник 8 – это ролик, закрепленный на оси и подвешенный по бифилярному способу, на который накладываются сменные кольца 9, изменяя, таким образом, момент инерции системы. Длина маятника определяется по миллиметровой шкале на колонке прибора. На лицевой панели миллисекундомера находятся следующие манипуляционные элементы:

- СЕТЬ – выключатель сети. Нажатие этой клавиши включает напряжение питания.
- СБРОС – установка нуля измерителя, нажатие этой клавиши вызывает сброс схеммиллисекундомера.
- ПУСК – управление электромагнитом. Нажатие этой клавиши обозначает освобождение электромагнита и генерирование импульса разрешения на измерение.

Задание: С помощью маятника Максвелла определить силу сопротивления воздуха.

По закону сохранения энергии работа силы трения равна изменению полной механической энергии: $A_C = E_1 - E_2$.

Из определения механической работы:

$$A_c = F_c \cdot S,$$

где S – перемещение тела, F_c – сила сопротивления воздуха.

Изменение полной механической энергии равно изменению потенциальной энергии маятника: $E_1 - E_2 = mgh_1 - mgh_2$, где h_1 – расстояние, на которое маятник опустится за один ход, h_2 – расстояние, на которое маятник опустится за следующий ход, m – масса маятника.

Тогда перемещение маятника будет равно: $S = h_1 + h_2$. Следовательно, сила сопротивления воздуха вычислим по формуле:

$$F = mg \frac{h_1 - h_2}{h_1 + h_2}$$

1 2

Опыт повторить N раз ($N = 5$). Полученные значения занести в таблицу и рассчитать погрешность эксперимента. Записать результат в виде:

$$F_c = F_{cp} \pm \Delta F_{cp}(H)$$

Таблица: Расчет силы сопротивления воздуха

№	h_1 , (м)	h_2 , (м)	F_c (Н)	$F = \frac{\sum F_{N_{CP}}}{N}$ (Н)	$\Delta F_N = F_N - F_{CP} $ ($N = 1, \dots, 5$) (Н)	$\Delta F = \frac{\sum \Delta F_{N_{CP}}}{N}$ (Н)	$\delta = \frac{\Delta F_{CP}}{F_{CP}}$ %
1							
2							
3							
4							
5							

Эта лабораторная работа позволяет студентам технических вузов и учащимся средней школы наблюдать на опыте действие силы сопротивления воздуха и оценить значение этой силы. Таким образом, результаты реального эксперимента приводят к выводу о существовании границ применимости тех физических моделей механики, в которых пренебрегают силой сопротивления воздуха. Она способствует усвоению метода физического моделирования при решении как теоретических, так и практических задач.

Литература

1. Бугаев А.И., Дидович Н.Н. Функции законов сохранения в обучении физике // Физ. в shk. – 1991. – № 2. – С.46.
2. Плющай І.І. Формування понять роботи та енергії при поглибленому вивченні механіки // Фіз. та астр. в shk. – 1996. – № 1. – С.24-26.
3. Усова А.В. Психолого-дидактические основы формирования у учащихся научных понятий: Учебное пособие. – Челябинск, 1979. – 86с.

РОЗВИТОК ТВОРЧОЇ ОСОБИСТОСТІ УЧНЯ ПРИ ВИВЧЕННІ ТЕМИ “ЕЛЕКТРОМАГНІТНА ІНДУКЦІЯ”

О.В. Приходько

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет

У наш час кількість навчальної інформації з фізики настільки значна, що учням її складно засвоїти за відносно короткий термін навчання, тому гостро стоїть питання навчити їх самостійно добувати знання і застосовувати їх, працювати з науковою літературою, розвивати свою особистість у творчому аспекті. Нашим завданням було виявити, які методичні засоби, спрямовані на формування творчої особистості, використовують вчителі фізики, і які форми занять і види робіт подобаються учням.

Щоб виховати творчу особистість потрібно визначитись, якими якостями володіє творча людина. Згідно прийнятої моделі творчої особистості школяра сюди відносять: інтелектуальний розвиток; високий рівень пошукової діяльності; високий рівень пізнавальної активності; критичність мислення, прагнення до самовдосконалення; розумова активність; самостійність при виборі й вирішенні проблем; вміння самостійно застосовувати засвоєні знання; прагнення до пізнання своїх можливостей, сформованість навичок логічного мислення; установка на творче виконання завдань; володіння загальними учбовими навичками; вміння планувати наступну роботу [5].

Досить часто для участі в олімпіадах і фізичних турнірах різного рівня від учнів вимагаються знання з тих тем, що вивчаються за шкільною програмою пізніше або зовсім не вивчаються у шкільному курсі фізики. Саме тому одним з перспективних напрямків дидактичних і методичних досліджень є розробка таких технологій індивідуально-орієнтованого навчання, які були б спрямовані на постійне збагачення учнів досвідом творчості, на формування механізму самоорганізації й самореалізації особистості кожного школяра.

Удосконалення системи роботи вчителів фізики з дітьми має проходити за наступними напрямками:

– створення програм для роботи з учнями з урахуванням концептуальних моделей навчання, інноваційних технологій навчання (В. Монахов, В. Д’яченко, проблемно-модульного навчання, технології навчання, побудованій на принципі ролівої перспективи (це дидактична система, що впливає на мотиваційну, емоційно-вольову сфери особистості, стимулює розвиток і закріплення особистісних якостей), передового педагогічного досвіду тощо[8];

– забезпечення особистісно-орієнтованого підходу в організації навчально-виховного процесу та створення необхідних умов для розвитку творчих здібностей та самоактуалізації особистості школяра; забезпечення інфо-

рмаційно-технічного простору освітнього процесу [5].

Методи ж навчання повинні розвивати продуктивне мислення високого рівня (розвиток творчого, критичного, абстрактно-логічного мислення і здібності до вирішення проблем), здібності до дослідницької роботи, забезпечувати самостійність у навчанні (тобто організацію навчання як процесу, яким керує учень), стимулювати висування нових ідей, що руйнують звичні стереотипи, заохочувати створення робіт з використанням різноманітних матеріалів, способів і форм, розвивати здібності дітей до самопізнання і самореалізації, виховувати у дітей повагу до індивідуальних особливостей кожної людини. Тобто в програмі повинні враховуватись найбільш важливі здібності і вміння, які підлягають розвитку [7].

За основу розвитку творчих здібностей учнів ми вирішили взяти умови, що виділяють Герлінда та Хане-Георг Мелхорн [6]:

1. Необхідно виходити з уже виявлених дитиною здібностей.
2. Максимально використовувати золотий ключик – інтерес.
3. Для досягнення значних успіхів необхідна мотивація.
4. Орієнтувати на суспільну значимість діяльності особистості.
5. Обережно організовувати і направляти процес розвитку творчих здібностей.

У методиці викладання фізики існує поняття “творча задача” – неординарна задача, в якій сформульована певна вимога, що виконується на основі знання фізичних законів, але в якій відсутні будь-які прямі чи непрямі вказівки на ті фізичні явища, закономірностями яких слід скористатися для розв’язання цієї задачі. Систематичне застосування творчих задач дає змогу подолати формальне засвоєння знань, тренує вміння швидко орієнтуватись у нових умовах. Розв’язуючи фізичні задачі, учень часто сам проводить дослідження, конструює, винаходить.

Використання деяких прийомів розвитку творчого мислення можливе на різних етапах уроку:

1. Актуалізація опорних знань:

– запишіть усвідомівам фізичні формули, які мають такий вигляд:

$$a = b/c;$$

– виразіть якомога точніше зміст даної фрази іншими словами.

2. Мотивація учбової діяльності:

– “Мозковий штурм” – запропонуйте якомога більше ідей щодо розв’язування даної проблеми.

3. Пояснення нового матеріалу:

– передбачте результат даного дослідження;

– запропонуйте хід дослідження з використанням даного обладнання;

– доповніть дану демонстрацію мисленням експериментом (перенесення дослідження в інші умови);

– мислений експеримент “Уявіть собі, що...”.

4. Закріплення:

- назвіть можливі причини несправності чи несподіваного результату, включаючи іфантастичні;
- запропонуйте декілька варіантів досліду;
- складіть алгоритм виконання лабораторної роботи[9].

Можна запропонувати такі типи завдань для учнів: “переінакшення реальності” (зникнення чогось “Що сталося б, якби...?”; позбавлення об’єкта можливості здійснювати звичні дії; використання “біному фантазії” (пропо- нується як основа три фізичні терміни і четверте слово, не пов’язане з фізи- кою, цими словами треба придумати казку, оповідання, тощо); розуміння відносності – це може бути подорож на пошуки чогось найменшого або найбільшого і таке інше [9].

З погляду психологів (Л.С. Виготського, В.В. Давидова, П.Я. Гальперіна, Н.Ф. Талізної) підбір творчих завдань проводять на основі таких критеріїв:

1. Деяка розбіжність у формуванні умови – при розв’язуванні завдань учні повинні самі сформулювати суть проблеми, але для того, щоб її сфор- мулювати у них недостатньо знань; процес виявлення проблеми потребує творчості.

2. Уявне протиріччя в умові – воно пов’язане з поверхневим засвоєн- ням та існуючими в учнів стереотипами, подолання яких вимагає сміливості і нетрадиційності дій і надає розв’язуванню нестандартного характеру.

3. Багатоплановість умови – в завданні існують складні взаємозв’язки компонентів, глибина розуміння суті яких визначається рівнем пропонованих учнями варіантів розв’язків.

4. Багатоваріантність рішення – багато творчих завдань можуть мати декілька розв’язків. У випадку експериментальних завдань слід вибрати найбільш доцільний варіант досліду.

5. Багаторівневість розв’язування – завдання може бути розв’язаним на різному рівні складності чи проблемності. Перший рівень – поверхнєве розв’язування, тобто таке, що проглядається із умови спочатку. Наступні рівні вимагають від учнів більшого інтелектуального напруження. Залежно від власних здібностей школярі знаходять те чи інше розв’язання.

6. Поліпредметність умови – в таких завданнях вимагаються знання не тільки з фізики, але й з інших предметів[5].

Система фізичних задач, спрямованих на розвиток творчих здібностей учнів має ґрунтуватися на таких дидактичних вимогах:

- наявність певного вихідного запасу навчальної інформації;
- наявність суб’єктивної (частіше) чи об’єктивної (значно рідше) но- визни;
- поступовість і послідовність (рівень складності запропонованих за- дач має поступово підвищуватись, але завжди оптимально співвід- носитись з рівнем знань учнів і рівнем їх творчих здібностей);
- інтегрованість (творчі задачі можуть містити навчальний матеріал кількох суміжних наук);

- цілісність (методична система найефективніше працює, якщо застосовуються всі типи творчих задач при вивченні всіх розділів курсу фізики середньоїшколи);
- адаптованість: система фізичних задач для розвитку творчих здібностей учнів має відповідати рівню вивчення фізики, тобто співвідноситься з диференціацією навчання;
- відкритість: система нестатична, вона допускає корекцію та доповнення[4].

Винахідницькі задачі – це задачі, які містять технічні протиріччя. Технічне протиріччя – це коли відомими способами поліпшити одну частину технічної системи, то невідворотно погіршиться інша. Розв’язання технічного протиріччя ґрунтується на деякому фізичному ефекті, тобто на знанні фізичних законів, явищ, процесів, їх технічному застосуванні[2].

Творчі задачі, в яких необхідно втілити ідею в конструкції, називають конструкторськими. Такі задачі дуже корисні, тому що вчать критичному мисленню, розвивають творчі здібності учнів, зацікавлюють учнів у розширенні своїх знань для побудови нових, точніших конструкцій[3].

Дослідницькі задачі є найпоширенішими серед задач, що розвивають творчі здібності. Практично у всіх посібниках та збірниках задач можна знайти задачі, в яких необхідно на абстрактному чи конкретному рівні оцінити результати, довести фізичні закони, пояснити фізичні явища або процеси, що відбуваються. Ці задачі дозволяють створювати ігрові ситуації на уроках та в позаурочний час. Вважають, що творчу діяльність можна поділити на три етапи: винахід – конструювання – дослідження, яким відповідають: відшукання ідеї – втілення її – дослідження результатів. Тому чітко розмежувати винахідницькі, конструкторські та дослідницькі задачі складно. Дослідницькі задачі частіше застосовують на етапі закріплення знань.

Перед учнями можна поставити такі завдання:

- експериментально вивчити фізичне явище (явище електромагнітної індукції), встановити або перевірити певні закономірності (правило Ленца), ознайомити з методом вимірювання фізичної величини (сили струму, напруги іт.д.);

- вивчити будову, принцип дії, призначення, правила користування засобами вимірювання (амперметром, вольтметром) і набути вміння виконувати вимірювання;

- набути вміння планувати дослідження і виконувати досліди, аналізувати причини несправностей в установці, знаходити й усувати їх;

- аналізувати джерела похибок і адекватно обробляти результати вимірювань;

- розвивати в учнів раціоналізаторські й конструкторські здібності[1].

Розв’язування експериментальних завдань на уроках фізики і в позаурочний час дає можливість виявити, наскільки засвоюють учні матеріал, сприяє формуванню практичних умінь і навичок роботи з приладами, зна-

йомить з досягненнями в галузі фізики і техніки. Особливо велике значення мають експериментальні завдання для розвитку дослідницьких здібностей учнів [8].

Опитування учнів показало, що наука стає для них цікавою, якщо положення науки ілюструються подіями сучасності, залучаються приклади з техніки, використовуються художня література (зокрема, легенди), передбачаються різні фантастичні ситуації, використовуються парадокси, розбираються існуючі забобони, робляться несподівані зіставлення, розглядаються приклади з повсякденного життя і т. ін., наводяться приклади використання фізичних закономірностей на сцені (естраді, у цирку і кіно).

На запитання анкети для учнів “Оберіть форми занять і види робіт, які вам найбільше подобаються” були отримані такі відповіді: нетрадиційні уроки – 65%, лекції – 60%, лабораторні роботи – 48%, семінари – 36%, контрольні роботи – 3%, якісні задачі – 48%, розрахункові задачі – 32%, творчі задачі (винахідницькі, конструкторські, експериментальні, дослідницькі) – 62%, робота з підручником – 18%, проведення демонстрацій – 94%.

А результати анкетування вчителів фізики виявили, що форми роботи, яким надають перевагу викладачі, такі: традиційні уроки – 81%, лекції – 70%, факультативи – 41%, семінари – 33%, урок-гра – 26%, конференція – 19%, екскурсія – 4%.

Форми і методи викладання матеріалу, які використовують на уроках фізики, розподілились так: розв’язування розрахункових задач – 93% розв’язування якісних задач – 74%, створення проблемних ситуацій – 44%, робота дітей у складі малих груп – 41%; розв’язування винахідницьких задач – 27%, “мозковий штурм” – 15%, творчі лабораторні роботи – 12%, написання творів, віршів – 4%, заняття з учнями науково-дослідницькою діяльністю – 74%, використання самостійної роботи учнів як на уроках, так і в позаурочний час – 100%. Серед видів самостійної діяльності були зазначені такі: реферат, виступ з доповіддю – 71%, робота з науковою літературою – 50%, дидактичні картки на уроці – 35%, робота з підручником – 24%; підготовка демонстрацій – 17%, розв’язування нестандартних задач – 15%, робота з ЕОМ – 10%.

В анкетуванні взяли участь 35 вчителів з 21 установи середньої освіти м. Кривого Рога.

З наведених результатів можна зробити висновок, що ті форми і методи роботи, які якнайкраще розвивають пізнавальну активність і творче мислення, які найбільше подобаються учням, становлять дуже малу долю, причому переважають репродуктивні види діяльності.

Отже, анкетування виявило, що вчителі фізики мало приділяють уваги розвиткові творчих здібностей учнів, у викладанні фізики недостатньо використовуються завдання, що сприяють розвиткові пізнавальної активності дітей, а про застосування *системи* таких завдань годі й говорити. Як наслідок цього маємо небажання учнів вчити фізику, незацікавленість цією важ-

ливою наукою.

Якщо провести якісний аналіз результатів опитування, то помітно, що найбільше опікуються розвитком творчого мислення дітей в школах нового типу: ліцеях, гімназіях тощо. То ж можемо зробити такі висновки:

1. Підвищенню ефективності вивчення шкільного курсу фізики сприяє урізноманітнення організаційних форм навчання.

2. Важливу роль у створенні сприятливих умов навчання й розумового розвитку відіграє неослабна увага вчителя до формування мотиваційної сфери й підтримки пізнавального інтересу учнів.

3. Для розвитку креативності учнів потрібно впроваджувати систему творчих завдань (включаючи самостійну роботу учнів у позаурочний час).

4. В роботі з учнями обов'язково слід враховувати їхні індивідуальні особливості, намагатись створювати умови для прояву ними своїх здібностей.

Література:

1. Браверман Э.М. Развивающее обучение на занятиях по физике // Физика в школе. – 1988. – №1. – С.23–28.
2. Відничук М. Розв'язування винахідницьких задач на основі усунення технічних протиріч // Фізика та астрономія в школі. – 2001. – № 5. – С.33–35.
3. Войцеховский Б. Развитие творчества учащихся при конструировании. (под ред. А.В. Пёрышкина). – М.: Учпедгиз, 1962. – 156с.
4. Касянова Г.В. Система фізичних задач для розвитку творчих здібностей учнів / Навч. посібник. – К.: ІЗМН, 1997. – 120с.
5. Педагогічна психологія / Заред. Л.М. Проколієнко, Д.Ф. Ніколенка. – К.: Вища школа, 1991.
6. Педагогическая энциклопедия. / Гл. ред.: И.А. Каиров, Ф.Н. Петров и др., Том 3. – М.: Советская энциклопедия, 1966. – 880 столб.
7. Сиденко А.С. Основы теории развивающего обучения // Физика в школе. – 1998. – №1. – С.20–23.
8. Разумовский В.Г. Развитие творческих способностей учащихся в процессе обучения физике. Пособие для учителей. – М.: Просвещение, 1975. – 134с.
9. Якиманская И.С. Развивающее обучение. – М.: Педагогика, 1979. – 144с.

АКТИВИЗАЦИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ КЛАССОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ФИЗИКИ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЖПРЕДМЕТНЫХ СВЯЗЕЙ ФИЗИКИ С БИОЛОГИЕЙ

И.Н. Пустынникова, Ю.Г. Мазалова
г. Донецк, Донецкий национальный университет
ksenia_u@ukr.net, rokdonnu@mail.ru

Довольно часто при изучении физики учащиеся спрашивают себя, зачем им нужна эта наука, что полезного в жизни она может дать. И, как правило, особенно остро этот вопрос встает перед учениками старших классов.

Дело в том, что на первой ступени изучения курса физики (седьмой – восьмой классы) используются математические знания, которые уже хорошо известны детям, а, начиная с девятого класса, математический аппарат, необходимый для изложения физики, существенно усложняется. Для детей, особенно учащихся биологических классов, тяжело приспособиться к такой резкой перемене (ведь, хотя и биология, и физика относятся к естественным дисциплинам, но биологи, как правило, считают себя гуманитариями). Девятиклассникам приходится осваивать физические законы и формулы, опираясь на еще недостаточно хорошо изученные законы математики. И тогда ученики могут потерять интерес к физике из-за неумения использовать знания по математике, которые они еще не успели закрепить.

В курсе физики седьмого и восьмого классов достаточно широко используется наглядность (что для учащихся биологических классов особенно важно, так как подаваемую таким образом информацию им легче воспринимать), в этих классах детям можно показывать довольно много простых и интересных опытов, приводить примеры использования физических знаний в повседневной жизни. В девятом же классе излагается курс механики, где предусмотрено применение демонстраций, но их не так много и они не такие яркие, да и не в каждой школе есть необходимое оборудование. Таким образом, в курсе физики, начиная с девятого класса, преобладает сухой язык математических формул, сложный для восприятия детьми с биологическим складом ума, что является еще одной причиной утраты детьми интереса к физике.

К сожалению, в том числе и по причинам, перечисленным выше, многие ученики решают для себя, что физика им вовсе не нужна и никакой пользы в дальнейшей жизни она не принесет. И тогда учитель может столкнуться не только с тем, что ученики не понимают его объяснений, но, как правило, и с тем, что они даже не пытаются что-либо понять. В такой ситуации перед преподавателем, желающим приобщить детей к миру физических явлений, открытий и законов, возникает задача – пробудить интерес к предмету. Для достижения подобной цели желательно на уроках физики

приводить примеры, иллюстрирующие связь физики с другими науками, изучаемыми детьми в школе. Конечно же, такие примеры можно найти в разнообразных книгах [7, 8] и в журналах: «Физика в школе», «Биология в школе», «Фізика та астрономія в школі», но они, как правило, разрознены, что значительно затрудняет поиск необходимого материала к конкретному уроку.

Поскольку исследование межпредметных связей физики со всеми науками является слишком обширной задачей, то предмет исследования в данной работе конкретизирован. Для исследования были выбраны межпредметные связи физики с биологией, так как, во-первых, биология также относится к естественным наукам, во-вторых, как правило, менее явно прослеживаются связи именно физики с биологией (ведь в той же химии формулировки многих определений и законов совпадают с формулировками в физике). Поэтому в работе приведен ряд примеров и задач физико-биологического содержания, которые можно использовать как при изложении материала на уроках, так и при проведении внеклассных мероприятий, таких как физико-биологические декады, брейн-ринги, КВН и т.п.

К примеру, дети часто задумываются, откуда ученые черпают идеи для своих изобретений и открытий. В этом случае можно рассказать, что некоторые изобретения и способы передвижения люди позаимствовали (подсмотрели) у животных.

Наука, которая занимается конструированием технических изобретений по природным образцам, называется бионикой. (Это слово составлено из греческих слов «биология» и «техника».) Особенно интересно для инженеров-биоников то, каким образом передвигаются птицы и рыбы. Природа очень экономна. Крылья и лапы должны быть «сконструированы» так, чтобы животные могли двигаться в воздухе и воде, затрачивая как можно меньше сил, чтобы не тратить попусту драгоценную энергию, получаемую из пищи. Инженеры стоят перед похожей задачей. Они хотят, чтобы их машины достигали как можно большей эффективности с как можно меньшими затратами. И вот, вместо того, чтобы при конструировании ветровых силовых установок рассчитывать и испытывать все новые формы, они копируют формы крыла птиц. Форма крыла птиц, умеющих парить, «построена» так, что они могут использовать для полета тишайшие воздушные течения. Инженеры стремятся к тому же. Самый легкий ветерок должен приводить в движение, например, крылья ветряной мельницы [5, с.15-16].

Ученикам можно рассказать, что быстрый способ передвижения в воде можно перенять у дельфинов. Упругая кожа дельфина устраняет завихрения водяного потока. Инженеры создали специальные гибкие обшивки для торпед и подводных лодок, подобные по строению коже дельфина. Соппротивление воды уменьшилось более чем в 2 раза. Кроме того, оказалось, что кожа дельфина является активным гасителем вихревых потоков воды. При резком возрастании скорости дельфина сопротивление его дви-

жению тоже должно увеличиваться. Тогда кожа дельфина сама начинает колебаться, гася вихревые потоки вдоль тела. В современном судостроении пытаются достигнуть «технических данных» дельфина. Существуют проекты, где обшивку лодок предлагают делать из многослойной резины, куда попеременно следует накачивать и откачивать воздух. Бегущая вдоль корпуса волна имитирует движение дельфиной кожи [4].

А на суше быстро передвигаются, экономя энергию, кенгуру. Они бегают прыжками и при этом могут передвигаться на большие расстояния с высокой скоростью. Во время длинных прыжков их толстый, мускулистый хвост действует как рулевое весло и не дает животному потерять равновесие. Со стороны это выглядит очень трудным, но на самом деле этот способ передвижения экономит силы. При скорости выше 20 км/ч кенгуру расходует меньше энергии, чем животное с таким же весом, которое бежит с той же скоростью на четырех лапах. Это возможно благодаря тому, что голеностопные суставы кенгуру преобразуют энергию толчка в энергию движения, т. е. действуют как пружина. Удивительно, что, кроме кенгуру, ни один вид животных не владеет таким стилем «прыгучего бега» [5, с. 39].

Задолго до того, как человек стал использовать реактивное движение, таким способом передвижения природа «наградила» некоторых животных, в том числе и моллюска гребешка. Почти все гребешки могут плавать, передвигаясь короткими скачками, при этом створки то раскрываются, то плотно прижимаются друг к другу; в результате вода выталкивается из мантийной полости наружу двумя сильными струями, выходящими в области ушек, куда края паруса не доходят. За счет быстрого и резкого выбрасывания воды возникает реактивная тяга, толкающая моллюска в обратную сторону, то есть брюшным краем вперед. Такой способ передвижения очень эффективен: крупный гребешок может «скакнуть» на полметра и даже больше, серия таких скачков обеспечивает животному возможность быстро удалиться на значительное расстояние [1, с.32-33].

Реактивное движение также свойственно осьминогам, кальмарам, каракатицам, медузам, – все они без исключения используют для плавания реакцию (отдачу) выбрасываемой струи воды. Именно это дало повод назвать кальмаров биологическими ракетами. При реактивном способе плавания животное производит засасывание воды через широко открытую мантийную щель в мантийную полость. Сила, вызывающая движение животного, создается за счет выбрасывания струи воды через узкое сопло, которое расположено на брюшной поверхности кальмара. Это сопло снабжено специальным клапаном, и мышцы могут его поворачивать. Изменяя угол установки воронки, кальмар плывет одинаково хорошо вперед, назад и в сторону. Засасывание воды и ее выбрасывание происходит за счет сокращения мышц, возбуждаемых нервами. Чтобы увеличить скорость движения, т. е. число реактивных импульсов в единицу времени, необходима повышенная проводимость нервов, которой обладают кальмары вследствие большого

диаметра нервов. Известно, что у кальмара самые крупные в животном мире нервные волокна (диаметром 1 мм); они проводят возбуждение со скоростью 25 м/с. Этим и объясняется большая скорость движения кальмаров (до 70 км/ч). Поиски инженеров направлены на создание конструкции такого гидрореактивного двигателя, который бы, как и кальмар, не нуждался в дополнительном засасывающем устройстве [4].

Также можно обратить внимание детей на то, что, зная физику, можно предсказывать погоду и объяснять известные приметы. Так, всем известная примета «Ласточка низко летает – к дождю» объясняется поведением насекомых, которыми питаются ласточки. Перед дождем воздух становится более влажным, нежные и тоненькие крылышки насекомых набухают, тяжелеют и тянут вниз, насекомые летают очень низко. Вот ласточки и ловят их над самой землей.

Дети всегда с интересом воспринимают личностно-ориентированную информацию. Всегда вызывают интерес факты, относящиеся к «физике» человека (его механическим, звуковым, электрическим, оптическим параметрам), например, средняя плотность тела человека (7-й класс, тема «Плотность вещества») – 1036 кг/м^3 ; мощность, развиваемая взрослым человеком при обычной ходьбе по ровной дороге при слабом ветре (7-й класс, тема «Мощность») – 60-65 Вт; мощность голоса при речи обычной громкости (9-й класс, тема «Громкость звука и высота тона») $\approx 7 \cdot 10^{-6}$ Вт; длина голосовых связок у певцов (9-й класс, тема «Громкость звука и высота тона»): бас $\approx 2,5$ см; тенор $\approx 1,7$ -2 см; сопрано $\approx 1,5$ см; удельное сопротивление тканей тела (8-й класс, тема «Удельное сопротивление»): мышцы – 1,5 Ом·м; кровь – 1,8 Ом·м; верхний слой кожи (сухой) – $3,3 \cdot 10^5$ Ом·м; показатель преломления хрусталика (8-й класс, тема «Глаз») $\approx 1,4$ и т.п. [7]. Такие факты можно найти в специальных справочниках [3, 6, 7] и использовать полученную информацию при решении задач.

Очень плохо, что в задачниках встречаются безличные задачи: «нагретое металлическое тело...», «тело переместилось...», «при свободном падении первое тело...» и т.п. И таких задач, к сожалению, большинство. Гораздо интереснее решать конкретизированные задачи, например: «Запишите названия животных в порядке убывания скорости их движения: акула (500 м/мин), бабочка (8 км/ч), ..., улитка (1,4 мм/с), ...» [2, № 4.15]. Аналогичные задачи может составить сам преподаватель, используя данные из литературы [1, 5]. В девятом классе ученикам можно предложить решить следующую задачу, составленную учителем подобным образом. Зная, что газель может пробегать с максимальной скоростью 80 км/ч довольно большие расстояния, а гепард с максимальной скоростью 120 км/ч может пробежать лишь 300 м, а потом останавливается, прекращая погоню [1, с. 30], определить, догонит ли гепард газель, если на момент начала погони расстояние между ними было равно а) 95 м, б) 105 м, а их скорости были максимальны.

Для активизации познавательной активности можно предложить учащимся самостоятельно составлять задачи. Используя, например, сведения, что самым высоким деревом (110,33 м) является секвойя вечнозеленая (США, Калифорния) [6, с. 205] учащиеся девятого класса могут составить следующие задачи: «Какую начальную скорость необходимо сообщить камню, чтобы он достиг вершины секвойи?» или «Через какое время шишка, упавшая с вершины секвойи, достигнет земли?»

Решение и составление подобных задач, а также использование примеров с межпредметными связями, как показывает опыт работы в лицее «Эрудит», помогает активизировать познавательную деятельность учащихся биологических классов на уроках физики. Поэтому нашей дальнейшей целью является не просто подбор биологических примеров, но и их классификация по разделам физики с рекомендациями, в каком классе при изучении каких разделов физики можно использовать эти примеры.

Литература:

1. 1000 тайн животного мира / О.В. Волцит, С.В. Крусков, Г.Ю. Любарский и др. – М.: ООО «Издательство Астрель»: ООО «Издательство АСТ», 2002. – 224с.

2. Генденштейн Л.Э. Задачи по физике. 7 класс / Л.Э. Генденштейн, И.М. Гельфгат, Л.А. Кирик. – М.: Дом педагогики, Гимназия, Фолио, 2000. – 152с.

3. Енохович А.С. Справочник по физике и технике: Учеб. пособие для учащихся. – М.: Просвещение, 1989. – 224с.

4. Ланина И.Я. Внеклассная работа по физике. – М.: Просвещение, 1977. – 276с.

5. Ленц Н. 1000 чудес мира животных: Пер. с нем. Е.Зись. – М.: ООО «Издательство «Олимп»: ООО «Издательство АСТ», 2002. – 251 с.

6. Справочникнеобходимыхзнаний.–М.:РИПОЛКЛАССИК,2001. – 768 с.

7. Хуторской А.В., Хуторская Л.Н. Увлекательная физика: Сборник заданий и опытов для школьников и абитуриентов с ответами. – М.: АРКТИ, 2001. – 192с.

8. Юфанова И. Л. Занимательные вечера по физике в средней школе: Кн. для учителя. – М.: Просвещение, 1990. – 159с.

ВИКОРИСТАННЯ ЕВРИСТИЧНОГО МЕТОДУ ВИКЛАДАННЯ ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН У ВИЩИХ ТЕХНІЧНИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ

Я.С. Пушак

м. Львів, Українська академія друкарства

Людська цивілізація зробила гігантські кроки у своєму розвитку, що призвело до перегляду багатьох педагогічних принципів навчання і виховання. Ми виховані на уявленнях класичної математики і фізики Ньютона, Лейбніца та інших. XX століття принесло в наше життя теорію ймовірностей, квантову механіку, великі відкриття в атомній фізиці, що викликало перегляд суті багатьох понять. Це поставило багато завдань і перед методикою викладання фізико-математичних дисциплін.

Ми хочемо зупинитись на висвітленні евристичного методу викладання математики і фізики, що є безпосереднім втіленням педагогічних принципів К.Д. Ушинського. У роботі “Педагогічні застосування аналізу пам’яті” К.Д. Ушинський писав про метод, яким користувався Сократ і який колись називали сократичним: “Сократ не нав’язував своїх думок слухачам; але знаючи, які суперечливі ряди думок та фактів лежать один коло одного в погано освітлених свідомістю головах, викликав запитаннями ці суперечливі ряди у світле коло свідомості і, таким чином, примушував їх, стикаючись, або руйнувати один одного або примирятися у третій думці, що їх з’єднає і пояснює... Застосувати сократичний метод не в усіх науках однаково можливо. Так, наприклад, його більше застосовувати в науках математичних або філософських, ніж в історії.”[1]

Фізика і математика – фундаментальні науки, які є теоретичною базою розвитку різних галузей техніки, а, отже, і базовими дисциплінами підготовки інженерів різних спеціальностей. У змаганні концепції широкої фундаментальної підготовки інженерів з концепцією їх вузької спеціалізації перемагає остання, що призвело до невиправданого звуження викладання математики і фізики у технічних ВНЗ.

Викладачі фізики ВНЗ намагаються відсутність достатньої кількості годин на вивчення дисципліни компенсувати розширенням та удосконаленням арсеналу методів викладання. Вважаємо, що добра лекція з фізики повинна мати такі елементи: науковість, наочність, доступність викладу, двосторонній зв’язок “лектор–аудиторія” та ін.

І надалі при викладанні фізики широко використовується лекційний експеримент, перегляд навчальних кінофільмів, різна аудіо- і відеотехніка, яка дає можливість змодельовати те чи інше фізичне явище. Як, бачимо, найчастіше лектор діє на свідомість студента через зорове сприйняття інформації. Але ж реально фізичні явища протікають складніше, ніж ми бачимо на моделі. Тому для вияснення суті процесу, його динаміки корисно корис-

туватися методами, які розвивають абстрактне мислення студента і розширюють його пізнавальні та розумові можливості. Таким методом є *евристичний метод викладання*, який дуже стимулює двосторонній зв'язок “лектор–аудиторія” і допомагає студентам зрозуміти суть багатьох явищ новітньої фізики.

На початку XX століття було створено механіку мікросвіту – квантову механіку. Її основу складає постульоване рівняння Шредінгера, одержане ним у 1926 р.:

$$\Delta \psi(x, y, z) + \frac{2m}{\hbar^2} (E - U) \cdot \psi(x, y, z) = 0,$$

де $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ – оператор Лапласа,

m – маса частинки,

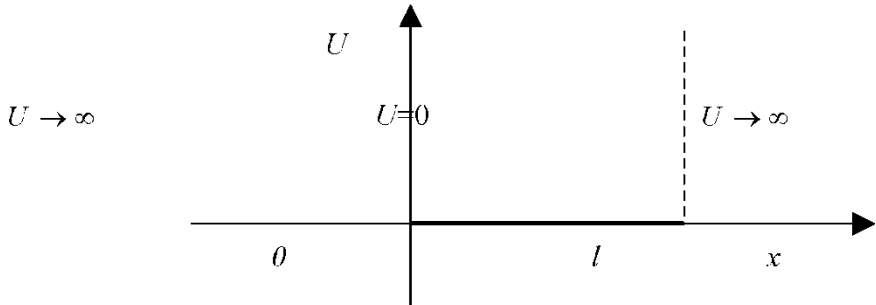
\hbar – друга стала Планка,

E – повна енергія мікрочастинки,

U – потенціальна енергія частинки,

$\psi(x, y, z)$ – хвильова функція частинки, суть якої виражається з рівності $|\psi(x, y, z) \cdot \psi^*(x, y, z)| = |\psi(x, y, z)|^2$ – ймовірність знаходження частинки в точці з координатами x, y, z у момент часу t , де $\psi^*(x, y, z)$ – функція, спряжена до первинної функції $\psi(x, y, z)$.

Розглянемо електрон провідності у металевому провіднику довжиною l . Вважатимемо, що електрон слабо взаємодіє з іншими, тобто $U=0$. Електрон не може вирватися з провідника, тому вважаємо, що за його межами $U \rightarrow \infty$:



Якщо лектор запитає студентів: “Де може знаходитись електрон, з якою швидкістю він може рухатись, які значення енергії має електрон?”, то студенти, виховані на законах класичної механіки Ньютона, відповідають: “Електрон може знаходитись будь-де на проміжку $0 \leq x \leq l$, рухатися з будь-якою швидкістю і набувати будь-яких значень енергії”.

Рівняння Шредінгера для електрона провідності має вигляд:

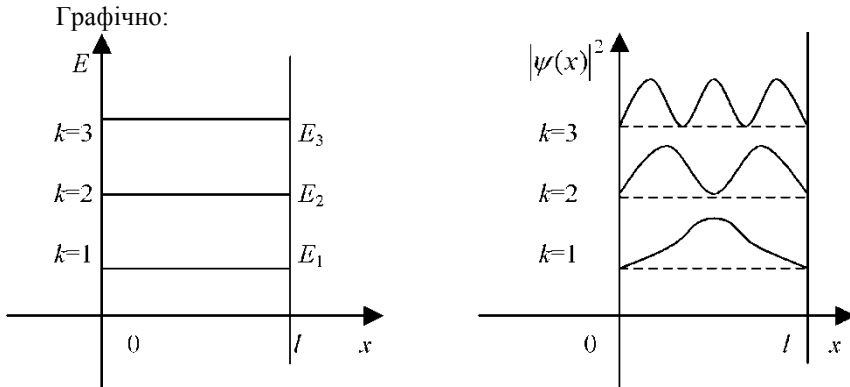
$$\frac{d^2 \psi(x)}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} (E - U) \psi(x) = 0$$

$$\frac{d^2}{dx^2} \psi(x) + \frac{2m(E - V(x))}{\hbar^2} \psi(x) = 0.$$

Розв'язок цього рівняння $\psi(x) = \sqrt{\frac{2}{l}} \cdot \sin \frac{k\pi x}{l}$, при цьому $E = \frac{\pi^2 \hbar^2 \cdot k^2}{2ml^2}$,
де $k=1, 2, 3, \dots$

Імовірність знаходження електрона на проміжку $0 \leq x \leq l$:

$$|\psi(x)|^2 = \frac{2}{l} \cdot \sin^2 \frac{k\pi x}{l}$$



Як бачимо, квантова механіка дає інший результат: ймовірність знаходження електрона є різною в різних точках на проміжку $0 \leq x \leq l$ і визначається величиною його енергії. Енергія ж частинки може приймати лише певні дискретні значення.

Розглянемо ще одну квантово-механічну задачу – гармонічний осцилятор.

Гармонічним осцилятором називається частинка, що виконує коливання під дією квазіпружної сили $F=-kx$, де k – коефіцієнт пружності. Потенціальна енергія такої частинки має вигляд:

$$U = \frac{kx^2}{2} = \frac{m\omega^2 x^2}{2},$$

де m – маса частинки, ω – циклічна частота коливань.

Нехай цією частинкою буде частинка, що знаходиться у вузлі кристалічної ґратки. Знову запитаємо студентів: “З якою амплітудою коливатиметься частинка, як впливає на її коливання зменшення температури?” Почуємо думки студентів: “Колівання відбуваються з будь-якою амплітудою, тобто осцилятор може мати будь-які енергії. При $T=0$ коливання повністю припиняться.” А що на це квантова механіка?

Рівняння Шредингера для гармонічного осцилятора має вигляд:

$$\frac{d^2 \psi(x)}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} (E - \frac{m\omega^2 x^2}{2}) \psi(x) = 0,$$

де E – повна енергія частинки.

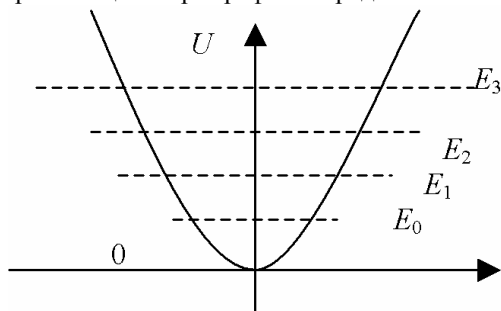
Із теорії диференціальних рівнянь відомо, що це рівняння має скінченні, однозначні та неперервні розв'язки при значеннях E :

$$E = n + \frac{1}{2} \cdot \omega, \text{ де } n=0, 1, 2, 3, \dots$$

$$\square \quad \square \quad h$$

$$\square \quad \square$$

Енергетичні рівні осцилятора графічно представляються так:



Найменше значення енергії осцилятора називається нульовою енергією: $E = \frac{1}{2} h \cdot \omega = \frac{1}{2} h \nu$.

$$\frac{1}{2} \quad \frac{1}{2}$$

Як бачимо, навіть при абсолютному нулі частинка коливатиметься, бо володіє нульовою енергією. Існування нульової енергії підтверджується дослідями з вивчення розсіяння світла кристалами при низьких температурах, інтенсивність якого прямує не до нуля, а до певної скінченної величини. Це вказує на те, що і при абсолютному нулі коливання атомів у кристалічній ґратці не припиняються. Такі протилежні висновки дивують деяких студентів. Лектор повинен пояснити, що жодного протиріччя у висновках нема. Потрібно пам'ятати, що фізичні закони є правильні в області, в основі якої лежать прийняті нами постулати. І хоча висновки здаються нам суперечливими, вони є правильними кожний у своїй області. Макроістина є сумою багатьох мікроістин, багато з яких має імовірнісний характер. Використання різних методів вивчення фізики і математики, в т.ч. і евристичного, який є сучасним продовженням сократичного методу, про який писав К.Д. Ушинський, дає можливість вивчити фізичне явище з різних точок зору і значно розширити наші знання про нього. Цей процес є безперервним і нескінченним, що є відображенням нескінченності Всесвіту та фізичних явищ, які відбуваються у ньому.

Література:

1. Ушинський К.Д. Вибрані педагогічні твори. – К.: Радянська школа,

1949.

2. Вишневецький О. Теоретичні основи сучасної української педагогіки. – Дрогобич: Коло, 2003.

3. Яворський Б.М. Курс фізики. Т. 3. – К.: Вища школа, 1972.

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЬЮТЕРОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ КВАНТОВОЙ ФИЗИКИ В ШКОЛЕ

М.Ю. Растегин

г. Херсон, Херсонский физико-технический лицей
при Херсонском национальном техническом университете
и Днепропетровском национальном университете
mrastegin@tlc.kherson.ua

Физика за тысячелетия ее существования превратилась в довольно сложную науку, которая имеет множество разделов и теорий. Естественно, что и современный школьный курс физики отличается насыщенностью и разнообразием. В данных условиях учителю довольно трудно изложить материал, опираясь только на оборудование школьного кабинета физики.

Именно поэтому сейчас, когда компьютер прочно внедряется в нашу повседневную жизнь, происходит его активное использование в образовательных технологиях.

Сегодня на отечественном рынке существует достаточно большое количество компьютерных программ (программно-педагогических средств), в том числе и по физике.

В зависимости от целей и задач, которые ставятся при использовании компьютерной техники в школьном курсе физики, можно выделить следующие четыре типа учебно-прикладных программ [1]:

1) учебно-информационные программы, направленные преимущественно на передачу информации в одном направлении – ученику (так называемые виртуальные учебники);

2) программы-тренажеры по решению задач, рассчитанные на интенсивную подготовку абитуриента к вступительным экзаменам;

3) программы тестового контроля знаний, построенные, как правило, на основе выбора одного из готовых ответов;

4) программы моделирования определенных физических явлений и опытов, особенно тех, которые не могут быть реализованы в естественном виде из-за материальных затрат, опасности для здоровья людей и т.д. (виртуальные лаборатории).

В рамках одной статьи невозможно описать все существующие программы из-за их разнообразия. Кроме того, из всех программ мы решили выделить именно те программно-педагогические средства, которые так или иначе касаются раздела «Квантовая физика». Это, на наш взгляд, обусловлено тем, что:

– квантовая физика – фундаментальная отрасль научного знания, связанная с познанием глубинных свойств материи;

– в условиях школьного курса раздел «Квантовая физика» должен обеспечить завершение формирования системы знаний, которые стали бы

основой научного мировоззрения учащихся;

– неоднократно в научной литературе отмечалось огромное философское значение указанного раздела, в котором раскрываются основные положения физической картины мира;

– сложность, дороговизна и опасность для здоровья учеников и учителя делают в принципе невозможным постановку большинства экспериментов не только на уроке, но и на лабораторном практикуме;

– в малом количестве в магазинах и на рынках присутствуют книги, раскрывающие современную физику (не говоря уже о школьных учебниках).

В связи с этим можно четко проследить преимущества программно-педагогических средств, созданных по материалам указанного выше раздела курса физики:

– компьютерные программы дают принципиально новые возможности для упорядочения, организации и подачи учебного материала;

– система гипертекстовых ссылок дает ученику возможность быстро, не отрываясь от изучения материала, найти толкование нужного понятия, термина, что в свою очередь позволяет проследить связи квантовой физики с другими разделами курса, с философией, обеспечить восприятие целостной (единой) квантово-полевой картины мира;

– наглядная демонстрация явлений квантового мира (визуализация различных опытов, экспериментов) позволяет школьнику лучше представить характер законов и процессов, происходящих на микроуровне;

– в глобальной сети Internet содержится значительное количество информации относительно современных приборов, технологий, что позволяет с легкостью включить ее в программную разработку в явном виде или в виде ссылки на соответствующий сайт.

Таким образом, очевидны преимущества использования новых информационных технологий именно при изучении квантовой физики.

На сегодняшний день в Украине имеют хождение такие программно-педагогические средства, как «Курс физики 21 века для школьников и абитуриентов» Л. Я. Боровского; «Репетитор по физике» Кирилла и Мефодия;

«1С: Репетитор. Физика: Для абитуриентов, старшеклассников и учителей», «Ваш репетитор: Физика TeachPro 7-11 класс»; «Открытая физика» и пр.

Нами проведен анализ некоторых из них.

Программу «Репетитор по физике Кирилла и Мефодия» можно отнести к третьему типу (программы тестового контроля). В ней представлены вопросы по всему курсу физики. На каждый вопрос дается 2–4 варианта ответов, из которых необходимо выбрать правильные (это может быть и не один ответ). К положительным моментам указанной программы мы бы отнесли мировоззренческий характер большого числа вопросов (около 1/3 вопросов по каждой тематике требуют от ученика знания основных философских принципов, входящих в физическую картину мира, связанных с

сохранением, симметрией, дополнительностью и т.д.). Следует отметить, что в программе предусмотрена возможность выбора учеником уровней сложности, что отражается в количестве и качестве задаваемых вопросов. Например, для раздела «Квантовая физика» в зависимости от уровня сложности предусмотрено 50, 91 или 141 вопросов тестового характера, которые не только не повторяют, но и дополняют обычную программу для средних школ. К положительным моментам мы также отнесли обращение к ранее изученному материалу в значительном количестве вопросов (вопросы о потенциальной энергии, энергии ядра, строения материи, корпускулярно-волновом дуализме микрочастиц ит.д.).

К недостаткам же можно отнести отсутствие лекционного материала как такового. К нему школьник может обратиться только при ответе на вопрос (как подсказка), причем, выведенная в таком случае на монитор информация касается только заданного вопроса, и нельзя перейти в другой раздел или в другую тему курса. Также наблюдается отсутствие анимации, видео фрагментов опытов и явлений, малое количество иллюстраций, что снижает эффективность ее использования как средства обучения в данном разделе (квантовая физика), характерной особенностью которого является отсутствие демонстраций и наглядности.

В результате анализа «Репетитора по физике ...» нами установлено, что кроме тестовых заданий, предусмотрено решение учеником отдельно взятых задач. Из раздела «Квантовая физика» в программной разработке присутствует всего 5 довольно простых задач количественного характера, главным образом по теме «Фотоэффект» (3 задачи на 1–2 формулы), которые повторяют программу школьного курса. То есть, отсутствуют задачи творческого характера, которые позволяют ученику раскрыть свой научный потенциал при изучении такой интересной в мировоззренческом плане темы (отсутствуют задачи на ядерные реакции, превращения элементов и т.п.). Все указанное выше, по нашему мнению, можно отнести тоже к недостаткам программы, потому что решение задач отражает применение полученных знаний в конкретных ситуациях – важную часть процесса обучения физике.

Но все-таки, мы считаем, что данное программно-прикладное средство может быть полезно именно для подготовки к контрольным работам, диктантам и т.п. в том случае, когда базовые знания по предмету уже сформированы и нет необходимости обращать внимание на модели тех или иных физических явлений.

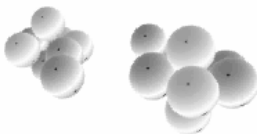
Программно-педагогическое средство, разработанное фирмой 1С, «**Репетитор по физике**» сочетает в себе все 4 типа программ, указанных нами в начале статьи. Это и виртуальный учебник, в котором информация изложена логично, с широкими связями между разделами, что позволяет школьнику без особых трудностей переключаться не только между темами квантовой физики, но и переходить по гиперссылке в другие области физики. К

положительным моментам программы мы отнесли научность изложения материала, которая в сочетании с иллюстрациями, интерактивными моделями и т.д. позволяет школьникам получить как можно более полное представление о состоянии развития современной науки. Программа снабжена значительным количеством иллюстраций, видеофрагментов, анимации, которые сопровождаются пояснениями диктора. Присутствуют встроенные калькулятор, «дневник», закладки посещаемых страниц, интересная историческая информация, справочные таблицы и т.п. Заслуживает внимания и то, что ученик может проконтролировать себя, ответив на вопросы тестов, а также решив предложенные задачи. Это, по нашему мнению, делает возможным изучение физики в домашних условиях, без помощи учителя (например, во время болезни).

Что касается раздела «Квантовая физика», следует отметить наличие в программе таких интерактивных моделей, как «Фотоэффект», «Закон радиоактивного распада», «Волны де Бройля», «Модель атома Бора» и т.д. Особенно привлекла наше внимание капельная модель ядра, которая отражает одновременно и цепную ядерную реакцию, что дает ученикам наиболее полное представление о явлениях и процессах, происходящих внутри ядра (см. рис.). А пояснения диктора, на наш взгляд, позволяют учащимся не отвлекаться на посторонние темы и обеспечивают наиболее полное понимание происходящего (отображаемого) явления.

Коллекция : "Квантовая физика. Анимации"

Слайд : "Капельная модель ядра"



Задачи по указанной теме (14–16 штук) подобраны авторами таким образом, чтобы охватить весь курс квантовой физики средней школы; присутствуют задачи на такие темы, как СТО, фотоэффект, соотношение неопределенностей, ядерные реакции, опыты Резерфорда, спектры и т.д. В резуль-

тате анализа указанного программно-педагогического средства мы установили, что они не входят в обычный школьный задачник, дополняя последний.

Следует отметить также большое значение рассматриваемой программы для формирования мировоззрения, что обеспечивается активной межпредметной связью физики и других наук, большого объема исторической информации, и также фундаментальных вопросов (например, о взаимодействиях, единых теориях, современных взглядах на природу материи, принципе симметрии в микромире и т.п.), рассматриваемых в курсе квантовой физики.

Среди недостатков мы отметили не слишком удобный интерфейс пользователя (неудобство «прокрутки» текстовой информации), что, однако позволяет не терять место окончания чтения, задуматься над прочитанным. Разработчикам можно также добавить анимации и интерактивных моделей, сделать их более динамичными, с возможностью школьнику самому управлять большим количеством параметров системы.

Но в любом случае указанная программа заслуживает пристального внимания со стороны учителей физики.

Таким образом, проанализировав в целом преимущества программно-педагогических средств и рассмотрев некоторые из них, можно прийти к выводу, что в настоящее время существует тенденция к усовершенствованию преподавания курса квантовой физики благодаря активному насыщению последнего интерактивными демонстрациями, трехмерными моделями объектов, созданных на компьютере.

Литература:

1. Бугайов О., Коваль В. Комп'ютерна підтримка курсу фізики в середній школі: реальність і перспективи // Фізика та астрономія в школі. – 2001. – №3. – С.16.
2. Притула В.Ю., Шарко В.Д. Характеристика нових інформаційних технологій з позиції можливості реалізації в них особистісно-орієнтованого навчання // Пошук молодих. Вип. 2. Зб. матеріалів Всеукраїнської студентської науково-практичної конференції “Формування загальнолюдських та національних цінностей в учнів та студентів під час вивчення природничо-математичних дисциплін”. – Херсон: Видавництво ХДУ, 2003. – С.78–80.
3. Завізна Н.С. Застосування гіпертекстових навчальних посібників в процесі навчання фізики. Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного університету: Серія педагогічна: Методологічні принципи формування фізичних знань учнів і професійних якостей майбутніх учителів фізики та астрономії. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський державний університет, інформаційно-видавничий відділ, 2003. – Вип. 9. – С.24–26.

ВИВЧЕННЯ ФАЗОВИХ СПІВВІДНОШЕНЬ В КОЛАХ ЗМІННОГО СТРУМУ

В.П. Ржепецький¹, О.І. Сурмило²

¹ м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет

² м. Кривий Ріг, Криворізький обласний ліцей-інтернат для сільської молоді

Засвоєння значної кількості понять шкільного курсу фізики неможливе без використання демонстраційного експерименту. До таких понять належить і поняття фази коливань, з яким учні зустрічаються під час вивчення розділу “Коливання і хвилі” в 11 класі.

Вперше це поняття з’являється при вивченні механічних коливань. Аналізуючи формулу гармонічного коливного руху матеріальної точки $x=A \cos(\omega t + \varphi_0)$, ми даємо таке визначення фази: вираз, що стоїть в дужках під знаком косинуса, називається фазою коливань. Далі уточнюємо, що фаза визначає положення коливної точки в певний момент часу, і що важливим елементом при порівнянні двох коливань є різниця їх фаз. З допомогою двох математичних маятників рівної довжини легко показати коливання з однаковими фазами, з протилежними фазами, з різницею фаз, рівною $\pi/2$.

Але при вивченні електромагнітних коливань аналогічні демонстрації виконати значно складніше. Більшість авторів [1, 2] орієнтуються на використання осцилографів, доповнених комутаторами, та на використання спеціально виготовлених технічних засобів [3]. Такий підхід вимагає, крім наявності необхідного обладнання, ще й високої кваліфікації виконавця. Окрім того, підготовка демонстрацій потребує значних затрат часу.

На наш погляд, забезпечити демонстраційну підтримку теми можна, використавши для демонстрацій генератор низькочастотних коливань, що генерує коливання з частотами $0,5 \div 1$ Гц. Для цього можна використати будь – який промисловий генератор, що містить вказаний діапазон частот (наприклад, ГЗ-118), або скористатись саморобним приладом – генератором повільних коливань (ГПК). Схема такого генератора (рис. 1) була запропонована ще в 70-х роках Є.В. Коршаком [4]. Генератор простий у виготовленні і ефективний у використанні. В установку входять деталі, які є практично в кожній школі: L – дросельна котушка на замкнутому осерді від шкільного універсального трансформатора (котушка коливального контуру); C – електролітичний конденсатор ємністю 2000 мкФ з робочою напругою 12 В і більше (конденсатор коливального контуру); низькочастотний транзистор середньої потужності (типу П 201А); резистор Ропором

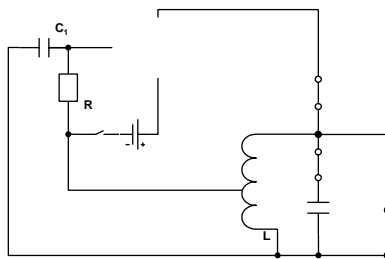


Рис. 1

М

А С

ВИХІД

$3 \div 10$ кОм. Зворотній зв'язок здійснюється через конденсатор C_1 ємністю $500 \div 1000$ мкФ. Клеми А та М використовуються для вмикання амперметра під час вивчення роботи власне генератора. Живлення генератора здійснюється від нестабілізованого випрямляча, що забезпечує напругу $5 \div 9$ В. Для зручності користування генератор змонтований на панелі, яка кріпиться безпосередньо на дросельну котушку. Монтажна схема відповідає принципівій, що полегшує розуміння учнями принципу роботи генератора.

Спостерігають за роботою генератора, приєднавши до його виходу демонстраційний вольтметр з додатковим опором на 5 В і шкалою гальванометра. Перед початком демонстрації стрілку вольтметра коректором встановлюють на нульову поділку шкали. В нижче описаних демонстраціях використовується і демонстраційний амперметр теж зі шкалою гальванометра і саморобним шунтом. За коливаннями стрілок приладів зручніше спостерігати, коли відхилення стрілок однакові. Використання стандартного набору шунтів і додаткових опорів не задовольняло цю умову, а використання реостатів робило демонстраційну установку невиправдано громіздкою і незручною в користуванні. В ході відпрацювання демонстрацій було знайдено вдаль, на наш погляд, рішення цієї проблеми. Ми пропонуємо виготовити зі змінних резисторів шунти до амперметра і додаткові опори до вольтметра, які мають стандартні кріплення. З їх допомогою можна плавно і в широких межах змінювати чутливість приладів і забезпечувати швидко і зручну настройку демонстраційної установки. В схемі на рис. 2: R – резистор з опором $400 \div 600$ Ом, R_{∂} – змінний резистор від 3 до 10 кОм, $R_{ш}$ – змінний резистор на 100 Ом.

З допомогою ГПК можна виконати цілий ряд демонстрацій, які ілюструють фазові співвідношення в колах змінного струму.

Співпадання фаз між струмом і напругою в колі з активним опором

Складемо електричне коло за схемою (рис. 2). Схему зображаємо на дошці і пояснюємо учням призначення окремих її елементів. Відрегулювавши відхилення стрілок, звертаємо увагу, що стрілки обох вимірювальних приладів коливаються синхронно, а це свідчить про відсутність зсуву фаз між напругою і силою струму в колі змінного струму з активним опором.

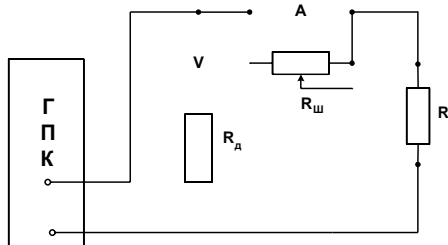


Рис. 2.

Демонстрація зсуву фаз в колі з конденсатором

Замінімо в попередній схемі резистор на конденсатор ємністю 500 мкФ

(рис. 3). Регулюємо відхилення стрілок приладів і спостерігаємо, що в колі з ємністю коливання сили струму і напруги не співпадають за фазою. Оцінку різниці фаз виконуємо слідуочим чином. В моменти, коли стрілка вольтметра перебуває в положенні максимального відхилення, подаємо звуковий сигнал (з допомогою найпростішого звукового генератора або просто постукуванням). Учні просимо щеї час спостерігати за коливанням стрілки амперметра. Добре видно, що в момент подачі сигналу стрілка амперметра перебуває поблизу нульової поділки. Отже, в колі з ємнісним опором різниця фаз між струмом і напругою дорівнює $\pi/2$. Пояснюємо, що в колі з конденсатором струм випереджає напругу на $\pi/2$.

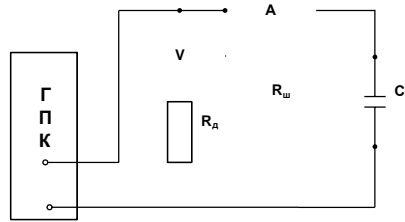


Рис. 3.

Демонстрація зсуву фаз в колі з котушкою

Замінімо тепер конденсатор дросельною котушкою на замкненому осерді від універсального трансформатора (рис. 4). Підбираємо чутливість амперметра вольтметра і бачимо, що в колі з індуктивністю коливання сили струму відстають за фазою від напруги теж приблизно на $\pi/2$.

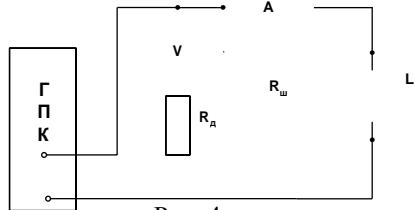


Рис. 4.

Закінчити цю серію дослідів можна демонстрацією співвідношення між фазами коливань напруги на конденсаторі і на котушці в колі з послідовним з'єднанням ємності та індуктивності (рис. 5). Для цього треба використати ще один демонстраційний вольтметр зі змінним резистором в якості додаткового опору. Коливання стрілок приладів свідчать про те, що фази коливань напруги на конденса-

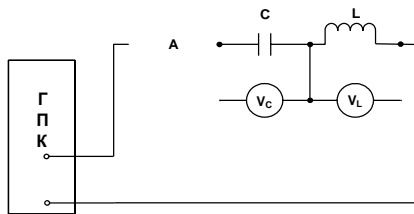


Рис. 5.

торі і котушці протилежні, тобто зсув фаз дорівнює π .

Після описаних демонстрацій учні краще розуміють закон Ома для кола змінного струму та явища резонансу.

При вивченні закону Ома доцільно спочатку вивчити коло, що складається з активного опору і конденсатора (рис. 6). Як джерело змінного струму можна використати мережу кабінету напругою 42 В, або з допомогою автотрансформатора знизити напругу побутової мережі до 50 В. В якості

резистора зручно використати лампочку розжарення на 36÷42 В; світіння лампочки свідчатиме про наявність струму в колі. Конденсатор C – це батарея конденсаторів на 58 мкФ. Ємність батареї слід вибрати такою, щоб розжарення лампочки було неповним.

Вимірювати напругу необхідно

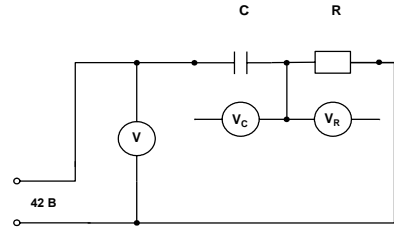


Рис. 6.

електронним вольтметром з великим вхідним опором, наприклад, мультиметром типу DT830. Вимірявши напруги U , U_R та U_C , вказуємо, що в колі змінного струму $U \neq U_R + U_C$. Використавши векторну діаграму напруг, переконуємо в справедливості рівності $U^2 = U_R^2 + U_C^2$. Аналогічний дослід з активним опором і котушкою менш переконливий, оскільки сама котушка має активний опір, сумірний з опором R .

Резонанс напруг демонструємо з допомогою установки, схема якої зображена на рис. 7. При використанні стандартного магазину конденсаторів індуктивність котушки повинна бути рівною $\approx 0,5$ Гн. Таку індуктивність має котушка на 220 В від розбірного трансформатора, якщо осердя в неї вставити так, щоб воно не було замкнуте. Резонанс має місце при значенні ємнос-

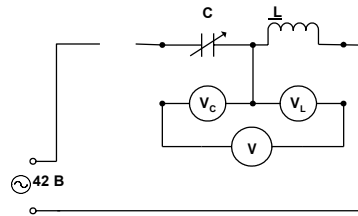


Рис. 7.

ті $20 \div 30$ мкФ, про що свідчить яскраве свічення лампочки. Для одержання кількісних результатів слід, як і в попередньому досліді, використовувати електронний вольтметр.

Література:

1. Демонстрационный эксперимент по физике в средней школе: пособие для учителей / Под ред. А.А. Покровского. – 3-е изд., перераб. – М.: Просвещение, 1979. – Ч. 2. Колебания и волны. Оптика. Физикаатома.
2. Калаптурівський В., Скриль С. Новий демонстраційний експеримент для вивчення кіл змінного струму // Фізика астрономія в шк. – 1999. – №3. – С. 42 – 44.
3. Молотков Н.Я. Изучение колебаний на основе современного эксперимента: Пособие для учителей. – Киев: Рад. шк., 1988.
4. Коршак С.В. і ін. Повільні електричні коливання // Радянська школа. – 1969. – №12.

АКТИВІЗАЦІЯ НАВЧАЛЬНО-ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ЕТАЛОННИХ ВИМІРНИКІВ ЯКОСТІ ЗНАТЬ УЧНІВ З ФІЗИКИ

О.М. Семерня

м. Кам'янець-Подільський, Кам'янець-Подільський державний університет
univer@kp.km.ua

Активізувати можна діяльність психічних процесів, навчально-пізнавальну, пошукову та креативну, виховну та інші види діяльності. Питання активізації діяльності учнів розглядається у психолого-педагогічних працях ряду вчених-дослідників: Б.Г. Ананьева, Л.С. Виготського, Л.В. Занкова, Л.А. Іванової, Г.С. Костюка, А.Н. Леонтьєва, В.О. Онищука, В.О. Петровського, С.Л. Рубінштейна, В.О. Сухомлинського, Т.І. Шамової, Г.І. Щукіної, Й.С. Якіманської та інших. На основі аналізу численних робіт визначаємо, що активізація навчально-пізнавальної діяльності старшокласників [1, 9, 10] — підвищення рівня усвідомленого пізнання об'єктивно-реальних закономірностей у процесі навчання, пов'язана з мотивацією навчання та формами навчальних занять.

З історичних нарисів філософії відомо [2, 3], що знання є результатом пізнавальної діяльності. Пізнавальна діяльність складається з почуттєвого і раціонального начал: *“Спостереження за дітьми показують, що очевидні тільки ті ідеї, які виникають через відчуття або рефлексії. Я не бачу ніяких підстав вірити тому, що душа мислить перш ніж почуття будуть поста- чати її ідеями для роздумів. По мірі того, як ідеї множаться та втриму- ються внаслідок вправ, розвивається в різних напрямках здібність мисли- ти”* Дж. Локк [3, с. 157]; *“Почуття складають джерело всіх наших знань... Ми володіємо трьома головними засобами дослідження: спостереженням природи, міркуванням та дослідом. Спостереження збирає факти; мірку- вання їх комбінує; дослід перевіряє результат комбінацій...”* Гельвецій [2, с. 47]. Отже, активність пізнання – важлива якість навчально-пізнавальної діяльності учнів з будь-якого предмету.

Сучасна методична література щодо висвітлення питання активізації навчально-пізнавальної діяльності на уроках з фізики приділяє значну увагу використанню комп'ютерів та НІТ в навчанні фізики – О.А. Дошич, О.М. Лещинський, Р.Б. Тичук, В.І. Пономарьова, А.М. Сільвейстер, В.І. Сумський, – цим самим акцентуючи ідею комп'ютеризації інноваційної фізичної освіти; О.М. Ніколаєв, Т.І. Присяжна активізують навчальну діяльність учнів під час контролю на уроках фізики; А.В. Таньшина використовує елементи історизму впродовж навчання; А.А. Давиденко, В.П. Крав-

ченко, О.В. Піскун, Т.В. Попова, Я.М. Ройко – фізичні задачі як засіб активізації навчально-пізнавальної діяльності; Ж.О. Рудницька – активізація навчальної діяльності через розвиток творчих здібностей; І.М. Незабитовсь-

кий, Т.П. Подолян, С.І. Кашина, В.С. Ключник використовують художню літературу на уроках фізики. Таким чином, питання активізації навчальної діяльності учнів досить актуальне в часи реформування шкільної освіти. Звертаючи увагу на педагогічний досвід вчителів-новаторів, методистів з фізики, приходимо до висновку [1, 9, 10], що цілеспрямована, прогнозована та цілевизначена пізнавальна діяльність учнів тим самим активізує її.

Зрозуміло, що якщо школяр бачить перспективу розвитку власних навчальних досягнень, то тим самим прогнозує свою навчальну діяльність до наступних результатів, виробляючи нові пізнавальні потреби, вищі мотиви-стимули. Таке бачення активізації діяльності можливе на основі цілеспрямованого її управління, впроваджуючи при цьому еталонні вимірники якості знань, як *“орієнтири”* на досягнення прогнозованих результатів навчання фізики.

Процес навчально-пізнавальної діяльності старшокласників з фізики – творчий процес спрямування їх до самоосвіти через регульоване управління за діяльністю, систематичний контроль знань для виявлення у них *“прогалин”* та своєчасного їх усунення. Вчитель фізики виступає у ролі того, хто спрямовує діяльність учня у русло: *“навчитися вчитись”*. Такий спосіб цілеспрямовання розвиває в учнів здатність до активного пізнання, кінцевою метою якого є процес самоконтролю за навчальною діяльністю.

Розглянемо рис. 1, який розкриває зміст активізації навчально-пізнавальної діяльності на основі використання еталонних вимірників якості знань учнів з фізики.

В основній рамці схеми виділено освітнє середовище та взаємодія *“вчитель-учень”*, як головні атрибути активної діяльності, адже об’єкти та суб’єкти діяльності виступають ядром взаємодії в сформованому середовищі (за А.Н. Леонтьєвим). В штриховій рамці схеми показано циклічність навчального процесу з фізики, в якому задіяні вчитель та учень: в даному випадку ми взяли навчальний блок вивчення окремого розділу фізики, і окреслили взаємозв’язки між основними ланками цілеспрямованої діяльності вчителя та учня. Як результат такої циклічної діяльності, систематизуються характерні риси активної пізнавальної діяльності як вчителя так і школяра: цілевизначеність, прогнозованість, результативність навчання, гігієна стресових ситуацій. Позитивна спрямованість до активних дій старшокласника призводить до найвищого результату – звичку до навчання.

Методичний аспект такої закономірності можна представити у вигляді послідовно сформованих рекомендацій:

- створити чіткі цілі-установки учіння (цільова навчальна програма теми (розділу)[1];
- вказати на необхідність вивчення даної теми (розділу) фізики (підвищення розумової активності старшокласника) [1];
- забезпечити атмосферу, сприятливу для розвитку творчих здібностей засобами завдань еталонного характеру та методами розвитку творчого ми-

слення [1, 9, 10];

– використати елементи цілеспрямування навчально-пізнавальної діяльності старшокласників еталонними вимірниками якості знань та здійснювати контроль і корекцію за їх діяльністю, впроваджуючи рівневі завдання [1,9].

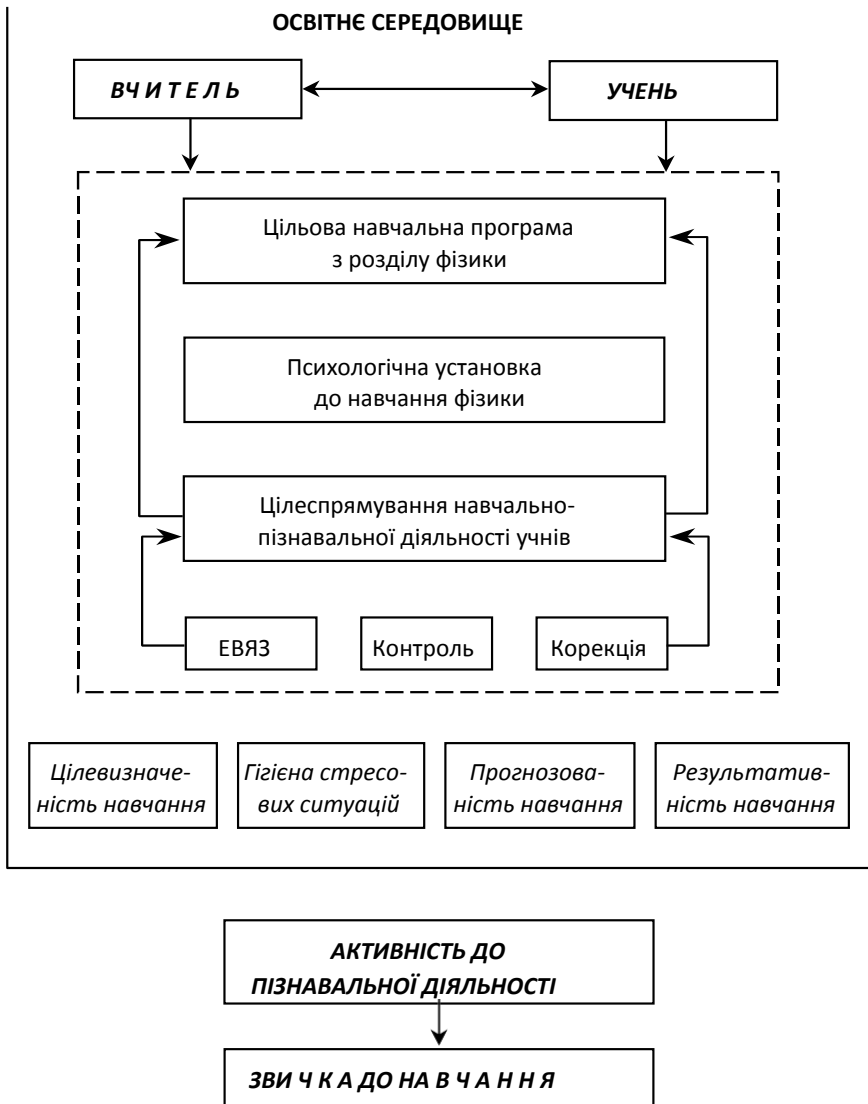


Рис. 1. Активізація пізнавальної діяльності старшокласників з фізики засобами еталонних вимірників якості знань

Для підтримки теоретичних засад активізації навчально-пізнавальної діяльності старшокласників пропонуємо систему завдань та задач еталонного характеру при вивченні теми “Звукові явища” (таблиця 1).

Таблиця 1. Фрагмент цільової навчальної програми з теми

“Механічні коливання і хвилі” (11клас)

Перелік пізнавальних задач	Урок	Тема
Вібрація та її вплив на живі організми	РГ	ПВЗ
Звукові хвилі	ПВЗ	П
Швидкість звуку	УЗЗ	П
Висота звуку	З	РГ
Луна	ПВЗ	П
Інфра- та ультразвуки	ПВЗ	П
Екологічні проблеми акустики	РГ	ПВЗ

Дана цільова навчальна програма еталонного характеру дає змогу учневі зрозуміти обсяг та глибину вимог вчителя до вивчення даної теми за допомогою чітко визначених цілей діяльності на кожну пізнавальну задачу.

Наступним кроком вчитель окреслює важливість та перспективність вивчення теми, задає психологічні установки на навчальну діяльність учнів, тим самим активізуючи сприймання наступних блоків інформації.

Після фундаментальної психологічної підготовки старшокласників настає черга вибору навчальних завдань та задач, які будуть спрямовувати пізнавальну діяльність тих, хто навчається у “відповідне русло”, на досягнення прогнозованого рівня обізнаності.

В нагоді можуть прийтись прислів'я, в разі якісних задач [6], наприклад, які підвищують ефективність усвідомлення змісту фізичних явищ школярами (вимірник РГ), вміння їх інтерпретувати, пояснювати (вимірник ПВЗ). Також, при вивченні теми “Звукові явища” чинниками активізації навчальної та пізнавальної діяльності учнів виступають задачі патріотичного змісту [8]. Такий матеріал ефективний для учнів, що “прокладають шлях” навчання за параметром пристрасності (вимірники Н, ПВЗ, П). Задачі такого типу сприяють вихованню в старшокласника поваги до наукових відкриттів, бажання наслідувати, складати та розв’язувати самостійно задачі фізичного змісту, використовуючи буденну інформацію, аналізувати та синтезувати її. Емоційний вплив на особистість старшокласника від розв’язування задач такого характеру підвищує пізнавальну активність, зацікавлює, спонукає до творчого перенесення знань.

Розглянувши активізуючі моменти, що характерні для параметру пристрасності, перейдемо до особливостей використання еталонних вимірників якості знань, що сприяють підвищенню ефективності пізнавальної діяльності за параметром стереотипності.

Для параметру стереотипність (вимірники ЗЗ, ПВЗ, НВ) характерна по-

вторюваність, що приводить до формування певного стереотипу, в якому відображаються загальні риси цілого класу пізнавальних задач. При цьому діяльність школярів перетворюється в дії, які зводяться до рівня автоматизованих операцій, переведені у неусвідомлювану область. Ці операції виконуються швидко, легко і точно.

Для такої діяльності учіння пропонуємо використовувати кросворди та фізичні диктанти, в якості актуалізації опорних знань перед вивченням нового матеріалу. Завдання такого типу дозволяють швидко опитати групу учнів та створити навчальну атмосферу, сприятливу для отримання нової одиниці інформації зпредмету.

Отже, використовуючи різнохарактерні дидактичні матеріали еталонного характеру для вивчення фізики та цілеспрямовуючи діяльність школярів на досягнення поставленої мети (еталонний вимірник якості знань даної пізнавальної задачі означений в цільовій навчальній програмі теми) засобами та способами розвитку їх творчого потенціалу, тим самим активізуємо навчально-пізнавальний процес. Відмітимо, що описані елементи активізації діяльності старшокласників на шляху підвищення ефективності навчального процесу з фізики можна застосовувати із комп'ютерною підтримкою в якості розв'язування задач [4], демонстрацій фізичних дослідів [7], самостійного опрацювання навчальної інформації фізичного змісту [5] та інше. Такі ідеологічні моменти сприяють цілеспрямованню пізнавальної діяльності старшокласників та переведенню навчання в саморегульоване протікання.

Література:

1. Атаманчук П.С. Технологічні аспекти управління результатами навчання фізики // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного педагогічного університету: Серія педагогічна: Дидактики дисциплін природознавчо-математичної та технологічної освітніх галузей. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський державний педагогічний університет, інформаційно-видавничий відділ, 2002. – Вип. 8. – С.4-13.
2. Бойко А.Н. Проблема бессознательного в философии и конкретных науках. – К.: Вища Школа, 1978. – 240с.
3. Высказывания великих. – М.: Мысль, 1993. – С.157.
4. Головка М.В. Використання можливостей нових інформаційних технологій у навчанні // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного педагогічного університету: Серія педагогічна: Модель середньої фізичної освіти в умовах переходу на 12-річний термін навчання. – Коломия: ВПТ "ВІК", 2001. – Вип. 7. – С.15-20.
5. Засядько І. Активізація пізнавальної діяльності студентів засобами комп'ютерної техніки // Наукові записки. – Випуск 51. – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВЦ КДПУ ім. В. Винниченка, 2003. – Частина 2. – С.152-156.

6. Ключник В. Фізика в прислів'ях // Фізика. – 2004. – № 2 (194). – С. 8-9.
7. Межуєв В. І. Удосконалення шкільного фізичного експерименту засобами нових інформаційних технологій // Зб. наук. праць К-П. держ. пед. універ.: Серія педагогічна: Дидактика природничо-математичних дисциплін та освітніх технологій. – К-П.: К-П. держ. пед. універс., інформ.-вид. відділ, 1999. – Вип. 5. – С. 168-174.
8. Ройко Я. Задачі з фізики – Україна в цікавих фактах // Фізика та астрономія в школі. – 2000. – № 4. – С. 7-13.
9. Семерня О. М. Впровадження елементів управління навчально-пізнавальною діяльністю учнів з фізики // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного педагогічного університету: Серія педагогічна: Модель середньої фізичної освіти в умовах переходу на 12-річний термін навчання. – Коломия: ВПТ “ВІК”, 2001. – Вип. 7. – С. 174-180.
10. Семерня О. М. Тематичні завдання еталонного характеру як засіб активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів з фізики // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного педагогічного університету: Серія педагогічна: Дидактики дисциплін природознавчо-математичної та технологічної освітніх галузей. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський державний педагогічний університет, інформаційно-видавничий відділ, 2000. – Вип. 6. – С. 188-192.

ДИДАКТИЧНІ ОСНОВИ РЕЙТИНГОВОЇ СИСТЕМИ ОЦІНКИ ЗНАТЬ, УМІНЬ І НАВИЧОК СТУДЕНТІВ В СВІТЛІ ПОЛОЖЕНЬ БОЛОНСЬКОЇ ДЕКЛАРАЦІЇ

Л.Г. Сергієнко

м. Красноармійськ, Красноармійська філія Донецького національного
технічного університету
Nikolay_work@rambler.ru

Першочерговим завданням національної вищої школи України на даному етапі є приєднання до Болонської декларації. Для повної реалізації концептуальних засад Болонського процесу система вищої освіти України почала здійснювати певні дії державного, галузевого та вузівського рівнів. Ці дії сприятимуть підвищенню якості вищої освіти, конкурентоспроможності випускників, престижу національної вищої школи.

З метою стимулювання систематичної та самостійної роботи студентів, підвищення об'єктивності оцінки знань, запровадження нормальної конкуренції між студентами у навчанні, виявленню і розвитку творчих здібностей, нами впроваджена в навчальний процес рейтингова система оцінки знань, умінь та навичок на основі діяльнісно-системної теорії. Відповідно цій теорії, навчання є продукт діяльності, а знання виступають як елементи тих чи інших дій, що реалізують певну діяльність.

Будь-яка діяльність передбачає формування у студентів визначених знань, умінь і навичок. Перевірка знань, умінь і навичок є важливим елементом навчання, нею визначається результативність і ефективність навчання. Діяльнісно-системний підхід дозволяє нам більш конструктивно вирішувати проблему критерію засвоєння знань, а також придбання практичних фундаментальних та професійних умінь і навичок, що відповідають цілям навчання. Перевірка знань, умінь і навичок студентів – складний етап процесу навчання. Для викладача він складний у теоретичному, методичному й організаційному відношенні, а для студентів – у психологічному плані. Однак, питання про перевірку в практиці роботи викладачів вузів не отримало досить повного рішення. Відсутні повнота і системність перевірки. Слабко використовують її навчальні можливості.

В арсеналі інноваційних технологій викладання і контролю знань тих, кого навчають, в останні роки значне місце займає рейтингова система оцінки знань, умінь і навичок. Англійське слово “рейтинг” визначає оцінку будь-якої діяльності, в тому числі і навчальної, на основі статистичної інформації, тобто оцінку результату діяльності з урахуванням багатьох складових факторів.

Існуюча система оцінки знань, умінь, навичок і здатності студентів до самостійної праці на основі п'ятибальної шкали не позбавлена недоліків і, насамперед, інформації. Ця система не дозволяє диференціювати знання

студентів, не дає повної інформації про якісну і кількісну оцінку ступеня виконання визначених навчальних операцій, що впливають на формування особистісних, ділових і професійних навичок. У кращому випадку, наприкінці семестру маємо набір оцінок, отриманих студентом без будь-яких інтегральних складових. Рейтингова система контролю-оцінки роботи і знань студентів усуває деякі відзначені недоліки.

Базові положення

1. Рейтингова система, прийнята на нашій кафедрі, оперує 50-ти, або 100-бальною шкалою оцінки праці, знань, умінь і навичок студентів, придбаних ними в процесі навчальної діяльності, тобто навчання.

Для деканату вона узгоджується з 5-ти бальною шкалою в такий спосіб:

50,0...40,0 – відмінно,

39,9...30,0 – добре,

29,9...16,0 – задовільно,

15,9...0 – незадовільно.

2. Усі види навчальних робіт студентів оцінюються по 50-ти, або 100-бальній шкалі (виконання, оформлення, здача і захист лабораторних робіт, контрольних, індивідуальних і домашніх завдань; підготовка до практичних і семінарських занять; поточний контроль; модульний контроль, експрес контроль; взаємоконтроль; самоконтроль (самооцінка); виконання тематичних рефератів; атестація; колоквиум; залік; іспитощо).

3. Загальна оцінка, так само як і поточна, включає оцінку наступних показників:

- знання матеріалу теми(курсу);
- уміння піднести своє знання;
- якість викладу навчального матеріалу;
- логіку викладу;
- уміння використовувати навчальний матеріал для практичних цілей;
- уміння самостійно встановлювати предметні і між предметні зв'язки;
- уміння аналізувати свій власний виклад і доповіді своїх товаришів з аргументацією особистих рішень;
- фактор часу (перший чи останній);
- морально-етичне поведіння... тощо.

Таким чином, академічні успіхи кожного студента визначаються за допомогою системи оцінювання, включаючи рейтингову, та реєструються в системі “АСУ-деканат” в національній шкалі і можуть легко адаптуватися до Європейської шкали ECTS.

Порядок проведення рейтингового навчального контролю

На початку кожного навчального семестру викладач інформує студентів про обсяг і тематику досліджуваного матеріалу, видах аудиторних і поза аудиторних робіт, їхній кількості і якості, термінах здачі, методах навчання, контролю, “заохочення” і “покарання” тощо. При цьому, кожний студент забезпечується розгорнутим навчальним планом-графіком робіт на даний

семестр, тобто, робочим планом.

Наприклад, студенти 2-го курсу спеціальності ЕМК (денне відділення) вивчають у 3-м семестрі “Основи електродинаміки”. По закінченні семестру вони здають іспит. У навчальний план-графік студентів даної спеціальності входять:

- п’ять лабораторних робіт (виконання, здача ізакхист);
- 60 аудиторних задач, велика частина яких має чітко виражений професійно-спрямований характер;
- 40 аналогічних задач для домашніхзавдань;
- дві (спеціально розроблені для даних спеціальностей) контрольно-розрахункові роботи, які мають чітку професійну спрямованість; теоретичний реферат на тему, що також має професійну спрямованість (наприклад: “Використання електричної енергії в гірничій промисловості і міри безпеки при експлуатації електроустановок в умовах шахт” і т.п.); колоквиумтощо.

Підрхуємо загальну кількість балів, що максимально може мати студент:

– лабораторніроботи	5x50	= 250
– аудиторнізавдання	(60 x 50)/60	=50
– розрахунковізавдання	(40 x 50)/40	=50
–КР	2 x50	= 100
–ТР	1x 50	= 50
	всього:	500 балів

Загальне число оцінюваних позицій(факторів):

$$5 + 1 + 1 + 2 + 1 = 10$$

Таким чином, максимальна оцінка за виконання семестрового завдання навчального плану-графіка:

$$Ос = 500 / 10 = 50 \text{ балів.}$$

Отже, студент до екзамену з даної дисципліни може підійти, маючи у своєму арсеналі від 0 до 50 балів. Рішенням кафедри студенти, які мають максимальну кількість балів за виконання навчального плану-графіка, звільняються від здачі іспиту з виставлянням їм відповідної оцінки.

Успіх нашої педагогічної діяльності в багатьох випадках залежить від того, наскільки в повному обсязі в навчальному процесі враховуються особливості тих, кого ми навчаємо. Це означає, що сьогодні неможливо навчати студентів так, як ми навчали їх учора, а завтра неможливо їх буде навчати так, як ми навчаємо їх сьогодні. Але це не означає, що студент повинен бути залишений наодинці із собою. Навпаки, дисциплінованість, суворий контроль виконання кожного завдання, мотивована і справедлива оцінка результатів самостійної праці – найважливіші умови становлення і формування цивільної відповідальності студента за доручену йому справу. Як показує досвід, на першому курсі, коли студенти починають вивчати фундаментальні дисципліни, студентської кваліфікації в них ще немає, тому вони орієнтовані на повільне сприйняття навчального матеріалу будь-якого предмета.

Цей факт також необхідно враховувати. Від викладача потрібно достатня професійна компетентність викладу матеріалу, інакше першокурсникам важко буде простежити предметні і міжпредметні зв'язки і зробити відповідні висновки. Необхідно на лекції давати саме головне, саме складне, що систематизує, залишаючи другорядне для самостійної роботи студента. Проблемність у викладі будь-якого курсу на цьому етапі займає скромне місце: самі студенти в більшості випадків ще проблеми не відчують і не бачать. Тому навчально-методичні вказівки для студентів першого курсу повинні бути докладними, ретельними, мати визначену структурно-логічну схему, що містить докладний перелік усіх питань програми курсу, включаючи професійну наповнюваність, із вказівкою тих розділів, які необхідно студенту розглянути самостійно у поза навчальний час. Обов'язковим компонентом методичних вказівок є наявність питань для самоконтролю (самооцінки), що складені дуже своєрідно. Для відповіді на них студенту необхідно буде не тільки вивчити додаткову літературу, але і спробувати логічно мислити. Адже самостійна навчальна праця – це сфера його особистісної самореалізації. Організована і керована викладачем, така праця є основою всього навчального процесу. Якість праці студента багато в чому визначається можливостями найшвидшого виконання поставлених перед ним задач. На кафедрі мається достатній аудиторний фонд, оснащений необхідним устаткуванням, навчальною літературою, технологічними засобами самонавчання (включаючи навчальне телебачення й обчислювальний центр), що дозволяє студентам робити обробку експериментальних даних при проведенні лабораторних практикумів тощо.

Висновки

1. Рейтингова система оцінки роботи, знань, умінь та навичок студентів по дисциплінах є стимулом для участі студентів у навчальному процесі, задуманому, спланованому і проведеному викладачем відповідно до робочих планів і програм в контексті Болонського процесу.

2. Рейтингова система оцінки – об'єктивна форма активного навчально-го процесу, в якому сполучаються фундаментальні знання і професійні уміння, що забезпечить більш якісну підготовку фахівців.

МЕТОДИКА ИЗЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА В ПРИБЛИЖЕНИИ ДЕБАЯ В КУРСЕ «ТЕРМОДИНАМИКА И СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА»

Е.Д. Солдатова

г. Днепропетровск, Днепропетровский национальный университет
soldat@ff.dsu.dp.ua

Приближение Дебая

Строгая теория твердого тела должна начинаться с решения квантово-механического волнового уравнения, включающего явно взаимодействия между всеми электронами и ядрами. Уровни энергии, найденные из этого точного уравнения, можно было бы использовать для определения статистической суммы, а, зная ее, вычислить свободную энергию и все интересующие нас термодинамические величины. Такая программа, однако, приводит к непреодолимым техническим трудностям, поэтому нам приходится довольствоваться значительно более скромным подходом, основанном на двух фундаментальных предположениях.

Первое предположение – адиабатическое приближение – позволяет разделить движение ядер и электронов. Это приближение комбинируется со вторым, так называемым гармоническим приближением. Атомы в кристалле совершают колебания относительно средних положений, потенциальная энергия в которых минимальна. Если амплитуды колебаний атомов не очень велики, потенциальную энергию кристалла можно разложить в ряд Тейлора по смещениям от положений равновесия и удержать в нем лишь члены, квадратичные по смещениям, – в этом и состоит гармоническое приближение.

Гармоническая модель хорошо описывает ряд явлений, особенно поведение теплоемкости. Но в ряде случаев ее нужно расширить и уточнить. Например, для описания теплового расширения следует учитывать в разложении члены третьего и четвертого порядка (ангармоническое приближение); для описания свойств материалов при низких температурах требуется дополнить модель теорией очень подвижных «свободных» электронов. В целом же гармоническая модель является очень хорошей и представляет собой один из краеугольных камней теории твердого тела.

Из классической механики известно, что в гармоническом приближении для системы из N атомов можно ввести нормальные координаты q_i , число которых равно числу степеней свободы системы $3N$, и сопряженные им нормальные импульсы p_i , и что уравнения движения, записанные в этих координатах, являются уравнениями движения простых гармонических осцилляторов. Иными словами, можно сказать, что тепловое движение N атомов твердого тела может быть представлено в гармоническом приближении как совокупность $3N$ невзаимодействующих нормальных колебаний (собст-

венных колебаний) или мод, соответствующих коллективным колебаниям атомов.

Статистическая физика дает в этом случае выражения для статистической суммы Z и свободной энергии F [1, 2]:

$$Z = e^{-\theta} \prod_{i=1}^{3N} \frac{1}{1 - e^{-\frac{E_0 + \hbar\omega_i}{kT}}}; \quad \theta = kT; \quad E_0 - \text{энергия нулевых колебаний,}$$

$$F = -\theta \ln Z = E_0 + \theta \sum_{i=1}^{3N} \ln(1 - e^{-\frac{\hbar\omega_i}{kT}}). \quad (1)$$

Если бы нам были известны значения ω_i , мы смогли бы тогда вычислить все термодинамические функции. Но вычисление ω_i в общем случае – чрезвычайно трудная задача. Используем подход, основанный на упрощенных приближениях для спектра частот в твердых телах. Прежде всего, в (1) заменим сумму интегралом; для этого введем функцию распределения частот $g(\omega)$, определенную так, что $Ng(\omega)d\omega$ равно числу мод, частоты которых лежат в интервале $(\omega, \omega + d\omega)$. Поскольку полное число мод $3N$, условие нормировки для $g(\omega)$ имеет вид

$$\int_0^{\infty} d\omega g(\omega) = 3.$$

Запишем (1) в интегральной форме:

$$F = E_0 + \theta N \int_0^{\infty} g(\omega) \ln(1 - e^{-\frac{\hbar\omega}{kT}}) d\omega \quad (2)$$

Если бы была известна функция $g(\omega)$, вся проблема была бы решена. Но строгое теоретическое определение $g(\omega)$ связано с большими трудностями. Приблизительно эта задача была решена Дебаем в 1912г.

Дебай предполагал, что частоты реального кристалла распределены так же, как частицы упругой непрерывной изотропной среды, т.е. рассматривал твердое тело как некий упругий континуум. Очевидно, эта модель хороша для длинных (звуковых или акустических) волн, когда λ больше среднего расстояния между атомами в решетке, т.к. в этом случае атомная дискретность твердого тела сказывается мало. Тогда $g(\omega)$ можно найти, подсчитав число звуковых волн с различными частотами, которые могут существовать в данном частотном интервале.

Известно [1, 2], что число мод в данном частотном интервале в изо-

ω^2

тропном континууме определяется величиной $V \frac{\omega^2}{2\pi^2 v^3}$, где V – объем ко-

леблющейся полости; v – скорость распространения звуковых волн. Звуковые волны, как известно, имеют различные скорости распространения – продольные v_l и поперечные v_t ; одному значению волнового вектора соответствует 3 колебания: одно продольное и два поперечных. Поэтому для звуковых колебаний

$$g(\omega)d\omega = \frac{2\pi^2 N v^3}{V} + \frac{2\pi^2 N v^3}{V} \omega d\omega = B \omega d\omega. \quad (3)$$

Предположение Дебая не может быть верным для коротких волн, т.к. в этом случае скорость распространения волн зависит от частоты, и, кроме того, из-за дискретной структуры длины волн, меньшие межатомного расстояния, не имеют физического смысла. Это затруднение Дебай легко избегает, обрезая спектр некоторой максимальной частотой, выше которой не существует колебаний. При этом полное число колебаний (мод) должно совпадать с числом степеней свободы, т.е.

$$\int_0^{\omega_{\max}} d\omega g(\omega) = 3. \quad (4)$$

Это дебаевское «обрезание» спектра частот имеет еще и тот физический смысл, что в кристаллической решетке понятие волны с длиной меньше постоянной решетки не имеет смысла. Поэтому условие (4) представляет собой грубый учет атомистического строения твердого тела. Подставив (3) в (4), мы можем выразить ω_{\max} :

$$\omega_{\max} = \frac{2\pi v_0}{a} \left(\frac{3}{4\pi} \right)^{1/3}, \text{ где } v_0 \text{ – средняя скорость звука, определяемая из}$$

условия $\frac{1}{v^3} + \frac{1}{3v^3} + \frac{2}{3v^3} = \frac{1}{v_0^3}$; $V = a^3 N$, a – постоянная кристаллической решетки

(для простоты берем кубический кристалл). От частоты ω_{\max} перейдем к

$$\lambda = \frac{2\pi v_0}{\omega_{\max}} = \frac{4\pi a^3}{3} \omega_{\max}^{-3} \approx 1,6a.$$

$$\omega_{\max}^{\min} = \frac{2\pi v_0}{\lambda} = \frac{2\pi v_0}{1,6a} = \frac{\pi v_0}{0,8a} = \frac{3,9}{8} \frac{v_0}{a}$$

Т.е. условие (4) действительно учитывает атомную структуру тела. Свою модель Дебай применил, прежде всего, для вычисления теплоемкости, т.к. «проблема теплоемкости» в начале XX века была связана с проблемой 3-го начала термодинамики.

Теория теплоемкости по Дебаю

Запишем F из (2) в форме Дебая:

$$F = E_0 + \theta NB \int_0^{\frac{h\omega}{\theta}} \omega^2 \ln(1 - e^{-\frac{h\omega}{\theta}}) d\omega. \quad (5)$$

Из термодинамики известно: $C_V = \frac{\partial E}{\partial T}$.

Внутренняя энергия E определяется через F из соотношения Гиббса-Гельмгольца $E = F - \theta \frac{\partial F}{\partial \theta}$.

Тогда из (5) получаем

$$\omega^{\max} h \omega^3 d\omega$$

$$E = E_0 + NB \int_0^{\omega^{\max}} \frac{h\omega'}{e^{\theta} - 1}$$

где величина B определяется из условия (4): $B = \frac{9}{\omega^3}$;

$$\omega^{\max} = \frac{\sqrt[3]{9N2\pi^2 \cdot 1}}{V} = \frac{\sqrt[3]{6\pi^2 N}}{V} v_0; \quad (6)$$

$$\frac{9Nh^{\omega^{\max}} \omega^3 d\omega}{\omega^3}$$

$$E = E_0 + \int_0^{\omega^{\max}} \frac{h\omega}{e^{\theta} - 1} \cdot \quad (7)$$

Введем обозначения: $\hbar\omega_{\max} = \theta_D$ — характеристическая температура Дебая, являющаяся материальной постоянной вещества.

Тогда

$$E = E_0 + 9N\theta_D \int_0^{\frac{\theta_D}{\hbar}} \frac{x^3 dx}{e^x - 1}; \quad x = \frac{\hbar\omega}{\theta_D}$$

Введем функцию Дебая: $D(t) = \frac{1}{t^3} \int_0^t \frac{e^{-x}}{1 - e^{-x}} dx$; $t \equiv \frac{\theta_D}{T}$

Тогда (7) имеет вид $E = E_0 + 3N\theta_D D\left(\frac{\theta_D}{T}\right)$

$$C = 3 \frac{Y}{D} \frac{T_0 - T_D}{T_0} \quad (1)$$

$$v R D \frac{\square \square}{T} \quad T \quad \frac{\square \square}{T} \infty$$

$$\leq \square \quad \square \quad \square \quad \square f$$

E и C_V представлены в виде универсальных функций отношения $\frac{T_0}{T}$ и $\frac{T_D}{T}$

называются интерполяционными формулами Дебая, справедливыми в широком интервале температур. Аналитические выражения для E и C_V можно получить в предельных случаях низких и высоких температур.

() В высокотемпературном пределе $T \gg T_D$, т.е. $kT \gg \hbar \omega_{\max}$, $x \rightarrow 0$ и $\int_0^x dx$

$$D t = \int_0^x \frac{1}{1+x+\dots-1} = 1; t \equiv \frac{\rho}{T}$$

Здесь мы использовали разложение в ряд $e^x = 1 + x + \dots$

Тогда

$$E = E_0 + 3N\vartheta = E_0 + 3RT; C_V = 3R.$$

Следовательно, в высокотемпературном пределе C_V принимает классическое значение и этот предел не чувствителен к частотной зависимости.

В низкотемпературном пределе $T \ll T_D$, т.е. $kT \ll \hbar \omega_{\max}$, и интеграл в

$D(T_D)$ можно представить в виде

$$\int_0^{T_D} x^3 dx = \int_0^{\infty} x^3 dx - \int_0^{\infty} x^3 dx$$

Здесь $\int_0^{\infty} \frac{x^3 dx}{e^x - 1} = \frac{\pi^4}{15}$, что легко показать, используя ζ -функции.

Во втором интеграле можно отбросить 1 в знаменателе, поскольку x велик:

$$\int_0^{\infty} \frac{x^3 dx}{e^x - 1} = \int_0^{\infty} x^3 e^{-x} dx = \Gamma(4) = 3! = 6$$

$$D(T) = 3N\theta \left[\frac{1}{12} \left(\frac{T}{T_D} \right)^3 + \dots \right], \quad T \ll T_D$$

$$E = E_0 + 3N\theta \left[\frac{1}{12} \left(\frac{T}{T_D} \right)^3 + \dots \right]$$

При $T \ll T_D$ $e^{-T} \rightarrow 0$; $C_V = \frac{R}{2}$

Таким образом, мы пришли к известному закону Дебая: при низких температурах $T \ll T_D$ $C_V \sim T^3$.

Разумеется, все полученные результаты справедливы для случая, когда единственной причиной зависимости внутренней энергии от T являются

колебания решетки. При наличии других факторов, например фазовых переходов или «свободных» электронов в металлах, следует рассматривать дополнительные вклады в теплоемкость.

Литература:

1. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Статистическая физика. – М.: Наука, 1976. – Ч. I. – 584 с.
2. Жирифалько Л. Статистическая физика твердого тела. – М.: Мир, 1975. – 340 с.

ВИБРАНІ ПИТАННЯ ТЕРМОДИНАМІКИ Й СТАТИСТИЧНОЇ ФІЗИКИ

Є.Д. Солдатова^а, О.М.Галдіна^б

м. Дніпропетровськ, Дніпропетровський національний університет

^а soldat@ff.dsu.dp.ua

^б galdina@ff.dsu.dp.ua

Курс «Термодинаміка та статистична фізика» є однією з фундаментальних дисциплін, що викладаються у вищій школі. Він охоплює величезне коло питань – надто широке, щоб його можна було розглядати в межах тільки одного курсу. Тому цілком природним є те, що найбільш важливі питання виносяться в окремі спецкурси. Такими є, наприклад, спецкурси «Теорія фазових переходів», «Критичні явища», «Точно розв’язувані моделі статистичної механіки», «Критичний стан, термодинамічна стійкість і флуктуації», які читаються на фізичному факультеті Дніпропетровського національного університету для студентів-теоретиків.

Проблема фазових переходів і критичного стану є однією з фундаментальних проблем фізики конденсованого стану. Вона охоплює широке коло таких різних на перший погляд фізичних систем, як рідини, феромагнетики й сегнетоелектрики, надпровідники та надплинні системи, бінарні сплави, полімери і рідкі кристали. Уявлення про фазові переходи проникають в область фізики твердого тіла, фізики низьких температур, фізичної хімії, хімічної технології, металургії, біології. Вони знаходять широке застосування в техніці: автоматичній й електротехніці, радіоелектроніці й акустиці, лазерній техніці й оптоелектроніці. Велике наукове та практичне значення проблеми викликає інтерес і необхідність її вивчення, тим більше, що вона не вирішена в повній мірі і в наш час.

Однією з головних задач теорії критичного стану є опис поведінки термодинамічних величин в околі критичних точок. Строгий статистичний підхід, пов’язаний з обчисленням статистичної суми реальних систем, через неможливість точного врахування взаємодій, а тим більше флуктуацій, які сягають в критичній області нескінченно великих значень, відсутній. Тому для вирішення цієї проблеми існує два шляхи. Перший пов’язаний з розглядом спрощених моделей, для яких статистична сума обчислюється точно. Другий шлях пов’язаний з наближеним розв’язанням задачі.

Спецкурс «Точно розв’язувані моделі статистичної механіки», який читають для студентів, що навчаються за ОПП магістра за спеціальністю «Теоретична фізика», присвячено саме першому підходу.

Більшість моделей, які широко досліджувались у зв’язку з критичними явищами, можна розглядати як частинні випадки узагальненого гамільтоніана, введеного Стенлі [1]:

$$H = - \sum_{i < j} \sum J_{ij} S_i^{(D)} \cdot S_j^{(D)} - H \cdot \sum_i S_i^{(D)} \quad \rightarrow \quad (1)$$

Досліджувана система є дискретною, тобто ті об'єкти, які вона описує, розташовані в вузлах ґратки з d вимірами. Крім своєї вимірності ґратка характеризується своєю симетрією (наприклад, для $d=3$ ґратка може бути простою кубічною, гранецентрованою кубічною, об'ємноцентрованою кубічною і т.д.). В кожному вузлі ґратки розташована «молекула», що характеризується єдиним параметром – її «спіном». Спін у вузлі i математично зображується D -вимірним одиничним вектором $\vec{S}_i^{(D)}$. D не обов'язково дорівнює d . Підсумовування в (1) проводиться за всіма вузлами ґратки, \vec{H} – вектор напруженості магнітного поля, J_{ij} – параметр (енергія) взаємодії, що залежить від відстані між вузлами i та j , і, можливо, від орієнтації вектора $\vec{r}_i - \vec{r}_j$, якщо система анізотропна.

Розглянемо декілька спеціальних модельних систем, які, очевидно, є достатньо хорошими наближеннями до справжніх міжчастинкових взаємодій принаймні для декількох фізичних систем:

$$D = 1, \quad H = -J \sum_{\langle ij \rangle} S_{ix} S_{jx} \quad - \text{ модель Ізінга (однокомпонентна рідина, бінарний сплав, суміш);}$$

$$D = 2, \quad H = -J \sum_{\langle ij \rangle} (S_{ix} S_{jx} + S_{iy} S_{jy}) \quad - \text{ модель плоского ротатора або модель Вакса-Ларкіна (\lambda-перехід в бозе-рідині);}$$

$$D = 3, \quad H = -J \sum_{\langle ij \rangle} (S_{ix} S_{jx} + S_{iy} S_{jy} + S_{iz} S_{jz}) \quad - \text{ класична модель Гейзенберга}$$

(ферромагнетик, антиферромагнетик);

$$D = \infty, \quad H = -J \sum_{\langle ij \rangle} \sum_{n=1}^{\infty} S_{in} S_{jn} \quad - \text{ сферична модель (нема відповідної фізичної системи).}$$

Однак майже всі ці модельні системи неможливо точно вирішити для тривимірного випадку ($d=3$).

Розглянемо ці випадки детальніше. Якщо $D=1$, то спіни являють собою прості одновимірні «стрілки», які можуть мати дві дискретні орієнтації: $+1$

(догори) і -1 (донизу). Тоді модельний гамільтоніан (1) зводиться до простої моделі Ізінга (з напівцілим спіном). Розв'язок для цієї моделі для $d=1$ був отриманий Ізінгом у 1925 р., але результат не мав фізичного інтересу: ферромагнетизм був виявлений при $T=0$.

Великим досягненням статистичної механіки стало опублікування в 1944 р. роботи Онсагера. Він отримав точний розв'язок двовимірної ($d=2$) моделі Ізінга у відсутності магнітного поля. Ця робота є значною подією у розвитку уявлень про критичний стан. Онсагер показав, що в термодинамічній границі $N \rightarrow \infty$, $V \rightarrow \infty$ при $T < T_c$ система упорядкована, при $T > T_c$ не-

упорядкована; критична температура визначається енергією взаємодії; вперше отримане сингулярне значення c_V : $c_V \propto \ln|T - T_C|$.

Ця робота дала поштовх для перегляду попередніх уявлень; зокрема, були поставлені нові експерименти, які встановили розбіжність c_V околі критичної точки. Хоча модель Ізінга вперше була введена як груба модель феромагнетизму, вона стала практичною моделлю для багатьох систем, наприклад для однокомпонентної рідини і бінарного сплаву. Слід відзначити, що всі найбільш відомі точно розв'язувані двовимірні статистичні моделі зібрані в монографії [2].

Для $D=2$ гамільтоніан (1) описує систему двовимірних одиничних векторів, що ізотропно взаємодіють, і зазвичай зветься плоскою моделлю Гейзенберга, моделлю плоского ротатора або класичною плоскою моделлю. Її називають також моделлю Вакса-Ларкіна, оскільки ці автори застосували її як ґраткову модель для надрідких переходів бозе-рідини.

Нарешті, для випадку тривимірних спінів (1) зводиться до класичної моделі Гейзенберга [1]. Класичну модель Гейзенберга можна також розглядати як граничний випадок квантовомеханічної моделі Гейзенберга при $S \rightarrow \infty$ (S – спінове квантове число); отже, замість припущення у гейзенберґівських спінів скінченного числа $(2S+1)$ дискретних орієнтацій ми вважаємо, що їх орієнтації в просторі розподілені неперервно. Крім того, потрібно

перенормувати величину кожного спіна від $\sqrt{S(S+1)}$ до одиниці. Класична модель Гейзенберга була вивчена для низькотемпературної області ще в 1934 р., але лише пізніше було встановлено, що класична модель є надзвичайно розумним наближенням до квантовомеханічного випадку для температур, близьких до T_C [3]. Вважається, що критичні показники або не залежать від спінового квантового числа S , або залежать від нього настільки слабо, що навіть в дуже хорошому наближенні цією залежністю можна знехтувати. Отже, хоча класична гейзенберґівська модель непридатна для квантовомеханічного випадку низькотемпературній області, вона цілком придатна поблизу T_C для розрахунку критичних показників. Однак важливо підкреслити, що навіть квантовомеханічна модель Гейзенберга непридатна для дуже широкого кола реальних магнітних матеріалів, бо в ній робляться вельми жорсткі припущення: 1) про точно локалізовані спіни та 2) про повністю ізотропну взаємодію. Для реальних магнітних матеріалів не виконуються або перше, або друге з цих двох жорстких припущень. На щастя, були відкриті деякі матеріали, для яких в значній мірі виконуються обидва припущення.

Необхідно звернути увагу на той факт, що найнижчий енергетичний стан, що визначається гамільтоніаном (1), залежить від знаку обмінного параметру J . Знак « \leftarrow » введений в (1) як математичне відбиття умови, згідно з якою при додатному J віддається перевага паралельній орієнтації сусідніх спінів. Навпаки, якщо параметр J від'ємний, то сусідні спіни прагнуть орієнтуватись антипаралельно. Це можливо, якщо спіни розташовані в ґратці з

нешільною упаковкою, тобто в ґратці, яку можна уявити у вигляді двох взаємно проникаючих підґраток, причому таких, що всі найближчі сусіди даного спіна однієї підґратки належать іншій підґратці. Типовим антиферомангнетиком, який, певно, добре описується взаємодією Гейзенберга, є RbMnF_3 . Для $D > 3$ гамільтоніан (1) продовжує описувати цілком визначену сис-тему, хоча зобразити картину розташування спінів стає досить важко.

Більшого, неможливо запропонувати якусь фізичну систему, яка відповідала би, скажімо, чотиривимірним спінам. Однак було доведено, що граничний ви-падок моделі спінів з розмірністю $D = \infty$ насправді має дуже простий розв'язок навіть для тривимірної ґратки $d = 3$. Це було особливо цікаво, оскільки тільки одна нетривіальна система багатьох взаємодіючих тіл підлягає вирішенню для тривимірних ґраток, а саме сферична модель Берліна-Каца (або сферичне наближення моделі Ізінга). Виявилось, що функція розподілу для системи з гамільтоніаном H в граничному випадку $D \rightarrow \infty$ насправді іде-

нтична функції розподілу для сферичної моделі.

Вивчення гамільтоніана (1) дозволяє визначити зміни критичних характеристик в залежності від вимірності спіна D і від просторової вимірності ґратки d і, таким чином, дослідити ряд фізичних систем поблизу їх критичних точок. Однак необхідно ясно вказати, що існує декілька припущень, що впливають з (1) для всіх D і d , які, ймовірно, не є реальними для більшості з розглянутих вище фізичних систем. Ці припущення зроблені головним чином для того, щоб математична задача отримання характеристик системи в критичній точці з модельного гамільтоніана залишалась розв'язуваною. Такими припущеннями є те, що взаємодії можна вважати: 1) однорідними за напрямком, 2) такими, що розповсюджуються в межах найближчих сусідіві 3) ізотропними. Було доведено, що ці припущення не чинять помітного впливу на значення характеристик в критичних точках.

Серед усіх точно розв'язуваних двовимірних моделей [2] неабиякий інтерес становлять моделі Ліба і Бекстера – так звані моделі типу льоду. Звісно, реальна крига та інші кристали є тривимірними, але, на жаль, єдині точні розв'язки, які ми маємо для тривимірних моделей, відносяться до вельми спеціальних “заморожених станів”. Моделі типу криги на квадратній ґратці поводяться аналогічно до тривимірних реальних об'єктів, але мають ту велику перевагу, що можуть бути вирішені. Шостивершинна модель сегнетоелектрика Ліба має ту особливість, що це єдина модель, яка має точний розв'язок в присутності зовнішнього поля. Восьмивершинна модель Бекстера є узагальненням моделі Ліба, але точно вирішується лише відсутності поля. Особливий інтерес до цих моделей викликаний тим, що в моделі Ліба порушується гіпотеза подібності (критичні показники теплоємності в докритичній і закритичній областях мають різні значення), а в моделі Бекстера порушується гіпотеза універсальності (критичні показники неперервним чином залежать від параметра взаємодії).

Модельний підхід, незважаючи на широке застосування, має певні не-

доліки. По-перше, кожна модель містить низку спрощень і припущень, і це накладає обмеження на можливості модельного підходу щодо опису поведінки реальних фізичних систем. По-друге, він математично складний, тому не завжди видається можливим отримати цікаві з точки зору термодинаміки критичного стану вирази для термодинамічних величин. Більш того, отримано точні розв'язки лише для двовимірних моделей. Найбільш важливі, тривимірні, моделі можуть бути наближено лише чисельними методами. По-третє, статистичні моделі не припускають безпосереднього порівняння з експериментом. Наприклад, двовимірні моделі не мають реальних аналогів, хоча існують кристали з сильними горизонтальними і слабкими вертикальними взаємодіями (наприклад, K_2NiF_4 і Rb_2MnF_4). Все це суттєво обмежує можливості застосування модельного підходу. Але він також має деякі переваги. По-перше, цей підхід дає “чисті” результати, не “забруднені” ніяким стороннім впливом, як це часто буває з експериментальними даними. По-друге, вони ілюструють певні термодинамічні властивості системи і, таким чином, дають якісні уявлення про перебіг критичних явищ у реальних системах.

Література:

1. Стенли Г. Фазовые переходы и критические явления. – М.: Мир, 1973. – 418с.
2. Бэкстер Р. Точнорешаемые модели в статистической механике. – М.: Мир, 1985. – 486 с.
3. Балеску Р. Равновесная и неравновесная статистическая механика. – М.: Мир, 1978. – 405 с.

ФІЗИЧНИЙ ЗМІСТ ЕЛЕКТРОРУШІЙНОЇ СИЛИ В МУЛЬТИМЕДІЙНІЙ ІНТЕРПРЕТАЦІЇ

Б.А. Сусь¹, В.Ф. Заболотний², Н.А. Мислицька³

¹ м. Київ, Національний технічний університет України “КПІ”

² м. Вінниця, Вінницький державний педагогічний університет

³ м. Київ, Національний педагогічний університет ім. М.П. Драгоманова
suse@univ.kiev.ua

Вступ. Як в шкільних підручниках, так і в навчальних посібниках для вищої школи нема однозначного розуміння фізичного змісту поняття електрорушійної сили. В одних випадках е.р.с. визначається як робота поля сторонніх сил E^{cm} по переміщенню одиничного заряду на певних ділянках кола, в інших – як робота по переміщенню одиничного заряду по замкненому колу [1–7]. У зв’язку з неточністю традиційних визначень виникають труднощі сприйняття матеріалу, наприклад, у курсах фізики для вищої школи при розгляді питання “Закон Ома для неоднорідної ділянки електричного кола”. Розглянемо фізичний зміст електрорушійної сили в мультимедійній інтерпретації.

Розгляд проблеми. Прослідкуємо за логікою типового традиційного розгляду цього питання в курсі фізики [6]. Згідно з постановкою задачі, електричне замкнене коло (рис. 1) містить однорідну ділянку (1–А–2), на якій відсутня електрорушійна сила і на електричний заряд діє лише сила, обумовлена потенціальним електричним полем, і має ділянку 2–ε–1, де діють сторонні сили, тобто е.р.с. \mathcal{E} .

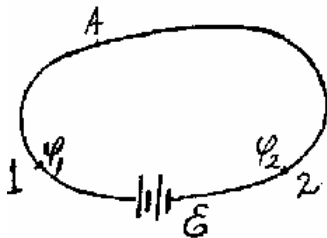


Рис. 1. Електричне замкнене коло з однорідною (1–А–2)
і неоднорідною (2–ε–1) ділянками

На ділянці 1–А–2 перенесення заряду здійснюється потенціальним електричним полем E , а на іншій ділянці (2–ε–1) – сторонніми силами. Звернемо увагу на те, що області дії потенціального поля напруженістю E і поля сторонніх сил напруженістю E^{cm} тут чітко розмежовані, що методично правильно. Але з іншого боку, у визначення електрорушійної сили вноситься елемент неясності: чи то як роботи по переміщенню одиничного заряду на

певній ділянці, чи по всьому замкненому колу. В результаті ж електрорушійна сила представляється як робота сторонніх сил на однорідній ділянці $1-2$, де її, згідно з постановкою розглядуваної задачі, немає. У даному випадку в точці A (рис. 1) діє лише електричне потенціальне поле напруженістю E . Тому запис для сили в цій точці $F=q(E+E^{cm})$ хоч формально можливий (якщо мати на увазі, що E^{cm} в цій точці дорівнює нулеві), однак не є наочним.

Ще один типовий приклад неясності спостерігаємо в [1]. З одного боку, чітко дається визначення, що стороння сила – це робота по переміщенню одиничного заряду на ділянці дії цієї сили. З іншого боку, закон Ома в диференціальній формі $j=\sigma(E+E^{cm})$ записується для елемента dl , на якому стороння сила не діє (рис. 2).

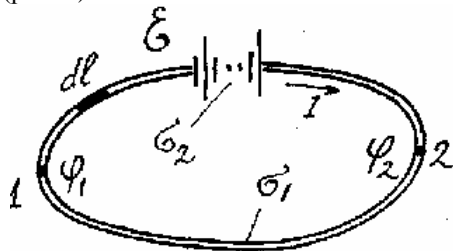


Рис. 2. Електричне замкнене коло: σ_1 σ_2 – питомі значення електропровідностей однорідної і неоднорідної ділянок кола відповідно

Для з'ясування і унаочнення фізичного змісту е.р.с., однозначного її трактування, застосуємо відомий у фізиці метод аналогії.

Рух зарядів у електричному колі (постійний електричний струм) уподібнимо з неперервним рухом м'ячиків на похилій площині (рис.3).

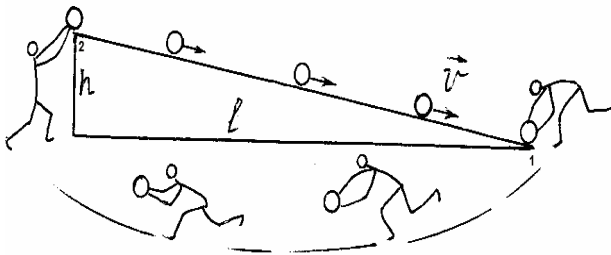


Рис. 3. Неперервний рух м'ячиків по похилій площині під дією сили тяжіння забезпечується “сторонньою силою”, роль якої виконують хлопчики, що переносять скочені м'ячки у верхню частину площини

Скочування м'ячиків відбувається в результаті дії сил потенціального поля тяжіння. Для того, щоб м'ячки неперервно скочувались, необхідно їх

увесь час переносити від нижнього краю площини (точка 1), де потенціальна енергія W_1 , у верхню частину (точка 2), де потенціальна енергія W_2 . Очевидно, що за допомогою потенціальної сили тяжіння таке здійснити неможливо. Це повинні бути сили іншої природи, “сторонні” по відношенню до потенціальних сил. В даному випадку це будуть механічні сили, які виконуватимуть роботу по переміщенню м’ячиків якимсь іншим шляхом з точки 1 в точку 2 супроти потенціальних сил. На рис. 3 показано, що цю роботу виконують хлопчики, переносячи м’ячики від нижньої частини похилої площини до верхньої точки, отже саме вони є тією сторонньою рушійною силою.

Розглянемо аналогічно умови неперервного руху зарядів по електричному колу. Для цього запишемо вираз для роботи по переміщенню заряду по всьому замкненому колу (рис. 1). На ділянці 1-2 на заряд діє сила $F = Eq$ лише з боку потенціального електричного поля, тоді на ділянці 2-1 окрім сили електричного поля, яка тут напрямлена проти руху зарядів, діє ще стороння сила $F^{cm} = E^{cm} \cdot q$. Тобто, на ділянці 2-1 діє сумарна сила $F + F^{cm}$. Тому вираз для роботи матиме вигляд:

$$A = \int_1^2 F dl + \int_2^1 (F + F^{cm}) dl = \int_1^2 F dl + \int_2^1 F dl + \int_2^1 F^{cm} dl = \int_1^2 F dl + \int_1^2 F^{cm} dl.$$

Оскільки робота сил потенціального електричного поля поза замкненою контуру дорівнює нулеві ($A = \oint_l \mathcal{P} dl = 0$), то робота по переміщенню заряду по замкненому контуру дорівнює роботі сторонніх сил на ділянці їх дії 2-1:

$$A = \int_2^1 F^{cm} dl.$$

Враховуючи, що $F^{cm} = q E^{cm}$, можемо записати:

$$A = \int_2^1 E^{cm} q dl.$$

Робота сторонньої сили по переміщенню одиничного заряду на ділянці її дії є електрорушійною силою, що діє в контурі:

$$- \int \dots$$

Розвиваючи метод аналогії, можемо розглянути особливості переміщення кульок на похилій площині в умовах тертя (наприклад, у воді) і подібність переміщення зарядів по провідниках з різним опором, як на зовнішній ділянці кола, так і на внутрішній частині джерела електрорушійної сили. Робота потенціальних і сторонніх сил в таких випадках буде здійснюватись на подолання опору рухові кульок чи, відповідно, зарядів, і буде перетворюватись в тепло. Саме робота джерела струму, що йде на подолання опору

при переміщенні заряду всередині джерела струму, визначає внутрішній опір джерела.

В ідеальному випадку, тобто коли внутрішній опір джерела е.р.с. дорівнює нулеві, енергія джерела сторонніх сил йде лише на розділення зарядів і створення різниці потенціалів. Тоді, очевидно, робота сил потенціального поля по переміщенню заряду з точки 1 в точку 2 дорівнює роботі сторонніх сил по переміщенню заряду у зворотному напрямку, тобто проти потенціальних сил. У цьому випадку робота по переміщенню заряду по замкнутому контуру

$$A = \int_{1}^{2} \mathcal{F} dl = \int_{1}^{2} F^{nom} dl + \int_{2}^{1} F^{cm} dl = \int_{1}^{2} qE^{nom} dl + \int_{2}^{1} qE^{cm} dl.$$

Робота по переміщенню одиничного заряду

$$A = \int_{1}^{2} E^{nom} dl + \int_{2}^{1} E^{cm} dl = \varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon_{21}.$$

Тут $\varphi_1 - \varphi_2$ – різниця потенціалів на ділянці 1–2, а ε_{21} – електрорушійна сила, що діє на ділянці 2–1.

За аналогією рух м'ячиків у даному ідеалізованому випадку, коли опір рухові зарядів всередині джерела струму дорівнює нулеві, це відповідає підняттю м'ячиків на висоту h і подальшому їх вільному падінню.

Таким чином, метод аналогії, особливо в мультимедійній інтерпретації, дає можливість наочно показати, що як за допомогою потенціального поля неможливо забезпечити перенесення кульок з нижньої частини похилої площини у верхню частину, так неможливо за допомогою електричного потенціального поля здійснити переміщення позитивного заряду по колу від меншого потенціалу до більшого, а реалізувати таке переміщення можна лише за допомогою “сторонніх сил” по відношенню до сил електричних потенціальних, тобто сил механічної, хімічної, магнітної чи іншої природи.

Література:

1. Зисман Г.А. Годес О.М. Курс общей физики. – т.2. – М.: Наука, 1967. – С. 100.
2. Калашников С.Г. Электричество. – М.: Наука, 1985. – С.134.
3. Сивухин Д.В. Курс общей физики. Электричество. – М.: Наука, 1983. – 687 с.
4. Трофимова Т.И. Курс физики. – М.: ВИ, 1985. – С.142.
5. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. – М.: Физматгиз., 1963. – С.847.
6. Савельев И.В. Курс общей физики. – т.2. – М.: Наука, 1978. – С.98.

7. Физический энциклопедический словарь. – М.: Советская энциклопедия, 1984. – 928с.

ОСОБЛИВОСТІ РУХУ МАТЕРІЇ В ІНЕРЦІАЛЬНИХ СИСТЕМАХ КООРДИНАТ

Б.А. Сусь¹, М.І. Шут²

¹ м. Київ, Національний технічний університет України “КПІ”

² м. Київ, Національний педагогічний університет ім. М.П. Драгоманова
suse@univ.kiev.ua

Вступ. За сучасними уявленнями речовина і поле є різними видами матерії. До речовини належать тіла, які характеризуються масою. Одним з видів поля є електромагнітні хвилі, зокрема світло. Світло – це взаємно узгоджені коливання напруженостей електричного і магнітного полів, що поширюються зі сталою швидкістю. Сталість швидкості світла у вакуумі підтверджена багатьма дослідженнями з великою точністю. Вона є також одним із постулатів теорії відносності: у будь-якій системі координат, що рівномірно рухаються одна відносно одної, швидкість світла є сталою величиною. Швидкість світла як константа входить у важливе рівняння, що встановлює зв'язок між масою тіла і його енергією: $W=c^2m$. Світло має двоїсту природу – хвильову і корпускулярну. З хвильової точки зору для світла характерний коливний процес. З точки зору корпускулярного підходу світло являє собою частинки – фотони, які мають масу й імпульс. Маса фотона – релятивістська, тобто така, що визначається рухом (правильніше було б масу фотона m назвати “динамічною”).

За теорією відносності маса тіла залежить від швидкості v :

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \quad (1)$$

де m_0 – маса спокою. Оскільки швидкість фотона $v=c$, то, згідно з формулою, знаменник дорівнює нулеві, тому, щоб маса m мала скінченне значення, маса спокою фотона m_0 повинна дорівнювати нулеві.

Фотони – частинки специфічні. В різних інерціальних системах координат рух фотонів як частинок відмінний від руху класичних речовинних тіл, для яких крім “динамічної” маси (тобто маси, пов’язаної з рухом) власна маса спокою. Така особливість, очевидно, є наслідком двоїстості природи матерії. Покажемо це на прикладах визначення швидкості руху класичного тіла і швидкості поширення світла у різних системах координат.

Розгляд проблеми. Відомо, що швидкість тіла (маси, речовини) є відносною величиною і вона залежить від руху системи координат у якій тіло знаходиться. Тому та обставина, що швидкість світла є константою, дає підстави стверджувати, що існує принципова відмінність між швидкістю переміщення маси (речовини) і швидкістю поширення світла (поля) в інерціальних системах координат.

Для виявлення такої відмінності розглянемо досліди по визначенню

швидкості тіла і швидкості світла в системах координат, що рівномірно рухаються одна відносно одної. Такими системами можуть бути Земля і Сонце.

Визначимо швидкість тіла у двох випадках – в напрямку руху Землі навколо Сонця, а також у перпендикулярному напрямку. Нехай це буде куля, що вилітає з рушниці. Вимірювання будемо проводити, наприклад, за допомогою приладу із двох дисків, що обертаються на одній осі зі сталою кутовою швидкістю (рис. 1). Очевидно, що швидкість кулі буде пропорційна куту φ між отворами, пробитими кулею в дисках.

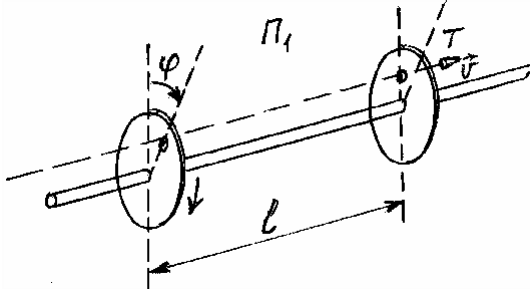


Рис. 1

Якщо прилад Π_1 для вимірювання швидкості кулі знаходиться в системі координат, пов'язаній із Землею, то він є нерухомим відносно неї. В такому випадку до пострілу швидкість кулі відносно Землі дорівнює нулеві, а виміряна приладом Π_1 після пострілу, незалежна від напрямку – v_r .

Коли ж прилад Π_1 для вимірювання швидкості знаходиться в системі координат, пов'язаній із Сонцем (С), то вже до пострілу виміряна швидкість кулі дорівнюватиме швидкості руху Землі відносно Сонця v_0 , а після пострілу вона буде $v_1 = v_r + v_0$ (рис. 2). У перпендикулярному напрямку до руху

Землі швидкість кулі після пострілу дорівнюватиме геометричній сумі швидкості v відносно рушниці і швидкості Землі v_0 по орбіті: $v = v + v_0$.

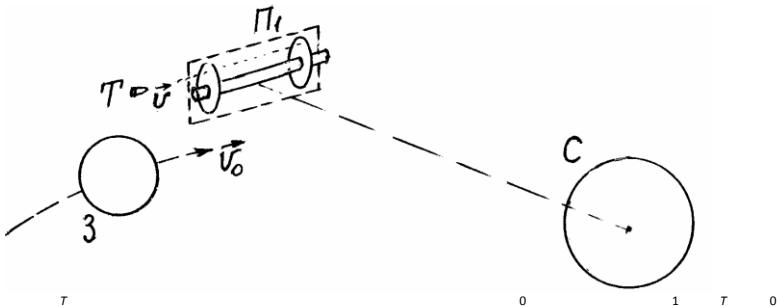


Рис. 2

Отже, швидкість тіла (маси, речовини) залежить від того, в якій системі координат розглядається цей рух і визначається як результат геометричного додавання швидкостей.

Тепер проведемо вимірювання швидкості **світла**, наприклад, методом Майкельсона за допомогою приладу із дзеркальною призмою (рис. 3).

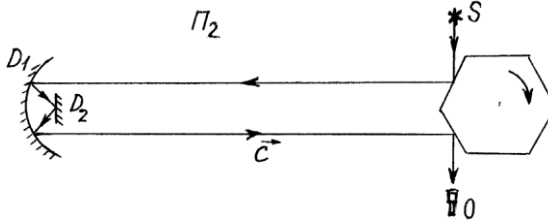


Рис. 3

Промінь від джерела S відбивається від призми, проходить відстань до дзеркала D_1 , відбивається і знову потрапляє на призму. При певному положенні призми можна спостерігати відбитий промінь за допомогою зорової труби O . При обертанні призми промінь зникає, але при певній частоті, коли за час його проходження призма повернеться так, що промінь відіб'ється, його знову можна побачити. Знаючи при цьому кутову швидкість обертання призми, можна визначити швидкість світла. Результат ми знаємо: швидкість світла однакова, незалежно від того, як буде орієнтований прилад відносно Землі – паралельно чи перпендикулярно до її руху по орбіті. А також незалежно від того, в якій системі координат буде знаходитись прилад для вимірювання швидкості світла. Наприклад, незважаючи на те, що Земля рухається зі швидкістю v_0 відносно приладу Π_2 , який пов'язаний із Сонцем, виміряне значення швидкості світла буде сталим (рис.4).

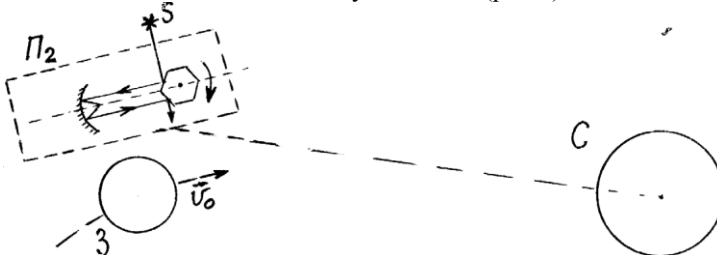


Рис. 4

Таким чином, результати вимірювання швидкості світла (поле) принципово відмінні від випадку з кулею (тіло, речовина), що необхідно пояснити. Зауважимо, що ні класична хвильова, ані квантова теорія однозначно не розкривають механізму поширення світла як електромагнітних хвиль. Спочатку вважалося, що світло поширюється як коливання ефіру – світлонос-

ного середовища. Однак дослід Майкельсона по виявленню “ефірного вітру” показав незалежність швидкості світла від напрямку його поширення при русі Землі по орбіті. Для пояснення результатів цього дослідження Ейнштейном була створена теорія відносності, яка заперечує існування ефіру. Ми будемо дотримуватись цього висновку і розглядатимемо світло з точки зору корпускулярного підходу, тобто як потік фотонів – частинок світла. Причому, за квантово-коливною теорією фотони розглядатимемо як частинки специфічні, такі, для яких властивий внутрішній коливний процес [1].

Отже, у відповідності з теорією відносності випромінений фотон рухається зі сталою швидкістю незалежно від того, в якій системі координат цей рух розглядається. І якщо визначимо швидкість фотона, то вона виявиться (на відміну з дослідом з кулею) **однаковою для будь-якої системи координат**, що рухаються з різними швидкостями одна відносно одної – чи то відносно Землі чи відносно Сонця. Особливість такої поведінки фотона визначається його природою. Якщо куля є тією формою матерії, яку ми називаємо речовиною (маса), то фотон – об’єкт іншого виду матерії, який називаємо полем. Принципова відмінність між кулею і фотоном як частинками у тому, що куля у системі координат, пов’язаній із Землею, має **масу спокою**. А оскільки в системі координат, пов’язаній з Сонцем, навіть до пострілу куля має швидкість, обумовлену рухом відносно Сонця разом з Землею, то вона має кінетичну енергію. Для фотона ж все інакше. Швидкість руху фотона в межах Землі не залежить від її руху. Тобто, Земля не передає фотону якої-небудь енергії, пов’язаної з її рухом, оскільки інертна маса фотона дорівнює нулеві. Фотон має масу, але це так звана релятивістська (“динамічна”) маса (1), тоді як маса спокою дорівнює нулеві. Тому кінетична енергія для фотона, яка пов’язана з масою спокою, також дорівнює нулеві і це не залежить від системи координат, в якій цей рух розглядається. Оскільки маса і енергія взаємно пов’язані відомим співвідношенням $W=c^2m$, можемо зробити висновок, що ця формула відображає зв’язок між двома станами матерії і відповідними для них різними формами руху.

Слід відзначити ще одну особливість при порівнянні рухів речовинних частинок і фотонів як частинок поля. При спостереженні за рухом частинки речовини ми маємо справу з однією і тією ж масою і визначаємо швидкість її переміщення в просторі. При поширенні ж хвиль взагалі і світлових хвиль зокрема йдеться не про переміщення маси (маси спокою) в напрямку поширення хвилі (при поширенні хвиль маса не переноситься), а про переміщення певної фази коливного процесу. Тому формальні прямі порівняння, формальна аналогія тут не можуть вважатись обґрунтованими.

Висновки. Залежність швидкості переміщення маси від руху системи координат, в якій розглядається рух цієї маси, обумовлене інертною масою як виявом інертних властивостей речовини, тоді як швидкість світла (електромагнітних хвиль) характеризує не переміщення інертної маси, а поширення у просторі сталої фази, яке не залежить від руху системи координат. Та-

ким чином, порівнюючи рух маси (речовини) і світла (поля) в інерціальних системах координат, ми оперуємо різними поняттями швидкості.

Література:

1. Сусь Б.А., Шут М.І. Класичні фізичні ефекти з точки зору квантово-коливної теорії світла. // Матеріали ІХ Всеукраїнської наукової конференції “Фундаментальна та професійна підготовка фахівців з фізики”. – К.: НПУ ім. М.П.Драгоманова, 2004. – С.55.

ФОРМИРОВАНИЕ ТВОРЧЕСКОГО ПОДХОДА У СТУДЕНТОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ФИЗИКЕ

Н.Л. Тарасенко

г. Кривой Рог, Криворожский технический университет

Практика показывает, что многие студенты технических специальностей не умеют пользоваться физическими приборами. Поэтому повышение культуры измерения физических величин у студентов является для преподавателя очень важной задачей. При выполнении лабораторных работ нужно к измерениям подходить творчески, анализируя их результаты на каждом этапе. Обязательно на каждом занятии студенты должны успевать делать оценки измерений физических величин с той целью, чтобы в случае надобности, выполнить новые замеры и ввести корректировку в полученный результат. К обработке результатов измерений также нужно подходить творчески. Ввиду большой важности этого вопроса, остановимся на нем подробнее.

Обычно принято [1] записывать результат измерений физических величин в виде:

$$x_{ист.} = \bar{x} \pm \Delta x_{полн.} \quad (\alpha = 0,95)$$

$$E = \frac{\Delta x_{полн.}}{\bar{x}} \cdot 100\%$$

где $x_{ист.}$ – истинное значение измеряемой величины; \bar{x} – среднее арифметическое значение измеряемой величины; $\Delta x_{полн.}$ – полная погрешность измерения; α – доверительная вероятность; E – относительная погрешность измерения.

Здесь нужно отметить, что, вычислив относительную погрешность, которая указывает на качество измерений, многие студенты считают, что это качество целиком определяется только классом точности прибора. Для устранения подобного заблуждения, приведем пример.

Пусть длина проволоки из меди, измеренная сантиметровой лентой, равна $(100,0 \pm 0,5)$ см, а диаметр проволоки, измеренный штангенциркулем, равен $(1,0 \pm 0,1)$ мм. Тогда, относительная погрешность в первом случае составляет $0,5 \cdot 100\% = 0,5\%$, а во втором $\frac{0,1}{1,0} \cdot 100\% = 10\%$. Таким

образом несмотря на то, что штангенциркуль является более точным прибором, чем сантиметровая лента, качество измерения в первом случае выше, чем во втором.

Теперь, в качестве примера с целью выработки у студентов творческого подхода к выполнению лабораторных работ, рассмотрим задачу: пользуясь расчетной формулой для нахождения длины медной проволоки, на-

мотанной на катушку $R = \frac{\pi d^2 \cdot U}{4 \rho \cdot l}$, где d – диаметр проволоки; ρ – ее удель-

ное сопротивление; U – напряжение; I – сила тока, требуется определить эту длину и указать какими приборами для этого нужно воспользоваться, чтобы относительная погрешность измерения не превысила 5%.

Пусть для измерения напряжения был выбран вольтметр класса точности $k=1,5$, максимальным значением шкалы $U_{\max}=50$ В и числом делений на шкале $n=100$, а для измерения силы тока – амперметр ($k=1,5$; $I_{\max}=5$ А; $n=100$). Для измерения диаметра проволоки воспользовались микрометром с ценой деления 0,01 мм. Пусть контрольный замер напряжения и силы тока дал такие результаты: $U = 4,5$ В, $I = 0,85$ А, а пятикратное измерение диаметра проволоки: $d_1=1,13$ мм; $d_2=1,13$ мм; $d_3=1,12$ мм; $d_4=1,13$ мм; $d_5=1,13$ мм.

Сразу обращаем внимание на тот факт, что отклонения стрелки вольтметра и стрелки амперметра оказываются в левой части шкалы прибора. Погрешность прибора для вольтметра в этом случае составит:

$$\Delta U = \frac{2 \cdot k \cdot U_{\max}}{n} = \frac{2 \cdot 1,5\% \cdot 50 \text{ В}}{100} = 0,015 \text{ В}$$

а для амперметра –

$$\Delta I = \frac{2 \cdot k \cdot I_{\max}}{n} = \frac{2 \cdot 1,5\% \cdot 5 \text{ А}}{100} = 0,0015 \text{ А}$$

Тогда относительная погрешность прибора для вольтметра равна $\frac{\Delta U_{\text{пр.}}}{U} = \frac{0,015 \text{ В}}{4,5 \text{ В}} \cdot 100\% \approx 0,33\%$, а для амперметра – $\frac{\Delta I_{\text{пр.}}}{I} = \frac{0,0015 \text{ А}}{0,85 \text{ А}} \cdot 100\% \approx 0,18\%$.

С целью уменьшения относительных погрешностей приборов возьмем другой вольтметр ($k=1,5$; $U_{\max}=5$ В; $n=100$) и другой амперметр ($k=1,5$; $I_{\max}=1$ А; $n=100$). Для них соответственно получим:

$$\Delta U = \frac{2 \cdot 1,5\% \cdot 5 \text{ В}}{100} = 0,0015 \text{ В}, \Delta I = \frac{2 \cdot 1,5\% \cdot 1 \text{ А}}{100} = 0,0003 \text{ А}$$

Относительные погрешности приборов будут равны:

$$\frac{\Delta U_{\text{пр.}}}{U} = \frac{0,0015 \text{ В}}{4,5 \text{ В}} \cdot 100\% \approx 0,033\%, \quad \frac{\Delta I_{\text{пр.}}}{I} = \frac{0,0003 \text{ А}}{0,85 \text{ А}} \cdot 100\% \approx 0,035\%$$

Сравнивая относительные погрешности приборов для этих случаев, приходим к выводу, что электроизмерительные приборы всегда должны

выбираться такими, чтобы показания стрелки были как можно ближе к концу шкалы прибора.

Оцени теперь, согласно [2], полную погрешность измерения для диаметра проволоки.

1. Вычислим среднее арифметическое значение диаметра проволоки:

$$d = \frac{1,13+1,13+1,12+1,13+1,13}{5} = 1,128 \text{ (мм)}.$$

2. Находим абсолютные погрешности отдельных измерений:

$$\Delta d_1 = \Delta d_2 = \Delta d_3 = \Delta d_4 = \Delta d_5 = 1,128 - 1,13 = -0,002 \text{ (мм)},$$

$$\Delta d_3 = 1,128 - 1,12 = 0,008 \text{ (мм)}.$$

3. Вычислим среднюю квадратическую погрешность отдельных измерений:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(-0,002)^2 + (-0,002)^2 + (0,008)^2 + (-0,002)^2 + (-0,002)^2}{5}} \approx 0,005 \text{ (мм)}$$

4. Грубых промахов нет, так как $\Delta d_i < 3\sigma$ ($i = 1, 2, 3, 4, 5$).

5. Определим среднюю квадратическую погрешность среднего арифметического значения: $S = \frac{0,005 \text{ мм}}{\sqrt{5}} \approx 0,002 \text{ мм}.$

6. Коэффициент Стьюдента для $n=5$ и доверительной вероятности $\alpha = 0,95$ равен 2,78.

7. Запишем величину случайности погрешности:

$$\Delta d_{сл.} < 2,78 \cdot 0,002 \text{ мм} = 0,006 \text{ мм}.$$

8. Найдем погрешность прибора:

$$\Delta d = \frac{2}{3} \cdot \delta = \frac{2}{3} \cdot 0,004 \text{ мм} \approx 0,003 \text{ мм}.$$

$$\text{пр. } \frac{2}{3} \quad \frac{2}{3}$$

9. Определим погрешность округления:

$$\Delta d = \frac{h}{2} \cdot \alpha = \frac{0,01 \text{ мм}}{2} \cdot 0,95 \approx 0,005 \text{ мм}.$$

$$\text{окр. } \frac{2}{2}$$

10. Вычислим полную погрешность измерения:

$$\Delta d_{полн.} = \sqrt{(0,006)^2 + (0,003)^2 + (0,005)^2} \approx 0,008 \approx 0,01 \text{ (мм)}.$$

Для определения относительной погрешности длины провода имеем:

$$E = \frac{\Delta I}{I} = \sqrt{\frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I}{I}}$$

(В данном случае погрешностью округления при вычислении числа π мы пренебрегли). Найдем полные погрешности, допущенные при измерении

напряжения и силы тока: $\Delta U_{полн.} = \sqrt{\Delta U_{пр.}^2 + \Delta U_{окр.}^2}$, $\Delta I_{полн.} = \sqrt{\Delta I_{пр.}^2 + \Delta I_{окр.}^2}$

Здесь $\Delta U_{окр.}$ и $\Delta I_{окр.}$ погрешности округления.

Определим их: ΔU

$$= h \cdot \alpha = 0,05 \text{ В} \cdot 0,95 = 0,024 \text{ В} \frac{\text{окр.}}{2}$$

(где h – цена деления шкалы прибора); $\Delta I = \frac{0,01 \text{ А}}{2} \cdot 0,95 = 0,005 \text{ А}$.

$$\text{Тогда } \Delta U_{\text{окр.}} = \sqrt{(0,05)^2 + (0,024)^2} \approx 0,056 \text{ В},$$

$$\Delta I_{\text{окр.}} = \sqrt{(0,01)^2 + (0,005)^2} \approx 0,011 \text{ А.}$$

Для относительной погрешности длины проволоки получим:

$$E = \sqrt{\frac{0,02^2}{1,13} + \frac{0,056^2}{4,5} + \frac{0,011^2}{0,85}} = \sqrt{(0,018)^2 + (0,012)^2 + (0,013)^2} \approx 0,025$$

или $E = 2,5\%$.

Относительная погрешность не превышает 5%.

Таким образом, вольтметр ($k=1,5$; $U_{\text{max}}=5 \text{ В}$; $n=100$) и амперметр ($k=1,5$; $I_{\text{max}}=1 \text{ А}$; $n=100$), а также микрометр с ценой деления 0,01 мм полностью удовлетворяют требованию.

Обратим внимание на тот факт, что именно относительная погрешность, допущенная при измерении диаметра проволоки микрометром, дает наибольший вклад в полную относительную погрешность.

Подставив в расчетную формулу средние арифметические значения величин, находим среднее арифметическое значение длины проволоки:

$$l = \frac{3,1415 \cdot (1,13 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 4,5}{4 \cdot 1,78 \cdot 10^{-8} \cdot 0,85} \approx 298,3 \text{ м.}$$

Полную погрешность определим так:

$$\Delta l_{\text{полн.}} = E \cdot l = 0,025 \cdot 298,3 \text{ м} = 7,5 \text{ м.}$$

Тогда искомый результат записываем в виде:

$$l_{\text{ист.}} = (298,3 \pm 7,5) \text{ м}, \quad (\alpha = 0,95)$$

$$E = 2,5\%.$$

По мнению автора, для выработки у студентов творческого подхода к выполнению лабораторных работ по физике, следует рекомендовать им при обработке результатов погрешностей измерений вначале определять полную относительную погрешность измерения, а затем уже записывать сам результат. Такой подход позволяет проанализировать вклад в полную относительную погрешность каждой отдельно взятой составляющей, а это позволяет спрогнозировать результат с наперед заданной точностью. Регулярное применение данной методики позволяет выработать у студентов навыки, необходимые для умелого пользования физическими приборами.

Литература:

1. Физический практикум. / Под ред. Г.С. Кембровского. – Мн.: Университетское, 1986.
2. Тарасенко Н.Л. Методика оценки погрешностей измерений на лабора-

торных работах по физике / Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. Випуск 4: В 3-х томах. – Кривий Ріг: Видавничий відділ НметАУ, 2004. – Т. 2. – С.409–413.

НАУЧНЫЕ ОТКРЫТИЯ И МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ

А.В. Толстенко, С.В. Козыркина, Н.В. Резчик
г. Днепропетровск, Днепропетровский государственный аграрный университет

Каждый год вечером 10 декабря в концертном зале Стокгольмской филармонии происходит церемония награждения Нобелевской премией. Эта премия стала символом высшего достижения в области науки (в частности, по физике, химии, физиологии и медицине).

Целью данной статьи является вычисление «индекса цитирования» имен Нобелевских лауреатов в рабочих программах, методических руководствах, лабораторных практикумах кафедры физики и материаловедения Днепропетровского государственного аграрного университета. Такая статистика позволяет отслеживать использование результатов научных достижений в преподавании физики и смежных с ней дисциплин.

В аграрном университете курс физики читается студентам четырех факультетов: ветеринарного, биотехнологического, агрономического, гидромелиоративного, механизации сельского хозяйства. Для специальностей «Биотехнология», «Ветеринария», «Агрономия» преподается дисциплина «Физика с основами биофизики» с целью получения студентами биологической специализации университетов.

Предмет изучается один семестр. Механики и гидромелиораторы изучают дисциплину «Физика» два семестра.

Курс для всех специальностей можно условно поделить на четыре раздела:

1. Физические основы механики.
2. Молекулярная физика и термодинамика.
3. Электричество и магнетизм.
4. Оптика и физика атомов.

Для каждого раздела «индекс цитирования» разбивали на две группы. Первая – общее количество ссылок на ученых, вторая – количество ссылок на лауреатов Нобелевских премий. (Например, 19/2 – 19 – общее количество ссылок, 2 – ссылки на имена лауреатов Нобелевской премии).

«Индекс цитирования» для механиков, гидромелиораторов – 0,22, для агрономов – 0,19, для биотехнологов и ветеринаров – 0,21 (см. таблицу 1). Каждая пятая ссылка в рабочих планах и методической литературе связана с именами лауреатов Нобелевских премий.

Приведем список имен лауреатов разных лет, которые использовались в нашей статистике: К. Рентген – 1901 г., Я.Х. Вант-Гофф – 1901 г., Х.А. Лоренц – 1902 г., А.А. Беккерель – 1903 г., П. и М. Кюри – 1903 г., Д.У. Стретт (Релей) – 1904 г., Д.Д. Томсон – 1906 г., Э. Резерфорд – 1908 г., Я.Д. Ван-дер-Ваальс – 1910 г., В. Вин – 1911 г., У.Г. и У.Л. Брегг – 1915 г.,

М. Планк – 1918 г., А. Эйнштейн – 1921 г., Н. Бор – 1922 г., А.Х. Комптон – 1927 г., Л.В. де Бройль – 1929 г., Э. Шредингер – 1933 г., Э. Ферми – 1938 г., В. Паули – 1945 г., Н. Басов, А. Прохоров, Ч. Таунс – 1964 г., И. Пригожин – 1977 г.[1, 2].

Таблица 1. «Индексцитирования»

Раздел	Количество ссылок	Ссылки на лауреатов	Индекс цитирования
<i>факультеты механизации и гидромелиорации</i>			
1	5	–	–
2	19	2	0,11
3	32	3	0,09
4	31	14	0,45
Всего	87	19	0,22
<i>агрономический факультет</i>			
1	10	1	0,10
2	17	1	0,06
3	18	2	0,11
4	14	7	0,50
Всего	59	11	0,19
<i>биотехнологический и ветеринарный факультеты</i>			
1	18	2	0,11
2	14	2	0,14
3	11	2	0,18
4	15	6	0,40
Всего	58	12	0,21

В «индексе цитирования» учитывались не только Нобелевские лауреаты в области физики. Так, Якоб Хенрик Вант-Гофф получил премию по химии «за открытие законов химической динамики и осмотического давления в растворах», Эрнст Резерфорд – премию по химии «за исследование по расщеплению элементов и химии радиоактивных веществ», Илья Пригожин – премию по химии «за вклад в термодинамику необратимых процессов, особенно теорию диссипативных систем».

Подведем итоги. «Индекс цитирования» индивидуален для каждого преподавателя, но в целом такой показатель коррелирует с данными из рабочих программ и методических указаний, использованных нами, т.к. эти источники являются плановой основой для лекций, семинаров и лабораторных занятий [3–6].

Ориентирование на открытия лауреатов Нобелевских премий не было самоцелью и не уменьшает заслуг ученых, которые в силу разных обстоятельств не смогли получить эту премию (например, Д.И. Менделеев, Дж.Гиббс).

Дисциплина «Физика с основами биофизики» использует достижения

смежных наук, в частности химии, физиологии. За счет этого краткий (по времени) курс не уступает по «индексу цитирования» более продолжительному курсу «Физика». Однако, полное раскрытие темы фотосинтеза (специальность «Агрономия») позволит добавить имена Р. Вильштеттера – 1915 г., М. Кальвина – 1961 г., Р. Вудварта – 1965 г. Для ветеринаров – это работы по механизму обоняния (Нобелевская премия 2004 г.), зрительного процесса (1967 г.), возбуждения в улитке внутреннего уха (1961 г.), открытия других лауреатов Нобелевских премий в области физиологии и нейрофизиологии.

В дисциплине «Физика» незначителен «индекс цитирования» в разделах основы механики, молекулярная физика и термодинамика. Опыт преподавания дисциплины «Физика с основами биофизики» позволяет устранить это отставание.

Ознакомление студентов с последними достижениями науки рекомендуется проводить не на вступительных занятиях, а в конце года, когда становятся известны имена лауреатов Нобелевской премии.

Литература:

1. Чолоков В. Нобелевские премии. Ученые и открытия. – М.: Мир, 1987. – 368с.
2. Храмов Ю.А. Физики. – К.: Наукова думка, 1977. – 507с.
3. Куценко С.Х., Грибан В.Г., Попов С.Г. Біофізика: лабораторний практикум і збірник задач. Навчальний посібник. – Дніпропетровськ, 2001. – 107с.
4. Збірник задач з фізики. Методичні рекомендації і контрольні завдання / О.І. Денисенко, О.Й. Дідоборец, Я.О. Кумченко, С.Г. Попов, В.І. Цоцко. – Дніпропетровськ: ДДАУ, 2003. – 94с.
5. Лабораторний практикум з фізики. В 2-х розділах / М.І. Гулівець, О.Й. Дідоборец, Я.О. Кумченко, С.Х. Куценко, Т.М. Трофимова, В.І.Цоцко. – Дніпропетровськ: ДДАУ, 1995.
6. Учебно-методические указания к лабораторному практикуму по физике / под редакцией Ю.А.Копылова. – Днепропетровск, 1979. – 223с.

ПРИНЦИПИ ПЛАНУВАННЯ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ З ФІЗИКИ У ВИЩІЙ ТЕХНІЧНІЙ ШКОЛІ

Т.М. Точиліна

м. Запоріжжя, Запорізька державна інженерна академія
toch2002@mail.ru

“Національна доктрина розвитку освіти України у ХХІ столітті” та бажання приєднатися до Болонської угоди потребує внесення якісних змін в структурну організацію і планування процесу навчання, його зміст, систему контролю й оцінки одержаних результатів.

Планування навчального процесу повинне здійснюватися на змістовній базі навчальної дисципліни, оскільки зміст виступає в ролі домінанти в загальній структурі навчально-пізнавальної діяльності. Один з головних принципів, реалізованих у процесі цієї діяльності, складається в генералізації знань на основі ведучих фізичних теорій. Подібна роль теорії обумовлена її систематизуючою функцією і могутнім світоглядним потенціалом, оскільки тільки в рамках загальної фізичної теорії можна показати студентам діалектику процесу пізнання, яка загалом збігається зі структурою самої теорії. Цей висновок всебічно обґрунтований у дослідженнях, присвячених методологічним питанням фізики і природознавства у цілому [1, 4].

Структурі закінченої фізичної теорії властива циклічність, тому дану властивість ми використовуємо як головний орієнтир при розробці процедури планування навчального процесу. Крім того, циклічність у розвитку і структурі фізичної теорії природно екстраполюється на процес їх вивчення у ВТНЗ, тому ця властивість теорії в ряді методичних робіт вважається одним з основних методичних принципів. Відповідно до цього принципу в динаміці навчального пізнання й у послідовності розгортання теоретичних узагальнень виділяються наступні етапи.

Перший етап складається з вивчення й аналізу вихідних фактів, зіставлення їх з раніше вивченими, спостереження й експериментів, які приводять студентів до нових понять і законів.

На другому етапі шляхом абстрагування у студентів формується уявлення про ідеальні моделі, поняття про фізичні величини, закони, фундаментальні постулати і рівняння.

Третій етап складається з конкретних висновків і наслідків з головної закономірності – основного рівняння, закону, принципу. При цьому використовується як математичний, так і експериментальний шлях одержання відповідних знань.

На четвертому етапі студенти застосовують знання до конкретних фізичних об'єктів і явищ, на їх основі пояснюють природні і технологічні процеси.

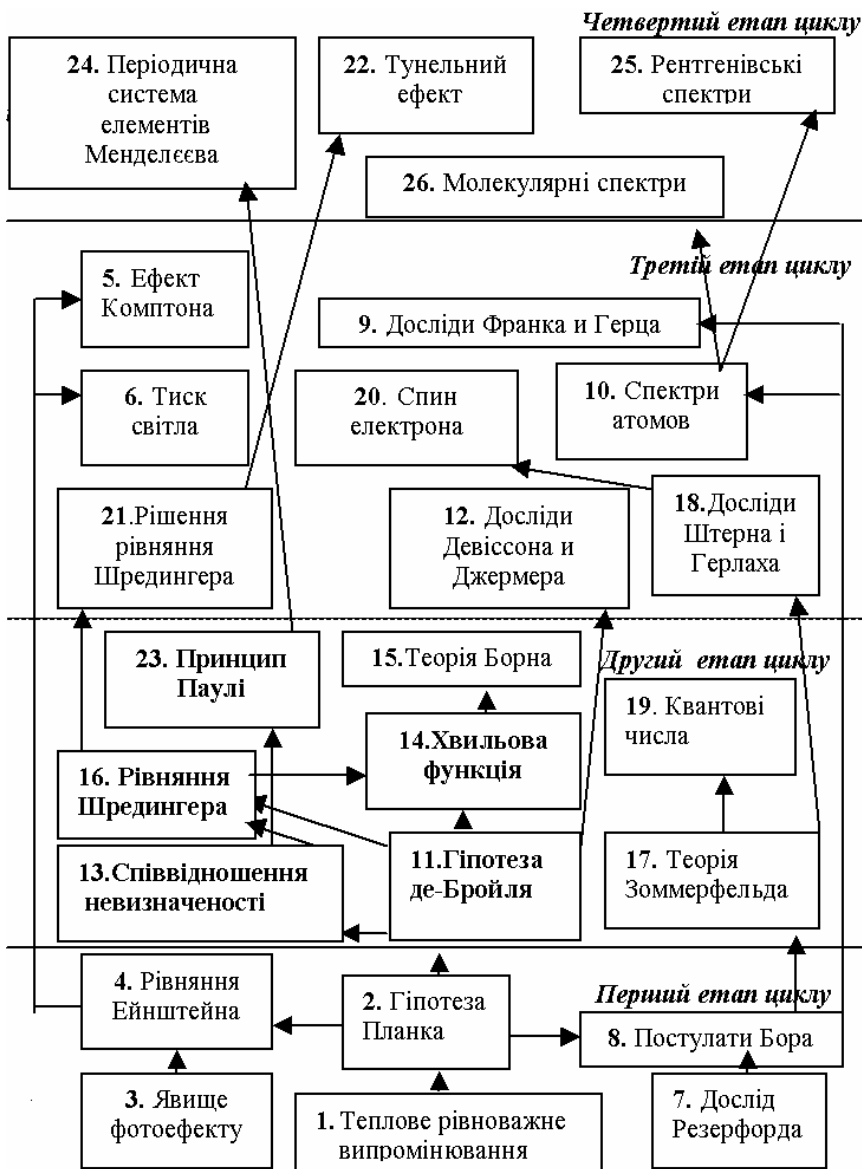


Рис. 1. Структурна схема змістового модуля «Елементи квантової механіки»

Зіставлення загальної структури закінченої фізичної теорії – підстава, ядро і висновки – з циклом пізнання в навчальному процесі дає наступна відповідність: підстава відповідає першому етапу циклу, ядро – другому,

висновки – третьому і четвертому етапам. Цикл завершується поверненням до аналізу предметно-матеріальних об'єктів з експериментальними ілюстраціями чи практичними застосуваннями теоретичних висновків.

Тому **заключним етапом** гносеологічного циклу у фізичному пізнанні є експеримент, практична діяльність, у ході якої підтверджується істинність теоретичних наслідків, і в результаті чого студенти переконуються в правоті абстрактних моделей.

Отже, у розвитку навчального фізичного знання досить чітко прослідковуються визначені етапи, послідовність яких відображається схемою:

Вихідні факти → моделі, поняття, закони → наслідки → експеримент.

Ця ж послідовність реалізується при вивченні цілісних фізичних теорій чи її окремих змістових модулів. Ми вибрали для дослідження змістовий модуль “Елементи квантової механіки”. Основні величини, поняття, закони зазначеного модуля представлені у формі структурної схеми рис. 1. У структурній побудові теорії прослідковуються усі етапи циклу навчального пізнання.

На підставі аналізу структури змістового модуля «Елементи квантової фізики» є можливість виявити загальні принципи тематичного планування і побудови змісту лекцій і практичних занять з вивчення даного модуля.

При побудові структури змістового модуля і процедурі планування навчального процесу з його вивчення, повинний враховуватися статус елементів знань. Така можливість дається при використанні в процедурі моделювання циклічної схеми, яка відбиває як статус окремих елементів, так і динаміку навчальних знань у цілому. Наприклад, другий етап схеми поєднує елементи модуля, які складають частину ядра наукової теорії, отже, у процесі моделювання нормативних матеріалів з вивчення модуля, роль цих елементів повинна підсилюватися.

На першому етапі планування навчального процесу необхідно сформулювати набір таких показників, завдяки яким можна кількісно оцінити статус як окремих структурних елементів теорії, так і її компонентів, інтегрованих відповідно до циклу навчального пізнання. Оскільки обґрунтування цих параметрів і їх кількісне визначення виходять з загальної структури змісту навчального матеріалу, тому цей етап планування ми визначаємо як онтологічний.

Перший крок у розробці такого планування складається в структуруванні великого компонента навчального матеріалу (змістового модуля); потім проводиться зіставлення цієї структури з ядром базової наукової теорії з метою виявлення статусу структурних елементів.

Наступний крок – накладення уніфікованої схеми навчального пізнання на структуру досліджуваної теорії й інтегрування її елементів в етапи циклу. Значимість елементів навчального матеріалу модуля пов'язана з числом зв'язків цього елемента в структурі модуля. Наприклад, такий елемент як рівняння Шредингера (рис. 1, елемент 16) має чотири зв'язки. Відомо, що це

поняття відноситься до основного. У той же час інші елементи теорії, такі як досліди Франка і Герца (рис. 1, елемент 9) мають усього по одному зв'язку в структурній схемі відповідної теорії. Тому доцільно введення показника, який характеризує значимість елемента в загальному масиві питань теорії – коефіцієнт теоретичної значимості (K_m), та коефіцієнт, який показує в середньому число зв'язків, які приходяться на один елемент структури в рамках одного етапу циклу. Цей показник ми визначили як коефіцієнт циклу (K_u). Для кожного етапу він має визначене значення і знаходиться як відношення числа зв'язків до числа елементів даного етапу циклу. Наприклад, якщо позначити n_1 – число елементів у рамках першого етапу циклу, N_1 – загальне число зв'язків всіх елементів цього етапу, то в даному випадку коефіцієнт циклу буде:

$$K_u = \frac{N_1}{n_1}$$

Виділяючи структурні одиниці, ми тим самим програмуємо систему практичних завдань, яка повинна будуватися адекватно структурі досліджуваної теорії і її основних елементів.

Різний інформаційний обсяг і внутрішня підструктура охарактеризована нами коефіцієнтом структури. Зазначені властивості елементів навчальної інформації і їх кількісних характеристик ми виділяємо з метою наступного рівня планування, реалізуючи який відбувається формування системи практичних завдань, адекватних системам теорій як по змісту, так і по кількісних параметрах.

Слід зазначити, що недоліком обґрунтованих вище кількісних показників є їх суцільно теоретичне походження. Однак практика навчання повинна вносити корективи в планування навчального процесу. На даному рівні планування цю корекцію ми реалізуємо введенням для елемента теорії коефіцієнта складності (K_{cl}). Для аналізованої системи значення було отримано шляхом педагогічного експерименту. Студентам пропонувалася сукупність практичних завдань, кожне з яких спиралося на знання лише одного структурного елемента. Зазначений показник залежить від успішності виконання конкретного завдання і виражається формулою:

$$K_{cl} = 100\% - K_{usp}$$

(власне кажучи, K_{cl} показує відсоток помилок при виконанні практичних завдань, які спіраються на даний елемент знань).

Актуальна задача розробки принципів такого планування, які забезпечили б оптимальне співвідношення між елементами лекційного матеріалу і системою практичних завдань. Це виражається в тому, що деякі зв'язки між елементами цієї системи забезпечені значною кількістю завдань, у той же час інші з не меншою, а часом з більшою теоретичною значимістю відбиті незначним числом завдань.

Введені нами правила планування передбачають підбір практичних завдань для елементів системи навчальних знань з урахуванням відповідних

елементів кількісних показників – K_m, K_{cl}, K_u . Остаточне число завдань для структурних елементів теорії знаходяться за формулами, у яких відношення округляються до цілих чисел:

$$\langle N \rangle = \frac{1}{2} \frac{K}{K + C}; N = K_u \langle N \rangle$$

$$\frac{1}{2} K_{TM} K_{CJM}$$

Отже, процедура планування навчального процесу полягає у виборі для кожного елемента модуля коефіцієнта циклу і відповідного числа практичних завдань.

Наступним критерієм при розрахунку дозування часу для вивчення елемента теорії з'явилось число основних логічних порцій у відповідному навчальному тексті. Вони були виділені шляхом логіко-значенневого аналізу параграфу підручника, де викладається зміст даного елемента. Розрахунок навчального часу будувється на допущенні, що витрата навчального часу на виконання одного практичного завдання приблизно така, як і на розгляд однієї основної логічної порції навчального матеріалу (це допущення було перевірено шляхом педагогічного експерименту).

Загальний нормувальний коефіцієнт визначався підсумовування зазначених параметрів $N_{об} = A_o + N_m$. Крім того, нами вважався необхідний додатковий час на вивчення основних положень теорії, які включені у другий і третій етапи циклічної схеми. У результаті описаних дій були отримані кількісні показники, які характеризують в умовних одиницях значимість елементів теорії. Підсумовуючи ці показники, ми одержали загальне число

умовних одиниць з усього модуля: $\sum_{i=1}^z K_{ui} N_{оби}$, де z – число елементів у

структурі модуля.

Знаючи час (у хвилинах), відведений програмою на вивчення усього модуля, розраховуємо умовну тимчасову одиницю (α) для даного модуля:

$$\alpha = \frac{80q}{\sum_{i=1}^z K_{ui} N_{оби}}$$

де q – число лекцій і практичних занять по даному змістовому модулю

Орієнтоване дозування навчального часу (у хвилинах) для вивчення кожного з елементів модуля визначається за формулою: $\alpha K_{ui} N_{оби}$ (округляється до цілих). На підставі отриманого нормування навчального часу виконується планування навчального матеріалу модуля.

Розроблений нами варіант планування змістового модуля, заснований на кількісних критеріях і розрахунках, передбачає зовсім відмінний від традиційного розподіл навчального часу, при якому значно збільшується час на вивчення питань, які розкривають основні принципи змісту. При цьому розгляд теоретичних питань супроводжується виконанням завдань як під кері-

вництвом викладача, так ісамостійно.

Табл. 1. Планування навчального матеріалу
змістового модуля «Елементи квантової механіки»

Зміст (перелік елементів з структури модуля)	Номер елемента	Номер лекції	Орієнтовний час	Практичні заняття			Самостійна робота		Дозування навчального часу
				Номер заняття	Кількість завдань	Орієнтовний час	Кількість завдань	Орієнтовний час	
Теплово рівноважне випромінювання	1	1	25	1	2	18	1	10	53
Гіпотеза Планка	2	1	25	1	2	23	4	–	48
Явище фотоелектричного ефекту	3	1	10	1	–	13	2	20	43
Рівняння Ейнштейна	4	1	10	1	1	10	4	18	38
Ефект Комптона	5	1	5	1	1	5	–	–	10
Тиск світла	6	1	5	1	1	5	–	–	10
Модель Резерфорда	7	2	10	2	1	12	1	–	22
Постулати Бора	8	2	40	2	3	19	2	–	59
Досліди Франка і Герца	9	2	10	2	–	–	1	–	10
Спектри атомів	10	2	20	2	2	10	2	–	30
Гіпотеза де Бройля	11	3	47	2	3	30	5	6	83
Досліди Девісона і Джермера	12	3	13	2	–	–	–	–	13
Співвідношення невизначеностей	13	3	20	2	3	50	5	1	71
Хвильова функція	14	4	20	4	2	33	3	5	58
Теорія Борна	15	4	20	4	2	18	2	–	38
Теорія Зоммерфельда	16	4	30	4	2	29	3	5	64
Досліди Штерна і Герлаха	17	4	10	4	–	–	1	–	10

Розроблена нами процедура планування базується на наступних основних принципах.

1. Розподіл навчального часу по даному змістовому модулю виконується у відповідності зі структурою теорії, статусом її елементів. Модифікація структури модуля породжує зміну тематичного планування.

2. Планування базується на основі педагогічної інтуїції, яку тради-

ційному варіанті, а на основі комплексу кількісних характеристик, обґрунтованих структурою теорії.

3. У процедурі планування реалізується прив'язка системи практичних завдань до системи теорії, яка на даному етапі моделювання виражається кількісно.

Відзначимо, що розроблена методика планування навчального матеріалу з фізики диктує необхідність перегляду підходів до організації навчального процесу, розробки нових технологій і нового методичного забезпечення поряд з діючим. Зміна процесуального компонента навчального процесу супроводжується зміною функцій і ролі практичних завдань у навчанні, що включаються в навчальний процес не тільки на етапі повторення і закріплення знань, але й активно використовуються при самостійному вивченні навчальної інформації. У зв'язку з цим актуальна розробка систем практичних завдань із зазначеними функціями.

Література:

1. Архангельський С.И. Учебный процесс в высшей школе, его закономерные основы и методы. – М.: Высш.шк., 1980. – 368с.
2. Болюбаш Я.Я. Організація навчального процесу у вищих закладах освіти: Навч. посібник для слухачів закладів підвищення кваліфікації системи вищої освіти. – К.: ВВП “КОМПАС”, 1997. – 64с.
3. Лучик Э.В. Теория и методика общенаучной подготовки в инженерной высшей школе: Дисс. ...д-ра пед. наук. – К., 1996. – 240с.
4. Селевко Г.К. Современные образовательные технологии. – М.: Народное образование, 1998. – 256с.

МОДЕЛЮВАННЯ РОСТУ ТОНКИХ ПЛІВОК МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

В.С. Тижневий, Р.М. Балабай

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет

Вступ. Комп'ютерне моделювання стало сьогодні невід'ємною частиною фізичних досліджень. У комп'ютерному експерименті поведінка фізичної системи моделюється розрахунками, які походять із реальної сукупності елементарних фізичних законів і механізмів. Подібний підхід використовується технологіями при цілеспрямованому формуванні матеріалів з наперед заданими властивостями, де суттєвими стають фактори, що керують фізичною системою, і пов'язані з комбінаціями різних механізмів або подій, або тим і другим. Конкретний приклад такої проблеми – формування тонкої плівки з передбаченими властивостями. Комп'ютерний експеримент є унікальним засобом для вивчення індивідуальних станів атомних конфігурацій при формуванні плівки та їх перетворень на атомному рівні, де масштаби настільки малі, що конфігурації, що уявлять інтерес, “вислизують” від спостереження в реальній лабораторії. Але ці не спостережувані події дуже важливі, бо в решті решт саме ними визначаються спостережувані вища.

Видно, що методи комп'ютерного моделювання стають незамінними, наприклад, при дослідженні на атомному рівні мікроскопічних характеристик тонких плівок, їх поверхонь, меж розподілу двох середовищ.

Отже, зараз активно розвивається така область фізики, як комп'ютерна фізика із своїм методологічним апаратом та набором методів. Уже сформувався значний контингент дослідників і спеціалістів у цій області, які вже четвертий десяток років збираються на конференціях, публікуються у спеціалізованих періодичних виданнях, видають навчальні й практичні посібники. Відбиває такий стан у методах фізичних досліджень і вища школа, яка готує відповідних фахівців включенням у навчальні плани курсів фізичного комп'ютерного моделювання.

Студенти фізико-математичних або інженерних спеціальностей ВНЗ вивчають програмування. Але що їм програмувати на комп'ютері? Виконувати нудні, схожі одна на одну задачі для засвоювання синтаксичних конструкцій мови програмування і стандартних алгоритмів, або експлуатувати чуже програмне забезпечення? Дуже привабливим для молоді і корисним для формування її наукового світогляду є використання комп'ютера як компонента нових технологій наукових досліджень. Сьогодні персональний комп'ютер дає можливість вести змістовні дослідження, використовуючи широке коло математичних моделей фізики, хімії, біології, екології, економіки, психології тощо. Студенти на заняттях можуть знайомитися із задачами, над якими вчені та технологи працювали не багато років тому назад, а сьогочасними, актуальними саме зараз. Це має зацікавити молодь нау-

кою, показати можливості комп'ютера, по-новому подивитись на фізичні і математичні теорії, на міждисциплінарні зв'язки, сформувати образ сучасного природодослідника.

Коло фізичних задач, що їх можна розв'язати методами комп'ютерного моделювання, дуже широке. Так, своє місце ця методологія дослідження знайшла у новій галузі фізики – фізиці тонких плівок. Актуальність її зумовлена, насамперед, мініатюризацією та зниженням енергоспоживання електронних приладів, широким застосуванням тонкоплівкової мікро- і нанотехнології.

Динамічна інтерпретація методу МК

Для отримання високоякісних плівок використовують найчастіше механізми епітаксialного росту матеріалу плівки на відповідній підкладці. Найбільшого розповсюдження отримав метод молекулярно-променевої епітаксії, який дозволяє формувати досконалі монокристалічні шари різних матеріалів в умовах надвисокого вакууму. Сьогодні вже накопичений достатній обсяг практичних робіт у цій області [4]. У методі молекулярно-променевої епітаксії тонкі шари формуються на нагрітій монокристалічній підкладці за рахунок взаємодії між молекулярними чи атомними пучками та поверхнею підкладки. Висока температура підкладки спричиняє міграцію атомів на поверхні, в результаті якої атоми займають строго визначені положення.

Методом комп'ютерного моделювання атомної будови матеріалів. придатний для перевірки теорій, а також для попереднього модельного дослідження відповідних технологічних параметрів є Метод Монте-Карло (МК). Його доцільно використовувати для заповнення прогалін між теорією та практикою. Так, наприклад, на швидкість випаровування атомів з підкладки впливають: тиск пари, температура підкладки, властивості речовини. Тобто, задаючи визначені параметри, можна змінювати швидкість випаровування атомів. З іншого боку, якщо при моделюванні встановлено, що є найоптимальніша швидкість випаровування для росту плівки, то можна визначити співвідношення для параметрів росту реального кристалу. Таким чином, моделювання росту тонких плівок методом МК дозволяє встановити співвідношення між теорією та практикою. Це дає змогу за допомогою комп'ютерного експерименту розробити (удосконалити) реальні методики вирощування кристалів.

Моделювання росту кристалів є широкою областю застосування МК-методу з декількох причин. Атомна будова кристалу, що росте, контролюється решітчною системою підкладки, на яку конденсуються атоми. З достатнім рівнем загальності можна припустити, що ростові одиниці зіштовхуються з поверхнею у випадковий спосіб з деякою середньою частотою. Тому природним є розгляд механізму адсорбції-десорбції як випадковий процес, для якого можна записати відповідні рівняння.

Еволюція ймовірності стану системи $P(x,t)$ описується основним рів-

нянням [1], [5], чисельне розв'язання якого забезпечує метод МК

$$\frac{\partial P}{\partial t} = - \sum_x W(x \rightarrow x') P(x, t) + \sum_x W(x' \rightarrow x) P(x', t), \quad (1)$$

де x та x' – чергові стани системи; $P(x, t)$ – ймовірність того, що система знаходиться в стані x у момент часу t ; $W(x' \rightarrow x)$ – має зміст ймовірності переходу системи зі стану x' в x за одиницю часу. Перша сума описує внесок всіх процесів, у яких здійснюється вихід з даного стану (і, отже, зменшується його ймовірність), у той час як друга сума описує внесок процесів, у яких здійснюється перехід до даного стану (що збільшує його ймовірність).

У стійкому стані похідна за часом від $P(x, t)$ дорівнює нулю, тому сума всіх переходів до стану x дорівнює сумі всіх переходів зі стану x . Отримуємо критерій балансу:

$$W(x' \rightarrow x) P(x', t) = W(x \rightarrow x') P(x, t), \quad (2)$$

$$\text{де } P(x, t) = Z^{-1} e^{-H(x)}; \quad (3)$$

У (3) Z – статистичний інтеграл; H – гамільтоніан системи.

Рівняння (2), (3) є стандартними критеріями. Динамічні властивості вимагають встановлення більш визначеного співвідношення між МК часовими кроками та ймовірностями переходів. Ймовірності переходів формуються як швидкості з фізичним змістом, через теорію Пуассонівських процесів.

МК алгоритм повинен встановлювати послідовність різних подій, які розділяються різними проміжками часу. Події на проміжку часу мають бути сконструйованими з потрібним розподілом ймовірності всіх можливих наслідків [1], [2]. Припустимо, що кожна подія i може характеризуватися середньою швидкістю переходу r_i . Також вважається, що коли деякий перехід можливий у момент t , то він можливий і у більш пізній момент $t + \Delta t$ зі стандартною ймовірністю, що залежить від швидкості і не залежить від попередніх подій. Цей процес називається Пуассонівським і задається таким розподілом:

$$P(n) = \frac{(rt)^n}{n!} e^{-rt}, \quad (4)$$

де n – число подій i , які виникають за час t . Можна відмітити, що $\langle n \rangle = rt$, та зберігає середню швидкість виникнення процесу.

Статистичні властивості ансамблю подій можна сформулювати у термінах динаміки індивідуальних процесів. Для N типів подій маємо:

$$(Rt)^n$$

$$P(n) = \frac{e^{-Rt}}{n!}, \quad (5)$$

де $R = \sum_{i=1}^N r_i$ – загальна швидкість; $n = \sum_{i=1}^N n_i$ – загальне число подій, що ви-

никає за час t .

Важливою особливістю Пуассонівського процесу є те, що густина ймовірності t між черговими подіями є:

$$P(t) = Re^{-Rt}. \quad (6)$$

Із цієї густини ймовірності середній час між двома подіями $\langle t \rangle = 1/R$.

Якщо система може бути представлена як ряд незалежних подій з відомими швидкостями, то час між подіями має експоненціальний розподіл (6), який можна обрати для визначення часу. Розглядаючи (6), бачимо, що час для події

$$P(\tau) = \int_0^{\tau} dt' Re^{-Rt'} = 1 - e^{-R\tau} \quad (7)$$

що лежить в інтервалі $[0, 1]$. Якщо випадкова величина $U = e^{-R\tau}$ є рівномірно розподіленою в інтервалі $[0, 1]$, то цей вираз дає змогу отримати реальний час τ між послідовними подіями:

$$\tau = \frac{-\ln U}{R} \quad (8)$$

Вираз (8) забезпечує пряме співвідношення між МК-моделюванням та реальним часом.

Приєднання ростових одиниць, що виникають у випадковий, некорельований час можуть характеризуватися середньою швидкістю r_A , а десорбція характеризується параметром r_D . Кінетичний вираз для цього балансу:

$$\frac{d\theta}{dt} = r_A(1-\theta) - r_D\theta, \quad (9)$$

де θ є дольовим покриттям поверхні. Розв'язок рівняння (9) отримусмо при врахуванні початкової умови $\theta(t=0) = 0$:

$$\theta(t) = \frac{r_A}{r_A + r_D} (1 - e^{-(r_A + r_D)t}). \quad (10)$$

При наближенні $t \rightarrow \infty$ маємо:

$$\theta_e = \frac{r_A}{r_A + r_D}. \quad (11)$$

Рівняння (11) відображає детальний баланс простої адсорбційно-десорбційної моделі.

Модель росту плівки та результати комп'ютерного моделювання

Моделювання росту проводиться динамічним методом МК згідно алгоритму наведеному в [5]. У нашій моделі ми маємо на увазі наявність L класів станів, кожен клас має свою межу r_i' і складається з N_i елементів. При моделюванні росту ми виділили 4 класи подій:

- 1) адсорбція напідкладки;
- 2) адсорбція на рівень вищепідкладки;
- 3) десорбція зпідкладки;
- 4) десорбція з рівня вищепідкладки.

Тоді алгоритм складається з наступних кроків:

1. Покласти $t = 0$.

2. Покласти $R' = \sum_i r_i' N_i$, вибрати t' згідно (8) та замінити t на $t + t'$.

3. Вибрати клас l з ймовірністю $\frac{r_l' N_l}{R'}$.

4. Вибрати випадковим чином представника класу l .

5. Обчислити швидкість r відповідно до того з якою кількістю сусідів взаємодіє частинка та з ймовірністю r/r_i' прийняти подію в момент часу t .

6. Повторювати кроки 2–5.

Основною рисою проведеного нами моделювання є те, що моделлю росту кристалу є модель Косселя або модель Solid-on-Solid (SOS). Вона представляє собою просту кубічну решітку, яка може мати частково заповнені поверхневі шари, і тільки повністю заповнені більш заглиблені шари, тобто виключає формування пор. Іншими словами, обмеження Косселя виключає нависаючі структури.

На базі вищевказаного теоретичного матеріалу та алгоритму моделювання нами було проведено комп'ютерний експеримент. Результати експерименту подано на рис. 1 та рис. 2.

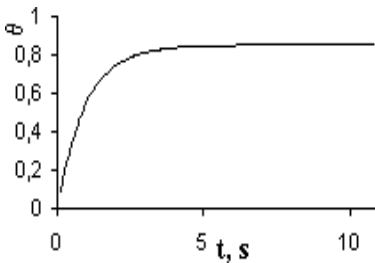


Рис. 1. Розв'язок рівняння (9) з початковою умовою $\theta(t = 0) = 0$

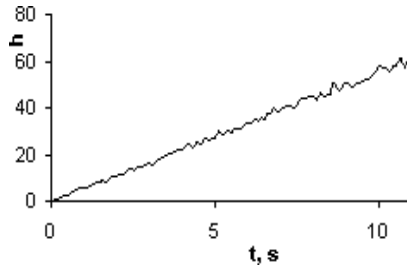


Рис. 2. Зміна середньої висоти h плівки з часом.

Час у моделюванні вимірюється у секундах, а h – у атомних шарах.

ВИСНОВКИ

1. Наведено обґрунтовану і задовільну модель росту плівки за методом Монте-Карло.

2. Нами було враховано співвідношення МК-моделювання часу та реального часу, що дає можливість визначити за який час t виросте плівка товщини h і значно підвищує цінність експерименту.

3. В обчислювальному експерименті отримана величина $\theta(t)$ – дольове покриття поверхні, яка гарно узгоджується з іншими розрахунками [1].

4. Розроблену комп'ютерну програму можна застосовувати для розрахунку росту плівок реальних речовин, якщо за умов беруться реальні швидкості адсорбції, десорбції і враховується міграція атомів напідкладці.

5. Комп'ютерне моделювання – гарний засіб для генерації нових знань. І ці знання породжуються і під час розробки математичної моделі процесу, і під час розробки комп'ютерної програми, і під час проведення комп'ютерного експерименту.

Література:

1. K.A. Fichthorn, W.H. Weinberg. Theoretical foundations of dynamical Monte Carlo simulations // J. Chem. Phys. 95, 1090(1991).
2. Duane Johnson. Kinetic Monte Carlo Bare Bones and a Little Flesh // Computational Materials Science Summer School, 2001.
3. F.F. Abraham, G.M. White. Computer Simulation of Vapor Deposition on Two-Dimensional Lattices // J. Appl. Phys. 41, 4, 1970.
4. Jacques G.A, Fereydon. Effects of crystalline microstructure on epitaxial growth // Physical Review B 54, 15, 1996.
5. Методы Монте-Карло в статистической физике / пер. с англ. – М.: Мир, 1982.

ЗАСОБИ КОРЕКЦІЇ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ З ФІЗИКИ

І.І. Філіпенко

м. Запоріжжя, Запорізька державна інженерна академія

У зв'язку із широким використанням комп'ютерної техніки виникає необхідність впровадження в навчальний процес нових інформаційних технологій. Для організації ефективного навчального процесу необхідна оперативна інформація про хід навчання і якість засвоєння знань. Тому можна припустити, що активне використання комп'ютера дозволить істотно підвищити ефективність навчання.

Метою даної роботи є спроба розробки комп'ютерної технології рейтинг-контролю, який забезпечує мотивацію і *корекцію* рівня засвоєння знань студентів, що являється однією з основних складових одиниць нової системи освіти.

Значна кількість учених-методистів виділяє різні види контролю, пов'язані із контролем як готовності до засвоєння знань, так і для контролю результатів навчально-пізнавальної діяльності. Однак їх дослідження в основному стосувалися змісту поняття “контроль” та його співвідношення з поняттям “перевірка знань”, дослідженню форм, методів і засобів контролю, реалізації його функцій, в основному, в умовах середньої загальноосвітньої школи, тоді як стосовно ВНЗ проблема контролю і корекції розглядалася побіжно.

Корекція знань – уміння виявляти помилки, працювати над ними, прогнозувати і планувати роботу з їх ліквідації.

Нами розроблено комп'ютерну технологію корекції знань студентів з фізики, яка дозволяє виявити рівень засвоєння студентом того або іншого матеріалу і пропонує конкретний матеріал для рішення саме тих завдань, з якими виникли труднощі.

Коригувальний етап включає: аналіз результатів перевірки завдань вхідного контролю, оцінку і корекцію знань.

Ціль коригувального етапу – забезпечити повне керування процесом навчання.

Дидактичне завдання – виявлення і ліквідація пробілів у знаннях в умовах максимальної реалізації навчальної і виховної функцій контролю. Для виявлення пробілів у знаннях, необхідне використання різних форм і методів контролю.

Технологія складається з двох незалежних етапів: загальної діагностики рівня знань, що вимагає присутності викладача, і корекції, індивідуальна траєкторія якої побудована для кожного студента на основі експертних оцінок результатів діагностики його знань. Діагностика повинна бути забезпечена відповідним рівнем адміністративного контролю. Ми її проводимо двома методами:

1) у мережному варіанті в комп'ютерному класі кафедри використовуючи індивідуальне комплексне тестове завдання. Результатом звичайного комп'ютерного тесту є оцінка, іноді – відсоток засвоєння знань, і нічого, на жаль, не говориться про те, які допущені помилки, у яких саме діях утрудняється студент, що потрібно зробити, щоб перебороти ці утруднення.

Нами розроблені діагностичні тести по фізиці для систематичного моніторингу якості засвоєння знань. Такі тести складаються з теоретичних питань і невеликих якісних задач, адаптованих до розробленого нами підручника, який є як у твердій копії, так і в електронному варіанті [1]. Якщо в перевірконому тесті не виконані завдання з теоретичного блоку, то корекція знань буде спрямована насамперед на засвоєння саме цих теоретичних знань. Якщо студент не справляється з завданнями на перевірку практичних умінь (перевіряються і знання, і уміння), то коригувальні завдання будуть сформульовані на застосування цих знань саме того рівня діяльності, що і невиконане тестовезавдання.

2) на підставі розробленої методики модульного навчання, за результатами вхідного поточного та індивідуального рейтингового контролю.

Для корекції знань нами розроблений посібник, який містить у собі: довідково-інформаційну частину, в якій викладені теоретичні основи курсу фізики; тренажер для розв'язування задач та рекомендації щодо практичного їх виконання; контролюючу систему. Для розробки посібника, ми користувалися наступними правилами:

- розподілили матеріал на змістові модулі;
- сформулювали кожний модуль у вигляді окремого логічно завершеного блоку;
- у 9-ти змістових модулях виклали основні положення та закони загальної фізики за програмою вищих інженерних технічних закладів;
- розподілили практичні завдання у кожному модулі, відповідно до їх логічної послідовності за наростаючою ступеню складності, та привели приклади розв'язування кожного їх рівня.

Для написання посібника, за допомогою якого здійснювався б зворотній зв'язок у навчанні зі студентами і метою якого, як було повідомлено вище, є корекція знань, нами використовувалися наступні принципи:

1. Ніяке керування неможливе без контролю, аналізу і корекції, причому в сполученні із самоврядуванням, навчанням з боку самих студентів.

2. Перед кожним модулем проводити вхідний контроль знань і умінь студентів, щоб мати інформацію про рівень готовності до роботи з нового модуля. При необхідності, за допомогою електронного посібника здійснювати відповідну корекцію знань.

3. Обов'язково здійснювати поточний і проміжний контроль наприкінці кожного навчального елемента з метою виявлення пробілів у засвоєних знаннях, і їхнє усунення відразу.

4. Після завершення роботи з модулем проводиться вихідний контроль.

Він повинний показати рівень засвоєння всього модуля.

5. Важливою вимогою є представлення навчальної інформації і її диференціації таким чином, щоб студенти її могли ефективно засвоювати. Нижня межа – обов'язковий рівень підготовки. Інший рівень – вище обов'язкового.

Схема розподілу навчального процесу, який передбачає корекцію має бути така:

– у комп'ютерному класі або на заняттях проводиться систематичний навчальний моніторинг, що виявляє пробіли в знаннях студентів (рекомендується один раз у модулі);

– для всіх студентів групи за результатами діагностики готуються друковані рекомендації для роботи з електронним підручником, або з твердою його копією (які пункти проробити, щоб ліквідувати виявлені пробіли);

– у комп'ютерному класі організується робота груп корекції для студентів, які не мають домашнього комп'ютера;

– студенти, які мають комп'ютери, одержують діагностичні матеріали і самостійно працюють вдома у режимі корекції.

За результатами перевірки на коригуючому етапі, наші дослідження доводять, що для складання завдань з фізики, ефективною є наступна послідовність операцій:

- 1) вивчення формул та основних законів з даної теми;
- 2) виявлення й аналіз елементів фізичної ситуації;
- 3) короткий запис умови задачі з виконанням малюнків, графіків, схем;
- 4) фізичний аналіз умови задачі з виділенням теорій і законів, що описують проблему задачі;
- 5) вибір методів, прийомів, способів розв'язування задачі;
- 6) аналіз моделі задачі, її точне формулювання і коригування;
- 7) обчислення раціональним методом;
- 8) перевірка й оцінка умови та відповіді задачі;
- 9) дослідження задачі, її заключне редагування, професійне застосування.

Спосіб самостійної навчальної роботи містить у собі мотиваційну й операційну сторони пізнавальної діяльності; характеризує індивідуальний підхід студента до обробки навчального матеріалу різного наукового змісту, виду і форми, продуктивність у використанні знань. Оцінка оволодіння способами навчальної роботи може бути одним з важливих критеріїв корекції знань. Формування мотивації визначається у зв'язку з метою навчання та характером потрібних для їх досягнення дій [2]. Вплив методу навчання на мотивацію ще досліджено недостатньо, тому, аналізуючи процес навчання треба порівнювати динаміку переходу від несамостійного розв'язання навчальних завдань до самостійного, враховувати труднощі цього переходу, а також міру допомоги, потрібну для подолання їх.

Результатом корекції стали показники змін у мотивації:

- результатнавання;
- самостійність студентів у розв'язанні задач;
- ставлення до оцінок результатів роботи;
- оцінки судження, що стосуються навчальної діяльності з предмета.

Використання електронного посібника у навчальному процесі активізує пізнавальну діяльність студентів, тому що для реалізації індивідуалізації навчання передбачено:

- самостійний вибір темпонавчання;
- самостійний вибір послідовності вивчення матеріалу;
- можливість повернення до повторного вивчення матеріалу;
- наявність вказівок для подальших дій студента;
- простий та зручний інтерфейс;
- наявність повідомлень про подальші дії студента.

В умовах використання електронного посібника, педагогічний ефект полягає в наступному: підвищенні міцності знань студентів; формуванні вмінь і навичок розв'язування задач з теми; у можливості націлювати на самостійну роботу кожного студента на занятті, у комп'ютерному класі, або вдома. Така система дозволяє максимально задіяти комп'ютерні ресурси навчального закладу, сполучити комп'ютерні технології і традиційні форми організації навчального процесу, а також включити в навчальний процес домашні комп'ютери студентів.

Перспективним вважаємо детальне дослідження взаємодії викладача і студента за умов інтенсивного впровадження новітніх навчальних технологій.

Література:

1. Швець Є.Я., Точиліна Т.М., Філіпенко І.І., Оселедчик Ю.С. Інтерактивний модульний курс загальної фізики / За ред. Ю.С. Оселедчика. – Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2002.
2. Фридман Л.М., Кулагина Ю.И. Психологический справочник учителя. – М.: Просвещение, 1991. – 228с.

ІМПЕРАТИВ І ПАРАДИГМА ПРИСКОРЕННЯ РОЗВИТКУ ТОЧНИХ НАУК В УКРАЇНІ

О.В. Ходаковський

м. Київ, Інститут вищої освіти АПН України
warlock@mail.nnov.ru

Серед тих об'єктів і засобів, які використовує кожна держава для свого життєзабезпечення і підтримки прогресу, є не лише матеріальні продукти і вироби, а й так званий “інтелект нації”, який найчастіше визначають як сукупні науково-технологічні знання.

Очевидно, це нематеріальний засіб, використання якого стає продуктивним і ефективним далеко не при будь-яких умовах. До того ж, для досягнення подібного ефекту інтелект нації повинен мати суто матеріальне забезпечення – від системи навчально-виховних закладів для постійного відтворення і підвищення можливостей носіїв цього інтелекту до різноманітних вимірювальних приладів, якими науковці здобувають нові знання і перетворюють їх пізніше в технології та інші практично застосовні результати.

У принципі, керівництво України з моменту відновлення її незалежності у своїх деклараціях і навіть урядових планах не забувало про те, що одним з атрибутів сучасної держави є науково-виробничий сектор, наявність університетів та інших ВНЗ, Національної академії наук та ін.

Та ці декларації не мали реального втілення у формі належного фінансування насамперед тих секторів і тем наукових досліджень та конструкторських розробок, які були спроможні збільшити валовий національний продукт і позитивно вплинути на якість життя всього населення. У працях експертів НАНУ з наукознавства вказано, що рівень фінансування нашого наукового комплексу виключав його використання як засобу суспільного прогресу всієї держави. Кошти йшли лише на заробітну плату, якої бракувало для фізіологічного виживання, тому науковці змушені були шукати сторонні заняття, що дали б змогу існувати. Фундаментальна наука України, яка за своїм кадровим та іншими потенціалами значно переважала відповідні аналоги Швеції чи Фінляндії, постійно отримувала не 3% валового національного продукту, як у цих країнах, а удесятеро менше.

В подібних важких умовах розвиток освіти і науки можна було б орієнтувати на якісні зміни – з мінімальною витратою коштів модернізувати зміст навчання, підвищити цікавість молоді до самостійної роботи з книгами, стимулювати бодай найздібніших до вибору кар'єри науковця. Якби це було зроблено, то під час анкетування учнів щодо можливого вибору профілю подальшого навчання у ВНЗ обов'язково фігурували б природничі – математичні, фізичні, хімічні, біологічні та інші факультети університетів та інших ВНЗ подібного рівня.

На практиці усього за перше декаду незалежності привабливість подібних факультетів для учнів України зменшилася у багато разів. Це засвідчили всі анкетування, які проводили у відомому Центрі ім. Разумкова (м. Київ) [1]. Виявилось, що майже 2/3 опитаних сподівалися стати менеджерами чи адвокатами, сім зі ста – інженерами чи технологами, а наукова кар'єра приваблювала менше 2% старшокласників.

На наш погляд, подібне ставлення молоді до вибору продовження навчання після школи гарантує нашій державі цілковитий науковий та економічний занепад, оскільки усім відомі приклади значних економічних успіхів розвинених держав чи країн третього світу ніколи не спиралися на масову підготовку правників, аудиторів і бухгалтерів. Подібні фахівці також потрібні – і навіть у значній кількості, – але не вони забезпечують прогрес виробництва і всього суспільства.

Можна заперечити – ми теж маємо “виробництво” і воно в останні три роки працює доволі успішно. Це відповідає дійсності, оскільки розвинені країни згортають “велику хімію” і важку промисловість, віддаючи перевагу розвитку нановиробництва і застосуванню високих технологій. Їм вигідно просто купити добрива чи сталь у тих, хто перебуває не у суспільстві знань, а в індустріальному періоді.

Тимчасом, наше сучасне виробництво практично вичерпало всі ресурси доцільного і ефективного використання накопичених класичними розділами точних наук технологічних досягнень, створивши серйозні екологічні загрози в кількох регіонах України. Чорнобильська катастрофа разом з кількома іншими факторами дуже зашкодила суспільному іміджу точних наук і створила передумови до їх поступового занепаду як основи системи радянської освіти, успадкованої Україною в 1991 році. Зауважимо – і в розвинених країнах становище точних наук в освіті і повага до них похитнулися.

В цих умовах керівники багатьох розвинених країн звернулися до новітніх розділів точних наук, які спроможні обдарувати людство так званими “високими технологіями”. На відміну від індустріальних технологій, які за свою природою є близькими до алхімічних методів перетворення тих чи інших природних речовин, високі технології не лише забезпечують вирішення виробничих проблем, але й не шкодять довкіллю, виключають порушення рівноваги біосфери і гоять ті рани, які вона отримала в XIX і XX століттях.

Головне і найбільш перспективне джерело “високих технологій” – нанонауки, які, на жаль, ще не стали об'єктом цікавості науковців-педагогів України, а тому навіть не згадуються в нових стандартах середньої освіти, у педагогічних часописах і методичних виданнях. Ще менше знають про нанонауки працівники ЗМІ, а тому формується розрив між науковими дослідженнями та уявленнями про роль і можливості природничонаукової сфери у переважній більшості населення, у молоді і педагогічних працівників.

Особливо страждає від цього Україна, керівництво якої надмірно ско-

ротило бюджетну підтримку розвитку точних наук й концентрувало свою увагу на політичній і культурно-релігійній діяльності. На наших очах світогляд молоді замість наукового стає якщо не “антинауковим”, то надмірно теологічним. В умовах неіформованості в науковій сфері людина швидко сприймає релігійні вчення і догми, перестає відрізняти закони природи від тверджень проповідників. Відбувається заміна наукової парадигми на ірраціонально-теологічну.

Радянська школа формувала у молоді науковий світогляд в рамках раціоналістичної парадигми. Досягнуті на цьому шляху успіхи виявилися нетривкими, прикладом чого є розпад наукового світогляду молоді в СНД. Наприклад, у Росії дві третини студентів молодших курсів ВНЗ “не довіряють наукам” [5]. Постійна участь Росії у міжнародних вимірювань знань учнів у сфері точних наук лише підтвердила вказаний факт – кожного разу росіяни показували все нижчі і нижчі результати [3, 6]. Зростає відсоток тих, хто вбачає в точних науках загрозу і небезпеку.

Як і в Росії, в Україні всі роки незалежності відбувалося скорочення навчального часу, який відведений на вивчення всієї групи точних наук у середній школі. Не був подоланий інший недолік радянської школи – надмірна “фундаменталізація” програм з математики, фізики та інших природничих предметів. Їх спрямування ніяк не узгоджується з законами природного розвитку людини.

Наш власний викладацький досвід свідчить про те, що вихід учня на узагальнення на рівні серйозних законів природи – збереження імпульсу (векторної характеристики поступального руху) і енергії, яка відзначається різноманітністю форм – неможливий на початковій стадії його зіткнення з фізикою. Тимчасом, і сучасна програма з фізики для основної школи, і нові Державні стандарти змісту передбачають розпочати вивчення фізики з викладу саме загальних принципів. У тексті стандартів наголошується на тому, що діти “ознайомлюються з фундаментальними науковими фактами, опановують суть основних фізичних понять і законів” [2, с. 9].

На жаль, досягнення подібної мети виявляється нереальним. До того ж, намагання здійснити це на базі запропонованого змісту навчальних книг відштовхує учнів від фізики, формує стійке небажання знайомитися з її доробком, який вони ототожнюють не з морем винятково цікавих явищ довкілля, а з перенасиченими абстрактними поняттями і термінами формулюваннями і правилами.

Усім учителям і викладачам очевидно – сучасні курси фізики середньої і вищої школи є збірками старої і дуже старої інформації. У них немає згадок про досягнення сучасної фізики і ті питання, які вона намагається розв’язати. Не знайти аналізу загадкових і незвичайних явищ, майже цілком відсутня інформація, необхідна для формування засад безпечної життєдіяльності. Не формується науковий світогляд, обмежується розуміння явищ довкілля, виникає довіра до антинауки.

Дійсно, молодь у школі стикається лише зі “старою фізикою”, де домінують механічні і колективні явища. Цілий рік витрачається на примітивне вивчення цілковито абстрактних теорій – прямолінійного руху матеріальної точки, законів динаміки цього ж “об’єкта” та ін. Щоправда, є й закон гравітації, застосовність і корисність якого учні не заперечують. Вершина цієї ідеалізованої абстракції – традиційне для США і ВНЗ означення поняття “інерціальна система відліку (ІСВ)” і формулювання меж застосовності І закону Ньютона. Нагадаємо – вони “поєднуються” так:

– ІСВ – це така система відліку, в якій виконується 1-й закон Ньютона і вільна від силового впливу матеріальна точка не має прискорення;

– 1-й закон Ньютона виконується лише в ІСВ.

Цей нонсенс з’явився у підручниках десятки років тому як наслідок спроб якимось “спростити” виклад виключно складних концептуальних гіпотез і понять ньютонівської механіки, що вимагає принаймні двох-трьох десятків сторінок енциклопедичного формату. Ось чому “спрощений” шкільний вступ у механіку набув такого суперечливого викладу, що мало є викладачів ВНЗ (не кажучи вже про вчителів), які спроможні грамотно пояснити молоді уявлення Ньютона про системи відліку, причини введення ним “абсолютної системи відліку”, абсолютної і відносної швидкості, “звичайних” інерціальних і неінерціальних систем відліку тощо.

Все це настільки заплутане і далеке від реалій доквілля, що А. Ейнштейн, зробивши на початку ХХ ст. перші кроки до створення механіки “дуже швидких” рухів, назвав її аж надто дивно – “теорія відносності”. На цій основі чимало осіб пізніше намагалися довести, що Ейнштейн взагалі заперечував об’єктивність і реальність (!), схилившись перед всесиллям “відносності”. Насправді ж назвою “теорія відносності” А. Ейнштейн заперечував припущення Ньютона про можливість існування “абсолютного руху”, абсолютної ІСВ та інших “абсолютних” фізичних характеристик.

У традиційних курсах загальної фізики для ВНЗ чомусь досягнення А. Ейнштейн вважаються вершиною сучасної фізики. Можливо з цієї причини, чи якоїсь іншої, у них відсутній більш-менш зв’язний виклад “нової” (квантової) фізики. У кращому разі є лише короткий опис фактів щодо хвильової та імовірнісної природи рухів у мікросвіті, а от “новітня” фізика взагалі лишається поза програмами з фізики. Її математичною формою, на відміну від форм класичної і нової, стали *нелінійні рівняння опису процесів і явищ*. Першими паростками новітньої фізики були окремі розділи звичайної класичної механіки, які спиралися на нелінійні рівняння і вивчали досить поширені у природі так звані “нелінійні” взаємодії. Принципово важливо наголосити на тому, що в межах подібних підходів все частіше фізики стикалися з явищем множинності наслідків взаємодій і процесів, неможливості отримання лише одного варіанту руху і розвитку складних систем.

Серед здобутків цієї новітньої “нелінійної” фізики – вчення І. Пригожина про нерівноважні термодинамічні явища, зокрема, про самовільний

перехід неупорядкованих систем в упорядкований стан, а також про неможливість однозначного передбачення розвитку станів будь-яких нелінійних систем після досягнення ними моменту прояву нелінійності (т.зв. точки біфуркації) та ін.

Якщо у часи домінування ньютонівської фізичної аксіоматики нелінійні механічні явища (ангармонічний осцилятор та ін.) були певним курйозом, то після поширення ідей І. Пригожина та інших дослідників нелінійних природних явищ стало очевидним – природа послуговується одночасно як неінтенсивними взаємодіями, для яких придатні лінійні рівняння і теорії, так і інтенсивними – нелійними. Останні у наш час позначаються терміном “синергетичні”, наука, яка вивчає їх найбільш цілеспрямовано, має назву “синергетика”.

Включення в курси фізики синергетики і наноявищ виведуть їх на посправжньому сучасний рівень і дадуть змогу ліквідувати ті недоліки змісту навчання, які часто вказують українські науковці – надмір класичних теорій і лінійних рівнянь, технократизм та ін. [4, с. 382]. Поява і розвиток нанонаук обов’язково спричинить глибоку модернізацію змісту фізики як у середній школі, так і у вищих закладах. Для уникнення відставання слід врахувати цей факт уже зараз і приступити до переходу від традиційної фізики до фізики ХХІ століття.

Література:

1. Биченко А. Українська освіта в очах українців / ЦентрРазумкова 2002. Звіт за 2001 р. – Київ, 2003. – С. 611-615.
2. Державні стандарти базової і повної середньої освіти // Освіта України. – №1-2 (400). – 14 січня 2003. – С.2-14.
3. Долженко О. Какова наша школа (*по результатам международного сравнения*) // Вестник высшей школы (Alma mater) – 2002. – №3. – С.37-42.
4. Инженер ХХІ століття: особистість і професіонал в світі гуманізації та гуманітаризації вищої технічної освіти. За ред. М.Є. Добрускіна: Монографія. – Х.: Рубікон, 1999. – 512с.
5. Любомиров Д.Е. Кризис рациональной парадигмы в образовательной системе постсоветской России / в сб. "Наука и образование". Под ред. Беркса Дж., Колчинского Э.И. – СПб, 2000. – С.87-90.
6. <http://www.pisa.oecd.org/knowledge/home/intro.htm>.

ВЫЧИСЛЕНИЕ ТЕПЛОЕМКОСТИ В МОДЕЛИ ЛИНЕЙНОГО КРИСТАЛЛА

В.А. Хрисанов

г. Кривой Рог, Криворожский технический университет
khrisanov@alba.dp.ua

Ранее нами описывалась простая учебная модель линейного кристалла для изучения колебательных свойств твердого тела [1]. Модель представляет собой цепочку всего из 4 атомов, что позволяет без привлечения вычислительной техники произвести прямые расчеты колебательного спектра линейного кристалла и с помощью полученных результатов продемонстрировать основные выводы гармонической теории колебаний кристаллической решетки. Далее можно предложить использовать полученный колебательный спектр для вычисления теплоемкости в модели линейного кристалла. Метод расчета энергии и теплоемкости системы из N независимых частиц, каждая из которых может находиться в двух состояниях, приведен в [2].

Рассмотрим линейный кристалл из 4 идентичных атомов. Его колебательный спектр, вычисленный в [1], образован частотами: 0.309, 0.588, 0.809, 0.951. Как и раньше, будем измерять частоты в единицах максимальной частоты колебаний $\omega_{\max} = 2\sqrt{\beta\hbar}$, где β – коэффициент жесткости связи, m – масса атома. Теплоемкость при постоянном объеме может быть вычислена следующим образом

$$C = N \left\langle \frac{\partial \varepsilon}{\partial T} \right\rangle$$

где ε – средняя энергия одной молекулы, N – количество молекул.

Средняя энергия молекулы в единицах ширины энергетического спектра $\langle u(\tau) \rangle = \langle \varepsilon \rangle / \hbar \omega_{\max}$ определяется из формулы

$$\langle u(\tau) \rangle = \frac{1}{Z} \sum_{i=1}^N f_i \cdot \exp(-f_i | \tau), \tag{1}$$

где $\tau = kT / \hbar \omega_{\max}$, Z – статистическая сумма

$$Z(\tau) = \sum_{i=1}^N \exp(-f_i | \tau). \tag{2}$$

Используя соотношение $\langle u(\tau) \rangle = \tau^2 \frac{\partial}{\partial \tau} \ln Z$, для теплоемкости в расчете

на одну молекулу можно записать

$$c_v = \frac{\langle u^2 \rangle - u^2}{k \tau^2} . \quad (3)$$

Результаты расчетов относительно $\psi(t)$ показаны на рис. 1.

Рис. 1. Энергия и теплоемкость линейного кристалла из четырех атомов в зависимости от температуры, выраженной в единицах ширины спектра

На графике зависимости теплоемкости от температуры отмечается максимум. Такие максимумы называют аномалиями Шоттки, и они помогают определять энергетические уровни в твердых телах.

Также обращает на себя внимание тот факт, что энергия такой четырехатомной системы остается положительной вблизи нуля. Причиной появления такой особенности служит малое количество атомов в цепочке и, как следствие, большие энергетические щели между уровнями. На самом деле вблизи абсолютного нуля энергия обращается в ноль, но резким скачком. Мы провели детальное исследование поведения энергии модели в непосредственной близости от нуля. Скачок происходит по достижении температур τ порядка 10^{-4} . Результаты расчетов можно видеть на рис. 2. Высота ступеньки равна первому энергетическому уровню, который в цепочке идентичных атомов равен 0.309. Из графика также видно, что флуктуации энергии гасятся в очень узком интервале температур $\Delta\tau \approx 3 \cdot 10^{-4}$. Поэтому можно сказать, что в непосредственной близости от абсолютного нуля энергия системы скачком изменяется от нуля до первого спектрального уровня.

Изучение теплоемкости цепочек, образованных атомами двух сортов, показывает, что пик на графике зависимости теплоемкости от температуры уширяется по мере увеличения ширины запрещенной зоны в колебательном спектре. При большом отличии масс атомов наблюдается расщепление пика. Мы произвели дополнительные расчеты колебательного спектра цепочки из 4 атомов двух сортов с массами m_1 и m_2 , такими что $m_1/m_2=16$. Такой спектр содержит частоты: 0.140, 0.230, 0.973, 0.990. На рис. 2 приведены

соответствующие графики энергии и теплоемкости. Расщепленный пик указывает на широкую запрещенную зону.

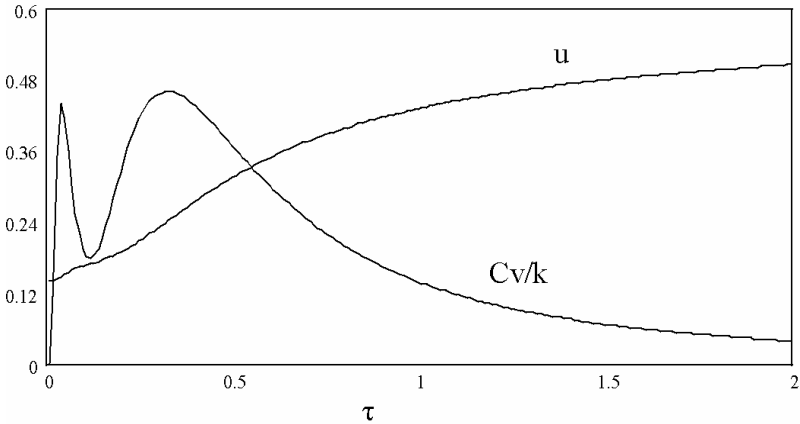


Рис. 2. Энергия и теплоемкость линейного кристалла из 4 атомов при широкой запрещенной зоне

Можно также произвести сопоставление результатов с хорошо известными теоретическими выводами. Так, провести сравнение полученных при исследовании учебной модели используя теоретическую функцию плотности состояния бесконечного линейного кристалла $D(\omega) = \frac{2N}{\pi} \sqrt{1 - \omega^2}$ и

вычисляя энергию кристалла по формуле $E = \int_0^{\omega_{\max}} \hbar \omega D(\omega) \cdot d\omega$

$$E = \int_0^{\omega_{\max}} \hbar \omega D(\omega) \cdot d\omega,$$

получаем, что энергия бесконечной цепочки, выраженная в единицах $\hbar \omega_{\max}$, в расчете на один атом должна быть равна $\langle \varepsilon \rangle_{\infty} = 2/\pi = 0.637$. Для соответствующей величины изучаемой модели получаем формулу

$$\langle \varepsilon \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N f_i \tag{4}$$

Для монокристаллической цепочки из 4 атомов формула (4) дает

$$\langle \varepsilon \rangle = \frac{1}{4} (0.309 + 0.588 + 0.809 + 0.951) = 0.664.$$

Полученная величина отличается от $\langle \varepsilon \rangle_{\infty}$ всего на 4%. С увеличением числа атомов в цепочке это отличие уменьшается. Так, для 8 атомов

$\langle \varepsilon \rangle = 0.651$, и отклонение составляет 2%.

Таким образом, предложенная нами модель позволяет также изучать

тепловые свойства твердых тел. С ее помощью можно быстро и наглядно продемонстрировать вероятностный смысл термодинамических параметров. Малый размер цепочки позволяет, с одной стороны, максимально упростить расчеты, а с другой – в простой манере изучить влияние дискретности спектра на тепловые свойства кристаллов.

Литература:

1. Хрисанов В.А. Модель для изучения колебательных свойств твердого тела // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. Вип. 4, т. 2. – Кривий Ріг, НМетАУ, 2004. – С. 441-446.
2. Киттель Ч. Статистическая термодинамика. – М.: Наука, 1977.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СТИМУЛЬОВАНОЇ УЛЬТРАЗВУКОМ ДИFUЗІЇ ДОМІШОК У КРЕМНІЇ

О.Ю. Черноног, Р.М. Балабай

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет

Побудова інформаційних моделей – сучасний засіб формування наукового світогляду студентів, їх уявлень про електронно-обчислювальну техніку не тільки як про засіб обробки інформації, але й як складову нової інтелектуальної реальності, що вносить певні корективи у сферу суспільної взаємодії.

Комп'ютерне моделювання сприяє розвитку формально-логічної і операційної форми мислення і дозволяє творчо переосмислити сучасні методи наукового пізнання, що безперечно сприяє залученню студентів до інноваційних досліджень.

Проектування інформаційних моделей фізичних процесів дозволяє студентам осмислити задачу як об'єкт або явище фізичної реальності, проаналізувати її з використанням різних математичних методів, розробити алгоритм і програму розв'язку на комп'ютері. При проектуванні інформаційних моделей студентам пропонується використовувати наступний алгоритм:

- дати короткий виклад теорії з математичними викладками і обґрунтуванням;
- намалюватисхему;
- написати план роботи, досліді, скласти таблиці для записування результатів;
- скласти алгоритм і програму, яка моделює даний процес в різних умовах;
- провести обчислювальнийексперимент;
- виконати розрахунок результатів іпохибок;
- зробитивисновки.

В якості прикладу пропонуємо застосування комп'ютерного моделювання у фізиці твердого тіла. Серед методів дослідження структури речовини одну з провідних позицій займає метод Монте-Карло. Висока ефективність даного методу обумовлена його універсальністю.

Для діагностики фізичних явищ наведемо теоретичне обґрунтування і аналіз обчислювальних експериментів комп'ютерного моделювання дифузії домішок у кремнії, стимульованої ультразвуком.

Поряд із традиційним використанням акустичних методів у фізиці твердого тіла для вивчення пружних властивостей кристалів та механізмів взаємодії ультразвуку (УЗ) з речовиною, в останні два десятиліття вивчаються нові можливості УЗ для керування параметрами напівпровідникових матеріалів та характеристиками приладів на їх основі [1–7]. Механізм такого впливу визначається взаємодією акустичної хвилі з системою структур-

них дефектів кристалу. На відміну від акустоелектронних ефектів, коли УЗ хвиля взаємодіє безпосередньо з носіями заряду в твердому тілі, акустостимульовані явища пов'язані з індукованими змінами в системі електрично- та оптично-активних дефектів кристалу. Роль посередників у взаємодії УЗ хвилі з носіями заряду в дислокаційних кристалах виконують лінійні та плоскі дефекти типу дислокацій та границь субблоків, а у бездислокаційних – так звані метастабільні дефекти, які проявляють властивості акустоактивних центрів [6]. Цей новий напрямок фізичної акустоелектроніки, який фактично виявляється акустоелектронікою дефектів кристалу, дістав назву активний звук. Якщо перші використання методів активного звуку стосувалися розширення можливостей фізичних методів дослідження кристалів, то пізніше були розроблені практичні пропозиції по впровадженню УЗ у виробництво електронних елементів [1, 5, 6]. Отримав розвиток окремий технічний напрямок – ультразвукова інженерія дефектів.

Останніми роками досліджуються процеси акустоелектронної взаємодії у багатопшарових напівпровідникових структурах із квантовими ямами внаслідок існуючих можливостей практичного застосування таких процесів у обробці сигналів. Останні повідомлення включають також ідеї створення квантового комп'ютера, стандарту електричного струму, акустично-керованої затримки світлового випромінювання та інші [4]. Ці повідомлення стосуються режиму біжучих поверхневих хвиль, що ефектно взаємодіють з двовимірним електронним газом, утвореним у приповерхній області кристалу.

Перспективним напрямком у технології приладобудування є і застосування ультразвуку для корекції і суттєвого поліпшення характеристик напівпровідникових приладів. До певної міри він є аналогічним використанню ефекту малих доз проникаючої радіації. В обох випадках зміна квантового виходу готових приладів досягається без підвищення їхньої температури. При умові оптимально підібраних режимів УЗ-хвиля може служити зручним інструментом для відновлення інтенсивності свічення, бути складовою частиною технологічної обробки зразка одночасно з температурою, електричним зміщенням та іншими факторами [7].

Ефективність використання дифузії атомів та ультразвуку як необхідних технологічних процесів при виготовленні приладів мікроелектроніки визначається наявністю рекомендацій із теоретичних досліджень.

Властивості таких динамічних процесів як дифузія або провідність немає явних аналогів серед властивостей статистичних механічних моделей. Хоча деякий прогрес в цьому напрямку був здійснений. Наприклад, в теоретичних роботах Адлера, Кестела і Голдена. Динамічні процеси вивчалися головним чином, шляхом моделювання методом Монте-Карло. В цих працях, дослідження решітчастої провідності методом Монте-Карло, ясно демонстрували порогову поведінку, в гарній відповідності з іншими результатами. Тоді як результати моделювання дифузії були непослідовними. Рів-

няння Ейнштейна передбачає, що процеси дифузії і провідності мають деяку критичну порогову залежність, яка динамічно керується за допомогою ступіні експоненти. Хоча решіточна провідність і дифузія і схожі за своєю природою процеси, але існують і відмінності. Тоді як провідність не залежить від часу, а тільки від структури кластерів, дифузія є процесом, що залежить від часу. Так, наприклад, у [8] було проведено моделювання дифузії на перколяційному кластері за допомогою наступного простого алгоритму. Частинка, яка дифундує, стартує із зайнятого вузла в оточенні ближніх сусідів, розташованих випадковим чином. Якщо обраний вузол також зайнятий, тоді частинка рухається до нього, у протилежному випадку частинка залишається стаціонарною. Ці дії складають один часовий крок, незалежно від того чи рухалась частинка чи ні. Переміщення частинки, яка дифундує оцінюється середньо квадратичним зміщенням $\langle R^2 \rangle$ за N кроків. Режим дифузії, який визначився в роботі [8] задовольняється законом: $\langle R^2 \rangle = DN$, що співпадає з законом дифузії Ейнштейна $\langle R^2 \rangle = D\Delta t$.

Отже, аналіз літературних джерел свідчить, що дослідження процесів дифузії домішок в кристалічній решітці твердого тіла і способи стимулювання дифузії перебувають у полі зору багатьох науковців. Останні два десятиліття активно вивчаються можливості ультразвукового керування процесами у напівпровідниках.

Для нашого дослідження ми створили модель, яка дозволяє порівняти основні характеристики процесів дифузії домішок у кремнії, що відбуваються під впливом ультразвукової хвилі та без.

Моделювання дифузії у кремнії було реалізовано за допомогою методу Монте-Карло, головною вимогою якого є вибір адекватного потенціалу взаємодії частинок речовини, яка досліджується. В якості такого потенціалу був обраний потенціал Стилінджера-Вебера.

Атомна структура моделі кристалу кремнію з домішками бору створювалась наступним чином. Всі атоми речовини розміщались в кубі, сторона якого визначалась під час обчислювального експерименту. Кількість атомів у кубі визначалась згідно з рівноважним значенням густини кремнію при обраній температурі експерименту. Передбачалась можливість розміщувати атоми кремнію на початку експерименту: випадково, близько до рівноважних позицій, без дефектів типу вакансія, з дефектами типу вакансія (з можливістю змінювати їх концентрацію). Місце атомів домішок (атомів бора) серед атомів моделі визначалось випадково і у вузловій позиції, що найбільш вірогідно для такої домішки як бор. Після встановлення стартової позиції атомів у моделі починалась релаксація, що здійснювалась методом Монте-Карло. Вплив на релаксацію ультразвукового (УЗ) поля створювався наступним чином: визначався напрям поширення УЗ хвилі, її потужність, яка пропорційна амплітуді зміщення, а також враховувались результати праці [9] щодо просторового розподілу енергії УЗ хвилі у кремнієвому кристалі залежності від відстані до джерела УЗ – максимум деформації при

ультразвуковому нагріванні припадав на середину зразка кремнію. Передбачалось використання УЗ хвилі, потужність якої недостатня для утворення дефектів. Було здійснено ряд експериментів з різними умовами, результати яких приводяться у вигляді шляху міграції атому бора серед атомів кремнію.

Методологія моделювання Монте-Карло збігається з ареніусовським характером міграції атомів, для якої коефіцієнт дифузії підпорядковується закону: $D = D_0 \exp(-E_d/kT)$, а величина зміщення атомів при пошуку рівноважних позицій у методі Монте-Карло теж підпорядковується експоненціальному закону.

Аналіз обчислювальних експериментів дозволив зробити наступні висновки:

- статистичний метод комп’ютерного моделювання Монте-Карло може бути використаним для моделювання такого динамічного процесу як дифузія атомів;

- можна вважати, що ультразвукове поле адекватно враховане в моделюванні атомної структури кремнію з домішками бору;

- в бездефектному кристалі ультразвук з невеликою енергією (пропорційною кімнатній температурі) стимуляції дифузії не викликає, про що свідчить малий міграційний шлях домішки;

- при підвищенні енергії ультразвукової хвилі в бездефектному кристалі можливе лише руйнування ідеальної кристалічної структури;

- наявність у кремнії дефектів типу “вакансія” значно збільшує міграційний шлях атома бору як без впливу ультразвуку так і з ультразвуком. При цьому міграційний шлях бору в ультразвуковому полі має направлений характер в бік напрямку поширення хвилі на відміну від міграції без ультразвуку;

- при збільшенні концентрації вакансій збільшується міграційний шлях атома бору і найбільш рухливі вони у аморфному кремнії.

Зазначимо, що можливості методу моделювання слід розкривати студентам у тісному зв’язку з вивченням фактичного матеріалу, показувати його використання там, де з різних причин не можна застосовувати інші методи. Проектування моделей і обчислювальний експеримент – це один з шляхів використання новітніх технологій для вирішення проблеми залучення студентів до наукових досліджень, який можливо ефективно реалізувати в практиці сучасної вищої школи.

Література[^]

1. Агранат Б.А. Ультразвуковая технология. Учебное пособие. – М.: Металлургия, 1974. – 504с.

2. Баранський П.І. та ін. Фізичні властивості кристалів кремнію та германію в полях ефективного зовнішнього впливу. – Луцьк: Надстир’я, 2000. – 279 с.

3. Галямина И.П. Ультразвук: Маленькая энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия, 1979. – 400с.
4. Горб А.М., Надточій А.Б., Половина О.І. Стимульований ультразвук перенос заряду у квантових ямах GaAs/AlGaAs // I-а Українська наукова конференція з фізики напівпровідників УНКФН-1 (з міжнародною участю). Україна. Одеса, 10-14 вересня. 2002. – Т. 1. – С.104–105.
5. Крылович В.И. Ультразвуковые частотно-фазовые методы исследования и неразрушающего контроля / Под. ред. А.Г. Шашкова. – Минск: Наука и техника, 1985 – 175с.
6. Оліх Я.М., Оліх О.Я. Эффекты активного ультразвуку в напівпровідникових кристалах // I-а Українська наукова конференція з фізики напівпровідників УНКФН-1 (з міжнар. участю). Україна. Одеса, 10-14 вересня.2002. – Т. 1. – С. 80.
7. Петренко І.В., Каневський С.О. Акусто-радіаційна деградація випромінюючих GaP p-n структур // I-а Українська наукова конференція з фізики напівпровідників УНКФН-1 (з міжнар. участю). Україна. Одеса, 10-14 вересня. 2002. – Т. 1. – С.160.
8. Пул О.Д. Дифузія на неупорядкованій кубічній ґратці над порогом протікання: дослідження методом Монте-Карло // Журнал фізичних досліджень. – 1997. – Т. 1. – №3. – С.413–417.
9. Рязанский В.П., Шермергор Т.Д. Распределение характеристик колебаний при ультразвуковом нагреве металлического стержня. // Ультразвуковые и термодинамические свойства вещества: Сб. научных работ. – Курск, 1987. – С.134–137.

МЕТОДИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ СТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ПІДРУЧНИКІВ ТА НАВЧАЛЬНО-НООЧНИХ ПОСІБНИКІВ З ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ ДИСЦИПЛІН

В.М. Чорноус, А.П. Боднарчук
м. Івано-Франківськ, Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу
etech@nung.edu.ua

Однією з найважливіших задач у роботі вищої школи є удосконалення процесу навчання. Це обумовлено постійним зростанням темпів розвитку науки і техніки та обсягу інформації. Разом з тим, має місце зменшення кількості аудиторних годин, які передбачені навчальним планом та їх переорієнтацію на самостійне опрацювання програм дисциплін. Це в першу чергу торкається електротехнічних дисциплін для студентів не електротехнічних спеціальностей.

Електротехнічні дисципліни відіграють доволі суттєве значення в загально-технічній підготовці студентів. Метою цих дисциплін є теоретична і практична підготовка майбутніх фахівців такого рівня, щоб вони могли вибирати необхідні електротехнічні пристрої, правильно їх експлуатувати спільно із спеціалістами-електриками, складати технічні завдання на проектування, розрахунок та виготовлення електротехнічних пристроїв, консультувати та оцінювати виконану роботу.

Вирішення проблем навчання неможливе без використання технічної літератури. З електротехнічних дисциплін існує надзвичайно велика кількість різноманітних за формою, обсягом та змістом навчальних посібників, матеріал яких викладений як правило у класичній формі. Такі друковані видання зберігають та відтворюють інформацію, але не забезпечують функцію керування пізнавальною діяльністю студента з урахуванням його індивідуальних можливостей та потреб. Подальше удосконалення методів навчання пов'язано з використанням сучасних технічних засобів, що потребує створення відповідних методик організації, проведення учбових занять та самостійного опрацювання матеріалу дисципліни.

Новий етап розвитку і використання технічних засобів навчання потребує застосування новітніх інформаційних технологій, які вимагають кількісної і якісної зміни засобів в навчальному процесі. Можливість та ефективність використання інформаційних технологій навчання значною мірою залежить від наявності та якості програмного забезпечення персональних комп'ютерів, хоча за відсутності останніх взагалі не можна говорити про інформаційні технології навчання. Застосування комп'ютерних систем тестування, віртуальних тренажерів, дидактичних ігор та ін., є допоміжними програмно-педагогічними засобами. Разом з тим, основний та повний зміст матеріалу дисциплін має бути викладений в електронному підручнику, який

би об'єднував навколо себе усі інші допоміжні засоби. Створення електронної навчальної літератури, зокрема електронних підручників – це не просто перенесення друкованих матеріалів дисциплін в машинну форму для забезпечення студентів необхідним навчальним матеріалом. На цьому особливо необхідно заострити увагу. Виконавши чисто технічну роботу друкарського характеру, деякі автори представляють її як електронний підручник, в той час, як він повинен інтегрувати різноманітні форми представлення навчального матеріалу та контролю за ступеню його засвоєння (відео – аудіо – та комп'ютерні технології) в суцільний навчальний модуль, що дозволить викладачу говорити з студентом язиком реальних, безпосередніх зображень та підкреслює наукову достовірність явищ.

Огляд вітчизняних і зарубіжних програмних продуктів навчального призначення засвідчує, що в галузі електротехнічних дисциплін, як і в багатьох інших, практично відсутні методики розробки електронної навчальної літератури. Пошук варіантів рішення даної проблеми приводить до висновку про доцільність створення електронних навчально-методичних посібників на базі стандартних, широко розповсюджених програмних засобів (Microsoft Word, Microsoft PowerPoint та Macromedia Flash MX). Остання версія Microsoft PowerPoint в основному розв'язує проблему створення та використання електронних підручників. Даний програмний засіб дозволяє студентам і викладачам швидко засвоювати його та використовувати в процесі навчання. При використанні Macromedia Flash MX необхідні спеціальні знання і навички у мові програмування Action Script. Програмний засіб має обмежене число базових анімаційних можливостей, але при цьому забезпечуються кращі можливості роботи в Internet.

Електронний підручник доцільно створювати за блочно-модульним методом у вигляді окремих елементів або файлів, які утворюють логічно-ієрархічну структуру, що дозволяє диференціювати розділи і теми посібника. Мають бути передбачені кілька варіантів стратегії роботи з підручником: традиційне читання, перелистування сторінок та оперативний вибір окремих його фрагментів. Необхідно також створити умови ефективного пошуку тем, забезпечити максимально швидкий доступ до любого тематичного фрагменту. Обов'язковою є робота студента в Internet і пошук необхідного посібника, а в ньому – конкретного пункту або завдання. Основною організаційною структурою електронного підручника доцільно вибрати гіпермедійну модель предметного матеріалу, яка поєднує дві сучасні комп'ютерні технології: OLE та гіперз'язковий механізм звернення до інформації. Це забезпечує одночасне комплексне відображення елементів навчальної інформації: текстової, формул, моделей фізичних процесів, графічної – у вигляді рисунків, схем. Надзвичайно широкі можливості новітніх інформаційних технологій дозволяють створювати анімації та мультимедійні фрагменти і розглядати роботу пристроїв у просторовому зображенні. Гіперзв'язки, дикторське звукове синхронне супроводження мультимедійного зображення,

різноманітні елементи програмованого навчання та контроль знань надають можливість ефективно опрацювати і засвоювати навчальну програму.

На основі аналізу використання комп'ютерних технологій навчання студентів у технічних університетах України на кафедрі електротехніки ІФНТУНГ розроблений блок-модуль електронного підручника, електронний варіант лабораторних робіт та навчально-наочний посібник з електротехнічних дисциплін.

При створенні електронного підручника використано OLE-технологію. Навчальний матеріал супроводжується синхронним дикторським текстом, музичними вставками та представлений на різних кольорових фонах. Інформація подається в анімаційній формі для наочного відтворення електротехнічних процесів, що дає змогу студенту усвідомити та засвоїти навчальний матеріал. Окремі слайди електронного підручника надають можливість більш ефективного викладання матеріалу на усіх видах навчальних занять. Забезпечена можливість максимального сприйняття студентами навчальної інформації, передбачений контроль знань. Робота по створенню електронних підручників у цілому складна, потребує не тільки глибоких знань у даній галузі, але і методологічного підходу, а також досконалого володіння знаннями в області програмних засобів.

Навчально-наочний посібник з основних розділів теорії електричних кіл розроблений з використанням графічного редактора. Дане навчальне видання містить ілюстративно-наочні матеріали, які сприяють викладанню і вивченню дисципліни, засвоєнню його змісту, розвитку особистості. Наявність електронної версії посібника дозволяє використовувати його на всіх видах занять, в тому числі і дистанційному навчанні. Навчально-наочний посібник виготовлений на кольорових прозірках формату А4, а також у форматах А1, А3, А4 в кольоровому та чорно-білому зображенні і використаний для естетичного оформлення спеціалізованих навчальних приміщень.

ПРО МЕТОДИКУ ПІДГОТОВКИ ВЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ ДО РЕАЛІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО АСПЕКТУ ПЕДАГОГІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

В.Д. Шарко

м. Херсон, Херсонський державний університет
kondrashova@ksu.ks.ua

В умовах розвитку школи, коли впроваджуються нові форми і методи навчання, створюються нові засоби навчання, учитель повинен при плануванні навчального процесу і конструюванні кожного уроку враховувати:

- зміни, що відбуваються в суспільстві і обумовлюють державне замовлення школі на підготовку майбутніх громадян, здатних задовольнити його актуальні потреби;
- державні стандарти і програми з їх цілями і предметним змістом;
- сучасні педагогічні концепції з їх цілями, принципами, технологіями навчання.

Крім зазначених позицій перед вчителем також стоїть завдання врахувати під час конструювання уроків також:

- проблему, пов'язану з колективним способом організації навчання і індивідуальним характером сприйняття, інтелектуальної діяльності, емоційного реагування і розвитку кожного учня;

- проблему, пов'язану з організацією прямого і зворотного зв'язку між вчителем і учнями. Її сутність полягає в тому, що прямий зв'язок (вчитель – учень) є регулярним, а зворотній (учень – вчитель) – нерегулярний, епізодичний. Внаслідок цього значно знижується здатність вчителя до управління навчальним процесом, зростає кількість педагогічних і методичних помилок, знижується імовірність попадання в “зону найближчого розвитку учня”, що приводить до зниження результатів навчання;

- проблему, що виникає внаслідок протиріччя між вербальним характером навчання, під час якого учні слухають, читають, спостерігають, розв'язують запропоновані вчителем задачі, і завданнями розвитку різнобічної активної молоді, здатної до творчого мислення, активної перетворюючої діяльності, з власною громадянською позицією;

- проблему, пов'язану з реальним обсягом конкретного навчального матеріалу, який необхідно засвоїти в межах програми, і часом, необхідним для його вивчення і тривалістю уроку. Наслідком її існування є: перевантаження учнів, яке призводить до погіршення стану їх здоров'я; спарення уроків; застосування методик “занурення” в навчальний предмет таїн.

Ступінь розуміння і розв'язання цих проблем суттєво впливає на структуру і ефективність уроків фізики і вимагає від вчителя кваліфікованого і компетентного підходу до планування навчально-виховного процесу з предмету і з кожного уроку. Водночас практика засвідчує, що в діяльності

багатьох вчителів із планування і проведення уроків існують прогалини як методичного так і технологічного характеру. До основних недоліків в організації уроків вчителями фізики сьогодні, за результатами спостережень, можна віднести:

- відсутність системного підходу до планування процесу вивчення теми (розділу) а також визначення ролі кожного уроку в системі завдань, що ставляться перед учнями під час її вивчення;
 - недостатність знань психологічних основ уроку, які включають:
 - знання психологічних принципів організації уроку;
 - знання особливостей психічного розвитку кожного учня в класі (розумові здібності, нахили, інтереси; тип уваги, пам'яті, мислення, сприйняття; характер, темперамент, воля та ін.);
 - знання механізмів протікання когнітивних процесів та врахування їх в навчально-пізнавальній діяльності;
 - знання психологічних особливостей класних колективів та врахування їх під час планування і організації роботи в малих групах (парах);
 - знання психологічних вимог щодо організації кожного елементу будь-якого виду діяльності учнів на уроці, структура якої передбачає: мету, мотив, засоби, план діяльності, реалізацію плану, контроль, корекцію, рефлексію;
 - перевантаженість змісту навчального матеріалу, надмірна кількість другорядних фактів, невмотивоване бажання відійти від підручника при поясненні новоматеріалу;
 - слабе врахування життєвого досвіду учнів під час планування і організації навчально-пізнавального процесу;
 - відсутність умов для здійснення учнями права вибору рівня опанування навчального матеріалу, форм роботи з ним і звітування про власні здобутки, виду домашнього завдання і форм його виконання тощо;
 - недостатність приділення уваги фізичному експерименту, що виступає і як джерело знань, і як приклад можливого їх практичного застосування;
 - недостатнє використання нових інформаційних технологій на різних етапах опанування фізичними знаннями;
 - низький рівень володіння формами і методами управління навчальним процесом;
 - недостатнє знання типів уроків (стандартних і нетрадиційних), їх призначення і структури, відсутність компетентного підходу до відбору найбільш адекватних їх типів для реалізації кожної конкретної цілі;
 - недостатнє знання і володіння елементами педагогічної техніки, результатом чого в більшості випадків є шаблонна структура уроків, їх одноманітність;
 - недостатність знань із галузі сучасних методів навчання, невміння здійснювати раціональний їх вибір для конкретного уроку.

Більшість з наведених недоліків в роботі вчителів фізики пов'язані з технологічним аспектом їх педагогічної діяльності. А це означає, що проблема підвищення якості підготовки вчителів до цього напрямку їх роботи є актуальною.

Аналіз літератури, присвяченої цій проблемі, дозволив встановити, що сьогодні вітчизняні та зарубіжні вчені поряд з класичним та різними типами сучасного уроку виділяють ще й такі форми організації навчального процесу як: інтегрований урок, лекційно-семінарські або лекційно-практичні заняття, проєктні заняття, творчі майстерні, автономне навчання та вільну роботу учнів (Т. Тучкова). Кожна з цих форм занять має свої особливості в організації і змістовному наповненні і вимагає від вчителя знань технологій їх планування та проведення.

Конкретизація вимог до уроку в рамках певних технологій навчання (особистісно зорієнтованих, розвивальних, інтерактивних, біоадекватних, інформаційних та ін.) знаходить відображення в специфіці його структури. Відмінності структур і змісту схем уроків в різних технологіях навчання обумовлюються їх особливостями, під якими розуміють системний спосіб організації діяльності вчителя і учнів, за якого реалізація навчальної мети досягається узгодженим поєднанням організаційних форм, методів і засобів навчання (О. Іваницький). Усвідомлення відмінностей у підходах до конструювання уроків в різних системах навчання вимагає розуміння тих концептуальних положень, які в них реалізуються. Тому одним з першочергових завдань підготовки вчителя фізики до планування навчального процесу і підготовки кожного уроку є ознайомлення з концептуальними засадами і методичними особливостями реалізації тих педагогічних технологій, в рамках яких працює школа або конкретний вчитель.

Аналіз стану підготовки вчителів до технологічного аспекту професійної діяльності свідчить про те, що у ВНЗ педагогічного профілю уваги цьому питанню приділяється недостатньо. Підставою для такого ствердження є відсутність у навчальних планах вузів дисципліни, орієнтованої на забезпечення студентів необхідними знаннями та вміннями. Тих же годин, які викладачі планують на вивчення цих питань в рамках педагогіки та методики навчання фізики, недостатньо для кваліфікованого здійснення в подальшому роботи з проєктування і конструювання навчального процесу.

У закладах післядипломної освіти робота з підвищення кваліфікації викладачів планується в основному таким чином, що до планів курсів включаються питання з різних напрямів діяльності вчителів, що не дає змогу цілеспрямовано готувати їх до реалізації технологічного аспекту своєї професійної діяльності.

Вивчення педагогічної і методичної літератури з цього питання засвідчило, що існує багато посібників для вчителів з описом особливостей педагогічних технологій, яким сьогодні віддають перевагу вчителі шкіл України. Таким чином, шляхом самоосвіти можна ознайомитися з теоретичними за-

садами сучасних технологій навчання школярів.

Але одних знань сутності концепцій, що лежать в основі передових технологій навчання замало для їх впровадження в практику роботи вчителя. Необхідно мати певний інструментарій, за допомогою якого можна реалізувати ці технології в конкретних уроках чи інших формах навчання учнів фізики. Таким інструментарієм виступають методичні прийоми, які сьогодні називають елементами педагогічної техніки. В арсеналі кожного вчителя їх багато, але перелік прийомів з певних етапів уроку часто обмежується одиницями, в кращому випадку десятками. З цієї причини у вчителів виникають труднощі під час проектування змістовних і оригінальних уроків. В зв'язку з цим, обов'язковим елементом підготовки вчителя до роботи за новими технологіями є навчання його елементам тих педагогічних технік, які спроможні реалізувати поставлені завдання і досягти поставленої мети. На наш погляд, надання вчителю можливості самому обирати стратегію навчання в рамках обраної технології і виділених для цього елементів педагогічних технік, сприятиме не тільки підвищенню результативності навчання учнів, але і супроводжуватиметься творчим зростанням вчителя. Дане припущення ґрунтується на багаторічних спостереженнях за роботою вчителів, відповідно з якими будь-яка нова методика, запропонована в літературі в чистому вигляді не переноситься в практику навчання учнів фізики. Вчителі завжди прагнуть вносити певні зміни до організації навчального процесу, описаного в методичній літературі у вигляді сценаріїв уроків тощо. Умовою ж для реалізації творчого потенціалу вчителя може бути, з нашої точки зору, збагачення учнів елементами педагогічної техніки, до яких можна віднести:

- прийоми розвитку когнітивних умінь учнів;
- типи завдань з формування фізичних понять;
- прийоми роботи з підручником;
- ігрові прийоми роботи з текстом;
- типи завдань для учнів з фізичного експерименту;
- методи та прийоми роботи з розвитку мотиваційної сфери учнів та підтримки інтересу і активного ставлення до діяльності;
- прийоми, що сприяють утворенню позитивного мікроклімату в класі;
- способи актуалізації опорних знань та життєвого досвіду учнів;
- самостійна робота учнів на уроці фізики та методика її організації;
- прийоми інтерактивного навчання;
- ігрові прийоми;
- прийоми контролю знань і вмінь учнів;
- евристичні методи навчання (когнітивні, креативні, організаційно-діяльнісні);
- прийоми роботи з обдарованими дітьми.

Сукупність зазначених елементів педагогічної техніки (методичних

прийомів) ми розуміємо як методичне середовище, занурившись у яке вчитель зможе реалізувати свої бажання відповідно до вимог тих технологій, які вінупроваджує.

Створення такого середовища – складна справа, що вимагає пошуку і систематизації елементів педагогічного досвіду вчителів з технологічного аспекту їх діяльності. Нами зроблена спроба створити посібник для вчителів фізики під назвою «Сучасний урок фізики: технологічний аспект» [1], призначенням якого передбачалось ознайомлення вчителів з прийомами роботи їх колег з різних шкіл України та Росії.

Наявність такого посібника в арсеналі вчителя, на наш погляд, дозволить йому у підготовці уроку більш кваліфіковано виконувати ті функції, до складу яких Н.В. Кузьміна, В.О. Сластьонін, А.І. Щербаков відносять конструктивну, організаторську, комунікативну, і гностичну, а також ті, які, на думку О.І. Щербакова, пов'язані з навчанням і які неможливо відірвати від діяльності вчителя. До складу останніх вчений відносить інформаційну, виховно-розвиваючу, орієнтаційну, мобілізаційну, дослідницьку. Ми вважаємо з позицій сучасної термінології їх доцільніше визначити як когнітивну, пов'язану з організацією процесу набуття знань; розвивальну, що передбачає запланований вплив на розвиток перцептивних, розумових, емоційно-вольових процесів тих, хто навчається; аксіологічну – покликану допомогти учню зорієнтуватися в світі загальнолюдських і особистісних цінностей та сформувати в собі (виробити) ідейно-моральні та естетичні якості; мобілізаційну, яка передбачає актуалізацію знань і життєвого досвіду школярів, мобілізацію їх пізнавальних процесів, розвиток активності та громадянської свідомості; дослідницьку, пов'язану з аналізом результатів власної практичної діяльності, вивченням особливостей психічного розвитку учнів та можливостей вчителя в урахуванні його перебігу, пошуком шляхів підвищення результативності навчально-виховного впливу на учнівський колектив і кожного учня.

Література:

1. Шарко В. Сучасний урок фізики: технологічний аспект/ Посібник для вчителів і студентів. – Херсон: Олді-Плюс, 2004. – 212с.

ТАЙНЫ ВЕЛИКИХ ПИРАМИД ГЛАЗАМИ ШКОЛЬНИКА

А.С. Швед

г. Кривой Рог, Саксаганский естественнонаучный лицей

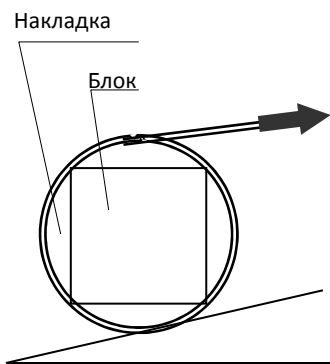


Рис. 1.

На данный момент известно, что блоки пирамид перемещались при помощи деревянных накладок, которые превращали параллелепипед блока в цилиндр (рис. 1). Однако до сих пор достоверно не известно, как блоки доставлялись на пирамиду. Существует мнение, что блоки перемещались по специально построенному виадуку. Однако, по моему мнению, это не так. Действительно, ведь постройка и разборка виадука потребовала бы огромных затрат времени и средств. Кроме того, узкий гребень виадука не мог бы обеспечить достаточный приток блоков на строительный горизонт.

Мы предлагаем совершенно иной способ перемещения блоков, который лишен перечисленных недостатков и мог быть применён древними строителями. Он состоит в том, что в качестве виадука используется само тело пирамиды, засыпанное глиной, как показано на рис. 2. При этом общее количество одновременно поднимаемых блоков могло быть значительным.

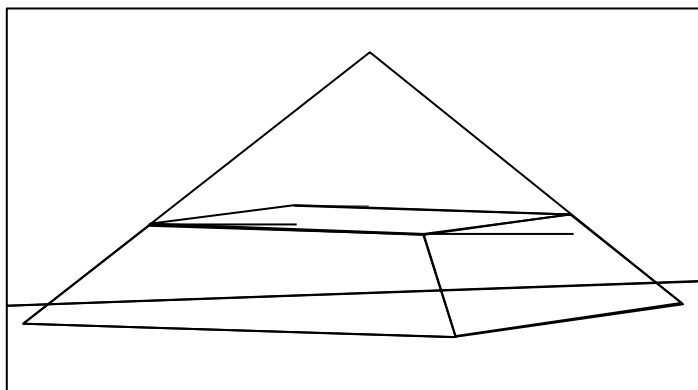


Рис. 2.

Докажем, что этот способ перемещения возможен. Прежде всего, рассмотрим угол наклона, который составляет грань пирамиды с горизонтом. Известно, что длина стороны пирамиды составляет 232 м, а её высота

147 м (рис. 3). Отсюда угол наклона грани:

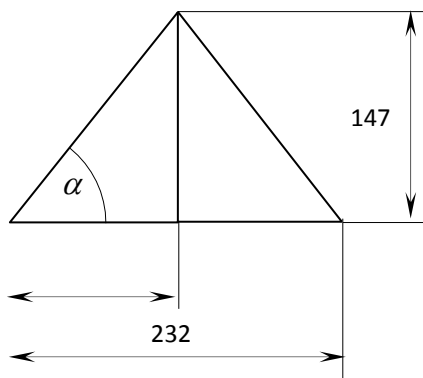


Рис. 3.

$$\alpha = \text{atan} \frac{147}{116} = 51.722^\circ$$

Некоторые историки считают, что высота пирамиды была равна радиусу окружности, описанной вокруг её основания (рис. 4). Тогда угол наклона грани к горизонту будет

$$\alpha = \text{atan} \frac{116}{116} = 45^\circ$$

Таким образом, угол наклона грани к горизонту мог принимать значения, лежащие в диапазоне

$$51^\circ \leq \alpha \leq 54.728^\circ$$

Рассмотрим схему предельного равновесия блока на наклонной поверхности (рис. 5).

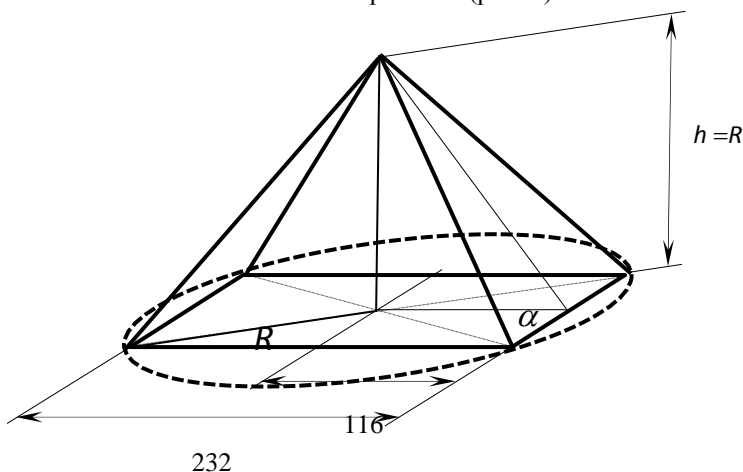


Рис. 4.

На блок действуют следующие силы:

\vec{T} – сила натяжения каната;

\vec{G} – сила веса блока снакладками;

\vec{F} – сила сопротивления качению;

\vec{R}_y – сила нормальной реакции опорной поверхности;

\vec{R}_x – сила касательной реакции опорной поверхности (формируется

трением сцепления).

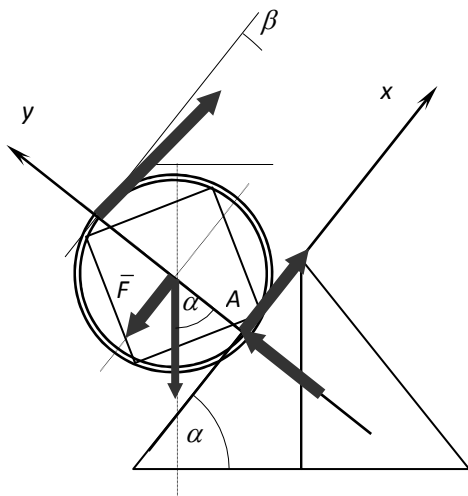


Рис. 5.

шением

$$|F \neq R_x| \quad \left| \cdot \frac{k_{\text{кач}} r}{r} \right.$$

Коэффициент сопротивления качению $k_{\text{кач}}$ можно выразить посредством деформации опорной поверхности. Пусть длина пятна контакта блока с уплотнённой глиной составляет $L = 0.3$ м. Тогда можно написать приближенное равенство $k_{\text{кач}} \approx 0.4 \cdot L = 0.4 \cdot 0.3 = 0.12$ м.

Решая систему аналитически при помощи компьютера в программе «Mathcad», получаем результат, приведенный на рис. 6.

На основании полученных функций в зависимости от коэффициента трения сцепления, строим зависимость угла наклона грани пирамиды от этого коэффициента (рис. 7).

Компьютерный расчет соответствующих усилий и предельного коэффициента трения сцепления, необходимого для осуществления предлагаемого способа подъема блоков при значениях $\beta = 0$ (рис. 8а) и $\beta = 10^\circ$ (рис. 8б), если $k_{\text{кач}} = 0.792$, приведен ниже.

Осуществимость предлагаемой технологии подъема блоков на строи-

Запишем условие равновесия

$$\clubsuit \sum X = 0$$



$$\diamond \sum Y = 0$$



$$\heartsuit \sum M_A = 0$$

что в проекциях на координатные оси дает:

$$\clubsuit T \cdot \cos \beta - F - G \cdot \sin \alpha + R_x = 0$$

$$\spadesuit -T \cdot \sin \beta - G \cdot \cos \alpha + R_y = 0$$



$$\heartsuit T \cdot \cos \beta \cdot 2r - F \cdot r - G \cdot \sin \alpha \cdot r = 0$$

В предельном равновесии касательная реактивная сила выразится как максимальная сила трения сцепления $|R_x \neq R_y|$.

Из теоретической механики [1] известно, что сила сопротивления качению выражается соотно-

тельный горизонт подтверждается и проведенными экспериментами. Так, на рис. 9 показан эксперимент по закатыванию блока по глиняной поверхности с углом, соответствующим углу наклона грани пирамиды. На рисунке автор затягивает блок на вершину пирамиды-аналога. Ассистент при этом держит отвес вдоль ее строительной вертикали. Видно, что этот процесс в условиях эксперимента не вызывает затруднений.

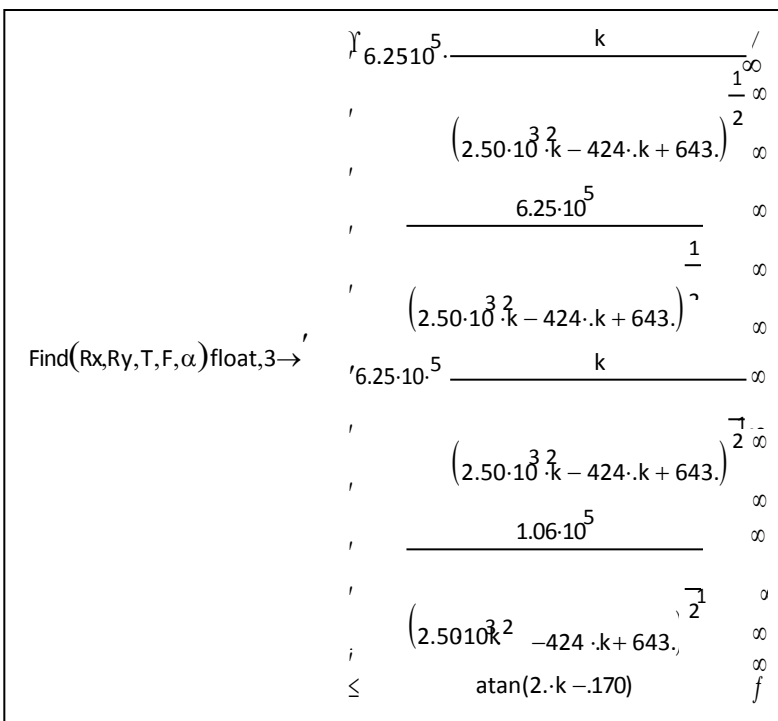


Рис. 6.



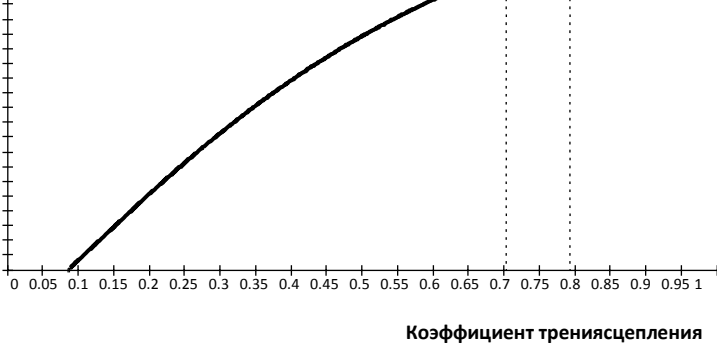


Рис. 7.

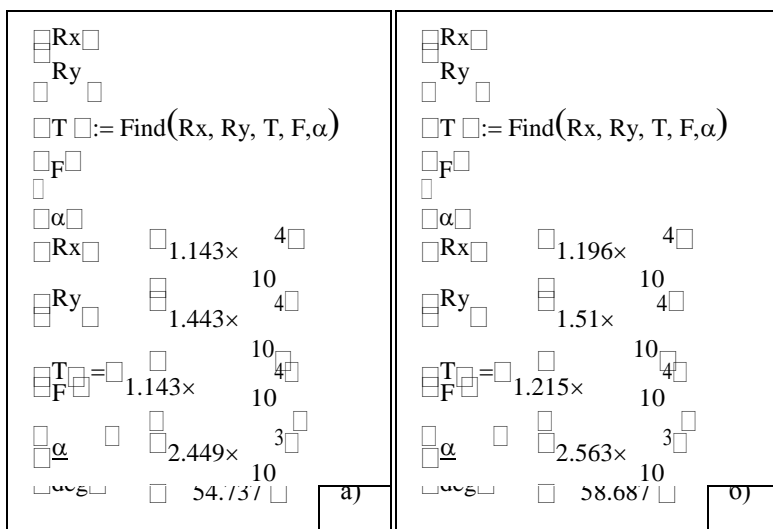


Рис. 8. Расчет сил (Н), возникающих при закатывании блока по грани с предельным углом α°

Ряд вспомогательных экспериментов по определению коэффициента трения сцепления между деревянным брусом и глиняной поверхностью дают значение $k=0.839$, а между ней и деревянной поверхностью, покрытой слоем волокнистого материала – нити из натурального волокна, – даже величину $k=1.28$. Сравнение этих коэффициентов с их расчетными значениями, отмеченными на кривой рис. 7, наталкивает на мысль, что наклон граней пирамиды как раз и формировался под предлагаемую технологическую схему доставки блоков.

В результате проведенных расчетов, подтверждаемых экспериментами (рис. 9), можно сделать вывод, что закатывать блоки на строительный горизонт пирамиды непосредственно по ее граням, предварительно покрытым слоем глины, при древнем техническом оснащении было вполне возможно.

Кроме того, только предлагаемым способом можно было обеспечить необходимый приток деталей на строительный горизонт. Никакие другие известные или предполагаемые способы доставки каменных глыб не могут отвечать условию значительной интенсивности доставки.

Для воплощения в жизнь предлагаемого способа требуются меньшие затраты ресурсов, чем для какого-либо другого.

Таким образом, предложенный способ доставки глыб на строительный горизонт сооружения с плоскими гранями бросает новый взгляд на строительство Великих египетских пирамид.



Рис. 9. Эксперимент по закатыванию блока пирамиды по еетелу

Литература:

1. Швед С.В. Теоретическая механика. Статика и элементы динамики: Пособие для механических специальностей технических вузов и университетов. – Кривой Рог: Криворожский факультет НМетАУ, 2000. – 450с.

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ВИБРОМАШИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОЙ СРЕДЫ MATHCAD

ПРИ ИЗЛОЖЕНИИ КУРСА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

С.В. Швед

г. Кривой Рог, Криворожский металлургический факультет
Национальной металлургической академии Украины

Программная среда Mathcad имеет широчайший спектр вычислительных, интерпретационных, сервисных и демонстрационных возможностей. Так, например, с ее помощью можно решать задачи математического анализа, аналитической геометрии, обрабатывать результаты эксперимента с целью их дальнейшей аппроксимации, демонстрировать простейшие мультфильмы по созданной математической модели движения объекта и многое другое.

Интерфейс пакета чрезвычайно прост, и пользоваться им может человек, не знающий ни одного алгоритмического языка.

Рабочий лист формируемого математического документа почти не отличается от обычных математических записей, производимых на бумаге – те же символы, те же приемы записи, тот же порядок оформления документа. Однако, в отличие от обычного бумажного документа, все формулы в электронном варианте «живые». При любом изменении входящих значений, результат вычислений тут же меняется, вне зависимости от того, получен он аналитически или численными методами.

Любое действие в пакете контролируется, и если поставленная задача неразрешима в принципе или по причине каких-либо особенностей, он корректно сообщает об этом, и даже намекает на возможное направление поиска решения.

Чтобы убедиться в достоинствах пакета Mathcad, рассмотрим предельные вычислительные возможности его последней версии – Mathcad 11 – по решению систем нелинейных дифференциальных уравнений численным методом.

Рассмотрим задачу вращения несбалансированных масс, так называемых дисбалансов, каждый из которых, независимо друг от друга приводится в движение собственным асинхронным электрическим двигателем мощностью 7.5 кВт. Основная проблема, возникающая при решении этой задачи, заключается во взаимном влиянии дисбалансов друг на друга в связи с их установкой на одном свободном от связей материальном теле. Объяснить взаимное влияние дисбалансов вибровозбудителей друг на друга можно следующим образом.

Пусть под действием вибровозбудителя А основание, на котором он закреплен, совершает колебательное движение, заставляя изменять положе-

ние оси вращения смежного возбудителя Б, также установленном на этом основании (рис. 1). Но тогда при движении этого возбудителя возникает момент сил инерции его дисбаланса относительно оси вращения. Такой момент называется вибрационным моментом, он является выражением вращательного воздействия вибровозбудителя А на дисбаланс возбудителя Б. Это вращательное воздействие может как затруднять вращение приводного двигателя возбудителя Б, так и помогать ему, изменяя расход энергии и влияя на угловую скорость. Совершенно также и возбудитель Б оказывает аналогичное влияние на вращение дисбаланса возбудителя А, действуя на него своим вибрационным моментом. Характерно, что вибрационный момент, образующийся на оси дисбаланса вибровозбудителя Б будет сказываться на его кинематическом состоянии даже в том случае, если к его дисбалансу (Б) не подводится приводной момент двигателя. Именно таким образом осуществляется взаимное влияние вибровозбудителей друг на друга, оказывая в целом комплексное вибровозбуждающее действие на всю свою механическую систему.

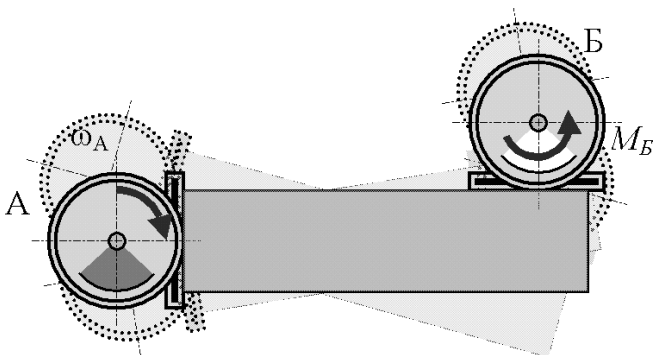


Рис. 1. Схема влияния возбудителя А на возбудитель Б

Реальная задача, позволяющая исследовать движение вибромашины, оказывается еще более сложной. Расчетную схему вибромашины условно можно представить в виде, приведенном на рис. 2. Как видно, для решения проблемы необходимо учитывать значительное количество факторов, влияющих на вращение дисбалансных масс и, как результат, на движение всей машины в целом. Это не только моменты, развиваемые двигателями, но еще и моменты вязкого сопротивления, моменты механического сопротивления, параметры демпфирования наложенных на машину упругих связей, массово инертные характеристики составных частей системы рассматриваемых материальных тел. В результате математическая модель процесса содержит в себе систему из девяти нелинейных дифференциальных уравнений, решить которую с помощью рассматриваемого пакета с приемлемой для практики точности не представляется возможным. Для практического использования полученного решения не пригоднов следствие слишком боль-

шого накопления ошибки при численном методе решения (аналитическими методами указанную систему невозможно решить в принципе).

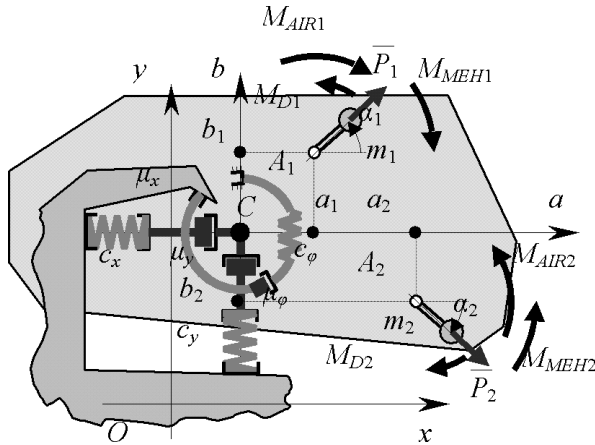


Рис. 2. Расчетная схема вибромашины

Задача решается, если принять, что связь вибромашины с ее основанием отсутствует (это предположение позволительно, когда частоты вращения дисбалансов далеки от собственной частоты упругих колебаний всей машины). При этом математическая модель может быть сведена к системе уже только шести нелинейных дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned}
 \ddot{\alpha}_1(t) = & \frac{1}{e_1} \left\{ \cos \alpha_1(t) \cdot (g \cdot \sin \alpha_g - \dots) - \sin \alpha_1(t) \cdot (g \cdot \cos \alpha_g - \dots) \right\} + \\
 & \frac{MD_i - M_{MEH_i} - M_{AIR_i} - M_{\text{торм}}}{m_i \cdot e_i^2} \\
 \ddot{\alpha}_2(t) = & \frac{1}{e_2} \left\{ \cos \alpha_2(t) \cdot (g \cdot \sin \alpha_g - \dots) - \sin \alpha_2(t) \cdot (g \cdot \cos \alpha_g - \dots) \right\} + \\
 & \frac{MD_j - M_{MEH_j} - M_{AIR_j} - M_{\text{торм}}}{m_j \cdot e_j^2}
 \end{aligned}$$

$$I_{zC} = \sum_{i=1}^n (a_i^2 m_i) \cos^2 \alpha_i + \sum_{i=1}^n (b_i^2 m_i) \sin^2 \alpha_i$$

$$I_{zC} = \sum_{i=1}^n (a_i^2 m_i) \sin^2 \alpha_i + \sum_{i=1}^n (b_i^2 m_i) \cos^2 \alpha_i$$

В системе приняты следующие обозначения:

I_{zC} – главный центральный момент инерции вибрмашины в плоскости

ее вибрации;

M – масса снаряженной вибромашины;

a_i и b_i – координаты осей дисбалансов в связанной с вибромашиной системе координат;

e_i и m_i – соответственно эксцентриситеты несбалансированных масс и массы дисбалансов;

α_1 и α_2 – углы поворота дисбалансов, вращающихся в разные стороны, от момента начала движения;

\mathbb{K}_1 и \mathbb{K}_1 – проекции ускорения точки приложения силы инерции от первой неуравновешенной массы (их значение формируется двумя нижними выражениями с подстановкой $i=1$, $a_i=a_1$ и $b_i=b_2$);

\mathbb{K}_2 и \mathbb{K}_2 – проекции ускорения точки приложения силы инерции от

второй неуравновешенной массы (их значение также формируется двумя нижними выражениями с подстановкой $i=2$, $a_i=a_1$ и $b_i=b_2$).

Подставим соответствующие нижние выражения в два верхних, превращая тем самым систему шести уравнений в систему двух, также нелинейных, дифференциальных уравнений и решаем относительно углов поворота дисбалансов средствами Mathcad 11. Предлагаемая к решению система более чем сложна. Однако компьютер, тем не менее, справляется с ней за сравнительно короткое время (около 25 секунд).

Как видно, пакет решает систему двух диф. уравнений, обладающих значительной нелинейностью. Любопытно, что попытка решить систему эквивалентных уравнений рассматриваемого процесса в общей форме не увенчается успехом. Полученные в результате решения зависимости уже не будут согласоваться с физической картиной движения вибромашины. Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать вывод, что в программной среде Mathcad 11 разрешимы системы только двух дифференциальных уравнений, обладающих существенной нелинейностью. В системе более простых уравнений их может быть уже большее количество.

Литература:

1. Макаров Е.Г. Инженерные расчеты в MathCAD. – СПб.: Питер, 2003. – С. 132–153.

2. Гурский Д.А. Вычисления в MathCAD – Мн.: Новое знание, 2003. – С. 627–640.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОФАЗНОГО ДВУХПОЛУПЕРИОДНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ В КУРСЕ «ДИСКРЕТНЫЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИКИ»

Д.А. Шелист

г. Кривой Рог, Криворожский металлургический факультет
Национальной металлургической Академии Украины

Виртуальная лабораторная установка для исследований, предусмотренных содержанием лабораторной работы по курсу, показана на рис. 1.

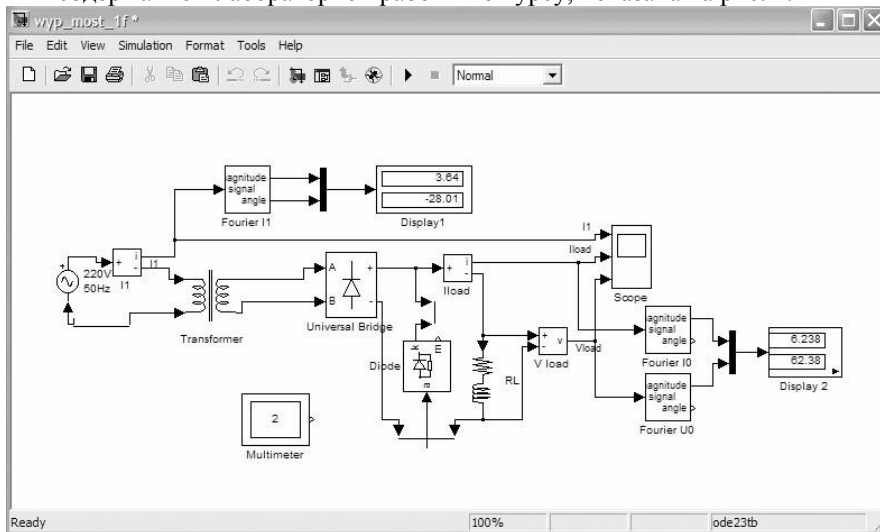


Рис. 1. Модель однофазного выпрямителя

Она содержит: источник синусоидального напряжения (220 В, 50 Гц); однофазный трансформатор (Transformer); однофазный диодный мост (Universal Bridge); активно-индуктивную нагрузку (R, L); обратный диод (Diode); измерители мгновенных токов в источнике питания (I1) и нагрузке (I Load); измеритель мгновенного напряжения на нагрузке (U Load); блок для измерения гармонических составляющих тока питания (Fourier I1); блок для измерения гармонических составляющих тока нагрузки (Fourier I0) и аналогичный блок для измерения гармонических составляющих напряжения на нагрузке (Fourier U0); блок для наблюдения (измерения) мгновенных значений тока в цепи питания, тока нагрузки и напряжения на нагрузке (Scope); блок для наблюдения и измерения мгновенных значений величин, которые выбраны в поле Measurement соответствующих блоков (Multimeter); блок для измерения амплитудного значения тока первой гармоники в цепи питания (Display1); блок для измерения средних

значений тока и напряжения на нагрузке (Display 2). Окно настройки параметров источника питания показано на рис. 2.

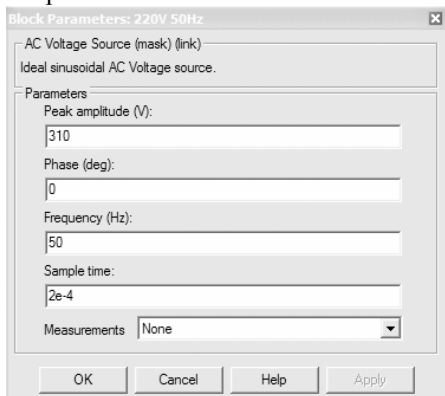


Рис. 2. Окно настройки параметров источника питания

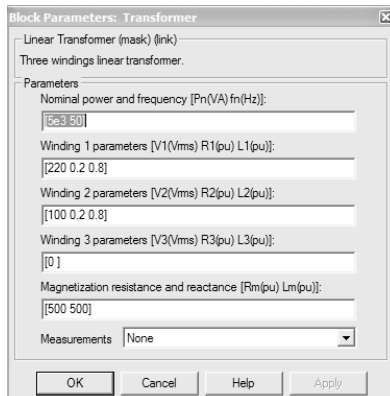


Рис. 3. Окно настройки параметров трансформатора

В полях настройки задаются: амплитуда напряжения в вольтах (Peak amplitude, V); начальная фаза напряжения в градусах (Phase, deg); частота напряжения в герцах (Frequency, Hz).

Параметр Sample time задает дискретность задания напряжения. Такой параметр имеется во многих библиотечных блоках, он должен быть согласован с временем дискретизации при задании параметров моделирования (рис. 10). При моделировании аналоговых систем его можно установить равным нулю.

Окно настройки параметров трансформатора показано на рис. 3. В полях окна настройки вводятся номинальная мощность и частота трансформатора (Nominal power and frequency), параметры первичной и вторичной обмоток (Winding I parameters, Winding 2 parameters) и параметры ветви намагничивания (Magnetization resistance and reactance). Параметры схемы замещения трансформатора приведены к относительным (безразмерным) величинам.

Для определения относительных параметров трансформатора необходимо рассмотреть его схему замещения.

Обобщенная схема замещения трансформатора показана на рис. 4. Эта схема замещения представлена как идеальный трансформатор с вынесенными элементами, характеризующими потери в обмотках (R_1 , R_2 , R_3), потоки рассеяния обмоток (L_1 , L_2 , L_3) и цепь намагничивания трансформатора (L_m , R_m).

Преимущество задания параметров трансформатора в относительных величинах состоит в том, что для первичной и вторичных обмоток они оказываются равными (рис. 4). Кроме того, относительные параметры ветви

намагничивания тоже равны между собой.

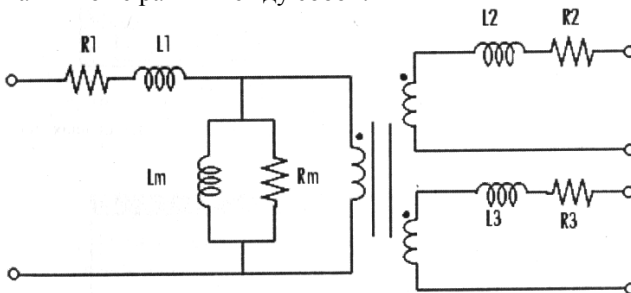


Рис. 4. Обобщенная схема замещения трансформатора

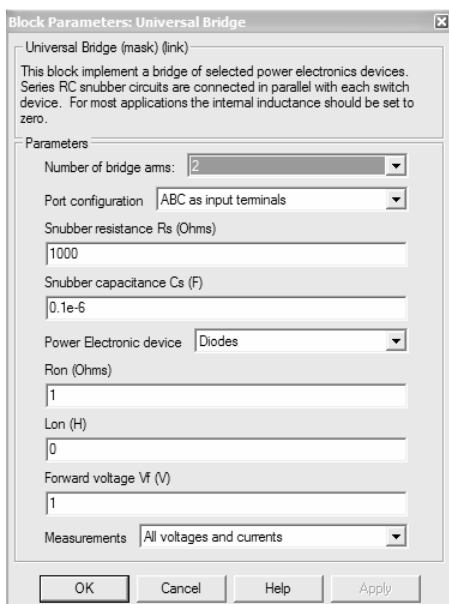


Рис. 5. Окно настройки параметров диодного выпрямителя

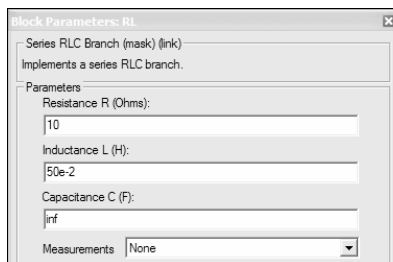


Рис. 6. Окно настройки параметров нагрузки

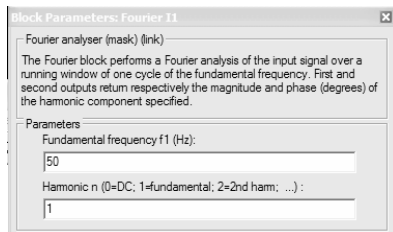


Рис. 7. Окно настройки блока Fourier 1

Окно настройки параметров выпрямителя показано на рис. 5. В полях настройки заданы: количество ветвей моста (2) (Number of bridge arms); конфигурация входных и выходных портов (Port configuration); параметры демфирующих цепей (Snubber resistance, Snubber capacitance); тип полупроводниковых приборов в универсальном мосте (Power Electronic device); динамическое сопротивление диодов в открытом состоянии в Омах (R_{on} , Ohms); индуктивность диода в открытом состоянии в генри (L_{on} , H); пороговое напряжение на диоде в открытом состоянии в вольтах (Forward

voltage, V).

В поле Measurement выбраны величины, которые измеряются блоком Multimetr.

Окно настройки параметров нагрузки показано на рис. 6. Для реализации активно индуктивной нагрузки в последовательной R, L, C цепи в двух первых полях (Resistance R, Ohms, Inductance L, H) устанавливается значение активного сопротивления в Омах и индуктивности в генри, в третьем поле (Capacitance C, F) – бесконечность (inf).

В окне настройки параметров блока Fourier II (рис. 7) устанавливается частота, равная частоте питающего напряжения, и номер первой гармоники. Блоки Fourier 10, FourierUO измеряют постоянные составляющие выходного тока и напряжения. При двухполупериодном выпрямлении основная частота выходного напряжения (тока) равна удвоенной частоте источника ($f=100$).

В поле (Harmonic n) задается номер гармоники. В данном случае измеряется постоянная составляющая ($n = 0$).

Окно приборов Display для измерения значений исследуемых процессов показано на рис. 8. В первом поле задается формат представления измеряемых значений.

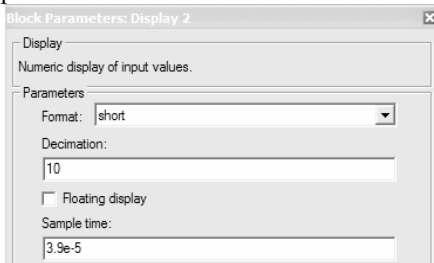


Рис. 8. Окно настройки блока Display

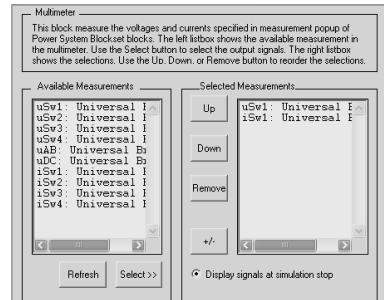


Рис. 9. Окно настройки блока Multimetr

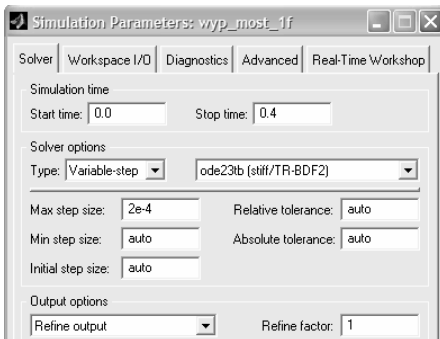


Рис. 10. Окно настройки параметров моделирования

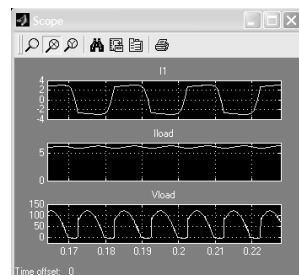


Рис. 11. Осциллограммы тока питания, тока нагрузки и напряжения

нагрузке

Второе поле (Decimation) определяет периодичность вывода значений в окне Display.

Параметр Sample time задает дискретность вывода измеряемых значений. Этот параметр должен быть согласован с временем дискретизации при задании параметров моделирования (рис. 10). При моделировании аналоговых систем его можно установить равным нулю.

Окно настройки блока Multimeter показано на рис. 9.

В левом поле (Available) высвечиваются все напряжения и токи универсального моста, так как они заданы в окне настройки блока рис. 5.

В правом поле (Selected) отражены те переменные, которые измеряет блок (эти значения перенесены из левого поля в правое кнопкой Select).

Переменные правого поля можно измерить на выходе блока внешними приборами. При включенном флажке Display signals at simulation stop мгновенные значения этих величин отражаются в графическом окне блока по окончании очередного моделирования.

Порядок проведения лабораторной работы

Исследование однофазного двухполупериодного выпрямителя при работе на активно индуктивную нагрузку с обратным диодом проводится на виртуальной установке (рис. 1), подробное описание которой приведено выше. Параметры источника питания, трансформатора, нагрузки и диодного моста задаются преподавателем. При самостоятельном изучении параметры источника питания и диодного моста целесообразно задать такими, как на рис. 2, 5. Параметры нагрузки задаются так, чтобы постоянная времени нагрузки $T_n = L_n/R_n$ находилась в пределах (2...5) ($T = 1/f$).

Параметры моделирования задаются на вкладке Simulation Parameters/Solver (рис. 10). В поле Stop time задается время в секундах, равное 10...20 периодов напряжения источника. В поле Type задается переменный шаг (Variable-step) и метод решения дифференциальных уравнений – ode 23 tb (stiff/TR-BDF2). В поле Max step size устанавливается значение шага моделирования, это же значение заносится в поле Sample time всех блоков, которые это поле имеют (рис. 2, 8). В оставшихся полях можно оставить значения по умолчанию.

Изменяя сопротивление нагрузки от 10 Ом до 100 Ом с шагом 10 Ом и индуктивность нагрузки так, чтобы постоянная времени $T_n = L_n/R_n$ оставалась постоянной, измеряют и рассчитывают основные характеристики выпрямителя. При этом моделирование проводится для каждого сопротивления нагрузки.

Результаты моделирования заносятся в табл. 1.

Табл. 1

Данные				Измерения						Вычисления		
U1max	f1	Ln	Rn	In	Un	I1(1)	φ1	UDmax	iDmax	S1(1)	P1(1)	Pn
В	Гц	Гн	Ом	А	В	А	град	В	А	ВА	Вт	Вт

Амплитуда первой гармоники тока в источнике питания $I_1(1)_{\max}$ и начальная фаза этого тока φ_1 определяются по показаниям Display 1, ток и напряжение на нагрузке определяются по показаниям Display2. Мгновенные значения этих величин можно наблюдать на экране осциллоскопа (рис. 11).

Вычисления полной и активной мощности, потребляемой выпрямителем от источника питания по первой гармонике, а также мощности в нагрузке, осуществляются по выражениям:

$$S_1(1) = U_1 \max I_1(1) \max / 2 \text{ (ВА)} \quad P_1(1) = S_1(1) \cos \varphi_1 \quad P_n = U_n I_n$$

По завершении очередного моделирования появляется графическое окно блока Multimeter (рис. 12) с кривыми мгновенных значений напряжения и тока диода. Максимальные значения этих величин табл. 1 определяются из графического окна блока Multimeter. По результатам табл. 1 строятся: внешняя (нагрузочная) характеристика выпрямителя $U_n = f(I_n)$ и энергетические характеристики выпрямителя $I_1(1)_{\max}$, $I_{D\max}$; $S_1(1) P_1(1) = f(P_n)_{\max}$.

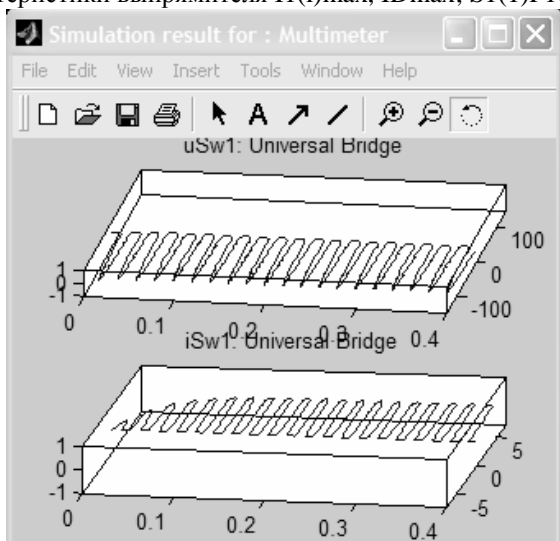


Рис. 12. Осциллограммы напряжения и тока диода

ЗАСТОСУВАННЯ НАВЧАЛЬНО-КОНТРОЛЮЮЧИХ ТРЕНІНГІВ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ З ФІЗИКИ

А.І. Шурдук, Л.І. Вовк

м. Полтава, Полтавський університет споживчої кооперації України

У Полтавському університеті споживчої кооперації України проводиться інтенсивна робота по створенню електронних навчальних посібників для кожної з дисциплін. Структура посібника може бути такою: вступ, вхідне тестування, тематичний огляд, глосарій, література, вихідне тестування. Структура посібника залежить як від змісту дисципліни, так і від нахилів викладача, який складає посібник. Після вступу доцільно подати робочу навчальну програму дисципліни, щоб кожний студент міг ознайомитись з робочим графіком курсу, з тематичним планом та розподілом годин на індивідуальну та самостійну роботи, з їх змістом тощо. Доречно дати і питання для підготовки до іспиту. Для з'ясування початкового рівня знань, які є основою для вивчення даної дисципліни, проводиться вхідне тестування. Тести з фізики і математики розробляють у програмі Subject, у якій можна набрати формули, рівняння тощо. Для кожного питання тесту дається декілька відповідей, з яких потрібно вибрати всі правильні відповіді (їх може бути декілька).

Посібники створюються таким чином, щоб не повторювати інформацію, яку можна знайти у підручниках. Теми мають такі складові: ключові слова, теоретичні відомості (основні та додаткові), література, перелік умінь, якими студент повинен володіти після вивчення теми. Після кожної теми подаються задачі для індивідуальної та самостійної роботи і навчально-контролюючий тренінг для перевірки індивідуальних завдань. Деякі викладачі розробляють вхідні і вихідні тести до кожної теми.

Наша робота присвячена навчально-контролюючому тренінгу для індивідуальних домашніх завдань (ІДЗ), який розробляється у програмі MS Excel за допомогою логічних функцій (див. нижче приклад тренінгу). Задачі для ІДЗ підбираються таким чином, щоб була можливість перевірити якомога більше результатів. Тобто бажано, щоб це були блоки задач. Ще краще, якщо для індивідуальних домашніх завдань дають розв'язати аналогічні задачі з подібних тем, тоді є можливість застосувати один тренінг для перевірки двох задач, як це показано у наведеному прикладі.

На індивідуальне заняття студент приходить з виконаним ІДЗ, щоб перевірити результати на комп'ютері. Для цього йому потрібно ввести дані і результати у комірки, які виділені кольором. Якщо студент впевнений у правильності розв'язування задачі, то йому достатньо перевірити кінцеві результати. Якщо поряд з коміркою для занесення результату висвітилось "неправильно", то студент може перевірити правильність проміжних ре-

зультатів і з'ясувати на якому кроці розв'язування задачі було зроблено помилку. У наведеному прикладі тренінгу показано, що середнє прискорення має неправильне числове значення. При перевірці числового значення швидкості V_1 висвітлюєть "правильно", а при перевірці V_2 – "неправильно", значить студенту потрібно перевірити обчислення швидкості V_2 , а потім обчислити прискорення.

Навчально-контролюючий тренінг для перевірки результатів ІДЗ №1

Задача 1

Рівняння руху тіла масою m кг має вигляд $S=At-Bt^2$, де A, B - задані. В інтервалі часу від t_1 до t_2 знайти середню швидкість, середнє прискорення та роботу гальмування. Чому дорівнює сила гальмування у момент часу t ?

Вказівка: Спочатку перевірте кінцеві результати, виконавши завдання, які виділені жирним шрифтом. Якщо вони неправильні, то перевірте проміжні результати.

Введіть дані:

$$A = \begin{matrix} 30 \\ 10 \end{matrix} \quad B = 2 \quad t_1 = 1 \quad t_2 = 6$$

Введіть знайдене числове значення шляху у момент часу t_1 :

$$S_1 = 28 \quad \text{правильно}$$

Введіть знайдене числове значення шляху у момент часу t_2 :

$$S_2 = 108 \quad \text{правильно}$$

Введіть знайдене числове значення середньої швидкості:

$$V_c = 16 \quad \text{правильно}$$

Введіть знайдене числове значення швидкості у момент часу t_1 :

$$V_1 = 26 \quad \text{правильно}$$

Введіть знайдене числове значення швидкості у момент часу t_2 :

$$V_2 = 5 \quad \text{неправильно}$$

Введіть знайдене числове значення середнього прискорення:

$$a_c = -4,2 \quad \text{неправильно}$$

Введіть знайдене числове значення роботи сили гальмування:

$$A = -3200 \quad \text{правильно}$$

Введіть знайдене числове значення прискорення:

$a =$ **правильно**

Введіть знайдене числове значення сили гальмування:

$F =$ **правильно**

Задача 2

Рівняння руху тіла з моментом інерції $I \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ яке обертається навколо своєї осі, має вигляд $S = At - Bt^2$, де A, B - задані. В інтервалі часу від t_1 до t_2 знайти середню кутову швидкість, середнє кутове прискорення та роботу гальмування. Чому дорівнює гальмуючий момент у момент часу t ?

Для перевірки результатів цієї задачі, їх підставляють у комірку для результатів аналогічних величин задачі № 1.

Більше двох років ми застосовуємо тренінги у процесі навчання студентів. Відмітимо позитивні аспекти, які спостерігаються при використанні тренінгу.

1. У методиці навчання фізики доведено, що розв'язування фізичних задач – це метод навчання. Критерієм правильно розв'язаної задачі є правильна відповідь. Результат розв'язування задачі (відповідь) можна перевірити з відповіддю у задачнику. Якщо отримана відповідь не співпадає з відповіддю у задачнику, то у студента може з'явитись бажання “підгасувати” розв'язування задачі під правильну відповідь. При застосуванні тренінгу у студента немає такої можливості. Адже неможливо підібрати правильну відповідь з безлічі числових значень. Вихід тільки один – необхідно правильно розв'язати задачу і правильно обчислити величини.

2. За допомогою тренінгу реалізується індивідуалізація навчального процесу. Оскільки деяким студентам достатньо п'яти хвилин, щоб перевірити результат, продемонструвати його викладачу і отримати зарахування ІДЗ. Іншим студентам потрібно ще виправити помилки, але бувають і такі, яким не вистачає і пари, щоб отримати правильний результат.

3. Спостерігається суттєва відмінність взаємодії студент–викладач і студент–комп'ютер. Коли викладач говорить, що відповідь неправильна, то студент може сперечатися, говорити, що правильно розв'язав, що декілька раз перевіряв відповідь, буде намагатися вивідати у викладача де він зробив помилку. Коли ж на моніторі висвітилось “неправильно”, то просто диву даєшся з якою наполегливістю студент перевіряє розв'язування задачі і обчислення величин. Він звертається до навчальних посібників, до однокласників, виявляє помилки у розв'язуванні задачі і виправляє їх доти, поки не отримає правильну відповідь.

4. Завдяки тренінгу у студента розвивається наполегливість у отриманні правильного результату. Ця програма спонукає студента до навчання. Тому він і має назву: “Навчально-контролюючий тренінг”. Ми вважаємо, що спонукання до навчання є однією з цінностей тренінгу, оскільки відомо з періодичних видань, що тільки 15% студентів не потребують спонукання до навчання. У зв'язку з поступовим переходом до всезагальної вищої освіти, що є вимогою часу, ми вважаємо, що такі тренінги будуть корисними у на-

вчанні студентів будь-якого рівня підготовки.

5. Можливість застосовувати навчально-контролюючі тренінги у дистанційній освіті.

Література:

1. Вальдрат О.Л., Чаповська Р.Б. Робота з Microsoft Excel 2000. – К.: ЦУЛ, Фітосоціоцентр. 2002. – 186с.

2. Козакова Г. Інформатизація навчального процесу – передумова інтеграції до європейського освітнього простору // Освіта. – 2004. – №10. – С.2.

РАБОТЫ ФИЗИКОВ УКРАИНЫ ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЫ XX СТ. ПО ВОПРОСАМ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ И ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КУРСЕ ИСТОРИИ ФИЗИКИ

Е.А. Щербак

г. Днепропетровск, Днепропетровский национальный университет
sherbak@ua.fm

Появление в 1905 году статьи А. Эйнштейна «К электродинамике движущихся тел» стало поворотным моментом в истории развития физики. Дискуссии по поводу теории относительности затронули учёных всего мира и привели к открытым дискуссиям, затронувшим основные понятия физики; в частности, пространство и время.

Не обошел этот процесс и Украину, как в составе Российской империи, так и в составе СССР. Теория относительности была представлена в работах Я.И. Грдины, Б.П. Герасимовича, А.П. Грузинцева, Л.И. Кордыша, Н.П. Кастерина и др. Среди них были как приверженцы, так и противники данной концепции. В силу своей новизны любая новая теория, как известно, приводит к острым дискуссиям в научном мире. У неё всегда будут как сторонники, так и противники. Только при таком условии можно избежать ошибок и прийти к верным результатам.

В работах начала XX века харьковского профессора Алексея Петровича Грузинцева развивался взгляд на эфир как на структуру, тесно связанную с электромагнитным полем. В статье «Преобразование Лоренца и принцип относительности» А.П. Грузинцев показал, что уравнения электродинамики или, «что то же самое при известных условиях, оптики для чистого эфира» [1], сохраняют вид при преобразованиях Лоренца. Реально он показал инвариантность уравнений Максвелла для среды относительно преобразований Лоренца. Сделанный им, независимо от других исследователей, подобный вывод был весьма важен с точки зрения обоснования теории относительности. В тоже время ученый очень осторожно высказался относительно трактовки отрицательного значения опыта Майкельсона, приветствуя всесторонность рассмотрения данного вопроса.

Хотя релятивистские поправки для астрономических исследований не велики, теория относительности заинтересовала астрофизика Б.П. Герасимовича (впоследствии директора Пулковской обсерватории), о чём свидетельствует работа «Абберрация света и теория относительности» 1913 года. Работа «Вселенная при свете теории относительности» 1925 года посвящена анализу вопросов пространства и времени с точки зрения как СТО так и ОТО, и применимости её к астрофизическим исследованиям.

Леонид Иосифович Кордыш, профессор теоретической физики, работавший в Киевском политехническом институте и Киевском университете, ряд своих работ посвятил вопросам как общей, так и специальной теории

относительности. В 1910 году появляется «одна из первых статей на русском языке» [5] – «Элементарный вывод основных формул теории относительности». В работе «Гравитация и инерция» им были изложены положения общей теории относительности. А работа «Гравитационная теория дифракционных явлений» посвящена применению вышеизложенных положений. В работе 1924 года «Теория относительности и теория квант» Л.И. Кордышем высказаны предположения о существовании гравитационных межмолекулярных полей. В статье «Электромагнитные волны со скоростями, большими скорости света» рассмотрена возможность существования волн, распространяющихся со сверхсветовыми скоростями и, в то же время, подчинённых уравнениям Максвелла.

К противникам теории относительности можно отнести профессора Екатеринославского (Днепропетровского) горного института, основоположника теории динамики живых организмов – Ярослава Ивановича Грдину и профессора Н.П. Кастерина, работавшего в 10-е годы XX ст. в Новороссийском (Одесском) университете.

Вопросам теории относительности Я.И. Грдина посвятил семь работ, выпущенных в период с 1912 по 1927 годы. В них рассмотрены опытные данные, на основании которых можно рассчитать отношения e/m_0 , где e – заряд электрона, m_0 – полная поперечная (кажущаяся) масса электрона при бесконечно малых скоростях («К вопросу о массе электрона» 1912 г.). Высказана авторская точка зрения относительно того, что новые положения теории относительности слишком усложняют привычные понятия, установленные и проверенные экспериментально в классической механике. Теория относительности недостаточно обоснована в теоретическом отношении («К вопросу о принципе относительности» 1914 г.). Также было подвергнуто критике такое положение теории относительности, как постоянство скорости света («Физический или ограниченный принцип относительности» 1915 г.). В 1927 году вышла последняя работа, посвящённая специальной теории относительности: «Заметки по принципу относительности». В ней высказана мысль о том, что эта теория не имеет внутренних логических противоречий, поэтому опровергнуть её можно только опытным путём.

Вокруг работ Кастерина, ещё при его жизни, велись острые дискуссии, о чём свидетельствуют хотя бы опубликованные в «Известиях АН СССР» за 1937 г. критические статьи: «О статье Н.П. Кастерина «Обобщение основных уравнений аэродинамики и электродинамики» (авторы Д.И. Блохинцев, М.А. Леонтович, Ю.Б. Румер, И.Е. Тамм, В.А. Фок, Я.И. Френкель) и «О работах Н.П. Кастерина по электродинамике и смежным вопросам» (И.Е. Тамм). В своей теории Н.П. Кастерин пытался перенести понятия аэродинамики на электродинамику. В работе «О несостоятельности принципа относительности Эйнштейна», изданной в 1919 году в Одессе, на основании анализа опыта Бюхерера по определению скоростей β -лучей, Н.П. Кастерин приходит к выводу, что β -частицы могли иметь скорости, превышающие

скорость света: «Вывод этой формулы (автор – расчёта скорости β -частиц) тесно связан с новым видом уравнений электродинамики, и при том эти новые уравнения подчинены механическому принципу относительности (Галилея). Поэтому, вопрос о формуле Эйнштейна при этом способе вычисления β сам собою отпадает...» [2].

Развитие физических идей – процесс интернациональный, не знающий границ. И поэтому в курсе «История физики» важным является осознание того, как общемировые тенденции, в том числе и создание теории относительности, отразились на процессе становления физической науки в Украине. Однако развитие вопросов теории относительности у нас мало изучено. В силу исторических обстоятельств, работы многих ученых, в том числе и Украины, были либо забыты, либо не оценены должным образом. Поэтому сведения исследований в области СТО и ОТО физиков Украины, в период становления этих теорий, рекомендуется ввести в курс «История физики». Кроме того, необходим историко-физический анализ упомянутых и других трудов отечественных физиков в этой области науки, для объективной оценки их места в процессе становления новой, неклассической физики.

Литература:

1. Грузинцев А.П. Преобразования Лоренца и принцип относительности // Сообщения ХМО. – Сер. 2. – Харьков, 1911. – Т. 12, № 6. – С. 269-288. То же. – Харьков, 1911. – 20 с. (отд.оттиск).
2. Кастерин Н.П. О несостоятельности принципа относительности Эйнштейна. – Од., 1919. – 11 с. (отд. оттиск из «Записок Новороссийского университета»).
3. Кордыш Л.И. Элементарный вывод основных формул теории относительности//Изв.Киев.политехн.ин-та.Отд.инж.-мех.–1911.–Год11. – Кн. 1. – С. 43-51. То же. – К.: Тип-я Кульженко, 1911. – Отд. оттиск. – 11 с.
4. Штрум Л.Я. Леон Иосифович Кордыш [Некролог] // УФН. – 1933.– Т. 13, вып. 6. – С. 970-975.
5. Эйнштейновский сборник 1984–1985. – М.: Наука, 1988. – С.9-70.

Зміст

<i>О.І. Іваницький, І.К. Круцило, А.І. Павленко. Сучасна історія методики навчання фізики: словопровчителя</i>	3
<i>І.С. Аксьонов, Ю.П. Мінаєв, Н.І. Тихонська. Організація обговорення головної ідеї та плану розв'язування фізичної задачі</i>	11
<i>П.С. Атаманчук, В.В. Мендерецький. Особливості формування фахових якостей майбутнього учителя фізики в умовах особистісно-орієнтованого навчання</i>	16
<i>А.А. Безлепкин, С.П. Кунцевич. Демонстрация особенностей структуры доменной границы Блохаметодом ЯМР</i>	22
<i>А.В. Безуглый. Виртуальный лабораторный практикум по разделу курса физики “Электричество и магнетизм”</i>	26
<i>Ю.П. Бендес, В.А. Струць, А.О. Москаленко, О.І. Піхуля. Використання цифрових технологій при проведенні лабораторної роботи “Дослідження термоЕРС різнорізних металів”</i>	35
<i>Г.С. Бляшенко, А.М. Ткаченко. Изучение статистических закономерностей радиоактивного распада</i>	39
<i>Т.В. Бодненко. Удосконалення методики навчання фізики за допомогою розвитку пізнавального інтересу учнів</i>	42
<i>Г.М. Бойко, А.М. Бакал. Використання технологій PHP та JavaScript в структурі комп'ютерно-орієнтованих посібників до лабораторних робіт</i>	46
<i>В.І. Бурак, Є.Г. Куна. Методика формування початкових уявлень про електромагнітну взаємодію електромагнітне поле в основній школі</i>	50
<i>В.І. Бурак, С.В. Личкатий. Дія змінного магнітного поля котушки Томсона на суцільне металеве кільце</i>	56
<i>А.І. Вагіс. Дидактичне наповнення змісту профільної фізичної освіти</i>	61
<i>Б.М. Валійов, В.Д. Єгоренков. Фігури Хладні на круглих пластинах</i>	68
<i>І.С. Величко, С.П. Величко. Сучасні проблеми дидактики фізики в школі</i>	73

<i>Т.В. Гаврилова, С.П. Мовчан, С.В. Марасов.</i> Видеоряд комп'ютерного курсу загальної фізики	80
<i>О.В. Генів-Стешенко, Н.Л. Сосницька.</i> Комп'ютерні технології в умовах особистісно-орієнтованого навчання фізики	84
<i>Е.Е. Гетманова.</i> Моделирование физики в Python	89
<i>К.М. Горбунова, С.В. Краснянский.</i> Інтегративні підходи в процесі професійної підготовки інженерів-механіків	94
<i>Т.П. Гордиенко.</i> Некоторые аспекты информационно-методического обеспечения самостоятельной работы студентов по курсу общей физики..	98
<i>А.Г. Григорович, О.В. Заяць, Р.М. Хлопик.</i> Організація та методика проведення фізико-математичного фестивалю	102
<i>В.Й. Грицай.</i> Особливості відкритих систем та закономірність само-	

організації структурних	106
Н.С. Губин, А.М. Шкілько. Пути активизации изучения курса общей физики	110
<i>Л.В. Гурова. З досвіду вивчення теми “Вуглецеві наноструктури” в курсі “Фізикатвердоготила”</i>	114
<i>А.И. Денисенко, С.А. Денисенко. К анализу функций распределения частиц дисперсной фазы по параметрам</i>	119
<i>Ю.В. Счкало. Комп’ютерне моделювання як засіб реалізації міжпредметних зв’язків курсу фізики</i>	125
<i>Л.С. Завертанная, А.А. Таран. Развитие творческой активности учеников на уроках физики и во внеурочной работе в аэрокосмическом лицее «ХАИ»</i>	129
М.І. Задорожній. Вивчення технології розв’язування фізичних задач	132
<i>І.С. Каплун, О.А. Коновал. Комп’ютерне моделювання відносності електричного імагнітного полів</i>	139
<i>О.А. Коновал, О.В. Швидкий. Дослід Трoutона-Нобля в системі парадоксів теорії відносності</i>	147
<i>Е.Г. Копанец, Ю.Е. Крот, Г.Н. Подус, С.О. Даньшева. Методические особенности преподавания физики в строительном вузе на современном этапе</i>	155
<i>К.В. Корсак. Якою має бути нова фізика—XXI у середній і вищій школі?</i>	159
<i>С.К. Корсак, К.В. Корсак. Одна з тем “бермудської фізики” – аналіз міфу про гігантські дзеркала</i>	165
О.І. Косенко. Модернізація курсів фізики у ВНЗі нанореволюція	173
О.І. Косенко, Ж.П. Ольховська. Можливі шляхи оновлення змісту розділу “Механіка” у СШіВНЗ	178
<i>Ю.Е. Крот. До історії оволодіння атомною енергією</i>	183
<i>В.В. Куліш, О.Я. Кузнєцова. Особливості проведення поточного та модульного контролю в курсі фізики за кредитно-модульною системою</i>	189

Ю.А. Курбатов, А.Н. Подлипная. Изучение плотности вещества в школьном курсе физики и предельные плотности веществ в природе 200

И.М. Лагунов. Учет дидактических принципов при формировании программно-лабораторного комплекса по курсу общей физики 202

Ю.Г. Лотюк, О.Е. Щодро. Два підходи до вивчення моделей механічних систем 209

С.Ф. Лягушин, О.Й. Соколовський. Ознайомлення школярів з фундаментальними уявленнями сучасної фізики 215

О.А. Марченко, Ю.П. Минаев. Зависимость формы атомных электронных облаков от квантовых чисел: различия в учебной литературе 227

Р.М. Менумеров. О возможности демонстрации неуравновешенных сил в электродинамических подсистемах 235

Н.В. Наумчук, И.Д. Романенко. Об использовании общего метода

решення задач по фізиці	240
<i>О.Ю. Нечипорук.</i> Досвід створення та використання в навчальному процесі мультимедійного навчального курсу та електронної бібліотеки “Акустоелектроніка”	243
<i>О.Ю. Орлянський.</i> Використання методу розмірностей при вивченні фізики у вищих навчальних закладах	246
<i>Ю.А. Пасічник, В.Ф. Заболотний, Н.А. Мислицька.</i> Невизначеність означень привикладанні фізики	251
<i>Т.М. Погорілко, І.І. Тичина.</i> До питання про зміни в сучасній системі освіти	253
<i>Г.П. Половина, В.О. Ківа, М.А. Стовпovenko.</i> Дослідження швидкоплинних процесів у шкільному фізичному експерименті	258
<i>Г.П. Половина, О.М. Пльонкіна.</i> Методика вивчення теми “Динаміка обертального руху”	265
<i>Т.Н. Попова.</i> Расчет силы сопротивления воздуха при выполнении лабораторной работы “Изучение маятника Максвелла”	271
<i>О.В. Приходько.</i> Розвиток творчої особистості учня при вивченні теми “Електромагнітна індукція”	275
<i>І.Н. Пустынникова, Ю.Г. Мазалова.</i> Активизация познавательной деятельности учащихся биологических классов при изучении физики путем использования межпредметных связей физики с биологией	281
<i>Я.С. Пушак.</i> Використання евристичного методу викладання фізико-математичних дисциплін у вищих технічних навчальних закладах	286
<i>М.Ю. Растегин.</i> О возможности применения компьютеров при изучении квантовой физики в школе	290
<i>В.П. Ржепецький, О.І. Сурмило.</i> Вивчення фазових співвідношень в колах змінного струму	295
<i>О.М. Семерня.</i> Активизация навчально-пізнавальної діяльності на основі використання еталонних вимірників якості знань учнів з фізики	299
<i>Л.Г. Сергієнко.</i> Дидактичні основи рейтингової системи оцінки знань, умінь і навичок студентів в світлі положень Болонської декларації	305
<i>Е.Д. Солдатова.</i> Методика изложения теории твердого тела в приближении Дебая в курсе «Термодинамика и статистическая физика»	309
<i>Є.Д. Солдатова, О.М. Галдіна.</i> Вибрані питання термодинаміки й статистичної фізики	314

<i>Б.А. Сусь, В.Ф. Заболотний, Н.А. Мислицька. Фізичний зміст електрорушійної сили в мультимедійній інтерпретації</i>	319
<i>Б.А. Сусь, М.І. Шут. Особливості руху матерії в інерціальних системах координат</i>	323
<i>Н.Л. Тарасенко. Формирование творческого подхода у студентов при выполнении лабораторных работ по физике</i>	328
<i>А.В. Толстенко, С.В. Козыркина, Н.В. Резчик. Научные открытия и методика обучения физике</i>	332

<i>Т.М. Точиліна. Принципи планування навчального процесу з фізики у вищій технічній школі</i>	335
<i>В.С. Тижневий, Р.М. Балабай. Моделювання росту тонких плівок методом Монте-Карло</i>	342
<i>І.І. Філіпенко. Засоби корекції знань студентів з фізики</i>	348
<i>О.В. Ходаковський. Імператив і парадигма прискорення розвитку точних наук в Україні</i>	352
В.А. Хрисанов. Вычисление теплоемкости в модели линейного кристалла	357
<i>О.Ю. Черноног, Р.М. Балабай. Комп'ютерне моделювання стимульованої ультразвуком дифузії домішок кремнії</i>	361
<i>В.М. Черноус, А.П. Боднарчук. Методичні передумови створення електронних підручників та навчально-наочних посібників з електротехнічних дисциплін</i>	366
<i>В.Д. Шарко. Про методику підготовки вчителів фізики до реалізації технологічного аспекту педагогічної діяльності</i>	369
А.С. Швед. Тайны великих пирамид глазами школьника	374
<i>С.В. Швед. Особенности расчета параметров движения вибромашин с использованием программной среды MathCAD при изложении курса теоретической механики</i>	380
<i>Д.А. Шелист. Моделирование однофазного двухполупериодного выпрямителя в курсе «Дискретные устройства автоматики»</i>	384
А.І. Шурдук, Л.І. Вовк. Застосування навчально-контролюючих тренінгів для перевірки результатів розв'язування задач фізики	390
<i>Е.А. Щербак. Работы физиков Украины первой половины XX ст. по вопросам теории относительности и возможность их использования в курсе истории физики</i>	394

Наукове видання

**Теорія та методика навчання
математики, фізики, інформатики**

Випуск V

В 3-х томах

Том 2

Підп. до друку 06.03.2005

Формат 80×84/16

Папір офсетний №1

Зам.№2-0603

Ум. друк. арк. 21,14

Тираж 300прим.

Жовтнева друкарня
50014, м. Кривий Ріг-14, вул. Електрична, 5

Тел. (0564)664381

E-mail: cc@kpi.dp.ua