**Міністерство освіти і науки України**

**Херсонський державний університет**

**Кафедра фізики та методики її навчання**

“**ЗАТВЕРДЖУЮ**”

Завідувач кафедри фізики

та методики її навчання

Тетяна Гончаренко

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

“02” вересня 2019 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**1.2.16 КВАНТОВА ФІЗИКА**

спеціальність **014.08 Середня освіта (фізика)**

факультет комп'ютерних наук, фізики та математики

2019 – 2020 навчальний рік

Робоча програма навчальної дисципліни **«Квантова фізика»** для студентів за спеціальністю **014.08 Середня освіта (фізика)**

Робоча програма розроблена на основі авторської програми **«Квантова фізика»**, що внесена до Збірника авторських програм з дисциплін кафедри фізики та методики її навчання Херсонський державний університет для підготовки ступенів на здобуття ступенів вищої освіти «бакалавр», «магістр» Свідоцтво про реєстрацію авторських прав № 79262 від 02.04.2018.

Розробник:Єрмакова-Черченко Наталія Олександрівна, кандидат педагогічних наук, старший викладач кафедри фізики та методики її навчання.

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри фізики та методики її навчання

Протокол від “02” \_вересня 2019 року № 1

Завідувач кафедри фізики та методики її навчання

 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Тетяна Гончаренко

 (підпис) (прізвище та ініціали)

© Єрмакова-Черченко Н.О., 2019 рік

# ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Найменування показників**  | **Галузь знань,** **спеціальність, рівень вищої освіти** | **Характеристика навчальної дисципліни** |
| **денна** **форма** **навчання** | **заочна** **форма** **навчання** |
| Кількість кредитів:денна – 5заочна – 5 | Галузь знань:0402. Фізико-математичні науки | Нормативна |
| Спеціальність:014.08 Середня освіта (фізика) |
| Модулів – 2 | - | **Рік підготовки:** |
| Змістових модулів – 2 | 3-й | 3-й |
| Загальна кількість годин - 150 | **Семестр:** |
| 5-й | 5-й |
| Тижневих годин для денної форми навчання:аудиторних – 4,5самостійної роботи – 4,75 | Ступінь вищої освіти:бакалавр  | **Лекції** |
| 34 год | 8 год |
| **Семінарські** |
| - | - |
| **Практичні** |
| 20 год | 4 год |
| **Лабораторні** |
| 20 год | 2 год |
| **Самостійна робота** |
| 76 год | 136 год |
| **Вид контролю**:  |
| екзамен | екзамен |

**Примітка**.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи:

для денної форми навчання – 49,3/50,7

для заочної форми навчання –9,3/90,7

**СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Назви змістових модулів і тем | Кількість годин |
| денна форма | заочна форма |
| заг | в тому числі | заг | в тому числі |
| лек | пр | сем | лаб | інд | с.р | лек | пр | сем | лаб | інд | с.р |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| **Змістовий модуль 1. Квантові уявлення у фізиці та фізика атомного ядра** |
| 1 | Тема 1. Квантова природа випромінювання | 20 | 4 | 4 |  | 4 |  | 8 | 12 |  |  |  |  |  | 12 |
| 2 | Тема 2. Фотонна теорія світла | 12 | 2 | 2 |  | 2 |  | 6 | 18 | 2 | 2 |  | 2 |  | 12 |
| 3 | Тема 3. Моделі атома | 14 | 4 | 2 |  | 2 |  | 6 | 14 | 2 |  |  |  |  | 12 |
| 4 | Тема 4. Елементи квантової механіки | 8 | 2 |  |  |  |  | 6 | 12 |  |  |  |  |  | 12 |
| 5 | Тема 5. Фізика атомів і молекул | 22 | 6 | 2 |  | 2 |  | 12 | 20 | 2 | 2 |  |  |  | 16 |
| **Разом за модуль 1** | 76 | 18 | 10 |  | 10 |  | 38 | 76 | 6 | 4 |  | 2 |  | 64 |
| **Змістовий модуль 2. Квантові уявлення у фізиці** |
| 6 | Тема 6. Квантові розподіли | 10 | 2 | 2 |  |  |  | 6 | 12 |  |  |  |  |  | 12 |
| 7 | Тема 7. Зонна теорія провідності твердих тіл | 14 | 4 | 2 |  |  |  | 8 | 12 |  |  |  |  |  | 12 |
| 8 | Тема 8. Напівпровідники | 14 | 2 | 2 |  | 4 |  | 6 | 12 |  |  |  |  |  | 12 |
| 9 | Тема 9. Макроскопічні прояви квантових законів. | 8 | 2 |  |  |  |  | 6 | 12 |  |  |  |  |  | 12 |
| 10 | Тема 10. Експериментальні методи ядерної фізики. | 10 | 2 |  |  | 2 |  | 6 | 12 |  |  |  |  |  | 12 |
| 11 | Тема 11. Радіоактивність. | 18 | 4 | 4 |  | 4 |  | 6 | 14 | 2 |  |  |  |  | 12 |
| **Разом за модуль 2** | **74** | **16** | **10** |  | **10** |  | **38** | **74** | **2** |  |  |  |  | **72** |
|  | **150** | **34** | **20** |  | **20** |  | **76** | **150** | **8** | **4** |  | **2** |  | **136** |

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

**Мета** **курсу:** Розкрити студентам проблему атомарності, дискретності, квантованості матерії та її характеристик. Показати, що для матерії корпускулярно-хвильовий дуалізм – хвиля – частинка, частинка – хвиля – універсальна властивість. Звернути увагу на особливості об’єктів квантової фізики – мікрочастинки. Познайомити студентів з експериментальними методами ядерної фізики, методами реєстрації ядерних випромінювань та прискорювачів заряджених частинок.

На прикладах атомних ядерних перетворень, ядерних реакцій показати, що атоми, ядра – скарбниці енергії, яку можна використовувати.

**Завдання курсу:**

Теоретичні: засвоїти основні теоретичні відомості з квантових поглядів у фізиці: поняття про квантовий характер випромінювання та поглинання енергії, поняття про фотонну теорію світла, хвильові властивості речовини, теорії ядерних реакцій та систематики елементарних частинок.

Методичне: сформувати у студентів квантові уявлення про матерію, про можливість отримання ядерної енергії.

Пізнавальне: показати, що для всіх видів матерії властивий корпускулярно-хвильовий дуалізм, що атоми, ядра, можуть перетворюватись, що внаслідок ядерних перетворень виділяється або поглинається енергія.

Практичне: навчити студентів обчислювати основні характеристики фотонів, ядер, енергетичний баланс ядерних реакцій та орієнтуватися в математиці елементарних частинок.

Студенти повинні освоїти основні явища та закономірності, що формують квантові уявлення. Вміти пояснювати фізичні явища на основі квантових уявлень та розв’язувати задачі на квантові і хвильові властивості частин і мікрочастинок.

Міжпредметні зв’язки:

1. з курсом загальної фізики «Оптика»
2. з курсом теоретичної фізики «Електродинаміка»
3. математика

Фахові компетенції:

Компетенції соціально особистісні:

- здатність учитися;

- здатність до критики й самокритики;

- креативність, здатність до системного мислення;

- адаптивність і комунікабельність;

- наполегливість у досягненні мети;

- турбота про якість виконуваної роботи;

Компетенції загальнонаукові:

- базові знання фундаментальних наук, в обсязі, необхідному для освоєння загально професійних дисциплін;

- базові знання в галузі, необхідні для освоєння загально професійних дисциплін.

Компетенції інструментальні:

дослідницькі навички.

Компетенції загально професійні:

- мати базові уявлення про матерію, її рух та форми існування;

- мати уявлення про фундаментальні експерименти у фізиці;

- мати уявлення про моделі простору і часу та їх властивості, а також моделі, що використовують у фізиці і умови, за яких їх можна застосовувати;

- мати уявлення про види рухів у природі, закони, що їх описують;

 - мати уявлення про фундаментальні фізичні теорії та межі їх застосування;

- мати уявлення про фізичну картину світу та її структуру, види фізичних картин та їх еволюцію;

- здатність узагальнювати фізичні знання на рівні фізичних явищ, фізичних законів, фізичних теорій, фізичних картин світу;

Компетенції спеціалізовано-професійні:

**-** здатність здійснювати методичну діяльність при навчанні учнів фізики на основі знань і вмінь з шкільного курсу фізики та методики її навчання, практикуму з розв’язування фізичних задач, шкільного фізичного експерименту та досвіду, набутого під час практик;

**-** здатність організовувати навчальний процес з фізики в школі на засадах особистісно-орієнтованого, діяльнісного та компетентнісного підходів;

- здатність здійснювати об’єктивний контроль і оцінювання навчальних досягнень учнів з фізики.

**Мовленнєві компетенції:**

•  знання базових мовленнєвознавчих понять;

• здатність адекватно сприймати, розуміти, оцінювати і відтворювати почуте чи прочитане;

• здатність до мовленнєвої творчості;

• здатність планувати, готувати майбутнє висловлювання в різних жанрах за інтерактивними і трансактивними схемами, виступати з повідомленням;

• здатність реалізовувати задум у процесі мовленнєвої діяльності;

• здатність до асоціативної мовленнєво-мислительної діяльності;

• уміння аудіювання, читання, говоріння, письма;

• гнучке вміння використовувати засоби рідної (української) мови залежно від типу, стилю мовлення;

 навички красномовства;

• уміння редагувати власне та чуже мовлення;

• здатність до контролю, самоконтролю результатів мовленнєвої діяльності.

**Очікувані результати навчання.** Розуміння предмету, головних задач, принципів, основних положень і меж застосування квантової фізики, хімічний зв'язок; співвідношення невизначеностей; природу міжатомних і міжмолекулярних зв’язків; магнітні властивості речовини; властивості квантових систем, що складаються з тотожних частинок.

Усвідомлення основних понять та елементів кристалічного стану речовини, їх властивостей; необхідність ймовірносно-статистичного опису стану об’єктів мікросвіту; необхідність відповідних аксіом для побудови квантової теорії і головні результати і висновки квантової фізики.

Готовність застосовувати принципи і методи квантової фізики для отримання теоретично і практично важливих результатів.

ПРОГРАМА КУРСУ:

***Тема 1. Квантова природа випромінювання.***Теплове випромінювання. Властивості та характеристики теплового випромінювання. Модель абсолютно чорного тіла. Закон Кірхгофа, Стефана-Больцмана, закон зміщення Віна. Теорії Релея-Джинса і Віна. Формула Планка.

Явище фотоефекту та його закони. Види фотоефекту. Рівняння Ейнштейна для зовнішнього фотоефекта. Ефект Комптона.

***Тема 2. Фотонна теорія світла.***Світло як потік фотонів. Досліди І.Вавілова. Маса та імпульс фотонів. Тиск світла.

***Тема 3. Моделі атома.*** Моделі атому Томсона та Резерфорда. Лінійчасті спектри випромінювання водню. Формула Бальмера. Теорія Бора. Постулати Бора. Енергетичний спектр атома в теорії Бора. Дослід Франка і Герца. Наслідки теорії Бора.

***Тема 4. Елементи квантової механіки.***Корпускулярно-хвильовий дуалізм мікрочастинок. Гіпотеза де Бройля. Принцип невизначеності Гейзенберга. Часове та стаціонарне рівняння Шредінгера. Фізичний зміст хвильової функції.

***Тема 5. Фізика атомів і молекул.*** Розв’язок рівняння Шредінгера для атому водню. Повна система квантових чисел. Розподіл електронів в атомі за станами. Принцип Паулі. Електронна конфігурація атому.

Періодична система хімічних елементів Мєндєлєєва. Характеристичне рентгенівське випромінювання. Закон Мозлі. Молекулярні спектри випромінювання. Електронні стани молекул. Повна енергія молекул.

Індуковане випромінювання. Принцип підсилення світла за допомогою вимушеного випромінювання. Лазери та принцип їх дії.

***Тема 6. Квантові розподіли.*** Квантова теорія вільних електронів в металі. Розподіл Фермі-Дірака. Ферміони. Фотони. Розподіл Бозе-Ейнштейна. Принцип «неразличимості» квантових частинок.

***Тема 7. Зонна теорія провідності твердих тіл.*** Типи зв’язків у кристалах. Теорема Блоха і зони Брілюена. Рух електронів у кристалічній решітці.

Електрон у трьохмірній решітці. Енергетичні зони у кристалах. Електропровідність металів. Надпровідність.

***Тема 8. Напівпровідники.*** Власна провідність напівпровідників. Електрони та дірки. Домішкова провідність напівпровідників. Робота виходу. Контактна різниця потенціалів. Термоелектричні явища. Контактні явища у напівпровідників.

***Тема 9. Макроскопічні прояви квантових законів.*** Рівняння Шредінгера в магнітному полі. Макроскопічне уявлення хвильової функції. Хвильова функція для електронів при низьких температурах. Квантування магнітного потоку.

Переходи Джозефсона. Джосефенівська генерація. Надпровідні квантові інтерферометри. Застосування слабкої надпровідності.

***Тема 10. Експериментальні методи ядерної фізики.*** Ядерні сили. Розрахунок ядерних сил. Прискорювачі частинок та їх застосування.

***Тема 11. Радіоактивність.*** Радіоактивність. Закони радіоактивного розпаду. Правила зміщення і радіоактивності. Гамма-випромінювання. Застосування радіоактивних ізотопів.

Ядерні реакції. Приклади ядерних перетворень під дією α-частинок, протонів, нейтронів, дейтронів і γ-квантів. Штучна радіоактивність. Трансуранові елементи.

Поділ важких ядер. Ланцюгові реакції поділу. Ядерні реактори на теплових і швидких нейтронах. Ядерна енергетика.

Реакції термоядерного синтезу, умови їх реалізації. Керований термоядерний синтез.

6. ПЛАНИ ЛЕКЦІЙ

**Лекційні модулі (теми та плани):**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №з/п | Назва теми, план | Кількістьгодин(денна форма) | Кількістьгодин(заочна форма) |
|  | **Змістовий модуль 1** |  |  |
| 1 | **Тема 1.1. *Квантова природа випромінювання*.****План** 1. Теплове випромінювання. Властивості та характеристики теплового випромінювання.
2. Модель абсолютно чорного тіла. Закон Кірхгофа, Стефана-Больцмана, закон зміщення Віна.
3. Теорії Релея-Джинса і Віна. Формула Планка..
 | 2 |  |
| 2 | **Тема 1.2. *Квантова природа випромінювання*****План**1. Явище фотоефекту та його закони.
2. Види фотоефекту. Рівняння Ейнштейна для зовнішнього фотоефекта.
3. Ефект Комптона.
 | 2 |  |
| 3 | ***Тема 2. Фотонна теорія світла.*****План**1. Світло як потік фотонів.
2. Досліди І.Вавілова.
3. Маса та імпульс фотонів.
4. Тиск світла.
 | 2 | 2 |
| 4 | ***Тема 3.1. Моделі атома*****План**1. Моделі атому Томсона та Резерфорда.
2. Лінійчасті спектри випромінювання водню. Формула Бальмера.
3. Теорія Бора. Постулати Бора.
 | 2 | 1 |
| 5 | ***Тема 3.2. Моделі атома*****План** 1. Енергетичний спектр атома в теорії Бора.
2. Дослід Франка і Герца.
3. Наслідки теорії Бора..
 | 2 | 1 |
| 6 | ***Тема 4. Елементи квантової механіки*.** 1. Корпускулярно-хвильовий дуалізм мікрочастинок. Гіпотеза де Бройля.
2. Принцип невизначеності Гейзенберга.
3. Часове та стаціонарне рівняння Шредінгера.
4. Фізичний зміст хвильової функції..
 | 2 |  |
| 7 | ***Тема 5.1. Фізика атомів і молекул*****План**1. Розв’язок рівняння Шредінгера для атому водню.
2. Повна система квантових чисел.
3. Розподіл електронів в атомі за станами. Принцип Паулі.
4. Електронна конфігурація атому.
 | 2 | 1 |
| 8 | ***Тема 5.2. Фізика атомів і молекул*****План**1. Періодична система хімічних елементів Мєндєлєєва.
2. Характеристичне рентгенівське випромінювання. Закон Мозлі.
3. Молекулярні спектри випромінювання.
4. Електронні стани молекул. Повна енергія молекул.
 | 2 | 1 |
| 9 | ***Тема 5.3. Фізика атомів і молекул*****План**1. Індуковане випромінювання.
2. Принцип підсилення світла за допомогою вимушеного випромінювання.
3. Лазери та принцип їх дії.
 | 2 |  |
|  | Разом за модуль | 18 | 6 |
| **Змістовий модуль 2** |
| 10 | ***Тема 6. Квантові розподіли*****План**1. Квантова теорія вільних електронів в металі.
2. Розподіл Фермі-Дірака. Ферміони.
3. Фотони. Розподіл Бозе-Ейнштейна.
4. Принцип «неразличимості» квантових частинок.
 | 2 |  |
| 11 | ***Тема 7.1. Зонна теорія провідності твердих тіл*.** **План**1. Типи зв’язків у кристалах.
2. Теорема Блоха і зони Брілюена.
3. Рух електронів у кристалічній решітці.
4. Динаміка поведінки електрона в решітці.
 | 2 |  |
| 12 | ***Тема 7.2. Зонна теорія провідності твердих тіл*.** **План**1. Електрон у трьохмірній решітці.
2. Енергетичні зони у кристалах.
3. Електропровідність металів.
4. Надпровідність.
 | 2 |  |
| 13 | ***Тема 8. Напівпровідники*.****План**1. Власна провідність напівпровідників. Електрони та дірки.
2. Домішкова провідність напівпровідників.
3. Робота виходу. Контактна різниця потенціалів.
4. Термоелектричні явища.
5. Контактні явища у напівпровідників..
 | 2 |  |
| 14 | ***Тема 9. Макроскопічні прояви квантових законів*.****План**1. Рівняння Шредінгера в магнітному полі.
2. Макроскопічне уявлення хвильової функції.
3. Хвильова функція для електронів при низьких температурах.
4. Квантування магнітного потоку.
 | 2 |  |
| 15 | ***Тема 10. Експериментальні методи ядерної фізики*.****План**1. Ядерні сили.
2. Розрахунок ядерних сил.
3. Прискорювачі частинок та їх застосування
 | 2 |  |
| 16 | ***Тема 11.1. Радіоактивність.*****План**1. Радіоактивність. Закони радіоактивного розпаду.
2. Правила зміщення і радіоактивності.
3. Гамма-випромінювання.
4. Застосування радіоактивних ізотопів.
 | 2 | 2 |
| 17 | ***Тема 11.2. Радіоактивність.*****План**1. Ядерні реакції. Приклади ядерних перетворень.
2. Поділ важких ядер. Ланцюгові реакції поділу.
3. Ядерні реактори на теплових і швидких нейтронах. Ядерна енергетика.
4. Реакції термоядерного синтезу, умови їх реалізації. Керований термоядерний синтез..
 | 2 |  |
|  | Разом за модуль | 18 | 6 |
|  | ***Всього*** | 34 | 8 |

**Практичні модулі:**

**Теми та плани практичних занять**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №з/п | Назва теми, план | Кількістьгодин(денна форма) | Кількістьгодин(заочна форма) |
|  | **Змістовий модуль 1** |  |  |
| 1 | **Тема 1.1. *Квантова природа випромінювання*.****План** 1. Теплове випромінювання. Властивості та характеристики теплового випромінювання.
2. Модель абсолютно чорного тіла. Закон Кірхгофа, Стефана-Больцмана, закон зміщення Віна.
3. Теорії Релея-Джинса і Віна. Формула Планка..
 | 2 |  |
| 2 | **Тема 1.2. *Квантова природа випромінювання*****План**1. Явище фотоефекту та його закони.
2. Види фотоефекту. Рівняння Ейнштейна для зовнішнього фотоефекта.
3. Ефект Комптона.
 | 2 |  |
| 3 | ***Тема 2. Фотонна теорія світла.*****План**1. Світло як потік фотонів.
2. Маса та імпульс фотонів.
3. Тиск світла.
 | 2 | 2 |
| 4 | ***Тема 3. Моделі атома*****План**1. Моделі атому Томсона та Резерфорда.
2. Лінійчасті спектри випромінювання водню. Формула Бальмера.
3. Теорія Бора. Постулати Бора.
4. Енергетичний спектр атома в теорії Бора
 | 2 | 1 |
| 5 | ***Тема 5.1. Фізика атомів і молекул*****План**1. Розподіл електронів в атомі за станами. Принцип Паулі.
2. Електронна конфігурація атому.
3. Періодична система хімічних елементів Мєндєлєєва.
4. Електронні стани молекул. Повна енергія молекул
 | 2 | 1 |
|  | Разом за модуль | 10 | 4 |
| **Змістовий модуль 2** |
| 6 | ***Тема 6. Квантові розподіли*****План**1. Квантова теорія вільних електронів в металі.
2. Розподіл Фермі-Дірака. Ферміони.
3. Фотони. Розподіл Бозе-Ейнштейна.
4. Принцип «неразличимості» квантових частинок.
 | 2 |  |
| 7 | ***Тема 7. Зонна теорія провідності твердих тіл*.** **План**1. Типи зв’язків у кристалах.
2. Теорема Блоха і зони Брілюена.
3. Рух електронів у кристалічній решітці.
4. Динаміка поведінки електрона в решітці.
 | 2 |  |
| 8 | ***Тема 8. Напівпровідники*.****План**1. Власна провідність напівпровідників. Електрони та дірки.
2. Домішкова провідність напівпровідників.
3. Робота виходу. Контактна різниця потенціалів.
4. Термоелектричні явища.
5. Контактні явища у напівпровідників..
 | 2 |  |
| 9 | ***Тема 11.1. Радіоактивність.*****План**1. Радіоактивність. Закони радіоактивного розпаду.
2. Правила зміщення і радіоактивності.
3. Гамма-випромінювання.
4. Застосування радіоактивних ізотопів.
 | 2 |  |
| 10 | ***Тема 11.2. Радіоактивність.*****План**1. Ядерні реакції. Приклади ядерних перетворень.
2. Поділ важких ядер. Ланцюгові реакції поділу.
3. Ядерні реактори на теплових і швидких нейтронах. Ядерна енергетика.
4. Реакції термоядерного синтезу, умови їх реалізації. Керований термоядерний синтез.
 | 2 |  |
|  | Разом за модуль | 10 |  |
|  | ***Всього*** | 34 | 4 |

**Лабораторні модулі:**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №з/п | Назва теми, план | Кількістьгодин(денна форма) | Кількістьгодин(заочна форма) |
| 1 | Дослідження теплового випромінювання | 2 |  |
| 2 | Дослідження видимого спектру гелію та криптону | 2 | 2 |
| 3 | Вивчення випрямляючої дії p-n переходу | 2 |  |
| 4 | Вивчення властивостей фото-резистора | 2 |  |
| 5 | Дослідження поглинання β-променів від товщини поглинаючого шару алюмінію. | 2 |  |
| 6 | Дослідження явища зовнішнього фотоефекту та визначення сталої Планка | 2 |  |
| 7 | Експериментальна перевірка законів О.Г.Столєтова | 2 |  |
| 8 | Визначення довжини хвилі квантового генератора | 2 |  |
| 9 | Дослідження залежності інтенсивності люмінесценції від довжини хвилі падаючого випромінювання | 2 |  |
| 10 | Дослідження ліній Й.Фраунгофера | 2 |  |
|  | Разом  | 20 | 2 |

**САМОСТІЙНА РОБОТА СТУДЕНТІВ**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №з/п | Назва теми, план | Кількістьгодин(денна форма) | Кількістьгодин(заочна форма) |
|  | **Змістовий модуль 1** |  |  |
| 1 | Пошук та аналіз інформації з теми ***Квантова природа випромінювання.***Теплове випромінювання. Властивості та характеристики теплового випромінювання. Модель абсолютно чорного тіла. Закон Кірхгофа, Стефана-Больцмана, закон зміщення Віна. Теорії Релея-Джинса і Віна. Формула Планка.Явище фотоефекту та його закони. Види фотоефекту. Рівняння Ейнштейна для зовнішнього фотоефекта. Ефект Комптона.  | 8 | 12 |
| 2 | Пошук та аналіз інформації з теми ***Фотонна теорія світла.***Світло як потік фотонів. Досліди І.Вавілова. Маса та імпульс фотонів. Тиск світла. | 6 | 12 |
| 3 | Пошук та аналіз інформації з теми ***Моделі атома.*** Моделі атому Томсона та Резерфорда. Лінійчасті спектри випромінювання водню. Формула Бальмера. Теорія Бора. Постулати Бора. Енергетичний спектр атома в теорії Бора. Дослід Франка і Герца. Наслідки теорії Бора. | 6 | 12 |
| 4 | Пошук та аналіз інформації з теми ***Елементи квантової механіки.***Корпускулярно-хвильовий дуалізм мікрочастинок. Гіпотеза де Бройля. Принцип невизначеності Гейзенберга. Часове та стаціонарне рівняння Шредінгера. Фізичний зміст хвильової функції..  | 6 | 12 |
| 5 | Пошук та аналіз інформації з теми ***Фізика атомів і молекул.*** Розв’язок рівняння Шредінгера для атому водню. Повна система квантових чисел. Розподіл електронів в атомі за станами. Принцип Паулі. Електронна конфігурація атому. Періодична система хімічних елементів Мєндєлєєва. Характеристичне рентгенівське випромінювання. Закон Мозлі. Молекулярні спектри випромінювання. Електронні стани молекул. Повна енергія молекул. Індуковане випромінювання. Принцип підсилення світла за допомогою вимушеного випромінювання. Лазери та принцип їх дії. | 12 | 16 |
|  | Разом за модуль | 38 | 64 |
| **Змістовий модуль 2** |
| 6 | Пошук та аналіз інформації з теми ***Квантові розподіли.*** Квантова теорія вільних електронів в металі. Розподіл Фермі-Дірака. Ферміони. Фотони. Розподіл Бозе-Ейнштейна. Принцип «неразличимості» квантових частинок. | 6 | 12 |
| 7 | Пошук та аналіз інформації з теми ***Зонна теорія провідності твердих тіл.*** Типи зв’язків у кристалах. Теорема Блоха і зони Брілюена. Рух електронів у кристалічній решітці. Електрон у трьохмірній решітці. Енергетичні зони у кристалах. Електропровідність металів. Надпровідність.  | 8 | 12 |
| 8 | Пошук та аналіз інформації з теми ***Напівпровідники.*** Власна провідність напівпровідників. Електрони та дірки. Домішкова провідність напівпровідників. Робота виходу. Контактна різниця потенціалів. Термоелектричні явища. Контактні явища у напівпровідників.  | 6 | 12 |
| 9 | Пошук та аналіз інформації з теми ***Макроскопічні прояви квантових законів.*** Рівняння Шредінгера в магнітному полі. Макроскопічне уявлення хвильової функції. Хвильова функція для електронів при низьких температурах. Квантування магнітного потоку. Переходи Джозефсона. Джосефенівська генерація. Надпровідні квантові інтерферометри. Застосування слабкої надпровідності.  | 6 | 12 |
| 10 | Пошук та аналіз інформації з теми ***Експериментальні методи ядерної фізики.*** Ядерні сили. Розрахунок ядерних сил. Прискорювачі частинок та їх застосування. | 6 | 12 |
| 11 | Пошук та аналіз інформації з теми ***Радіоактивність.*** Радіоактивність. Закони радіоактивного розпаду. Правила зміщення і радіоактивності. Гамма-випромінювання. Застосування радіоактивних ізотопів. Ядерні реакції. Приклади ядерних перетворень під дією α-частинок, протонів, нейтронів, дейтронів і γ-квантів. Штучна радіоактивність. Трансуранові елементи. Поділ важких ядер. Ланцюгові реакції поділу. Ядерні реактори на теплових і швидких нейтронах. Ядерна енергетика. Реакції термоядерного синтезу, умови їх реалізації. Керований термоядерний синтез. | 6 | 12 |
|  | Разом за модуль | 38 | 72 |
|  | Всього | 76 | 136 |

**ОСНОВНА ЛІТЕРАТУРА**

1. Бушок Г.Ф., Венгер Є.Ф. Курс фізики. Оптика. Фізика атома і ядерна фізика.- Київ.: Либідь. – 2001. – 460 с.
2. Кучерук І.М., Дущенко В.П. Загальна фізики. Оптика. Квантова фізика. – К.: Вища школа. – 1991. – 463 с.
3. Кучер І.М., Горбачук І.Т. Оптика. Квантова фізика. –К.: Техніка, 2006. – 518с.
4. Загальний курс фізики: Зб. задач / За заг. ред. І. П. Гаркуші. – К.: Техніка, 2004. – 560 с.
5. Одінцов В.В. Загальна фізика. Оптика. Фізика атома і атомного ядра. Основи фізики твердого тіла: мет. пос. для студ. фіз.-мат. фак. - Херсон, 2014.-94с.
6. Фізика: навч.посіб.**/** За заг. ред. проф. А.П. Поліщука; Нац.авіац. ун-т. – Київ: НАУ, 2005.
7. Модуль 6: Вступ до квантової та атомної фізики **/[**А.П. Поліщук та ін.]. – 2015. – 238 с.

**ДОДАТКОВА ЛІТЕРАТУРА**

1. Як навчитися розв’язувати задачі з фізики/І.Ю. Ненашев, Н.Г.Шляхова.-Х.:Основа, 2004.-140с.
2. Шарамова В.Р. Українські фізики у світовій науці. Навчально-методичний посібник для вчителів фізики. – Львів: ВНТА. – 1999. – 96 с.
3. Палєхін В.П. Курс фізики: підручник.-Х.:ХНУ ім. В.Н.Карамзіна, 2013. - 516с.
4. Загальна фізика: Лабораторний практикум: Навчальний посібник/ В.М. Барановський.- К.: Вища школа, 1992.-509с.

**ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ**

1. Конспект лекцій з дисципліни «Фізика». Оптика. Квантова механіка. Фізика твердого тіла. - URL.: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.dgma.donetsk.ua/metod/physics/zo/lek3.pdf>
2. Конспект модуля "Квантова фізика". - URL.: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://elearn.univector.net/mod/book/view.php?id=6708>
3. Вакарчук І. О. Квантова механіка. - URL.: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://old.physics.lnu.edu.ua/depts/KTF/books/QM4/index_ua.html>
4. Моя освіта – реферати, конспекти, доповіді. - URL.: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://moyaosvita.com.ua/fizuka/kvantova-fizika/>

# Квантова фізика. - URL.: [Електронний ресурс]. Режим доступу:

– <http://um.co.ua/10/10-16/10-166670.html>

# Реферат: Елементи квантової фізики. - URL.: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.bestreferat.ru/referat-271552.htm>

**Методи навчання**

Під час вивчення даної дисципліни комплексне використання різноманітних методів організації і здійснення навчально-пізнавальної діяльності студентів та методів стимулювання і мотивації їх навчання сприяють розвитку творчих засад особистості майбутнього фахівця в галузі програмної інженерії з урахуванням індивідуальних особливостей учасників навчального процесу й спілкування.

З метою формування професійних компетенцій широко впроваджуються інноваційні методи навчання, що забезпечують комплексне оновлення традиційного педагогічного процесу. Це - комп’ютерна підтримка навчального процесу, впровадження інтерактивних методів навчання (робота в малих групах, мозковий штурм, ситуативне моделювання, опрацювання дискусійних питань, кейс-метод, проектний метод).

За **рівнем самостійної розумової діяльності** доречні проблемно-інформаційний, проектно-пошуковий, дослідницький методи.

**Методи контролю**

 Педагогічний контроль здійснюється з дотриманням вимог об’єктивності, індивідуального підходу, систематичності і системності, всебічності та професійної спрямованості контролю.

 Використовуються такі методи контролю (усний, письмовий), які мають сприяти підвищенню мотивації студентів-майбутніх фахівців до навчально-пізнавальної діяльності. Відповідно до специфіки фахової підготовки перевага надається усному, практичному і тестовому контролю.

1. Поточний контроль – підготовка та захист питань з тем семінарських занять.

2. Модульний контроль – виконання комплексних завдань, які виносяться на самостійну роботу та тестових завдань на знання матеріалів лекцій та тем докладів семінарів.

3. Підсумковий контроль – екзамен.

**КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ДОСЯГНЕНЬ СТУДЕНТІВ**

**Критерії оцінювання відповідей**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Оцінка за національною****шкалою** | **Сума балів за 100-бальною системою** | **Оцінка****ECTS** | **Критерії оцінювання** |
| Відмінно (5) | 90 – 100 | А | Відповідь правильна, повна, містить розгорнуту аргументацію |
| Добре (4) | 82 – 89 | B | Відповідь правильна, повна, але містить не розгорнуту аргументацію |
| 74 – 81 | C | Відповідь в цілому правильна, але містить неточності, не повна |
| Задовільно (3) | 64 – 73 | D | Відповідь в цілому правильна, але містить грубі помилки, повна |
| 60 – 63 | E | Відповідь в цілому правильна, але містить грубі помилки, не повна |
| Незадовільно (2) | 35 – 59 | FX | Відповідь в цілому не правильна, але студент намагається відповісти повністю на питання |
| 1 – 34 | F | Відповідь в цілому не правильна, студент демонструє повне не знання матеріалу |

**Критерії оцінювання розв’язання задачі**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Оцінка за національною****шкалою** | **Сума балів за 100-бальною системою** | **Оцінка****ECTS** | **Критерії оцінювання** |
| Відмінно (5) | 90 – 100 | А | Задача розв’язана правильно з дотриманням всіх етапів розв’язування задач, наявне пояснення до задачі |
| Добре (4) | 82 – 89 | B | Задача розв’язана правильно з дотриманням всіх етапів розв’язування задач, але пояснення не достатнє |
| 74 – 81 | C | Задача в цілому розв’язана правильно, але є неточності, дотримані не всі етапи розв’язування задач |
| Задовільно (3) | 64 – 73 | D | Задача в цілому розв’язана правильно, але є грубі помилки, дотримані всі етапи розв’язування задач |
| 60 – 63 | E | Задача в цілому розв’язана правильно, але є грубі помилки, дотримані не всі етапи розв’язування задач |
| Незадовільно (2) | 35 – 59 | FX | Задача в цілому розв’язана не правильно, але студент намагається дотриматись всіх етапів розв’язування задач |
| 1 – 34 | F | Задача в цілому розв’язана не правильно, студент демонструє повне не знання матеріалу |

**Критерії оцінювання лабораторної роботи**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Оцінка за національною****шкалою** | **Сума балів за 100-бальною системою** | **Оцінка****ECTS** | **Критерії оцінювання** |
| Відмінно (5) | 90 – 100 | А | Робота виконана правильно з дотриманням всіх етапів виконання лабораторних робіт, студент може сформулювати розгорнутий висновок, дати відповіді на всі контрольні запитання  |
| Добре (4) | 82 – 89 | B | Робота виконана правильно з дотриманням всіх етапів виконання лабораторних робіт, але студент може дати відповіді лише на певні питання. |
| 74 – 81 | C | Робота виконана правильно з дотриманням всіх етапів виконання лабораторних робіт, але є неточності по роботі, студент може дати відповіді лише на деякі питання |
| Задовільно (3) | 64 – 73 | D | Дотримано всі етапи виконання лабораторних робіт, робота виконана частково правильно, є помилки |
| 60 – 63 | E | Дотримано не всі етапи виконання лабораторних робіт, робота виконана частково правильно, є помилки |
| Незадовільно (2) | 35 – 59 | FX | Робота в цілому виконана не правильно, але студент намагається виконати роботу |
| 1 – 34 | F | Робота в цілому виконана не правильно, студент демонструє повне незнання матеріалу |

Критерії оцінювання самостійної роботи

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Оцінка за національною****шкалою** | **Сума балів за 100-бальною системою** | **Оцінка****ECTS** | **Критерії оцінювання** |
| Відмінно (5) | 90 – 100 | А | Студент виконав усі види запланованих самостійних робіт, вчасно за графіком звітував про результати виконаної роботи, самостійно виконував пропоновані завдання, має системні знання з цих тем , може чітко відповісти на питання викладача, вільно володіє понятійним апаратом предмету, знає основні проблеми курсу, його мету та завдання. Вміє застосовувати здобуті знання на практиці.Вільно володіє формулами, законами, поняттями з предмета. |
| Добре (4) | 82 – 89 | B | Студент виконав усі види запланованих самостійних робіт, вчасно за графіком звітував про результати виконаної роботи, самостійно виконував пропоновані завдання, має системні знання з тем, вільно володіє понятійним апаратом предмету, знає основні проблеми курсу, його мету та завдання. Вміє застосовувати здобуті знання на практиці.Може вести з викладачем діалог, у якому не завжди поводить себе впевнено.  |
| 74 – 81 | C | Студент виконав усі види запланованих самостійних робіт, звітував про результати виконаної роботи з порушенням графіка, самостійно виконував пропоновані завдання, має знання з тем, володіє понятійним апаратом предмету, знає основні проблеми курсу, його мету та завдання. Вміє застосовувати здобуті знання на практиці. Допускає неточності у формулюванні. Може вести з викладачем діалог, у якому не завжди поводить себе впевнено.  |
| Задовільно (3) | 64 – 73 | D | Студент виконав усі види запланованих самостійних робіт, звітував про результати виконаної роботи з грубим порушенням графіка, пропоновані завдання не розробляв самостійно а відшукав у методичній літературі. Знання з курсу «Квантова фізика» мають безсистемний характер. Чітке визначення матеріалу заміняє на побутові уявлення. Має прогалини у засвоєнні теоретичного і практичного матеріалу. |
| 60 – 63 | E | Студент виконав 80% усіх видів запланованих самостійних робіт, звітував про результати виконаної роботи з грубим порушенням графіка, пропоновані завдання не розробляв самостійно а відшукав у методичній літературі. Знання з курсу «Квантова фізика» мають безсистемний характер. Студент розуміє окремі фрагменти курсу, може відтворити матеріал, але припускає помилки. Не володіє технікою фізичного експерименту. Допускає помилки під час розв’язування фізичних задач. |
| Незадовільно (2) | 35 – 59 | FX | Студент виконав менше половини усіх видів запланованих самостійних робіт, своєчасно не звітував про результати виконаної роботи. Має фрагментарні знання з курсу. Не володіє термінологією. Понятійний апарат не сформований. Не вміє логічно викласти матеріал. Практичні навички на рівні розпізнавання.  |
| 1 – 34 | F | Студент повністю не виконав програми самостійної роботи. Не прагнув виправити своє положення. Не реагував на зауваження викладача. Не володіє термінологією розділу курсу «Квантова фізика». |

**Критерії оцінювання відповіді студента на екзамені**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Оцінка за національною****шкалою** | **Сума балів за 100-бальною системою** | **Оцінка****ECTS** | **Критерії оцінювання** |
| Відмінно (5) | 90 – 100 | А | Студент має глибокі, міцні і системні знання з усього теоретичного курсу, може чітко сформулювати усі правила і закони, вільно володіє понятійним апаратом предмету, знає основні проблеми курсу, його мету та завдання. Вміє застосовувати здобуті знання на практиці. Не допускає усних і писемних помилок. Знає формули і закони, володіє матеріалом, може вести з викладачам дискусію, розв’язувати задачі, вміє проводити фізичні експерименти. |
| Добре (4) | 82 – 89 | B | Студент має ґрунтовні і глибокі знання з розділу фізики, може їх застосовувати до розв’язання фахових ситуацій, може чітко сформулювати усі правила і закони, вільно володіє понятійним апаратом предмету. Вміє застосовувати здобуті знання на практиці. Не допускає усних і писемних помилок. Володіє матеріалом, може вести з викладачем діалог, у якому не завжди поводить себе впевнено. |
| 74 – 81 | C | Студент знає програмний матеріал з розділу фізики повністю, має практичні навички у побудові логіки викладу матеріалу, дотримується логічної послідовності дій проведенні аналізу задачі, викладенні матеріалу, але не вміє самостійно мислити, вийти за межі теми, курсу. Допускає неточності у формулюванні законів. Може вести з викладачем діалог, у якому не завжди поводить себе впевнено. |
| Задовільно (3) | 64 – 73 | D | Студент знає основні теми і поняття курсу фізики «Квантова фізика», має уявлення про структуру розділів, опорні знання, міжпредметні зв’язки, може зробити методичний аналіз теми. Знання мають безсистемний характер. Чітке визначення матеріалу заміняє на побутові уявлення. Має прогалини у засвоєнні теоретичного і практичного матеріалу. |
| 60 – 63 | E | Студент розуміє окремі фрагменти курсу фізики «Квантова фізика», може відтворити матеріал, але припускає помилки, не вміє застосувати математичний апарат до виведення формул. Не володіє досконало технікою фізичного експерименту. Допускає помилки під час розв’язування фізичних задач.  |
| Незадовільно (2) | 35 – 59 | FX | Студент має фрагментарні знання з курсу фізики «Квантова фізика». Не володіє термінологією; не володіє поняттями: промінь, точкове джерело, не володіє теоріями про природу світла, не розуміє що таке фотон. Не вміє логічно викласти матеріал. Практичні навички на рівні розпізнавання. |
| 1 – 34 | F | Студент повністю не знає програми курсу. Не працював в аудиторії самостійно або з допомогою викладача. |

Зміни та доповнення

на 20\_\_/20\_\_ н.р.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Затверджено

протокол від \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_№\_\_\_\_ засідання кафедри\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/

Зміни та доповнення

на 20\_\_/20\_\_ н.р.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Затверджено

протокол від \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_№\_\_\_\_ засідання кафедри\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/

Зміни та доповнення

на 20\_\_/20\_\_ н.р.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Затверджено

протокол від \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_№\_\_\_\_ засідання кафедри\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/