



## **Фізика. Частина 2. Оптика. Квантова фізика**

### **Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)**

| Реквізити навчальної дисципліни             |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Рівень вищої освіти                         | Перший (бакалаврський)                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Галузь знань                                | G Інженерія, виробництво та будівництво                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Спеціальність                               | G22 "Біомедична інженерія"                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Освітня програма                            | Медична інженерія                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Статус дисципліни                           | Нормативна                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Форма навчання                              | Очна (денна)                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Рік підготовки, семестр                     | 2 курс, осінній семестр                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Обсяг дисципліни                            | 5 кредитів, 150 годин (денна: 36 годин – лекції, 36 годин – практичні, 18 годин – лабораторні роботи; 60 годин – СРС;                                                                                                                                                                         |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи     | Екзамен / МКР, РГР                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Розклад занять                              | <a href="http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ScheduleGroupSelection.aspx">http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ScheduleGroupSelection.aspx</a>                                                                                                                                                         |
| Мова викладання                             | Українська                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Інформація про керівника курсу / викладачів | Лектор: професор, Лінчевський Ігор Валентинович,<br><a href="mailto:igorvl2009@gmail.com">igorvl2009@gmail.com</a> ,<br>моб. +38 0959416955<br>Практичні: професор, Лінчевський Ігор Валентинович,<br><a href="mailto:igorvl2009@gmail.com">igorvl2009@gmail.com</a> ,<br>моб. +38 0959416955 |
| Розміщення курсу                            | <a href="https://campus.kpi.ua">https://campus.kpi.ua</a>                                                                                                                                                                                                                                     |

## Програма навчальної дисципліни

### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Підготовка висококваліфікованих, конкурентоспроможних, інтегрованих у світовий освітній та науково-технічний простір фахівців ступеня бакалавру галузі Хімічна інженерія та біоінженерія за спеціальністю 163 Біомедична інженерія, здатних до налагоджувальної, випробувальної, інженерно-експлуатаційної, інженерно-конструкторської, науково-технічної та практичної діяльності в області біомедичної інженерії та технологій, що передбачає здійснення міжкультурної взаємодії з представниками науково-технічної спільноти в умовах: - науково-технічного прогресу в галузі Хімічна інженерія та біоінженерія; - сталого розвитку суспільства та економічних і екологічних інтересів суспільства; - інтернаціоналізації освіти та інтеграції міжнародного компонента в освітньо-виховну, науково-технічну діяльність вищих навчальних закладів; - трансформації ринку праці шляхом взаємодії зі стейкхолдерами; - всебічного професійного, інтелектуального, соціального та творчого розвитку особистості в освітньо-науковому середовищі; - поєднання інженерно-технічних та медико-біологічних знань щодо засобів та методів створення програмно-апаратних біотехнічних систем у біології та медицині.

Мета навчальної дисципліни – формування та закріплення у здобувачів компетентностей, навичок та вмінь щодо використання апарату оптики та квантової фізики в фізичних дослідженнях.

Предмет навчальної дисципліни – закони, методи та засоби оптики та квантової фізики як складових процесу фізичних досліджень

Дисципліна «Фізика-2. Оптика та квантова фізика» належить до циклу дисциплін загальної підготовки і вивчається студентами в 2-му семестрі навчання за спеціальністю «163 Біомедична інженерія». Ця дисципліна є одною зі складових загальної фізики, який є неодмінною частиною класичної програми підготовки спеціалістів в області біомедичної інженерії спрямована на формування у студентів базових понять, вмінь та навичок стосовно процесів, явищ та законів оптики та квантової фізики. Зокрема,

#### *ЗДАТНІСТЬ:*

- опановувати основні положення оптики та квантової фізики;
- використовувати основи оптики та квантової фізики для дослідження властивостей речовини;
- застосовувати апарат оптики та квантової фізики для розрахунку біомедичних систем;
- використовувати фундаментальні фізичні поняття, основні принципи і закони класичної та сучасної фізики у оптики та квантової фізики при вирішенні певних фізичних задач.

*Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:*

#### *ЗНАННЯ:*

- основних явищ оптики та квантової фізики;
- змісту основних оптики та квантової фізики;
- єдності закономірностей процесів оптики та квантової фізики різної природи;
- концептуальних підходів оптики та квантової фізики до вивчення фізичних явищ;
- основ теорії електромагнітних полів;
- методик розв'язання задач з оптики та квантової фізики.

#### *УМІННЯ:*

- застосовувати закони оптики та квантової фізики опису фізичних явищ;
- експериментально досліджувати, якісно і кількісно оцінювати основні оптики та квантової фізики;
- застосовувати базовий матеріал для подальшого вивчення дисциплін циклу професійно-практичної підготовки;
- узагальнювати та конкретизувати методи досліджень фізичного стану об'єктів;
- проводити дослідження і вимірювання параметрів об'єктів;
- володіти методологією вимірювань і обробки результатів;
- засвоєння методів аналізу фізичних явищ;
- вироблення вміння обчислень фізичних величин за аналітичними виразами; вироблення вміння застосовувати математичний апарат для вирішення певних фізичних задач.
- аналізувати навчальну та навчально-методичну літературу, використовувати її в навчальному процесі;
- складати математичні моделі задач оптики та квантової фізики;
- визначати оптимальну методику розв'язання задач та постановки дослідів з оптики та квантової фізики;
- визначати необхідні для розв'язання задач допоміжні параметри;
- аналізувати та інтерпретувати отримані результати розв'язання задач;
- знаходити зв'язки та робити граничні переходи від отриманих результатів до відомих даних, отриманих з більш простих моделей;
- викладати матеріал логічно та послідовно.
- засвоєння методів аналізу фізичних явищ;
- вироблення вміння обчислень фізичних величин за аналітичними виразами;
- вироблення вміння застосовувати математичний апарат для вирішення певних фізичних задач.

#### • **Програмні компетентності**

##### • **Інтегральна компетентність**

- Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у біомедичній інженерії або у процесі навчання, що передбачає застосування певних теорій та методів хімічної, біологічної та медичної інженерії, і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

##### • **Спеціальні (фахові, предметні) компетентності (ФК)**

- ФК 5 Здатність застосовувати фізичні, хімічні, біологічні та математичні методи в аналізі, моделюванні функціонування живих організмів та біотехнічних систем.

•

##### • **Програмні результати навчання(ПРН)**

- ПРН 1 Організації та принципів функціонування біологічних об'єктів та окремих їх частин в умовах *in vivo* та *in vitro*, а також методів їх вивчення (оцінки) (біологічних, хімічних, фізичних, математичних).
- ПРН 4 Застосовувати знання основ математики, фізики та біофізики, біоінженерії, хімії, інженерної графіки, механіки, опору та міцності матеріалів, властивості газів і рідин, електроніки, інформатики, отримання та аналізу сигналів і зображень,

автоматичного управління, системного аналізу та методів прийняття рішень на рівні, необхідному для вирішення задач біомедичної інженерії.

- **Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**
- **Пререквізити:** ЗО 1 Вища математика.
- **постреквізити:** ПО 3 «Біофізика», ПО 5 «Електротехніка».

### 3. Зміст навчальної дисципліни

#### Лекційні заняття

|         |                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Тема 1  | <b>Рівняння Максвелла. Властивості електромагнітних хвиль</b> Хвильові процеси. Рівняння та характеристики монохроматичної хвилі. Хвильові поверхні та фазова швидкість. Утворення та загальні властивості електромагнітних хвиль. |
| Тема 2  | <b>Енергія електромагнітної хвилі.</b> Густина потоку енергії хвилі. Вектор Пойнтінга. Інтенсивність електромагнітної хвилі.                                                                                                       |
| Тема 3  | <b>Інтерференція.</b> Світлові хвилі. Показник заломлення. Поняття про інтерференцію та когерентність. Умови максимумів і мінімумів.                                                                                               |
| Тема 4  | <b>Спостереження двопроменевої інтерференції</b> Отримання когерентних світлових пучків, інтерференційні схеми. Інтерференція в тонких пластинах.                                                                                  |
| Тема 5  | <b>Дифракція світла.</b> Дифракція хвиль, принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракція Фраунгофера на одній щілині.                                                                                                                         |
| Тема 6  | <b>Дифракція на оптичній ґратці та на кристалах.</b> Дифракція Фраунгофера на одновимірній ґратці. Дифракція рентгенівських променів на кристалах, формула Вульфа-Брегга.                                                          |
| Тема 7  | <b>Поляризація світла.</b> Поляризоване та природне світло, види поляризації. Ступінь поляризації світла. Закон Малюса. Поляризація світла при відбиванні від діелектрика та при двопроменезаломленні.                             |
| Тема 8  | <b>Дисперсія світла.</b> Поняття про дисперсію хвиль. Елементарна електронна теорія дисперсії світла. Поняття про хвильовий пакет та групову швидкість.                                                                            |
| Тема 9  | <b>Фотони.</b> Обмеженість класичної фізики. Квантова фізика. Формула Планка. Фотони, енергія та імпульс фотона.                                                                                                                   |
| Тема 10 | <b>Квантові властивості електромагнітного випромінювання.</b> Зовнішній фотоэффект. Рівняння Ейнштейна. Гальмівне рентгенівське випромінювання.                                                                                    |
| Тема 11 | <b>Ефект Комптона.</b> Сутність ефекту Комптона та його елементарна теорія. Взаємодія фотонів із речовиною. Корпускулярно-хвильовий дуалізм.                                                                                       |
| Тема 12 | <b>Хвилі де-Бройля.</b> Неможливість класичної теорії будови атома. Гіпотеза де-Бройля. Дифракція мікрочастинок.                                                                                                                   |
| Тема 13 | <b>Хвильова функція частинки.</b> Хвильова функція, її імовірнісний зміст і властивості.                                                                                                                                           |
| Тема 14 | <b>Принцип невизначеності.</b> Зміст принципу невизначеності, співвідношення Гайзенберга.. Межі класичного способу опису.                                                                                                          |
| Тема 15 | <b>Рівняння Шрьодінгера.</b> Квантова механіка. Часове та стаціонарне рівняння Шрьодінгера. Стаціонарні стани.                                                                                                                     |
| Тема 16 | <b>Частинка у потенційній ямі.</b> Нескінченно глибока потенціальна яма з вертикальними стінками (ящик). Хвильові функції та стаціонарні стани                                                                                     |

|         |                                                                                                                                                                                         |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         | частинки в потенціальному ящику. Енергетичний спектр.                                                                                                                                   |
| Тема 17 | <b>Бар'єри.</b> Гармонічний осцилятор. Проходження частинки під потенціальним бар'єром (тунельний ефект). Тунельні явища.                                                               |
| Тема 18 | <b>Атом водню.</b> Рівняння Шрьодінгера, квантові числа та енергетичний спектр атомарного водню та воденеподібних іонів. Спектральні серії поглинання і випромінювання.                 |
| Тема 19 | <b>Орбітальні моменти електрона.</b> Квантування моменту імпульсу та його проєкції. Квантування магнітного моменту, магнетон Бора. Виродження енергетичних рівнів, класифікація станів. |
| Тема 20 | <b>Атом у магнітному полі.</b> Розщеплення енергетичних рівнів електрона у зовнішньому полі. Нормальний і аномальний ефекти Зеемана. Неповнота механіки Шрьодінгера.                    |
| Тема 21 | <b>Спін.</b> Власний кутовий і магнітний моменти електрона. Спін-орбітальна взаємодія. Спін і статистики, принцип Паулі.                                                                |

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### Базова

1. Кучерук І.М., Горбачук І.І. Загальний курс фізики. Оптика. Квантова фізика. - К: Техніка, 1999.
2. Курс загальної фізики : підруч. для студ. ВНЗ : у 6 т. / ОНУ ім. І.І. Мечникова; за заг. ред. В. А. Сминтина. – Одеса : Астропринт, 2011. - Т.4 : Оптика / В. А. Сминтина, Ю. Ф. Ваксман. – 2012. – 275 с.  
<http://dspace.onu.edu.ua:8080/handle/123456789/23251>

##### 3. Додаткова

4. Лінчевський, І. В. Загальна фізика. Оптика. Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навчальний посібник / І. В. Лінчевський ; КПП ім. Ігоря Сікорського ; за заг. ред. І. В. Лінчевського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,95 Мбайт). – Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 38 с.  
<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/39749>.
5. Задачі із загальної фізики. Розділ «Оптика. Квантова фізика. Молекулярна фізика». Уклад.: В.П. Бригінець, О.О. Гусєва, О.В. Дімарова та ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2011.
6. Квантова фізика. Метод. вказівки до виконання лаб. робіт. Уклад. В.П. Бригінець, О.О.Гусєва, І.В.Лінчевський та ін., –К.: НТУУ «КПІ», 2009.

##### Інформаційні ресурси

1. <http://ztf.kpi.ua/>
2. <http://campus.kpi.ua/tutor/index.php>

#### Навчальний контент

##### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Навчальна частина дисципліни складена з лекційного матеріалу, практичних занять, лабораторних робіт та контрольних заходів у вигляді МКР. При викладанні дисципліни рекомендується побудувати ознайомлення студентів з предметом таким чином, щоб вони не тільки отримували ту чи іншу інформацію стосовно курсу, який вивчається, але й відчували зв'язок між різними темами кредитного модуля, а також місце модуля серед інших фізичних дисциплін. Загальний методичний підхід до викладання навчальної дисципліни визначається як комунікативно-когнітивний та професійно-орієнтований, згідно з яким у центрі освітнього процесу знаходиться студент – суб'єкт навчання і майбутній фахівець

##### Лекційні заняття

| № з/п | Назва теми лекції та перелік основних питань<br>(перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | <b>Властивості електромагнітних хвиль.</b> Хвильові процеси. Рівняння та характеристики монохроматичної хвилі. Хвильові поверхні та фазова швидкість. Утворення та загальні властивості електромагнітних хвиль. Густина потоку енергії хвилі. Вектор Пойнтинга. Інтенсивність електромагнітної хвилі.<br>Література: [2], 14.1; [6], 1.1, 2.2.                                            |
| 2     | <b>Інтерференція.</b> Світлові хвилі. Показник заломлення. Поняття про інтерференцію та когерентність. Умови максимумів і мінімумів. Отримання когерентних світлових пучків, інтерференційні схеми. Інтерференція в тонких пластинах.<br>Література: [3], 1.1, 3.1; [6], 4.1, 4.2., [3], 2.2; [6], 3.1, 3.2.<br><i>Самостійна робота:</i> Відбивання та заломлення світла, граничний кут. |
| 3     | <b>Дифракція світла.</b> Дифракція хвиль, принцип Гюйгенса-Френеля. Зони Френеля. Дифракція Фраунгофера на одній щілині.<br>Література: [3], 4.1, 4.3; [6], 5.1, 5.4, 5.6.                                                                                                                                                                                                                |
| 7     | <b>Дифракція на оптичній ґратці та на кристалах.</b> Дифракція Фраунгофера на одновимірній ґратці. Дифракція рентгенівських променів на кристалах, формула Вульфа-Брегга.<br>Література: [3], 4.4; [6], 5.7 – 5.9.                                                                                                                                                                        |
| 8     | <b>Поляризація світла.</b> Поляризоване та природне світло, види поляризації. Спупінь поляризації світла. Закон Малюса. Поляризація світла при відбиванні від діелектрика та при двоприменезаломленні.<br>Література: [3], 5.1, 5.2, 5.4, 5.6; [6], 6.1 – 6.3.                                                                                                                            |
| 9     | <b>Дисперсія світла.</b> Поняття про дисперсію хвиль. Елементарна електронна теорія дисперсії світла. Поняття про хвильовий пакет та групову швидкість.<br>Література: [3], 6.1 – 6.3; [6], 7.1 – 7.3.                                                                                                                                                                                    |
| 10    | <b>Фотони.</b> Обмеженість класичної фізики. Квантова фізика. Формула Планка. Фотони, енергія та імпульс фотона.<br>Література: [3], 9.4; [7], 1.1, 1.4.                                                                                                                                                                                                                                  |
| 11    | <b>Квантові властивості електромагнітного випромінювання.</b> Зовнішній фотоефект. Рівняння Ейнштейна. Гальмівне рентгенівське випромінювання. Сутність ефекту Комптона та його елементарна теорія. Взаємодія фотонів із речовиною. Корпускулярно-хвильовий дуалізм.<br>Література: [3], 9.1 – 9.3, 10.1; [7], 1.2, 1.3.                                                                  |
| 12    | <b>Хвилі де-Бройля.</b> Неможливість класичної теорії будови атома. Гіпотеза де-Бройля. Дифракція мікрочастинок. Хвильова функція частинки. Хвильова функція, її імовірнісний зміст і властивості.<br>Література: [3], 12.1; [7], 3.1, 3.2.                                                                                                                                               |
| 13    | <b>Принцип невизначеності.</b> Зміст принципу невизначеності, співвідношення Гайзенберга.. Межі класичного способу опису. Квантова механіка. Часове та стаціонарне рівняння Шрьодінгера. Стаціонарні стани.<br>Література: [3], 12.2; [7], 3.4.                                                                                                                                           |
| 14    | <b>Частинка у потенційній ямі.</b> Нескінченно глибока потенціальна яма з вертикальними стінками (ящик). Хвильові функції та стаціонарні стани частинки в потенціальному ящику. Енергетичний спектр. Проходження частинки під потенціальним бар'єром (тунельний ефект). Тунельні явища.<br>Література: [3], 12.4; [7], 4.3.                                                               |
| 15    | <b>Атом водню.</b> Рівняння Шрьодінгера, квантові числа та енергетичний спектр атомарного водню та водневоподібних іонів. Спектральні серії поглинання і випромінювання.                                                                                                                                                                                                                  |

|    |                                                                                                                                                                                                                                  |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | Література: [3], 13.5; [7], 6.1.                                                                                                                                                                                                 |
| 16 | <b>Орбітальні моменти електрона.</b> Квантування моменту імпульсу та його проєкції. Квантування магнітного моменту, магнетон Бора. Виродження енергетичних рівнів, класифікація станів.<br>Література: [3], 13.5; [7], 6.4, 7.1. |
| 17 | <b>Атом у магнітному полі.</b> Розщеплення енергетичних рівнів електрона у зовнішньому полі. Нормальний і аномальний ефекти Зеемана. Неповнота механіки Шрьодінгера.<br>Література: [3], 13.5; [7], 6.2, 6.3.                    |
| 18 | <b>Спін.</b> Власний кутовий і магнітний моменти електрона. Спін-орбітальна взаємодія, мультиплетність спектрів. Спін і статистики, принцип Паулі.<br>Література: [3], 13.5; [7], 6.2, 6.3.                                      |

### Практичні заняття

Нижче наведено теми та короткий зміст занять і орієнтовний перелік завдань для аудиторної роботи та СРС (номери задач) за посібником [4,8]. При роботі в аудиторії викладач має право, крім указаних у переліку, використовувати завдання з інших джерел.

|    |                                                                                                                                                                                                                                 |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Рівняння Максвелла. Струм зміщення                                                                                                                                                                                              |
| 2  | Плоска монохроматична електромагнітна хвиля. Загальні властивості електромагнітних хвиль.<br>Література: [8] №№ 1.1, 1.4, 1.7, 1.10.<br>Завдання: №№ 1.2, 1.5, 1.6, 1.8, 1.9.                                                   |
| 3  | Вектор Пойнтінга. Інтенсивність електромагнітної хвилі.<br>Література: [8] №№ 1.11 – 1.15.<br>Завдання: №№ 1.11, 1.12, 1.13, 1.15.                                                                                              |
| 4  | Закони відбивання та заломлення світла. Співвідношення амплітуд і фаз при нормальному падінні.<br>Література: [8] №№ 2.2, 2.3, 2.4, 2.6, 2.9, – 2.12, 2.14, 2.15, 2.17, 2.20, – 2.23.<br>Завдання: №№ 2.3, 2.6, 2.8, 2.9, 2.14. |
| 5  | Інтерференція світла, умови максимумів і мінімумів. Накладення двох циліндричних хвиль. Інтерференція в тонких плівках.<br>Література: [8] №№ 3.1, 3.7, 3., 3.21, 3.23.<br>Завдання: №№ 3.6, 3.10, 3.14, 3.16, 3.18             |
| 6  | Дифракція Френеля. Зони Френеля.                                                                                                                                                                                                |
| 7  | Дифракція Фраунгофера на щілині та на одновимірній плоскій ґратці.<br>Література: [8] №№ 4.10, 4.13, 4.14, 4.19, 4.28, 4.33, 4.<br>Завдання: №№ 4.9, 4.15, 4.22, 4.26, 4.32                                                     |
| 8  | Поляризація світла. Закон Малюса. Ступінь поляризації. Фазова та групова швидкість.<br>Література: [8] №№ 5.2, 5.3, 5.6, 5.9, 5.21, 5.22.<br>Завдання: №№ 5.1, 5.5, 5.8, 5.9, 5.12.                                             |
| 9  | Дисперсія. Фазова та групова швидкість.<br>Література: [8] №№ 5.6, 5.9, 5.21, 5.22.<br>Завдання: №№ 5.8, 5.9, 5.12.                                                                                                             |
| 10 | Геометрична оптика. Призма, плоско паралельна пластинка. Тонка лінза<br>Література: [8] №№ 5.6, 5.9, 5.21, 5.22.<br>Завдання: №№ 5.18, 5.19, 5.20, 5.21, 5.37, 5.38                                                             |
| 11 | Квантові властивості випромінювання. Фотони.                                                                                                                                                                                    |

|    |                                                                                                                                                                                                                               |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | Література: [8] №№ 6.3, 6.4, 6.7, 6.28, 6.36,6.38 6.49, 6.45.<br>Завдання: №№ 5.278, 5.281,5.282, 5.284                                                                                                                       |
| 12 | Фотоефект. Рентгенівське випромінювання.<br>Література: [8] №№ 6.3, 6.4, 6.7, 6.28, 6.36,6.38 6.49, 6.45.<br>Завдання: №№ 5.288,5.289,5.291, 5.294                                                                            |
| 13 | Ефект Комптона.<br>Література: [8] №№ 6.48, 6.49, 6.51, 6.53 , 6.56, 6.59, 6.60.<br>Завдання: №№ 6.48, 6.49, 6.51, 6.53 ,6.56.                                                                                                |
| 14 | Хвилі де-Бройля. Співвідношення невизначеності Гайзенберга.<br>Література: [8] №№ 7.3, 7.4, 7.6, 7.8, 7.15, 7.21, 7.22, 7.26.<br>Завдання: №№ 7.1, 7.14, 7.16, 7.23                                                           |
| 15 | Хвильова функція, її ймовірнісний зміст і властивості. Рівні енергії частинки в одновимірній потенціальній ямі.<br>Література: [8] №№ 8.2, 8.3, 8.5, 8.9, 8.10,8.19, 8.18.<br>Завдання: №№ 86.79, 6.80,6.84, 6.85             |
| 16 | Проходження частинок крізь бар'єр. Тунельний ефект.<br>Література: [8] №№ 8.20, 8.21, 8.22, , 8.26, 8.28.<br>Завдання: №№6.97, 6.102,                                                                                         |
| 17 | Проходження частинок крізь потенціальний бар'єр довільної форми. Автоелектронна емісія електронів в металах. Контактна різниця потенціалів.<br>Література: [8] №№ 8.20, 8.21, 8.22, , 8.26, 8.28.<br>Завдання: №№.6.103,6.104 |
| 18 | МКР                                                                                                                                                                                                                           |

### Лабораторні заняття

| № з/п | Назва лабораторної роботи                         |
|-------|---------------------------------------------------|
| 1     | Вивчення інтерференції світла. Кільця Ньютона.    |
| 2     | Вивчення інтерференції світла (біпризма Френеля). |
| 3     | Вивчення фраунгоферової дифракції на щілині.      |
| 4     | Вивчення поляризованого світла. Закон малюса      |
| 5     | Вивчення поляризації світла. Стопа Столетова      |
| 6     | Вивчення зовнішнього фотоефекту.                  |
| 7     | Вивчення досліду Франка – Герца.                  |
| 8     | Вивчення ефекту Рамзауера.                        |
| 9     | Вивчення оптичного спектра атомарного водню.      |

### Індивідуальні завдання

#### Розрахунково-графічна робота (РГР) на тему: “Дифракційна ґратка”

#### Контрольні роботи

З кредитного модуля заплановано проведення однієї модульної контрольної роботи (МКР), яка може поділятися на дві МКР по одній академічній годині кожна:

#### **МКР 1. Хвильова оптика**

Геометрична оптика. Загальні поняття хвильової оптики

Інтерференція

Дифракція

Поляризація

Дисперсія.

## **6. Самостійна робота студента**

Самостійна робота студента є основним засобом засвоєння навчального матеріалу у вільний від навчальних занять час і включає:

| № з/п | Вид самостійної роботи            | Кількість<br>годин СРС |  |
|-------|-----------------------------------|------------------------|--|
| 1     | Підготовка до практичних занять   | 10                     |  |
| 2     | Підготовка до лабораторних занять | 16                     |  |
| 3     | Підготовка до МКР                 | 6                      |  |
| 4     | Підготовка до екзамену            | 10                     |  |

## **Політика та контроль**

### **7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

Система вимог, які ставляться перед студентом:

- відвідування лекційних та практичних занять та лабораторних робіт є обов'язковою складовою вивчення матеріалу;
- на лекції викладач користується власним презентаційним матеріалом; використовує гугл-диск або viber для викладання матеріалу поточної лекції, додаткової інформації, завдань до практичних робіт та інше; вирішення практичних завдань та модульних контрольних робіт завантажується на гугл-диск або viber;
- питання на лекції задаються у відведений для цього час;
- для захисту практичної або розрахункової роботи необхідно розв'язати відповідні задачі, завантажити рішення на електронну пошту викладача та відповісти на запитання щодо рішення;
- модульні контрольні роботи пишуться на лекційних (практичних) заняттях без застосування допоміжних засобів (мобільні телефони, планшети та ін.); результат завантажується у файлі на електронну пошту викладача;
- заохочувальні бали виставляються за: рішення задач на першому практичному занятті; участь у факультетських та інститутських олімпіадах з навчальних дисциплін, участь у конкурсах робіт, підготовка оглядів наукових праць тощо. Кількість заохочуваних балів не більше 5;
- штрафні бали виставляються за: переписування модульної контрольної роботи. Кількість штрафних балів не більше 5.
- При проведенні МКР студентам видаються модульні контрольні завдання які складаються з трьох задач. МКР проводиться письмово. Результати МКР оголошуються студентам на наступному занятті. Студент має право відпрацювати МКР у разі його відсутності на запланованому занятті за документально підтверджених поважних підстав.

### **Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)**

Рейтинг студента складається з балів, що він отримує за:

1. виконання тестових експрес-контрольних робіт (на лекційних заняттях);
2. виконання та захист практичних завдань;
3. виконання та захист лабораторних робіт;
4. виконання та захист РГР;

5. виконання модульної контрольної роботи (МКР поділяється на 2 частини, проводиться на практичних (лекційних) заняттях);
6. заохочувальні та штрафні бали;
7. відповідь на екзамені.

### **Міжсесійна атестація**

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів максимально можлива кількість балів – 20 балів. На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менший ніж 10 балів.

За результатами 13 тижнів навчання максимально можлива кількість балів – 40 балів. На другій атестації (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менший ніж 20 балів.

### **Рейтингові контрольні заходи**

Рейтинг студента з дисципліни **RD** складається з балів, які він отримує за:

- самостійні роботи на практичному занятті; лабораторні роботи, МКР, РГР
- відповідь на екзамені.

### **Система рейтингових (вагових) балів і критерії оцінювання**

2.1. Практичні заняття. Ваговий бал однієї відповіді або однієї самостійної тематичної роботи на занятті  $\hat{r}_{np} = 5$  при таких критеріях оцінювання якості відповіді (роботи):

0 балів – повна неготовність (відсутність елементарних знань по темі заняття чи самостійної роботи);

1–2 балів – незадовільна підготовленість до заняття (роботи);

3–3.5 балів – підготовленість задовольняє мінімальним вимогам або задовільна;

3.6 – 4.5 балів - добра та дуже добра підготовленість до заняття;

4.6–5.0 балів - відмінна підготовленість до заняття.

Сумарний ваговий бал за  $n$  практичні заняття протягом семестру складає

$$\hat{R}_{np} = \left( \sum_n r_{np} \right) \times \frac{15}{5n} = 15 \text{ балів.}$$

2.2. Лабораторні заняття. Ваговий бал одного лабораторного заняття  $\hat{r}_{лб} = 5$  із такими критеріями оцінювання:

0 – 2 балів – студент не допущений до роботи, але отримав допуск у процесі заняття й виконав виміри;

2.1 – 3.0 балів – виконані виміри, але обробка результатів не зроблена;

3.1 – 5 балів – робота виконана повністю, включно з обробкою результатів та оформленням.

Сумарний ваговий бал за  $m$  лабораторних занять протягом семестру складає:

$$R_{лб} = \sum_{i=1}^m r_{лб} * \frac{15}{5m} = 15 \text{ балів}$$

2.3. Розрахунковографічна робота (РГР). Ваговий бал  $\hat{R}_{pp} = 10$  при таких критеріях оцінювання:

0 балів (не зараховано) – робота не подана протягом місяця після встановленого терміну;

1-2 бал (не зараховано) – робота містить грубі помилки в кожному завданні;

3-4 бали (не зараховано) – робота містить окремі грубі помилки, котрі спотворюють фізичний зміст отриманих результатів і потребує переробки;

5-6 бали (зараховано) – робота містить окремі суттєві помилки, але не потребує повної переробки ;

7-8 бали (зараховано) – робота виконана вірно, але є помилки в обчисленнях і недоліки в графіках;

9-10 балів (зараховано) – робота не має суттєвих вад і зауважень.

#### 2.4 Модульна контрольна робота.

Модульна контрольна робота складається з 2-х задач розділу механіка та 2-х задач розділу електрика-магнетизм. За одну модульну контрольну студент максимально може отримати  $\hat{R}_{мкр} = 10$  балів. Мінімальна кількість балів, за умови якої контрольна вважається зданою – 4. Бали за виконання завдань нараховуються таким чином:

- повністю правильний розв'язок задачі (правильне оформлення заданих величин з переводом до системи СІ і сформульоване запитання, чіткий схематичний рисунок з позначенням напрямків векторних величин, якщо потрібно, правильний фізичний розв'язок задачі, розрахунок невідомої величини без помилок, записані одиниці вимірювання для всіх фізичних величин) – максимальна кількість балів 2.5;
- розв'язок задачі виконаний з помилками на рівні математичного обчислення невідомої величини та помилкового вживання розмірності – знімається 0.5 бали;
- розв'язок задачі виконаний частково: основні формули і закони записані вірно, але помилки виникли у перетворенні формул і через це фізичний розв'язок вийшов невірний – знімається 0.5- 1 бали;
- розв'язку задачі немає, але записані основні формули і закони, які потрібні для нього – знімається 1 – 1.5 бали;
- відсутність будь-яких записів щодо завдання та розв'язку – 0 балів.

#### **Рейтингова шкала**

*Рейтингова шкала* з кредитного модуля  $R$  утворюється із сумарного вагового балу  $\hat{R}_C$  та екзаменаційної складової  $\hat{R}_E$ :

$$RD = \hat{R}_C + \hat{R}_E$$

Величина  $\hat{R}_C$  визначається додавання сумарних вагових балів усіх контрольних заходів, і, згідно з викладеним у попередніх пунктах, складає

$$R_C = R_{np} + R_{л.р.} + R_{pp} + \hat{R}_{мкр} = 15 + 15 + 10 + 10 = 50 \text{ балів.}$$

Екзаменаційна складова приймається в розмірі 50% від рейтингової шкали й становить:

$$R_E = 50 \text{ балів.}$$

Відтак рейтингова шкала з кредитного модуля

$$RD = 100 \text{ балів.}$$

#### **Оцінювання якості знань із кредитного модуля**

Умови допуску до екзамену. Студент допускається до екзамену, якщо він має:

- зараховані розрахункову роботу, модульну контрольну роботу, всі лабораторні роботи.
- стартовий рейтинг  $r_c \geq 0,5 \hat{R}_C$ , тобто  $r_c \geq 25$  балів;

Стартовий (попередній) рейтинг студента дорівнює сумі балів, отриманих з усіх контрольних заходів у семестрі, згідно з п.2:

$$r_c = R_{np} + R_{pp} + R_{л.р.} + \hat{R}_{мкр}$$

Рейтинг із кредитного модуля (підсумковий рейтинг)  $RD$  складається зі стартового рейтингу  $r_c$  і балів  $r_e$ , отриманих студентом на екзамені:

$$RD = r_c + r_e.$$

Екзаменаційні бали виставляються викладачем відповідно до шкали  $\hat{R}_E = 50$  балів на основі таких критеріїв оцінювання якості знань:

- 0 – 20 балів – дано відповіді менше, ніж на 40% завдань білета;
- 20 – 30 балів – дано відповіді не менше, ніж на 40% завдань білета. Відповіді містять суттєві помилки та недоліки;
- 31 – 44 балів – дано правильні відповіді не менше, ніж на 70% завдань білета.;
- 45 – 50 балів – дано правильні аргументовані відповіді на всі завдання білета без істотних недоліків.

Підсумкова оцінка з кредитного модуля (семестрова атестація) установлюється на основі підсумкового рейтингу студента  $RD$ , згідно з табл. 1

**Таблиця 1 — Переведення рейтингових балів до оцінок за університетською шкалою**

| Кількість балів $RD$      | Оцінка       | Можливість отримання оцінки «автоматом» |
|---------------------------|--------------|-----------------------------------------|
| 100-95                    | Відмінно     | є                                       |
| 94-85                     | Дуже добре   | є                                       |
| 84-75                     | Добре        | ні                                      |
| 74-65                     | Задовільно   | ні                                      |
| 64-60                     | Достатньо    | ні                                      |
| Менше 60                  | Незадовільно | ні                                      |
| Не виконані умови допуску | Не допущено  |                                         |

#### **Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

##### **Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено** професором кафедри загальної та теоретичної фізики Лінчевським І.В.

**Ухвалено** кафедрою загальної фізики протокол № 6 від 26.06.2025 р.

**Погоджено** Методичною комісією ФБМІ (протокол №12 від 30.06.2025 р.)