



Фізика. Частина 2. Оптика. Квантова фізика

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	<u>163 "Біомедична інженерія"</u>
Освітня програма	Регенеративна та біофармацевтична інженерія
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	2 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	5 кредитів, 150 годин (денна: 46 годин – лекції, 44 годин – практичні, 18 годин – лабораторні роботи; 42 годин – СРС;
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен / МКР, РГР
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ScheduleGroupSelection.aspx
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: професор, Лінчевський Ігор Валентинович, igorvl2009@gmail.com , моб. +38 0959416955 Практичні: професор, Лінчевський Ігор Валентинович, igorvl2009@gmail.com , моб. +38 0959416955
Розміщення курсу	https://campus.kpi.ua

Програма навчальної дисципліни

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

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 професійної підготовки і вивчається студентами в 3-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:

- опанувати 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	Рівняння Максвелла. Властивості електромагнітних хвиль Хвильові процеси. Рівняння та характеристики монохроматичної хвилі. Хвильові поверхні та фазова швидкість. Утворення та загальні властивості електромагнітних хвиль.
Тема 2	Енергія електромагнітної хвилі. Густина потоку енергії хвилі. Вектор Пойнтінга. Інтенсивність електромагнітної хвилі.
Тема 3	Інтерференція. Світлові хвилі. Показник заломлення. Поняття про інтерференцію та когерентність. Умови максимумів і мінімумів.
Тема 4	Спостереження двопроменевої інтерференції Отримання когерентних світлових пучків, інтерференційні схеми. Інтерференція в тонких пластинах.
Тема 5	Дифракція світла. Дифракція хвиль, принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракція Фраунгофера на одній щілині.
Тема 6	Дифракція на оптичній ґратці та на кристалах. Дифракція Фраунгофера на одновимірній ґратці. Дифракція рентгенівських променів на кристалах, формула Вульфа-Брегга.
Тема 7	Поляризація світла. Поляризоване та природне світло, види поляризації. Ступінь поляризації світла. Закон Малюса. Поляризація світла при відбиванні від діелектрика та при двопронезаломленні.
Тема 8	Дисперсія світла. Поняття про дисперсію хвиль. Елементарна електронна теорія дисперсії світла. Поняття про хвильовий пакет та групову швидкість.
Тема 9	Фотони. Обмеженість класичної фізики. Квантова фізика. Формула Планка. Фотони, енергія та імпульс фотона.
Тема 10	Квантові властивості електромагнітного випромінювання. Зовнішній фотоефект. Рівняння Ейнштейна. Гальмівне рентгенівське випромінювання.
Тема 11	Ефект Комптона. Сутність ефекту Комптона та його елементарна теорія. Взаємодія фотонів із речовиною. Корпускулярно-хвильовий дуалізм.
Тема 12	Хвилі де-Бройля. Неможливість класичної теорії будови атома. Гіпотеза де-Бройля. Дифракція мікрочастинок.
Тема 13	Хвильова функція частинки. Хвильова функція, її імовірнісний зміст і властивості.
Тема 14	Принцип невизначеності. Зміст принципу невизначеності, співвідношення Гайзенберга.. Межі класичного способу опису.
Тема 15	Рівняння Шрєдінгера. Квантова механіка. Часове та стаціонарне рівняння Шрєдінгера. Стаціонарні стани.
Тема 16	Частинка у потенційній ямі. Нескінченно глибока потенціальна яма з вертикальними стінками (ящик). Хвильові функції та стаціонарні стани частинки в потенціальному ящику. Енергетичний спектр.
Тема 17	Бар'єри. Гармонічний осцилятор. Проходження частинки під потенціальним бар'єром (тунельний ефект). Тунельні явища.
Тема 18	Атом водню. Рівняння Шрєдінгера, квантові числа та енергетичний спектр атомарного водню та воденеподібних іонів. Спектральні серії поглинання і випромінювання.
Тема 19	Орбітальні моменти електрона. Квантування моменту імпульсу та його проєкції. Квантування магнітного моменту, магнетон Бора. Виродження енергетичних рівнів, класифікація станів.
Тема 20	Атом у магнітному полі. Розщеплення енергетичних рівнів електрона у зовнішньому полі. Нормальний і аномальний ефекти Зесмана. Неповнота

	механіки Шрьодінгера.
Тема 21	Спін. Власний кутовий і магнітний моменти електрона. Спін-орбітальна взаємодія. Спін і статистики, принцип Паулі.
Тема 22	Квантові статистики. Рівень Фермі.
Тема 23	Теплоємність кристалів. Температура Дебая.

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>

Додаткова

3. Лінчевський, І. В. Загальна фізика. Оптика. Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навчальний посібник / І. В. Лінчевський ; КПІ ім. Ігоря Сікорського ; за заг. ред. І. В. Лінчевського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,95 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 38 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/39749>.
4. 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.
5. 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://zif.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 (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Рівняння Максвелла. Струм зміщення
2	Властивості електромагнітних хвиль Хвильові процеси. Рівняння та характеристики монохроматичної хвилі. Хвильові поверхні та фазова швидкість. Утворення та загальні властивості електромагнітних хвиль. Література: [2], 14.1; [6], 1.1, 2.2.
3	Енергія електромагнітної хвилі. Густина потоку енергії хвилі. Вектор Пойнтинга. Інтенсивність електромагнітної хвилі. Література: [2], 14.2; [6], 2.4.
4	Інтерференція. Світлові хвилі. Показник заломлення. Поняття про

	інтерференцію та когерентність. Умови максимумів і мінімумів. Література: [3], 1.1, 3.1; [6], 4.1, 4.2. <i>Самостійна робота:</i> Відбивання та заломлення світла, граничний кут. Література: [3], 2.2; [6], 3.1, 3.2.
5	Спостереження двопроревої інтерференції Отримання когерентних світлових пучків, інтерференційні схеми. Інтерференція в тонких пластинах. Література: [3], 3.2, 3.4; [6], 4.3, 4.4.
6	Дифракція світла. Дифракція хвиль, принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракція Фраунгофера на одній щілині. Література: [3], 4.1, 4.3; [6], 5.1, 5.4, 5.6.
7	Дифракція на оптичній ґратці та на кристалах. Дифракція Фраунгофера на одновимірній ґратці. Дифракція рентгенівських променів на кристалах, формула Вульфа-Брегга. Література: [3], 4.4; [6], 5.7 – 5.9.
8	Поляризація світла. Поляризоване та природне світло, види поляризації. Спупінь поляризації світла. Закон Малюса. Поляризація світла при відбиванні від діелектрика та при двопрореозаломленні. Література: [3], 5.1, 5.2, 5.4, 5.6; [6], 6.1 – 6.3.
9	Дисперсія світла. Поняття про дисперсію хвиль. Елементарна електронна теорія дисперсії світла. Поняття про хвильовий пакет та групову швидкість. Література: [3], 6.1 – 6.3; [6], 7.1 – 7.3.
10	Фотони. Обмеженість класичної фізики. Квантова фізика. Формула Планка. Фотони, енергія та імпульс фотона. Література: [3], 9.4; [7], 1.1, 1.4.
11	Квантові властивості електромагнітного випромінювання. Зовнішній фотоефект. Рівняння Ейнштейна. Гальмівне рентгенівське випромінювання. Література: [3], 9.1 – 9.3, 10.1; [7], 1.2, 1.3.
12	Ефект Комптона. Сутність ефекту Комптона та його елементарна теорія. Взаємодія фотонів із речовиною. Корпускулярно-хвильовий дуалізм. Література: [3], 10.2; [7], 1.5.
13	Хвилі де-Бройля. Неможливість класичної теорії будови атома. Гіпотеза де-Бройля. Дифракція мікрочастинок. Література: [3], 12.1; [7], 3.1, 3.2.
14	Хвильова функція частинки. Хвильова функція, її імовірнісний зміст і властивості. Література: [3], 12.1; [7], 3.1, 3.2.
15	Принцип невизначеності. Зміст принципу невизначеності, співвідношення Гайзенберга. Межі класичного способу опису. Література: [3], 12.2; [7], 3.4.
16	Рівняння Шрєдінґера. Квантова механіка. Часове та стаціонарне рівняння Шрєдінґера. Стаціонарні стани. Література: [3], 12.3; [7], 4.1, 4.2.
17	Частинка у потенційній ямі. Нескінченно глибока потенціальна яма з вертикальними стінками (ящик). Хвильові функції та стаціонарні стани частинки в потенціальному ящику. Енергетичний спектр. Література: [3], 12.4; [7], 4.3.
18	Бар'єри. Гармонічний осцилятор. Проходження частинки під потенціальним бар'єром (тунельний ефект). Тунельні явища. Література: [3], 12.5, 12.6; [7], 4.4, 4.5.
19	Атом водню. Рівняння Шрєдінґера, квантові числа та енергетичний спектр атомарного водню та водневоподібних іонів. Спектральні серії поглинання і

	випромінювання. Література: [3], 13.5; [7], 6.1.
20	Орбітальні моменти електрона. Квантування моменту імпульсу та його проекції. Квантування магнітного моменту, магнетон Бора. Виродження енергетичних рівнів, класифікація станів. Література: [3], 13.5; [7], 6.4, 7.1.
21	Атом у магнітному полі. Розщеплення енергетичних рівнів електрона у зовнішньому полі. Нормальний і аномальний ефекти Зеємана. Неповнота механіки Шрьодінгера. Література: [3], 13.5; [7], 6.2, 6.3.
22	Спін. Власний кутовий і магнітний моменти електрона. Спін-орбітальна взаємодія, мультиплетність спектрів. Спін і статистики, принцип Паулі. Література: [3], 13.5; [7], 6.2, 6.3.
23	Квантові статистики. Рівень Фермі. Теплоємність кристалів. Література: [2], 13.6, 13.7, 13.8; [7], 6.5, 6.6, 6.7.

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. Література: [8] №№ 1.1, 1.4, 1.7, 1.10. Завдання: №№ 1.2, 1.5, 1.6, 1.8, 1.9.
3	Вектор Пойнтінга. Інтенсивність електромагнітної хвилі. Література: [8] №№ 1.11 – 1.15. Завдання: №№ 1.11, 1.12, 1.13, 1.15.
4	Закони відбивання та заломлення світла. Співвідношення амплітуд і фаз при нормальному падінні. Література: [8] №№ 2.2, 2.3, 2.4, 2.6, 2.9, – 2.12, 2.14, 2.15, 2.17, 2.20, – 2.23. 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. Література: [8] №№ 3.1, 3.7, 3., 3.21, 3.23. 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. Література: [8] №№ 4.10, 4.13, 4.14, 4.19, 4.28, 4.33, 4. Завдання: №№ 4.9, 4.15, 4.22, 4.26, 4.32
8	Поляризація світла. Закон Малюса. Ступінь поляризації. Фазова та групова швидкість. Література: [8] №№ 5.2, 5.3, 5.6, 5.9, 5.21, 5.22. Завдання: №№ 5.1, 5.5, 5.8, 5.9, 5.12.
9	Дисперсія. Фазова та групова швидкість.

	Література: [8] №№ 5.6, 5.9, 5.21, 5.22. Завдання: №№ 5.8, 5.9, 5.12.
10	Геометрична оптика. Призма, плоско паралельна пластинка. Тонка лінза Література: [8] №№ 5.6, 5.9, 5.21, 5.22. 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. Завдання: №№ 5.278, 5.281, 5.282, 5.284
12	Фотоэффект. Рентгенівське випромінювання. Література: [8] №№ 6.3, 6.4, 6.7, 6.28, 6.36, 6.38, 6.49, 6.45. Завдання: №№ 5.288, 5.289, 5.291, 5.294
13	Ефект Комптона. Література: [8] №№ 6.48, 6.49, 6.51, 6.53, 6.56, 6.59, 6.60. Завдання: №№ 6.48, 6.49, 6.51, 6.53, 6.56.
14	Хвилі де-Бройля. Співвідношення невизначеності Гайзенберга. Література: [8] №№ 7.3, 7.4, 7.6, 7.8, 7.15, 7.21, 7.22, 7.26. Завдання: №№ 7.1, 7.14, 7.16, 7.23
15	Хвильова функція, її ймовірнісний зміст і властивості. Рівні енергії частинки в одновимірній потенціальній ямі. Література: [8] №№ 8.2, 8.3, 8.5, 8.9, 8.10, 8.19, 8.18. Завдання: №№ 8.6.79, 8.6.80, 8.6.84, 8.6.85
16	Хвильова функція, її ймовірнісний зміст і властивості. Рівні енергії частинки в потенціальному ящику. Література: [8] №№ 8.2, 8.3, 8.5, 8.9, 8.10, 8.19, 8.18. Завдання: №№ 8.6.86, 8.6.87, 8.6.95
17	Пройходження частинок крізь бар'єр. Тунельний ефект. Література: [8] №№ 8.20, 8.21, 8.22, 8.26, 8.28. Завдання: №№ 8.6.97, 8.6.102,
18	Пройходження частинок крізь потенціальний бар'єр довільної форми. Автоелектронна емісія електронів в металах. Контактна різниця потенціалів. Література: [8] №№ 8.20, 8.21, 8.22, 8.26, 8.28. Завдання: №№ 8.6.103, 8.6.104
19	Енергетичний і оптичний спектр атома водню та водневоподібних іонів. Література: [8] №№ 9.11, 9.13, 9.14, 9.17, 9.2, 9.19, 9.22. Завдання: №№ 9.11, 9.13, 9.16, 9.18, 9.21
20	Властивості атомів. Розщеплення енергетичних спектрів в магнітному полі. Вірогідність квантових переходів. Інверсія насиченості енергетичних рівнів. Коефіцієнти Ейнштейна. Література: [8] №№ 8.20, 8.21, 8.22, 8.26, 8.28. Завдання: №№ 8.6.140, 8.6.142, 8.6.145
21	Квантові статистики. Розподіл Фермі – Дирака. Теплоємність кристалів. Температура Дебая

	Література: [8] №№ 8.20, 8.21, 8.22, , 8.26, 8.28. Завдання: №№ 6.203, 6.204, 6.205, 6.208
22	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 поділитися на дві МКР по одній академічній годині кожна:

МКР 1. Хвильова оптика

Геометрична оптика. Загальні поняття хвильової оптики

Інтерференція

Дифракція

Поляризація

Дисперсія.

МКР 2. Атомна фізика

Елементи квантової оптики

Будова атома

Елементи квантової фізики

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 годин СРС
1	Підготовка до практичних занять	10
2	Підготовка до лабораторних занять	8
3	Підготовка до МКР	6
4	Підготовка до екзамену	18

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 (PCO)

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 $r_{np} = 5$ 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:
 $R_e = 50$ 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:

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

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) устанавлюється на основі підсумкового рейтингу студента RD , згідно з табл. 1

Таблиця 1 — Переведення рейтингових балів до оцінок за університетською шкалою

Кількість балів <i>RD</i>	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
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 № 7 від 06.06.2023 р.

Погоджено Методичною комісією ФБМІ (протокол № 10 від 26.06.23р.)