



## Фізика 2. Коливання та хвилі. Квантова фізика

### Робоча програма освітнього компоненту (Силабус)

#### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>12 Інформаційні технології</i>
Спеціальність	<i>123 Комп'ютерна інженерія</i>
Освітня програма	<i>Системне програмування та спеціалізовані комп'ютерні системи</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, осінній,</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен,МКР,РГР</i>
Розклад занять	<i>лекція – 1 раз на тиждень, практичні – 0,5 раз на тиждень,лабораторні роботи – 0,5 раз на тиждень</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: Дімарова Олена Володимирівна, <a href="mailto:o.dimarova@gmail.com">o.dimarova@gmail.com</a> Практичні: Дімарова Олена Володимирівна, <a href="mailto:o.dimarova@gmail.com">o.dimarova@gmail.com</a> Лабораторні роботи: Дімарова Олена Володимирівна, <a href="mailto:o.dimarova@gmail.com">o.dimarova@gmail.com</a></i>
Розміщення курсу	<i>Електронний кампус КПІ ім. Ігоря Сікорського, платформа Сікорський (код курсу в Google Classroom: pn3lggd )</i>

#### 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 електродинаміки .**

*Навчальна дисципліна належить до загальної підготовки циклу навчальних дисциплін природничо-наукової підготовки*

*Предмет навчальної дисципліни – найпростіші і найбільш загальні властивості матерії та форми її існування.*

*Міждисциплінарні зв'язки: курс загальної фізики забезпечує вивчення студентами дисциплін циклу професійно-практичної підготовки: “математика”, “моделювання”, “теорія електричних кіл” та ін. Вивчення курсу загальної фізики планується після вивчення відповідних розділів вищої математики.*

*Метою навчальної дисципліни є формування у студентів компетентностей.*

*Здатності*

- *використовувати фундаментальні фізичні поняття, основні принципи і закони класичної та сучасної фізики у галузі механіки, електродинаміки, коливальних, хвильової та квантової оптики, фізики атома при вирішенні певних фізичних задач;*
- *застосовувати сучасні уявлення про будову та властивості матерії на мікроскопічному рівні;*
- *застосовувати базовий матеріал для подальшого вивчення дисциплін циклу професійно-практичної підготовки.*

*Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:*

*ЗНАННЯ:*

- *- основних оптичних явищ;*
- *- засадничих ідей квантової фізики та основних квантовооптичних ефектів;*
- *- основних відомостей про будову атомів та їх квантові властивості;*
- *- єдності закономірностей коливальних і хвильових процесів різної природи;*
- *- єдності корпускулярних і хвильових властивостей матерії на субмікроскопічному рівні;*
- *- меж застосовності класичного та квантового методів опису фізичних систем.*

*УМІННЯ:*

- *- експериментально досліджувати, якісно і кількісно оцінювати основні оптичні явища;*
- *- експериментально досліджувати, якісно і кількісно оцінювати основні квантові явища;*

*ДОСВІД:*

- *- електродинаміки, оптики і квантової фізики;*
- *- правильного використання загальнонаукової та спеціальної термінології;*
- *- самостійного здобування знань, використовуючи традиційні і сучасні освітні та інформаційні технології;*
- *- підходу до вирішення задач, що постають в процесі професійної діяльності, обираючи методи дослідження на основі наукового світогляду*

### **Програмні результати навчання.**

*З К 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу*

*З К 2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями*

*З К 3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях*

*З К 6. Здатність організації міжособистісної взаємодії*

*З К 7. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми*

*З К 8. Здатність працювати в команді*

*ФК 11. Здатність оформляти отримані робочі результати у вигляді презентацій, науково-технічних звітів*

*ФК 12. Здатність ідентифікувати, класифікувати та описувати роботу програмно-технічних засобів, комп'ютерних та кіберфізичних систем, мереж та їхніх компонент шляхом використання аналітичних методів і методів моделювання.*

*ФК 15. Здатність аргументувати вибір методів розв'язування спеціалізованих задач, критично оцінювати отримані результати, обґрунтовувати та захищати прийняті рішення*

*ФК 16. Здатність до алгоритмічного та логічного мислення*

*ФК 18. Здатність застосовувати алгоритми комп'ютерної графіки, реалізації систем доповненої та віртуальної реальності.*

ПРН 6. Вміти застосовувати знання для ідентифікації, формулювання і розв'язування технічних задач спеціальності, використовуючи методи, що є найбільш придатними для досягнення поставлених цілей.

ПРН 8. Вміти системно мислити та застосовувати творчі здібності до формування нових ідей.

ПРН 11. Вміти здійснювати пошук інформації в різних джерелах для розв'язання задач комп'ютерної інженерії.

ПРН 12. Вміти ефективно працювати як індивідуально, так і у складі команди.

ПРН 14. Вміти поєднувати теорію і практику, а також приймати рішення та виробляти стратегію діяльності для вирішення завдань спеціальності з урахуванням загальнолюдських цінностей, суспільних, державних та виробничих інтересів.

ПРН 16. Вміти оцінювати отримані результати та аргументовано захищати прийняті рішення.

ПРН 19. Здатність адаптуватись до нових ситуацій, обґрунтовувати, приймати та реалізовувати у межах компетенції рішення.

ПРН 20 . Усвідомлювати необхідність навчання впродовж усього життя з метою поглиблення набутих та здобуття нових фахових знань, удосконалення креативного мислення.

ПРН 21. Якісно виконувати роботу та досягати поставленої мети з дотриманням вимог професійної етики.

## 2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

### Дисципліна «Фізика 2. Коливання та хвилі. Квантова механіка»

вивчається на 2 курсі в осінньому семестрі та забезпечує вивчення дисциплін навчального плану підготовки бакалаврів за спеціальністю **123 Комп'ютерна інженерія:**

- Теорія електричних кіл та сигналів
- Комп'ютерна електроніка

## 3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ I. Коливання та хвилі	
Тема 1.1.	Електромагнітна хвиля
Тема 1.2.	Електромагнітні коливання
Тема 1.3.	Хвильові процеси
Тема 1.4.	Оптика
	Розрахункова робота
	Модульна контрольна робота
Розділ II . Квантова механіка	
Тема 2.1.	Закони теплового випромінювання. Вступ до квантової механіки
Тема 2.2.	Квантова теорія
	Модульна контрольна робота

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### Базова література

1. Кучерук І.М., Горбачук І.І., Луцик П.П. Загальний курс фізики. Електрика і магнетизм. - К: Техніка, 2001.
2. Калита В.М., Дімарова О.В., Решетняк С.О. Електродинаміка: Модульне навчання. : <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/42683>
3. Задачі із загальної фізики. Розділ «Електрика і магнетизм». Уклад.: В. П. Бригінець, О. О. Гусєва, О. В. Дімарова та ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2019. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/46054>
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», 2017. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/46050>

##### Допоміжна література

1. О.В.Дімарова. Навчальний посібник. Приклади розв'язання задач в курсі «Квантова механіка». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023.. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/62465>
2. О. В. Дімарова. Визначення коефіцієнта тунелювання електрона крізь потенціальні бар'єр. Рекомендації до виконання розрахункової роботи / КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/66921>

\* – є електронні версії.

##### Інформаційні ресурси:

1. Електронний кампус КПІ ім. Ігоря Сікорського, методичне забезпечення до кредитного модуля «Фізика-2. Коливання та хвилі. Квантова механіка».
2. <http://campus.kpi.ua/tutor/index.php>

#### Навчальний контент

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

##### Кредитний модуль «Фізика 2. Коливання та хвилі. Квантова механіка»

##### Лекційні заняття

##### Розділ І. Коливання та хвилі

##### Тема 1.1. Електромагнітна хвиля.

Лекція 1. Електромагнітна хвиля. Властивості електромагнітної хвилі. Хвильове рівняння. Плоска електромагнітна хвиля.

Зв'язок між векторами напруженостей полів електромагнітної хвилі. Енергія електромагнітної хвилі

##### Тема 1.2. Електромагнітні коливання

Лекція 2. Електромагнітні коливання. Коливальні системи. Диференційне рівняння вільних незгасаючих механічних коливань. Амплітуда, період, частота, фаза коливань.

. Кінетична, потенціальна та повна енергія при вільних коливаннях Власні електромагнітні коливання.

Вільні згасаючі електромагнітні коливання. Диференційне рівняння вільних згасаючих коливань. Розв'язок диференційного рівняння вільних згасаючих коливань. Характеристики згасаючих коливань: коефіцієнт згасання, час релаксації, логарифмічний декремент, добротність. Аперіодичний процес.

Лекція 3. Вимушені електромагнітні коливання. Метод векторних діаграм. Складання двох

гармонічних коливань однакового напрямку і частоти.

Лекція 4. Змінний струм. Активний опір, ємнісний опір, індуктивний опір. Закон Ома для змінного струму, послідовне з'єднання елементів. Коло з паралельним з'єднанням елементів. Коефіцієнт потужності. Складання двох коливань перпендикулярних напрямків.

#### Тема 1.3. Хвильові процеси

Лекція 5. Рівняння хвилі. Період, довжина хвилі, хвильове число, фазова швидкість. Плоска хвиля. Сферична хвиля.

. Хвильове рівняння. Швидкість поширення біжучої хвилі в струні. Швидкість поширення біжучої пружної хвилі в стрижні. Енергія механічної пружної хвилі. Стоячі хвилі.

Лекція 6. Вектор Пойтинга. Потік імпульсу електромагнітної хвилі. Випромінювання електромагнітних хвиль.

#### Тема 1.4. Оптика

Лекція 7. Оптика. Геометрична оптика. Принцип Ферма. Закони відбивання та заломлення світла. Закони відбивання та заломлення, як наслідок теорії Максвелла.

Дисперсія світла. Електронна теорія дисперсії світла. Групова швидкість.

Лекція 8. Інтерференція. Когерентність. Інтерференція двох плоских когерентних хвиль. Дослід Юнга. Дзеркало Ллойда, біпризма Френеля. Кільця Ньютона.

Лекція 9. Дифракція. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Дифракція від круглого отвору. Дифракція від непрозорого диску.

Дифракція Фраунгофера від щілини.

Лекція 10. Поляризація світла. Закон Малюса. Поляризація світла при заломленні та відбиванні. Проходження світла через анізотропні речовини: подвійне променезаломлення.

#### Розділ . II. Квантова механіка

##### Тема 2.1. Закони теплового випромінювання. Вступ до квантової механіки

Лекція 11. Теплове випромінювання. Характеристики теплового випромінювання: енергетична світність, випромінювальна здатність, спектральна густина енергії, поглинальна здатність.

Закон Кірхгофа, абсолютно чорне тіло. Закон Стефана-Больцмана, закон Віна.

Лекція 12. Формула Релея Джинса, формула Планка. Виведення формули Планка. Корпускулярні властивості електромагнітного випромінювання.

Лекція 13. Фотоефект. Ефект Комптона. Гальмівне випромінювання. Ядерна модель атома.

Лекція 14. Дослід Резерфорда. Спектри атомарного водню.

##### Тема 2.2. Квантова теорія

Лекція 15. Постулати Бора (теорія Бора). Магнітний момент атома водню. Гіпотеза де-Бройля, властивості де-бройлівських хвиль, групова швидкість де-бройлівської хвилі.

Експериментальна перевірка гіпотези де-Бройля. Співвідношення невизначеностей

Лекція 16. Постулати квантової механіки: хвильова функція, зв'язок хвильової функції з густиною ймовірності, нормування хвильової функції, умови регулярності для хвильової функції.

Принцип суперпозиції, представлення Дірака для хвильових станів, парадокс Шредінгера.

Оператори фізичних величин. Проблема вимірювань фізичних величин в квантовій механіці.

Лекція 17. Нестационарне рівняння Шредінгера. Стационарне рівняння Шредінгера. Частинка в однорідній потенціальній ямі з непроникними стінками: рівняння Шредінгера, енергія частинки, хвильові функції. Тунельний ефект. Електронний мікроскоп.

Гармонічний осцилятор. Гамільтоніан, оператори породження та знищення, власні значення енергії та власні функції.

Лекція 18. Частинка в центральній симетричному полі (воднеподібні атоми).

Спін електрона. Дослід Штерна Герлаха. Принцип заборони Паулі.

### **Практичні заняття**

Основна мета практичних занять — закріпити отримані на лекції основні положення по кожному з розділів, розширити ці знання за рахунок вирішення реальних задач та набутти досвід з практичного використання положень загальної фізики. На початку кожного практичного заняття проводиться коротке опитування та тестування з метою перевірки освоєння лекційного матеріалу з відповідної теми, перевіряється і аналізується домашнє завдання.

Треба відпрацювати такі теми:

Заняття 1. Рівняння електромагнітних коливань. Амплітуда, період, частота, фаза коливань. Власні коливання. Згасаючі коливання. Вимушені коливання.

Власні електромагнітні коливання. Згасаючі електромагнітні коливання.

Заняття 2. Вимушені електромагнітні коливання. Змінний струм.

Рівняння хвилі. Період, довжина хвилі, хвильове число, фазова швидкість.

Заняття 3. Хвилі в середовищах. Енергія механічної пружної хвилі. Стоячі хвилі.

Електромагнітні хвилі. Хвильове рівняння електромагнітної хвилі. Плоска електромагнітна хвиля. Зв'язок між векторами напруженостей полів електромагнітної хвилі.

Заняття 4. Геометрична оптика.

Дисперсія світла. . Інтерференція.

Заняття 5. Дифракція.

Заняття 6 Модульна контрольна робота.

Заняття 7 Закони теплового випромінювання.

Фотоефект. Ефект Комптона. Гальмівне випромінювання.

Гальмівне випромінювання. Спектри водню. Теорія Бора.

Заняття 8 Хвилі де-Бройля. Співвідношення невизначеностей.

Стаціонарні задачі рівняння Шредінгера.

Заняття 9. Модульна контрольна робота.

На початку кожного практичного заняття проводиться коротке опитування та тестування з метою перевірки засвоєння лекційного матеріалу з відповідної теми, перевіряється і аналізується домашнє завдання.

### **Лабораторні заняття (комп'ютерний практикум)**

№ з/п	Назва лабораторної роботи (комп'ютерного практикуму)	Кількість ауд. годин
1	Вивчення вимушених коливань у коливальному контурі	2
2	Вивчення інтерференції світла (біпризма Френеля)	2
3	Вивчення фраунгоферової дифракції на щілині	2
4	Вивчення поляризованого світла	2
5	Колоквіум з лабораторних занять	2
6	Вивчення досліду Франка – Герца	2
7	Вивчення ефекту Рамзауера	2
8	Вивчення оптичного спектра атомарного водню	2
9	Колоквіум з лабораторних занять	2

Основні цілі індивідуального завдання:

- чітка організація самостійної роботи студентів;
- підвищення якості засвоєння навчального матеріалу;
- вироблення початкових навичок інженерних розрахунків

З метою чіткої організації самостійної роботи студентів і задля підвищення якості засвоєння навчального матеріалу передбачені індивідуальні завдання у формі розрахункової роботи на тему: "Інтерференція світла".

Розрахункова робота включає завдання:

- Закон механічних коливань задано у вигляді гармонічної функції: розрахувати та побудувати графіки для швидкості, прискорення, енергії та визначити характеристики коливань.
- Задано параметри коливального контуру. Розрахувати вирази та побудувати графіки для заряду, напруги, ЕРС, сили струму, енергії магнітного поля, а також характеристики кола.
- Задано рівняння коливань джерела хвилі. Записати рівняння хвилі, побудувати графіки коливань точки на заданій відстані від джерела.

## 6. Самостійна робота студента

До самостійної роботи студента виносяться:

- підготовка до контрольної роботи – до 5 годин самостійної роботи;
- підготовка до екзамену – до 30 годин самостійної роботи;
- самостійно ознайомитися з темами: дифракційна ґратка.

## Політика та контроль

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

Вимоги, які ставляться перед студентом під час опанування навчальної дисципліни:

- систематичне відвідування занять (як лекцій, і особливе практичних);
- на практичних заняттях активність і дострокове самостійне виконання завдань відмічається заохочувальними балами;
- за активну та плідну роботу на практичному занятті студент може отримати від 0,1 до 0,25 балів. Не більше ніж 5 бали за семестр. Заохочувальні бали також надаються за участь у відповідних олімпіадах, конкурсах тощо – до 10 балів.;
- пропущені контрольні роботи, лабораторні роботи, РГР обов'язково повинні бути виконані до екзамену; перескладання (переписування) МКР не передбачено; у випадку недостатньої кількості балів, що набрані за семестр, для допуску до екзамену, дається декілька завдань, для досягнення допуску;
- за списування або розмови під час МКР знімаються штрафні бали, за списування на екзамені або дається інший білет без додавання додаткового часу і з штрафними -5 балами або студент усувається із аудиторії.

### 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: експрес-опитування, опитування за темою заняття, МКР, вчасно зроблені лабораторні роботи, РГР.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу; студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 60 % від максимальної кількості балів, яку може отримати студент до даного календарного контролю

Семестровий контроль: екзамен

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

- 1) 1 модульна контрольна робота;
- 2) 1 розрахунково-графічну роботу;
- 3) виконані лабораторні роботи

#### 4) відповідь на екзамені

##### Система рейтингових балів

1. Практичні заняття. За відповідь студент отримує бали: 3 бали при відповідності в межах 75-100 відсотків; 2 – готовність в межах 50-75 відсотків; 1 – готовність в межах 25-50 відсотків; 0 балів – повна неготовність (відсутність елементарних знань по темі заняття чи самостійної роботи).

Максимально за роботу на практичних заняттях протягом семестру студент отримує 12 балів.

2. Лабораторні роботи. За лабораторні роботи студент отримує бали: 0-2 бал – студент допущений до роботи, отримав допуск у процесі заняття й виконав виміри; 2-3 – студент допущений до роботи, отримав допуск у процесі заняття, виконав виміри, здійснив розрахунки та оформлення роботи; 4-5 – студент допущений до роботи, отримав допуск у процесі заняття, виконав виміри, здійснив розрахунки, оформив та захистив роботу.

Максимально за роботу на лабораторних заняттях протягом семестру студент отримує 30 балів.

3. Модульна контрольна робота. Складається з 4 задач. Максимальний бал за модульну контрольну роботу 20: 0 балів – не виконано жодного завдання; 2 –4 балів – виконано менше 20 % завдань; 6–8 балів – виконано не менше 30 % завдань; 10 –12 балів – виконано не менше 50 % завдань; 14–16 балів – виконано не менше 70 % завдань; 18– 20 балів – виконано не менше 85 % завдань.

4. Розрахунково-графічна робота (РГР). Максимально оцінюється в 10 балів. за роботу ставиться: 0 балів (не зараховано) – робота не подана протягом місяця після встановленого терміну; 1 –2 бали (не зараховано) – робота містить грубі помилки в кожному завданні; 3 – 5 балів (не зараховано) – робота містить окремі грубі помилки, котрі спотворюють фізичний зміст отриманих результатів і потребує переробки; 6 –7 балів (зараховано) – робота містить окремі суттєві помилки, але не потребує повної переробки ; 8-9 балів (зараховано) – робота виконана вірно, але є помилки в обчисленнях і недоліки в графіках; 10 балів (зараховано) – робота не має суттєвих вад і зауважень.

Максимальна сума балів стартової складової дорівнює 60. Необхідною умовою допуску до екзамену є виконання модульної та розрахунково-графічної роботи виконання та захист всіх лабораторних робіт і стартовий рейтинг не менше 36 балів.

#### 4. Відповідь на екзамені.

На екзамені студент отримує білет, що складається з чотирьох завдань, перші два з яких є теоретичними питаннями, а два інші- задачі, які виконує письмово. Відповідь на кожне завдання оцінюється: у 10 балів у разі бездоганного виконання; у 8 балів, якщо відповідь помилкова через помилки в розрахунках або з помилково вживаною розмірністю; у 6 балів, якщо помилка виникла в процесі перетворення фізичних формул; у 5 балів, якщо розв'язку немає, але записані вірні фізичні формули; у 3 балів, якщо записана лише умова і зроблений рисунок; відсутність оформлення відповідей оцінюється в 0 балів.

Умови допуску до семестрового контролю: виконання всіх частин МКР,РГР, лабораторних робіт/ семестровий рейтинг не менше ніж 36 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	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

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

- додаток до силябусу – перелік питань та типи практичних задач, які виносяться на семестровий контроль;
- екзамен проходить у письмовій формі по індивідуальних білетах; завдання в білетах різні, не повторюються, розраховані на час проведення екзамену й загалом однакові по складності;
- кожний білет містить два теоретичних питання і дві практичні задачі; задачі закріплені за номерами білетів;
- кожне теоретичне питання оцінюється у 10 балів, практичне – 10 балів;
- за умови дистанційного семестрового контролю екзаменаційний білет буде складатися з одного теоретичного запитання на 10 балів та трьох практичних завдань, що оцінюються по 10 балів кожне (у режимі письмової контрольної); теоретичне опитування буде проходити в режимі конференції.

*Робочу програму навчальної дисципліни (силябус):*

*Складено: старший викладач Дімарова Олена Володимирівна*

*Ухвалено: кафедрою загальної фізики (протокол засідання кафедри № 8 від 18.06.2024 р.).*

*Погоджено: Методичною комісією факультету прикладної математики (протокол № 12 від 21.06. 2024\_)*