



Фізика. Частина 2

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти
Галузь знань	G Інженерія, виробництво та будівництво
Спеціальність	G5 Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка
Код освітнього компонента	ЗО 13.2
Освітня програма	- ЕЛЕКТРОННІ МІКРО- І НАНОСИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	6 кредитів: 180 годин (денна: 46 години – лекції, 30 годин – практичні, 14 годин лабораторні, 90 годин – СРС)
Семестровий контроль/контрольні заходи	Екзамен/МКР, РГР
Розклад занять	https://schedule.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: канд. фіз.-мат. наук, доцент, ХІСТ Вікторія, khist2012@gmail.com
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

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

Опис навчальної дисципліни.

Дисципліна «Фізика» формує фундамент природничо-наукової підготовки фахівців у галузі мікро- та наносистемної техніки, необхідний для розуміння фізичних процесів, що лежать в основі функціонування електронних компонентів, мікро- та наноелектронних пристроїв і систем. «Фізика. Частина 2» є продовженням вивчення фундаментальних законів фізики та охоплює електромагнітні хвилі, хвильову оптику, квантову оптику, основи квантової механіки, фізику атома, атомного ядра та елементарних частинок. Особлива увага приділяється фізичним закономірностям поширення електромагнітного випромінювання, його взаємодії з речовиною, хвильовим і квантовим властивостям світла та фізичним процесам у мікро- і наносистемах.

Вивчення дисципліни забезпечує фундаментальну фізичну основу для подальшого опанування квантової механіки, матеріалів і компонентів мікро- та наносистемної техніки, фізики твердого тіла, оптичної та наноелектроніки. Під час вивчення дисципліни студенти набувають умінь будувати фізичні та математичні моделі, застосовувати фундаментальні закони для аналізу хвильових, оптичних і квантових процесів, розв'язувати розрахункові задачі та оцінювати фізичну коректність отриманих результатів.

Мета дисципліни.

Сформувати у студентів системне розуміння фундаментальних закономірностей електромагнітних хвиль, хвильової та квантової оптики, квантової механіки, фізики атома та атомного ядра як фізичної основи мікро- та наноелектроніки, оптичної електроніки та мікро- і наносистемної техніки. Розвинути здатність застосовувати фізичні моделі, фундаментальні закони та математичні методи для аналізу хвильових, оптичних і квантових процесів, розв'язування теоретичних і практичних задач та перевірки фізичної коректності отриманих результатів. Забезпечити фундаментальну підготовку, необхідну для розуміння фізичних принципів функціонування мікро- та наноелектронних пристроїв і подальшого опанування професійно орієнтованих освітніх компонентів ОПП «Електронні мікро- і наносистеми та технології».

Предмет вивчення.

Предметом вивчення дисципліни є фундаментальні фізичні закони, закономірності та моделі хвильових, оптичних і квантових явищ, що визначають властивості електромагнітного випромінювання, його взаємодію з речовиною та фізичні процеси в мікро- і наносистемах. Розглядаються електромагнітні хвилі

та їх енергетичні характеристики, інтерференція, дифракція, поляризація і дисперсія світла, квантові властивості випромінювання і речовини, основи квантової механіки, будова та властивості атомів і атомних ядер, радіоактивність, ядерні реакції та фізика елементарних частинок, а також методи їх математичного опису й застосування для аналізу фізичних процесів у мікро- та нанoeлектронних системах.

Програмні компетентності:

ЗК 01 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ФК 01 Здатність використовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів для проектування та застосування мікро- та наносистемної техніки.

ФК 05 Здатність ідентифікувати, класифікувати, оцінювати і описувати процеси у мікро- та наносистемній техніці за допомогою побудови і аналізу їх фізичних і математичних моделей.

Програмні результати навчання (ПРН):

ПРН 03 Застосовувати знання і розуміння фізики, відповідні теорії, моделі та методи для розв'язання практичних задач синтезу пристроїв мікро- та наносистемної техніки.

1. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі освітньої програми)

Дисципліна є пререквізитом для вивчення освітнього компонента «ПО 03 Квантова механіка».

Зміст навчальної дисципліни

Розділ (змістовий модуль) 1. Електромагнітні хвилі та хвильова оптика: електромагнітні хвилі, їх поширення та енергетичні характеристики; хвильова оптика; інтерференція, дифракція, поляризація та дисперсія світла.

Розділ (змістовий модуль) 2. Квантова, атомна та ядерна фізика: квантові властивості електромагнітного випромінювання і речовини; фотоефект, ефект Комптона; елементи квантової механіки, хвильова функція та рівняння Шредингера; будова атома, атомні та рентгенівські спектри; основи ядерної фізики, радіоактивність, ядерні реакції; фундаментальні взаємодії та фізика елементарних частинок.

2. 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. Кучерук І. М., Горбачук І. Т., Луцик П.П. *Загальний курс фізики. т.3. Оптика. Квантова фізика.* 1999
3. Кібець І. М. Загальна фізика з прикладами і задачами. Ч. II. Електрика та магнетизм: навч. посібник / І. М. Кібець, А. І. Рибалка, В. О. Стороженко. — Х. : Компанія СМІТ, 2009. — 424 с.
4. Кібець І. М. Загальна фізика з прикладами і задачами. Ч. III, т. 1. Оптика : навч. посібник / І. М. Кібець, А. І. Рибалка, В. О. Стороженко. — Х. : Компанія СМІТ, 2014. — 232 с.
5. Кібець І. М. Загальна фізика з прикладами і задачами : навч. посіб. Ч. 3 : Квантова та атомна фізика. Фізика твердого тіла. Ядерна фізика. Т. 2 / І. М. Кібець, А. І. Рибалка, В. О. Стороженко. – Харків : СМІТ, 2014. – 304 с.
6. Атомна, ядерна фізика та елементи квантової механіки : текст лекцій / М. В. Висоцький. – К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2020. – 189 с.
7. Булавін Л.А., Тартаковський В.К. Ядерна фізика: Підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп. – К.:Знання, 2005. – 439 с. – (Вища освіта ХХІ століття)
8. Русаков В.Ф. Загальна фізика. Фізика атома. Розв'язання задач [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія» – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 43 с.
9. Збірник задач із загальної фізики: навчальний посібник для студентів інженерно – технічних спеціальностей/ КПІ ім. Ігоря Сікорського, укладачі В.П. Бригінець, І.М. Репалов, Л.П. Пономаренко, Н.О. Якуніна - Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 230 с.

Допоміжна література

1. Іродов І. Є. *Problems in General Physics.* Tunbridge Wells : New Academic Science, 2020. 400 p.
2. Halliday D., Resnick R., Walker J. *Fundamentals of Physics.* – Wiley, останнє видання.

Інформаційні ресурси

1. Науково-технічна бібліотека КПІ ім. Ігоря Сікорського – <https://ela.kpi.ua/>
2. Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського – <http://www.nbuv.gov.ua>
3. Електронний кампус КПІ ім. Ігоря Сікорського – методичне забезпечення до кредитного модуля «Фізика».
4. Платформа дистанційного навчання "Сікорський", MOODLE – <https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=576>
5. OpenStax. University Physics

Навчальний контент

1. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Лекційні заняття призначені для засвоєння студентами основної частини теоретичного матеріалу по тематиці дисципліни. Основна форма проведення – аудиторне заняття. Під час проведення лекційних занять застосовуються стратегії активного і колективного навчання, які визначаються наступними методами і технологіями: проблемний виклад, дискусія, навчальні дебати.

Для вдосконалення процесу викладення матеріалу, а також для забезпечення можливості дистанційного засвоєння матеріалу використовуються наступні інформаційно-комунікаційні технології, що забезпечують проблемно-дослідницький характер процесу навчання та активізацію самостійної роботи студентів: електронні презентації для лекційних занять, відеолекції, інтернет-семінари.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Електромагнітні хвилі. Передумови виникнення електромагнітних хвиль. Узагальнення рівнянь Максвелла. Роль струму зміщення у доведенні існування хвильових розв'язків. Виведення хвильових рівнянь для $\vec{E}$ та $\vec{B}$. Плоска електромагнітна хвиля у вакуумі. Рівняння плоскої гармонічної хвилі. Характеристики: довжина хвилі, частота, фазова швидкість. Перпендикулярність векторів $\vec{E}$, $\vec{B}$ та напрямку поширення хвилі. Література: [2], 14.1; [3], 12.1, 12.2.
2	Енергія електромагнітної хвилі. Хвильові поверхні та фазова швидкість. Монохроматична хвиля. Рівняння монохроматичної хвилі. Амплітуда, фаза, поляризація (лінійна, кругова, еліптична). Енергія та перенесення енергії. Густина потоку енергії електромагнітного поля. Потік енергії, вектор Пойнтінга. Інтенсивність електромагнітної хвилі. Тиск і імпульс електромагнітних хвиль. Випромінювання диполя. Шкала електромагнітних хвиль. Література: [2], 14.2; [3], 12.3.-12.6

3	<p>Поширення електромагнітних хвиль у середовищах. Діелектрик, провідник, вакуум. Швидкість поширення та згасання хвиль. Комплексна діелектрична проникність і показник заломлення. Відбиття, заломлення та дифракція електромагнітних хвиль. Граничні умови на межі середовищ. Закон відбиття та закон Снеліуса для електромагнітних хвиль.</p>
4	<p>Хвильова оптика. Інтерференція світла. Місце хвильової оптики в курсі фізики. Хвильові властивості світла та їх прояви. Світло як електромагнітна хвиля. Принцип суперпозиції світлових хвиль. Додавання коливань і хвиль. Явище інтерференції світла. Часова і просторова когерентність. Час і довжина когерентності. Одержання когерентних пучків світла поділом хвильового фронту. Одержання когерентних пучків світла методом поділу амплітуди</p> <p>Література: [2], 3.1 - 3.4; [4], 2.1 - 2.5.</p> <p><i>Самостійна робота:</i> Застосування інтерференції в науці і техніці. Інтерферометри</p> <p>Література: [2], 3.6; [4], 2.7, 2.8.</p>
5	<p>Спостереження двопроменевої інтерференції. Отримання когерентних світлових пучків, інтерференційні схеми. Інтерференція від двох когерентних джерел. Дослід Юнга: схема, виведення умови інтерференційних максимумів і мінімумів. Поняття інтерференційних смуг, залежність від довжини хвилі та геометрії схеми. Методи одержання когерентних пучків. Інтерференція в тонких пластинах. Клиноподібна пластина.</p> <p>Література: [2], 3.5; [4], 2.6.</p> <p><i>Самостійна робота:</i> Практичне застосування інтерферометрії (наприклад, у сучасній техніці: лазери, телекомунікації, вимірювання надмалих відстаней).</p>
6	<p>Дифракція світла. Дифракція хвиль. Принцип Гюйгенса-Френеля. Фізичний зміст поняття «зона Френеля». Дифракція Фраунгофера на одній щілині. Умова мінімумів та максимумів. Інтенсивність у дифракційній картині, аналітичний вираз. Порівняння з інтерференцією двох щілин.</p> <p>Література: [2], 4.1, 4.2; [4], 3.1, 3.2, 3.5.</p> <p><i>Самостійна робота:</i> Практичні застосування дифракції. Визначення довжини хвилі світла. Залежність роздільної здатності оптичних приладів від дифракції.</p> <p>Приклади з мікроскопії, телескопії, лазерної оптики.</p> <p>Література: [2], 4.5; [4], 3.9.</p>
7	<p>Дифракція на оптичній ґратці та на кристалах. Поняття дифракційної ґратки, конструкція та основні параметри, умови максимумів інтенсивності. Порівняння з дифракцією на щілині. Дифракція Фраунгофера на одновимірній ґратці. Виведення умови максимумів. Інтенсивність та розподіл світла. Поняття про роздільну здатність дифракційної ґратки (критерій Релея, формула Релея).</p> <p>Дифракція на кристалах як тривимірна ґратка.</p> <p>Література: [2], 4.3, 4.4; [4], 3.5, 3.6.</p> <p><i>Самостійна робота:</i> Дифракція рентгенівських променів на кристалах. Особливості взаємодії рентгенівського випромінювання з атомними площинами. Формула Вульфа–Брегга. Основні методи рентгеноструктурного аналізу (метод Лауе, метод обертання кристала, порошковий метод). Застосування у фізиці та матеріалознавстві.</p> <p>Література: [4], 3.7, 3.8.</p>

8	<p>Поляризація світла. Поширення світла в речовині. Природне (неполяризоване) світло. Види поляризації: лінійна, кругова та еліптична поляризація. Частково поляризоване світло, ступінь поляризації. Закон Малюса. Методи отримання поляризованого світла. Поляризація світла при відбиванні та заломленні. Кут Брюстера та його практичне застосування (антиблікові окуляри, фотографія, дисплеї).</p> <p>Література: [2], 5.1, 5.3 - 5.6; [4], 4.1 – 4.3.</p> <p><i>Самостійна робота:</i> Двозаломлення та його застосування. Анізотропні кристали. Звичайний і незвичайний промені. Оптичні пристрої на основі двозаломлення (пластини $\lambda/2$, $\lambda/4$, полярископ). Використання поляризації у фізиці та техніці (LCD-дисплеї, лазери, дослідження напруг у матеріалах).</p> <p>Література: [2], 5.2; [4], 4.4, 4.5.</p>
9	<p>Дисперсія світла. Дисперсія та розсіювання світла. Феномен дисперсії, залежність показника заломлення від довжини хвилі. Нормальна та аномальна дисперсія. Пояснення дисперсії у межах класичної електронної теорії. Фізична природа розсіювання (нерівномірності середовища, флуктуації густини). Релеївське розсіювання, мієве розсіювання. Ефект Вавілова–Черенкова. Умови виникнення ефекту. Кут випромінювання та його залежність від швидкості частинки. Використання ефекту: детектори частинок, ядерна фізика, астрофізика.</p> <p>Література: [2], 6.1, 6.2, 6.5, 6.7; [4], 4.6 – 4.10.</p> <p><i>Самостійна робота:</i> Спектральні прилади: призма, дифракційна ґратка.</p> <p>Практичні наслідки дисперсії (райдуга, спектроскопія, оптоволоконні системи).</p> <p>Практичні приклади: лазери в тумані, діагностика плазми, медицина.</p> <p>Література: [4], 4.4, 4.6.</p>
10	<p>Квантова оптика. Фотони. Межі застосування класичної оптики. Корпускулярно-хвильовий дуалізм властивостей світла. Фотон та його характеристики. Фотоелектричний ефект. Закони фотоефекту. Квантова теорія фотоефекту.</p> <p>Література: [2], 9.4, 9.1, 9.2; [4], 5.6 - 5.8.</p> <p><i>Самостійна робота:</i> Сфери застосування квантової фізики. приклади застосування квантової фізики. Орієнтовні напрями: фотоніка; лазери та оптоволоконні системи; квантова криптографія та квантові комп'ютери; медичні технології (ПЕТ-сканування, лазерна хірургія); нанотехнології та сенсори.</p>
11	<p>Ефект Комптона. Проблема пояснення розсіювання рентгенівських променів у речовині. Класична електродинаміка та хвильова оптика: чого не вистачало для пояснення дослідів. Дослід Артура Комптона: спостереження зміщення довжини хвилі рентгенівського випромінювання після розсіювання на електронах.</p> <p>Класична теорія розсіювання (Томсонівське розсіювання). Квантове пояснення Комптона. Розсіювання фотона на вільному електроні як еластичне зіткнення двох частинок. Виведення формули Комптона. Аналіз результатів. Значення ефекту Комптона. Експериментальне підтвердження корпускулярних властивостей світла. Підтвердження існування фотонів як квантів електромагнітного поля з імпульсом. Практичне застосування: діагностика структури речовини, медична фізика, астрофізика (комптонівське розсіювання у космічних середовищах).</p> <p>Література: [2], 10.2; [4], 5.10.</p>

12	<p>Квантова та атомна фізика. Хвилі де-Бройля. Постулат де Бройля, фізичний зміст. Елементи квантової механіки. Необхідність квантового опису мікросвіту, відмінність класичного та квантового підходів. Хвильові властивості мікрочастинок. Аналогія хвиль світла і хвиль де Бройля. Співвідношення невизначеностей Гейзенберга та його наслідки. Математичне формулювання співвідношення. Фізичний зміст невизначеностей.</p> <p>Література: [2], 12.1, 12.2; [5], [6], с.44-54</p> <p><i>Самостійна робота:</i> Дифракція мікрочастинок: експериментальні підтвердження хвильових властивостей електронів, нейтронів, атомів.</p> <p>Значення дифракційних методів у фізиці та матеріалознавстві.</p>
13	<p>Хвильова функція частинки. Хвильова функція. Основні властивості хвильової функції. Загальне рівняння Шредінгера. Одновимірне рівняння Шредінгера. Хвильова функція як розв'язок рівняння. Приклади: вільна частинка, частинка в нескінченній прямокутній ямі. Роль рівняння Шредінгера в сучасній фізиці.</p> <p>Література: [2], 12.3, 12.4; [5], [6], с.56-65</p>
14	<p>Пройходження частинки крізь потенціальний бар'єр. Тунельний ефект.</p> <p>Постановка задачі. Квантово-механічний підхід: ймовірність проходження крізь бар'єр. Використання стаціонарного рівняння Шредінгера для опису.</p> <p>Аналітичний розгляд тунелювання. Розв'язок рівняння Шредінгера в області бар'єра. Експоненційний спад хвильової функції всередині бар'єра. Коефіцієнти відбиття та проходження. Фізичний зміст тунельного ефекту</p> <p>Ймовірність проникнення частинки крізь заборонену область. Приклади проявів тунельного ефекту в природі та техніці</p> <p>Література: [2], 12.4; [5], [6], с.67-79</p> <p><i>Самостійна робота:</i> Робота тунельних діодів і транзисторів.</p>
15	<p>Будова атома. Перші моделі будови атома. Дослід Резерфорда. Спектр атома водню. Дослідні дані: серії спектральних ліній (Лаймана, Бальмера, Пашена).</p> <p>Формула Бальмера та узагальнення Рідберга. Значення спектроскопії для пізнання будови атома. Модель атома Бора. Дослід Франка і Герца. Доказ існування дискретних енергетичних рівнів атома. Значення дослідів для підтвердження квантової теорії.</p> <p>Література: [2], 13.1-13.4; [5], [6], с.29-43</p> <p><i>Самостійна робота:</i> Опрацювання спектральних серій водню.</p>
16	<p>Квантова теорія воднеподібних та багатоелектронних атомів. Квантово-механічна теорія воднеподібного атома. Механічний і магнітний моменти електрона. Спін електрона. Тонка структура спектрів. Спін –орбітальна взаємодія. Повний момент імпульсу електрона.</p> <p>Література: [2], 12.4; [5], [6], с.87-101</p>
17	<p>Теорія багатоелектронних атомів. Ефект Зеемана. Атом в магнітному полі. Принцип Паулі. Періодична система елементів Д.І. Менделєєва.</p> <p>Література: [2], 13.6, 13.7; [5], [6], с.102-115</p>
18	<p>Випромінювання та спектри. Атомні спектри. Рентгенівські спектри. Закон Мозлі. Види хімічних зв'язків в молекулах. Обмінна взаємодія. Енергія молекули. Молекулярні спектри.</p> <p>Література: [2], 13.8, 13.9; [5], [6], с.116-125</p>

	<i>Самостійна робота:</i> Комбінаційне розсіювання світла. Література: [2], 13.10; [5]
19	Основи ядерної фізики та фізики елементарних частинок. Склад та характеристики атомного ядра. Характеристики ядра: масове число, зарядове число, ізотопи, ізобари, ізотони. Радіус і густина ядра. Дефект маси, енергія зв'язку. Література: [2], 14.1, [6], с.147-158
20	Енергія зв'язку ядра. Ядерні сили та моделі ядра. Визначення енергії зв'язку ядра, питома енергія зв'язку. Графік залежності питомої енергії зв'язку від масового числа. Характер ядерних сил. Моделі ядра. Література: [2], 14.2–14.3, [6], с.159-178
21	Радіоактивність. Закон радіоактивного розпаду. Відкриття радіоактивності. Види радіоактивних випромінювань: α -, β -, γ -випромінювання. Закон радіоактивного розпаду. Період напіврозпаду. Активність радіоактивних речовин. Література: [2], 14.4, [6], с.159-178 <i>Самостійна робота:</i> Практичне значення радіоактивності (медицина, археологія, енергетика).
22	Ядерні реакції. Поняття ядерної реакції. Баланс енергії (закон збереження енергії та імпульсу). Реакції поділу і синтезу. Ланцюгові реакції. Критична маса. Принцип роботи ядерних реакторів та термоядерного синтезу. Література: [2], 14.5, [6], с.159-178 <i>Самостійна робота:</i> Енергетичні проблеми людства.
23	Фізика елементарних частинок. Види фундаментальних взаємодій: сильна, слабка, електромагнітна, гравітаційна. Класифікація елементарних частинок: лептони, адрони (мезони, баріони). Закони збереження (заряду, енергії, імпульсу, лептонного і баріонного числа, парності). Античастинки (відкриття позитрона). Кваркова модель адронів. Література: [2], 15.1–15.5, [6], с.178-186 <i>Самостійна робота:</i> Перспективи сучасної фізики елементарних частинок.

Практичні заняття

Для набуття основних навичок практичного використання теоретичного матеріалу, що був отриманий студентами на лекційних заняттях проводяться практичні заняття з розв'язування фізичних задач. Основні завдання циклу практичних занять:

- закріплення засвоєння змісту лекційного матеріалу;
- засвоєння методів аналізу фізичних явищ;
- вироблення вміння обчислень фізичних величин за аналітичними виразами;
- вироблення вміння застосовувати математичний апарат для вирішення певних фізичних задач.

У весняному семестрі передбачається 15 практичних занять: 7 занять з тем електромагнітних хвиль та хвильової оптики, 7 занять з тем квантової фізики, 1 практичне заняття відводиться для написання модульної контрольної роботи.

Під час проведення практичних занять також застосовуються стратегії активного і колективного навчання, які визначаються наступними методами і технологіями: частково-пошуковий (евристична бесіда) і дослідницький метод, «мозковий штурм», навчальні дебати.

№ з/п	Назва практичного заняття	Кількість ауд. годин
1	Плоска монохроматична електромагнітна хвиля. Загальні властивості електромагнітних хвиль. <ul style="list-style-type: none"> Розв'язування задач на поширення хвиль у вакуумі та середовищах. Приклади інженерних застосувань. 	2
2	Енергія та потік енергії електромагнітного поля. Вектор Пойнтінга. <ul style="list-style-type: none"> Задачі на визначення інтенсивності випромінювання. Приклад: енергетичний потік у антенних системах. 	2
3	Хвильові властивості світла. Інтерференція. <ul style="list-style-type: none"> Обчислення інтерференційних максимумів і мінімумів. 	2
4	Хвильові властивості світла. Інтерференція. <ul style="list-style-type: none"> Задачі на тонкі плівки 	2
5	Дифракція Френеля, метод зон Френеля. Дифракція на круглому отворі або диску.	2
6	Дифракція Фраунгофера на щілині та на одновимірній плоскій ґратці.	2
7	Поляризація світла. Закон Малюса. Ступінь поляризації.	2
8	Модульна контрольна робота із навчального модуля “Хвильова оптика”.	2
9	Квантові властивості випромінювання. Фотони. Фотоефект.	2
10	Гальмівне випромінювання. Ефект Комптона.	2
11	Хвилі де-Бройля. Співвідношення невизначеності Гайзенберга.	2
12	Хвильова функція та рівняння Шредінгера. Хвильова функція, імовірнісний зміст і властивості. Рівні енергії частинки в потенціальній ямі.	2
13	Будова атома. Моделі Резерфорда і Бора. <ul style="list-style-type: none"> Задачі на спектр водню. Енергії рівнів та переходів. 	2
14	Атомне ядро. Енергія зв'язку та ядерні реакції. <ul style="list-style-type: none"> Обчислення дефекту мас та енергії зв'язку. Задачі на α-, β-, γ-розпади. 	2
15	Елементарні частинки. Кваркова модель. Закони збереження. <ul style="list-style-type: none"> Приклади реакцій з елементарними частинками. Використання законів збереження в розрахунках. 	2

Лабораторні заняття

Мета лабораторного практикуму:

- наочне підтвердження фізичних законів;
- набуття елементарних навичок наукового дослідження;
- ознайомлення студентів із сучасною вимірювальною апаратурою;
- освоєння студентами методів обробки і оцінки достовірності експериментальних результатів;
- забезпечення зв'язку практикуму з лекційним курсом і практичними заняттями з фізики.

Виконання лабораторного завдання складається із попередньої підготовки, проведення лабораторного експерименту і складання звіту про результати роботи. Лабораторні роботи виконуються відповідно до семестрового графіка. Для закріплення навичок практичного використання засвоєного теоретичного матеріалу у весняному семестрі передбачається проведення 5 лабораторних робіт, вступного заняття та колоквиуму за наступними темами:

№ з/п	Назва заняття / лабораторної роботи	Кількість ауд. годин
	Вступне заняття	2
1	Вивчення інтерференції світла (біпризма Френеля).	2
2	Вивчення дифракції на дифракційній ґратці.	2
3	Вивчення поляризованого світла.	2
4	Дослідження зовнішнього фотоефекту.	2
5	Вивчення оптичного спектра атомарного водню.	2
6	Колоквиум	2

2. Самостійна робота студента

З метою чіткої організації самостійної роботи студентів і задля підвищення якості засвоєння навчального матеріалу та вироблення початкового досвіду інженерних розрахунків передбачені індивідуальне завдання у формі розрахунково-графічної роботи на тему: «Дифракція світла».

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Застосування інтерференції. Інтерферометри. Практичне застосування інтерферометрії у сучасній техніці: лазери, телекомунікації, вимірювання надмалих відстаней.	7
2	Практичні застосування дифракції. Визначення довжини хвилі світла. Залежність роздільної здатності оптичних приладів від дифракції. Приклади з мікроскопії, телескопії, лазерної оптики.	6
3	Дифракція рентгенівських променів на кристалах. Особливості взаємодії рентгенівського випромінювання з атомними площинами. Формула Вульфа–Брегга. Основні методи рентгеноструктурного аналізу (метод Лауе, метод обертання кристала, порошковий метод). Застосування у фізиці та матеріалознавстві.	6
4	Двозаломлення та його застосування. Анізотропні кристали. Звичайний і незвичайний промені. Оптичні пристрої на основі двозаломлення (пластини $\lambda/2$, $\lambda/4$, полярископ). Використання поляризації у фізиці та техніці (LCD-дисплеї, лазери, дослідження напруг у матеріалах).	6
5	Спектральні прилади: призма, дифракційна ґратка. Практичні наслідки дисперсії (райдуга, спектроскопія, оптоволоконні системи). Практичні приклади: лазери в тумані, діагностика плазми, медицина.	6
6	Сфери застосування квантової фізики. Приклади застосування квантової фізики. Орієнтовні напрями: фотоніка; лазери та оптоволоконні системи; квантова криптографія та квантові комп'ютери; медичні технології (ПЕТ-сканування, лазерна хірургія); нанотехнології та сенсори.	8
7	Дифракція мікрочастинок: експериментальні підтвердження хвильових властивостей електронів, нейтронів, атомів. Значення дифракційних методів у фізиці та матеріалознавстві.	4
8	Підготовка до виконання РГР: Дифракція світла.	8
9	Робота тунельних діодів і транзисторів.	4
10	Опрацювання спектральних серій водню.	4
11	Комбінаційне розсіювання світла.	4
12	Практичне значення радіоактивності (медицина, археологія, енергетика). Практичне значення радіоактивності (медицина, археологія, енергетика).	4

13	Енергетичні проблеми людства. Енергетичні проблеми людства.	5
14	Перспективи сучасної фізики елементарних частинок.	6
15	Підготовка до модульної контрольної роботи.	4
16	Підготовка до екзамену	8

3. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях.
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;
- політика дедлайнів та перескладань: якщо здобувач не проходив або не з'явився на МКР (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання МКР здійснюється за узгодженням з викладачем;
- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Фізика»;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача;
- використання генеративних систем штучного інтелекту допускається для пошуку пояснень, перевірки математичних перетворень та генерації ідей за умови критичної перевірки результату здобувачем. Подання згенерованого ШІ розв'язку як власного без зазначення факту використання та без самостійної перевірки вважається порушенням принципів академічної доброчесності. Під час контрольних заходів використання генеративних систем ШІ допускається або забороняється залежно від формату конкретного завдання, про що викладач повідомляє заздалегідь.

4. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, які він отримує за:

1. 5 лабораторних робіт;
2. 2 експрес-контроля на практичних заняттях по 5 балів;
3. 1 модульну контрольну роботу;
4. 1 розрахунково-графічну роботу;
5. відповідь на екзамені.

5. Система рейтингових балів та критерії оцінювання

5.1 Лабораторні роботи

У другому семестрі передбачено проведення **5 лабораторних робіт** відповідно до програми навчальної дисципліни.

Оцінювання здійснюється таким чином:

- повністю правильне виконання роботи (відсутність помилок в аналітичних і числових обчисленнях, коректно побудовані графіки) – **5 балів**;
- незначні помилки в числових значеннях або відповідь на теоретичні запитання з дрібними неточностями – **4 бали**;
- виконання роботи з грубими помилками – **3 бали**;
- невиконана робота – **0 балів**.

Таким чином, за виконання всіх лабораторних робіт студент може отримати максимально **25 балів**.

5.2 Модульна контрольна робота (МКР)

- МКР складається з 3–4 задач, кожна оцінюється у 3–4 бали.
- Максимальна кількість балів за МКР – 10.
- Мінімальна кількість балів для визнання МКР складеною – 5 балів.
- Відсутнє будь-яке оформлення – 0 балів.
- Критерії оцінювання розв'язку задач:

Компонент	Бали
фізична модель	2
схема/рисунок	1
основний закон	3
математичне перетворення	2
числовий результат	1
одиниці та оцінка результату	1

5.3 Розрахунково-графічна робота

- Максимальна оцінка – 15 балів.
- Для зарахування роботи потрібно набрати не менше 8 балів.
- Критерії оцінювання:

Компонент	Бали
фізична модель і постановка	2
математична модель	3
аналітичний розрахунок	3
графічне представлення	2
чисельний результат	2
одиниці, оцінка похибки та критичний аналіз результату	2
оформлення	1
Разом	15

За кожний тиждень прострочення подання розрахункової роботи на перевірку знімається **1 бал**.

5.4 Екзамен

- Студент отримує два теоретичних запитання і дві задачі для письмового розв'язку.
- Теоретичні відповіді захищаються усно, за правильну відповідь на два питання 20 балів.

Критерії оцінювання:

- повна правильна відповідь — 10;
- правильна відповідь із незначними неточностями — 8–9;
- неповна — 5–7;
- суттєві помилки — 2–4;
- відсутність відповіді — 0.

Кожна задача оцінюється максимально у 10 балів відповідно:

Компонент	Бали
фізична модель	2
схема/рисунок	1
основний закон	3
математичне перетворення	2
числовий результат	1
одиниці та оцінка результату	1

Сума набраних балів переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею 1.

Таблиця 1. Переведення рейтингових балів до оцінок 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

6. Додаткова інформація з дисципліни

Особлива увага в лекційному курсі та під час проведення практичних занять приділяється засвоєнню студентами **фундаментальних фізичних законів**, умінню аналізувати їх прояв у конкретних ситуаціях (у задачах прикладного та інженерного змісту). Кількість і рівень задач мають відображати найбільш важливі аспекти теми. Важливо, щоб студенти:

- правильно застосовували математичний апарат,
- добре володіли системами фізичних одиниць,
- уміли аналізувати результати не лише кількісно, а й якісно.

Під час викладу окремих тем рекомендується приділяти підвищену увагу таким питанням:

Теми 1- 9. Загальні характеристики хвильових процесів і їх прояв на прикладі електромагнітних хвиль. У курсі хвильової оптики підкреслюється значення інтерференції та дифракції світла. Окремо розглядається поняття когерентності та причини некогерентності природного світла.

Тема 10,11. Неможливість повного пояснення квантово-оптичних явищ лише в межах хвильової концепції випромінювання.

Тема 12. Корпускулярно-хвильовий дуалізм як фундаментальна властивість матерії. Фізичний зміст принципу невизначеності Гейзенберга.

Теми 13-15. Розв'язання рівняння Шредингера для частинки в одновимірній нескінченно глибокій потенціальній ямі як приклад, що демонструє принципові

особливості поведінки квантових систем. Аналіз атома водню як квантової системи підтверджує, що квантова механіка адекватно пояснює його властивості.

Тема 16,17. Спін електрона як пояснення фактів, які виходять за межі механіки Шредингера. Взаємозв'язок між спіном та статистичною поведінкою квантових частинок. Спрощений розгляд багатеелектронних атомів дозволяє показати, що принцип побудови таблиці Менделєєва ґрунтується на законах квантової фізики.

Після опанування дисципліни студент повинен:

- пояснювати основні фізичні явища та закономірності електромагнітних хвиль, хвильової та квантової оптики, квантової механіки, фізики атома та атомного ядра;
- застосовувати фундаментальні закони фізики для аналізу хвильових, оптичних і квантових процесів та їх взаємодії з речовиною;
- будувати фізичні та математичні моделі хвильових, оптичних і квантових явищ для розв'язування типових задач мікро- та наноелектроніки;
- застосовувати закони збереження, рівняння та математичні співвідношення квантової фізики для аналізу фізичних процесів;
- розв'язувати розрахункові задачі з електромагнітних хвиль, інтерференції, дифракції, поляризації, квантових явищ, фізики атома та атомного ядра;
- оцінювати розмірність, порядок величини та фізичну коректність отриманих результатів;
- використовувати цифрові засоби для чисельних розрахунків, моделювання та графічного представлення фізичних величин і процесів;
- критично оцінювати отримані результати та межі застосовності використаних фізичних моделей і законів;
- встановлювати зв'язок фундаментальних закономірностей хвильової, оптичної та квантової фізики з фізичними принципами функціонування мікро- та наноелектронних пристроїв і систем.

Перелік екзаменаційних теоретичних запитань з навчальної дисципліни «Фізика» за весняний семестр:

1. Електромагнітна хвиля: рівняння, характеристики монохроматичної хвилі, хвильові поверхні, фазова швидкість.
2. Енергія електромагнітної хвилі, густина потоку енергії, вектор Пойнтінга, інтенсивність хвилі.
3. Інтерференція світлових хвиль: умови когерентності, умови максимумів і мінімумів, приклади інтерференційних схем.
4. Дифракція світла: принцип Гюйгенса–Френеля, дифракція Фраунгофера на щілині та на дифракційній ґратці.
5. Поляризація світла: види поляризації, ступінь поляризації, закон Малюса. Поляризація при відбиванні та при двозаломленні.
6. Дисперсія світла: фазова і групова швидкості, електронна теорія дисперсії.
7. Класичні обмеження та поява квантової фізики. Зовнішній фотоефект і рівняння Ейнштейна.
8. Фотони: енергія, імпульс, тиск світла. Ефект Комптона та його пояснення.
9. Рентгенівське випромінювання: гальмівне та характеристичне. Закон Мозлі.
10. Хвильові властивості речовини: гіпотеза де-Бройля, принцип невизначеностей Гайзенберга.
11. Хвильова функція: імовірнісний зміст, властивості. Часове і стаціонарне рівняння Шрьодінгера, стаціонарні стани.
12. Квантові моделі: нескінченно глибока потенціальна яма, тунельний ефект.
13. Атом водню: постулати Бора, спектральні серії. Рівняння Шрьодінгера для атома водню, квантові числа, енергетичний спектр.
14. Квантові характеристики атома: квантування моменту імпульсу і магнітного моменту, магнетон Бора, виродження рівнів.
15. Спін електрона, спін-орбітальна взаємодія, мультиплетність спектрів.
16. Багатоелектронні атоми: одноелектронне наближення, енергетичний та оптичний спектри, електронні оболонки, періодична система елементів.
17. Основи ядерної фізики. Будова та характеристики атомного ядра. Дефект маси. Енергія зв'язку ядра.

18. Радіоактивність. Закон радіоактивного розпаду. Період напіврозпаду. Активність.
19. Ядерні реакції. Поділ і синтез ядер. Закони збереження в ядерних реакціях.
20. Фундаментальні взаємодії та класифікація елементарних частинок. Кваркова модель.

Робочу програму навчальної дисципліни (Силабус):

Складено:

доцентом кафедри загальної фізики, канд. фіз.-мат. наук ХІСТ Вікторія,
асистент кафедри загальної фізики ЛЯШЕНКО Тетяна.

Ухвалено кафедрою загальної фізики
(протокол засідання кафедри № 6 від 02.06.2026 р.).

Погоджено Методичною комісією факультету електроніки
(протокол № 06/2026 від 18.06.2026 р.)