



ЗАГАЛЬНА ФІЗИКА – 2

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	17 Електроніка та телекомунікації
Спеціальність	172 Електронні комунікації та радіотехніка
Освітня програма	Інформаційно-обчислювальні засоби радіоелектронних систем
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	180 годин (денна: 54 години – лекції, 36 годин – практичні, 18 годин – лабораторні, МКР, 72 години – СРС)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен/екзаменаційна контрольна робота
Розклад занять	http://epi.kpi.ua/Schedules/ScheduleGroupSelection.aspx
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: старший викладач, Забуга Артем Геннадійович, azabuga@ukr.net , моб. +38(093)8015385 Практичні: старший викладач, Забуга Артем Геннадійович, azabuga@ukr.net , моб. +38(093)8015385 Лабораторні: старший викладач, Забуга Артем Геннадійович, azabuga@ukr.net , моб. +38(093)8015385
Розміщення курсу	https://campus.kpi.ua ; http://physics.kpi.ua/ ; http://zitf.kpi.ua/ ; https://www.youtube.com/playlist?list=PLAONSA6aILNIJEQ5uDFpVPd0aRP3EZLbO

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

Опис дисципліни. Під час навчання студенти ознайомляться з основними поняттями та законами фізики. На практичних заняттях студенти навчаться вирішувати практичні задачі, зокрема застосовувати фізичні закони для якісного та кількісного опису явищ та процесів, що відбуваються у фізичних системах. На лабораторних заняттях студенти навчаться проводити експериментальні дослідження, одержувати й аналізувати результати вимірювань. Передбачено контроль якості отриманих знань у вигляді модульних контрольних робіт.

Предмет навчальної дисципліни: загальні властивості матерії та явищ у ній, а також закони, що керують цими явищами.

Міждисциплінарні зв'язки. Навчальна дисципліна «Загальна фізика - 2» вивчається паралельно з навчальними дисциплінами «Вища математика» і «Математичний аналіз» і створює базу для вивчення дисциплін циклу професійної підготовки, таких як «Вступ до спеціальності», «Основи метрології», «Електродинаміка та поширення радіохвиль», «Основи теорії кіл», «Електронні прилади», «Фізико-теоретичні основи проектування радіоелектронної апаратури» і «Матеріали радіоелектронної апаратури та телекомунікаційних систем».

Мета навчальної дисципліни. Метою навчальної дисципліни є роз'яснення студентам змісту основних понять та законів електромагнетизму, оптики та квантової фізики і специфіки застосування математики для їхнього опису, а також вироблення у студентів здатності до застосування законів електромагнетизму, оптики та квантової фізики для розв'язування навчальних і практичних задач. Успішне вивчення дисципліни необхідно студентам, щоб отримати:

Загальні компетентності:

- ЗК 1: Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- ЗК 2: Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- ЗК 3: Здатність планувати та управляти часом;
- ЗК 7: Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;

Фахові компетентності:

- ФК 6: Здатність проводити інструментальні вимірювання в інформаційно-телекомунікаційних мережах, телекомунікаційних та радіотехнічних системах;
- ФК 13: Здатність організовувати і здійснювати заходи з охорони праці та техніки безпеки в процесі експлуатації, технічного обслуговування і ремонту обладнання інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем;
- ФК 18: Здатність обґрунтовано добирати електронні компоненти та схемотехнічні рішення для побудови аналогових та імпульсних блоків РЕА, розраховувати номінальні значення компонентів схеми та друкованих плат, свідомо на фізико-теоретичному рівні визначати вимоги до конструкцій РЕА з урахуванням факторів зовнішнього впливу;

Програмні результати навчання:

- ПРН 4: Пояснювати результати, отримані в результаті проведення вимірювань, в термінах їх значущості та пов'язувати їх з відповідною теорією;
- ПРН 12: Застосування фундаментальних і прикладних наук для аналізу та розробки процесів, що відбуваються в телекомунікаційних та радіотехнічних системах;
- ПРН 24: Проводити розрахунки основних експлуатаційних параметрів матеріалів, аналізувати їх характеристики для оптимального вибору при розробленні РЕА, розраховувати основні показники стійкості друкованих вузлів і типових конструктивних елементів високих рівнів, а також надійності систем простої та складної структури, користуватися стандартними бібліотеками електронних компонентів та їх технологічних посадкових місць з урахуванням наявних обмежень при розробленні конструкторської документації моделювати метрологічні характеристики вимірювальних перетворювачів,

оцінювати їх чутливість у обраному діапазоні вимірювання, а також обчислювати похибки вимірювання фізичної величини;

- ПРН 26: Проводити фізичне, математичне моделювання та оптимізацію, аналізувати альтернативи для обґрунтованого вибору чисельного методу вирішення прикладної задачі, правильно інтерпретувати отриманий результат моделювання та проводити оцінку його адекватності, будувати та аналізувати еквівалентні схеми основних електронних компонентів та ІМС, використовуючи сучасне програмне забезпечення CADENCE-PSpice, розрахувати формалізовану модель станів технічної системи за результатами виробничих експериментів, обробляти та аналізувати результати експерименту.

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

Пререквізити: мати базові знання з дисципліни ЗО 11 «Вища математика».

Постреквізити: наявність знань необхідних для вивчення дисципліни ЗО 15 «Основи метрології» та ПО 2 «Матеріали радіоелектронної апаратури та телекомунікаційних систем».

3. Зміст навчальної дисципліни

Лекційні заняття

Розділ 1. Електромагнетизм

1.1 Магнітне поле струмів

1.2 Електромагнітна індукція

1.3 Рівняння Максвелла

Розділ 2. Електромагнітні коливання та хвилі

2.1 Електромагнітні коливання

2.2 Електромагнітні хвилі

Розділ 3. Оптика

3.1 Геометрична оптика

3.2 Хвильова оптика

Розділ 4. Квантова фізика

4.1 Корпускулярно-хвильовий дуалізм

4.2 Рівняння Шрьодінгера

4.3 Атом гідрогену

Практичні заняття

1. Розрахунок магнітних полів за допомогою закону Біо-Савара та теореми про циркуляцію.
2. Визначення сили Ампера, що діє на струми різної конфігурації.
3. Основний закон електромагнітної індукції. Розрахунок потоку та ЕРС та індукційного струму, власного потоку та індуктивності контуру.
4. Рівняння Максвелла. Розрахунок енергії магнітного поля. Визначення напруженості вихрового електричного та індукованого магнітного полів.
5. Гармонічні коливання. Власна частота коливального контуру. Фазові співвідношення та перетворення енергії в ідеальному коливальному контурі.
6. Вільні загасаючі коливання в контурі, амплітуда та частота загасаючих коливальних. Характеристики загасання.
7. Вимушені коливання в контурі, резонанс.
8. Змінний струм. Визначення опорів, амплітуд і фаз струмів і напруг та потужностей у колі змінного струму.

9. Електромагнітні хвилі.
10. Відбивання та заломлення світла. Хід променів крізь плоскопаралельну пластину та трикутну призму. Повне внутрішнє відбивання, граничний кут.
11. Інтерференція світла, умови максимумів і мінімумів. Інтерференція в тонких плівках. Кільця Ньютона.
12. Дифракція Фраунгофера на щілині та на одновимірній плоскій ґратці.
13. Поляризація світла. Закон Малюса. Ступінь поляризації частково поляризованого світла.
14. Фотони. Фотоэффект. Гальмівне випромінювання. Ефект Комптона.
15. Хвилі де-Бройля. Співвідношення невизначеності Гайзенберга.
16. Хвильова функція, її імовірнісний зміст і властивості. Рівні енергії частинки в потенціальному ящику.
17. Проходження частинок крізь бар'єр. Тунельний ефект.
18. Енергетичний і оптичний спектр атома водню та воднеподібних іонів.

Лабораторні заняття

1. Вимірювання індукції магнітного поля електромагніту.
2. Вільні електромагнітні коливання в коливальному контурі.
3. Вимушені коливання в послідовному коливальному контурі.
4. Вивчення інтерференції світла.
5. Вивчення дифракційної ґратки.
6. Вивчення поляризованого світла.
7. Вивчення законів теплового випромінювання.
8. Дослід Франка-Герца.
9. Вивчення спектра випромінювання атома водню.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Бригінець В.П., Подласов С.О., Загальна фізика. Інтернет-ресурс <http://physics.kpi.ua/>
2. Кучерук І.М., Горбачук І.І., Луцик П.П. Загальний курс фізики. Електрика й магнетизм. - К: Техніка, 2001.
3. Кучерук І.М., Горбачук І.І. Загальний курс фізики. Оптика. Квантова фізика. - К: Техніка, 1999.
4. Задачі із загальної фізики. Розділ «Електрика і магнетизм». Уклад.: В.П. Бригінець, О. О. Гусева, О. В. Дімарова та ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2021. <http://zitf.kpi.ua/>
5. Задачі із загальної фізики. Розділ «Оптика. Квантова фізика. Молекулярна фізика». Уклад.: В.П. Бригінець, О.О. Гусева, О.В. Дімарова та ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2021. <http://zitf.kpi.ua/>

Допоміжна література

1. Feynman R.P., Leighton R.B., Sands M. The Feynman Lectures on Physics, boxed set: The New Millennium Edition. – New York: Basic Books, 2011.
2. Purcell E.M. Berkeley Physics Course. Vol. 2: Electricity and Magnetism. – New York: McGraw-Hill Book Company, 1984.
3. Frank S., Crawford Jr. Berkeley Physics Course. Vol. 3: Waves. – New York: McGraw-Hill Book Company, 1968.
4. Wichmann E.H. Berkeley Physics Course. Vol. 4: Quantum Physics. – New York: McGraw-Hill Book Company, 1971.
5. Marion J.B. Physics and the Physical Universe. – Hoboken: John Wiley & Sons, 1980.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття (денна форма навчання)

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<p>Лекція 1. Індукція магнітного поля. Закон Біо-Савара. Індукція магнітного поля. Магнітний момент. Закон Біо-Савара (Біо-Савара-Лапласа) для елемента провідника зі струмом, для елемента об'єму із заданою густиною струму та для рухомого точкового заряду. Магнітне поле відрізка прямого провідника зі струмом та довгого прямого провідника зі струмом. Література: [1], Л 3.9, [2], 8.1, 8.2, 8.4. Завдання для СРС. Приклади розрахунку магнітних полів за допомогою закону Біо-Савара.</p>
2	<p>Лекція 2. Теорема Гаусса та теорема про циркуляцію для вектора магнітної індукції.. Замкненість ліній магнітного поля. Теорема Гаусса для вектора магнітної індукції, записана в інтегральній та диференціальній формі. Теорема про циркуляцію для вектора магнітної індукції, записана в інтегральній та диференціальній формі. Магнітне поле на осі кругового витка зі струмом, всередині ідеального соленоїда та всередині ідеального тороїда. Магнітне поле довгого прямого провідника у формі циліндра заданого радіусу, по якому тече струм із заданою густиною. Література: [1], Л 3.10, [2], 8.5, 8.6. Завдання для СРС. Приклади розрахунку магнітних полів за допомогою теореми про циркуляцію.</p>
3	<p>Лекція 3. Магнітне поле у речовині. Вектор намагніченості та вектор напруженості магнітного поля. Теорема про циркуляцію для вектора напруженості магнітного поля. Магнітна сприйнятливість та магнітна проникність. Магнетики. Заломлення ліній магнітної індукції. Література: [1], Л 3.9, [2], 8.2, 8.3. Завдання для СРС. Антиферромагнетика.</p>
4	<p>Лекція 4. Закон Ампера. Сила Ампера та сила Лоренца. Механізм силової дії магнітного поля на провідник із струмом. Сила Ампера та сила Лоренца. Контур із струмом у магнітному полі. Магнітна енергія взаємодії контуру з магнітним полем. Робота сили Ампера при переміщенні провідника зі струмом у магнітному полі. Література: [1], Л 3.11, [2], 8.7. Завдання для СРС. Рух точкового заряду в однорідному магнітному полі.</p>
5	<p>Лекція 5. Явище електромагнітної індукції. Самоіндукція. Явище електромагнітної індукції. Електрорушійна сила (ЕРС) індукції. Закон Фарадея для електромагнітної індукції (основний закон електромагнітної індукції). Напрямок індукційного струму, правило Ленца. Вихрове електричне поле. Струми Фуко. Самоіндукція. Індуктивність (коефіцієнт самоіндукції) соленоїда. Послідовне і паралельне з'єднання індуктивностей (за умови відсутності взаємної індукції). Література: [1], Л 3.12, [2], 10.1, 10.2. Завдання для СРС. Струми Фуко у техніці.</p>
6	<p>Лекція 6. Енергія магнітного поля. Взаємна індукція. Рівняння Максвелла. Енергія соленоїда зі струмом. Об'ємна густина енергії магнітного поля. Взаємна індукція. Струм зміщення. Рівняння Максвелла в інтегральній та диференціальній формі. Література: [1], Л 3.12; [2], 10.4, 10.6.</p>

	Завдання для СРС. Феритовий фільтр.
7	<p>Лекція 7. Вільні електричні коливання.</p> <p>Вільні коливання в ідеальному контурі. Енергія коливань в ідеальному контурі. Диференціальне рівняння ідеального коливального контура (диференціальне рівняння вільних незагасаючих електричних коливань). Власна частота та період коливань, формула Томсона. Вільні загасаючі коливання. Диференціальне рівняння коливального контура із загасанням (диференціальне рівняння вільних загасаючих електричних коливань). Частота та період вільних загасаючих коливань при великому і малому загасанні. Критичний опір. Коефіцієнт загасання. Час релаксації. Логарифмічний декремент загасання. Добротність контура. Зв'язок добротності контура з відносною зміною енергії.</p> <p>Література: [1], Л 4.1, 4,4; [2], 12.1.</p> <p>Завдання для СРС. Аналогія між вільними електричними та механічними коливаннями.</p>
8	<p>Лекція 8. Векторні діаграми. Закон Ома для змінного струму.</p> <p>Реактивний індукційний опір (індукційний опір). Реактивний ємнісний опір (ємнісний опір). Векторні діаграми для кола змінного струму. Закон Ома для змінного струму. Зсув фаз між силою струму та ЕРС генератора при вимушених коливаннях у послідовному RLC-контурі. Повний опір (імпеданс).</p> <p>Література: [1], Л 4.5; [2], 12.2.</p> <p>Завдання для СРС. Трифазний струм.</p>
9	<p>Лекція 9. Вимушені електричні коливання.</p> <p>Диференціальне рівняння вимушених електричних коливань. Розв'язок диференціального рівняння вимушених електричних коливань у послідовному контурі. Перехідний процес і стаціонарні коливання. Потужність, яка виділяється у колі змінного синусоїдального струму. Діючі (ефективні) значення сили струму та напруги для синусоїдального струму. Резонанс у колі змінного струму. Резонансна частота та резонансні криві вимушених коливань струму у послідовному контурі. Резонансна частота та резонансні криві вимушених коливань напруги на конденсаторі у послідовному контурі. Визначення добротності контура по резонансних кривих напруги на конденсаторі. Визначення добротності контура по резонансних кривих сили струму.</p> <p>Література: [1], Л 4.6; [2], 12.3.</p> <p>Завдання для СРС. Генератори ЕРС змінного струму.</p>
10	<p>Лекція 10. Хвильове рівняння. Плоска монохроматична хвиля.</p> <p>Хвильове рівняння. Плоска монохроматична хвиля. Зв'язок між модулями векторів \vec{E} і \vec{H} у плоскій монохроматичній хвилі. Хвильове число. Хвильовий вектор. Швидкість поширення електромагнітної хвилі у середовищі. Швидкість світла у вакуумі. Зв'язок показника заломлення з діелектричною і магнітною проникностями середовища. Об'ємна густина енергії електромагнітної хвилі. Вектор Пойнтінга (вектор Умова-Пойнтінга). Інтенсивність електромагнітної хвилі. Об'ємна густина імпульсу електромагнітної хвилі. Тиск електромагнітної хвилі на поверхню.</p> <p>Література: [1], Л 4.7; [2], 14.1.</p> <p>Завдання для СРС. Сферична електромагнітна хвиля.</p>

11	<p>Лекція 11. Принцип Гюйгенса. Геометрична оптика. Фазові співвідношення.</p> <p>Принцип Гюйгенса. Закон прямолінійного поширення світла. Закон незалежності світлових променів. Закон відбиття світла. Закон заломлення світла (закон Снелліуса). Граничний кут. Фазові співвідношення між хвилею, що падає, відбитою та заломленою хвилями. Зв'язок коефіцієнта відбиття на межі поділу двох середовищ із їхніми показниками заломлення. Зв'язок коефіцієнта пропускання на межі поділу двох середовищ із їхніми показниками заломлення. Відхилення променя при проходженні через призму з малим заломлюючим кутом.</p> <p>Література: [1], Л 5.1; [3], 1.1, 3.1.</p> <p>Завдання для СРС. Застосування законів відбиття і заломлення для розрахунку ходу променів у найпростіших оптичних системах.</p>
12	<p>Лекція 12. Інтерференція світла.</p> <p>Розподіл інтенсивності світла при накладанні когерентних і некогерентних хвиль. Інтерференція світлових хвиль. Різниця фаз хвиль, які накладаються. Оптичний шлях. Оптична різниця ходу. Зв'язок оптичної різниці ходу і різниці фаз. Умови інтерференційного максимуму і мінімуму.</p> <p>Література: [1], Л 5.2; [3], 3.5, 3.6.</p> <p>Завдання для СРС. Приклади інтерференції у природі та техніці.</p>
13	<p>Лекція 13. Інтерференційні схеми. Інтерференція на тонких плівках і тонкому клині.</p> <p>Інтерференційна схема Юнга. Положення інтерференційних максимумів і мінімумів на екрані. Розподіл внаслідок інтерференції інтенсивності світла на екрані. Ширина інтерференційної смуги. Вплив розмірів джерела світла на якість інтерференційної картини. Вплив монохроматичності хвилі на якість інтерференційної картини. Максимальний порядок інтерференційної смуги, що спостерігається. Довжина та час когерентності. Біпризма Френеля. Інтерференція на тонких плівках (пластинках). Інтерференція на клині. Кільця Ньютонів.</p> <p>Література: [1], Л 5.3; [3], 3.5, 3.6.</p> <p>Завдання для СРС. Просвітлення оптики.</p>
14	<p>Лекція 14. Дифракція світла. Дифракція Фраунгофера на щілині.</p> <p>Принцип Гюйгенса. Принцип Гюйгенса-Френеля. Критерій розмежування випадків геометричної оптики, дифракції Фраунгофера та дифракції Френеля. Залежність інтенсивності дифрагованого світла на щілині від кута дифракції у випадку дифракції Фраунгофера. Умови дифракційних максимумів і мінімумів при дифракції Фраунгофера на щілині. Інтенсивності дифракційних максимумів при дифракції Фраунгофера на щілині.</p> <p>Література: [1], Л 5.4; [3], 4.1, 4.3.</p> <p>Завдання для СРС. Приклади дифракції різних хвиль у природі та техніці.</p>
15	<p>Лекція 15. Дифракція світла. Дифракція Фраунгофера на дифракційній ґратці та на кристалах.</p> <p>Дифракційна ґратка (дифракційна решітка). Залежність від кута дифракції інтенсивності дифрагованого світла на дифракційній ґратці. Умови дифракційних максимумів і мінімумів при дифракції на дифракційній ґратці. Інтенсивності дифракційних максимумів при дифракції на дифракційній ґратці. Кутова дисперсія дифракційної ґратки. Лінійна дисперсія дифракційної ґратки. Роздільна здатність дифракційної ґратки. Формула Вульфа-Брегга. Роздільна здатність об'єктива.</p> <p>Література: [1], Л 5.4; [3], 4.4.</p>

	Завдання для СРС. Рентгеноструктурний аналіз.
16	<p>Лекція 16. Природне та поляризоване світло. Поляризація світла при проходженні через поляризатори.</p> <p>Природне та поляризоване світло. Частково поляризоване світло. Площина коливань. Ступінь поляризації. Види поляризації. Плоска (лінійна), кругова та еліптична поляризація. Права і ліва еліптична або кругова поляризація. Проходження електромагнітної хвилі крізь поляризатори. Площина поляризатора. Закон Малюса.</p> <p>Література: [1], Л 5.5; [3], 5.1, 5.2.</p> <p>Завдання для СРС. Використання поляризаторів у 3D-кінотеатрах.</p>
17	<p>Лекція 17. Поляризація світла при відбиванні від межі поділу двох середовищ. Оптично активні середовища.</p> <p>Проходження світла через межу поділу двох середовищ. Формули Френеля. Кут Брюстера. Закон Брюстера. Поляризація світла при відбиванні від межі поділу двох середовищ. Пояснення закону Брюстера з точки зору електронної теорії. Подвійне променезаломлення (двозаломлення). Дихроїзм. Обертання площини поляризації при проходженні світла через оптично активні речовини.</p> <p>Література: [1], Л 5.5; [3], 5.4, 5.6.</p> <p>Завдання для СРС. Обертання площини поляризації у рідких кристалах.</p>
18	<p>Лекція 18. Теплове вимірювання.</p> <p>Енергетична світність. Випромінювальна здатність тіла. Поглинальна здатність тіла. Абсолютно чорне тіло. Сіре тіло. Закон Кірхгофа для теплового випромінювання. Закон Стефана-Больцмана і закон Віна. Формула Релея-Джинса. Формула Планка. Оптична пірометрія.</p> <p>Література: [1], Л 6.1; [3], 11.1, 11.2, 11.3, 11.4.</p> <p>Завдання для СРС. Використання радіаційного пірометра в якості безконтактного термометра.</p>
19	<p>Лекція 19. Фотон. Фотоефект. Гальмівне рентгенівське випромінювання.</p> <p>Кванти електромагнітного випромінювання. Корпускулярно-хвильовий дуалізм. Гальмівне рентгенівське випромінювання. Короткохвильова межа гальмівного рентгенівського випромінювання. Фотоефект (фотоелектричний ефект). Затримуюча напруга. Струм насичення. Закон Столетова. Червона межа фотоефекту. Формула Ейнштейна для фотоефекту. Робота виходу. Фотон. Енергія фотона. Маса фотона. Імпульс фотона. Тиск світла на поверхню.</p> <p>Література: [1], Л 6.1; [3], 9.4.</p> <p>Завдання для СРС. Сонячні батареї.</p>
20	<p>Лекція 20. Ефект Комптона. Спектр випромінювання атома гідрогену.</p> <p>Ефект Комптона. Спектр випромінювання атома гідрогену. Серія Бальмера. Серія Лаймана. Серія Пашена. Серія Брекета. Серія Пфунда. Формула Бальмера. Стала Рідберга. Узагальнена формула Бальмера. Головна лінія спектральної серії. Межа спектральної серії. Спектральні терми.</p> <p>Література: [1], Л 6.2; [3], 9.1 – 9.3, 10.1, 10.2.</p> <p>Завдання для СРС. Спектральний аналіз.</p>
21	<p>Лекція 21. Моделі атома Томсона і Резерфорда. Постулати Бора. Дослід Франка і Герца.</p> <p>Модель атома Томсона ("пудингова модель атома"). Дослід Резерфорда по</p>

	<p>розсіюванню альфа-частинок атомами. Модель атома Резерфорда (ядерна модель атома). Теорія Бора (гіпотеза Бора) для атома гідрогену та воднеподібного йона. Постулати Бора. Стационарні орбіти. Борівський радіус. Пояснення спектра атома гідрогену та воднеподібного йона в рамках теорії Бора.</p> <p>Література: [1], Л 6.5; [3], 10.3.</p> <p>Завдання для СРС. Теорема Ірншоу і неможливість існування атома у вигляді статичної системи електричних зарядів з точки зору класичної електродинаміки.</p>
22	<p>Лекція 22. Гіпотеза де Бройля. Хвильова функція. Співвідношення невизначеності Гейзенберга.</p> <p>Гіпотеза де Бройля. Дослід Девіссона і Джермера. Хвильова функція. Фізичний зміст хвильової функції. Властивості хвильової функції. Умова нормування хвильової функції. Співвідношення невизначеності Гейзенберга. Межі застосування класичної механіки.</p> <p>Література: [1], Л 6.3; [3], 12.1, 12.2.</p> <p>Завдання для СРС. Кіт Шрьодінгера.</p>
23	<p>Лекція 23. Рівняння Шрьодінгера.</p> <p>Часове рівняння Шрьодінгера (рівняння Шрьодінгера з часом). Стационарне рівняння Шрьодінгера. Власні функції та власні значення. Рівняння Шрьодінгера у випадку сферично-симетричних хвильових функцій.</p> <p>Література: [1], Л 6.4; [3], 12.3.</p> <p>Завдання для СРС. Рівняння Шрьодінгера для частинки, що вільно рухається у просторі.</p>
24	<p>Лекція 24. Частинка в потенціальній ямі.</p> <p>Нескінченно глибока потенціальна яма з вертикальними стінками. Хвильові функції та стационарні стани частинки в одновимірній та двовимірній потенціальній ямі. Енергетичний спектр.</p> <p>Література: [1], Л 6.4; [3], 12.4.</p> <p>Завдання для СРС. Частинка у тривимірній потенціальній ямі.</p>
25	<p>Лекція 25. Бар'єри.</p> <p>Проходження частинки під потенціальним бар'єром (тунельний ефект). Тунельні явища. Прозорість потенціального бар'єра. Проходження частинки через прямокутний потенціальний бар'єр та бар'єр довільної форми.</p> <p>Література: [1], Л 6.4; [3], 12.5.</p> <p>Завдання для СРС. Проходження частинки через два прямокутних потенціальних бар'єри.</p>
26	<p>Лекція 26. Гармонічний осцилятор.</p> <p>Хвильові функції та енергетичний спектр квантового лінійного гармонічного осцилятора.</p> <p>Література: [1], Л 6.4; [3], 12.6.</p> <p>Завдання для СРС. Нормування хвильових функцій квантового лінійного гармонічного осцилятора.</p>
27	<p>Лекція 27. Атом гідрогену.</p> <p>Частинка у центральному полі, зв'язані та незв'язані стани. Рівняння Шрьодінгера, квантові числа та енергетичний і оптичний спектр атомарного водню та воднеподібних йонів. Спін електрона.</p> <p>Література: [1], Л 6.5, 6.6; [3], 13.5.</p> <p>Завдання для СРС. Розщеплення спектральних ліній атома гідрогену у зовнішньому</p>

	магнітному полі.
--	------------------

Практичні заняття

№ з/п	Назва практичного заняття	Кількість ауд. годин
1	Розрахунок магнітних полів за допомогою закону Біо-Савара та теореми про циркуляцію. Завдання для аудиторної роботи: [4] №№ 4.2, 4.7, 4.10, 4.14, 4.18, 4.21, 4.28.	2
2	Визначення сили Ампера, що діє на струми різної конфігурації. Завдання для аудиторної роботи: [4] №№ 4.32, 4.36, 4.41, 4.48, 4.52, 4.56.	2
3	Основний закон електромагнітної індукції. Розрахунок потоку та ЕРС та індукційного струму, власного потоку та індуктивності контуру. Завдання для аудиторної роботи: [4] №№ 5.1, 5.6, 5.15, 5.21, 5.26, 5.33, 5.47.	2
4	Рівняння Максвелла. Розрахунок енергії магнітного поля. Визначення напруженості вихрового електричного та індукованого магнітного полів. Завдання для аудиторної роботи: [4] №№ 5.39, 5.57, 5.60.	2
5	Гармонічні коливання. Власна частота коливального контуру. Фазові співвідношення та перетворення енергії в ідеальному коливальному контурі. Завдання для аудиторної роботи: [4] №№ №№ 7.1, 7.5, 7.6, 7.8, 7.10, 7.15.	2
6	Вільні загасаючі коливання в контурі, амплітуда та частота загасаючих коливань. Характеристики загасання. Завдання для аудиторної роботи: [4] 7.19 – 7.26.	2
7	Вимушені коливання в контурі, резонанс. Завдання для аудиторної роботи: [4] №№ 7.27, 7.31, 7.34, 7.35, 7.38.	2
8	Змінний струм. Визначення опорів, амплітуд і фаз струмів і напруг та потужностей у колі змінного струму. Завдання для аудиторної роботи: [4] №№ 7.39, 7.41, 7.43, 7.48, 7.53, 7.55, 7.57.	2
9	Електромагнітні хвилі. Завдання для аудиторної роботи: [5] №№ 1.1, 1.3, 1.9, 1.11, 1.15.	2
10	Відбивання та заломлення світла. Хід променів крізь плоскопаралельну пластину та трикутну призму. Повне внутрішнє відбивання, граничний кут. Завдання для аудиторної роботи: [5] №№ 2.2, 2.3, 2.4, 2.9, – 2.12, 2.15, 2.20.	2
11	Інтерференція світла, умови максимумів і мінімумів. Інтерференція в тонких плівках. Кільця Ньютона. Завдання для аудиторної роботи: [5] №№ 3.1, 3.7, 3.16, 3.21, 3.23, 3.25, 3.27.	2
12	Дифракція Фраунгофера на щілині та на одновимірній плоскій ґратці. Завдання: [5] №№ 4.10, 4.15, 4.17, 4.18 – 4.23, 4.25, 4.29, 4.31.	2
13	Поляризація світла. Закон Малюса. Ступінь поляризації частково поляризованого світла.	2

	Завдання для аудиторної роботи: [5] №№ 5.1, 5.2, 5.3, 5.6, 5.8 5.9, 5.21, 5.22.	
14	Фотони. Фотоефект. Гальмівне випромінювання. Ефект Комптона. Завдання для аудиторної роботи: [5] №№ 6.2, 6.3, 6.6, 6.7, 6.15, 6.25, 6.29, 6.32, 6.37, 6.41, 6.42, 6.48, 6.50, 6.53, 6.56, 6.57.	2
15	Хвилі де-Бройля. Співвідношення невизначеності Гайзенберга. Література: [5] №№ 7.3, 7.4, 7.6, 7.9, 7.11, 7.21, 7.22, 7.26, 7.28, 7.34.	2
16	Хвильова функція, її імовірнісний зміст і властивості. Рівні енергії частинки в потенціальному ящику. Література: [5] №№ 8.2, 8.3, 8.5 – 8.7, 8.9, 8.10, 8.18.	2
17	Проходження частинок крізь бар'єр. Тунельний ефект. Література: [5] №№ 8.21, 8.22, 8.25, 8.26, 8.27.	2
18	Енергетичний і оптичний спектр атома водню та воднеподібних іонів. Література: [5] №№ 9.2, 9.3, 9.5, 9.9, 9.12, 9.15, 9.16, 9.18, 9.19, 9.22, 9.24.	2

Лабораторні заняття

№ з/п	Назва лабораторного заняття	Кількість ауд. годин
1	Вимірювання індукції магнітного поля електромагніту.	2
2	Вільні електромагнітні коливання в коливальному контурі.	2
3	Вимушені коливання в послідовному коливальному контурі.	2
4	Вивчення інтерференції світла.	2
5	Вивчення дифракційної ґратки.	2
6	Вивчення поляризованого світла.	2
7	Вивчення законів теплового випромінювання.	2
8	Дослід Франка-Герца.	2
9	Вивчення спектра випромінювання атома водню.	2

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Приклади розрахунку магнітних полів за допомогою закону Біо-Савара.	2
2	Приклади розрахунку магнітних полів за допомогою теореми про циркуляцію.	2
3	Антиферромагнетики.	2
4	Рух точкового заряду в однорідному магнітному полі.	2
5	Струми Фуко у техніці.	2
6	Феритовий фільтр.	2
7	Аналогія між вільними електричними та механічними коливаннями.	2
8	Трифазний струм.	2
9	Генератори ЕРС змінного струму.	2
10	Сферична електромагнітна хвиля.	2
11	Застосування законів відбиття і заломлення для розрахунку ходу променів у найпростіших оптичних системах.	2
12	Приклади інтерференції у природі та техніці.	2

13	Просвітлення оптики.	2
14	Приклади дифракції різних хвиль у природі та техніці.	2
15	Рентгеноструктурний аналіз.	2
16	Використання поляризаторів у 3D-кінотеатрах.	2
17	Обертання площини поляризації у рідких кристалах.	2
18	Використання радіаційного пірометра в якості безконтактного термометра.	2
19	Сонячні батареї.	2
20	Спектральний аналіз.	2
21	Теорема Ірншоу і неможливість існування атома у вигляді статичної системи електричних зарядів з точки зору класичної електродинаміки.	2
22	Кіт Шрьодінгера.	2
23	Рівняння Шрьодінгера для частинки, що вільно рухається у просторі.	2
24	Частинка у тривимірній потенціальній ямі.	2
25	Проходження частинки через два прямокутних потенціальних бар'єри.	2
26	Нормування хвильових функцій квантового лінійного гармонічного осцилятора.	2
27	Розщеплення спектральних ліній атома гідрогену у зовнішньому магнітному полі.	2
28	Проведення розрахунків за первинними даними, одержаними на лабораторних заняттях.	9
29	Розв'язок задач.	9

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які ставляться перед студентом:

- Відвідування лекційних, практичних та лабораторних занять є обов'язковою складовою вивчення матеріалу.
- На заняттях звук на телефонах має бути відключений (може бути активований віброрежим); кожен студент повинен мати власний зошит, в якому пише конспект; дозволяється використання студентами ноутбуків, телефонів, планшетів та інших гаджетів для перегляду файлів з навчальним контентом, наданим викладачем.
- Необхідною умовою допуску студента до іспиту є виконання і захист усіх лабораторних робіт, передбачених програмою. Для виконання замірів по лабораторній студент отримує допуск у викладача, для чого необхідно мати підготовлений конспект протоколу по лабораторній із відповідями на контрольні питання та заздалегідь накресленими табличками для внесення даних експерименту, а також вміти пояснити хід виконання роботи. Після виконання замірів студент отримує у викладача відповідний підпис. Після самостійного опрацювання підписаних викладачем даних студент пише протокол лабораторної, який містить: дату виконання, прізвище та ім'я студента, назву роботи, мету роботи, відповіді на контрольні питання, заповнені таблички з результатами замірів та розрахунків, приклади виконання розрахунків із вказаними у проміжних викладачів і у кінцевому результаті розмірностями (для кожної формули достатньо навести по одному прикладу), виконані на міліметровому папері графіки (біля кожної осі графіка має бути вказана фізична величина і відповідні одиниці вимірювання, а також прописана уся шкала; якщо на одній координатній площині міститься дві або більше кривих, то має бути вказано, чим вони відрізняються), висновок, в якому має бути наведений аналіз одержаних результатів. Написаний протокол студент приносить викладачу і захищає лабораторну, для

чого необхідно вміти пояснити хід виконання роботи та проведення розрахунків, а також знати відповіді на теоретичні питання по темі лабораторної. Після успішного захисту лабораторна вважається зарахованою. Протягом однієї пари можуть бути виконані заміри по одній лабораторній роботі.

- Модульні контрольні роботи пишуться студентами самостійно на практичних заняттях без застосування допоміжних засобів (мобільні телефони, планшети та ін.).
- У випадку пропущення студентом лабораторної він має отримати допуск у викладача і провести вимірювання у будь-який час, коли буде можливість.
- Усі письмові роботи виконуються студентом самостійно. Для підтвердження факту самостійного виконання будь-якої письмової роботи студент має вміти усно пояснити те, що він написав.

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

1. Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується за шкалою $R_d = 100$ балів, стартова шкала $R_c = 60$ балів. Стартовий рейтинг визначається протягом семестру за результатами:

- роботи на 18 практичних заняттях;
- виконання 9 лабораторних робіт;
- виконання 1 модульної контрольної роботи (МКР)

2. Критерії нарахування балів.

2.2. Практичні заняття:

- продуктивність роботи до 1.5 б., всього $18 \times 1,5 = 27$ б;

2.3. Лабораторні роботи:

- виконання роботи – $k \times 1$ б.;
- обробка результатів вимірювань – $k \times 1$ б.;
- захист роботи – $k \times 1$ б., де $k = 1$, якщо робота захищена вчасно, $k = 0,8$, якщо робота захищена із затримкою в один тиждень, $k = 0,5$, якщо робота захищена із затримкою в два-три тижні і $k = 0,3$, якщо робота захищена із затримкою більше, ніж у три тижні;
- всього балів $9 \times 3 = 27$ б;

2.4. МКР:

- виконання всіх завдань без помилок і з поясненнями – 3 б;
- виконання не менше 80% завдань без істотних помилок – 2 б
- виконання 60% завдань без помилок, які спотворюють результат – 1 б.

3. Умовою першої атестації є отримання не менше 9 балів та виконання всіх лабораторних робіт (на час атестації). Умовою другої атестації – отримання не менше 24 балів, виконання всіх лабораторних робіт (на час атестації).

4. Умовою допуску до екзамену є зарахування всіх лабораторних робіт, написані МКР і стартовий рейтинг не менше 30 балів.

5. На екзамені студенти виконують екзаменаційну контрольну роботу (ЕКР). Кожен екзаменаційний білет містить одне теоретичне і три практичні завдання. Перелік запитань

наведений у Контрольних завданнях до кредитного модуля. Теоретичне завдання оцінюється в 10 балів, кожне практичне в 10 балів за такими критеріями:

1. «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – 10-9 балів (теоретичне завдання) або 10-9 балів (практичне завдання);
 2. «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 8-7 і 8-7 балів, відповідно;
 3. «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 6-5 і 6-5 балів;
 4. «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.
6. Сума стартових балів та балів за екзаменаційну контрольну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Бали: стартовий рейтинг R_C + бали за ЕКР	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Є не зараховані лабораторні роботи або не зарахована розрахункова робота або стартовий рейтинг менше 30 балів	Не допущено

Робочу програму навчальної дисципліни (Силабус):

Складено старшим викладачем кафедри загальної фізики Забугою Артемом Геннадійовичем

Ухвалено кафедрою загальної фізики (протокол № 8 від 18.06.2024 р.).

Погоджено Методичною комісією Факультету електроніки (протокол № 6/2024 від 26.06.2024 р.).