



ФІЗИКА. Частина 2
Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

| Реквізити навчальної дисципліни | |
|--|---|
| Рівень вищої освіти | Перший (бакалаврський) |
| Галузь знань | 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації |
| Спеціальність | 176 (153) Мікро- та наносистемна техніка |
| Освітня програма | Мікро- та наноелектроніка |
| Статус дисципліни | Нормативна |
| Форма навчання | очна(денна) |
| Рік підготовки, семестр | 1 курс, весняний семестр |
| Обсяг дисципліни | 5,5 кредити: 165 годин (денна: 54 години – лекції, 18 годин – практичні, 18 годин – лабораторні, 75годин – СРС) |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи | Екзамен/МКР, ДКР |
| Розклад занять | http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ScheduleGroupSelection.aspx |
| Мова викладання | <i>Українська</i> |
| Інформація про керівника курсу / викладачів | Лектор: к.ф.-м.н., доцент Пономаренко Лілія Петрівна, l.Ponomarenko@kpi.ua, 0672796629 Практичні: к.ф.-м.н., доцент Пономаренко Лілія Петрівна, l.Ponomarenko@kpi.ua, 0672796629 |
| Розміщення курсу | https://campus.kpi.ua ; http://physics.kpi.ua/ ; http://zitf.kpi.ua/ ; |

Програма навчальної дисципліни

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

Програму навчальної дисципліни «Фізика-2» складено відповідно до освітньої програми «Мікро- та наноелектроніка» підготовки бакалавра спеціальності 176 (153) Мікро- та наносистемна техніка з мікро- та наносистемної техніки.

Мета навчальної дисципліни – вивчення основ однієї із фундаментальних наук природознавства, що впливає на всі сфери діяльності людини і є необхідною

складовою для підготовки фахівців мікро- та наносистемної техніки.

Предмет навчальної дисципліни – закони та методи класичної та сучасної фізики у галузі електродинаміки та квантової фізики.

Компетентності:

- ЗК 1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК 2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
- ФК 1. Здатність використовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів для проектування та застосування мікро- та наносистемної техніки.
- ФК 3. Здатність використовувати математичні принципи і методи для проектування та застосування мікро- та наносистемної техніки

Програмні результати навчання:

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

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент має опанувати такими дисциплінами як «Математичний аналіз», «Аналітична геометрія», «Інформатика», оскільки вони сприяють розумінню фізичних процесів і явищ, на яких ґрунтується функціонування мікро- та наносистем. Компетентності, знання, уміння та досвід, отримані в процесі вивчення дисципліни «Фізика-2», використовуються при подальшому вивченні понять та принципів фізики твердого тіла, твердотільної електроніки, фізичних основ мікро- та наносистемної техніки.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліна розділена на два структурно-логічних модуля:

Модуль 1. Електромагнітні коливання та хвилі. Тема 1. Вільні коливання в контурі

Тема 2. Вимушені електричні коливання

Тема 3. Хвильові процеси Тема 4. Хвильова оптика

Модуль 2. Елементи квантової фізики та фізики макросистем.

Тема 5. Фотони

Тема 6. Хвилі де-Бройля

Тема 7. Рівняння Шрьодінгера

Тема 8. Атом гідрогену

Тема 9. Спін електрона

Тема 10. Багатоелектронні атоми

Тема 11. Перший закон термодинаміки. Основи молекулярно-кінетичної теорії.

Тема 12. Статистична фізика. Розподіли Максвелла та Больцмана.

Тема 13. Другий закон термодинаміки. Ентропія.

Тема 14. Квантові статистики.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. *Кучерук І.М., Горбачук І.І., Луцик П.П.* Загальний курс фізики. Електрика й магнетизм. К: Техніка, 2001.

2. *Кучерук І.М., Горбачук І.І.* Загальний курс фізики. Оптика. Квантова фізика. К: Техніка, 1999.

3. *Кучерук І.М., Горбачук І.І.* Загальний курс фізики. Механіка. Молекулярна фізика. К: Техніка, 1999.

4. Задачі із загальної фізики. Розділ «Електрика і магнетизм». Уклад.:

В.П. Бригінець, О. О. Гусєва, О. В. Дімарова та ін. К.: НТУУ «КПІ», 2011.

5. Задачі із загальної фізики. Розділ «Оптика. Квантова фізика. Молекулярна фізика». Уклад.: *В.П. Бригінець, О.О. Гусєва, О.В. Дімарова та ін.* К.: НТУУ «КПІ», 2011.

6. Вивчення вільних коливань в електричному коливальному контурі. Метод. вказівки до виконання лаб. роботи. Уклад. *В.П. Бригінець, О.О.Гусєва, І.В.Лінчевський та ін.* К.: НТУУ «КПІ», 2008.

7. Вивчення вимушених коливань в електричному коливальному контурі. Метод. вказівки до виконання лаб. роботи. Уклад. *В.П. Бригінець, О.О.Гусєва, І.В.Лінчевський та ін.* К.: НТУУ «КПІ», 2008.

Допоміжна література:

1. Курс загальної фізики. Навчальний посібник для вищих навчальних закладів. / Кармазін В.В., Семенець В.В.-К.: Кондор, 2016.-786 с

2. Курс загальної фізики : підруч. для студ. ВНЗ : у 6 т. / ОНУ ім. І.І. Мечникова; за заг. ред. В. А. Сминтина. – Одеса : Астропринт, 2011. - Т.4 : Оптика / В. А. Сминтина, Ю. Ф. Ваксман. – 2012. – 275 с.

Інформаційні ресурси

1. Електронний кампус КПІ ім. Ігоря Сікорського, методичне забезпечення до кредитного модуля «Фізика – 1» <http://login.kpi.ua>

2. Науково-технічна бібліотека КПІ ім. Ігоря Сікорського <http://library.kpi.ua>.

3. Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського: <http://www.nbuv.gov.ua/>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього

компонента)

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

Лекційні заняття

| № з/п | Назва теми лекції та перелік основних питань |
|-------|---|
| 1 | Гармонічні коливання. Види коливань. Вільні та вимушені коливання. Гармонічні коливання. Диференціальне рівняння гармонічних коливань. Коливальний контур. Коливання в ідеальному контурі, власна частота контуру. Енергія коливань в ідеальному контурі. Література: [1], 12.1; [5], 11.1, 11.2. |
| 2 | Вільні коливання в контурі із загасанням. Вільні загасаючі коливання в контурі, амплітуда та частота загасаючих коливань. Характеристики загасання. Література: [1], 12.2; [5], 11.2. |
| 3 | Вимушені коливання в контурі. Вимушені коливання в контурі. Амплітудні характеристики контуру, резонанс. Література: [1], 12.3; [5], 11.3. |
| 4 | Змінний електричний струм. Активний та реактивні опори, імпеданс. Закон Ома. Потужність у колі змінного струму. Діючі значення напруги та струму. Література: [1], 11.1 – 11.4, 11.7; [5], 11.4. |
| 5 | Монохроматичні хвилі. Хвильові процеси. Рівняння та характеристики монохроматичної хвилі. Хвильові поверхні та фазова швидкість. Утворення та загальні властивості електромагнітних хвиль. Література: [1], 14.1; [6], 1.1, 2.2. |
| 6 | Енергія електромагнітної хвилі. Густина потоку енергії хвилі. Вектор Пойнтінга. Інтенсивність електромагнітної хвилі. Література: [1], 14.2; [6], 2.4. |

| № з/п | Назва теми лекції та перелік основних питань |
|-------|--|
| 7 | <p>Інтерференція. Електромагнітна природа світла. Світлові хвилі. Показник заломлення. Поняття про інтерференцію та когерентність. Умови максимумів і мінімумів. Способи спостереження інтерференції світла.</p> <p>Література: [2], 3.2, 3.4.</p> <p><i>Самостійна робота:</i> Відбивання та заломлення світла, граничний кут.</p> <p>Література: [3], 2.2; [6], 3.1, 3.2.</p> |
| 8 | <p>Дифракція світла. Дифракція хвиль, принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракція Фраунгофера на одній щілині. Дифракція Фраунгофера на одновимірній ґратці. Дифракція рентгенівських променів на кристалах, формула Вульфа-Брегга.</p> <p>Література: [2], 4.1, 4.2, 4.3.</p> |
| 9 | <p>Поляризація світла. Поляризоване та природне світло, види поляризації. Закон Малюса. Поляризація світла при відбиванні від діелектрика та при двозаломленні.</p> <p>Література: [2], 5.1, 5.2, 5.4, 5.6; [7], 6.1 – 6.3.</p> |
| 10 | <p>Фотони. Обмеженість класичної фізики. Квантова фізика. Формула Планка. Фотони, енергія та імпульс фотона.</p> <p>Література: [2], 9.4.</p> |
| 11 | <p>Фотоефект і гальмівне випромінювання. Фотоефект. Закономірності та елементарна квантова теорія зовнішнього фотоефекту, рівняння Ейнштейна. Гальмівне рентгенівське випромінювання. Короткохвильова межа гальмівного спектра.</p> <p>Література: [2], 9.1 – 9.3, 10.1.</p> |
| 12 | <p>Ефект Комптона. Сутність ефекту Комптона та його елементарна теорія. Взаємодія фотонів із речовиною.</p> <p>Література: [2], 10.2.</p> |
| 13 | <p>Хвилі де-Бройля. Неможливість класичної теорії будови атома. Гіпотеза де-Бройля. Дифракція мікрочастинок.</p> <p>Література: [2], 12.1.</p> |
| 14 | <p>Хвильова функція. Квантовий опис стану мікрочастинки. Хвильова функція, її імовірнісний зміст і властивості.</p> <p>Література: [2], 12.1.</p> |
| 15 | <p>Принцип невизначеності. Зміст принципу невизначеності, співвідношення Гайзенберга. Оціночні розрахунки за допомогою співвідношень Гайзенберга. Межі класичного способу опису.</p> <p>Література: [2], 12.2.</p> |

| № з/п | Назва теми лекції та перелік основних питань |
|-------|---|
| 16 | <p>Рівняння Шрьодінгера. Квантова механіка. Часове та стаціонарне рівняння Шрьодінгера. Стаціонарні стани. Література: [2], 12.3.</p> |
| 17 | <p>Частинка в потенціальній ямі. Нескінченно глибока потенціальна яма з вертикальними стінками. Хвильові функції та стаціонарні стани частинки в потенціальній ямі. Енергетичний спектр. Література: [2], 12.4.</p> |
| 18 | <p>Бар'єри. Гармонічний осцилятор. Проходження частинки під потенціальним бар'єром (тунельний ефект). Тунельні явища. Література: [2], 12.5, 12.6.</p> |
| 19 | <p>Атом гідрогену. Частинка у центральному, зв'язані та незв'язані стани. Рівняння Шрьодінгера, квантові числа та енергетичний і оптичний спектр атомарного водню та водневоподібних іонів. Література: [2], 13.5.</p> |
| 20 | <p>Орбітальні моменти електрона. Квантування моменту імпульсу та його проєкції. Квантування магнітного моменту, магнетон Бора. Виродження енергетичних рівнів, класифікація станів. Література: [2], 13.5.</p> |
| 21 | <p>Атом у магнітному полі. Розщеплення енергетичних рівнів електрона у зовнішньому полі. Нормальний і аномальний ефекти Зеємана. Неповнота механіки Шрьодінгера. Література: [2], 13.5. 13.6.</p> |
| 22 | <p>Спін. Власний кутовий і магнітний моменти електрона. Спін-орбітальна взаємодія, мультиплетність спектрів. Спін і статистики, принцип Паулі. Література: [2], 13.5. 13.6.</p> |
| 23 | <p>Багатоелектронні атоми. Одноелектронне наближення, енергетичний спектр одноелектронних станів. Оболонкова структура атомів. Електронні оболонки, періодична система елементів Менделєєва. Характеристичні рентгенівські спектри. Закон Мозлі. Література: [2], 13.6, 13.7, 13.8.</p> |

| № з/п | Назва теми лекції та перелік основних питань |
|-------|--|
| 24 | Перший закон термодинаміки. Стан системи, процеси. Перший закон термодинаміки. Теплоємність ідеального газу. Політропічні процеси. Молекулярно-кінетична теорія. Закон про рівнорозподіл енергії за ступенями вільності. Література: [3], 14.2, 14.7, 16.2 |
| 25 | Статистична фізика. Ймовірність, середні значення. Розподіли Максвелла та Больцмана. Дослідні підтвердження розподілів. Література: [3], 14.8, 14.9, 14.10 |
| 26 | Другий закон термодинаміки. Ентропія. Другий закон термодинаміки. Ентропія. Статистичний зміст другого закону термодинаміки. Ентропія та ймовірність. Література: [3], 16.8, 16.10 |
| 27 | Квантові статистики. Розподіл Фермі-Дірака для електронів у металах. Елементи зонної теорії. Розподіл Бозе-Ейнштейна. Теплоємність твердого тіла. Література: [2], 14.4, 14.5 |

Практичні заняття

| № з/п | Назва теми заняття та перелік основних питань | |
|-------|--|---|
| 1 | Вільні загасаючі коливання в контурі, амплітуда та частота загасаючих коливань. Характеристики загасання. | 2 |
| 2 | Вимушені коливання в контурі, резонанс. Змінний струм. Закон Ома для змінного струму. | 2 |
| 3 | Загальні властивості електромагнітних хвиль. Вектор Пойнтінга. Інтенсивність електромагнітної хвилі. | 2 |
| 4 | Модульна контрольна робота (частина 1): «Коливання та хвилі» | 2 |
| 5 | Інтерференція світла, умови максимумів і мінімумів. Інтерференція в тонких плівках. Кільця Ньютона. Дифракція Фраунгофера на щілині та на одновимірній плоскій ґратці. | 2 |
| 6 | Квантові властивості випромінювання. Гальмівне випромінювання. Ефект Комптона. | 2 |
| 7 | Хвилі де-Бройля. Співвідношення невизначеності Гайзенберга. Хвильова функція, її ймовірнісний зміст і властивості. | 2 |
| 8 | Проходження частинок крізь бар'єр. Тунельний ефект. | 2 |
| 9 | Модульна контрольна робота (частина 2): «Елементи квантової фізики» | 2 |

Лабораторні заняття

| № з/п | Назва теми лабораторних занять |
|-------|--|
| 1 | Дослідження загасаючих коливань у коливальному контурі. Характеристики загасання. |
| 2 | Вивчення вимушених коливань у коливальному контурі. |
| 3 | Вивчення інтерференції світла (біпризма Френеля). |
| 4 | Вивчення фраунгоферової дифракції на щілині. |
| 5 | Вивчення поляризованого світла. |
| 6 | Вивчення оптичного спектра атомарного водню. |
| 7 | Вивчення досліду Франка – Герца. |
| 8 | Вивчення ефекту Рамзауера. |
| 9 | Колоквіум із лабораторних робіт. |

6. Самостійна робота студента

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

| № з/п | Вид самостійної роботи | Кількість годин СРС |
|-------|-----------------------------------|---------------------|
| 1 | Підготовка до аудиторних занять | 29 |
| 2 | Підготовка до МКР | 2 |
| 3 | Підготовка до ДКР | 4 |
| 4 | Підготовка до лабораторних занять | 10 |
| 5 | Підготовка до екзамену | 30 |

| № з/п | Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання | Кількість годин СРС |
|-------|---|---------------------|
| 1 | Гармонічні коливання. Власна частота. Фазові співвідношення та перетворення енергії в ідеальному коливальному контурі. Література: [2], 12.1; [5], 11.1, 11.2. | 3 |
| 2 | Потужність у колі змінного струму. Література: [2], 11.1 – 11.4, 11.7; [5], 11.4. | 3 |
| 3 | Поляризація світла. Закон Малюса. Ступінь поляризації. Фазова та групова швидкість. Література: : [3], 5.1, 5.2, 5.4, 5.6. | 4 |
| 4 | Тиск світла. Фотоефект. Література: [3], 9.1 – 9.3, 9.4. | 4 |

| | | |
|----|--|----|
| 5 | Рівні енергії частинки в потенціальному ящику. Література: [3], 12.4 | 3 |
| 6 | Енергетичний і оптичний спектр атома водню та водневоподібних іонів. Література: [3], 12.4. | 4 |
| 7 | Елементарна електронна теорія дисперсії світла. Аномальна дисперсія. Література: [3], 6.1 – 6.3. | 4 |
| 8 | Енергетичний та оптичний спектр лужних металів. Література: [3], 13.6, 13.7. | 4 |
| 9 | Підготовка до МКР | 2 |
| 10 | Підготовка до ДКР | 4 |
| 11 | Підготовка до ЛР | 10 |
| 12 | Підготовка до іспиту | 30 |

Політика та контроль

7. 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 студента 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 студент 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 – 1»;

- 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.

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

Поточний контроль: опитування за темою заняття, МКР, ДКР, ЛР.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: екзамен.

Умови допуску до семестрового контролю: 36 балів (60% від максимальної кількості семестрових балів).

На першому занятті студент ознайомлюються із рейтинговою системою оцінювання (PCO) дисципліни, яка побудована на основі «Положення про систему оцінювання результатів навчання», https://document.kpi.ua/files/2020_1-273.pdf

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

- 1) за роботу на практичних заняттях;
- 2) за модульну контрольну роботу (МКР) (дві частини);
- 3) за виконання ДКР;
- 4) за виконання та захист лабораторних робіт;
- 5) за відповідь на екзамені.

Система рейтингових балів

1) Практичні заняття. Ваговий коефіцієнт дорівнює 2. Максимальна кількість балів, які може отримати студент на практичних заняттях становить $7 \times 2 = 14$ балів. Нарахування балів на одному практичному занятті:

- відмінні відповіді 2 бали;
- дуже добрі, добрі відповіді 1,5 балів;
- задовільні, достатні відповіді 0,5 балів.

2) *Модульна контрольна робота (МКР)* складається з двох частин. Ваговий коефіцієнт кожної частини 5. Максимальна кількість балів за кожну частину контрольної роботи становить $1 \times 5 = 5$ балів. Нарахування балів за контрольну роботу:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) 4-5 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності) 2-3 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації та деякі помилки) 1 бал;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (менше 60% потрібної інформації) 0.

3) *Домашня контрольна робота (ДКР)* має ваговий бал 12. Нарахування балів за ДКР:

- «відмінно», правильно виконана та вчасно захищена робота (не менше 90 %

- потрібної інформації) 11-12 балів;
- «добре», достатньо повно виконана та захищена робота (не менше 75 % потрібної інформації або незначні неточності) 9 - 10 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації та деякі помилки) 7 - 8 балів;
- «незадовільно», невиконана робота, незадовільна відповідь (менше 60% потрібної інформації) 0.

4) *Лабораторні заняття.* Ваговий коефіцієнт дорівнює 3. Максимальна кількість балів, які може отримати студент на лабораторних заняттях становить $8 \times 3 = 24$ бали. Нарахування балів на одному лабораторному занятті:

- відмінні виконання та захист ЛР - 3 бали;
- дуже добрі, добре виконання та відповіді 2,25 балів;
- задовільні, достатні відповіді за умови виконання 0,25 балів.

3). *Екзамен.* Критерії оцінювання. Завдання містить чотири задачі, кожна з яких оцінюється у 10 балів. Всього $4 \times 10 = 40$ балів.

Нарахування балів за екзаменаційну відповідь:

- повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) 36-40 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації) 30-35 балів;
- неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації) 24-29 балів;
- незадовільна відповідь (менше 60 % потрібної інформації) 0.

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 |

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль:

1. Вільні коливання в контурі. Характеристика загасання.
2. Вимушені електричні коливання. Резонансні характеристики.
3. Закон Ома для кола змінного струму.
4. Властивості електромагнітних хвиль. Закон збереження енергії.
5. Інтерференція світла. Способи одержання інтерференційних картин.
6. Дифракція Фраунгофера на щілині і решітці.

7. Поляризація світла. Закон Малюса. Формули Френеля.
8. Квантові властивості електромагнітного випромінювання. Фотони. Зовнішній фотоэффект.
9. Гальмівне рентгенівське випромінювання. Ефект Комптона.
10. Хвильові властивості мікрооб'єктів. Хвиля де Бройля.
11. Часове та стаціонарне рівняння Шрьодінгера.
12. Борівська теорія атома водню.
13. Атом водню в квантовій механіці.
14. Спін електрона. Спін-орбітальна взаємодія.
15. Багатоелектронні атоми. Періодична система елементів.
16. Перший закон термодинаміки. Молекулярно-кінетична теорія.
17. Розподіли Максвелла та Больцмана.
18. Другий закон термодинаміки. Ентропія.
19. Квантові статистики. Розподіл Фермі-Дірака.
20. Квантові статистики. Розподіл Бозе-Ейнштейна.

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у НАКАЗІ № 7-177 ВІД 01.10.2020 Р. «Про затвердження положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті».

Робочу програму навчальної дисципліни (Силабус):

Склали:

доцент кафедри загальної фізики, канд. фіз.-мат. наук, Пономаренко Л.П.

доцент кафедри загальної фізики, канд. фіз.-мат. наук, Хіст В.В.

старший викладач кафедри загальної фізики к.ф.-м.н., Забуга А.Г.

Ухвалено кафедрою загальної фізики (протокол № 7 від 6.06.2023)

Погоджено

Методичною комісією факультету електроніки (протокол № 06/23 від 29.06.2023)