

Одеський національний університет імені І.І.Мечникова

Кафедра експериментальної фізики

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**
Проректор з науково-педагогічної роботи
О.В.Запорожченко
2020 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Фізика атома

(назва навчальної дисципліни)

Рівень вищої освіти перший рівень (бакалавр)

Галузь знань 10 – природничі науки
(шифр і назва)

Спеціальності 014-середня освіта (фізика); 104-фізика та астрономія; 105 – прикладна фізика та наноматеріали
(шифр і назва)

Освітні програми середня освіта (фізика); фізика та астрономія; прикладна фізика та наноматеріали

Вид дисципліни дисципліни циклу фундаментальної / професійної підготовки

Факультет математики, фізики, та інформаційних технологій
(назва факультету)

Робочу програму рекомендовано до затвердження Вченою Радою факультету математики, фізики та інформаційних технологій «3» вересня 2020 року, Протокол №1

Розробник робочої програми:
доктор фізико-математичних наук, професор Сминтина В.А.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри експериментальної фізики Протокол № 1 від "31" серпня 2020 року

Завідувач кафедри 
_____ (підпис) Сминтина В.А.
(прізвище та ініціали)

Робочу програму погоджено навчально-методичною комісією (НМК) ФМФІТ:
Протокол № 1 від " 3 " вересня _____ 2020 року

Голова НМК 
_____ (підпис) Ніцук Ю.А.
(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Робоча програма навчальної дисципліни «Фізика атома» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки першого (освітньо-професійного) рівня вищої освіти: бакалавр середньої освіти (фізика), бакалавр фізики та астрономії, бакалавр з прикладної фізики та наноматеріалів. Галузі знань: 01-Освіта, 10 – Природничі науки.

Спеціальності: 014-середня освіта (фізика), 104-Фізика та астрономія; 105 – Прикладна фізика та наноматеріали.

Освітньо-професійні програми: Середня освіта (фізика), Фізика та астрономія; Прикладна фізика та наноматеріали.

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є:

Спеціальність «Середня освіта (фізика)»

Формування у здобувачів здатності розв'язувати складні спеціалізовані задачі з організації освітнього процесу, які зумовлені закономірностями й особливостями сучасної теорії і методики навчання (за спеціальністю 014 - Середня освіта (Фізика), які характеризуються комплексністю та невизначеністю умов

Спеціальність: 104 – “Фізика та астрономія”

підготовка фахівців, здатних розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та/або астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що характеризуються комплексністю і невизначеністю умов та передбачають застосування певних теорій і методів фізики та/або астрономії.

Спеціальність: 105 – “Прикладна фізика та наноматеріали”

Підготовка фахівців, здатних розв'язувати спеціалізовані складні задачі і практичні проблеми, пов'язані з дослідженням фізичних об'єктів і систем, процесів і явищ та їх технічними застосуваннями.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є:

формування у студентів матеріалістичного світогляду, вміння використовувати фізичні закони для пояснення явищ природи, застосовувати закони і явища оптики на практиці. Вивчення дисципліни передбачає отримання знань та вмінь, які необхідні бакалавру в його майбутній професійній діяльності.

Інтегральні компетентності (ІК):

- здатність розв'язувати складні спеціалізовані практичні завдання в галузі середньої освіти, що передбачає застосування концептуальних методів освітніх наук, психології, теорії та методики навчання і характеризуються комплексністю та невизначеністю умов організації освітнього процесу в закладах середньої освіти (**014**) ;

- здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та/або астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та/або астрономії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов (**104**) ;

- здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми прикладної фізики та наноматеріалів, що передбачає застосування теорій та методів фізики, математики та інженерії й характеризується комплексністю та невизначеністю умов (**105**).

Загальні компетентності(спеціальність 014-середня освіта):

ЗК3. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК4. Здатність працювати в команді.

ЗК5. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ЗК7. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК12. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК14. Здатність до самоаналізу, самооцінки, самокритичності, самореалізації та самовдосконалення.

Спеціальні (предметні) компетентності (спеціальність 014-середня освіта):

ПК1. Здатність використовувати систематизовані теоретичні й практичні знання з фізики та методики навчання фізики у вирішенні професійних завдань.

ПК4. Здатність доцільно і критично застосовувати фізичні поняття, закони, принципи, теорії у поєднанні з необхідним математичним інструментарієм для пояснення фізичних явищ і процесів з використанням сучасних засобів навчання.

ПК5. Здатність до організації та проведення шкільного фізичного експерименту із застосуванням всіх його видів в освітньому процесі з фізики.

ПК6. Здатність розв'язувати задачі курсу фізики різного рівня складності та пояснювати їх розв'язання учням.

ПК7. Здатність до організації та проведення позакласної та позашкільної роботи з фізики в базовій середній школі та закладах позашкільної освіти учнівської молоді.

ПК8. Здатність до самостійної експериментальної діяльності з фізики та методики навчання фізики з описом, аналізом та критичним оцінюванням експериментальних даних.

Загальні компетентності(спеціальність 104-фізика та астрономія):

K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

K04. Здатність бути критичним і самокритичним.

K05. Здатність приймати обгрунтовані рішення.

K07. Навички здійснення безпечної діяльності.

K08. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності (СК)(спеціальність 104-фізика та астрономія):

K16. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.

K18. Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.

K19. Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень.

K24. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.

K25. Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей.

K26. Розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень та дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю.

K27. Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних та астрономічних досліджень.

K28. Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук.

Загальні компетентності(спеціальність 105-прикладна фізика та наноматеріали):

1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

3. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

9. Здатність працювати автономно.

10. Навички здійснення безпечної діяльності.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності (СК)(спеціальність 105-прикладна фізика та наноматеріали):

7. Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності.

1.3. Кількість кредитів 9

1.4. Загальна кількість годин 270

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
Дисципліна циклу фундаментальної/ професійної підготовки
Денна форма навчання
Рік підготовки
3-й
Лекції
48 год.
Практичні/семінарські
30 год.
Лабораторні
60 год.
Самостійна робота

132 год.
У тому числі індивідуальні завдання
14 год.

1.6. Заплановані результати навчання:

Згідно з освітньо-професійною програмою «Загальна освіта (фізика)» спеціальності 014-середня освіта (фізика) студенти можуть досягти наступних результатів навчання:

РН3. Знає та розуміє принципи, сучасні методи, основні методичні прийоми, форми організації навчання певного предмету в закладах загальної середньої освіти (рівень базової середньої освіти).

РН5. Оперує базовими категоріями та поняттями спеціальності.

РН7. Добирає і застосовує сучасні освітні технології для формування в учнів предметних компетентностей та здійснює самоаналіз ефективності уроків.

ПРН1. Знає та розуміє основні поняття, закони, теорії, загальну структуру, предмет і методи дослідження фізики та методики її навчання, місце і зв'язки в системі наук, етапи історії їх розвитку.

ПРН2. Аналізує фізичні явища і процеси на основі фізичних законів, теорій, принципів, із застосуванням відповідних математичних методів.

ПРН17. Демонструє знання та розуміння основ астрономії, загальної та теоретичної фізики.

Згідно з освітньо-професійною програмою «Фізика та астрономія» спеціальності 104 – «Фізика та астрономія» студенти можуть досягти наступних результатів навчання:

ПРО1. Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та/або астрономії.

ПРО3. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.

ПРО8. Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшукувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.

ПРО9. Мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики або астрономії, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи.

ПР22. Розуміти значення фізичних досліджень для забезпечення сталого розвитку суспільства.

ПР23. Розуміти історію та закономірності розвитку фізики та астрономії.

Згідно з освітньо-професійною програмою «Прикладна фізика та наноматеріали» спеціальності 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали» студенти можуть досягти наступних результатів навчання:

РО1. Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.

РО6. Відшукувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність та релевантність інформації.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

3 рік, 5 семестр

Розділ 1. Моделі атома в класичній і квантовій механіці.

Тема 1. Будова атома та теорія Бора. Атомна модель Томсона. Досліди Резерфорда. Планетарна модель атома. Визначення заряду ядра по розсіянню альфа-частинок. Неспроможність планетарної моделі з точки зору класичної електродинаміки. Постулати Бора про стаціонарні стани та частоти випромінювання при квантових переходах. Дискретність процесів висилання та поглинання випромінювання. Експериментальна перевірка справедливості постулатів Бора у дослідах Франка і Герца. Особливості спектру атомів водню. Формула Бальмера. Узагальнення формули Бальмера Рідбергом. Спектральні серії. Границя серії. Комбінаційний принцип Рітца. Спектральні терми. Фізична інтерпретація комбінаційного принципу та спектральних термів Бором. Емпірична формула для енергій

стаціонарних станів атома водню. Принцип утворення спектральних серій. Борівська теорія атома водню. Колові орбіти та їх характеристики. Врахування руху ядра у борівській теорії. Еліптичні орбіти у атомі водню. Головне та азимутальне квантові числа. Поняття про виродження енергетичних рівнів. Правила квантування Бора-Зоммерфельда. Підсумки борівського періоду розвитку атомної теорії

Тема 2. Корпускулярно-хвильовий дуалізм. Корпускулярно-хвильовий дуалізм та його природа. Гіпотеза де-Бройля. Рівняння де-Бройля. Ефект Рамзауера-Таунсенда. Кількісне підтвердження справедливості гіпотези де-Бройля. Досліди Девіссона та Джермера. Досліди Томсона й Тартаковського. Принципи електронографії та нейтронографії. Властивості хвиль де-Бройля. Запис рівняння плоскої хвилі де-Бройля через корпускулярні та хвильові характеристики руху. Фазова та групова швидкість хвиль де-Бройля. Еволюція пакету хвиль де-Бройля.

Тема 3. Основні поняття квантової механіки. Поняття про хвильову функцію. Імовірнісна інтерпретація хвильової функції. Стандартні вимоги до хвильової функції. Зміст умови нормування. Відміна квантово-механічного та класичного опису руху. Вплив вимірювання на стан квантової системи. Співвідношення невизначеностей як критерій застосовності класичних характеристик для опису руху мікрооб'єктів. Границі застосовності поняття траєкторії мікрооб'єкту. Співвідношення невизначеностей енергії та час. Обчислення середніх значень фізичних величин у квантовій механіці. Оператори фізичних величин. Зв'язок між операторами різних фізичних величин. Власні стани. Власні значення фізичної величини. Власні функції оператора. Середнє значення фізичної величини у власнім для неї стані.

Тема 4. Рівняння Шредінгера. Стаціонарне та часове рівняння Шредінгера. Стаціонарні задачі. Запис хвильової функції у вигляді координатної частини та стандартного часового множника. Рух мікрооб'єкту у одновимірній нескінченно глибокій потенціальній ямі. Енергетичний спектр та хвильові функції мікрооб'єкту. Аналогія з коливаннями струни. Тунельний ефект. Аналог тунельного ефекту у оптиці. Коефіцієнт прозорості прямокутного потенціального бар'єру. Розрахунок коефіцієнта прозорості для бар'єру довільної форми. Холодна емісія електронів з металу. Розрахунок густини струму холодної емісії. Принципи растрової тунельної мікроскопії.

Тема 5. Квантова теорія атома водню. Розв'язок рівняння Шредінгера для електрона у воднеподібній системі. Запис хвильової функції у вигляді добутку радіальної та кутової частини. Магнітне квантове число. Поняття виділеного напрямку у атомі. Орбітальне квантове число. Радіальна частина хвильової функції електрона у атомі водню. Енергетичний спектр атома. Головне квантове число. Спектральна символіка електронних та атомних станів. Виродженість станів атома водню. Симетрія станів атома водню. Ймовірність виявлення електрона "на заданій відстані від ядра" та "у заданому напрямі". Розподіл густини ймовірності виявлення електрона для конкретних квантових станів.

Тема 6. Спін мікрочастинок. Просторове квантування. Квантово-механічна інтерпретація ларморівської прецесії електронної орбіти. Зв'язок орбітальних механічного та магнітного моментів електрона. Гіромагнітне відношення. Магнетон Бора. Досліди Штерна і Герлаха. Поняття про спін електрона. Релятивістська природа спіну.

Розділ 2. Спектри багатоелектронних атомів в електричному та магнітному полях

Тема 7. Будова електронних оболонок. Періодична система елементів. Поняття про оболонки та шари. Кількість станів у оболонці та шарі. Електронна конфігурація атома. Механічний та магнітний моменти заповненої оболонки. Схема заповнення електронних станів. Правило Маделунга. Лантаноїди та актиноїди. Обмінна взаємодія. Спін-валентні схеми. Систематика атомних станів для випадку зв'язку Рассела-Саундерса. Еквівалентні електрони. Правило Хунда.

Тема 8. Спектроскопія багатоелектронних атомів. Типи зв'язку у багатоелектронних атомах. Зв'язок Рассела-Саундерса. J-j зв'язок. Аналіз квантових станів атома гелію. Триплетні та синглетні стани. Інтеркомбінаційна заборона. Метастабільні стани атома гелію. Шляхи виходу з метастабільних станів. Принцип тотожності елементарних частинок. Хвильова

функція системи з двох елементарних частинок. Симетрична та антисиметрична хвильова функція. Принцип Паулі. Бозони та ферміони.

Тема 9. Атом у зовнішніх магнітних та електричних полях. Атом у магнітному полі. Поняття про ефект Зеемана. Формула Лоренца. Правило Рунге. Ефект Пашена-Бака. Розрахунок повного магнітного моменту атома з векторної моделі. Множник Ланде та його фізичний зміст. Експериментальні методи визначення атомних магнітних моментів. Метод магнітного резонансу Рабі. Теорія аномального ефекту Зеемана. Приклад: розрахунок зееманівського розщеплення резонансного дублета натрію у слабкому магнітному полі. Теорія нормального ефекту Зеемана у сильному магнітному полі. Нормальний ефект Зеемана на синглетних спектральних лініях.

Тема 10. Рентгенівські промені. Рентгенівське випромінювання. Гальмове випромінювання. Границя спектра гальмового випромінювання. Характеристичне випромінювання та його спектр. Закон Мозлі. Механізм Косселя для характеристичного випромінювання. Взаємодія рентгенівського випромінювання з речовиною. Ефект Комптона. Комптонівська довжина хвилі для електрона. Електрони віддачі та фотоелектрони.

Розділ 3. Спектри молекул.

Тема 11. Природа молекулярного зв'язку. Типи зв'язків у молекулах. Гомеоплярний та гетероплярний зв'язок. Ван-дер-Ваальсівський зв'язок. Загальна характеристика молекулярних спектрів. Лінії, смуги, групи смуг та серії груп смуг. Коливальний рух ядер молекули. Енергетичний спектр гармонічного та ангармонічного осциляторів. Правило відбору для коливальних переходів у випадку гармонічного та ангармонічного осциляторів. Обертальний рух ядер молекули. Енергетичний спектр квантового ротатора. Вплив пружності міжатомного зв'язку на енергетичний спектр. Правила відбору для обертальних переходів.

Тема 12. Структура та енергетичний спектр молекул. Енергетичний спектр молекули з урахуванням електронної, коливальної та обертальної енергії. Обертальні переходи та обертальний спектр. Коливально-обертальні переходи та коливально-обертальний спектр. Структура смуги коливально-обертального спектра. Електронно-коливально-обертальні переходи. Комбінаційне розсіювання світла. Стоксові та антистоксові супутники. Співвідношення інтенсивностей супутників.

3. Структура навчальної дисципліни

Тема	Кількість годин					
	Усього	Лек.	Пр.	Лаб.	Інд.	СР
1	2	3	4	5	6	7
Розділ 1. Моделі атома в класичній і квантовій механіці.						
Тема Будова атома та теорія Бора.	18	4	2	4		8
2. Корпускулярно-хвильовий дуалізм.	14	4	2	-		8
3. Основні поняття квантової механіки.	18	4	2	4		8
4. Рівняння Шредінгера.	20	4	4	4		8
5. Квантова теорія атома водню.	24	4	2	8		10
6. Спін мікрочастинок.	20	4	2	4		10

Розділ 2. Спектри багатоелектронних атомів в електричному та магнітному полях						
7. Будова електронних оболонок.	16	4	2	-		10
8. Спектроскопія багатоелектронних атомів	26	4	2	8		12
9. Атом у зовнішніх магнітних та електричних полях.	28	4	4	8		12
10. Рентгенівські промені	24	4	2	8		10
Розділ 3. Спектри молекул.						
11. Природа молекулярного зв'язку.	28	4	2	4	8	10
12. Структура та енергетичний спектр молекул.	34	4	4	8	6	12
Усього годин	270	48	30	60	14	118

4. Теми практичних занять

- Будова атома та теорія Бора.
- Корпускулярно-хвильовий дуалізм.
- Рівняння Шредінгера.
- Основні поняття квантової механіки.
- Квантова теорія атома водню.
- Спектри атомів лужних металів.
- Атом у магнітному полі.
- Тонка та надтонка структура спектрів.
- Ширина та інтенсивність спектральних ліній.
- Багатоелектронні атоми.
- Періодична система елементів.
- Рентгенівське випромінювання.
- Молекулярні спектри.

5. Теми лабораторних занять

- Визначення заряду електрона методом Міллікена.
- Визначення питомого заряду електрона методом Буша.
- Визначення питомого заряду електрона методом відхилення електронного пучка в магнітному полі Землі.
- Досліди по визначенню першого потенціалу збудження атомів.
- Вивчення спектрів водню, визначення сталої Ридберга, побудова схеми енергетичних рівнів електрона в атомі водню.
- Вивчення спектрів натрію. Побудова діаграми Гротріана для атома натрію.
- Тонка структура переходів в атомі натрію Співвідношення інтенсивностей компонент дублетів атомів натрію.
- Визначення потенціалів іонізації.

- Визначення довжини хвилі прискореного електрона по розрахункам дифракційної картини електронного пучка.
- Вивчення молекулярних спектрів молекули йоду. Визначення сталої ангармонізму молекули йоду та енергії дисоціації в збудженому електронному стані.

6. Завдання для самостійної роботи

1. Підготовка теоретичного матеріалу за темами:

- Атомна модель Томсона.
- Еліптичні орбіти у атомі водню.
- Принципи електронографії та нейтронографії
- Квантово-механічна інтерпретація Ларморівської прецесії електронної *орбіт*.
- Розрахунок повного магнітного моменту атома з векторної моделі.
- Віртуальні частинки.
- Шляхи виходу з метастабільних станів.
- Симетрична та антисиметрична хвильова функція
- Бозони та ферміони
- Лантаноїди та актиноїди
- Взаємодія рентгенівського випромінювання з речовиною
- Енергетичний спектр молекули з урахуванням електронної, коливальної та обертальної енергії

2. Підготовка до лабораторних робіт та складання звітів. Підготовка до практичних занять.

7. Індивідуальні завдання

Теми індивідуальних занять:

- Типи зв'язків у молекулах. Гомеополлярний та гетерополлярний зв'язок. Ван-дер-Ваальсівський зв'язок.
- Загальна характеристика молекулярних спектрів. Лінії, смуги, групи смуг та серії груп смуг. Коливальний рух ядер молекули.
- Енергетичний спектр гармонічного та ангармонічного осциляторів. Правило відбору для коливальних переходів у випадку гармонічного та ангармонічного осциляторів.
- Обертальний рух ядер молекули. Енергетичний спектр квантового ротатора. Вплив пружності міжатомного зв'язку на енергетичний спектр. Правила відбору для обертальних переходів.
- Коливально-обертальні переходи та коливально-обертальний спектр. Структура смуги коливально-обертального спектра.
- Електронно-коливально-обертальні переходи. Комбінаційне розсіювання світла Стоксові та антистоксові супутники Співвідношення інтенсивностей супутників.
- Енергетичний спектр молекули з урахуванням електронної, коливальної та обертальної енергії. Обертальні переходи та обертальний спектр.

8. Методи навчання

При викладанні дисципліни використовуються словесні методи навчання, наочні методи навчання. Головним словесним методом навчання є лекція. Під час проведення лекцій використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний метод; метод проблемного викладу; частково-пошуковий, або евристичний метод.

Під час лабораторних занять використовуються наступні методи навчання: частково-пошуковий, або евристичний метод; дослідницький метод.

Під час самостійної роботи використовуються наступні методи навчання: частково-пошуковий, дослідницький метод.

9. Методи контролю

Для кожної теми формами контролю навчальних здобутків студентів можуть бути поточний контроль: конспект з лекцій; оцінка активності роботи на лекціях; аудиторне поточне опитування (контрольна робота); звіт за виконаною лабораторною роботою, домашні завдання. Підсумковий семестровий контроль (екзамен). Підсумкові бали для оцінки знань студентів за розділ розраховуються таким чином:

№	Вид роботи	Форма контролю	Число балів
1.	Лекції	Контрольна робота	10
		Поточний контроль, індивідуальні завдання	10
2.	Практичні заняття	Контрольна робота	10
3.	Лабораторні роботи	Звіти за виконання робіт	10
4.	Сума		40

10.Схема нарахування балів

Форма поточного контролю					Екзамен	Сума
Підсумкові бали за поточний контроль, індивідуальні завдання	Звіти за лабораторні роботи	Контрольні роботи		Разом		
		Лекції	Практ.			
10	10	10	10	40	60	100

11. Критерії оцінювання навчальних досягнень

Підсумковий семестровий контроль (екзамен) проводиться у письмовій формі. Екзаменаційний білет містить три теоретичних питання, кожне з яких оцінюється окремо за 20 бальною шкалою

Критерії оцінювання теоретичного питання:

- повна розгорнута відповідь – 20 балів;
- повна, але не розгорнута відповідь – 15 балів;
- повна, але не розгорнута відповідь, яка містить незначну помилку чи суперечність – 14 балів, за кожну наступну незначну помилку чи суперечність знімається 1 бал;
- неповна відповідь, яка не містить критичних помилок чи суперечностей – 10 балів, за кожну наступну незначну помилку чи суперечність знімається 1 бал;
- відповідь, що містить критичну помилку чи неточність, або відсутність відповіді оцінюється в 0 балів.

Кількість балів, що студент отримав на екзамені, є сумою балів, що були отримані за кожне завдання з екзаменаційного білету.

Кінцева оцінка виставляється за сумою балів поточного та підсумкового контролю за шкалою, що наведена нижче.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка		
	За шкалою ЄКТС	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85-89	B	добре	
75-84	C		
70-74	D		
60-69	E	задовільно	не зараховано
35-59	FX	незадовільно	
1-34	F		

12. Рекомендована література Перелік навчально-методичної літератури

1. Основна література

1. Попов А.М., Тихонова О.В. Атомная физика. Учебное пособие.-М.: Изд.3, 2019.
2. Милантьев В.П. Атомная физика: учебник и практикум для академического бакалавриата/ 2-е изд.-М.:Издательство Юрайт, 2017.
3. Яцунський І.Р. Фізика атома. Том 5. Одеса: Астропрінт, 2012.
4. Шпольский З.В. Атомная физика. М: Наука, 1982, тома 1-2
5. Сивухин Д.В. Общий курс физики, том 5, часть 1: Атомная физика. М.: Наука, 1986.
6. Білий М.У., Охріменко Б.А. Атомна фізика. К.: Вища школа, 1984.
7. Матвеев А.Н. Атомная физика. М: Высш.шк.-1989.
8. Иродов И.Е. Сборник задач по атомной и ядерной физике. М.: Энергоатомиздат, 1986.

Додаткова

1. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики. М.: Наука, 1976.
2. Борн М. Атомная физика. М.: Мир, 1970.
3. Зоммерфельд А. Строение атома и спектры. М.: ГИТТЛ, 1956, тома 1-2.

13. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. posibnyky.vntu.edu.ua/fizika/d/d.html
2. https://ru.wikipedia.org/wiki/Физика_атомов_и_молекул
3. https://wiki.eduvdom.com/subjects/physics/физика_атома_и_атомного_ядра .
4. phys.onu.edu.ua