МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І.І.МЕЧНИКОВА
Кафедра фізики та астрономії

"ЗАТВЕРДЖУЮ"
Проректор з науково-педагогічної роботи
Олександр ЗАПОРОЖЧЕНКО
"___" вересня 2022 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇДИСЦИПЛІНИ

ОК 14 «Фізика атома»

Рівень вищої освіти	**перший (освітньо-професійний)**
Галузь знань	**10 – Природничі науки**
Спеціальність	**104 - Фізика та астрономія**
Освітньо-професійна програма	**Фізика та астрономія**

ОНУ
Одеса
2022

Робоча програма навчальної дисципліни «Оптика». – Одеса: ОНУ, 2022. – 12 с.

Розробники: Сминтина Валентин Андрійович, доктор фізико-математичних наук, професор кафедри фізики та астрономії;
Ніцук Юрій Андрійович, доктор фізико-математичних наук, професор кафедри фізики та астрономії;

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри фізики та астрономії ФМФІТ
Протокол № 1 від «5» вересня 2022 р.
Завідувач кафедри _____ Володимир ГОЦУЛЬСЬКИЙ

Погоджено із гарантом ОПП «Фізика та астрономія» _____ Юрій НІЦУК

Схвалено навчально-методичною комісією (НМК) факультету математики, фізики та інформаційних технологій

Протокол № 1 від «6» вересня 2022 р.

Голова НМК _____ Наталя МАСЛЄЄВА

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри фізики та астрономії
Протокол № 1 від «1» 09 2023 р.

Завідувач кафедри _____ (Володимир ГОЦУЛЬСЬКИЙ)

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри фізики та астрономії
Протокол № 1 від «29» 08 2024 р.

Завідувач кафедри _____ (Володимир ГОЦУЛЬСЬКИЙ)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, Спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		Очна (денна) форма навчання
Загальна кількість кредитів – 9 годин – 270 змістовних модулів - 2	Галузь знань 10 – Природничі науки Спеціальність: 104 – Фізика та астрономія Рівень вищої освіти: Перший (освітньо-професійний)	Обов'язкова дисципліна
		Рік підготовки:
		3-й
		Семестр
		5-й
		Лекції
		44 год.
		Практичні, семінарські
		30 год.
		Лабораторні
		60 год.
		Самостійна робота
		136 год.
		Форма підсумкового контролю: іспит

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни є підготовка фахівців, здатних розв'язувати спеціалізовані складні задачі і практичні проблеми, пов'язані з дослідженням об'єктів, процесів та явищ частинок атомної фізики у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що характеризуються комплексністю і невизначеністю умов та передбачають застосування певних теорій і методів фізики ядра і елементарних частинок.

Завдання:

- Ознайомити здобувачів першого рівня вищої освіти з атомними моделями та будовою атомних оболонок
- Ознайомити здобувачів з квантово-механічними характеристиками атому та його складових,
- Ознайомити з впливом зовнішніх полів на атомні спектри, особливістю молекулярних спектрів,
- Сформувати в здобувачів першого рівня вищої освіти уміння проводити експериментальні спектроскопічні дослідження, розв'язувати теоретичні задачі в області атомної фізики.

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних **компетентностей. Інтегральна компетентність:** 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.

Загальні компетентності:

К2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

К4. Здатність бути критичним і самокритичним.

К5. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

К07. Навички здійснення безпечної діяльності.

К08. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

Спеціальні (фахові) компетентності:

К16. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.

К18. Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.

К19. Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень.

К24. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.

К25. Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей.

К26. Розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень та дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю.
К27. Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних та астрономічних досліджень.
К28. Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук.

В результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти повинен знати:

- сучасні моделі атомні моделі,
- основні фізичні та квантові характеристики атома та його складових,
- основні поняття квантової механіки,
- квантову теорію атому водню,будову та правило заповнення електронних оболонок,
- особливості впливу зовнішніх полів на атомні спектри

Вміти:

- визначати основні фізичні та квантово-механічні характеристики атомів та їх складових,
- визначати природу переходів в атомах та ідентифікувати природу центрів, відповідальних за дані переходи.

Що забезпечують наступні **програмні результати навчання:**

ПР01. 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.
ПР03. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.
ПР08. Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшуковувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.
ПР09. 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.

3.Зміст навчальної дисципліни

3 рік, 5 семестр

Змістовний модуль 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 напряму 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.

Змістовний модуль 2. Спектри багатоелектронних атомів в електричному та магнітному полях. Спектри молекул

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 зеєманівського 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.

Тема 11. Природа молекулярного зв'язку. Типі зв'язків у молекулах. Гомеополярний та гетерополярний 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.

4. Структура навчальної дисципліни «Фізика атома»

Назва тем	Кількість годин				
	Очна (денна) форма				
	Усього	у тому числі			
		Лек.	Пр.	Лаб.	СР
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Змістовний модуль 1. Моделі атома в класичній і квантовій механіці					
1. Будова атома та теорія Бора.	18	2	2	4	8
2. Корпускулярно-хвильовий дуалізм	14	4	2		8
3. Основні поняття квантової механіки.	18	4	2	4	8
4. Рівняння Шредингера	20	4	-	6	4
5. Квантова теорія атому водню	24	4	2	8	10
6. Спін мікрочастинок	20	2	2	4	10
Змістовний модуль 2. Спектри багатоелектронних атомів та молекул					
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
11. Природа молекулярного зв’язку	28	4	2	4	18
12. Структура та енергетичний спектр молекул.	34	4	4	8	18
Усього годин	270	44	30	60	136

5. Теми семінарських занять

Семінарські заняття не передбачені навчальним планом.

6. Теми практичних занять

№	Назва теми	Кількість годин
1.	Будова атома та теорія Бора.	2
2.	Корпускулярно-хвильовий дуалізм.	2
3.	Рівняння Шредінгера.	3
4.	Основні поняття квантової механіки.	3
5.	Квантова теорія атома водню.	4
6.	Спектри атомів лужних металів.	2
7.	Атом у магнітному полі.	2
8.	Тонка та надтонка структура спектрів.	2
9.	Ширина та інтенсивність спектральних ліній.	2
10.	Багатоелектронні атоми.	4
11.	Періодична система елементів.	2
12.	Рентгенівське випромінювання.	2
13.	Молекулярні спектри	2
	Разом	30

4. Теми лабораторних робіт

№	Назва теми	Кількість годин
1.	Визначення заряду електрона методом Міллікена.	4
2.	Визначення питомого заряду електрона методом Буша.	2
3.	Визначення питомого заряду електрона методом відхилення електронного пучка в магнітному полі Землі.	2
4.	Визначення питомого заряду електрона методом відхилення електронного пучка в магнітному полі Землі	4
5.	Дослід Франка і Герца з визначення першого потенціалу збудження атому	2
6.	Визначення потенціалу іонізації	2
7.	Визначення сталої Рідберга	4
8.	Визначення сталої Планка	4
9.	Дослідження дифракції електронів	4

10.	Дослідження комбінаційного розсіювання спектру	4
11.	Дослідження спектру натрію у видимій області спектру	8
12.	Дослідження спектру натрію в УФ області спектру	8
13.	Дослідження дублету натрію	4
14.	Дослідження спектру молекули йоду	8
	Разом:	60

8. Самостійна робота

№	Назва теми	Кількість годин
1.	Атомна модель Томсона.	6
2.	Еліптичні орбіти у атомі водню.	6
3.	Принципи електронографії та нейтронографії	6
4.	Квантово-механічна інтерпретація Ларморівської прецесії електронної *орбіт*.	8
5.	Розрахунок повного магнітного моменту атома з векторної моделі.	6
6.	Віртуальні частинки.	8
7.	Шляхи виходу з метастабільних станів.	6
8.	Симетрична та антисиметрична хвильова функція	6
9.	Бозони та ферміони	6
10.	Лантаноїди та актиноїди	8
11.	Взаємодія рентгенівського випромінювання з речовиною	6
12.	Енергетичний спектр молекули з урахуванням електронної, коливальної та обертальної енергії	8
13.	Типі зв'язків у молекулах. Гомеополярний та гетерополярний зв'язок. Ван-дер-Ваальсівський зв'язок.	8
14.	Загальна характеристика молекулярних спектрів. Лінії, смуги, групи смуг та серії груп смуг	8
15.	Енергетичний спектр гармонічного та ангармонічного осциляторів. Правило відбору для коливальних переходів у випадку гармонічного та ангармонічного осциляторів.	8
16.	Обертальний рух ядер молекули. Енергетичний спектр квантового ротатора. Вплив пружності міжатомного	8

	зв'язку на енергетичний спектр. Правила відбору для обертальних переходів.	
17.	Коливально-обертальні переходи та коливально-обертальний спектр. Структура смуги коливально-обертального спектра.	8
18.	Комбінаційне розсіювання світла Стоксові та антистоксові супутники Співвідношення інтенсивностей супутників	8
19.	Енергетичний спектр молекули з урахуванням електронної, коливальної та обертальної енергії. Обертальні переходи та обертальний спектр.	8
	Разом	136

9. Методи навчання

Під час вивчення навчальної дисципліни використовують такі форми роботи – лекція, лабораторна робота, самостійна робота.

Під час проведення лекцій та практичних занять використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний метод, інформаційно-рецептивний; репродуктивний метод (репродукція - відтворення); метод проблемного викладу; частково-пошуковий метод.

Під час лабораторних занять використовуються наступні методи навчання частково-пошуковий, або евристичний метод; дослідницький, при захисті лабораторних робіт та індивідуальних завдань використовується дискусійний метод. Під час самостійної роботи використовується дослідницький метод (студент опановує літературу за вказаною темою), за темою ІНДЗ робить презентацію та доповідь).

10. Форми контролю та методи оцінювання

Поточний контроль здійснюється за результатами виконання 2 контрольних робіт за змістовними модулями, захисту індивідуального завдання. Оцінюється також активність студента в процесі занять: усне опитування на лекції, практичному занятті, розв’язання задач на практичному занятті, написання звітів до лабораторних робіт, їх захист. Підсумковий контроль - іспит.

Критерії оцінювання виконання самостійної роботи

Результати індивідуального завдання представляються у вигляді доповіді (7-10 хв), що супроводжується презентацією (5-7 слайдів).

Критеріями оцінювання є: повнота представленого матеріалу, якість доповіді та презентації, відповідей на запитання викладача та однокурсників.

Критерії оцінювання виконання лабораторних робіт

Студент повинен виконати всі лабораторні роботи. За виконання розрахунків та оформлення роботи згідно вимог методичних вказівок до лабораторних робіт нараховується 4 бали за кожну роботу. При захисті роботи, за кожну правильну відповідь на запитання додається 2 бали. За неповну відповідь, відповідь, що містить несуттєві помилки додається 1 бал. За неправильну відповідь, або її відсутність бали не додаються. Максимальна кількість балів за лабораторну роботу не повинна перевищувати 10 балів. При виставленні підсумкової оцінки береться середня арифметична оцінка за всіма лабораторними роботами.

Критерії оцінювання підсумкового контролю

Підсумковий семестровий контроль (іспит) проводиться в усній формі. Екзаменаційний білет містить два теоретичних питання, кожне з яких оцінюється окремо за 15 бальною шкалою.

Критерії оцінювання теоретичного питання:

– повна розгорнута відповідь – 15 балів;

– повна, але не розгорнута відповідь – 12 балів;

– повна, але не розгорнута відповідь, яка містить незначну помилку чи суперечність – 10 балів, за кожну наступну незначну помилку чи суперечність знімається 1 бал;

– неповна відповідь, яка не містить критичних помилок чи суперечностей – 8 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 здобувач отримав на іспиті, 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 (п.12).

11. Питання для підготовки для поточного та підсумкового контролю.

1. Будова атома. Атомні моделі та їх недоліки.
2. Постулати Бора. Експериментальна перевірка справедливості постулатів Бора у дослідах Франка і Герца.
3. Особливості спектру атомів водню. Формула Бальмера. Спектральні серії. Границя серії.
4. Комбінаційний принцип Рітца. Спектральні терми. Фізична інтерпретація комбінаційного принципу та спектральних термів Бором. Борівська теорія атома водню.

5. Корпускулярно-хвильовий дуалізм та його природа. Гіпотеза" де-Бройля. Рівняння де-Бройля.
6. Ефект Рамзауера-Таунсенда. Кількісне підтвердження справедливості гіпотези де-Бройля.
7. Досліди Девіссона та Джермера. Досліди Томсона й Тартаковського.
8. 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.
9. Поняття про хвильову функцію. Імовірнісна інтерпретація хвильової функції. Стандартні вимоги до хвильової функції.
10. 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.
11. Співвідношення невизначеностей енергії та часу.
12. Обчислення середніх значень фізичних величин у квантовій механіці. Оператори фізичних величин. Зв'язок між операторами різних фізичних величин.
13. Стаціонарне та часове рівняння Шредінгера. Стаціонарні задачі. Запис хвильової функції у вигляді координатної частини та стандартного часового множника.
14. Рух мікрооб'єкту у одновимірній нескінченно глибокій потенціальній ямі.
15. Енергетичний спектр та хвильові функції мікрооб'єкту.
16. Тунельний ефект. Холодна емісія електронів з металу. Принципи растрової тунельної мікроскопії.
17. Розв'язок рівняння Шредінгера для електрона у воднеподібній системі.
18. Магнітне квантове число. Поняття виділеного напряму у атомі. Орбітальне квантове число.
19. Енергетичний спектр атома. Головне квантове число. Спектральна символіка електронних та атомних станів. Виродженість станів атома водню. Симетрія станів атома водню.
20. Спін мікрочастинок. Поняття про спін електрона.
21. Зв'язок орбітальних механічного та магнітного моментів електрона. Гіромагнітне відношення. Магнетон Бора. Досліди Штерна і Герлаха.
22. Принцип тотожності елементарних частинок. Хвильова функція системи з двох елементарних частинок. Симетрична та антисиметрична хвильова функція. Принцип Паулі. Бозони та ферміони.

23. Будова електронних оболонок. Періодична система елементів. Поняття про оболонки та шари. Кількість станів у оболонці та шарі. Електронна конфігурація атома.
24. Схема заповнення електронних станів. Правило Маделунга. Лантаноїди та актиноїди.
25. Обмінна взаємодія. Спін-валентні схеми. Систематика атомних станів для випадку зв'язку Рассела-Саундерса. Еквівалентні електрони. Правило Хунда.
26. Типи зв'язку у багатоелектронних атомах. Зв'язок Рассела-Саундерса. J-j зв’язок.
27. Аналіз квантових станів атома гелію. Триплетні та синглетні стани.
28. Поняття про ефект Зеемана. Формула Лоренца. Правило Рунге. Ефект Пашена-Бака.
29. Теорія аномального ефекту Зеемана. Теорія нормального ефекту Зеемана у сильному магнітному полі. Р
30. Рентгенівське випромінювання. Гальмове випромінювання. Границя спектра гальмового випромінювання.
31. Характеристичне випромінювання та його спектр.
32. Ефект Комптона. Комптонівська довжина хвилі для електрона.

12. Розподіл балів, які отримують здобувачі

<table>
<tr><td colspan="8">Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання</td><td>Підсумковий контроль (Іспит)</td><td>Сума балів</td></tr>
<tr><td colspan="6">Змістовний модуль 1
Поточний контроль на лекціях та практичних заняттях</td><td>Контрольна робота</td><td>Індивідуальні завдання</td><td>Виконання і захист лабораторних робіт</td><td>Разом</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Т1</td><td>Т2</td><td>Т3</td><td>Т4</td><td>Т5</td><td>Т6</td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="5">70</td><td rowspan="5">30</td><td rowspan="5">100</td></tr>
<tr><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>10</td><td>3</td><td>10</td></tr>
<tr><td colspan="6">Змістовний модуль 2
Поточний контроль на лекціях та практичних заняттях</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>Т1</td><td>Т2</td><td>Т3</td><td>Т4</td><td>Т5</td><td>Т6</td></tr>
<tr><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>10</td><td>3</td><td>10</td></tr>
</table>

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності		Оцінка за національною шкалою	
	Оцінка ЄКТС	для для екзамену, курсового проекту (роботу), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85-89	B	добре	
75-84	C		
70-74	D	задовільно	
60-69	E		
35-59	FX	незадовільно	не зараховано
1-34	F		

13. Навчально-методичне забезпечення

Навчально-методичне забезпечення: робоча програма навчальної дисципліни; силабус, конспекти лекцій; презентації; методичні вказівки до виконання лабораторних робіт, первинний інструктаж з техніки безпеки, порядок виконання лабораторної роботи, інструкції до приладів: http://onu.edu.ua/uk/structure/faculty/fmfit/dystsypliny, http://phys.onu.edu.ua/uk/robochi-prohramy-navchalnykh-dystsyplin http://lib.onu.edu.ua

14. Рекомендована література

Основна

1. Яцунський І.Р. Атомна фізика: підручник. Одеса : Астропринт, 2012. 194с.
2. Білий М.У., Охріменко Б.А. Атомна фізика: Підручник. — К:Знання, 2009. — 559 с.
3. Кучерук І.М., Горбачук І.Т. Загальний курс фізики. Т.3. Оптика. Квантова фізика: підручник. Київ : Техніка, 1999, 520 с.
4. Ільчук Г. А., Кушнір О. С., Бовгира О. В., Кашуба А. І. Атомна фізика: збірник задач: Навч. посібн. – Львів: Левада, 2021. – 220 с. https://www.researchgate.net/publication/356541609_Atomna_fizika_zbirnik_zadac_Atomic_Physics_Collection_of_Practical_Tasks

Додаткова

1. Вакарчук І.О. Квантова механіка: підручник. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2007, 784 с.
2. Овечко В.С., Харченко Н.П. Атомна фізика. Фізичний практикум: Навчальний посібник. КНУ, 2013, 200с.

15. Електронні інформаційні ресурси

1. http://dspace.onu.edu.ua
2. http:phys.onu.edu.ua
3. Кобушкін, О. П. Атомна фізика [Електронний ресурс] : [підручник] / О. П. Кобушкін ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 310 с. – https://ela.kpi.ua/handle/123456789/26381