

ДЕРЖАВНИЙ ЗАКЛАД «ПІВДЕННОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені К. Д. УШИНСЬКОГО»

Кафедра прикладної математики та інформатики

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ  
ТА ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ  
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
«ЗАГАЛЬНА ФІЗИКА (АТОМНА ТА ЯДЕРНА ФІЗИКА)»**

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
спеціальності 014 Середня освіта (Фізика)

**ОДЕСА 2024**

**УДК: 378.147:536**

Рекомендовано до друку вченою радою  
Державного закладу «Південноукраїнський національний педагогічний  
університет імені К. Д. Ушинського»  
протокол від «28» березня 2024 року № 11

### **РЕЦЕНЗЕНТИ:**

**Писаренко О. М.** – кандидат фізико-математичних наук, доцент, завідувач кафедри фізики Одеської державної академії будівництва та архітектури

**Совкова Т. С.** – кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри інноваційних технологій та методики навчання природничих дисциплін Державного закладу Південноукраїнського національного педагогічного університету імені К. Д. Ушинського

### **Укладач:**

**Гохман О. Р.** – доктор фізико-математичних наук, професор кафедри прикладної математики та інформатики Державного закладу Південноукраїнського національного педагогічного університету імені К. Д. Ушинського

Методичні рекомендації до проведення практичних занять та організації самостійної роботи з навчальної дисципліни «Загальна фізика (атомна та ядерна фізика)» / укладач О. Р. Гохман – Одеса, Університет Ушинського, 2024. 35 с.

*Методичні рекомендації до практичних занять та організації самостійної роботи з навчальної дисципліни «Загальна фізика (атомна та ядерна фізика)» містять передмову, теми лекційних, практичних занять, перелік індивідуальних науково-дослідних завдань, плани проведення практичних занять та завдання для самостійної роботи, перелік задач та теоретичні відомості до їх розв'язання. Рекомендовано для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 014 Середня освіта (Фізика) з метою закріплення, поглиблення й узагальнення знань, одержаних під час навчання.*

## ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	13
1.1. Теми лекційних занять	13
1.2. Теми практичних занять	14
1.3. Індивідуальні навчально-дослідні завдання	15
2. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ВЕЛИЧИНИ	17
2.1. Змістовий модуль 1. Квантові властивості випромінювання. Хвильові властивості мікрочастинок	17
2.2. Змістовий модуль 2. Будова атомів і молекул. Фізика атомного ядра	19
3. ЗАДАЧІ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ	21
4. ПЛАНИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ	29
5. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ	35

## ВСТУП

**Мета навчання** дисципліни «Загальна фізика (атомна та ядерна фізика)» – набуття здобувачами вищої освіти цілісного уявлення про процеси і явища, що відбуваються в природі, про фундаментальні фізичні закони, основні поняття, закони і моделі атомної та ядерної фізики, основи квантової фізики, методи теоретичного і експериментального дослідження, практичних навичок застосування набутих знань на практиці, зокрема при розв’язуванні задач різного рівня складності, роботі з фізичними приладами.

Викладання навчальної дисципліни «Загальна фізика (атомна та ядерна фізика)» спрямоване на узгодження проведення лекційних, практичних та лабораторних занять при підвищенні ролі самостійної та індивідуальної складових роботи студентів.

Робота на практичних заняттях має бути спрямована на вивчення та застосування базових моделей у конкретних умовах перебігу фізичних явищ, формування мотивації щодо використання набутих знань у професійній діяльності.

**Передумови для вивчення дисципліни:** для вивчення навчальної дисципліни «Загальна фізика (атомна та ядерна фізика)» здобувачі мають опанувати знання зі шкільного курсу фізики та з навчальної дисципліни першого (бакалаврського) рівня вищої освіти «Загальна фізика (механіка молекулярна фізика та термодинаміка, електрика та магнетизм і оптика)» вища математика, інформатика, філософія.

### **Очікувані результати вивчення дисципліни:**

#### **знати:**

– сутність ідей, що складають основу сучасного вчення про атомну та ядерну фізику, закони і закономірності, яким підкорюються явища в атомах та їх ядрах;

- сутність фундаментальних й прикладних аспектів розділу «атомна та ядерна фізика» загальної фізики, меж застосування законів класичної та квантової фізики;

**уміти:**

- аналізувати явища і процеси в атомах та їх ядрах. погляду фундаментальних фізичних теорій, принципів і знань;

- чітко формулювати та знаходити шляхи до розв'язання задач різного ступеня складності з класичної та квантової фізики, доцільним чином інтегруючи знання з різних галузей відповідних наук, застосовувати при розв'язанні задач відповідні математичні методи;

- знаходити, обробляти та аналізувати інформацію з різних джерел, застосовувати сучасні інформаційні технології при виконанні практичних завдань;

- використовувати теоретичні та практичні знання до розв'язання будь-яких задач з фізики атома та ядра шкільного курсу фізики.

- проводити експериментальні дослідження, організовувати самостійну роботу з використанням сучасних технологій і засобів навчання;

- дотримуватися норм охорони життя і здоров'я під час роботи в лабораторії атомної та ядерної фізики, відповідально й безпечно використовувати фізичне обладнання.

**Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання**

Для навчальної дисципліни «Загальна фізика (атомна та ядерна фізика)» за навчальним планом передбачає підсумковий контроль у формі усного екзамену, відводиться 20 балів. Здобувач вищої освіти може скласти екзамен, якщо кількість отриманих впродовж вивчення дисципліни балів не менше як 40. Накопичені здобувачем бали під час вивчення навчальної дисципліни не аналюються, а сумуються. Оцінка за екзамен не може бути меншою за кількість накопичених ним балів.

Засобами проміжного контролю є наступні методи оцінювання: індивідуальне опитування, колективна співбесіда, перевірка виконання

практичних завдань, письмові роботи, презентація результатів самостійної роботи.

Демонстрування результатів навчання: дискусія, усні доповіді, робота в команді, тренінг, круглий стіл, перевернуте навчання, презентація результатів самостійної роботи.

### 3. Критерії оцінювання

#### Критерії оцінювання за різними видами роботи

Вид роботи	бали	Критерії
Практичні завдання	0 балів	Здобувач відтворює незначну частину навчального матеріалу, має поверхові уявлення про предмет вивчення, неаргументовано висловлює думку. Використовує необхідні інформаційно-методичні матеріали, виконує практичне завдання за умови сторонньої допомоги.
	1 бал	Знання здобувача є достатньо повними, він самостійно застосовує відповідний навчальний матеріал, виконуючи практичні завдання; аналізує, робить висновки. Відповідь повна, логічна, обґрунтована, але припускається неточностей. Здобувач самостійно використовує необхідні інформаційно-методичні матеріали виконуючи практичні завдання. Виконане завдання у цілому відповідає вимогам, хоча має незначні огріхи.
	2 бали	Здобувач володіє міцними знаннями, оперує ними при виконанні практичних завдань. Самостійно використовує необхідні інформаційно-методичні матеріали виконуючи практичне завдання. Не припускається помилок при його виконанні. Здобувач виступає експертом практичного завдання, що виконали однокурсники.
Самостійна робота	0 балів	Здобувач розпізнає деякі об'єкти вивчення та називає їх (на побутовому рівні), може описувати деякі об'єкти вивчення; розпізнає інструменти та обладнання для виконання лабораторних робіт, знає їх призначення, має фрагментарні уявлення з предмета вивчення.
	1 бал	Здобувач знає окремі факти, що стосуються навчального матеріалу; виявляє здатність елементарно висловлювати думку; самостійно та за допомогою викладача може виконувати частину практичних

		завдань; знає послідовність виконання завдання; лабораторні роботи містять багато суттєвих відхилень від установлених нормативних показників та дотримується послідовності виконання лабораторних робіт, при їх виконанні потребує систематичної допомоги викладача.
	2 бали	Здобувач самостійно і логічно відтворює фактичний і теоретичний матеріал та наводить приклади; володіє навчальним матеріалом і використовує набуті знання, уміння у стандартних ситуаціях; самостійно виконує практичну роботу відповідно до інструкцій викладача; користується необхідною довідковою документацією.

	3 бали	Здобувач володіє глибокими знаннями, уміннями з дисципліни, аргументовано використовує їх у нестандартних ситуаціях, самостійно використовує інформацію у відповідності з поставленими завданнями; може систематизувати та узагальнювати навчальний матеріал; самостійно користується додатковими джерелами інформації.
Письмова робота	0-1	Здобувач не менше ніж на 50% контрольних завдань надав правильну відповідь – початковий рівень знань
	2-4	Здобувач на 51% - 70% контрольних завдань надав правильну відповідь – середній рівень знань
	5-7	Здобувач на 71% - 90% контрольних завдань надав правильну відповідь – достатній рівень знань
	8-10	Здобувач на 91% - 100% контрольних завдань надав правильну відповідь – високий рівень знань
Індивідуальне навчально-дослідне завдання (доповідь)	0	Завдання не виконано; доповідь має компліятивний характер; висловлювання не відповідає (за змістом і формою) вимогам. Презентація відсутня.
	1 – 2	Зміст доповіді відповідає заявленій темі, проте тема розкрита частково. Наведені дані і факти обґрунтовують чи ілюструють сформульовані тези частково (не більше 3 зауважень). Достовірність інформації у доповіді має зауваження щодо двох вимог з трьох (точності, обґрунтованості, наявності посилань на джерела первинної інформації). Робота характеризується змістовою цілісністю, зв'язністю і послідовністю викладу, допущено не більше 1 логічної помилки. Композиційна структура промови витримана. Недоліки спостерігаються під час аргументації основних положень, встановленні причинно-наслідкових зв'язків. Здобувач переважно дотримується лексичних, граматичних, стилістичних норм усного мовлення, проте припускається помилок різного характеру. Здобувач почуває себе скуто, невпевнено і напружено. Ефективність промови невисока через відсутність контакту з аудиторією, недоцільне використання прийомів зацікавлення і утримання уваги слухачів, добір недостатньої кількості аргументів, небагатий арсенал лінгвістичних та екстралінгвістичних засобів. Мультимедійна презентація значною мірою не відповідає вимогам: відсутній титульний слайд, список використаних джерел, відсутнє логічне завершення презентації у вигляді висновків,



		<p>змістовного узагальнення. Створено так званий «реферат з малюнками», тобто використано слайди з текстовою інформацією, переписаною з підручників, посібників, інтернету, замість формулювання тез чи ключових, опорних слів та фраз. Порушення вимог щодо дизайну презентації: відсутність стильової єдності в оформленні всіх слайдів презентації; невідповідність кольору фону та тексту; невдалий вибір кольорової гами, використання в дизайні більше 3-х базових кольорів; використання шрифтів, що утруднюють сприйняття тексту; відсутність відступів від краю слайду (поля). Наявність граматичних помилок.</p>
3 – 4		<p>Зміст доповіді відповідає заявленій темі, проте тема розкрита не повно / наявні фрагменти, які не відповідають темі. Наведені дані і факти обґрунтовують чи ілюструють сформульовані тези частково (не більше 2 зауважень). Достовірність інформації у доповіді має зауваження щодо однієї з вимог (точності, обґрунтованості, наявності посилань на джерела первинної інформації). Здобувач демонструє сформованість умінь і навичок правильного (не більше 2 помилок) і переконливого мовлення, володіє навичками доцільної побудови промови, аргументованого доведення тез, проте відтворює завчений текст, не враховуючи особливості усного мовлення, обмежено послуговується ораторськими прийомами зацікавлення і утримання уваги слухачів, втрачає контакт з аудиторією. Засоби виразності використовуються не завжди доцільно. Під час виступу здобувач відчувається достатньо впевнено. Не дотримано всіх вимог до створення мультимедійної презентації: спостерігається незначна інформаційна надмірність тексту презентації, чи/та перевантаженість ілюстративним матеріалом. Ілюстрації та графічні елементи органічно доповнюють текст, проте є незначні недоліки дизайну презентації.</p>
5		<p>Зміст доповіді відповідає заявленій темі. Здобувач глибоко, повно й обґрунтовано розглядає предмет дослідження, посилається на джерела первинної інформації, подає узагальнення альтернативних теоретичних підходів в межах досліджуваної</p>

		<p>проблеми. Наведені дані й факти адекватно обґрунтовують чи ілюструють тези доповіді. Текст характеризується цілісністю та композиційною грамотністю. Використано достатній обсяг високоякісних інформаційних джерел. Здобувач демонструє вміння будувати розгорнутий монолог з фахової проблематики, логічне, правильно, точно, етично й емоційне висловлювати думку відповідно до змісту, умов комунікації й адресата, застосовуючи основні закони риторики і прагнучі при цьому виробити індивідуальний стиль. Студент володіє технікою і культурою мовлення, демонструє слухачам процес зародження і розвитку думки, використовує цитування, прийоми драматизації виступу, вдало імпровізує. Доповідь викликала велике зацікавлення й жваве обговорення у студентському середовищі, наявні позитивні коментарі. Навчальна презентація виконана з дотриманням усіх вимог: наявні усі структурні елементи; інформацію ретельно структуровано, представлено лаконічно, максимально інформативно, дотримано принципів науковості, послідовності у відборі текстового матеріалу; гармонійний дизайн; дотримано правил використання шрифтів, кольорового поєднання, стильової єдності оформлення; ілюстрації відповідають змісту презентації; дотримано норм літературної мови. Презентація вповні ілюструє й унаочнює доповідь.</p>
Індивідуальне навчально-дослідне завдання (есе)	0 балів	Завдання не виконано; есе має компілятивний характер; висловлювання не відповідає (за змістом і формою) вимогам, які висуваються до жанру академічного есе.
	1 – 3 бали	Здобувач демонструє неглибоку обізнаність з темою, її інтерпретація поверхова, судження подеколи компілятивні. У роботі простежується комунікативний задум автора, представлений традиційний або обмежений набір ідей, відсутня діалогова (дискусійна) основа. Композиційна структура есе загалом витримана, проте наявні суттєві недоліки в аргументації основних положень, встановленні причинно-наслідкових зв'язків (не більше 2 логічних помилок), фрагменти іноді не пов'язані між собою, опущений аналіз суттєвих характеристик явища, не аналізуються альтернативні

		<p>погляди на проблему. Спостерігається невідале поєднання теорії з фактичним матеріалом, використання риторики (тверджень) замість аргументації (доказів). Здобувач демонструє бідний словниковий запас, одноманітність граматичного ладу мови; спостерігається порушення мовностилістичних норм наукового стилю, зокрема наявне недоречне використання засобів виразності, неточне вживання термінології тощо; порушуються орфографічні й пунктуаційні норми.</p>
4 – 6 балів		<p>Здобувач демонструє розуміння проблеми, чітко її формулює, проте розкриває її на низькому теоретичному рівні / заявлена тема розкрита не повно / наявні фрагменти, які не відповідають темі. Авторська модальність і оціненість виявляється невиразно. Здобувач загалом володіє навичками створення академічного тексту, аргументованого доведення тез, загальна форма викладу відповідає жанру академічного есе, проте стиль викладу, використана лексика і термінологія не завжди відповідає академічним стандартам. Робота характеризується змістовою цілісністю і послідовністю викладу, проте логічне упорядковані думки не пов'язані між собою засобами; вказані наявні альтернативні погляди на проблему без їх адекватної оцінки; спостерігаються порушення у використанні прийомів порівняння й узагальнення. Використано змішаний стиль викладу з превалюванням неформального. Здобувач переважно дотримується лексичних, граматичних норм наукового стилю, проте наявні окремі орфографічні і синтаксичні помилки.</p>
7 – 9 балів		<p>Здобувач демонструє розуміння проблеми, розкриває її на достатньому теоретичному рівні, присутня авторська модальність, оціненість, проте інтерпретація теми недостатньо глибока і самостійна. Здобувач загалом володіє навичками створення академічного тексту, аргументованого доведення, проте тези й приклади не завжди переконливі, здобувач переважно використовує традиційні форми доведення. Загальна форма викладу відповідає жанру академічного есе, проте стиль викладу, використана лексика і термінологія не завжди відповідає академічним стандартам; виклад зрозумілий і чіткий;</p>

		<p>наявні незначні порушення логіки чи послідовності викладу; пояснюються альтернативні погляди на проблему та їх оцінка; використовуються прийоми порівняння, зіставлення й узагальнення. Текст загалом оформлено правильно, але трапляються поодинокі порушення орфографічних чи пунктуаційних норм.</p>
	10 балів	<p>Здобувач демонструє глибоке розуміння проблеми, чітко її формулює, розкриває на високому теоретичному рівні, обґрунтовано використовує відомості з наукових джерел. Інтерпретація теми глибока й самостійна, переважає авторська модальність й оціненість. Загальна форма викладу відповідає жанру академічного есе; виклад зрозумілий і чіткий; стиль викладу відповідає академічним стандартам. Багатий словниковий запас, лексичні (зокрема термінологічні) та стилістичні засоби використовуються повністю адекватно й виразно. Наведені доведення логічні і обґрунтовані; сформульовані тези переконливі, супроводжуються грамотною аргументацією власної позиції; подаються альтернативні погляди на проблему та їх особиста оцінка автором; доречно й грамотно використовуються прийоми порівняння, зіставлення й узагальнення; судження свідчать про самостійність мислення і широту кругозору автора. Текст повністю відповідає вимогам точності й правильності мовлення; допущені окремі (1-2) мовленнєві або стилістичні огріхи.</p>

## 1. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 1. 1. ТЕМИ ЛЕКЦІЙНИХ ЗАНЯТЬ

#### **Змістовий модуль 1. Квантові властивості випромінювання. Хвильові властивості мікрочастинок.**

##### **Тема 1. Квантові властивості випромінювання**

Фотони: маса, енергія, імпульс. Досліди Боте, Вавілова: про квантову природу випромінювання. Фотоелектричний ефект. Закономірності фотоефекту. Вольт-амперна характеристика. Червона межа фотоефекта. Гальмівна напруга. Рівняння Ейнштейна: пояснення наявності червоної межі фотоефекта. Тиск світла виходячи з квантової природи світла. Рентгенівське випромінювання: гальмівне та характеристичне. Спектри;  $\lambda_{\min}$  ( $\nu_{\max}$ ) як функція напруги. Ефект Комптона.

##### **Тема 2. Теплове випромінювання**

Рівноважне теплове випромінювання. Випромінювальна, поглинальна здатність тіл. Закон Кірхгофа. Розподіл енергії у спектрі випромінювання абсолютно чорного тіла (АЧТ). Експериментальні закони випромінювання АЧТ: закон Стефана-Больцмана, закон Віна та закон зміщення Віна. Закон Релея-Джинса. Квантова природа теплового випромінювання. Формула Планка.

#### **Змістовий модуль 2. Будова атомів і молекул. Фізика атомного ядра.**

##### **Тема 3. Корпускулярно-хвильовий дуалізм. Хвильові властивості мікрочастинок.**

Корпускулярно-хвильовий дуалізм. Ідея де Бройля. Природа хвиль де Бройля - імовірнісний характер хвиль. Дослідне обґрунтування хвильових властивостей речовини. Співвідношення невизначеностей Гейзенберга. Хвильова функція, її властивості, фізичний зміст. Рівняння Шредінгера – рівняння руху в квантовій фізиці. Застосування рівняння Шредінгера: вільна частинка в потенціальній ямі.

##### **Тема 4. Будова атомів і молекул**

Серії випромінювання атомів і молекул. Досліди Резерфорда з розсіювання  $\alpha$ -частинок. Модель атомів Резерфорда. Постулати Бора. Досліди Франка і Герца. Атом водню в теорії Бора. Модель атома Резерфорда-Бора. Квантування енергії та імпульсу, моменту імпульсу, проекції моменту імпульсу. Спін електрона. Квантові числа. Розподіл електронів за станами в багато електронному атомі. Принцип Паулі. Періодична система елементів

Менделєєва. Спонтанне та індукване випромінювання. ОКГ-лазери.

Принцип роботи, застосування.

### Тема 5. Фізика атомного ядра

Атомне ядро: розмір, маса, склад ядра. Моделі ядра. Енергія зв'язку. Дефект мас. Радіоактивність. Види:  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -радіоактивність. Закони радіоактивного розпаду. Ядерні реакції. Ядерні реактори. Принцип роботи. Застосування.

Проблеми. Елементарні частинки: класифікація, властивості. Сили взаємодії.

Проблеми кварків. Вклад українських учених у розвиток квантової фізики:

Мандельштам, Іваненко, Денисюк та інших.

## 1.2. ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ теми	Назва теми Форма заняття
1	Семінар «Фізичні явища, які не спроможна пояснити класична фізика».
1	Розв'язання задач на закони теплового випромінювання
2	Розв'язання задач на закони фотоефекту
2	Розв'язання задач на ефект Комптона
3	Семінар «Корпускулярна природа електромагнітних явищ»
4	Розв'язання задач на спектральні закономірності водню
4	Розв'язання задач на спектральні закономірності лужних металів
5	Розв'язання задач на дефект маси та енергію зв'язку ядра
5	Розв'язання задач на ядерні реакції
5	Розв'язання задач на закон Резерфорда
5	Круглий стіл: «Проблеми сучасної теорії елементарних частинок»

### 1.3. ІНДИВІДУАЛЬНІ НАВЧАЛЬНО-ДОСЛІДНІ ЗАВДАННЯ

Тематика індивідуальних завдань пов'язана з розкриттям взаємозв'язку молекулярної фізики та термодинаміки з іншими природничими науками. Завдання – підготувати есе та виступити на практичному занятті відповідної тематики

№ з/п	Приблизна тематика есе
1	Творці атомної та ядерної фізики з України
2	Перспективи розвитку фізики ядра
3	Використання позитронної анігіляції у дослідженні дефектів твердих тіл
4	Перспективи розвитку атомної фізики
5	Творчий шлях Вернера Гейзенберга
6	Альфред Нобель. Нобелівська премія
7	Творчий шлях Енріко Фермі
8	Творчий шлях Нільса Бора
9	Використання методу мічених атомів у медицині
10	Використання напівпровідників у комп'ютерної техніці
11	Використання рентгенівських променів у науці і техніці
12	Моніторинг стану корпусу атомного реактора
13	Вплив радіації на живі організми
14	«Зелена» енергетика
15	Продовження життєвого ресурсу атомних електростанцій
16	Перспективи розвитку термоядерного синтезу
17	Ядерні реактори 1-го покоління
18	Ядерні реактори 2-го покоління
19	Ядерні реактори 3-го покоління
20	Ядерні реактори 4-го покоління

**ЗДОБУВАЧ ПРИ ВИКОНАННІ ІНДЗ ПОВИНЕН  
ДОТРИМУВАТИСЯ ПРИНЦИПІВ АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ,  
НЕ ДОПУСКАТИ АКАДЕМІЧНИЙ ПЛАГІАТ.**



## 2. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ВЕЛИЧИНИ

### 2.1. Змістовий модуль 1.

**Квантові властивості випромінювання. Хвильові властивості мікрочастинок.**

**Енергія фотона ( $W$ ):**

$$W = h\nu,$$

де  $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$  Дж·с<sup>-1</sup> - стала Планка.

**Маса фотона ( $m$ ):**

$$m = \frac{h\nu}{c^2},$$

де  $c$  – швидкість світла.

**Імпульс фотона ( $p$ ):**

$$p = \frac{h}{\lambda},$$

де  $\lambda$  – довжина хвилі.

**Рівняння фотоефекту:**

$$h\nu = A + \frac{m_e v_{max}^2}{2},$$

де  $A$  – робота виходу електрона з металу,  $m_e$  - маса електрона,  $v_{max}$  – максимальна швидкість електрона.

**Гальмівна напруга ( $U_\Gamma$ ):**

$$U_\Gamma = \frac{m_e v_{max}^2}{2e},$$

де  $e = 1,6022 \cdot 10^{-19}$  Кл - заряд електрона.

**Червона межа фотоефекта ( $\lambda_0$ ):**

$$\lambda_0 = \frac{A}{e}$$

**Ефект Комптона ( $\Delta\lambda$ ):**

$$\Delta\lambda = \lambda_c(1 - \cos\theta),$$

де  $\lambda$  – зміна довжини хвилі,  $\lambda_c = 0,243 \cdot 10^{-12}$  м – Комптонівська довжина хвилі,  $\theta$  – кут розсіювання.

**Абсолютно чорне тіло.** Абсолютно чорним тілом є тіло, яке поглинає будь-яке зовнішнє світло і натомість не випромінює ніякого світла.

**Закон Кірхгофа.** Відношення випромінювальної здатності тіла та поглинаючої постійно для будь-яких тіл незалежно від їх природи та визначається двома зовнішніми параметрами: частотою хвилі та температурою довкілля.

**Закон Стефана-Больцмана.** Енергія випромінювання з одиниці площі поверхні в одиницю часу абсолютно чорного тіла пропорційна четвертій степені термодинамічної температури тіла, що випромінює.

$$R_e = \sigma T^4,$$

де  $R_e$  – енергетична світимість,  $R_e = \frac{W}{t \cdot S}$  ( $W$  – енергія, що тіло випромінює;  $t$  – час випромінювання;  $S$  – площа поверхні тіла).

**Закон Віна.** Довжина хвилі максимального випромінювання зворотно пропорційна до температури тіла.

$$\lambda_{max} = \frac{b}{T},$$

де  $b$  – стала Віна;  $b = 0,29 \text{ см} \cdot \text{К}$ .

**Закон Релея-Джинса.** Температурна залежність інтенсивності рівноважного випромінювання абсолютно чорного тіла при малих частотах (великих довжинах хвиль):

$$Q_\lambda = \frac{2\pi c}{\lambda^4} k_B T,$$

де  $Q_\lambda$  - енергія випромінювання в проміжку довжин хвилі від  $\lambda$  до  $\lambda+d\lambda$ .

**Змістовий модуль 2. Будова атомів і молекул. Фізика атомного ядра.**

**Серії випромінювання атому водню**

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

де  $R = 109\,677 \text{ см}^{-1}$  — стала Рідберга;  $m < n$ ,  $m=1,2,3,4,5$  для серії Лаймана, серії Бальмера, серії Пашена, серії Брекета, серії Пфунда, відповідно.

**Серії випромінювання лужних металів**

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{(n_1 - \Delta_i)^2} - \frac{1}{(n_2 - \Delta_k)^2} \right),$$

де  $n_1, n_2$  - ГОЛОВНІ КВАНТОВІ ЧИСЛА;  $\Delta_{i,k}$  залежить від орбітального числа  $l$ .

**Постулати Бора.**

1. Електрон в атомі може перебувати у так званих стаціонарних або квантових станах, в яких він не випускає електромагнітного випромінювання. Енергії стаціонарних станів утворюють дискретний набір значень.

2. Перехід електрона з одного стаціонарного стану з енергією  $E_m$  в інший стаціонарний стан з енергією  $E_n < E_m$  відбувається стрибком і супроводжується випромінюванням фотона з енергією:

$$h\nu = E_m - E_n$$

**Дефект мас атомного ядра ( $\Delta m_{\text{я}}$ ):**

$$\Delta m_{\text{я}} = Z \cdot m_p + N \cdot m_n - m_{\text{я}},$$

де  $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27}$  кг - маса протона,  $Z$  - кількість протонів;  $m_n = 1,6750 \cdot 10^{-27}$  кг - маса нейтрона,  $N$  - кількість нейтронів;  $m_{\text{я}}$  - маса атомного ядра.

**Енергія зв'язку атомного ядра ( $W_{\text{зв}}$ ):**

$$W_{\text{зв}} = \Delta m_{\text{я}} c^2$$

**Закони радіоактивного розпаду.** Швидкість радіоактивного перетворення весь час пропорційна кількості атомів, ще не піддалися перетворенню.

$$N = N_0 2^{-\lambda t},$$

де  $N$  - кількість атомних ядер, що не піддалися перетворенню у момент часу  $t$ ;  $N_0$  - початкова кількість атомних ядер,  $\lambda$  - стала радіоактивного розпаду.

**Ядерні реакції.** Ядерна реакція — явище перетворення ядер атомів хімічних елементів і елементарних частинок. Ядерні реакції можуть відбуватися спонтанно, або після зіткнення ядра з високоенергетичними частинками (наприклад, фотоядерні реакції відбуваються після зіткнення з високоенергетичним гамма-квантом). Ядерні реакції поділяються на реакції

розпаду (альфа-розпад, бета-розпад і кластерний розпад), при яких ядро випромінює частинки та реакції ядерного синтезу, при яких легкі ядра зливаються, утворюючи більш важкі. Особливим типом ядерної реакції є поділ ядра, при якому важке ядро розпадається на два легших ядра, зазвичай, випромінюючи при цьому нейтрони. Іншим специфічним типом ядерних реакцій є реакції захоплення, при яких ядра захоплюють нейтрон або електрон з атомної оболонки. Під час ядерних реакцій виконуються загальні закони збереження енергії, імпульсу, моменту імпульсу та електричного заряду. Окрім того існує низка особливих законів збереження, притаманних ядерній взаємодії, наприклад, закон збереження баріонного заряду.

### **3. ЗАДАЧІ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ І САМОСТІЙНОГО РОЗВ'ЯЗАННЯ**

#### **Змістовий модуль 1. Квантові властивості випромінювання.**

##### **Хвильові властивості мікрочастинок.**

- 1.1. Знайти температуру печі, якщо відомо, що випромінювання з отвору у ній площею  $S = 6,1 \text{ см}^2$  має потужність  $N=34.6 \text{ Вт}$ . Випромінювання вважати близьким до випромінювання абсолютно чорного тіла.
- 1.2. Яку потужність випромінювання має Сонце? Випромінювання Сонця вважатиме близьким до випромінювання абсолютно чорного тіла. Температура поверхні Сонця  $T = 5800 \text{ К}$ .
- 1.3. Яку енергетичну світність має свинець, що затвердіває? Відношення енергетичних світимостей свинцю та абсолютно чорного тіла для даної температури  $= 0,6$ .
- 1.4. Діаметр вольфрамової спіралі в електричній лампочці  $d = 0,3 \text{ мм}$ , довжина спіралі  $l = 5 \text{ см}$ . При включенні лампочки в мережу напругою  $U = 127 \text{ В}$  через лампочку тече струм  $I = 0,31 \text{ А}$ . Визначити температуру  $T$  спіралі. Вважати, що після встановлення рівноваги все тепло, що виділяється в нитці, втрачається в результаті випромінювання. Відношення

енергетичних світимостей вольфраму та абсолютно чорного тіла для даної температури = 0,31.

- 1.5. Температура вольфрамової спіралі у 25-ватній електричній лампочці = 2450 К. Відношення її енергетичної світності до енергетичної світності абсолютно чорного тіла за даної температури = 0,3. Знайти площу  $S$  випромінюючої поверхні спіралі.
- 1.6. Яку енергетичну світність має абсолютно чорне тіло, якщо максимум спектральної щільності його енергетичної світності припадає на довжину хвилі = 484 нм?
- 1.7. Потужність випромінювання абсолютно чорного тіла  $N = 10$  кВт. Знайти площу  $S$  випромінюючої поверхні тіла, якщо максимум спектральної щільності його енергетичної світності доводиться на довжину хвилі = 700 нм.
- 1.8. В яких областях спектру лежать довжини хвиль, що відповідають максимуму спектральної енергетичної щільності світності, якщо джерелом світла служить: а) спіраль електричної лампочки ( $T = 3000\text{K}$ ); б) поверхню Сонця ( $T = 6000\text{ K}$ ); в) атомна бомба, в якій у момент вибуху розвивається температура  $T = 10^7\text{ K}$ ? Випромінювання рахувати близьким до випромінювання абсолютно чорного тіла.
- 1.9. При нагріванні абсолютно чорного тіла довжина хвилі, на яку припадає максимум спектральної енергетичної щільності світності змінилася від 690 до 500 нм. У скільки збільшилася при цьому енергетична світність тіла?
- 1.10. На яку довжину хвилі припадає максимум спектральної щільності енергетичної світності абсолютно чорного тіла, що має температуру  $t = 37\text{ }^\circ\text{C}$  людського тіла, тобто  $T = 310\text{ K}$ ?
- 1.11. Температура  $T$  абсолютно чорного тіла змінилася при нагрівання від 1000 до 3000 К. У скільки разів збільшилася за це його енергетична світність? Наскільки змінилася довжина хвилі, на яку припадає максимум спектральної щільності енергетичної світності? У скільки разів

- збільшилась його максимальна спектральна енергетична щільність світності?
- 1.12. Абсолютно чорне тіло має температуру 2900 К. В результаті остигання тіла довжина хвилі, на яку припадає максимум спектральної щільності енергетичної світності, змінилася 9 мкм. До якої температури охолодилося тіло?
  - 1.13. Знайти масу фотона: а) червоних променів світла (700 нм); б) рентгенівських променів (25 пм); в) гамма-променів (1,24 пм).
  - 1.14. Дифракційна решітка з постійною  $d = 3$  мкм розташована нормально на шляху монохроматичного світлового потоку. При цьому кути дифракції відповідають; двом сусіднім максимумам, рівні  $23^\circ 35''$  і  $36^\circ 52''$ . Обчислити енергію фотонів даного світлового потоку.
  - 1.15. Ртутна дуга має потужність  $N = 125$  Вт. Яке число фотонів випускається в одиницю часу у випромінюванні з довжинами хвиль, рівними: 612,3; 579,1; 540,1; 404,7; 365,5; 253,7 нм? Інтенсивності цих ліній становлять відповідно 2; 4; 4; 2,9; 2,5; 4% інтенсивність ртутної дуги. Вважати, що 80% потужності дуги йде на випромінювання.
  - 1.16. При фотосинтезі відбувається реакція  $\text{CO}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{O}_2$ . Вважається, що для цієї реакції потрібно 9 фотонів 670 нм. Який к. к. д. синтезу, якщо зворотна реакція характеризується енерговиділенням 4,9 еВ на одну молекулу.
  - 1.17. З якою швидкістю  $v$  повинен рухатися електрон, щоб його імпульс дорівнював імпульсу фотона з довжиною хвилі 520 нм?
  - 1.18. Яку енергію  $\epsilon$  повинен мати фотон, щоб його маса дорівнювала масі спокою електрона?
  - 1.19. Яка кількість фотонів з довжиною хвилі 0,6 мкм має сумарний імпульс, рівний середньому абсолютного значення імпульсу атома гелію при температурі 300 К?
  - 1.20. При високих енергіях важко здійснити умови для вимірювання експозиційної дози рентгенівського та гамма-випромінювань у

рентгенах, тому допускається застосування рентгену як одиниці дози для випромінювань з енергією квантів до 3МеВ. До якої граничної довжини хвилі рентгенівського випромінювання можна вживати рентген?

- 1.21. Знайти довжину хвилі світла, що відповідає червоній межі фотоефекту, для літію, натрію, калію та цезію.
- 1.22. Довжина хвилі світла, що відповідає червоній межі фотоефекту для деякого металу, 275 нм. Знайти мінімальну енергію фотона, що викликає фотоефект.
- 1.23. Квант довжиною хвилі 34,2 нм вириває із чистої поверхні металевого літію фотоелектрон, який описує у магнітному полі напруженістю  $H = 1,2 \cdot 10^3$  А/м коло радіусом 1,2 см. Визначити енергію, витрачену на звільнення даного електрона з атома літію.
- 1.24. Чому дорівнює мінімальна довжина рентгенівської хвилі випромінювання, що випускається при зіткненні прискорених електронів з екраном телевізійного кінескопа, що працює при напрузі 30 кВ?
- 1.25. Знайти затримуючу різницю потенціалів для електронів, що вириваються при освітленні калію світлом із довжиною хвилі 330 нм.
- 1.26. При фотоефекті з платинової поверхні електрони повністю затримуються різницею потенціалів 0,8 В. Знайти довжину хвилі застосовуваного опромінення та граничну довжину хвилі, за якої ще можливий фотоефект.
- 1.27. Фотони з енергією 4,9 еВ виривають електрони з металу з роботою виходу 4,5 еВ. Знайти максимальний імпульс, що передається поверхні металу при вильоті кожного електрону.
- 1.28. Знайти постійну Планка  $h$ , якщо відомо, що електрони, які вириваються з металу світлом з частотою  $2,2 \cdot 10^{15}$  Гц, повністю затримуються різницею потенціалів 6 В, а ті електрони, що вириваються світлом з частотою  $4,6 \cdot 10^{15}$  Гц, повністю затримуються різницею потенціалів 16,5 В.



- 1.29. Вакуумний фотоелемент складається із центрального катода. (вольфрамової кульки) та анода (внутрішньої поверхні посрібленої зсередини колби). Контактна різниця потенціалів між електродами 0,6 В прискорює електрони, що вилітають. Фотоелемент висвітлюється світлом із довжиною хвилі 230 нм. Яку затримуючу різницю потенціалів треба прикласти між електродами, щоб фотострум впав до нуля? Яку швидкість отримають електрони, коли вони долетять до анода, якщо не прикладати між катодом та анодом різниці потенціалів?
- 1.30. Між електродами фотоелемента попереднього завдання прикладено затримуючу різницю потенціалів 1 В. При якій граничній довжині хвилі світла, що падає на катод, почнеться фотоэффект?
- 1.31. Рентгенівське проміння з довжиною хвилі 70,8 пкм розсіюються на парафіні. Знайти комтонівську довжину розсіяної хвилі для кута а)  $\pi/2$ ; б)  $\pi$ .
- 1.32. Яка була довжина хвилі рентгенівського випромінювання, якщо за комптонівського розсіювання цього випромінювання графітом під кутом  $60^\circ$ , довжина хвилі розсіяного випромінювання виявилася рівною 25,4 пм?
- 1.33. Рентгенівські промені з довжиною хвилі 20 нм розсіюються під кутом  $90^\circ$ . Знайти зміну довжини хвилі рентгенівських променів при розсіянні, а також енергію та імпульс електрона віддачі.
- 1.34. При комптонівському розсіюванні енергія фотона, що падає розподіляється порівну між розсіяним фотоном та електроном віддачі. Кут розсіювання  $\pi/2$ . Знайти енергію та імпульс розсіяного фотона.
- 1.35. Енергія рентгенівських променів 0,6 МеВ. Знайти енергію електрона віддачі, якщо довжина хвилі рентгенівських променів після комптонівського розсіювання змінилася на 20%.

**Змістовий модуль 2.** Будова атомів і молекул. Фізика атомного ядра.

- 2.1. Знайти довжину хвилі де Бройля для електронів, що пройшли різницю потенціалів 1В і 100 В.
- 2.2. Знайти довжину хвилі де Бройля для електрона, що має кінетичну енергію:  
а) 10кеВ; б) 1 МеВ.
- 2.3. Заряджена частка, прискорена різницею потенціалів 200 В, має довжину хвилі де Бройля 2,02 пм. Знайти масу частинки, якщо її заряд чисельно дорівнює заряду електрона.
- 2.4. Знайти довжину хвилі де Бройля для атома водню, що рухається при температурі 293 К з найбільш ймовірною швидкістю.
- 2.5. Знайти радіуси трьох перших борівських електронних орбіт в атомі водню і швидкості електрона на них.
- 2.6. Знайти кінетичну, потенційну і повну енергії електрона на першій борівській орбіті.
- 2.7. Знайти кінетичну енергію електрона, що знаходиться на  $n$ -й орбіті атома водню, для  $n = 1, 2, 3$  та  $\infty$ .
- 2.8. Визначити кутову швидкість електрона на першій борівській орбіта атома водню.
- 2.9. Знайти найменшу та найбільшу довжини хвиль спектральних ліній водню у видимій області спектра.
- 2.10. Знайти найбільшу довжину хвилі в ультрафіолетовому спектрі водню. Яку найменшу швидкість повинні мати електрони, щоб при збудженні атомів водню ударами електронів з'явилася ця лінія?
- 2.11. Яку найменшу енергію (в електронвольтах) повинні мати електрони, щоб при збудженні атомів водню ударами цих електронів з'явилися всі лінії всіх серій спектр водню? Яку найменшу швидкість повинні мати ці електрони?
- 2.12. У яких межах має лежати енергія електронів, щоб при збудженні атомів водню ударами цих електронів спектр водню мав лише одну спектральну лінію?

- 2.13. У яких межах мають лежати довжини хвиль монохроматичного світла, щоб при збудженні атомів водню квантами цього світла спостерігалися три спектральні лінії?
- 2.14. Наскільки змінилася кінетична енергія електрона в атомі водню при випромінюванні атомом фотону з довжиною хвилі 486 нм.
- 2.15. У яких межах повинні лежати довжини хвиль монохроматичного світла, щоб при збудженні атомів водню квантами цього світла радіус орбіта електрона збільшився у 9 разів?
- 2.16. На дифракційну ґратку нормально падає пучок світла від розрядної трубки, наповненої атомарним воднем. Постійні ґратки 5 мкм. Якому переходу електрона відповідає спектральна лінія, що спостерігається за допомогою цієї ґратки у спектрі п'ятого порядку під кутом  $41^\circ$ ?
- 2.17. Знайти довжину хвилі де Бройля для електрона, що рухається по першій борівській орбіті атома гелію.
- 2.18. Знайти радіус першої борівської електронної орбіти для одноразово іонізованого гелію та швидкість електрона на ній.
- 2.19. Знайти перший потенціал збудження а) одноразово іонізованого гелію; б) дворазово іонізованого гелію.
- 2.20. Знайти потенціал іонізації а) одноразово іонізованого літію; б) дворазово іонізованого літію.
- 2.21. Знайти довжину хвилі фотона, що відповідає переходу електрона з другої борівської орбіти на першу одноразово іонізованого гелію.
- 2.22. Знайти довжину хвилі фотона, що відповідає переходу електрона з другої борівської орбіти на першу одноразово іонізованого літію.
- 2.23. D-лінія натрію випромінюється. Внаслідок такого переходу електрона з однієї орбіти атома на іншу енергія атома зменшується на  $3,37 \cdot 10^{-19}$  Дж. Знайти довжину хвилі D-лінії натрію.
- 2.24. Скільки атомів полонію розпадається за 1 добу із  $10^6$  атомів?
- 2.25. Скільки атомів радона розпадається за 1 добу із  $10^6$  атомів?
- 2.26. Знайти активність маси радію.

- 2.27. Знайти масу радону, активність якого  $3,7 \cdot 10^{10}$  Бк.
- 2.29. Знайти масу полонію, активність якого  $3,7 \cdot 10^{10}$  Бк.
- 2.30. Визначити період напіврозпаду талію, якщо відомо, що через 100 днів його активність зменшилась у 1,07 раза.
- 2.31. Знайти активність а радону, що утворився з маси 1 г радію за 1 год.
- 2.32. З якої найменшої маси руди, що містить 42% чистого урану, можна отримати масу 1 г радію?
- 2.33. Яка частка первісної маси радіоактивного ізотопу розпадається за час життя цього ізотопу?
- 2.34. Знайти енергію зв'язку ядра ізотопу літію  $Li_3^7$ .
- 2.35. Знайти енергію зв'язку ядра атома гелію  $He_2^4$ .
- 2.36. Знайти енергію зв'язку ядра атома алюмінію  $Al_{13}^{27}$ .
- 2.37. Знайти енергію зв'язку ядер: а)  $H_1^3$ ; б)  $He_2^3$ . Яке з цих ядер стійкіше?
- 2.38. Знайти енергію зв'язку, що припадає на один нуклон у ядрі атома кисню  $O_8^{16}$ .
- 2.39. Знайти енергію зв'язку ядра дейтерію  $H_1^2$ .
- 2.40. Знайти енергію, що виділяється під час реакції
- $$Li_3^7 + H_1^1 \Rightarrow He_2^4 + He_2^4$$
- 2.41. Знайти енергію, що виділяється під час реакції
- а)  $H_1^2 + H_1^2 \Rightarrow H_1^1 + H_1^3$       б)  $H_1^2 + H_1^2 \Rightarrow He_2^3 + n_0^1$
- 2.42. Знайти енергію, поглинуту при реакції
- $$N_7^{14} + He_2^4 \Rightarrow H_1^1 + O_8^{17}$$
- 2.43. При бомбардуванні ізотопу алюмінію  $Al_{13}^{27}$   $\alpha$ -частинками виходить радіоактивний ізотоп фосфору  $P_{15}^{30}$ , який потім розпадається із виділенням позитрона. Написати рівняння обох реакцій. Знайти питому активність ізотопу  $P_{15}^{30}$ , якщо його період напіврозпаду 130 с.
- 2.44. Знайти найменшу енергію кванта, достатню для здійснення реакції розкладання дейтону
- $$H_1^2 + h\nu \Rightarrow H_1^1 + n_0^1$$

- 2.45. Яку енергію  $W$  (у кіловат-годинах) можна отримати від розподілу маси 1 г урану  $U_{92}^{235}$ , якщо при кожному акті розпаду виділяється енергія  $MeV$ ?
- 2.46. Потік заряджених частинок влітає в однорідне магнітне поле з індукцією 3 Тл. Швидкість частинок  $1,52 \cdot 10^7$  м/с і спрямована перпендикулярно до поля. Знайти заряд  $q$  кожної частки, якщо відомо, що на неї діє сила  $F = 1,46 \cdot 10^{-11}$  Н.
- 2.47. Позитрон та електрон з'єднуються, утворюючи два фотони. Знайти енергію кожного з фотонів, вважаючи, що початкова енергія часток мізерно мала. Яка довжина хвилі цих фотонів?
- 2.48. Електрон та позитрон, утворені фотоном з енергією 5,7 МеВ, дають у камері Вільсона, поміщеній у магнітне поле, траєкторії із радіусом кривизни 3 см. Знайти магнітну індукція поля.
- 2.49. Максимальний радіус кривизни траєкторії частинок у циклотроні 50 см; магнітна індукція поля 1Тл. Яку постійну різницю потенціалів повинні пройти протони, щоб отримати таке ж прискорення, як у цьому циклотроні?

#### 4. ПЛАНИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

*Номери задач у завданнях до практичних занять відповідають пункту 3 цих методичних рекомендацій.*

##### Змістовий модуль 1.

**Тема 1. Квантові властивості випромінювання. Хвильові властивості мікрочастинок.**

**Практичне заняття 1.** Семінар «Фізичні явища, які не спроможна пояснити класична фізика».

##### **Завдання:**

1. Перевірити залишкові знання студентів щодо основних понять і величин класичної фізики (усне опитування).

2. Прослідити розвиток уявлень про природу світлових явищ у контексті хвильового та корпускулярного підходів до їх вивчення.

3. Вибір теми есе на зв'язок класичної фізики з іншими природничими науками /дисциплінами та складання орієнтовного плану його написання.

### ***Завдання для самостійної роботи***

1. Пошук інформації (зокрема симуляцій, презентацій, анімацій), що наочно демонструє хвильову та корпускулярну природу світлових явищ та методи їх експериментального дослідження.

**Практичне заняття 2.** Розв'язання задач на закони теплового випромінювання

### ***Завдання:***

1. Розгляд та обговорення інформації, зібраної студентами, щодо ілюстрації хвильової та корпускулярної природи світлових явищ.

2. Завдання:

2.1. Розв'язування задач 1.1, 1.3, 1.5, 1.7, 1.9, 1.11.

2.2. Завдання для самостійної роботи

Розв'язати задачі 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 1.10, 1.12.

2.3. Теоретична підготовка до практичного заняття з розв'язання задач, спрямованих на засвоєння основних понять та законів фотоефекту.

**Практичне заняття 3.** Розв'язання задач на закони фотоефекту.

### ***Завдання:***

1. Перевірка залишкові знання студентів щодо основних понять та законів фотоефекту (усне опитування).

2. Завдання:

2.1. Розв'язування задач 1.13, 1.15, 1.17, 1.19, 1.21, 1.23, 1.25, 1.27, 1.29.

2.2. Завдання для самостійної роботи

Розв'язати задачі 1.14, 1.16, 1.18, 1.20, 1.22, 1.24, 1.26, 1.28, 1.30.

2.3. Теоретична підготовка до практичного заняття з розв'язання задач, спрямованих на засвоєння основних понять та законів ефекту Комптона.

**Практичне заняття 4.** Розв'язання задач на ефект Комптона.

***Завдання:***

1. Перевірка залишкові знання студентів щодо основних понять та законів ефекту Комптона (усне опитування).

2. Завдання:

2.1. Розв'язування задач 1.31, 1.35.

2.2.Завдання для самостійної роботи

Розв'язати задачі 1.32, 1.33, 1.34.

2.3. Теоретична підготовка до Семінару «Корпускулярна природа електромагнітних явищ»

**Практичне заняття 5. Семінар. «Корпускулярна природа електромагнітних явищ».**

***Завдання:***

1. Перевірити залишкові знання студентів щодо електромагнітних явищ (усне опитування).

2. Прослідити розвиток уявлень про природу світлових явищ у контексті корпускулярного підходу до їх вивчення.

***Завдання для самостійної роботи***

1. Пошук інформації (зокрема симуляцій, презентацій, анімацій), що наочно демонструє хвильову природу частинок та методи їх експериментального дослідження. Спектральні закономірності водню.

**Практичне заняття 6. Розв'язання задач на спектральні закономірності водню.**

***Завдання:***

1. Перевірити залишкові знання студентів щодо хвильової природи частинок та методів їх експериментального дослідження. Спектральні закономірності водню. (усне опитування).

2. Завдання:

2.1. Розв'язування задач 2.1, 2.3, 2.5, 2.7, 2.9, 2.11, 2.13, 2.15, 2.17

2.2.Завдання для самостійної роботи

Розв'язати задачі 2.2, 2.4, 2.6, 2.8, 2.10, 2.12, 2.14, 2.16

Теоретична підготовка до практичного заняття з розв'язання задач, спрямованих на засвоєння спектральних закономірностей лужних металів.

**Практичне заняття 7.** Розв'язання задач на спектральні закономірності лужних металів.

**Завдання:**

1. Перевірити залишкові знання студентів щодо спектральних закономірностей лужних металів (усне опитування).

2. Завдання:

2.1. Розв'язування задач 2.18, 2.20, 2.23.

2.2.Завдання для самостійної роботи

Розв'язати задачі 2.19, 2.21, 2.22.

Теоретична підготовка до практичного заняття з розв'язання задач, спрямованих на засвоєння основних понять та законів щодо дефекта маси та енергії зв'язку ядра.

**Практичне заняття 8.** Розв'язання задач на дефект маси та енергію зв'язку ядра

**Завдання:**

1.Перевірити залишкові знання студентів щодо основних понять та законів щодо дефекта маси та енергії зв'язку ядра (усне опитування).

2. Завдання:

2.1. Розв'язування задач 2.34, 2.36, 2.38, 2.39.

2.2.Завдання для самостійної роботи

Розв'язати задачі 2.35, 2.37.

Теоретична підготовка до практичного заняття з розв'язання задач, спрямованих на засвоєння основних понять та законів щодо ядерних реакцій.



### **Практичне заняття 9. Розв'язання задач на ядерні реакції**

#### ***Завдання:***

1. Перевірити залишкові знання студентів щодо основних понять та законів щодо ядерних реакцій (усне опитування).
2. Завдання:
  - 2.1. Розв'язування задач 2.33, 2.35, 2.37, 2.32.
  - 2.2. Завдання для самостійної роботи  
Розв'язати задачі 2.34, 2.36, 2.38.

Теоретична підготовка до практичного заняття з розв'язання задач, спрямованих на засвоєння основних понять та законів щодо радіоактивного розпаду.

### **Практичне заняття 10. Розв'язання задач на закон Резерфорда**

#### ***Завдання:***

1. Перевірити залишкові знання студентів щодо основних понять та законів щодо радіоактивного розпаду (усне опитування).
2. Завдання:
  - 2.1. Розв'язування задач 2.26, 2.28, 2.30, 2.32.
  - 2.2. Завдання для самостійної роботи  
Розв'язати задачі 2.25, 2.27, 2.29, 2.33.

Теоретична підготовка до Круглого стола: «Проблеми сучасної теорії елементарних частинок». Розв'язати задачі 2.46, 2.47, 2.48, 2.49.

### **Практичне заняття 11. *Круглий стіл: «Проблеми сучасної теорії елементарних частинок»***

#### ***Завдання:***

1. Перевірити залишкові знання студентів щодо основних понять і величин класичної та квантової фізики (усне опитування).

2. Прослідити розвиток уявлень про корпускулярну природу світлових явищ та хвильову природу частинок у контексті хвильового та корпускулярного підходів до їх вивчення.

3. Розгляд та обговорення інформації, зібраної студентами, щодо елементарних частинок.

## 5. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

### Основна література

1. Скіцько І.Ф., Скіцько О.І Фізика: підручник: Київ: НТУУ КПІ імені Ігоря Сікорського, 2017. 513 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/19035?mode=full>
2. Кармазін В. В., Семенець В. В. Курс загальної фізики: навчальний посібник для вищих навчальних закладів. Київ.: Кондор, 2016. 786 с
3. Фізика: навчальний посібник з розв'язування задач з курсу загальної фізики / Вербицький Б. І., Король А. М., Котікова С. М., Медвідь Н. В. К.: ІНКОС, 2016. 376 с. URL: <http://dSPACE.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/23788/1/posibnyk1.pdf>
4. Атомна фізика: збірник задач [Текст] : навч. посіб. : [для студентів техн. спец. закл. вищ. освіти] / Г. А. Ільчук [та ін.] ; [за ред. І. Є. Лопатинського] ; Нац. ун-т "Львів. політехніка", Львів. нац. ун-т ім. Івана Франка. - Львів : Левада, 2021. - 219 с. : рис. - Бібліогр.: с. 218. - 300 прим. - ISBN 978-617-7527-88-5.
5. Герасимов О.І., Андріанова І.С., Фізика в задачах: підручник. Одеський державний екологічний університет. Одеса: ТЭС, 2017. 564с. URL: [https://www.researchgate.net/profile/Iryna-Andrianova/publication/341057029\\_Fizika\\_v\\_zadacah/links/5eab4af0299bf18b958a72f6/Fizika-v-zadacah.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Iryna-Andrianova/publication/341057029_Fizika_v_zadacah/links/5eab4af0299bf18b958a72f6/Fizika-v-zadacah.pdf)
6. Цветкова О. В., Єфременко В. Г. Курс фізики у визначеннях, прикладах і задачах : навч. посіб. для студентів ВНЗ. Маріуполь : ДВНЗ "ПДТУ", 2018. 146 с.

### Допоміжна

- Р. Зачек, І. Є. Лопатинський, С. О. Юр'єв, О. В. Рибак, С. П. Дубельт. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2019. 360 с.
- Каденко І. М., Плюйко В.А. Фізика атомного ядра та частинок : підручник. 2-ге вид., переробл. і доповн. Електронна версія. К.-2019, 467 с.
- Аврамчук, В. І. Кириченко, О. В. Сащук Фізика. Збірник науково-дослідних завдань. Частина 2 / підг. О. Є. Аврамчук, В. І. Кириченко, О. В. Сащук; за ред. В. І. Кириченка – Житомир : ЖВІ, 2017. – 38 с
4. О. Р. Гохман, М. С. Кондря, О. Х. Тадеуш, Вплив зміни температури на початку та наприкінці опромінення в науково-дослідному реакторі на нейтронну крихкість  $\alpha$ -заліза, Металофізика та новітні технології 2019, т 41, No. 6, с. 717–723.
  5. M. Kondria, A. Gokhman, Cluster dynamics simulation of the flux effect for neutron irradiated pure iron. // Radiation effects and defects in solids:

incorporating plasma science and plasma Technology (Scopus), vol. 174 № 1-2, 2019, p. 56-65

6. Краснобокий Ю. М., Підгорний О. В., Ткаченко І. А. Основи фізики з елементами біофізики : навч. посіб. Бровари : АНФ ГРУП, 2020. 356 с.

<https://dspace.udpu.edu.ua/bitstream/123456789/12990/1/%D0%91%D1%96%D0%BE%D1%84%D1%96%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0%20%28Lite%29.pdf>

7. 4. Рохманов М. Я. Фізика з основами біофізики : навч. посіб. Харків : Нац. аграр. ун-т., 2020. 291 с.

[https://vsau.org/assets/images/content/dokPDF/silabysi/kaf-botaniky/SYLABUS\\_Fizyka.pdf](https://vsau.org/assets/images/content/dokPDF/silabysi/kaf-botaniky/SYLABUS_Fizyka.pdf)

#### **Інформаційні ресурси**

1. [Бібліотека Університету Ушинського](http://library.pdpu.edu.ua/). URL: <http://library.pdpu.edu.ua/>
2. Сайт Міністерства освіти і науки України: [www.mon.gov.ua](http://www.mon.gov.ua)
3. Освітньо-інформаційні ресурси. URL: [http://nh.at.ua/dir/osvitnyo\\_informaciyni\\_resursy/19](http://nh.at.ua/dir/osvitnyo_informaciyni_resursy/19)
4. Державний стандарт базової і повної загальної середньої освіти. URL: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/derzhavni-standarti>
5. Історія і наука. – URL: <http://science-kharkov.ucoz.com/>
6. Потрал Phet.Colorado. URL: <https://phet.colorado.edu>
7. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського : офіційний сайт. URL : <http://www.nbuv.gov.ua/>
8. Одеська національна наукова бібліотека : офіційний сайт. URL : <http://odnb.odessa.ua/>.