

**ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ
ТА ТЕХНОЛОГІЙ**

Кафедра фізики

**ЕЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ.
КВАНТОВА ОПТИКА ТА ЯДЕРНА ФІЗИКА**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до контрольних робіт 3, 4 з фізики**

Харків – 2018

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри фізики 28 квітня 2017 р., протокол № 8.

Методичні вказівки до контрольних робіт містять програму курсу загальної фізики, а саме розділи: «Магнетизм», «Квантова оптика», «Ядерна фізика». У кожному розділі наведені основні формули, приклади розв'язування задач та варіанти контрольних завдань.

Методичні вказівки призначені для студентів заочної (скороченої) форми навчання всіх спеціальностей.

Укладачі:

проф. Р. В. Вовк,
доц. В. Ю. Гресь,
асист. Л. М. Руда

Рецензент

доц. Д. В. Чибисов

ЕЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ.
КВАНТОВА ОПТИКА ТА ЯДЕРНА ФІЗИКА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до контрольних робіт 3, 4 з фізики

Відповідальний за випуск Гресь В. Ю.

Редактор Еткало О. О.

Підписано до друку 19.10.17 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 1,25. Тираж 50. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Український державний університет
залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Робоча програма для виконання контрольних робіт 3, 4 з курсу «Загальна фізика».....	5
Методичні вказівки до виконання контрольних робіт та їх оформлення.....	6
Контрольна робота 3. Магнетизм.....	7
Тема 3.1. Магнітне поле у вакуумі та його властивості	
Основні поняття і формули.....	7
Приклади розв'язання задач.....	11
Тема 3.2. Явища електромагнітної індукції та самоіндукції	
Основні поняття і формули.....	17
Приклади розв'язання задач.....	19
Таблиця варіантів контрольної роботи 3.....	20
Задачі до контрольної роботи 3.....	21
Контрольна робота 4. Квантова оптика та ядерна фізика.....	28
Тема 4.1. Теплове випромінювання та квантові властивості світла	
Основні поняття і формули.....	28
Приклади розв'язання задач.....	31
Тема 4.2. Елементи ядерної фізики	
Основні поняття і формули.....	36
Приклади розв'язання задач.....	37
Таблиця варіантів контрольної роботи 4.....	41
Задачі до контрольної роботи 4.....	41
Список літератури.....	46

ВСТУП

Методичні вказівки розраховані для студентів заочної форми, що навчаються у закладах вищої технічної навчальної освіти.

Ці методичні вказівки призначені для того, щоб у результаті самостійного опрацювання студенти заочного відділення могли вивчити ті розділи курсу фізики, які розглядалися на лекціях, а також ознайомитися з тим навчальним матеріалом, який винесений для самостійного вивчення. У результаті цього студенти повинні знати структуру курсу, основні питання і завдання відповідних розділів курсу. Студенти повинні вміти давати визначення фізичних величин, фізичних понять і законів; знати зміст і математичне тлумачення основних законів; розв'язувати традиційні фізичні задачі і користуватися довідковою літературою. Студенти також повинні мати навички користування фізичними вимірювальними пристроями загального призначення та проведення елементарної обробки експериментальної інформації та її графічного відображення.

У курсі «Фізика» студенти вивчають основні закономірності будови і руху матерії. Ці методичні вказівки містять два розділи курсу: «Магнетизм» і «Квантова оптика та ядерна фізика». До кожної теми надано основні поняття і формули, наведено приклади розв'язування задач, а також задачі для виконання контрольних робіт.

РОБОЧА ПРОГРАМА ДЛЯ ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ 3, 4 З КУРСУ «ЗАГАЛЬНА ФІЗИКА»

3 МАГНЕТИЗМ

ТЕМА 3.1. Магнітне поле у вакуумі та його властивості

Магнітне поле. Магнітна індукція. Закон Ампера. Магнітне поле електричного струму. Закон Біо-Савара-Лапласа та його використання для розрахунків магнітних полів. Магнітний момент витка зі струмом. Закон повного струму (теорема про циркуляцію вектора магнітної індукції) для магнітного поля у вакуумі та застосування його до розрахунку магнітного поля тороїда та довгого соленоїда. Рух заряджених частинок у магнітному полі. Сила Лоренца. Принцип дії циклічних прискорювачів заряджених частинок.

ТЕМА 3.2. Явища електромагнітної індукції та самоіндукції

Контур зі струмом у магнітному полі. Магнітний потік. Робота з переміщення провідника та контуру зі струмом у магнітному полі. Закон електромагнітної індукції Фарадея-Ленца. Явище самоіндукції. Індуктивність. Струми при замиканні та розмиканні електричних кіл з індуктивністю. Енергія та об'ємна густина енергії магнітного поля.

ТЕМА 3.3. Магнітне поле у речовині. Магнетики

Магнітне поле у речовині. Мікро- та макроструми. Магнітні моменти атомів. Типи магнетиків. Намагніченість. Магнітна сприйнятливність речовини та її залежність від температури. Напруженість магнітного поля. Магнітна проникність середовища. Діа-, пара- та ферромагнетики. Крива намагнічування. Магнітний гістерезис. Домени. Точка Кюрі.

4 КВАНТОВА ОПТИКА ТА ЯДЕРНА ФІЗИКА

ТЕМА 4.1. Теплове випромінювання

Теплове випромінювання. Енергетична світність та спектральна густина енергетичної світності. Абсолютно чорне тіло. Закон Кірхгофа. Закон Стефана-Больцмана. Розподіл енергії

у спектрі абсолютно чорного тіла. Закон зміщення Віна. Фізичні основи оптичної пірометрії.

ТЕМА 4.2. Зовнішній фотоелектричний ефект. Ефект Комптона

Квантова гіпотеза Планка. Фотони. Маса та імпульс фотона. Зовнішній фотоелектричний ефект та його закони. Рівняння Ейнштейна для зовнішнього фотоелектричного ефекту. Ефект Комптона та його теорія.

ТЕМА 4.3. Елементи фізики атомного ядра

Заряд, розміри і маса атомного ядра. Масове і зарядове числа. Склад ядра. Нуклони. Поняття про властивості та природу ядерних сил. Радіоактивність. Радіоактивні розпади (α - і β -розпад) і їх закономірності. Ядерні реакції і закони збереження. Енергія зв'язку і дефект мас. Реакції ділення та синтезу ядер. Ядерна енергетика.

Методичні вказівки до виконання контрольних робіт та їх оформлення

1 Кожен студент протягом семестру повинен виконати дві контрольні роботи (3 та 4). Контрольна робота складається з шести задач. Номера задач визначають за таблицею варіантів, номер варіанта задає викладач. Виконання контрольних робіт слід починати після теоретичного опрацювання теми (прослуховування лекцій та виконання лабораторних робіт на заняттях настановної сесії). Здати контрольні роботи потрібно на початку екзаменаційної сесії, але не пізніше, ніж за один день до іспиту (заліку).

2 Кожну контрольну роботу виконують на аркушах формату А4 або в окремому зошиті.

3 Умови задач необхідно переписувати повністю і кожна задачу починати з нової сторінки. Нумерацію задач подавати згідно з таблицею свого варіанта (наприклад: 56, 69, 81 ..., а не 1, 2, 3 ...).

4 Після повного тексту задачі необхідно записати коротку умову (дано:). Перевести фізичні величини в СІ. Далі навести розв'язання, яке слід супроводжувати короткими, але вичерпними поясненнями. За необхідності надавати рисунок до задачі.

5 Розв'язувати задачу треба в загальному вигляді, тобто вивести розрахункову формулу, де шукана величина виражена в

буквених позначеннях, заданих в умові задачі. При цьому проміжні величини не обчислюють.

6 Після отримання розрахункової формули необхідно перевірити одиниці вимірювання фізичної величини.

7 При підстановці в розрахункову формулу і при записі відповіді числові значення величин слід подавати в стандартному вигляді. Наприклад: записувати не 0.00166, а $1,66 \cdot 10^{-3}$, чи не 45786, а $4,578 \cdot 10^4$ (в остаточній відповіді десяткові дроби округлюють зазвичай до сотих).

8 На останній сторінці контрольної роботи необхідно дати посилання на навчальні посібники (наприклад: Іванов І. П. Курс фізики. – М.: Наука, 2005), використані при виконанні роботи.

9 Отримавши перевірену роботу, студент зобов'язаний ретельно вивчити всі зауваження викладача, внести виправлення і бути готовим під час співбесіди дати пояснення по суті розв'язання задач у контрольній роботі. До іспиту студент допускається тільки за умови, що контрольна робота є зарахованою.

Контрольна робота 3 МАГНЕТИЗМ

При розв'язанні задач з розділу «Магнетизм» доцільно користуватися формулами, наведеними у таблицях 3.1 – 3.2.

ТЕМА 3.1. Магнітне поле у вакуумі та його властивості

ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ФОРМУЛИ

Таблиця 3.1

Формула	Назва формули	Пояснення
1	2	3
$d\vec{F} = I[d\vec{l}, \vec{B}]$ $dF = IBdl \sin \alpha$	Закон Ампера	$d\vec{F}$ – елементарна сила, що діє на елемент струму $I d\vec{l}$, який перебуває у магнітному полі \vec{B} ; α – кут між векторами $d\vec{l}$ та \vec{B}

Продовження таблиці 3.1

1	2	3
$\vec{B} = \mu\mu_0\vec{H}$	Зв'язок між індукцією \vec{B} і напруженістю \vec{H} магнітного поля	μ – магнітна проникність середовища; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$ – магнітна стала
$d\vec{B} = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \times \frac{I[d\vec{l}, \vec{r}]}{r^3}$	Закон Біо – Савара – Лапласа	$d\vec{B}$ – елементарна індукція магнітного поля, яка утворюється елементом струму $I d\vec{l}$ в точці на відстані r від елемента струму; \vec{r} – радіус-вектор, проведений від елемента струму до точки спостереження
$B = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \times \frac{I(\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2)}{a}$	Індукція магнітного поля, створеного прямолінійним провідником зі струмом	I – сила струму, що протікає по провіднику; a – найкоротша відстань від точки спостереження поля до осі провідника; α_1 і α_2 – кути між напрямком струму в провіднику і радіус-векторами, проведеними з початку і кінця відрізка в точку спостереження поля ($\alpha_2 > \alpha_1$)
$B = \frac{\mu\mu_0 I}{2\pi a}$	Індукція магнітного поля, створеного нескінченно довгим прямолінійним провідником зі струмом	

Продовження таблиці 3.1

1	2	3
$B = \frac{\mu\mu_0}{2} \cdot \frac{IR^2}{(R^2 + h^2)^{3/2}}$	Індукція магнітного поля колового струму в довільній точці на осі, що проходить через центр кола і перпендикулярна до площини цього кола	R – радіус колового струму; h – відстань від точки спостереження поля до площини, у якій розташований коловий струм
$B = \frac{\mu\mu_0 I}{2R}$	Індукція магнітного поля в центрі колового струму	
$\vec{p}_m = IS\vec{n}$	Вектор магнітного моменту контуру зі струмом	S – площа контуру зі струмом, \vec{n} – орт зовнішньої нормалі до площини контуру
$\vec{M} = [\vec{p}_m, \vec{B}]$	Механічний обертальний момент, що діє на контур зі струмом в однорідному магнітному полі	
$\frac{F}{l} = \frac{\mu\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I_1 I_2}{a}$	Сила взаємодії двох прямолінійних провідників зі струмом, що припадає на одиницю довжини провідника	$I_1 I_2$ – сили струмів у відповідних провідниках, a – відстань між провідниками

Продовження таблиці 3.1

1	2	3
$\oint_L (\vec{H}, d\vec{l}) = \sum_{i=1}^N I_i$	<p>Закон повного струму (теорема про циркуляцію вектора напруженості магнітного поля)</p>	<p>$\oint_L (\vec{H}, d\vec{l})$ – циркуляція вектора напруженості магнітного поля \vec{H} по замкненому контуру L, $\sum_{i=1}^N I_i$ – алгебраїчна сума струмів, які охоплюються контуром L</p>
$B = \mu\mu_0 nI$	<p>Індукція магнітного поля нескінченно довгого соленоїда</p>	<p>$n = \frac{N}{l}$, де n – кількість витків соленоїда, що припадають на одиницю його довжини, N – загальна кількість витків соленоїда, l – довжина соленоїда</p>
$B = \frac{\mu\mu_0}{2} nI \times (\cos\varphi_1 - \cos\varphi_2)$	<p>Індукція магнітного поля на осі соленоїда кінцевої довжини</p>	<p>φ_1 і φ_2 – кути між вектором магнітної індукції \vec{B} і радіус-векторами, проведеними з точки спостереження поля до кінців соленоїда ($\varphi_2 < \varphi_1$)</p>
$H = \frac{NI}{2\pi R_c}$	<p>Напруженість магнітного поля на середній лінії тороїда</p>	<p>$R_c = \frac{R_1 + R_2}{2}$ – радіус середньої лінії тороїда, R_1 і R_2 – зовнішній та внутрішній радіуси тороїда відповідно; N – кількість витків тороїда</p>

Продовження таблиці 3.1

1	2	3
$\vec{B} = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \times \frac{q[\vec{v}, \vec{r}]}{r^3}$	Вектор магнітної індукції поля, створеного рухомим зарядом	\vec{v} – швидкість руху заряду q ; \vec{r} – радіус-вектор, проведений від заряду q в точку спостереження поля
$\vec{F}_{\vec{E}} = q[\vec{v}, \vec{B}]$ $F_{\vec{E}} = qvB\sin\alpha$	Сила Лоренца	α – кут між векторами \vec{v} і \vec{B}
$R = \frac{mv_{\perp}}{qB}$ $v_{\perp} = v\sin\alpha$ $h = v_{\parallel}T$ $v = v_{\parallel}\cos\alpha$ $\omega = \frac{qB}{m}$ $T = \frac{2\pi m}{qB}$	Параметри траєкторії заряду, що рухається в постійному однорідному магнітному полі	R – радіус гвинтової лінії; ω – циклічна частота; T – період обертання заряду в магнітному полі; h – крок гвинтової лінії

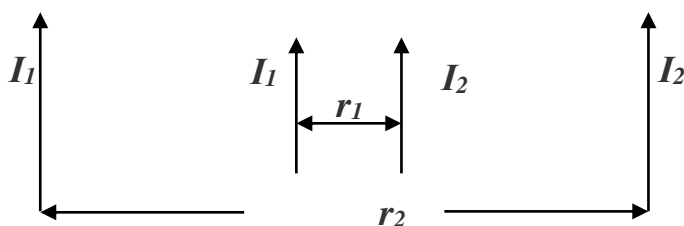
ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ

Приклад 3.1

Два прямолінійних довгих паралельних провідники містяться на відстані $r_1 = 10$ см один від одного. По провідниках в однаковому напрямку проходять струми $I_1 = 20$ А і $I_2 = 30$ А. Яку роботу A потрібно виконати (на одиницю довжини провідників), щоб розсунути ці провідники до відстані $r_2 = 20$ см?

Дано:	СІ
$I_1 = 20 \text{ A}$	
$I_2 = 30 \text{ A}$	
$r_1 = 10 \text{ см}$	$0,1 \text{ м}$
$r_2 = 20 \text{ см}$	$0,2 \text{ м}$
$A = ?$	

Розв'язання



Якщо по провідниках проходять струми в одному й тому ж напрямку, то провідники притягуються, і необхідно виконати роботу проти електромагнітних сил притягання.

$$F = \mu\mu_0 \frac{I_1 I_2}{2\pi r} l.$$

Сила, що діє на одиницю довжини провідника, дорівнюватиме $\frac{F}{l} = \mu\mu_0 \frac{I_1 I_2}{2\pi r}$.

Звідси видно, що ця сила зменшується при збільшенні відстані r між провідниками, тому роботу треба обчислювати за формулою для змінної сили.

$$dA = F dr; dA_l = \mu\mu_0 \frac{I_1 I_2}{2\pi} \frac{dr}{r};$$

$$A_l = \int_{r_1}^{r_2} \mu\mu_0 \frac{I_1 I_2}{2\pi} \frac{dr}{r};$$

$$A_l = \mu\mu_0 \frac{I_1 I_2}{2\pi} \ln \frac{r_2}{r_1} \text{ — робоча формула}$$

$$[A_l] = \frac{\text{Гн}}{\text{м}} A^2 = \frac{\text{В} \cdot \text{С} \cdot A^2}{\text{А} \cdot \text{м}} = \frac{\text{Дж}}{\text{м}};$$

$$A_l = 4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-17} \frac{20 \cdot 30}{2 \cdot 3,14} \ln \frac{0,2}{0,1} = 8,32 \cdot 10^{-5} \left(\frac{\text{Дж}}{\text{м}} \right);$$

$$\ln 2 = 0,693; \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}};$$

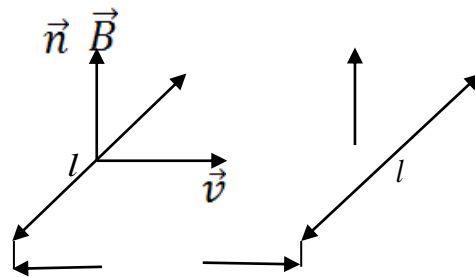
$$A_l = 8,32 \cdot 10^{-5} \left(\frac{\text{Дж}}{\text{м}} \right).$$

Приклад 3.2

В однорідному магнітному полі з індукцією $B = 0,5 \text{ Тл}$ рухається рівномірно провідник довжиною $l = 10 \text{ см}$. По провіднику проходить струм $I = 2 \text{ А}$. Швидкість руху провідника $v = 20 \text{ см/с}$ і спрямована перпендикулярно до напрямку магнітного поля. Визначити роботу A переміщення провідника за час $t = 10 \text{ с}$ і потужність N , затрачену на це переміщення.

Дано:	СІ
$B = 0,5 \text{ Тл}$	
$v = 20 \text{ см/с}$	$0,2 \text{ м/с}$
$l = 10 \text{ см}$	$0,1 \text{ м}$
$I = 2 \text{ А}$	
$t = 10 \text{ с}$	
$A = ?$	$N = ?$

Розв'язання



$$\vec{B} = \text{const} \quad \vec{v} = \text{const} \quad \vec{v} \perp \vec{B}$$

$$A = I(\Phi_2 - \Phi_1); \quad \Phi = B \cdot S \cdot \cos(\vec{n} \cdot \vec{B})$$

Кут між \vec{n} і \vec{B} дорівнює нулю, $\cos(\vec{n} \cdot \vec{B}) = 1$.

У початковий момент часу $t=0$; $\Phi_1=0$, $\Phi_2=BS$, площа S – це площа, яку, рухаючись, описує провідник: $S = v t l$. Тоді $\Phi_2 = B v t l$, $A = I B v t l$ – робоча формула.

$$[A] = A \cdot \text{Тл} \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \text{м} = A \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}} \text{м}^2 = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж},$$

$$A = 2 \cdot 0,5 \cdot 0,2 \cdot 10 \cdot 0,1 = 0,2 (\text{Дж})$$

$$N = \frac{A}{t} = \frac{I B v t l}{t} = I B v l;$$

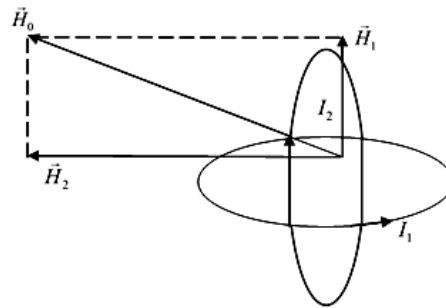
$$N = 2 \cdot 0,5 \cdot 0,2 \cdot 0,1 = 0,02 (\text{Вт}).$$

Приклад 3.3

Два колових витки розташовані у двох взаємно перпендикулярних площинах так, що центри цих витків збігаються. Радіус кожного витка $R = 2$ см, струми у витках $I_1 = I_2 = 5$ А. Визначити напруженість магнітного поля в центрі цих витків.

Дано:	СІ
$I_1 = I_2 = 5$ А.	
$R_1 = R_2 = 2$ см	$2 \cdot 10^{-2}$ м
$H_0 = ?$	

Розв'язання



За правилом правого гвинта визначаємо напрямок вектора напруженості поля від кожного контуру зі струмом у центрі O , за принципом суперпозиції полів знаходимо загальну напруженість поля.

$$\vec{H}_0 = \vec{H}_1 + \vec{H}_2 \quad H_1 = H_2 = \frac{I}{2R}.$$

У скалярному вигляді:

$$H_0^2 = H_1^2 + H_2^2, \quad H_0 = \sqrt{\left(\frac{I}{2R}\right)^2 + \left(\frac{I}{2R}\right)^2} = \frac{I}{2R} \sqrt{2},$$

$$[H_0] = \frac{A}{m}; \quad H_0 = \frac{5}{2 \cdot 2 \cdot 10^{-2}} \cdot 1,41 = 176,25 (A/m).$$

Приклад 3.4

Із дроту довжиною $l = 1 \text{ м}$ зробимо квадратну рамку. По ній проходить струм $I = 10 \text{ А}$. Визначити напруженість H_0 магнітного поля в центрі рамки.

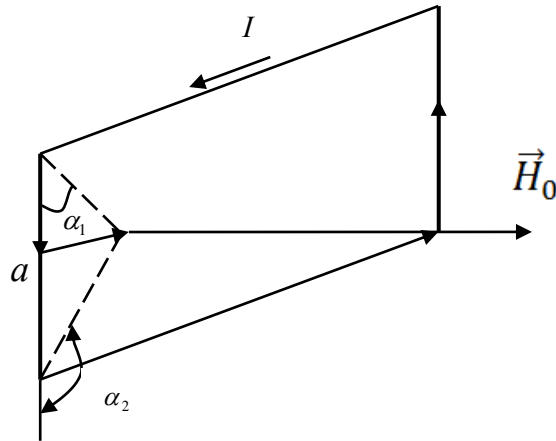
Дано:

$$l = 1 \text{ м}$$

$$I = 10 \text{ А}$$

$$H_0 = ?$$

Розв'язання



Кожна сторона рамки зі струмом створює в центрі O поле, напруженість якого від кожної сторони спрямована в одному напрямку вздовж прямої.

$$H_0 = 4H_1, \quad H_1 = \frac{I}{4\pi r_0} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2);$$

$$r_0 = \frac{a}{2} = \frac{l}{8} \text{ — найкоротша відстань від сторони}$$

квадрата до цього центра O , $a=l/4$ — довжина сторони рамки.

$$\alpha_1 = 45^\circ \quad \alpha_2 = 180 - \alpha_1 = 135^\circ$$

$$H_0 = 4 \frac{I}{4\pi r_0} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2); \quad H_0 = 4 \frac{10 \cdot 8}{4\pi l} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)$$

$$H_0 = 4 \frac{10 \cdot 8}{4\pi l} (\cos 45^\circ - \cos 135^\circ);$$

$$H_0 = \frac{4 \cdot 10 \cdot 8}{4 \cdot 3,14 \cdot 1} (0,71 + 0,71) = 36,2 (\text{А/м});$$

$$\cos 45^\circ = 0,71; \quad \cos 135^\circ = -0,71.$$

Приклад 3.5

Заряджена частинка рухається в магнітному полі по колу зі швидкістю $v = 10^6$ м/с. Індукція магнітного поля $B = 0,3$ Тл. Радіус кола $R = 4$ см. Визначити заряд частинки, якщо відомо, що її енергія $W = 12$ кеВ.

Дано:	СІ	Розв'язання
$v = 10^6$ м/с		Кінетична енергія частинки, що
$B = 0,3$ Тл		рухається, $W = \frac{mv^2}{2}$,
$R = 4$ см	$4 \cdot 10^{-2}$ м	радіус обертання – $R = \frac{mv_{\perp}}{qB}$,
$W = 12$ кеВ	$19,2 \cdot 10^{-16}$ Дж	звідки маса частинки – $m = \frac{RqB}{v_{\perp}}$.
$q = ?$		Тоді кінетична енергія:
		$W = \frac{RqBv^2}{2v} = \frac{RBqv}{2}$;
		Знайдемо заряд частинки:
		$q = \frac{2W}{RBv}$
		$[q] = \frac{\text{Дж} \cdot \text{с}}{\text{м} \cdot \text{Тл} \cdot \text{м}} = \frac{\text{Дж} \cdot \text{с} \cdot \text{А} \cdot \text{м}}{\text{м} \cdot \text{Н} \cdot \text{м}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с} \cdot \text{А}}{\text{Н} \cdot \text{м}} = \text{Кл};$
		$q = \frac{2 \times 19,2 \times 10^{-16}}{4 \times 10^{-2} \times 0,3 \times 10^6} = 3,2 \times 10^{-19} \text{ (Кл)}.$

ТЕМА 3.2. Явища електромагнітної індукції та самоіндукції

ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ФОРМУЛИ

Таблиця 3.2

Формула	Назва формули	Пояснення
1	2	3
$\Phi_m = \int_S (\vec{B}, d\vec{S})$	Потік вектора магнітної індукції через поверхню площею S	$d\vec{S} = \vec{n}dS$ – вектор, який дорівнює величині площадки dS і у напрямку збігається з вектором нормалі до цієї площадки
$A = I\Delta\Phi$	Робота з переміщення контуру зі струмом у магнітному полі	$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$ – зміна магнітного потоку через площу контуру при його переміщенні
$\varepsilon_i = -N \frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d\Psi}{dt}$	Закон електромагнітної індукції Фарадея – Ленца	$\Psi = N\Phi$ – повний магнітний потік (потокозчеплення), N – кількість витків у рамці, $\frac{d\Phi}{dt}$ – швидкість зміни магнітного потоку через поверхню, що обмежує контур рамки
$\varepsilon = \varepsilon_0 \sin \omega t$ $\varepsilon_0 = NBS\omega$	ЕРС індукції, що виникає в рамці, яка рівномірно обертається в однорідному магнітному полі	S – площа рамки, ω – кутова швидкість обертання рамки
$\Psi = LI$	Зв'язок потокозчеплення з величиною струму	L – індуктивність провідника

Продовження таблиці 3.1

1	2	3
$q = \frac{\Delta\Phi}{R}$ $q = -N \frac{\Delta\Phi}{R} = -\frac{\Delta\Psi}{R}$	Заряд, який проходить по замкненому контуру при зміні магнітного потоку, що пронизує цей контур	R – електричний опір контуру, N – кількість витків у контурі
$\varepsilon_c = -L \frac{dI}{dt}$	ЕРС самоіндукції	$\frac{dI}{dt}$ – швидкість зміни сили струму в провіднику
$L = \mu\mu_0 n^2 V$	Індуктивність довгого соленоїда	n – кількість витків соленоїда, що припадає на одиницю його довжини, V – об'єм соленоїда
$I = I_0 \exp\left(-\frac{R}{L}t\right)$	Зміна струму з часом при розмиканні кола, що містить індуктивність	R і L – електричний опір та індуктивність електричного кола, $I_0 = \frac{\varepsilon}{R}$ – усталене значення сили струму в колі
$I = I_0 (1 - \exp\left(-\frac{R}{L}t\right))$	Зміна струму з часом при замиканні кола, що містить індуктивність	
$W_m = \frac{LI^2}{2} = \frac{\Phi I}{2} = \frac{\Phi^2}{2L}$	Енергія магнітного поля струму	
$w_m = \frac{BH}{2} = \frac{\mu\mu_0 H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu\mu_0}$	Об'ємна густина енергії магнітного поля струму	

ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ

Приклад 3.6

Із дроту діаметром $d = 1 \text{ мм}$ потрібно намотати соленоїд, усередині якого має бути напруженість магнітного поля $H = 24 \text{ кА/м}$. По дроту можна пропустити граничний струм $I = 6 \text{ А}$. Скільки шарів буде мати обмотка соленоїда, якщо витки намотувати щільно один до одного?

Дано:	СІ	Розв'язання
$H = 24 \text{ кА/м}$	$24 \cdot 10^3 \text{ А/м}$	Напруженість поля нескінченно довгого соленоїда $H = I \cdot n$, де n – кількість витків на одиницю довжини соленоїда. $H = \frac{I}{d} N$; де N – кількість шарів. $N = \frac{H \cdot d}{I}$ – робоча формула. $[N] = \frac{\text{А} \cdot \text{м}}{\text{м} \cdot \text{А}} = 1, \quad N = \frac{24 \times 10^3 \times 10^{-3}}{6} = 4.$
$I = 6 \text{ А}$		
$d = 1 \text{ мм}$	10^{-3} м	
$N - ?$		

Приклад 3.7

Котушка має індуктивність $L = 0,2 \text{ Гн}$ і опір $R = 1,64 \text{ Ом}$. У скільки разів спаде струм у котушці через час $t = 0,05 \text{ с}$ після того, як ЕРС вимкнута і котушку замкнено накоротко?

Дано:	Розв'язання
$L = 0,2 \text{ Гн}$	Струм у котушці спадає за законом $I = I_0 e^{-\frac{R}{L} t}$ Розділимо обидві частини рівняння на I . $1 = \frac{I_0}{I} e^{-\frac{R}{L} t} \quad \frac{I_0}{I} = \frac{1}{e^{-\frac{R}{L} t}} = e^{\frac{R}{L} t}$ $\frac{I_0}{I} = 2.71^{\frac{1.64}{0.2} \cdot 0.05} = 2.71^{0.41} = 1.5.$
$R = 1,64 \text{ Ом}$	
$t = 0,05 \text{ с}$	
$I_0/I - ?$	

Приклад 3.8

Котушка має індуктивність $L = 0,144$ Гн і опір $R = 10$ Ом. Через який час t після ввімкнення в котушці потече струм, що дорівнює половині кінцевого значення.

Дано:

$$L = 0,144 \text{ Гн}$$

$$R = 10 \text{ Ом}$$

$$I = 0,5I_0$$

$t = ?$

Розв'язання

Струм у котушці зростає за законом

$$I = \frac{E}{R}(1 - e^{-\frac{R}{L}t}).$$

$I_0 = \frac{E}{R}$ – максимальний струм, який

установився в контурі.

$$I = I_0(1 - e^{-\frac{R}{L}t}); \quad 0.5I_0 = I_0(1 - e^{-\frac{R}{L}t}).$$

Скоротимо на I_0 та розв'яжемо одержане рівняння відносно t :

$$0.5 = e^{-\frac{R}{L}t}$$

Прологарифмуємо:

$$\ln 0.5 = -\frac{R}{L}t; \quad t = -\frac{\ln 0.5 L}{R} = -\frac{-0.693 \times 0.144}{10} = 0.01(c);$$

$$[t] = \frac{\text{Гн}}{\text{Ом}} = \frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{А} \cdot \text{Ом}} = \frac{\text{Ом} \cdot \text{с}}{\text{Ом}} = \text{с};$$

ТАБЛИЦЯ ВАРІАНТІВ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ 3

Варіант	Задача					
1	1	2	3	4	5	6
2	7	8	9	10	11	12
3	13	14	15	16	17	18
4	19	20	21	22	23	24
5	25	26	27	28	29	30
6	31	32	33	34	35	36
7	37	38	39	40	41	42
8	43	44	45	46	47	48
9	49	50	51	52	53	54
10	55	56	57	58	59	60

ЗАДАЧІ ДО КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ 3

1 Визначити силу, що діє на провідник довжиною 20 см, поміщений у магнітне поле з індукцією 5 Тл. Сила струму в провіднику 10 А, провідник утворює кут 30° з напрямком поля.

2 Знайти магнітний потік, що пронизує кожен виток котушки з 1000 витків, якщо за 0,1 с рівномірного зменшення магнітного поля в котушці індукується ЕРС $\varepsilon = 10$ В.

3 Електрон, прискорений різницею потенціалів 200 В, рухається паралельно довгому прямолінійному дроту на відстані 8 мм від нього. По дроту тече струм 10 А. Визначити силу, що діє на електрон.

4 Струм силою 20 А проходить по довгому провіднику, зігнутому під прямим кутом. Визначити напруженість магнітного поля H в точці, що лежить на бісектрисі прямого кута на відстані $a = 8$ см від його вершини.

5 Знайти кількість витків соленоїда довжиною 0,5 м, якщо діаметр дроту 1 мм.

6 Визначити напрямок магнітного поля соленоїда. Напрямок струму позначено стрілками (рисунок 3.1).

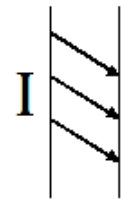


Рисунок 3.1

7 З дроту довжиною 2 м виготовлена квадратна рамка, по якій проходить струм 5 А. Визначити напруженість магнітного поля в центрі рамки.

8 У магнітному полі міститься котушка діаметром $D = 10$ см, на яку намотано $N = 500$ витків дроту. Визначити ЕРС індукції, що виникає в котушці, якщо протягом $t = 0,1$ с індукція магнітного поля B зростає від 0 до 2 Тл.

9 Провідник зі струмом 5 А поміщений у магнітне поле з індукцією 10 Тл. Кут між напрямком струму і магнітного поля складає 60° . Знайти довжину активної частини провідника, якщо поле діє на нього з силою 20 Н.

10 Прямолінійний провідник рухається в магнітному полі перпендикулярно його силовим лініям. Індукція магнітного поля 0,04 Тл, швидкість провідника 15 м/с. На кінцях провідника індукується ЕРС $\varepsilon = 30$ мВ. Визначити довжину провідника.

11 З дроту довжиною 2 м виготовлений коловий контур, який поміщений у магнітне поле з індукцією $B = 0,05$ Тл. Поле спрямоване під кутом 45° до площини витка. Визначити магнітний потік через поверхню контуру.

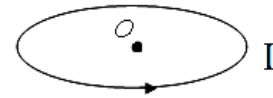


Рисунок 3.2

12 Визначити напрямок магнітного поля в центрі колового струму (рисунок 3.2).

13 У магнітному полі з індукцією $B = 1,5$ Тл обертається стержень довжиною 0,5 м з частотою обертання $\nu = 3$ об/с. Вісь обертання проходить через кінець стержня паралельно магнітному полю. Знайти ЕРС, що виникає на кінцях стержня.



14 Визначити напрямок сили Лоренца, що діє на позитивний заряд у магнітному полі (рисунок 3.3).



Рисунок 3.3

15 Знайти магнітну проникність сталі, якщо при переміщенні сталевого бруска у магнітному полі напруженістю 3000 А/м у ньому виникає індукція 1,5 Тл.

16 Протон і електрон, рухаючись з однаковою швидкістю, потрапляють в однорідне магнітне поле. Знайти відношення радіуса кривизни траєкторії протона до радіуса кривизни траєкторії електрона. Маса протона $m_p = 1,672 \cdot 10^{-27}$ кг, маса електрона $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг.

17 В однорідне магнітне поле напруженістю 1000 А/м помістили прямолінійний провідник довжиною 0,15 м, на який діє сила $2 \cdot 10^{-3}$ Н. Визначити кут між напрямком магнітного поля і напрямком струму в провіднику, який дорівнює 50 А.

18 Нескінченно довгий дріт утворює коловий виток, дотичний до провідника. По провіднику протікає струм $I = 5$ А. Визначити радіус витка, якщо напруженість магнітного поля в центрі витка $H = 41$ А/м.

19 Швидкість літака з реактивним двигуном $v = 950$ км/год. Визначити ЕРС індукції, що виникає на кінцях крил літака, якщо

вертикальна складова напруженості магнітного поля Землі $H_v = 39,8 \text{ А/м}$, розмах крил літака $l = 12,5 \text{ м}$.

20 Визначити напрямок сили Лоренца, що діє на електрон, який рухається в магнітному полі прямолінійного провідника зі струмом паралельно провіднику (рисунок 3.4).

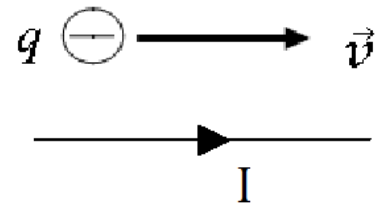


Рисунок 3.4

21 Прямолінійний провідник довжиною $0,4 \text{ м}$ рухається в однорідному магнітному полі зі швидкістю 5 м/с перпендикулярно його силовим лініям. ЕРС індукції на кінцях провідника $0,6 \text{ В}$. Визначити індукцію B магнітного поля.

22 Знайти кінетичну енергію протона, що рухається по дузі кола радіусом 60 см у магнітному полі з індукцією 1 Тл .

23 По котушці довжиною $l = 30 \text{ см}$, яка містить $N = 1000$ витків, тече струм $I = 2 \text{ А}$. Вважаючи котушку нескінченно довгою, визначити напруженість магнітного поля всередині котушки.

24 В однорідному магнітному полі напруженістю $H = 79,6 \text{ кА/м}$ поміщена квадратна рамка, площа якої утворює кут 45° з напрямком магнітного поля. Сторона рамки $a = 4 \text{ см}$. Який магнітний потік пронизує рамку?

25 Показати напрямок магнітного поля прямолінійного струму в точках A і B (рисунок 3.5).

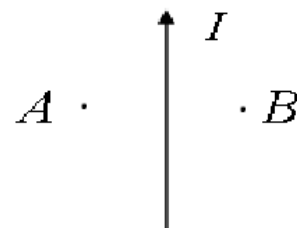


Рисунок 3.5

26 Визначити ЕРС індукції, що виникає на кінцях крил турбореактивного літака, що рухається горизонтально зі швидкістю 900 км/год . Розмах крил літака $36,5 \text{ м}$, вертикальна складова магнітного поля Землі 40 А/м .

27 Струм у котушці зменшився від 12 до 8 А . При цьому енергія магнітного поля котушки зменшилася на 2 Дж . Знайти

індуктивність котушки й енергію її магнітного поля в обох випадках.

28 Магнітна індукція в даному металевому бруску $B = 0,75$ Тл, а магнітна індукція $B_0 = 0,0375$ Тл. Визначити відносну магнітну проникність даного металу.

29 Визначити індуктивність котушки, якщо при зміні струму в ній від 5 до 1 А за 0,1 с в котушці виникає ЕРС самоіндукції 10 В.

30 Коловий контур радіусом 2 см розташований в однорідному магнітному полі з індукцією $B = 0,8$ Тл. Площина контуру перпендикулярна до напрямку магнітного поля. Опір контуру $R = 1$ Ом. Який заряд q пройде через контур при його повороті на 90° ?

31 Магнітний потік через замкнутий провідник, опір якого 0,5 Ом, рівномірно змінився від $2 \cdot 10^{-4}$ до 10^{-4} Вб. Знайти величину заряду, що пройшов через поперечний переріз провідника.

32 Визначити напрямок магнітного поля соленоїда (рисунок 3.6). Напрямок струму позначено стрілками.

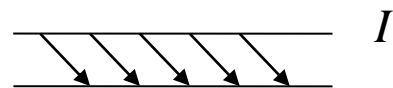


Рисунок 3.6

33 У магнітному полі з індукцією $B = 1,5$ Тл обертається стріжень довжиною $l = 0,5$ м. Вісь обертання проходить через кінець стріжня паралельно напрямку магнітного поля. Визначити магнітний потік, що пронизує стріжень при кожному обороті.

34 Електрон, прискорений різницею потенціалів $U = 1$ кВ, влітає в однорідне магнітне поле, перпендикулярно напрямку руху електрона. Індукція магнітного поля $B = 1,19$ мТл. Знайти радіус кола, по якому рухається електрон.

35 По котушці проходить струм 10 А. При якій індуктивності котушки енергія її магнітного поля буде дорівнювати 6 Дж?

36 Індуктивність котушки $L = 0,144$ Гн, її опір $R = 10$ Ом. Через якийсь час t після увімкнення струму його значення становитиме $0,3I_0$ (I_0 – значення усталеного струму)?

37 Визначити напрямок магнітного поля в точці O . Напрямки струмів у контурах показані стрілками (рисунок 3.7).

38 Магнітний потік через замкнений провідниковий контур опором 5 Ом рівномірно збільшується з $2 \cdot 10^{-4}$ до 10^{-3} Вб. Визначити, який заряд проходить при цьому через поперечний переріз провідника.

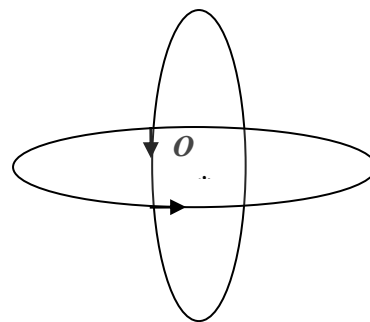


Рисунок 3.7

39 Знайти напруженість магнітного поля H на осі колового струму на відстані 3 см від його площини. Радіус контуру $R = 4 \text{ см}$, струм у контурі 2 А .

40 Катушка довжиною 30 см містить 1000 витків. Визначити напруженість поля всередині катушки, якщо по ній проходить струм 2 А . Катушку вважати нескінченно довгою.

41 Два прямолінійних паралельних провідники розміщені у вакуумі на деякій відстані один від одного. По них протікають однакові струми $I_1 = I_2$ в одному напрямку. Визначити ці струми, якщо відомо, що для того, щоб розсунути ці провідники на удвічі більшу відстань, необхідно зробити роботу на одиницю довжини провідника $A_1 = 55 \text{ мкДж/м}$.

42 Електрон, прискорений різницею потенціалів $U = 1000 \text{ В}$, влітає в однорідне магнітне поле з індукцією $B = 1,19 \text{ мТл}$. Напрямок руху електрона перпендикулярний напрямку ліній індукції магнітного поля. Знайти радіус кола, по якому рухається електрон, і період обертання електрона.

43 Коловий дротяний виток площею $S = 0,01 \text{ м}^2$ розташований у магнітному полі з індукцією $B = 1 \text{ Тл}$. Площина витка перпендикулярна напрямку магнітного поля. Визначити середню ЕРС індукції $\langle \epsilon \rangle$, що виникає у витку при вимкненні поля протягом $t = 10 \text{ с}$.

44 Соленоїд довжиною $l = 50 \text{ см}$ і площею поперечного перерізу $S = 2 \text{ см}^2$ має індуктивність $L = 0,2 \text{ мкГн}$. При якому струмі I об'ємна густина енергії магнітного поля всередині соленоїда буде $\omega_0 = 1 \text{ мДж/м}^3$?

45 Визначити напрямок магнітного поля в точці O . Напрямок струмів у контурах показано стрілками. (рисунок 3.8).

46 Індуктивність котушки $L = 0,2$ Гн, її опір $R = 1,64$ Ом. У скільки разів зменшиться струм в котушці через $t = 0,07$ с після того, як ЕРС відключили і котушку замкнули накоротко?

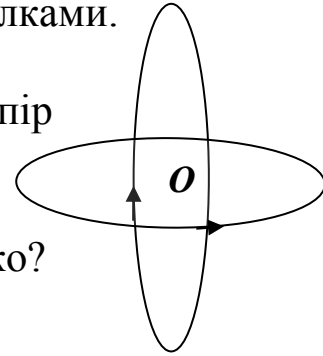


Рисунок 3.8

47 Рамку розмірами 5×10 см розташували в магнітному полі з індукцією $0,1$ Тл. Визначити ЕРС індукції, що виникає в рамці при вимкненні поля протягом $t = 5 \cdot 10^{-4}$ с.

48 Визначити індуктивність котушки, якщо при зміні в ній струму від 5 до 10 А за $0,1$ с у котушці виникає ЕРС самоіндукції 10 В.

49 Показати напрямок сили Лоренца, що діє на електрон, якщо магнітне поле спрямоване перпендикулярно до площини сторінки в бік, протилежний від спостерігача (рисунок 3.9).

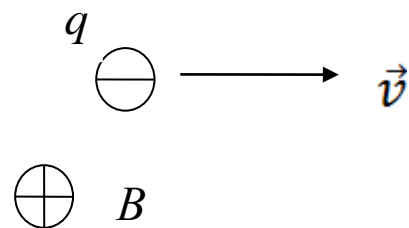


Рисунок 3.9

50 Між полюсами електромагніта створюється однорідне магнітне поле з індукцією $B = 0,1$ Тл. Перпендикулярно напрямку поля розташований дрід довжиною $l = 70$ см, по якому протікає струм $I = 70$ А. Знайти силу, що діє на дрід.

51 Електрон, рухаючись зі стану спокою, проходить різницю потенціалів $U = 220$ В і потрапляє в однорідне магнітне поле з індукцією $B = 5 \cdot 10^{-3}$ Тл, де рухається по колу радіусом $R = 10^{-2}$ м. Визначити масу електрона (заряд електрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл).

52 Струм $I = 20$ А проходить по кільцю з мідного дроту перетином $S = 1$ мм² і створює в центрі кільця напруженість магнітного поля $H_0 = 178$ А/м. Чому дорівнює різниця

потенціалів U , прикладена до кінців дроту, з якого виготовлено кільце? Питомий опір міді $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.

53 Електрон в магнітному полі рухається по колу радіусом $R = 10$ см. Індукція магнітного поля $B = 10$ мТл. Знайти енергію електрона.

54 Показати напрямок сили Лоренца, що діє на позитивний заряд, який рухається зі швидкістю v (рисунок 3.10).

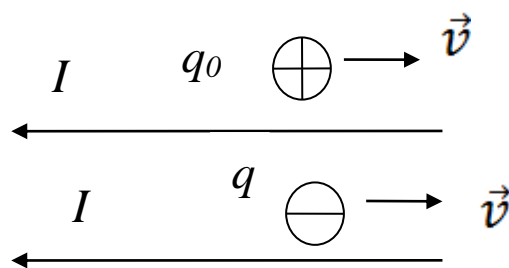


Рисунок 3.10

55 Котушка довжиною $l = 20$ см і діаметром $D = 3$ см містить 400 витків. По ній протікає струм $I = 2$ А. Визначити індуктивність котушки і енергію магнітного поля котушки.

56 Коловий дротяний виток площею $S = 0,01$ м² міститься в однорідному магнітному полі з індукцією $B = 1$ Тл. Площина витка перпендикулярна напрямку магнітного поля. Визначити середню ЕРС індукції $\langle \epsilon \rangle$, що виникає у витку при вимкненні поля протягом $t = 10$ мс.

57 Показати напрямок магнітного поля прямолінійного провідника в точках А і В (рисунок 3.11).

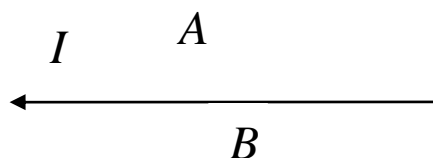


Рисунок 3.11

58 Горизонтальний стержень довжиною $l = 1$ м обертається навколо вертикальної осі, що проходить через один з його кінців. Вісь обертання паралельна напрямку магнітного поля з індукцією $B = 50$ мкТл. Чому дорівнює частота обертання стержня, якщо різниця потенціалів на його кінцях $U = 1$ мВ?

59 При рівномірній зміні сили струму від 1 до 6 А за 0,1 с в котушці виникає ЕРС самоіндукції 50 В. Яка індуктивність котушки?

60 Магнітний потік через замкнений контур опором 2 Ом рівномірно зростає від 0 до $3 \cdot 10^{-4}$ Вб. Визначити, який заряд проходить при цьому через поперечний переріз провідника.

Контрольна робота 4

КВАНТОВА ОПТИКА ТА ЯДЕРНА ФІЗИКА

При розв'язанні задач з розділу «Квантова оптика та ядерна фізика» доцільно користуватися формулами, наведеними у таблицях 4.1-4.2.

ТЕМА 4.1. Теплове випромінювання та квантові властивості світла

ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ФОРМУЛИ

Таблиця 4.1

Формула	Назва формули	Пояснення
1	2	3
$R = \frac{W}{St}$	Енергетична світність тіла (інтегральна випромінювальна здатність тіла)	W – енергія електромагнітних хвиль, випромінюваних у всьому діапазоні довжин хвиль (або частот) за час t з площі S поверхні тіла в усіх напрямках (у межах тілесного кута 2π)
$r(\nu, T) = \frac{dR}{d\nu}$ $r(\lambda, T) = \frac{dR}{d\lambda}$	Спектральна випромінювальна здатність тіла (спектральна густина енергетичної світності)	dR – потік випромінювання з одиниці поверхні тіла в діапазоні частот від ν до $d\nu$ або в інтервалі довжин хвиль від λ до $d\lambda$
$a(\lambda, T) = \frac{d\Phi_{\text{погл}}}{d\Phi_{\text{над}}}$	Спектральна поглинальна здатність тіла	$\Phi_{\text{погл}}$ – світловий потік, поглинений тілом; $\Phi_{\text{над}}$ – світловий потік, що падає на тіло
$a(\lambda, T) = a^*(\lambda, T) = 1$	Умова для абсолютно чорного тіла	

Продовження таблиці 4.1

1	2	3
$a(\lambda, T) = 0$	Умова для абсолютно дзеркального (білого) тіла	
$a(\lambda, T) = const$	Умова сірості тіла	
$\frac{r(\lambda, T)}{a(\lambda, T)} = f(\lambda, T)$ $\frac{r(\omega, T)}{a(\omega, T)} = \varphi(\omega, T)$	Закон Кірхгофа	$f(\lambda, T)$ – функція Кірхгофа, що залежить від довжини хвилі та температури тіла, $\varphi(\omega, T)$ – функція Кірхгофа, що залежить від частоти та температури тіла
$\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$	Закон зміщення Віна	λ_{\max} – довжина хвилі, на яку припадає максимум спектральної густини енергетичної світності абсолютно чорного тіла; $b = 2,89 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$ – стала в законі зміщення Віна; T – абсолютна температура тіла
$r_{\max}^*(\lambda, T) = cT^5$	Закон випромінювання Віна	$c = 1,29 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}^5}$ – стала закону випромінювання Віна
$R^* = \sigma T^4$	Закон Стефана – Больцмана	$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4}$ – стала Стефана – Больцмана
$\varepsilon_f = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$ $m_f = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{h}{c\lambda}$ $p_f = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$	Енергія, маса та імпульс фотона	ν - частота світла; λ - довжина хвилі світла

Продовження таблиці 4.1

1	2	3
$h\nu = A_{\text{вих}} + T_{\text{max}}$	<p>Рівняння Ейнштейна для зовнішнього фотоефекту</p>	<p>$A_{\text{вих}}$ – робота виходу електрона з поверхні речовини, T_{max} – максимальна кінетична енергія електронів, що вилетіли. Якщо виконується умова $h\nu \ll m_0c^2$, де $m_0c^2 = 511 \text{ кэВ}$ – енергія спокою електрона, то $T_{\text{max}} = \frac{m\nu_{\text{max}}^2}{2}$</p>
$\lambda_{\text{чер}} = \frac{hc}{A_{\text{вих}}}$ $\nu_{\text{чер}} = \frac{A_{\text{вих}}}{h}$	<p>Червона межа фотоефекту</p>	<p>Максимальна довжина хвилі $\lambda_{\text{чер}}$ (мінімальна частота $\nu_{\text{чер}}$), починаючи з якої фотоефект припиняється</p>
$\lambda' - \lambda = \Delta\lambda = \frac{h}{m_0c}(1 - \cos\theta)$	<p>Формула ефекту Комптона</p>	<p>λ' – довжина хвилі розсіяного випромінювання, λ – довжина хвилі випромінювання, що падає, $\Delta\lambda$ – зміна довжини хвилі рентгенівського випромінювання при Комptonівському розсіюванні (Комptonівське зміщення), θ – кут розсіювання; $\frac{h}{m_0c} = \lambda_K$ – Комptonівська довжина хвилі. При розсіюванні фотонів на електронах $\lambda_K = 2,426 \text{ пм}$</p>

Продовження таблиці 4.1

1	2	3
$\lambda_{\min} = \frac{hc}{eU}$	Короткохвильова межа гальмівного рентгенівського випромінювання	$e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл – заряд електрона, U – напруга на рентгенівській трубці
$p = \langle w \rangle (1 + \rho) \cos^2 \alpha = \frac{I}{c} (1 + \rho) \cos^2 \alpha$	Тиск світла при падінні його на поверхню тіла	ρ – коефіцієнт відбиття світла поверхнею; α – кут падіння світла; $\langle w \rangle$ – середнє значення об'ємної густини енергії випромінювання; I – інтенсивність електромагнітної хвилі, що падає

ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ

Приклад 4.1

Потужність випромінювання абсолютно чорного тіла $N = 10$ кВт. Визначити площу S випромінюючої поверхні тіла, якщо максимум спектральної густини його енергетичної світності припадає на довжину хвилі $\lambda_0 = 700$ нм.

Дано:	СІ
$N = 10$ кВт	10^4 Вт
$\lambda_0 = 700$ нм	$7 \cdot 10^{-7}$ м

$S - ?$

Розв'язання

За законом Стефана – Больцмана енергетична світність абсолютно чорного тіла:

$$R_e = \sigma T^4. \text{ З другого боку: } R_e = \frac{W}{S \cdot t} = \frac{N}{S},$$

$$\text{Прирівняємо ці вирази: } \frac{N}{S} = \sigma T^4,$$

$$\text{Звідси } S = \frac{N}{\sigma T^4}.$$

За законом зміщення Віна:

$\lambda_0 = \frac{b}{T}$, де $b=2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$ – стала Віна.

Звідси абсолютна температура:

$$T = \frac{b}{\lambda_0}.$$

Тоді $S = \frac{N \cdot \lambda_0^4}{\sigma \cdot b^4}$ – робоча формула.

$$S = \frac{\text{Вт} \cdot \text{м}^4 \cdot \text{м}^2 \cdot \text{К}^4}{\text{Вт} \cdot \text{м}^4 \cdot \text{К}^4} = \text{м}^2;$$

$$S = \frac{10^4 (7 \cdot 10^{-7})^4}{5,67 \cdot 10^{-8} (2,9 \cdot 10^{-3})^4} = 5,99 \cdot 10^{-4} \approx 6 \cdot 10^{-4} (\text{м}^2).$$

Приклад 4.2

З якою швидкістю v рухається електрон, якщо його кінетична енергія дорівнює енергії фотона з довжиною хвилі $\lambda = 520 \text{ нм}$?

Дано:

$$\lambda = 520 \text{ нм} = 5,2 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$E_{\text{ел}} = E_{\text{ф}}$$

$v = ?$

Розв'язання

Енергія фотона обчислюється за формулою $E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$,

де $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ – маса електрона;

$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ – швидкість світла у вакуумі;

$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ – стала Планка.

Кінетична енергія електрона

$$E = \frac{m \cdot v^2}{2}.$$

Прирівняємо $\frac{h \cdot c}{\lambda} = \frac{m \cdot v^2}{2}$, звідси знайдемо швидкість електрона

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot h \cdot c}{\lambda \cdot m}};$$

$$[v] = \sqrt{\frac{\text{Дж} \cdot \text{с} \cdot \text{м}}{\text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}}} = \sqrt{\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^2 \cdot \text{кг}}} = \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \times 6,62 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{5,2 \times 10^{-7} \times 9,11 \times 10^{-31}}} = 9,2 \times 10^5 \text{ (м/с)}.$$

Приклад 4.3

Імпульс, який переносить монохроматичний пучок фотонів через площадку $S = 2 \text{ см}^2$ за час $t = 0,5 \text{ хв}$, становить $P = 3 \cdot 10^{-9} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$. Чому дорівнює енергія цього пучка W_1 , яка падає на одиницю площі за одиницю часу?

Дано:	СІ	Розв'язання
$S = 2 \text{ см}^2$ $t = 0,5 \text{ хв}$ $P = 3 \cdot 10^{-9} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$	$2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ 30 с	<p>Енергія фотона обчислюється за формулою $E = h \cdot \nu$, з другого боку, $E = m_\phi \cdot c^2$.</p> <p>Тоді $h \cdot \nu = m_\phi \cdot c^2$, $m_\phi = \frac{h \cdot \nu}{c^2}$ – маса фотона,</p> <p>$p = m_\phi \cdot c = \frac{h \cdot \nu}{c^2} \cdot c = \frac{h \cdot \nu}{c}$ – імпульс фотона.</p> <p>Імпульс N фотонів дорівнює $\frac{h \cdot \nu}{c} N = p$.</p> <p>Енергія всіх фотонів $E = h \cdot \nu \cdot N$, отже, звідси $E = h \cdot \nu \cdot N = c \cdot p$, де c – швидкість світла у вакуумі.</p> $W_1 = \frac{E}{S \cdot t} = \frac{c \cdot p}{S \cdot t};$ $[W_1] = \frac{\text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с} \cdot \text{с} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^2 \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}} = \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}.$ $W_1 = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 3 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 10^{-4} \cdot 30} = 1,5 \cdot 10^2 \left(\frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}} \right).$
$W_1 - ?$		

Приклад 4.4

Довжина хвилі світла, яка відповідає червоній межі фотоефекту для деякого металу, $\lambda_{\text{чер}} = 275 \text{ нм}$. Яка мінімальна енергія фотона, що спричиняє фотоефект?

Дано:	СІ	Розв'язання
$\lambda_{\text{чер}} = 275 \text{ нм}$	$2,75 \cdot 10^{-7} \text{ м}$	Червону межу фотоефекту
$E_{\text{min}} - ?$		розраховують за формулою $\lambda_{\text{чер}} = \frac{h \cdot c}{A_{\text{вих}}}$.
		Отже, мінімальна енергія дорівнює роботі виходу електрона з речовини.
		$E_{\text{min}} = A_{\text{вих}} = \frac{h \cdot c}{\lambda_{\text{чер}}},$
		$[E] = \frac{\text{Дж} \cdot \text{с} \cdot \text{м}}{\text{с} \cdot \text{м}} = \text{Дж}.$
		$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ – стала Планка
		$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ – швидкість світла у вакуумі.
		$E_{\text{min}} = A_{\text{вих}} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{275 \cdot 10^{-9}} = 7,2 \cdot 10^{-19} (\text{Дж}) = 4,5 \text{ eV}.$
		Відповідь можна виражати в електрон – вольтах ($1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$).
		$E_{\text{eV}} = \frac{7,2 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 4,5 (\text{eV}).$

Приклад 4.5

Монохроматичний пучок світла ($\lambda = 490 \text{ нм}$) падає по нормалі до поверхні і створює світловий тиск $P = 4,9 \text{ мкПа}$. Скільки фотонів падає за одиницю часу на одиницю площі цієї поверхні? Коефіцієнт відбивання світла $\rho = 0,25$.

<p>Дано: $\lambda = 490 \text{ нм}$ $P = 4,9 \text{ мкПа}$ $\rho = 0,25$</p>	<p>СІ $4,9 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ $4,9 \cdot 10^{-6} \text{ Па}$</p>	<p>Розв'язання</p> <p>Скористаємося формулою для тиску світла $P = \frac{I}{c}(1 + \rho)$, де P – тиск світла; I – інтенсивність світла.</p> <p>$I = \frac{W}{S \cdot t}$ – інтенсивність світла дорівнює енергії, що падає на одиницю площі за одиницю часу; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ – швидкість світла у вакуумі; ρ – коефіцієнт відбиття.</p> <p>$I = \frac{P \cdot c}{1 + \rho}$</p> <p>Енергія одного фотона $E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$, тоді кількість фотонів, які падають на одиницю площі за одиницю часу:</p> <p>$N = \frac{I}{E} = \frac{I}{\frac{h \cdot c}{\lambda}}, \quad N = \frac{I \cdot \lambda}{h \cdot c} = \frac{P \cdot c \cdot \lambda}{(1 + \rho) h \cdot c}$</p> <p>$N = \frac{P \cdot \lambda}{(1 + \rho) h}$ – робоча формула;</p> <p>$N = \frac{4,9 \cdot 10^{-6} \cdot 4,9 \cdot 10^{-7}}{(1 + 0,25) \cdot 6,62 \cdot 10^{-34}} = 2,9 \cdot 10^{21} .$</p>
<p>$N - ?$</p>		

ТЕМА 4.2. Елементи ядерної фізики

ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ФОРМУЛИ

Таблиця 4.2

Формула	Назва формули	Пояснення
1	2	3
$N = N_0 \exp(-\lambda t)$	Закон радіоактивного розпаду ядер атомів	N – кількість атомів у момент часу t ; N_0 – вихідна кількість атомів (у момент часу $t = 0$); λ – постійна розпаду
$T = \frac{\ln 2}{\lambda}$	Період напіврозпаду	T – проміжок часу, протягом якого розпадається половина наявних радіоактивних ядер
$a = \left \frac{dN}{dt} \right = \lambda N$	Активність радіоактивної речовини	a – кількість ядер радіоактивної речовини, що розпадаються за одиницю часу t
$\tau = \frac{1}{\lambda}$	Середній час життя радіоактивного ядра	τ – проміжок часу, за який число атомів, що розпадаються, зменшується в e раз
$a = a_0 \exp(-\lambda t)$	Закон зменшення активності радіоактивних речовин	a_0 – активність речовини у початковий момент часу (при $t = 0$)
$E_{зв} = \Delta m c^2$	Енергія зв'язку ядра атома	Δm – дефект маси, $c = 3 \times 10^8$ м/с – швидкість світла у вакуумі

Продовження таблиці 4.2

1	2	3
$\Delta m = Zm_p -$ $-(A-Z) \cdot m_n - m_{\text{я}}$	Дефект маси	Z – кількість протонів у ядрі (порядковий номер елемента в таблиці Менделєєва); A – масове число (кількість протонів та нейтронів у ядрі); $m_n, m_p, m_{\text{я}}$ – маси протона, нейтрона і ядра відповідно. Числові значення: $m_p = 1,67265 \cdot 10^{-27}$ кг = $= 1,00728$ а.е.м.; $m_n = 1,67495 \cdot 10^{-27}$ кг = $= 1,00867$ а.е.м.; 1 а.е.м. (атомна одиниця маси) = $1,66057 \cdot 10^{-27}$ кг

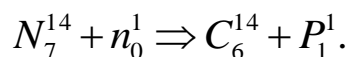
ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ

Приклад 4.6

При бомбардуванні ізотопу N_7^{14} нейтронами утворюється ізотоп вуглецю C_6^{14} , який є β -радіоактивним. Написати рівняння обох реакцій.

Розв'язання

При всіх ядерних реакціях застосовується закон збереження зарядового і масового чисел.

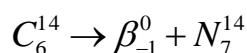


n_0^1 – нейтрон;

P_1^1 – протон.

$7+0=6+1$ – закон збереження зарядового числа.

$14+1=14+1$ – закон збереження масового числа.



У результаті реакції знову утворюється ізотоп азоту N_7^{14} ; β_{-1}^0 – електрон.

Приклад 4.7

Яка енергія зв'язку $W_{зв}$ припадає на один нуклон у ядрі атома кисню?

<p>Дано: $Z=8$ $M=16$</p> <hr/> <p>$W_{зв/нуклон} - ?$</p>	<p style="text-align: center;">Розв'язання</p> <p>Енергія зв'язку ядра будь-якого ізотопу визначається співвідношенням $W_{зв} = \Delta m \cdot c^2$, де Δm – дефект маси, тобто різниця між масою частинок, з яких складається ядро, і масою самого ядра.</p> $\Delta m = Zm_p + (M - Z)m_n - m_я,$ <p>де Z – порядковий номер ізотопу; M – масове число; m_p – маса протона; m_n – маса нейтрона; $m_я$ – маса ядра ізотопу.</p> <p>Маса ядра менша від маси атома на суму мас усіх електронів</p> $m_я = m_A - Zm_e,$ <p>де m_A – маса атома; m_e – маса електрона, тоді</p> $\Delta m = Zm_{H_1^1} + (M - Z)m_n - m_A,$ <p>де $m_{H_1^1}$ – маса ізотопу водню H_1^1, m_A – маса атома.</p> <p>$W = \Delta m \cdot 938,8 \text{ MeV}$ – енергію зв'язку можна розрахувати за цією формулою, якщо Δm виражати в атомних одиницях маси.</p> $W_{зв/нукл} = \frac{W}{M} = \frac{[Zm_{H_1^1} + (M - Z)m_n - m_A] \cdot 931,8}{M} -$
--	---

питома енергія зв'язку,
де M – кількість нуклонів у ядрі. Протони і нейтрони називаються нуклонами, отже, кількість нуклонів у ядрі дорівнює M – масовому числу.

Візьмемо з таблиці такі дані:

$$m_{H_1^1} = 1,0079 \text{ а.о.м.}; \quad m_{n_0^1} = 1,00867 \text{ а.о.м.};$$

$$m_A = 15,9994 \text{ а.о.м.}$$

$$W_{\text{зв/нукл}} = \frac{[8 \cdot 1,0079 + (16 - 8) \cdot 1,00867 - 15,9994] \cdot 931,8}{16} = 7,93 \frac{\text{MeV}}{\text{нукл}}.$$

Приклад 4.8

Визначити енергію Q , що поглинається при реакції $N_7^{14} + H_1^1 \Rightarrow H_1^1 + O_8^{17}$.

Розв'язання

Зміна енергії при ядерній реакції $Q = c^2 \cdot (\sum m_1 - \sum m_2)$,

де $\sum m_1$ – сума мас частинок до реакції;

$\sum m_2$ – сума мас частинок після реакції.

Якщо $\sum m_1 > \sum m_2$, то при реакції енергія виділяється.

Якщо $\sum m_1 < \sum m_2$, то при реакції енергія поглинається.

Якщо $\sum m_1$ і $\sum m_2$ виражені в атомних одиницях маси, то $Q = 931,8(\sum m_1 - \sum m_2) \text{ MeV}$.

Візьмемо з таблиці: $m_{N_7^{14}} = 14,00307 \text{ а.о.м.}; \quad m_{H_1^1} = 1,00783 \text{ а.о.м.};$

$m_{He_2^4} = 4,00260 \text{ а.о.м.} \quad m_{O_8^{17}} = 16,99913 \text{ а.о.м.}$

$$Q = 931,8[14,00307 + 4,00260 - (1,00783 + 16,99913)] = -1,18 \text{ MeV}.$$

Приклад 4.9

Деякий радіоактивний ізотоп має сталу розпаду $\lambda = 4 \cdot 10^{-7} \text{ 1/с}$. За який час t розпадеться 75 % початкової маси m атомів?

<p>Дано: $\lambda = 4 \cdot 10^{-7} \text{ 1/c}$ $\Delta m = 0.75 \text{ m}$</p> <hr/> <p>$t - ?$</p>	<p style="text-align: center;">Розв'язання</p> <p>Основний закон радіоактивного розпаду $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$, де N_0 – кількість атомів у момент часу $t = 0$, N – кількість атомів, які залишилися через час t, λ – стала радіоактивного розпаду.</p> <p>75 % атомів розпалося за час t, отже, залишилося 25 %.</p> $N = 0,25N_0 \quad 0,25N_0 = N_0 e^{-\lambda t} \quad 0,25 = e^{-\lambda t}$ $\ln 0,25 = -\lambda t$ $t = \frac{\ln 0,25}{-\lambda} = -\frac{1,386}{4 \cdot 10^{-7}} = 0,35 \cdot 10^7 \text{ c}$ $t = \frac{0,35 \cdot 10^7}{24 \cdot 3600} = 40 \text{ дїб} .$
---	---

Приклад 4.10

Визначити масу m полонію Po_{84}^{210} , активність якого $a = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$.

<p>Дано: Po_{84}^{210} $a = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$ $T_{1/2} = 138 \text{ дїб}$ $m_a = 209 \text{ а.о.м.}$ $m - ?$</p>	<p>СІ</p> <p>$138 \cdot 24 \times$ $\times 3600 \text{ c}$ $209 \cdot 1,66 \times$ $\times 10^{-27} \text{ кг}$</p>	<p style="text-align: center;">Розв'язання</p> <p>Активністю a називається кількість розпадів за одиницю часу.</p> $a = \frac{aN}{at} = -\lambda N, \quad a = \lambda N .$ <p>Звідси отримаємо кількість атомів</p> $N = \frac{a}{\lambda}, \quad \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}},$ <p>де λ – стала розпаду; $T_{1/2}$ – період піврозпаду.</p> <p>Періодом піврозпаду називається час, протягом якого розпадається половина атомів радіоактивного ізотопу.</p> <p>Період піврозпаду Po_{84}^{210} становить 138 дїб, маса одного атома $m_a = 209 \text{ а.о.м.}$,</p>
---	---	---

$$1 \text{ а.о.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$

$$m = N \cdot m_a = \frac{a}{\lambda} m_a = \frac{a \cdot T_{1/2}}{\ln 2} m_a$$

$$m = \frac{3,7 \cdot 10^{10} \cdot 138 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 209 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27}}{0,693} =$$

$$= 22,1 \cdot 10^{-8} \text{ (кг)}$$

ТАБЛИЦЯ ВАРІАНТІВ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ 4

Варіант	Задача					
1	1	2	3	4	5	6
2	7	8	9	10	11	12
3	13	14	15	16	17	18
4	19	20	21	22	23	24
5	25	26	27	28	29	30
6	31	32	33	34	35	36
7	37	38	39	40	41	42
8	43	44	45	46	47	48
9	49	50	51	52	53	54
10	55	56	57	58	59	60

ЗАДАЧІ ДО КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ 4

1 Визначити температуру T печі, якщо відомо, що випромінювання з отвору в ній площею $S = 6,1 \text{ см}^2$ має потужність $N = 34,6 \text{ Вт}$. Випромінювання вважати таким, яке випромінює абсолютно чорне тіло.

2 На яку довжину хвилі припадає максимум спектральної густини енергетичної світності абсолютно чорного тіла, що має температуру 37°C ?

3 Визначити затримуючу різницю потенціалів для електронів, які вириваються при освітлюванні калію світлом з довжиною хвилі $\lambda = 330 \text{ нм}$. Робота виходу з калію дорівнює 2 eV .

4 На поверхню площею $S = 0,01 \text{ м}^2$ за одиницю часу падає світлова енергія $1,5 \text{ Дж/с}$. Визначити світловий тиск, якщо коефіцієнт відбиття $\rho = 1$.

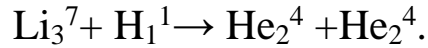
5 Який ізотоп утворюється з Th_{99}^{232} після чотирьох α -розпадів і двох β -розпадів?

- 6 Скільки протонів і нейтронів входить до ядра Mg_{12}^{26} ?
- 7 Потужність випромінювання абсолютно чорного тіла $N = 15 \text{ кВт}$. Чому дорівнює випромінююча поверхня тіла, якщо максимум спектральної густини енергетичної світності цього тіла припадає на довжину хвилі $5 \cdot 10^{-7} \text{ м}$?
- 8 Яку енергію має фотон, якщо його маса дорівнює масі спокою електрона $m_2 = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$?
- 9 На поверхню площею $S = 0,01 \text{ м}^2$ за одиницю часу падає світлова енергія $1,05 \text{ Дж/с}$. Чому дорівнює тиск світла, якщо поверхня цілком поглинає всі промені, що падають на неї?
- 10 Який ізотоп утворюється з U_{92}^{238} після двох β -розпадів і одного α -розпаду?
- 11 Визначити енергію зв'язку ядра ізотопу Li_3^7 , якщо відомо
 $m(Li_3^7) = 7,016 \text{ а.о.м.}$; $m(H_1^1) = 1,00783 \text{ а.о.м.}$;
 $m(n_0^2) = 1,00867 \text{ а.о.м.}$
- 12 Чому дорівнює кількість протонів і нейтронів у ядрі H_2^4 ?
- 13 Яку енергетичну світність R_e має абсолютно чорне тіло, якщо максимум спектральної густини його енергетичної світності припадає на довжину хвилі $\lambda = 484 \text{ нм}$?
- 14 Визначити енергію, масу й імпульс фотона, якщо йому відповідає довжина хвилі $\lambda = 1,6 \text{ нм}$.
- 15 Чому дорівнює стала Планка, якщо відомо, що електрони, які вириваються з металу світлом з частотою $\nu_1 = 2,2 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$, повністю затримуються різницею потенціалів $U_1 = 6,6 \text{ В}$, а ті, що вириваються світлом з частотою $\nu_2 = 4,6 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$, – різницею потенціалів $U = 16,5 \text{ В}$?
- 16 Монохроматичний пучок світла ($\lambda = 490 \text{ нм}$) падає по нормалі до поверхні і створює світловий тиск $P = 4,9 \text{ мкПа}$. Скільки фотонів падає за одиницю часу на одиницю площі цієї поверхні? Поверхня є дзеркальною.
- 17 Який ізотоп утворюється з Li_3^7 після одного β -розпаду й одного α -розпаду?
- 18 Знайти енергію зв'язку Cd_{48}^{112} .
 $m(H_1^1) = 1,00783 \text{ а.о.м.}$; $m(n_0^1) = 1,00867 \text{ а.о.м.}$;
 $m(Cd_{48}^{112}) = 111,90276 \text{ а.о.м.}$
- 19 Температура T абсолютно чорного тіла змінилася при нагріванні його від $T_1 = 1000 \text{ К}$ до $T_2 = 3000 \text{ К}$. У скільки разів зросла при цьому його енергетична світність R_e ?

20 Визначити величину кванта енергії, який відповідає довжині світлової хвилі $\lambda = 7,6 \cdot 10^{-7} \text{ м}$.

21 Робота виходу електрона з вольфраму $4,5 \text{ eV}$. Чому дорівнює червона межа фотоефекту?

22 Визначити енергію Q , що виділяється при реакції



$$m(\text{Li}_3^7) = 7,016 \text{ а.о.м.}; m(\text{H}_1^1) = 1,00783 \text{ а.о.м.};$$

$$m(\text{He}_2^4) = 4,00260 \text{ а.о.м.}$$

23 Скільки протонів і нейтронів міститься в ядрі U_{92}^{235} ?

24 Деякий радіоактивний ізотоп має сталу розпаду $\lambda = 4 \cdot 10^{-7} \text{ 1/с}$. Через який час розпадається 50 % початкової маси m атомів?

25 Температура абсолютно чорного тіла змінилася при нагріванні від $T_1 = 1000 \text{ K}$ до $T_2 = 3000 \text{ K}$. На скільки змінилася довжина хвилі λ , на яку припадає максимум спектральної густини енергетичної світності?

26 Фотони з енергією $4,9 \text{ eV}$ виривають електрони з металу з роботою виходу $4,5 \text{ eV}$. Чому дорівнює (в джоулях) максимальна кінетична енергія електронів?

27 Яка енергія виділиться в результаті ядерної реакції $\text{Be}_4^9 + \text{He}_2^4 \rightarrow \text{C}_6^{12} + n_0^1$?

$$m(\text{Be}_4^9) = 9,01219 \text{ а.о.м.}; m(\text{C}_6^{12}) = 12,0000 \text{ а.о.м.};$$

$$m(\text{He}_2^4) = 4,00260 \text{ а.о.м.}; m(n_0^1) = 1,00867 \text{ а.о.м.}$$

28 Унаслідок радіоактивного розпаду U_{92}^{238} перетворюється на Pb_{82}^{206} . Скільки α - і β - розпадів відбувається при цьому?

29 Чим відрізняються ядра ізотопів O_8^{18} , O_8^{17} , O_8^{16} ?

30 Визначити активність Po_{84}^{210} . Відомо, що період його піврозпаду становить 138 діб, маса полонію – $0,22 \text{ мг}$, маса одного атома полонію

$$m_a = 34,9 \cdot 10^{-27} \text{ кг}.$$

31 Абсолютно чорне тіло має температуру $T_1 = 2900 \text{ K}$. Внаслідок остигання тіла довжина хвилі, на яку припадає максимум спектральної густини енергетичної світності, змінилася на $\Delta\lambda = 9 \text{ мкм}$. До якої температури T_2 охолотило тіло?

32 Визначити тиск світла на стінки сферичної колби, у центрі якої поміщено джерело випромінювання потужністю 100 Вт . Радіус колби дорівнює 5 см , коефіцієнт відбиття $\rho = 0,5$.

33 Обчислити дефект маси ядра N_7^{14} .

$$m(n_0^1) = 1,00867 \text{ а.о.м.}, m(p_1^1) = 0,00781 \text{ а.о.м.},$$

$$m(N_7^{14}) = 14,00304 \text{ а.о.м.}$$

34 Яку найменшу різницю потенціалів гальмуючого поля треба прикласти між анодом і катодом, щоб зупинити фотоелектрони, що вилітають з катода при освітлюванні його променями з довжиною хвилі $\lambda = 200 \text{ нм}$, якщо робота виходу $A_{\text{вих}} = 4 \text{ eV}$?

35 Визначити масу й імпульс фотона, якщо його довжина хвилі дорівнює $16 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}$?

36 Скільки протонів і нейтронів у ядрі U_{92}^{233} ?

37 Яка довжина хвилі відповідає кванту з енергією $4,5 \text{ eV}$?
 $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$?

38 Яку довжину хвилі мають фотони, якщо електрони, які емітують при фотоелекті з металеві пластини, мають швидкість $5 \cdot 10^9 \text{ см/с}$? Робота виходу $A_{\text{вих}} = 6,3 \text{ eV}$.

39 Потужність випромінювання абсолютно чорного тіла $N = 34 \text{ кВт}$. Яку температуру T має тіло, якщо відомо, що його поверхня $S = 0,6 \text{ м}^2$?

40 Чим відрізняються ядра U_{92}^{283} та U_{92}^{235} ?

41 Скільки атомів залишилося після розпаду полонію протягом 25 діб ? Період піврозпаду $T_{1/2} = 138 \text{ діб}$. Початкова кількість атомів $N_0 = 6 \cdot 10^{28}$ атомів.

42 Яка енергія Q виділяється при реакції $H_1^2 + H_1^2 \rightarrow H_1^1 + H_1^3$?

$$m(H_1^2) = 2,01410 \text{ а.о.м.}, m(H_1^1) = 1,00783 \text{ а.о.м.},$$

$$m(H_1^3) = 3,01605 \text{ а.о.м.}$$

43 При нагріванні абсолютно чорного тіла довжина хвилі λ , на яку припадає максимум спектральної густини випромінювання, змінилася від 640 до 500 нм . У скільки разів змінилася при цьому енергетична світність тіла R_e ?

44 З якою швидкістю v має рухатись електрон, щоб його імпульс ($p = m_e v$) дорівнював імпульсу фотона з довжиною хвилі $\lambda = 520 \text{ нм}$?

45 Обчислити дефект маси ядра ізотопу неону Ne_{10}^{20} .

$$m(p_1^1) = 1,6727 \cdot 10^{-27} \text{ кг}, m(n_0^1) = 1,6748 \cdot 10^{-27} \text{ кг},$$

$$m(Ne_{10}^{20}) = 33,1888 \cdot 10^{-27} \text{ кг}.$$

46 У реакторі атомної електростанції за $1,5$ год ділиться $1,5 \text{ г}$ U_{92}^{235} . Визначити електричну потужність станції, якщо її ККД 10% , а при діленні одного ядра виділяється енергія 200 MeV .

47 При фотоефекті з платинової поверхні затримуючий потенціал дорівнює 0,8 В. Яку довжину хвилі має світло, що падає? Червона межа фотоефекту $\lambda_{\text{чер}} = 2,64 \cdot 10^{-7} \text{ м}$.

48 Скільки протонів і нейтронів міститься в ядрі Po_{94}^{239} ?

49 У яких областях спектра лежать довжини хвиль, які відповідають максимуму спектральної густини випромінювання, якщо джерелом світла є:

1) спіраль електричної лампочки, $T_1 = 3000 \text{ К}$;

2) поверхня Сонця, $T_2 = 6000 \text{ К}$;

3) атомна бомба, $T_3 = 10^7 \text{ К}$.

50 В одному з дослідів Лебедева потужність світла, що падає на кружок, дорівнює $N = 8,33 \text{ мВт}$. Скільки фотонів падає за одиницю часу на одиницю площі, якщо $\rho = 0,5$ – коефіцієнт відбиття. Довжина хвилі світла, що падає, $\lambda = 560 \text{ нм}$.

51 На скільки змінилась енергія електрона в атомі водню при випромінюванні атомом фотона з довжиною хвилі $4,86 \cdot 10^{-7} \text{ м}$?

$$h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}; c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}.$$

52 Унаслідок захоплення α -частинки (He_2^4) ядром ізотопу N_7^{14} утворюється невідомий елемент і протон P_1^1 . Написати реакцію і визначити невідомий елемент.

53 Червона межа фотоефекту для калію відповідає довжині хвилі 0,6 мкм. Визначити роботу виходу електрона з калію. Відповідь виразити в електрон-вольтах.

54 Яка кількість урану U_{92}^{235} витрачається за добу на атомній електростанції потужністю 5000 кВт? ККД 17 %. При кожному акті розпаду одного атома виділяється енергія 200 МеВ.

55 Скільки фотонів потрапляє за одну секунду на сітківку ока людини, якщо воно сприймає світло з довжиною хвилі 0,5 мкм при потужності світлового потоку $2 \cdot 10^{-17} \text{ Вт}$?

56 Температура вольфрамової спіралі у 25-ватній електричній лампочці $T = 2450 \text{ К}$. Відношення її енергетичної світності до енергетичної світності абсолютно чорного тіла при цій температурі $\kappa = 0,3$. Яку площу S має поверхня спіралі, що випромінює?

57 Імпульс, який переносить монохроматичний пучок фотонів крізь площу $S = 2 \text{ см}^2$ за час $t = 0,5 \text{ хв}$, становить $p = 3 \cdot 10 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$. Яка енергія пучка W падає на одиницю площі за одиницю часу?

58 Яку максимальну швидкість мають фотоелектрони, що вириваються з поверхні металу світлом з довжиною хвилі $\lambda = 180 \text{ нм}$? Червона межа фотоелектру $\lambda_0 = 275 \text{ нм}$.

59 Скільки протонів, нейтронів і електронів міститься в атомі Hg_{80}^{200} ?

60 Яка енергія зв'язку відповідає дефекту маси $\Delta m = 0,0123 \text{ а.о.м.}$?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Трофимова, Т. И. Курс физики [Текст]: учеб. пособие / Т. И. Трофимова. – 7-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2001. – 542 с.

2 Детлаф, А. А. Курс физики [Текст]: учеб. пособие для вузов / А. А. Детлаф. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 1999. – 718 с.

3 Савельев, И. В. Курс общей физики [Текст]: в 3 т. / И. В. Савельев. – М.: Наука, 1977. – Т. 1. – 233 с; 1978. – Т. 2. – 233 с.

4 Сивухин, Д. В. Общий курс физики [Текст]: в 5 т / Д. В. Сивухин. – М.: Наука, 1974. – Т. 1. Механика. – 233 с.

5 Иродов, И. Е., Основные законы механики [Текст] / И. Е. Иродов. – М.: Высш. шк., 1985. – 233 с.

6 Физика. Программа, методические рекомендации и контрольные задания по физике для студентов факультета заочного образования [Текст] / В. Г. Падалка, Е. Н. Гладченко, Н. И. Глущенко и др. – Харьков: «ХАИ», 2001. – Ч. I. – 151 с.

7 Чертов, А. Г. Задачник по физике для вузов [Текст] / А. Г. Чертов. – 4-е изд., испр. – М.: Интеграл – Пресс, 1988. – 544 с.

8 Волькенштейн, В. С. Сборник задач по общему курсу физики [Текст]: учеб. пособие / В. С. Волькенштейн. – 11-е изд., перераб. – М.: Наука: Физматлит, 1985. – 384 с.