

Екзаменаційні білети з фізики 2025-2026

ЕКЗАМЕНЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 1

1. **Знання термінології.** Дайте означення наступних термінів: швидкість, прискорення, маса, імпульс.

ВІДПОВІДЬ:

- **Швидкість:** Векторна фізична величина, що характеризує швидкість зміни положення тіла в просторі відносно певної системи відліку, визначається як перша похідна радіус-вектора положення по часу.
- **Прискорення:** Векторна фізична величина, що характеризує швидкість зміни швидкості тіла з часом, тобто є першою похідною швидкості по часу, показуючи зміну модуля та/або напрямку швидкості.
- **Маса:** Скалярна фізична величина, що є мірою інертності тіла (його здатності опиратися зміні стану руху) та мірою його гравітаційної взаємодії з іншими тілами.
- **Імпульс (кількість руху):** Векторна фізична величина, що дорівнює добутку маси тіла на його швидкість і є кількісною мірою механічного руху тіла.

2. **Теоретичне питання.** Дайте розгорнуту відповідь на теоретичне питання. Момент інерції тіла. Основний закон динаміки обертального руху твердого тіла відносно нерухомої осі. Закон збереження моменту імпульсу.

ВІДПОВІДЬ:

Момент інерції тіла — це скалярна фізична величина, яка характеризує інертність тіла при його обертальному русі навколо певної осі, аналогічна масі в поступальному русі. Для матеріальної точки відносно осі обертання він дорівнює добутку її маси на квадрат відстані до осі ($I = mr^2$); для системи точок або твердого тіла це сума (або інтеграл) моментів інерції всіх його частинок.

Основний закон динаміки обертального руху твердого тіла відносно нерухомої осі стверджує, що сумарний момент сил, що діє на тіло відносно цієї осі, дорівнює добутку моменту інерції тіла відносно тієї ж осі на його кутове прискорення: $M = I\epsilon$. Цей закон є обертальним аналогом другого закону Ньютона.

Закон збереження моменту імпульсу формулюється так: у замкненій системі тіл, де сумарний зовнішній момент сил, що діє на систему, дорівнює нулю, повний момент імпульсу системи залишається незмінним ($L = \text{const}$). Момент імпульсу (або кутовий момент) тіла відносно осі визначається як добуток моменту інерції на кутову швидкість ($L = I\omega$).

3. **Теоретичне питання.** Дайте розгорнуту відповідь на теоретичне питання. Ламінарна і турбулентна течії рідин.

ВІДПОВІДЬ:

Ламінарна течія (або шарувата) характеризується впорядкованим рухом рідини, при якому її шари ковзають один відносно одного без інтенсивного перемішування. Частинки рідини рухаються вздовж гладких, паралельних траєкторій, не перетинаючись, і це відбувається при малих швидкостях або у в'язких рідинах.

Турбулентна течія характеризується хаотичним, невпорядкованим рухом частинок рідини з інтенсивним перемішуванням, вихорами та пульсаціями, що виникає при високих швидкостях потоку, низьких в'язкостях або широких каналах. Перехід від ламінарної до турбулентної течії визначається критичним значенням числа Рейнольдса.

4. **Практичне завдання.** Розв'яжіть практичне завдання. Молекули азоту при температурі 300 К мають середню квадратичну швидкість 517 м/с. Визначте масу молекули азоту та середню кінетичну енергію поступального руху молекули при цій температурі.

ВІДПОВІДЬ:

Дано: $T = 300 \text{ К}$, $\bar{v}_{\text{кв}} = 517 \text{ м/с}$.

Знайти: m_0 , $\bar{E}_{\text{к}}$.

Використані константи: $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$ (стала Больцмана).

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2}kT$$

$$\bar{v}_{KB} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$$

Виведення фінальних формул:

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2}kT$$

$$m_0 = \frac{3kT}{\bar{v}_{KB}^2}$$

$$\bar{E}_k = 6.21 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$$

$$m_0 = 4.646 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$$

5. **Практичне завдання.** Розв'яжіть практичне завдання. У посудині об'ємом 10 л знаходиться 0,5 моль ідеального газу при тиску 200 кПа. Визначте температуру газу та його густину, якщо молярна маса газу 28 г/моль.

ВІДПОВІДЬ:

Дано: $V = 10 \text{ л} = 0.01 \text{ м}^3$, $\nu = 0.5 \text{ моль}$, $P = 200 \text{ кПа} = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$, $M = 28 \text{ г/моль} = 0.028 \text{ кг/моль}$.

Знайти: T , ρ .

Використані константи: $R = 8.314 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$ (універсальна газова стала).

$$PV = \nu RT$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m = \nu M$$

Виведення фінальних формул:

$$T = \frac{PV}{\nu R}$$

$$\rho = \frac{\nu M}{V}$$

$$T = 481.1 \text{ К}$$

$$\rho = 1.4 \text{ кг/м}^3$$

ЕКЗАМЕНЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 2

1. **Знання термінології.** Дайте означення наступних термінів: момент інерції, момент сили, кутова швидкість, кутове прискорення.

ВІДПОВІДЬ:

- **Момент інерції:** Скалярна фізична величина, що є мірою інертності тіла в обертальному русі відносно певної осі, аналогічна масі в поступальному русі.

- **Момент сили:** Векторна фізична величина, що характеризує обертальну дію сили відносно точки або осі, дорівнює векторному добутку радіус-вектора, проведеного від осі обертання до точки прикладання сили, на саму силу.
- **Кутова швидкість:** Векторна фізична величина, що характеризує швидкість зміни кутового положення тіла та напрямком обертання, визначається як перша похідна кута повороту по часу.
- **Кутове прискорення:** Векторна фізична величина, що характеризує швидкість зміни кутової швидкості тіла з часом, дорівнює першій похідній кутової швидкості по часу.

2. **Теоретичне питання.** Дайте розгорнуту відповідь на теоретичне питання. Гармонічні коливання та їх характеристики. Рівняння гармонічних коливань. Перетворення енергії при коливальних процесах.

ВІДПОВІДЬ:

Гармонічні коливання — це коливання, при яких фізична величина змінюється з часом за законом синуса або косинуса, і є найпростішим типом періодичних рухів.

Характеристики гармонічних коливань:

- **Амплітуда (A):** Максимальне відхилення коливної величини від її рівноважного значення.
- **Період (T):** Мінімальний проміжок часу, за який відбувається одне повне коливання.
- **Частота (ν або f):** Кількість повних коливань за одиницю часу ($\nu = 1/T$), вимірюється в Герцах (Гц).
- **Циклічна (кутова) частота (ω):** Кількість коливань за 2π секунд ($\omega = 2\pi\nu$), вимірюється в рад/с.
- **Фаза коливань ($\omega t + \phi_0$):** Аргумент синуса або косинуса, що визначає стан коливальної системи (зміщення та напрямку руху) в певний момент часу, де ϕ_0 — початкова фаза.

Рівняння гармонічних коливань: Загальний вигляд рівняння для зміщення x від положення рівноваги:

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi_0) \quad \text{або} \quad x(t) = A \sin(\omega t + \phi_0)$$

Перетворення енергії при коливальних процесах: При гармонічних коливаннях відбувається періодичне взаємоперетворення кінетичної (E_k) та потенціальної ($E_{\text{п}}$) енергії. У крайніх точках відхилення кінетична енергія мінімальна (нульова), а потенціальна максимальна; в положенні рівноваги кінетична енергія максимальна, а потенціальна мінімальна (нульова). За відсутності сил тертя повна механічна енергія системи ($E_{\text{повна}} = E_k + E_{\text{п}}$) залишається сталою.

3. **Теоретичне питання.** Дайте розгорнуту відповідь на теоретичне питання. Основні положення молекулярно-кінетичної теорії. Ідеальний газ. Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії газів.

ВІДПОВІДЬ:

Основні положення молекулярно-кінетичної теорії (МКТ) газів:

- Всі речовини складаються з найдрібніших частинок (атомів, молекул, іонів), розділених проміжками.
- Ці частинки перебувають у безперервному, хаотичному, безладному тепловому русі, швидкість якого зростає з підвищенням температури.
- Між частинками діють сили взаємодії — притягання та відштовхування.

Ідеальний газ — це спрощена фізична модель газу, в якій нехтують власним об'ємом молекул (вважають їх матеріальними точками) та силами взаємодії між ними, крім миттєвих абсолютно пружних зіткнень.

Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії газів встановлює зв'язок між макроскопічним тиском P газу та мікроскопічними характеристиками молекул (масою m_0 , концентрацією n , середньою квадратичною швидкістю $\bar{v}_{\text{кв}}$ або середньою кінетичною енергією \bar{E}_k). Воно має вигляд:

$$P = \frac{1}{3} n m_0 \bar{v}_{\text{кв}}^2$$

або, враховуючи, що середня кінетична енергія поступального руху молекули $\bar{E}_k = \frac{1}{2} m_0 \bar{v}_{\text{кв}}^2$:

$$P = \frac{2}{3} n \bar{E}_k$$

4. **Практичне завдання.** Розв'яжіть практичне завдання. Ідеальний газ займає об'єм 2 м^3 при температурі 27°C і тиску 100 кПа . Газ нагрівають при сталому тиску до температури 127°C . Визначте роботу газу при розширенні та кількість теплоти, яку отримав газ, якщо його молярна теплоємність при сталому тиску дорівнює $29 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{K})$.

ВІДПОВІДЬ:

Дано: $V_1 = 2 \text{ м}^3$, $T_1 = 27^\circ\text{C} = 300.15 \text{ K}$, $P = 100 \text{ кПа} = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$, $T_2 = 127^\circ\text{C} = 400.15 \text{ K}$, $C_p = 29 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{K})$.

Знайти: A , Q .

Використані константи: $R = 8.314 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{K})$ (універсальна газова стала).

$$PV = \nu RT$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

(для ізобарного процесу)

$$A = P(V_2 - V_1)$$

$$Q = \nu C_p (T_2 - T_1)$$

Виведення фінальних формул:

$$\nu = \frac{PV_1}{RT_1}$$

$$V_2 = V_1 \frac{T_2}{T_1}$$

$$A = PV_1 \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right)$$

$$Q = \frac{PV_1}{RT_1} C_p (T_2 - T_1)$$

$$A = 6.67 \cdot 10^4 \text{ Дж}$$

$$Q = 2.33 \cdot 10^5 \text{ Дж}$$

5. **Практичне завдання.** Розв'яжіть практичне завдання. Сепаратор для молока має барабан радіусом 10 см , що робить 12000 обертів за хвилину. Знайдіть його кутову швидкість та кінетичну енергію обертального руху, якщо момент інерції барабана становить $0.05 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

ВІДПОВІДЬ:

Дано: $R = 10 \text{ см} = 0.1 \text{ м}$, $N = 12000 \text{ об/хв}$, $I = 0.05 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

Конвертація: $N_{\text{об/с}} = 12000 \text{ об/хв} / 60 \text{ с/хв} = 200 \text{ об/с}$.

Знайти: ω , $E_{\text{к}}^{\text{об}}$.

$$\omega = 2\pi f$$

$$f = N_{\text{об/с}}$$

$$E_{\kappa}^{\text{об}} = \frac{1}{2} I \omega^2$$

Виведення фінальних формул:

$$\omega = 2\pi N_{\text{об/с}}$$

$$E_{\kappa}^{\text{об}} = \frac{1}{2} I (2\pi N_{\text{об/с}})^2$$

$$\omega = 1256.6 \text{ рад/с}$$

$$E_{\kappa}^{\text{об}} = 3.95 \cdot 10^4 \text{ Дж}$$

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 3

1. **Знання термінології.** Дайте означення наступних термінів: амплітуда коливань, період коливань, частота коливань, фаза коливань.

ВІДПОВІДЬ:

- **Амплітуда коливань:** Максимальне відхилення коливної величини від її рівноважного значення, є скалярною величиною.
- **Період коливань:** Мінімальний проміжок часу, за який відбувається одне повне коливання і коливна система повертається у вихідний стан, є обернено пропорційним частоті.
- **Частота коливань:** Кількість повних коливань, що здійснюються за одиницю часу, вимірюється в герцах (Гц).
- **Фаза коливань:** Фізична величина (аргумент синуса або косинуса), що визначає стан коливальної системи в певний момент часу, тобто її відхилення та напрямку руху.

2. **Теоретичне питання.** Дайте розгорнуту відповідь на теоретичне питання. Перший закон термодинаміки та його застосування до ізохорного, ізобарного та ізотермічного процесів.

ВІДПОВІДЬ:

Перший закон термодинаміки є формулюванням закону збереження енергії для термодинамічних систем. Він стверджує, що кількість теплоти (Q), передана системі, йде на зміну її внутрішньої енергії (ΔU) та на виконання системою роботи (A) проти зовнішніх сил:

$$Q = \Delta U + A$$

Тут Q — теплота, отримана системою; ΔU — зміна внутрішньої енергії системи; A — робота, виконана системою.

Застосування до ізопроцесів:

- **Ізохорний процес ($V = \text{const}$):** Процес, що відбувається при сталому об'ємі. Оскільки об'єм не змінюється, газ не виконує роботи ($A = 0$). Отже, перший закон термодинаміки набуває вигляду: $Q = \Delta U$. Вся теплота, передана системі, йде на зміну її внутрішньої енергії.
- **Ізобарний процес ($P = \text{const}$):** Процес, що відбувається при сталому тиску. Газ виконує роботу $A = P\Delta V$. Тому перший закон термодинаміки має вигляд: $Q = \Delta U + P\Delta V$. Передана теплота йде як на зміну внутрішньої енергії, так і на виконання роботи.
- **Ізотермічний процес ($T = \text{const}$):** Процес, що відбувається при сталій температурі. Для ідеального газу внутрішня енергія залежить лише від температури, тому при $T = \text{const}$ зміна внутрішньої енергії $\Delta U = 0$. Перший закон термодинаміки спрощується до: $Q = A$. Вся теплота, передана системі, повністю перетворюється на роботу.

3. **Теоретичне питання.** Дайте розгорнуту відповідь на теоретичне питання. Явища переносу: дифузія, теплопровідність, внутрішнє тертя (в'язкість).

ВІДПОВІДЬ:

Явища перенесення — це процеси, що призводять до вирівнювання концентрацій, температур або швидкостей у речовині внаслідок хаотичного руху її молекул (атомів) та їх взаємодії, за наявності градієнтів відповідних величин.

- **Дифузія:** Явище перенесення маси, що полягає в самовільному проникненні молекул однієї речовини в проміжки між молекулами іншої, завдяки їх хаотичному тепловому руху, що призводить до вирівнювання концентрацій.
- **Теплопровідність:** Явище перенесення енергії (теплоти), що відбувається шляхом обміну кінетичною енергією між мікрочастинками (молекулами, атомами, електронами) від більш нагрітих ділянок тіла до менш нагрітих, без переміщення речовини в цілому.
- **Внутрішнє тертя (в'язкість):** Явище перенесення імпульсу, що виникає при відносному русі шарів рідини або газу. Воно проявляється у вигляді сил опору, які діють між сусідніми шарами, що рухаються з різними швидкостями, і прагнуть вирівняти їхні швидкості.

4. **Практичне завдання.** Розв'яжіть практичне завдання. Холодильна машина, що працює за циклом Карно, підтримує в камері температуру -13°C . Температура навколишнього середовища становить 27°C . Яку роботу потрібно виконати, щоб відвести від камери 2100 Дж теплоти?

ВІДПОВІДЬ:

Дано: $T_x = -13^{\circ}\text{C} = 260.15\text{ K}$, $T_H = 27^{\circ}\text{C} = 300.15\text{ K}$, $Q_x = 2100\text{ Дж}$.

Знайти: A .

$$\varepsilon = \frac{Q_x}{A}$$

(коефіцієнт холодильної машини)

$$\varepsilon = \frac{T_x}{T_H - T_x}$$

(для циклу Карно)

Виведення фінальних формул:

$$A = Q_x \frac{T_H - T_x}{T_x}$$

$$A = 323.1\text{ Дж}$$

5. **Практичне завдання.** Розв'яжіть практичне завдання. В капілярі діаметром 0,5 мм вода піднялася на висоту 3 см. Визначте поверхневий натяг води, якщо крайовий кут змочування дорівнює нулю. Густина води 1000 кг/м^3 , прискорення вільного падіння 10 м/с^2 .

ВІДПОВІДЬ:

Дано: $d = 0.5\text{ мм} = 0.5 \cdot 10^{-3}\text{ м}$, $h = 3\text{ см} = 0.03\text{ м}$, $\theta = 0^{\circ}$ ($\cos \theta = 1$), $\rho = 1000\text{ кг/м}^3$, $g = 10\text{ м/с}^2$.

Конвертація: $r = d/2 = 0.25 \cdot 10^{-3}\text{ м}$.

Знайти: σ .

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g r}$$

$$r = \frac{d}{2}$$

Виведення фінальних формул:

$$\sigma = \frac{\rho g r h}{2 \cos \theta}$$

$$\sigma = 0.0375\text{ Н/м}$$

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 4

1. **Знання термінології.** Дайте означення наступних термінів: середня довжина вільного пробігу молекули, дифузія, теплопровідність, в'язкість.

ВІДПОВІДЬ:

- **Середня довжина вільного пробігу молекули:** Середня відстань, яку молекула долає між двома послідовними зіткненнями з іншими молекулами в газі або рідині.
- **Дифузія:** Явище самовільного перемішування речовин внаслідок хаотичного теплового руху молекул, що призводить до вирівнювання їх концентрацій по всьому об'єму.
- **Теплопровідність:** Процес перенесення теплової енергії від більш нагрітих ділянок тіла до менш нагрітих шляхом обміну енергією між мікрочастинками без перенесення речовини.
- **В'язкість (внутрішнє тертя):** Властивість рідин і газів чинити опір відносному переміщенню їхніх шарів, що виникає внаслідок обміну імпульсом між молекулами, які рухаються з різними швидкостями.

2. **Теоретичне питання.** Дайте розгорнуту відповідь на теоретичне питання. Адіабатичний процес. Рівняння Пуассона. Робота газу при адіабатичному процесі. Застосування адіабатичного процесу в техніці.

ВІДПОВІДЬ:

Адіабатичний процес — це термодинамічний процес, що відбувається в системі без теплообміну з навколишнім середовищем ($Q = 0$). Це означає, що система ізольована від зовнішніх джерел тепла або процес відбувається настільки швидко, що теплообмін не встигає відбутися.

Рівняння Пуассона описує зв'язок між параметрами ідеального газу в адіабатичному процесі:

$$PV^\gamma = \text{const}$$

де P — тиск, V — об'єм, а $\gamma = C_p/C_v$ — показник адіабати. Інші форми рівняння Пуассона: $TV^{\gamma-1} = \text{const}$ та $P^{1-\gamma}T^\gamma = \text{const}$.

Робота газу при адіабатичному процесі: За першим законом термодинаміки ($Q = \Delta U + A$) при $Q = 0$, вся робота, виконана газом, відбувається за рахунок зміни його внутрішньої енергії: $A = -\Delta U$.

Для ідеального газу зміна внутрішньої енергії $\Delta U = \nu C_v(T_2 - T_1)$. Отже, робота газу:

$$A = \nu C_v(T_1 - T_2) = \frac{P_1 V_1 - P_2 V_2}{\gamma - 1}$$

Застосування адіабатичного процесу в техніці: Адіабатичні процеси широко використовуються та спостерігаються в техніці: стиснення та розширення газів у двигунах внутрішнього згоряння, компресорах, турбінах; поширення звуку в газах; а також у деяких циклах холодильної техніки.

3. **Теоретичне питання.** Дайте розгорнуту відповідь на теоретичне питання. Цикл Карно. Коефіцієнт корисної дії теплової машини. Другий закон термодинаміки та його формулювання.

ВІДПОВІДЬ:

Цикл Карно — це ідеальний оборотний термодинамічний цикл, який складається з двох ізотермічних (розширення і стиснення) та двох адіабатичних (розширення і стиснення) процесів. Він має максимальний ККД серед усіх теплових машин, що працюють між двома заданими температурами нагрівника (T_H) та холодильника (T_x).

Коефіцієнт корисної дії (ККД) теплової машини (η) — це відношення корисної роботи (A), виконаної машиною, до кількості теплоти (Q_H), отриманої від нагрівника:

$$\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_x}{Q_H} = 1 - \frac{Q_x}{Q_H}$$

Для циклу Карно ККД залежить лише від абсолютних температур нагрівника та холодильника:

$$\eta_K = 1 - \frac{T_x}{T_H}$$

Друге начало термодинаміки встановлює напрямок протікання термодинамічних процесів, показуючи їхню незворотність. Воно має кілька еквівалентних формулювань:

- **Формулювання Клаузіуса:** Неможливо створити періодично діючу машину, єдиним результатом роботи якої був би перехід теплоти від холоднішого тіла до гарячішого.
- **Формулювання Кельвіна-Планка:** Неможливо створити періодично діючу машину, єдиним результатом роботи якої було б повне перетворення всієї теплоти, отриманої від нагрівача, в роботу.

4. **Практичне завдання.** Розв'яжіть практичне завдання. Електричний заряд $2 \cdot 10^{-8}$ Кл переміщується в електричному полі з точки з потенціалом 200 В в точку з потенціалом 50 В. Визначте роботу, виконану силами поля, та зміну потенціальної енергії заряду.

ВІДПОВІДЬ:

Дано: $q = 2 \cdot 10^{-8}$ Кл, $\phi_1 = 200$ В, $\phi_2 = 50$ В.

Знайти: A , ΔW_p .

$$A = q(\phi_1 - \phi_2)$$

$$\Delta W_p = q(\phi_2 - \phi_1)$$

Виведення фінальних формул:

$$A = q(\phi_1 - \phi_2)$$

$$\Delta W_p = q(\phi_2 - \phi_1)$$

$$A = 3 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$$

$$\Delta W_p = -3 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$$

5. **Практичне завдання.** Розв'яжіть практичне завдання. Два конденсатори ємностями 4 мкФ і 6 мкФ з'єднані послідовно і підключені до джерела напруги 120 В. Визначте заряд на кожному конденсаторі та напругу на кожному з них.

ВІДПОВІДЬ:

Дано: $C_1 = 4$ мкФ = $4 \cdot 10^{-6}$ Ф, $C_2 = 6$ мкФ = $6 \cdot 10^{-6}$ Ф, $U = 120$ В.

Знайти: Q_1 , Q_2 , U_1 , U_2 .

$$\frac{1}{C_{\text{заг}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

(для послідовного з'єднання)

$$Q_{\text{заг}} = C_{\text{заг}} U$$

$$Q_1 = Q_2 = Q_{\text{заг}}$$

(при послідовному з'єднанні)

$$U_i = \frac{Q_i}{C_i}$$

Виведення фінальних формул:

$$C_{\text{заг}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

$$Q_1 = Q_2 = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} U$$

$$U_1 = \frac{C_2}{C_1 + C_2} U$$

$$U_2 = \frac{C_1}{C_1 + C_2} U$$

$$Q_1 = 2.88 \cdot 10^{-4} \text{ КЛ}$$

$$Q_2 = 2.88 \cdot 10^{-4} \text{ КЛ}$$

$$U_1 = 72 \text{ В}$$

$$U_2 = 48 \text{ В}$$

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 5

1. **Знання термінології.** Дайте означення наступних термінів: внутрішня енергія, теплоємність, ентропія, адіабатний процес.

ВІДПОВІДЬ:

- **Внутрішня енергія:** Сума кінетичних енергій хаотичного руху всіх молекул (атомів) системи та потенціальних енергій їх взаємодії.
- **Теплоємність:** Фізична величина, що характеризує здатність тіла поглинати теплоту, визначається як кількість теплоти, необхідна для зміни температури тіла на один кельвін (градус).
- **Ентропія:** Термодинамічна функція стану, що є мірою неупорядкованості (хаотичності) системи та мірою енергії, яка недоступна для виконання корисної роботи.
- **Адіабатний процес:** Термодинамічний процес, що відбувається в системі без обміну теплотою між системою та навколишнім середовищем ($Q = 0$).

2. **Теоретичне питання.** Дайте розгорнуту відповідь на теоретичне питання. Рівняння Ван-дер-Ваальса для реального газу. Фізичний зміст поправок Ван-дер-Ваальса.

ВІДПОВІДЬ:

Рівняння Ван-дер-Ваальса — це рівняння стану, що описує поведінку реальних газів, враховуючи відхилення від моделі ідеального газу шляхом введення поправок на власний об'єм молекул та сили взаємодії між ними. Для ν молів газу рівняння має вигляд:

$$\left(P + \frac{a\nu^2}{V^2} \right) (V - \nu b) = \nu RT$$

де a та b — постійні Ван-дер-Ваальса, характерні для кожного газу.

Фізичний зміст поправок Ван-дер-Ваальса:

- **Поправка до тиску** $\left(\frac{a\nu^2}{V^2} \right)$: Враховує сили притягання (когезійні сили) між молекулами реального газу. Ці сили зменшують силу ударів молекул об стінки посудини, тому виміряний тиск реального газу є меншим, ніж тиск ідеального газу за тих самих умов.
- **Поправка до об'єму** (νb) : Враховує власний (скінченний) об'єм молекул газу. Молекули реального газу не є матеріальними точками, вони займають певний простір. Отже, об'єм, доступний для вільного руху молекул, є меншим за повний об'єм посудини V на величину νb .

3. **Теоретичне питання.** Дайте розгорнуту відповідь на теоретичне питання. Електричний заряд. Закон збереження електричного заряду. Закон Кулона. Електричне поле та його характеристики.

ВІДПОВІДЬ:

Електричний заряд — це фундаментальна фізична властивість частинок або тіл, яка характеризує їхню здатність до електромагнітної взаємодії. Існують два типи зарядів (позитивні та негативні); однойменні відштовхуються, різнойменні — притягуються. Одиницею вимірювання в СІ є Кулон (Кл).

Закон збереження електричного заряду: В ізольованій (замкненій) системі тіл алгебраїчна сума електричних зарядів залишається сталою. Це означає, що електричні заряди не можуть зникати або виникати, вони лише перерозподіляються.

Закон Кулона: Визначає силу взаємодії між двома точковими нерухомими електричними зарядами. Сила Кулона прямо пропорційна добутку модулів цих зарядів і обернено пропорційна квадрату відстані між ними:

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$

де k — коефіцієнт пропорційності ($k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ у вакуумі).

Електричне поле — це особлива форма матерії, що оточує електричні заряди і здійснює їх взаємодію. Воно є силовим полем, що поширюється в просторі зі скінченною швидкістю.

Характеристики електричного поля:

- **Напруженість електричного поля (\vec{E}):** Векторна силова характеристика поля. Дорівнює відношенню сили \vec{F} , що діє на пробний позитивний заряд, до величини цього заряду q_0 : $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$. Одиниця вимірювання — В/м або Н/Кл.
- **Потенціал електричного поля (ϕ):** Скалярна енергетична характеристика поля. Дорівнює відношенню потенціальної енергії W_p пробного заряду в даній точці поля до величини цього заряду: $\phi = \frac{W_p}{q_0}$. Одиниця вимірювання — Вольт (В).

4. **Практичне завдання.** Розв'яжіть практичне завдання. По провіднику, що знаходиться в магнітному полі з індукцією 0,5 Тл, протікає струм 2 А. Визначте силу Ампера, що діє на провідник завдовжки 20 см, якщо кут між напрямком струму та вектором магнітної індукції становить 30° .

ВІДПОВІДЬ:

Дано: $B = 0.5$ Тл, $I = 2$ А, $L = 20$ см = 0.2 м, $\alpha = 30^\circ$.

Знайти: F_A .

$$F_A = ILB \sin \alpha$$

Виведення фінальних формул:

$$F_A = ILB \sin \alpha$$

$$F_A = 0.1 \text{ Н}$$

5. **Практичне завдання.** Розв'яжіть практичне завдання. Електрон влітає в однорідне магнітне поле з індукцією 0,01 Тл зі швидкістю 10^6 м/с перпендикулярно до лінії індукції. Визначте силу Лоренца, радіус кола та період обертання електрона. Маса електрона $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, заряд $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

ВІДПОВІДЬ:

Дано: $B = 0.01$ Тл, $v = 10^6$ м/с, $\alpha = 90^\circ$ ($\sin \alpha = 1$).

Використані константи: $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг (маса електрона), $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл (заряд електрона).

Знайти: F_L , R , T .

$$F_L = |q|vB \sin \alpha$$

$$F_L = \frac{m_e v^2}{R}$$

(центробіжна сила, що утримує на круговій орбіті)

$$T = \frac{2\pi R}{v}$$

Виведення фінальних формул:

$$F_L = evB$$

$$R = \frac{m_e v}{eB}$$

$$T = \frac{2\pi m_e}{eB}$$

$$F_L = 1.6 \cdot 10^{-15} \text{ Н}$$

$$R = 5.6875 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

$$T = 3.577 \cdot 10^{-9} \text{ с}$$

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 6

- Знання термінології.** Дайте означення наступних термінів: абсолютна вологість повітря, відносна вологість повітря, точка роси, поверхневий натяг.

ВІДПОВІДЬ:

- Абсолютна вологість повітря:** Маса водяної пари, що міститься в одиниці об'єму повітря, зазвичай вимірюється в грамах на кубічний метр (г/м^3), і характеризує фактичну концентрацію водяної пари.
 - Відносна вологість повітря:** Відношення фактичної абсолютної вологості повітря до максимально можливої абсолютної вологості (вологості насиченої пари) при даній температурі, виражене у відсотках, що показує ступінь насичення повітря водяною парою.
 - Точка роси:** Температура, до якої необхідно охолодити повітря (при незмінному тиску та вмісті водяної пари), щоб водяна пара, що міститься в ньому, досягла стану насичення і почала конденсуватися.
 - Поверхневий натяг:** Це скалярна фізична величина, що характеризує роботу, яку необхідно затратити для ізотермічного збільшення площі вільної поверхні рідини на одиницю, або сила, що діє уздовж межі вільної поверхні рідини (перпендикулярно до цієї межі), спрямована дотично до поверхні і прагне мінімізувати площу поверхні. Вимірюється в ньютонх на метр (Н/м) або джоулях на квадратний метр (Дж/м^2).
- Теоретичне питання.** Дайте розгорнуту відповідь на теоретичне питання. Провідники в електростатичному полі. Електроємність. Конденсатори. Енергія електричного поля конденсатора.

ВІДПОВІДЬ:

У провідниках, поміщених в електростатичне поле, вільні електричні заряди перерозподіляються таким чином, що напруженість електричного поля всередині провідника стає рівною нулю. Потенціал провідника у всіх його точках є постійним, а всі надлишкові заряди розташовуються на його зовнішній поверхні, при цьому силові лінії електричного поля перпендикулярні до поверхні провідника. Електроємність — це скалярна фізична величина, що характеризує здатність провідника або системи провідників накопичувати електричний заряд, визначається як відношення заряду Q , наданого провіднику, до його потенціалу U (або різниці потенціалів між обкладками конденсатора): $C = Q/U$. Конденсатори — це пристрої, що складаються з двох провідників (обкладок), розділених діелектриком, призначені для накопичення електричного заряду та енергії електричного поля. Енергія електричного поля, накопичена в зарядженому конденсаторі, може бути виражена формулами: $W = \frac{1}{2}CU^2 = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2}QU$.

- Теоретичне питання.** Дайте розгорнуту відповідь на теоретичне питання. Сила Лоренца. Рух заряджених частинок в однорідних електричному та магнітному полях.

ВІДПОВІДЬ:

Сила Лоренца — це повна сила, що діє на рухому електрично заряджену частинку (заряд q , швидкість \vec{v}) в електромагнітному полі, яка є векторною сумою електричної сили ($q\vec{E}$) та магнітної сили ($q[\vec{v} \times \vec{B}]$), де \vec{E} — напруженість електричного поля, \vec{B} — магнітна індукція. Загальний вигляд: $\vec{F} = q(\vec{E} + [\vec{v} \times \vec{B}])$. Магнітна складова сили Лоренца завжди перпендикулярна до швидкості частинки, тому вона не виконує роботи і не змінює кінетичну енергію частинки, а лише змінює напрямок її руху.

Рух заряджених частинок в однорідних полях:

- **В однорідному електричному полі:** Частинка рухається з постійним прискоренням вздовж силових ліній поля, що призводить до прямолінійного прискореного/уповільненого руху (якщо початкова швидкість паралельна полю) або параболічної траєкторії (якщо швидкість перпендикулярна полю).
 - **В однорідному магнітному полі:** Якщо швидкість частинки перпендикулярна до вектора магнітної індукції, частинка рухається по колу. Якщо швидкість має складову вздовж поля, траєкторія буде гвинтовою лінією (спіраллю) навколо силової лінії магнітного поля.
 - **В схрещених (перпендикулярних) електричному та магнітному полях:** Рух частинки залежить від співвідношення електричної та магнітної сил. За певних умов (наприклад, $v = E/B$) можливий прямолінійний рух без відхилення (використовується в селекторах швидкостей).
4. **Практичне завдання.** Розв'яжіть практичне завдання. У коливальному контурі індуктивність котушки 0,1 Гн, ємність конденсатора 10 мкФ. Визначте період коливань, частоту та довжину хвилі електромагнітних коливань, які випромінює контур.

ВІДПОВІДЬ:

Початкові формули:

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$\lambda = cT$$

Виведення фінальних формул:

1. **Період коливань (T):** Формула Томсона для періоду вільних електромагнітних коливань в ідеальному LC-контурі вже є базовою:

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

2. **Частота коливань (f):** Частота є оберненою величиною до періоду:

$$f = \frac{1}{T}$$

Підставляючи вираз для T :

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

3. **Довжина хвилі (λ):** Швидкість поширення електромагнітної хвилі c пов'язана з довжиною хвилі λ та періодом T співвідношенням $c = \frac{\lambda}{T}$. Звідси, довжина хвилі:

$$\lambda = cT$$

Підставляючи вираз для T :

$$\lambda = c \cdot (2\pi\sqrt{LC}) = 2\pi c\sqrt{LC}$$

Числові значення відповіді:

$$T = 0.00628 \text{ с}$$

$$f = 159.2 \text{ Гц}$$

$$\lambda = 1.88 \cdot 10^6 \text{ м}$$

4. **Практичне завдання.** Розв'яжіть практичне завдання. У котушці з індуктивністю 0,2 Гн сила струму рівномірно змінюється на 10 А за 0,1 с. Знайдіть ЕРС самоіндукції, що виникає в котушці.

ВІДПОВІДЬ:

Початкові формули:

$$\mathcal{E}_{\text{ci}} = -L \frac{dI}{dt}$$

Виведення фінальної формули:

Для випадку рівномірної зміни сили струму, швидкість зміни струму $\frac{dI}{dt}$ може бути замінена на $\frac{\Delta I}{\Delta t}$. Таким чином, формула для ЕРС самоіндукції безпосередньо використовується:

$$\mathcal{E}_{\text{ci}} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

Числові значення відповіді:

$$\mathcal{E}_{\text{ci}} = -20 \text{ В (Модуль ЕРС самоіндукції становить 20 В)}$$

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 7

1. **Знання термінології.** Дайте означення наступних термінів: електричний заряд, напруженість електричного поля, електроємність, закон Кулона.

ВІДПОВІДЬ:

- **Електричний заряд:** Фундаментальна фізична властивість елементарних частинок або тіл, яка характеризує їхню здатність до електромагнітної взаємодії. Електричні заряди бувають двох видів: позитивні та негативні.
- **Напруженість електричного поля:** Векторна фізична величина, що характеризує електричне поле в даній точці простору і дорівнює відношенню сили, що діє на пробний позитивний заряд, поміщений в цю точку поля, до величини цього заряду.
- **Електроємність:** Скалярна фізична величина, що характеризує здатність провідника (або системи провідників) накопичувати електричний заряд, визначається як відношення заряду, наданого провіднику, до його потенціалу (або різниці потенціалів між обкладками конденсатора).
- **Закон Кулона:** Основний закон електростатики, який стверджує, що сила взаємодії між двома точковими електричними зарядами прямо пропорційна добутку їхніх величин і обернено пропорційна квадрату відстані між ними.

2. **Теоретичне питання.** Дайте розгорнуту відповідь на теоретичне питання. Явище електромагнітної індукції. Закон Фарадея. Правило Ленца.

ВІДПОВІДЬ:

Явище електромагнітної індукції полягає у виникненні електричного струму (індукційного струму) в замкненому провідному контурі або ЕРС індукції при зміні магнітного потоку, що пронизує цей контур. Зміна магнітного потоку може бути викликана рухом магніту, провідника або зміною струму в сусідньому контурі. Закон Фарадея кількісно описує це явище, стверджуючи, що індукована електрорушійна сила (\mathcal{E}) в замкненому контурі прямо пропорційна швидкості зміни магнітного потоку (Φ) через поверхню, обмежену цим контуром: $\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt}$. Знак "мінус" у формулі відображає правило Ленца, яке стверджує, що

індукційний струм завжди має такий напрямок, щоб створене ним магнітне поле протидіяло зміні магнітного потоку, що його викликає, будучи наслідком закону збереження енергії.

3. **Теоретичне питання.** Дайте розгорнуту відповідь на теоретичне питання. Явище самоіндукції. Індуктивність. Енергія магнітного поля.

ВІДПОВІДЬ:

Явище самоіндукції — це окремий випадок електромагнітної індукції, що виникає в провідному контурі при зміні сили струму в ньому самому. Ця зміна струму призводить до зміни власного магнітного поля контуру, а отже, і до зміни магнітного потоку, що пронизує його, викликаючи появу ЕРС самоіндукції, яка перешкоджає зміні струму, що її викликає. Індуктивність (L) — це скалярна фізична величина, що характеризує здатність провідного контуру (наприклад, котушки) створювати магнітний потік при протіканні по ньому електричного струму, а також його здатність протидіяти змінам струму, і визначається як відношення магнітного потоку Φ , що пронизує контур, до сили струму I в ньому: $L = \Phi/I$. Енергія магнітного поля — це енергія, що накопичується в магнітному полі, яке створюється електричним струмом. Для котушки з індуктивністю L , по якій тече струм I , енергія магнітного поля W_L виражається формулою: $W_L = \frac{1}{2}LI^2$.

4. **Практичне завдання.** Розв'яжіть практичне завдання. Предмет розташований на відстані 30 см від збиральної лінзи з фокусною відстанню 20 см. На якій відстані від лінзи утвориться зображення? Охарактеризуйте його (дійсне/уявне, збільшене/зменшене, пряме/перевернуте).

ВІДПОВІДЬ:

Початкові формули:

Формула тонкої лінзи:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f'}$$

де F — фокусна відстань лінзи, d — відстань від предмета до лінзи, f' — відстань від зображення до лінзи.

Виведення фінальних формул:

Щоб знайти відстань до зображення f' , перегрупуємо формулу тонкої лінзи:

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d}$$

Приводячи до спільного знаменника та обертаючи вираз:

$$\frac{1}{f'} = \frac{d - F}{Fd} \implies f' = \frac{Fd}{d - F}$$

Числові значення відповіді:

$$f' = 60 \text{ см}$$

Зображення: дійсне, перевернуте, збільшене.

5. **Практичне завдання.** Розв'яжіть практичне завдання. Визначте енергію E та імпульс p фотона червоного світла, довжина хвилі якого становить 700 нм. Стала Планка $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, швидкість світла $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

ВІДПОВІДЬ:

Початкові формули:

$$E = hf \quad (\text{енергія фотона})$$

$$c = \lambda f \quad (\text{зв'язок швидкості, довжини хвилі та частоти})$$

$$p = \frac{E}{c} \quad (\text{імпульс фотона})$$

Виведення фінальних формул:

1. **Енергія фотона (E):** З виразу для швидкості світла $c = \lambda f$, отримуємо частоту $f = \frac{c}{\lambda}$. Підставляємо це у формулу для енергії фотона:

$$E = h \left(\frac{c}{\lambda} \right) = \frac{hc}{\lambda}$$

2. **Імпульс фотона (p):** Використовуємо співвідношення імпульсу фотона та його енергії, а потім підставляємо вираз для E :

$$p = \frac{E}{c} = \frac{\left(\frac{hc}{\lambda} \right)}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

Числові значення відповіді:

$$E = 2.84 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$p = 9.47 \cdot 10^{-28} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$$

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 8

1. **Знання термінології.** Дайте означення наступних термінів: сила струму, напруга, опір провідника, електрорушійна сила (ЕРС).

ВІДПОВІДЬ:

- **Сила струму:** Скалярна фізична величина, що характеризує інтенсивність електричного струму і дорівнює відношенню електричного заряду, який проходить через поперечний переріз провідника за одиницю часу.
 - **Напруга:** Різниця електричних потенціалів між двома точками електричного поля, яка чисельно дорівнює роботі електричного поля з переміщення одиничного позитивного заряду між цими точками.
 - **Опір провідника:** Фізична величина, що характеризує властивість провідника перешкоджати протіканню електричного струму і визначається як відношення напруги на його кінцях до сили струму, що протікає по ньому.
 - **Електрорушійна сила (ЕРС):** Скалярна фізична величина, що характеризує роботу сторонніх сил (некулонівського походження) з переміщення одиничного позитивного заряду вздовж замкнутого контуру, і є джерелом електричного струму в колі.
2. **Теоретичне питання.** Дайте розгорнуту відповідь на теоретичне питання. Електричний коливальний контур. Вільні електромагнітні коливання. Формула Томсона. Енергія електромагнітних коливань.

ВІДПОВІДЬ:

Електричний коливальний контур (LC-контур) — це найпростіша система, що складається з послідовно з'єднаних котушки індуктивності (L) та конденсатора (C), здатна до вільних електромагнітних коливань. Вільні електромагнітні коливання — це періодичні зміни електричного заряду, струму та напруги в коливальному контурі, що виникають після виведення системи зі стану рівноваги та відбуваються без зовнішнього впливу, за рахунок взаємного перетворення енергії електричного поля конденсатора на енергію магнітного поля котушки. Період таких незгасаючих коливань в ідеальному контурі визначається формулою Томсона: $T = 2\pi\sqrt{LC}$. Загальна енергія електромагнітних коливань в ідеальному контурі зберігається і є сумою енергії електричного поля конденсатора ($W_C = \frac{1}{2}CU^2 = \frac{Q^2}{2C}$) та енергії магнітного поля котушки ($W_L = \frac{1}{2}LI^2$).

3. **Теоретичне питання.** Дайте розгорнуту відповідь на теоретичне питання. Електромагнітні хвилі. Одержання та поширення електромагнітних хвиль. Шкала електромагнітних хвиль.

ВІДПОВІДЬ:

Електромагнітні хвилі — це поперечні хвилі, що являють собою поширення в просторі коливань взаємопов'язаних електричного та магнітного полів, які коливаються в площинах, перпендикулярних одне одному та напрямку поширення хвилі. Вони не потребують матеріального середовища для поширення і рухаються у вакуумі зі швидкістю світла $c \approx 3 \cdot 10^8$ м/с. Електромагнітні хвилі виникають при прискореному русі електричних зарядів (наприклад, коливанні електронів в антені),

де змінне електричне поле генерує змінне магнітне поле, яке, у свою чергу, генерує змінне електричне поле, поширюючись у просторі. Шкала електромагнітних хвиль — це безперервний спектр електромагнітного випромінювання, що класифікується за довжиною хвилі (або частотою). Вона включає, від найдовших до найкоротших хвиль: радіохвилі, мікрохвилі, інфрачервоне випромінювання, видиме світло, ультрафіолетове випромінювання, рентгенівське випромінювання та гамма-випромінювання.

4. **Практичне завдання.** Розв'яжіть практичне завдання. При освітленні металу світлом з довжиною хвилі 400 нм максимальна кінетична енергія фотоелектронів дорівнює 1 еВ. Визначте роботу виходу електронів з металу та червону межу фотоефекту.

ВІДПОВІДЬ:

Початкові формули:

Рівняння Ейнштейна для фотоефекту:

$$E_{\text{фотон}} = A_{\text{вих}} + E_k^{\text{max}}$$

Енергія фотона:

$$E_{\text{фотон}} = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

Робота виходу через червону межу фотоефекту:

$$A_{\text{вих}} = hf_{\text{червона}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{червона}}}$$

Виведення фінальних формул:

1. **Робота виходу електронів ($A_{\text{вих}}$):** З рівняння Ейнштейна $A_{\text{вих}} = E_{\text{фотон}} - E_k^{\text{max}}$. Підставляємо вираз для енергії фотона:

$$A_{\text{вих}} = \frac{hc}{\lambda} - E_k^{\text{max}}$$

2. **Червона межа фотоефекту ($\lambda_{\text{червона}}$):** З формули для роботи виходу $A_{\text{вих}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{червона}}}$, отримуємо:

$$\lambda_{\text{червона}} = \frac{hc}{A_{\text{вих}}}$$

Числові значення відповіді:

Використаємо елементарний заряд $e = 1.602 \cdot 10^{-19}$ Кл для перетворення E_k^{max} : $E_k^{\text{max}} = 1 \text{ еВ} = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$.

$$A_{\text{вих}} = 3.37 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$\lambda_{\text{червона}} = 5.89 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

3. **Практичне завдання.** Розв'яжіть практичне завдання. Електрон рухається зі швидкістю $2 \cdot 10^6$ м/с. Визначте довжину хвилі де Бройля для цього електрона. Маса електрона $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, стала Планка $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с.

ВІДПОВІДЬ:

Початкові формули:

Довжина хвилі де Бройля:

$$\lambda_D = \frac{h}{p}$$

Імпульс частинки:

$$p = mv$$

Виведення фінальної формули:

Підставляємо вираз для імпульсу p у формулу для довжини хвилі де Бройля:

$$\lambda_D = \frac{h}{mv}$$

Числові значення відповіді:

$$\lambda_D = 3.64 \cdot 10^{-10} \text{ м}$$

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 9

1. **Знання термінології.** Дайте означення наступних термінів: магнітна індукція, магнітний потік. Індуктивність, сила Лоренца.

ВІДПОВІДЬ:

- **Магнітна індукція:** Векторна фізична величина, що є силовою характеристикою магнітного поля і визначає силу, з якою це поле діє на рухомий електричний заряд або провідник зі струмом.
- **Магнітний потік:** Скалярна фізична величина, що характеризує кількість магнітних силових ліній, які пронизують певну площу поверхні, і визначається як добуток модуля вектора магнітної індукції на площу поверхні та косинус кута між вектором індукції та нормаллю до поверхні.
- **Індуктивність:** Скалярна фізична величина, що характеризує здатність провідного контуру створювати магнітний потік при протіканні по ньому струму, а також його здатність протидіяти змінам струму в ньому.
- **Сила Лоренца:** Повна сила, що діє на рухому електрично заряджену частинку в електромагнітному полі, яка є векторною сумою електричної та магнітної сил, і є фундаментальною взаємодією для опису руху зарядів у полях.

2. **Теоретичне питання.** Дайте розгорнуту відповідь на теоретичне питання. Основні закони геометричної оптики. Повне внутрішнє відбиття.

ВІДПОВІДЬ:

Основні закони геометричної оптики:

- **Закон прямолінійного поширення світла:** У прозорому однорідному середовищі світло поширюється прямолінійно.
- **Закон відбиття світла:** Падаючий промінь, відбитий промінь і перпендикуляр до межі розділу двох середовищ, проведений у точці падіння, лежать в одній площині, а кут падіння дорівнює куту відбиття.
- **Закон заломлення світла (Закон Снелліуса):** Падаючий промінь, заломлений промінь і перпендикуляр до межі розділу двох середовищ, проведені в точці падіння, лежать в одній площині, а відношення синуса кута падіння до синуса кута заломлення є сталою величиною для двох даних середовищ ($n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$).

Повне внутрішнє відбиття: Це явище відбувається, коли світло поширюється з оптично більш густого середовища в оптично менш густе і кут падіння перевищує певний критичний кут, внаслідок чого світло повністю відбивається від межі розділу, не проникаючи в менш густе середовище.

3. **Теоретичне питання.** Дайте розгорнуту відповідь на теоретичне питання. Інтерференція світла. Умови максимумів і мінімумів інтерференції. Когерентність світлових хвиль. Інтерферометри та їх використання.

ВІДПОВІДЬ:

Інтерференція світла — це явище накладання двох або більше когерентних світлових хвиль, в результаті якого спостерігається стійкий розподіл інтенсивності світла в просторі (чергування ділянок посилення та послаблення світла — максимумів і мінімумів), що є доказом хвильової природи світла.

Умови максимумів і мінімумів інтерференції:

- **Максимуми (посилення світла):** Виникають, коли оптична різниця ходу двох когерентних хвиль дорівнює цілому числу довжин хвиль: $\Delta r = k\lambda$, де $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

- **Мінімуми (послаблення світла):** Виникають, коли оптична різниця ходу двох когерентних хвиль дорівнює непарному числу напівхвиль: $\Delta r = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$, де $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$
 - Когерентність світлових хвиль:** Це властивість хвиль, що мають однакову частоту (або довжину хвилі) і постійну в часі різницю фаз, яка є необхідною умовою для спостереження стійкої інтерференційної картини.
 - Інтерферометри та їх використання:** Інтерферометри — це оптичні прилади, що використовують явище інтерференції для високоточних вимірювань, зазвичай шляхом розділення світлового променя на кілька частин, які проходять різні оптичні шляхи, а потім знову об'єднуються, створюючи інтерференційну картину. Вони використовуються для вимірювання довжин хвиль, показників заломлення, точного визначення лінійних розмірів, деформацій, а також в астрономії та гравітаційно-хвильових детекторах.
4. **Практичне завдання.** Розв'яжіть практичне завдання. Період напіврозпаду радіоактивного ізотопу становить 5 діб. Визначте, яка частина початкової кількості атомів розпадеться за 15 діб. Запишіть закон радіоактивного розпаду.

ВІДПОВІДЬ:

Початкові формули:

Закон радіоактивного розпаду:

$$N(t) = N_0 \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{t}{T_{1/2}}}$$

Частина атомів, що розпалася:

$$\text{Частина, що розпалася} = 1 - \frac{N(t)}{N_0}$$

Виведення фінальних формул:

Підставляємо вираз для $N(t)$ у формулу для частини, що розпалася:

$$\text{Частина, що розпалася} = 1 - \frac{N_0 \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{t}{T_{1/2}}}}{N_0} = 1 - \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{t}{T_{1/2}}}$$

Закон радіоактивного розпаду: $N(t) = N_0 \cdot 2^{-t/T_{1/2}}$ (або $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$, де $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$ — стала радіоактивного розпаду).

Числові значення відповіді:

Частина атомів, що розпалася = 0.875 (або 87.5%)

5. **Практичне завдання.** Розв'яжіть практичне завдання. Роботу виходу електрона для цезію становить 1.9 еВ. Знайдіть максимальну кінетичну енергію фотоелектронів, якщо на поверхню цезію падає світло з частотою $6 \cdot 10^{14}$ Гц. Чи виникне фотоэффект, якщо частота світла буде $4 \cdot 10^{14}$ Гц?

ВІДПОВІДЬ:

Початкові формули:

Рівняння Ейнштейна для фотоэффекту:

$$E_{k,max} = hf - A_{\text{вих}}$$

Умова виникнення фотоэффекту (червона межа):

$$A_{\text{вих}} = hf_{\text{ч}}$$

Виведення фінальних формул:

1. **Максимальна кінетична енергія фотоелектронів ($E_{k,max}$):** Формула вже є в початкових:

$$E_{k,max} = hf - A_{\text{вих}}$$

2. **Червона межа фотоэффекту за частотою ($f_{\text{ч}}$):** З формули для червоної межі отримуємо:

$$f_{\text{ч}} = \frac{A_{\text{вих}}}{h}$$

Числові значення відповіді:

Використаємо елементарний заряд $e = 1.602 \cdot 10^{-19}$ Кл для перетворення $A_{\text{вих}}$: $A_{\text{вих}} = 1.9 \text{ eB} = 1.9 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 3.0438 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$.

Для $f_1 = 6 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$:

$$E_{k, \text{max}} = (6.63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 6 \cdot 10^{14} \text{ Гц}) - 3.0438 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 3.978 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} - 3.0438 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$E_{k, \text{max}} = 0.934 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

Для $f_2 = 4 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$:

$$f_{\text{ч}} = \frac{3.0438 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}}{6.63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}} = 4.59 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$$

Оскільки $f_2 = 4 \cdot 10^{14} \text{ Гц} < f_{\text{ч}} = 4.59 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$, фотоефект не виникне.

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 10

- Знання термінології.** Дайте означення наступних термінів: довжина хвилі, швидкість поширення хвилі, частота коливання, період коливання.

ВІДПОВІДЬ:

- Довжина хвилі:** Відстань між двома найближчими точками хвилі, що коливаються в однаковій фазі (наприклад, між двома сусідніми гребенями або западинами), і є просторовим періодом хвилі.
 - Швидкість поширення хвилі:** Швидкість, з якою енергія або інформація переноситься хвилею в просторі, і вона пов'язана з довжиною хвилі та частотою співвідношенням $v = \lambda f$.
 - Частота коливання:** Кількість повних коливань (циклів), які відбуваються за одиницю часу, вимірюється в Герцах (Гц), що означає кількість коливань за секунду.
 - Період коливання:** Мінімальний проміжок часу, за який тіло або система робить одне повне коливання і повертається у вихідний стан, і є оберненою величиною до частоти ($T = 1/f$).
- Теоретичне питання.** Дайте розгорнуту відповідь на теоретичне питання. Дифракція світла. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракція на щілині. Дифракційна решітка та її використання.

ВІДПОВІДЬ:

Дифракція світла — це явище відхилення світлових хвиль від прямолінійного поширення та їх огинання перешкод або розтікання світла за краї отворів, що стає помітним, коли розміри перешкод або отворів співмірні з довжиною світлової хвилі. Принцип Гюйгенса-Френеля стверджує, що кожна точка середовища, до якої доходить хвильовий фронт, стає джерелом вторинних сферичних хвиль, а нова хвильова поверхня є огиноючою цих вторинних хвиль, причому Френель доповнив його ідеєю про інтерференцію вторинних хвиль. Дифракція на щілині призводить до утворення на екрані складної інтерференційно-дифракційної картини з широким центральним яскравим максимумом та симетрично розташованими менш інтенсивними бічними максимумами і мінімумами. Дифракційна решітка — це оптичний прилад, що складається з великої кількості паралельних, близько розташованих щілин (або штрихів), який використовується для розкладання світла в спектр завдяки інтерференції світла від багатьох щілин, що дозволяє точно вимірювати довжини хвиль та аналізувати склад речовин.

- Теоретичне питання.** Дайте розгорнуту відповідь на теоретичне питання. Теплове випромінювання. Закони теплового випромінювання (закон Стефана-Больцмана, закон зміщення Віна). Абсолютно чорне тіло.

ВІДПОВІДЬ:

Теплове випромінювання — це електромагнітне випромінювання, що випускається нагрітими тілами за рахунок їхньої внутрішньої енергії, є універсальним явищем, що спостерігається при будь-якій температурі вище абсолютного нуля, і має неперервний спектр, що залежить від температури тіла.

Закони теплового випромінювання:

- **Закон Стефана-Больцмана:** Визначає повну енергетичну світність R_T (сумарну енергію, випромінювану з одиниці площі поверхні абсолютно чорного тіла за одиницю часу) як прямо пропорційну четвертій степені його абсолютної температури T : $R_T = \sigma T^4$, де σ — стала Стефана-Больцмана.
 - **Закон зміщення Віна:** Встановлює зв'язок між температурою абсолютно чорного тіла і довжиною хвилі λ_{max} , на яку припадає максимум його спектральної густини випромінювання, стверджуючи, що λ_{max} обернено пропорційна абсолютній температурі T : $\lambda_{max} T = b$, де b — стала Віна.
Абсолютно чорне тіло: Це ідеалізоване фізичне тіло, яке повністю поглинає все електромагнітне випромінювання, що падає на нього, незалежно від довжини хвилі та напрямку. Воно також є ідеальним випромінювачем, тобто випромінює максимально можливу енергію при заданій температурі, а його спектр випромінювання залежить лише від його температури.
4. **Практичне завдання.** Розв'яжіть практичне завдання. Диск радіусом 20 см і масою 5 кг обертається навколо осі, що проходить через його центр, з кутовою швидкістю 10 рад/с. Визначте момент імпульсу диска та його кінетичну енергію.

ВІДПОВІДЬ:

Початкові формули:

Момент інерції суцільного диска відносно осі, що проходить через його центр перпендикулярно площині:

$$I = \frac{1}{2} m R^2$$

Момент імпульсу:

$$L_{\text{імпульс}} = I \omega$$

Кінетична енергія обертального руху:

$$E_k = \frac{1}{2} I \omega^2$$

Виведення фінальних формул:

1. **Момент імпульсу диска ($L_{\text{імпульс}}$):** Підставляємо вираз для моменту інерції I у формулу для моменту імпульсу:

$$L_{\text{імпульс}} = \left(\frac{1}{2} m R^2 \right) \omega = \frac{1}{2} m R^2 \omega$$

2. **Кінетична енергія обертання (E_k):** Підставляємо вираз для моменту інерції I у формулу для кінетичної енергії обертання:

$$E_k = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} m R^2 \right) \omega^2 = \frac{1}{4} m R^2 \omega^2$$

Числові значення відповіді:

$$L_{\text{імпульс}} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}$$

$$E_k = 5 \text{ Дж}$$

3. **Практичне завдання.** Розв'яжіть практичне завдання. Куля масою 2 кг рухається зі швидкістю 5 м/с і зіштовхується з нерухомою кулею масою 3 кг. Зіткнення абсолютно пружне, центральне. Визначте швидкості обох куль та їх кінетичні енергії після зіткнення.

ВІДПОВІДЬ:

Початкові формули:

Закон збереження імпульсу:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2$$

Закон збереження кінетичної енергії (для абсолютно пружного зіткнення):

$$\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 = \frac{1}{2}m_1(v'_1)^2 + \frac{1}{2}m_2(v'_2)^2$$

Або, еквівалентно, для центрального пружного зіткнення:

$$v_1 - v_2 = -(v'_1 - v'_2)$$

Кінетична енергія:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

Виведення фінальних формул:

Для випадку, коли друга куля нерухома ($v_2 = 0$), розв'язок системи рівнянь (збереження імпульсу та збереження кінетичної енергії або співвідношення швидкостей) дає наступні формули для швидкостей після зіткнення:

1. **Швидкість першої кулі після зіткнення (v'_1):**

$$v'_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}v_1$$

2. **Швидкість другої кулі після зіткнення (v'_2):**

$$v'_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2}v_1$$

3. **Кінетична енергія першої кулі після зіткнення (E'_{k1}):**

$$E'_{k1} = \frac{1}{2}m_1(v'_1)^2$$

4. **Кінетична енергія другої кулі після зіткнення (E'_{k2}):**

$$E'_{k2} = \frac{1}{2}m_2(v'_2)^2$$

Числові значення відповіді:

$$v'_1 = -1 \text{ м/с}$$

$$v'_2 = 4 \text{ м/с}$$

$$E'_{k1} = 1 \text{ Дж}$$

$$E'_{k2} = 24 \text{ Дж}$$

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 11

1. **Знання термінології.** Дайте означення наступних термінів: когерентність хвиль, інтерференція, дифракція, поляризація світла.

ВІДПОВІДЬ:

- **Когерентність хвиль:** Це властивість хвиль мати однакову частоту та постійну у часі різницю фаз, що дозволяє їм утворювати стабільні та нерухомі інтерференційні картини.
- **Інтерференція:** Явище взаємного посилення або ослаблення амплітуди результуючої хвилі в результаті накладання двох або більше когерентних хвиль у просторі, що призводить до перерозподілу енергії.
- **Дифракція:** Огинання хвилями перешкод або розтікання хвиль за край отвору, що призводить до відхилення від прямолінійного поширення та утворення характерних інтерференційних картин.

- **Поляризація світла:** Явище, при якому коливання вектора напруженості електричного поля електромагнітної хвилі орієнтовані переважно в одній певній площині, перпендикулярній до напрямку її поширення.

2. **Теоретичне питання.** Дайте розгорнуту відповідь на теоретичне питання. Фотоефект. Закони зовнішнього фотоефекту. Рівняння Ейнштейна для фотоефекту. Застосування фотоефекту.

ВІДПОВІДЬ:

Фотоефект – це явище випускання електронів речовиною (емісії) під дією електромагнітного випромінювання (світла).

Закони зовнішнього фотоефекту:

- Кількість фотоелектронів, вибитих з поверхні металу за одиницю часу (сила фотоструму), прямо пропорційна інтенсивності падаючого світла, але лише за умови, що частота світла перевищує червону межу.
- Максимальна кінетична енергія фотоелектронів лінійно зростає зі збільшенням частоти падаючого світла і не залежить від його інтенсивності.
- Для кожного металу існує "червона межа" – мінімальна частота (або максимальна довжина хвилі) світла, нижче якої фотоефект не відбувається, незалежно від інтенсивності падаючого світла.
- Фотоефект практично безінерційний: випромінювання електронів починається майже миттєво після початку освітлення.

Рівняння Ейнштейна для фотоефекту: $h\nu = A_{\text{вих}} + E_k^{\text{max}}$, де $h\nu$ – енергія фотона, $A_{\text{вих}}$ – робота виходу електрона з металу, E_k^{max} – максимальна кінетична енергія фотоелектрона.

Застосування: Фотоелементи, сонячні батареї, цифрові камери, світлочутливі датчики, електронно-оптичні перетворювачі, медичні прилади та системи безпеки.

3. **Теоретичне питання.** Дайте розгорнуту відповідь на теоретичне питання. Корпускулярно-хвильовий дуалізм світла та речовини. Хвилі де Бройля.

ВІДПОВІДЬ:

Корпускулярно-хвильовий дуалізм – це фундаментальне поняття квантової механіки, яке стверджує, що всі об'єкти мікросвіту (як світло, так і елементарні частинки) можуть проявляти одночасно як хвильові, так і корпускулярні (частинкові) властивості залежно від умов експерименту. Це означає, що світло поширюється як хвиля, але взаємодіє з речовиною як потік частинок (фотонів), і навпаки, частинки матерії також мають хвильові властивості.

Хвилі де Бройля: У 1924 році Луї де Бройль висунув гіпотезу про універсальність корпускулярно-хвильового дуалізму, припустивши, що не тільки світло, а й будь-яка матеріальна частинка, що рухається, має хвильові властивості. Довжина хвилі де Бройля для частинки з імпульсом p визначається формулою $\lambda = h/p$, де h – стала Планка. Ці "хвилі матерії" експериментально підтверджені, наприклад, дифракцією електронів.

4. **Практичне завдання.** Розв'яжіть практичне завдання. Тіло масою 2 кг рухається прямолінійно за законом $x = 5 + 2t + 0,5t^2$ (координата в метрах, час в секундах). Визначте швидкість та прискорення тіла в момент часу $t = 3$ с, а також силу, що діє на тіло.

ВІДПОВІДЬ:

$$v(t) = \frac{dx}{dt}$$

$$a(t) = \frac{dv}{dt}$$

$$F = ma$$

$$v(t) = 2 + t$$

$$a(t) = 1$$

$$v(3) = 2 + 3 = 5$$

$$a(3) = 1$$

$$F = 2 \cdot 1 = 2$$

$$v(3) = 5 \text{ м/с}$$

$$a(3) = 1 \text{ м/с}^2$$

$$F = 2 \text{ Н}$$

5. **Практичне завдання.** Розв'яжіть практичне завдання. Тіло масою 0,5 кг, підвішене на пружині, здійснює гармонічні коливання з амплітудою 10 см і частотою 2 Гц. Визначте жорсткість пружини, максимальну швидкість тіла та його повну механічну енергію.

ВІДПОВІДЬ:

(Дано: $m = 0.5 \text{ кг}$, $A = 10 \text{ см} = 0.1 \text{ м}$, $f = 2 \text{ Гц}$)

$$\omega = 2\pi f$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$v_{max} = A\omega$$

$$E = \frac{1}{2}kA^2$$

$$k = m(2\pi f)^2$$

$$v_{max} = A(2\pi f)$$

$$E = \frac{1}{2}m(2\pi f)^2 A^2$$

$$k = 79.0 \text{ Н/м}$$

$$v_{max} = 1.26 \text{ м/с}$$

$$E = 0.395 \text{ Дж}$$

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 12

1. **Знання термінології.** Дайте означення наступних термінів: фотон, червона межа фотоефекту, робота виходу, ефект Комптона.

ВІДПОВІДЬ:

- **Фотон:** Квант електромагнітного випромінювання, безмасова елементарна частинка, що є носієм електромагнітної взаємодії, має нульовий заряд і завжди рухається зі швидкістю світла у вакуумі.
- **Червона межа фотоефекту:** Мінімальна частота (або максимальна довжина хвилі) світла, нижче якої зовнішній фотоефект для даного матеріалу не відбувається, оскільки енергії фотона недостатньо для подолання роботи виходу.
- **Робота виходу:** Мінімальна енергія, яку необхідно надати електрону, щоб він зміг подолати сили притягання атомів і покинути поверхню металу, переходячи у вакуум.
- **Ефект Комптона:** Явище некогерентного розсіювання високоенергетичних фотонів (рентгенівського або гамма-випромінювання) на вільних або слабко зв'язаних електронах, що супроводжується зменшенням енергії фотона та збільшенням його довжини хвилі.

2. **Теоретичне питання.** Дайте розгорнуту відповідь на теоретичне питання. Будова атома. Постулати Бора. Енергія та радіус орбіти електрона в атомі водню.

ВІДПОВІДЬ:

Будова атома: Атом складається з надзвичайно малого позитивно зарядженого атомного ядра, в якому зосереджена майже вся його маса, та електронів, що рухаються навколо ядра по певних орбітах, утворюючи електронну оболонку. Ядро складається з протонів і нейтронів (нуклонів), за винятком легкого ізотопу водню (протію).

Постулати Бора:

- Електрон може перебувати в атомі лише на певних стаціонарних орбітах, не випромінюючи при цьому енергію, хоча за класичною електродинамікою він мав би випромінювати і падати на ядро.
- При переході з однієї стаціонарної орбіти на іншу електрон поглинає або випромінює квант енергії (фотон), енергія якого точно дорівнює різниці енергій цих орбіт: $h\nu = E_n - E_k$.
- Дозволені є ті стаціонарні орбіти, для яких момент імпульсу електрона є цілим кратним редукованої сталої Планка: $L = mvr = n\frac{h}{2\pi} = n\hbar$, де n – головне квантове число.

Енергія та радіус орбіти електрона в атомі водню:

- **Радіус n -ї орбіти:** $r_n = n^2 r_1$, де $r_1 = a_0 \approx 0.0529$ нм (радіус Бора) – радіус першої орбіти, а n – головне квантове число.
- **Енергія n -ї орбіти:** $E_n = -\frac{13.6}{n^2}$ еВ. Від'ємне значення вказує на зв'язаний стан електрона, а енергія наближається до нуля при $n \rightarrow \infty$ (іонізація).

3. **Теоретичне питання.** Дайте розгорнуту відповідь на теоретичне питання. Квантові числа. Принцип Паулі. Розподіл електронів в атомах за станами.

ВІДПОВІДЬ:

Квантові числа – це набір дискретних чисел, що повністю описують і квантують стан електрона в атомі, визначаючи його енергію, форму орбіталі, її просторову орієнтацію та власний момент імпульсу. До них належать:

- **Головне квантове число (n):** Визначає енергетичний рівень електрона та розмір електронної оболонки ($n = 1, 2, 3, \dots$).
- **Орбітальне (азимутальне) квантове число (l):** Визначає форму орбіталі та величину орбітального моменту імпульсу ($l = 0, 1, \dots, n - 1$).
- **Магнітне квантове число (m_l):** Визначає орієнтацію орбіталі в просторі (проекцію орбітального моменту імпульсу на обрану вісь), приймаючи значення від $-l$ до $+l$ включно.
- **Спінове квантове число (m_s):** Характеризує власний внутрішній момент імпульсу (спін) електрона, що має лише два можливих значення проекції: $m_s = +1/2$ або $-1/2$.

Принцип Паулі: Фундаментальний принцип квантової механіки, який стверджує, що в атомі не може існувати двох електронів, які мають абсолютно однакові значення всіх чотирьох квантових чисел. Це означає, що кожна квантова орбіталь (визначена n, l, m_l) може містити максимум два електрони, і вони повинні мати протилежні спіни.

Розподіл електронів в атомах за станами: Електрони заповнюють енергетичні рівні та підуровні в атомі, починаючи з найнижчих енергетичних станів, відповідно до принципу Паулі та правила Хунда (що вимагає

заповнення орбіталей з максимальною сумою спінів). Цей розподіл визначає електронну конфігурацію атома та його хімічні властивості.

4. **Практичне завдання.** Розв'яжіть практичне завдання. Сила 100 Н діє на тіло масою 50 кг протягом 5 с. Тіло спочатку перебувало в стані спокою. Визначте імпульс, отриманий тілом, його кінцеву швидкість та пройдений шлях.

ВІДПОВІДЬ:

(Дано: $F = 100$ Н, $m = 50$ кг, $\Delta t = 5$ с, $v_0 = 0$)

$$\Delta p = F \Delta t$$

$$F = ma$$

$$v = v_0 + at$$

$$S = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

$$\Delta p = F \Delta t$$

$$a = \frac{F}{m}$$

$$v = \frac{F}{m} t$$

$$S = \frac{1}{2} \frac{F}{m} t^2$$

$$\Delta p = 500 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$$

$$v = 10 \text{ м/с}$$

$$S = 25 \text{ м}$$

5. **Практичне завдання.** Розв'яжіть практичне завдання. Визначте коефіцієнт корисної дії ідеальної теплової машини, що працює за циклом Карно, якщо температура нагрівника 400 К, а холодильника 300 К. Яку роботу виконує машина за один цикл, якщо від нагрівника вона отримує 1000 Дж теплоти?

ВІДПОВІДЬ:

(Дано: $T_{\text{н}} = 400$ К, $T_{\text{х}} = 300$ К, $Q_{\text{н}} = 1000$ Дж)

$$\eta = 1 - \frac{T_{\text{х}}}{T_{\text{н}}}$$

$$\eta = \frac{A}{Q_{\text{н}}}$$

$$\eta = 1 - \frac{T_{\text{х}}}{T_{\text{н}}}$$

$$A = \left(1 - \frac{T_x}{T_H}\right) Q_H$$

$$\eta = 0.25 \text{ або } 25\%$$

$$A = 250 \text{ Дж}$$

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 13

1. **Знання термінології.** Дайте означення наступних термінів: квантові числа, спин електрона, принцип Паулі, енергетичний рівень.

ВІДПОВІДЬ:

- **Квантові числа:** Набір дискретних чисел, які повністю описують квантовий стан електрона в атомі, включаючи його енергію, форму орбіталі, її орієнтацію в просторі та власний внутрішній момент імпульсу (спін).
- **Спин електрона:** Власний внутрішній момент імпульсу електрона, що є фундаментальною квантовою характеристикою, не пов'язаною з його рухом у просторі, і має лише два можливих значення проекції (+1/2 або -1/2).
- **Принцип Паулі:** Фундаментальний принцип квантової механіки, який стверджує, що в атомі не може існувати двох електронів, які мають абсолютно однакові значення всіх чотирьох квантових чисел, що обмежує заповнення електронних станів.
- **Енергетичний рівень:** Дискретне (квантоване) значення енергії, яке може мати електрон в атомі, що відповідає певній дозволений орбіті або стану, визначеному головним квантовим числом.

2. **Теоретичне питання.** Дайте розгорнуту відповідь на теоретичне питання. Люмінесценція. Типи люмінесценції. Спектри атомів та молекул.

ВІДПОВІДЬ:

Люмінесценція – це нетеплове свічення речовин, що виникає внаслідок переходу атомів або молекул зі збуджених станів в основний, супроводжуючись випромінюванням фотонів. Це свічення характеризується надлишком над тепловим випромінюванням і триває значно довше періоду світлових коливань.

Типи люмінесценції: Розрізняють фотолюмінесценцію (викликана світлом, включає флуоресценцію та фосфоресценцію), електролюмінесценцію (викликана електричним полем/струмом), хемілюмінесценцію (в результаті хімічних реакцій), біоломінесценцію (у живих організмах), катодолюмінесценцію (електронним бомбардуванням), триболюмінесценцію (механічним впливом) та інші.

Спектри атомів та молекул:

- **Спектри атомів** є дискретними (лінійчатыми), складаються з окремих чітких ліній. Це пояснюється тим, що енергетичні рівні електронів в атомах строго квантуються, і кожен дозволений перехід між ними відповідає випромінюванню або поглинанню фотона певної, точно визначеної частоти.
- **Спектри молекул** є смугастими, тобто складаються з груп близько розташованих ліній, які формують смуги. Це зумовлено тим, що крім електронних переходів, у молекулах існують також квантовані коливальні та обертальні рухи атомів, кожен з яких вносить свої дискретні, але дуже близькі за енергією переходи.

3. **Теоретичне питання.** Дайте розгорнуту відповідь на теоретичне питання. Лазери. Принцип роботи лазера. Типи лазерів. Застосування лазерів в харчовій промисловості та для аналізу харчових продуктів.

ВІДПОВІДЬ:

Лазери (від англ. LASER – Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) – це оптичні квантові генератори, що випромінюють висококогерентне, монохроматичне, поляризоване та вузьконаправлене світло за рахунок вимушеного випромінювання.

Принцип роботи лазера базується на трьох основних процесах взаємодії світла з речовиною:

- Вимушене поглинання:** Атом поглинає фотон і переходить на вищий енергетичний рівень.

- ii. **Спонтанне випромінювання:** Збуджений атом самостійно повертається в основний стан, випромінюючи фотон випадкового напрямку та фази.
- iii. **Вимушене (стимульоване) випромінювання:** Збуджений атом, на який падає фотон з енергією, що дорівнює різниці енергій рівнів, випромінює інший фотон, ідентичний першому (тієї ж частоти, фази, поляризації та напрямку). Для ефективного вимушеного випромінювання необхідна інверсна заселеність (більше атомів у збудженому стані, ніж в основному) та оптичний резонатор.

Типи лазерів: Існують твердотільні (наприклад, рубіновий, неодимовий), газові (гелій-неоновий, вуглекислотний), напівпровідникові (діодні), рідинні (на барвниках) та волоконні лазери.

Застосування в харчовій промисловості та для аналізу харчових продуктів:

- **Контроль якості та безпеки:** Виявлення дефектів, сторонніх домішок, псування продуктів, а також ідентифікація патогенних мікроорганізмів.
- **Сортування:** Автоматичне високошвидкісне розділення продуктів за кольором, формою, розміром або наявністю дефектів.
- **Обробка:** Лазерне різання, перфорація, маркування (наприклад, гравіювання терміну придатності), стерилізація поверхонь продуктів або пакувальних матеріалів.
- **Аналіз складу:** Застосування спектроскопічних методів (наприклад, лазерно-індукована пробійна спектроскопія (LIBS), Раман-спектроскопія) для швидкого визначення хімічного складу, автентичності продукту, вмісту поживних речовин або забруднювачів.

4. **Практичне завдання.** Розв'яжіть практичне завдання. Провідник довжиною 1 м підключений до джерела напруги 12 В. Опір провідника 6 Ом. Визначте силу струму, потужність, виділену в провіднику, та кількість теплоти, виділену за 10 хвилин.

ВІДПОВІДЬ:

(Дано: $L = 1$ м, $U = 12$ В, $R = 6$ Ом, $t = 10$ хв = 600 с)

$$I = \frac{U}{R}$$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

$$Q = Pt$$

$$I = \frac{U}{R}$$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

$$Q = \frac{U^2}{R}t$$

$$I = 2 \text{ А}$$

$$P = 24 \text{ Вт}$$

$$Q = 14400 \text{ Дж}$$

5. **Практичне завдання.** Розв'яжіть практичне завдання. Сепаратор для молока обертається з частотою 6000 об/хв. Радіус барабана сепаратора 10 см. Визначте лінійну швидкість точок на краю барабана, доцентрове прискорення та

відношення доцентрової сили до сили тяжіння.

ВІДПОВІДЬ:

(Дано: $f = 6000 \text{ об/хв} = 100 \text{ Гц}$, $R = 10 \text{ см} = 0.1 \text{ м}$, $g \approx 9.81 \text{ м/с}^2$)

$$\omega = 2\pi f$$

$$v = \omega R$$

$$a_{\text{ц}} = \omega^2 R$$

$$\frac{F_{\text{ц}}}{F_{\text{т}}} = \frac{a_{\text{ц}}}{g}$$

$$v = (2\pi f)R$$

$$a_{\text{ц}} = (2\pi f)^2 R$$

$$\frac{F_{\text{ц}}}{F_{\text{т}}} = \frac{(2\pi f)^2 R}{g}$$

$$v = 62.8 \text{ м/с}$$

$$a_{\text{ц}} = 39480 \text{ м/с}^2$$

$$\frac{F_{\text{ц}}}{F_{\text{т}}} = 4024$$

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 14

1. **Знання термінології.** Дайте означення наступних термінів: атомне ядро, масове число, зарядове число, ізотопи.

ВІДПОВІДЬ:

- **Атомне ядро:** Центральна, надзвичайно щільна, позитивно заряджена частина атома, що складається з протонів і нейтронів (нуклонів) і містить практично всю його масу.
- **Масове число (A):** Сумарна кількість протонів і нейтронів (нуклонів) в атомному ядрі, що визначає його атомну масу, виражену в атомних одиницях маси.
- **Зарядове число (Z):** Кількість протонів в атомному ядрі, яка визначає його електричний заряд та порядковий номер хімічного елемента в періодичній системі елементів.
- **Ізотопи:** Різновиди атомів одного й того ж хімічного елемента, які мають однакову кількість протонів (однакове зарядове число Z), але різну кількість нейтронів (відповідно, різне масове число A).

2. **Теоретичне питання.** Дайте розгорнуту відповідь на теоретичне питання. Склад та характеристики атомних ядер. Ядерні сили. Дефект маси. Енергія зв'язку ядра.

ВІДПОВІДЬ:

Склад та характеристики атомних ядер: Атомне ядро складається з позитивно заряджених протонів та електрично нейтральних нейтронів, які разом називаються нуклонами. Кількість протонів (Z) визначає хімічний елемент, а сума

протонів і нейтронів ($A = Z + N$) – масове число. Ядро має надзвичайно високу густину (10^{14} г/см³) і позитивний заряд Ze .

Ядерні сили: Це короткодійні (діють на відстанях до 10^{-15} м), найсильніші з усіх відомих фундаментальних взаємодій. Вони є зарядонезалежними (однакові між р-р, п-п, р-п), мають властивість насичення (нуклон взаємодіє лише з найближчими сусідами) і забезпечують утримання нуклонів у ядрі, долаючи кулонівське відштовхування протонів.

Дефект маси (Δm): Різниця між сумою мас окремих, вільних нуклонів, що утворюють ядро, та фактичною масою цього ядра. Завжди $\Delta m > 0$, оскільки частина маси перетворюється на енергію зв'язку. Формула: $\Delta m = (Zm_p + Nm_n) - m_{\text{ядра}}$.

Енергія зв'язку ядра ($E_{\text{зв}}$): Енергія, яка виділяється при утворенні ядра з окремих нуклонів, або мінімальна енергія, необхідна для його розщеплення на окремі нуклони. Вона пов'язана з дефектом маси за формулою Ейнштейна: $E_{\text{зв}} = \Delta mc^2$.

3. **Теоретичне питання.** Дайте розгорнуту відповідь на теоретичне питання. Радіоактивність. Види радіоактивного випромінювання та їх властивості. Закон радіоактивного розпаду. Період напіврозпаду.

ВІДПОВІДЬ:

Радіоактивність – це самовільне перетворення нестійких атомних ядер одного хімічного елемента на ядра інших елементів або на інші ізотопи того ж елемента, що супроводжується випусканням різних видів випромінювання та енергії.

Види радіоактивного випромінювання та їх властивості:

- **Альфа-випромінювання (α -частинки):** Потік ядер гелію (${}^4_2\text{He}$). Мають велику масу, позитивний заряд ($+2e$), дуже низьку проникаючу здатність (затримуються аркушем паперу), але високу іонізуючу здатність.
- **Бета-випромінювання (β -частинки):** Потік високоенергетичних електронів (β^-) або позитронів (β^+). Мають малу масу, негативний (або позитивний) заряд ($\pm e$), більшу проникаючу здатність, ніж α -частинки (затримуються тонким металом), меншу іонізуючу здатність.
- **Гамма-випромінювання (γ -кванти):** Електромагнітні хвилі дуже короткої довжини хвилі (високоенергетичні фотони), що випускаються збудженими ядрами. Не мають маси та заряду, є найпроникаючішими (потрібен товстий шар свинцю або бетону), мають найменшу іонізуючу здатність.

Закон радіоактивного розпаду: Описує експоненційне зменшення кількості радіоактивних ядер з часом: $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$, де N_0 – початкова кількість ядер, $N(t)$ – кількість ядер, що залишилися через час t , а λ – стала радіоактивного розпаду.

Період напіврозпаду ($T_{1/2}$): Час, протягом якого розпадається половина початкової кількості радіоактивних ядер. Він пов'язаний зі сталою розпаду формулою: $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$.

4. **Практичне завдання.** Розв'яжіть практичне завдання. Котушка індуктивністю 0,2 Гн підключена до джерела змінної напруги. Сила струму в котушці змінюється за законом $I = 5 \sin(100\pi t)$ А. Визначте максимальне значення ЕРС самоіндукції в котушці та енергію магнітного поля при максимальному струмі.

ВІДПОВІДЬ:

(Дано: $L = 0.2$ Гн, $I_m = 5$ А, $\omega = 100\pi$ рад/с)

$$I(t) = I_m \sin(\omega t)$$

$$\mathcal{E} = -L \frac{dI}{dt}$$

$$W = \frac{1}{2} L I^2$$

$$\mathcal{E}_{\text{max}} = L I_m \omega$$

$$W_{\text{max}} = \frac{1}{2} L I_m^2$$

$$\mathcal{E}_{max} = 314 \text{ В}$$

$$W_{max} = 2.5 \text{ Дж}$$

5. **Практичне завдання.** Розв'яжіть практичне завдання. Два точкових заряди $+4 \cdot 10^{-9}$ Кл і $-9 \cdot 10^{-9}$ Кл знаходяться на відстані 10 см один від одного. Визначте силу взаємодії між зарядами та напруженість електричного поля в точці, що знаходиться посередині між зарядами.

ВІДПОВІДЬ:

(Дано: $q_1 = +4 \cdot 10^{-9}$ Кл, $q_2 = -9 \cdot 10^{-9}$ Кл, $r = 10 \text{ см} = 0.1 \text{ м}$, $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{Кл}^2$)

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$

$$E = k \frac{|q|}{r^2}$$

$$E_{mid} = k \frac{|q_1|}{(r/2)^2} + k \frac{|q_2|}{(r/2)^2}$$

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$

$$E_{mid} = k \frac{4(|q_1| + |q_2|)}{r^2}$$

$$F = 3.24 \cdot 10^{-5} \text{ Н}$$

$$E_{mid} = 4.68 \cdot 10^4 \text{ В/м}$$