

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ПОЛТАВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА

КАФЕДРА ФІЗИКИ

ЗБІРНИК ЗАДАЧ ІЗ ФІЗИКИ

ЧАСТИНА 3

для студентів інженерних спеціальностей
денної та заочної форм навчання

Полтава 2017

Збірник задач із фізики. Частина 3. Для студентів інженерних спеціальностей денної та заочної форм навчання. – Полтава: ПолтНТУ, 2017.– 32 с.

Укладачі: Р.І. Шматкова, к.т.н., доцент, Л.П. Давиденко, к.х.н, доцент,
О.В. Ківа, ст. викладач.

Відповідальний за випуск: В.В. Соловйов, завідувач кафедри фізики,
доктор хімічних наук, професор.

Рецензент: В.І. Коновалов, к.ф-м.н., доцент.

Затверджено науково-методичною радою
університету
Протокол № 2 від 21.04. 2017 р.

Коректор

М.М. Рокитна

Для успішного розв'язання задач рекомендується така послідовність дій:

1. Приступаючи до розв'язання задач з будь-якої теми, спочатку вивчіть теоретичний матеріал за підручником, розберіться в прикладах розв'язання типових задач.

2. Уважно прочитайте умову задачі, вникаючи в її зміст. Чітко уявіть собі фізичне явище, процеси, які відображені умовою задачі.

3. Запишіть коротку умову задачі, вказуючи всі величини з умови задачі та їх числові значення. Окремо позначте величини, що шукаються в задачі. Числові значення переведіть в одиниці СІ.

4. Ретельно виконайте креслення, котре пояснює зміст задачі (в тих випадках, коли це можливо). Є деякі задачі, що розв'язуються графічно, тоді правильно виконане креслення буде розв'язанням задачі.

5. Згадайте, якому закону підпорядкований фізичний процес і якими формулами він описується математично. Якщо формул декілька, співставте величини, що входять у різні формули, із заданими величинами та тими, які необхідно знайти.

6. На першому етапі розв'яуйте задачу в загальному вигляді, тобто виводьте формулу, в котрій шукана величина виражена через величини, задані в умові. Винятки із цього правила вкрай рідкі й бувають у двох випадках: якщо формула якої-небудь проміжної величини настільки громіздка, що обчислення цієї величини значно спрощує подальший запис розв'язання; якщо числовий розв'язок задачі значно простіший, ніж виведення формули.

7. Перевірте, чи дає робоча формула правильну одиницю вимірювання шуканої величини. Для цього в робочу формулу слід підставити одиниці вимірювань всіх величин у СІ, виконати з ними необхідні дії. Якщо одержана в результаті розмірності не збігається з розмірністю шуканої величини, то задача розв'язана неправильно. Якщо в обчислювальну формулу входять алгебраїчні суми, слід звернути увагу на одиниці доданків.

8. Підставте в остаточну формулу, одержану в результаті розв'язання задачі в загальному вигляді, числові значення, виражені в одиницях СІ.

9. Виконуйте обчислення згідно з робочою формулою, керуючись правилами наближених обчислень. Запишіть у відповіді числове значення і скорочену назву шуканої величини в СІ.

10. Розв'язання кожної задачі повинне супроводжуватися коротким поясненням, яке розкриває логічну послідовність операцій при її розв'язанні.

11. Одержавши шукану величину, проаналізуйте її кількісно і переконайтесь, що вона реальна в умовах даної задачі.

12. Оформлення задач: обов'язково переписіть умову задачі повністю, коротку умову, рішення з поясненнями, відповідь. Кожну задачу починайте з нової сторінки.

Базові питання
Розділ «Оптика, фізика атома, ядра та твердого тіла»

1. Основні поняття фотометрії: сила світла, освітленість, світловий потік.
2. Явище інтерференції, умова підсилення та ослаблення світла при інтерференції.
3. Явище дифракції, умова максимуму на решітці.
4. Явище поляризації, закон Малюса та Брюстера.
5. Зовнішній фотоефект. Рівняння Ейнштейна.
6. Теплове випромінювання і його закони.
7. Тиск світла.
8. Випромінювання атомів: оптичні та рентгенівські спектри.
9. Напівпровідники власні та домішкові. Провідність напівпровідників.
10. Явище радіоактивності, енергія зв'язку, дефект маси ядра.

**Оптика. Фізика атома і атомного ядра.
Основні закони і формули**

Абсолютний показник заломлення	$n = \frac{c}{g}$	c – швидкість світла у вакуумі (м/с); g – швидкість світла у середовищі (м/с)
Відносний показник заломлення	$n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$	n_2 – абсолютний показник заломлення 2-го середовища; n_1 – абсолютний показник заломлення 1-го середовища
Закон заломлення світла	$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n_{21}$	α – кут падіння; γ – кут заломлення; n_{21} – відносний показник заломлення; α_{zp} – граничний кут повного відбивання
	$\frac{\sin \alpha_{\bar{a}\delta}}{\sin 90^\circ} = n_{21}$	
Довжина хвилі	$\lambda = \frac{g}{\nu}$	g – швидкість хвилі (м/с); ν – частота (Гц)
Світловий потік	$\Phi = \frac{W}{t}$	Φ – світловий потік (лм); W – світлова енергія (Дж); t – час (с)
Сила світла	$I = \frac{\Phi}{\Omega}$	I – сила світла (кд); Φ – світловий потік (лм); Ω – тілесний кут (стер)
Освітленість	$E = \frac{W}{S \cdot t}$	W – енергія (Дж); E – освітленість (лк); S – площа (м ²);
Закон освітленості поверхні	$E = \frac{I}{r^2} \cos \alpha$	r – відстань до джерела світла (м); I – сила світла (кд); α – кут падіння
Оптична різниця ходу	$\Delta = n_1 \ell_1 - n_2 \ell_2$	n_1, n_2 – абсолютні показники заломлення; ℓ_1, ℓ_2 – відстані, пройдені світлом від 1-го та 2-го джерела (м)
Умова підсилення світла при інтерференції	$\Delta = \pm k\lambda$	$k = \pm 0, 1, 2, \dots$ – порядок максимуму або мінімуму; λ – довжина хвилі (м); Δ – оптична різниця ходу хвиль (м)
Умова послаблення світла при інтерференції	$\Delta = \pm (2k+1) \frac{\lambda}{2}$	

Оптична різниця ходу при інтерференції в тонких плівках: у відбитому світлі у прохідному світлі	$\Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} + \frac{\lambda}{2}$ $\Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}$	Δ – оптична різниця ходу хвиль (м); d – товщина плівки (м); n – показник заломлення плівки; i – кут падіння; λ – довжина хвилі (м)
Радіуси темних кілець Ньютона у відбитому (або світлих у прохідному) світлі:	$r_k = \sqrt{kR\lambda}$	r – радіус кільця (м); $k = 1, 2, \dots$ – номер кільця; R – радіус кривизни лінзи (м);
Радіуси світлих кілець Ньютона у відбитому (або темних у прохідному) світлі:	$r_k = \sqrt{(2k-1)R(\lambda/2)}$	λ – довжина хвилі (м)
Умова головних максимумів при дифракції на ґратці	$d \sin \varphi = \pm k\lambda$	$k = 0, 1, 2, \dots$ – порядок максимуму; d – стала ґратки (м);
Стала дифракційної ґратки	$d = \frac{a}{N}$	φ – кут дифракції a – ширина ґратки (м); N – кількість штрихів
Умови дифракційних максимумів при дифракції на щілині Умови дифракційних мінімумів при дифракції на щілині	$a \sin \varphi = (2k+1) \frac{\lambda}{2}$ $a \sin \varphi = 2k \frac{\lambda}{2}$	a – ширина щілини (м); φ – кут дифракції; k – порядок дифракційного максимуму, мінімуму; $(2k+1), 2k$ – число зон Френеля
Формула Вульфа-Брегга	$2 d \sin \Theta = m\lambda$	d – відстань між атомними площинами кристала (м); Θ – кут між пучком рентгенівських променів і поверхнею кристала; m – порядок рентгенівського спектра
Закон Брюстера	$tq i_B = \frac{n_2}{n_1}$	i_B – кут падіння, при якому відбитий промінь максимально поляризований; n_1, n_2 – абсолютні показники заломлення
Енергетична світність	$R_e = \frac{W}{St}$	R_e – енергетична світність (Вт/м ²); W – енергія (Дж); S – площа поверхні (м ²);

Закон Стефана-Больцмана для абсолютно чорного тіла	$R_e = \sigma T^4$	R_e – енергетична світність (Вт/м ²); σ – стала Стефана-Больцмана (Вт/(м ² · К ⁴));
Закон Стефана-Больцмана для «сірого» тіла	$R_e = a\sigma T^4$	T – абсолютна температура (К); a – коефіцієнт поглинання (поглинальна здатність)
Коефіцієнт поглинання	$a = \frac{dW_{\text{погл}}}{dW}$	a – коефіцієнт поглинання; $dW_{\text{погл}}$ – енергія, поглинута поверхнею (Дж); dW – енергія, що падає на поверхню (Дж)
Перший закон Віна (закон зміщення)	$\lambda_{\text{max}} = \frac{\hat{a}_1}{T}$	λ_{max} – довжина хвилі, яка відповідає максимуму спектральної випромінювальної здатності (м); \hat{a}_1 – стала першого закону Віна (м · К);
Другий закон Віна	$r_{\lambda\text{max}} = \hat{b}_2 T^5$	T – абсол. температура (К); $r_{\lambda\text{max}}$ – максимальне значення спектральної випромінювальної здатності (Вт/м ³); \hat{b}_2 – стала другого закону Віна (Вт/(м ³ · К ⁵))
Енергія фотона	$\varepsilon_{\phi} = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$	ε_{ϕ} – енергія фотона (Дж); h – стала Планка (Дж · с);
Імпульс фотона	$p_{\phi} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$;	ν – частота (Гц); c – швидкість світла (м/с);
Маса фотона	$m_{\phi} = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{h}{c\lambda}$	λ – довжина хвилі (м); p_{ϕ} – імпульс фотона (кг · м/с); m_{ϕ} – маса фотона (кг)
Рівняння Ейнштейна для зовнішнього фотоефекту	$h\nu = A + \frac{m\mathcal{G}_{\text{max}}^2}{2}$	A – робота виходу (Дж); m – маса електрона (кг);
Червона межа фотоефекту	$\nu_{\text{чер.}} = \frac{A}{h}$; $\lambda_{\text{чер.}} = \frac{hc}{A}$	\mathcal{G} – швидкість електрона (м/с);
Тиск світла при нормальному падінні на поверхню	$p = \frac{\hat{A}}{c} (1 + \rho)$	p – тиск світла (Па); \hat{A} – енергетична світність (Вт/м ²); c – швидкість світла у вакуумі (м/с); ρ – коефіцієнт відбивання

Формула Комптона для розсіяного фотона	$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos\Theta)$	$\Delta\lambda$ – зміна довжини хвилі фотона (м); λ' – довжина хвилі після розсіювання (м); λ – довжина хвилі до розсіювання (м); Θ – кут розсіювання; m_0 – маса спокою електрона (кг)
Правило частот Бора	$E_n - E_k = h\nu$	h – стала Планка (Дж·с); ν – частота (Гц)
Радіуси стаціонарних орбіт атома водню	$r_n = n^2 a$	r_n – радіус n -ї орбіти (м); $n = 1, 2, 3, \dots$ номер орбіти; a – радіус першої орбіти електрона в атомі водню ($a = 52,9$ нм)
Формула Бальмера-Рідберга	$\frac{1}{\lambda} = RZ^2 \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	λ – довжина хвилі (м); R – стала Рідберга (м^{-1}); Z – порядковий номер елемента;
Закон Мозлі	$\frac{1}{\lambda} = R(Z - \delta)^2 \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	k – номер орбіти, на яку перейшов електрон; n – номер орбіти, з якої перейшов електрон; δ – стала екранування
Потенціал збудження	$U_{зб.} = \frac{A_k - E_n}{e}$	e – заряд електрона (Кл); $U_{зб.}$ – потенціал збудження (В); E_k, E_n – значення енергії відповідно k -го та n -го рівнів (Дж);
Короткохвильова границя суцільного рентгенівського спектра	$\lambda_{min} = \frac{h\tilde{n}}{aU}$	U – напруга на рентгенівській трубці (В); λ_{min} – довжина хвилі (м); h – стала Планка (Дж·с)
Довжина хвилі де Бройля	$\lambda_B = \frac{h}{\delta} = \frac{h}{m\vartheta}$	p – імпульс (кг· м/с); m – маса (кг); ϑ – швидкість (м/с)
Залежність маси частинки від швидкості її руху	$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{\vartheta^2}{c^2}}}$	m – маса рухомої частинки (кг); m_0 – маса спокою (кг); ϑ – швидкість частинки (м/с); c – швидкість світла у
Релятивістський імпульс	$p = \frac{1}{\tilde{n}} \sqrt{E_k (E_k + 2m_0 c^2)}$	c – швидкість світла у

Повна енергія частинки	$E = mc^2$	вакуумі (м/с);
Кінетична енергія частинки	$E_k = mc^2 - m_0c^2$	E – повна енергія (Дж); E_k – кінетична енергія (Дж)
Закон радіоактивного розпаду	$N = N_0 e^{-\lambda t}$	N_0 – число радіоактивних атомів на момент часу $t_0=0$;
Число атомів, що розпалося за час t	$\Delta N = N_0 (1 - e^{-\lambda t})$	N – число радіоактивних атомів на момент часу t ;
Стала розпаду	$\lambda = \frac{\ln 2}{T}$	λ – стала розпаду (s^{-1}); T – період напіврозпаду (с);
Середній час життя радіоактивного ядра	$\tau = \frac{1}{\lambda}$	τ – середній час життя (с);
Активність	$a = -\frac{dN}{dt} = \lambda N_0 e^{-\lambda t}$	a – активність (Бк);
Питома активність	$A = \frac{\dot{a}}{m}$	m – маса речовини (кг)
Склад атомного ядра	${}_Z X^A$ або ${}_Z^A X$	Z – зарядове число; кількість протонів у ядрі (порядковий номер елемента);
Дефект маси ядра	$\Delta m = Zm_{H_1^1} + (A-Z)m_n - m_{am}$	A – масове число; кількість нуклонів (протонів і нейтронів) у ядрі; $(A-Z)$ – кількість нейтронів у ядрі; Δm – дефект маси ядра (а.о.м.); m_n – маса нейтрона (а.о.м.); m_{am} – маса атома (а.о.м.); $m_{H_1^1}$ – маса ізотопу водню H_1^1 (а.о.м.)
Енергія зв'язку ядра	$E_{зв} = \Delta mc^2 = 931,5 \Delta m$	$E_{зв}$ – енергія зв'язку (МеВ);
Питома енергія зв'язку	$E_{num} = \frac{A_{с\dot{a}}}{\dot{A}}$	Δm – дефект маси ядра (а.о.м.); A – масове число; c – швидкість світла у вакуумі (м/с)
Енергія ядерної реакції	$E = 931,5(\Sigma m_i - \Sigma m_j)$	E – енергія, що виділяється або поглинається в ході ядерної реакції (МеВ); Σm_i – сума мас частинок до реакції (а.о.м.);

		Σm_j – сума мас частинок після реакції (а.о.м)
Питома електропровідність напівпровідника із власним типом провідності	$\delta = en(\mu_n + \mu_p)$	e – елементарний заряд (Кл); n – концентрація електронів (дірок) (м^{-3}); μ_n – рухливість електронів ($\text{м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$); μ_p – рухливість дірок ($\text{м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$)
Залежність від температури: питомої провідності «власного» напівпровідника; питомої провідності домішкового напівпровідника при низьких температурах	$\sigma = \sigma_0 e^{\frac{-\Delta E}{2kT}}$ $\sigma = \sigma_0 e^{\frac{-\Delta E_a}{2kT}}$	σ – питома провідність при температурі T ($\text{Ом}\cdot\text{м}$) ⁻¹ ; σ_0 – питома провідність при температурі $T \rightarrow \infty$ ($\text{Ом}\cdot\text{м}$) ⁻¹ ; k – стала Больцмана (Дж/К); ΔE – ширина забороненої зони (Дж); ΔE_a – енергія активації домішки (Дж)
Порогова довжина хвилі фотопровідності	$\lambda_n = \frac{hc}{\Delta E}$	h – стала Планка (Дж·с); c – швидкість світла у вакуумі (м/с); ΔE – енергія активації (Дж)

Приклад тестового завдання

- Випромінювальна здатність – це фізична величина, яка дорівнює
 - 1) променистій енергії, що проходить через деяку поверхню за одиницю часу, і яка оцінюється за зоровим відчуттям;
 - 2) потужності випромінювання з одиниці площі в інтервалі частот одиничної ширини;
 - 3) повній потужності теплового випромінювання з одиниці площі поверхні в усьому інтервалі частот;
 - 4) світловому потоку, що падає на одиницю площі поверхні.
- Який з виразів визначає умову дифракційного максимуму на щілині?
 - 1) $d \sin \varphi = \pm k\lambda$;
 - 2) $a \sin \varphi = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$;
 - 3) $\Delta = \pm k\lambda$;
 - 4) $\Delta = \pm (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$.
- Яка з формул є записом закону Стефана-Больцмана для «сірого» тіла?
 - 1) $\lambda_{\max} = \frac{a_1}{T}$;
 - 2) $R_e = \sigma T^4$;
 - 3) $r_{\lambda \max} = \epsilon_2 T^5$;
 - 4) $R_e = a\sigma T^4$.

4. Який з наведених виразів є математичним записом закону освітленості?

1) $h\nu = A + \frac{m g_{\max}^2}{2}$; 2) $E = \frac{I}{r^2} \cos \alpha$; 3) $\operatorname{tg} i_B = \frac{n_2}{n_1}$; 4) $I = I_0 \cos^2 \varphi$.

5. Тепловим випромінюванням називається явище

1) накладання двох або кількох когерентних хвиль, внаслідок якого утворюються сталі в просторі зони підвищеної або послабленої інтенсивності світла;

2) відхилення світлових променів від прямолінійного поширення при проходженні світла через перешкоди, розміри яких невеликі порівняно з довжиною світла;

3) явище звільнення електронів від зв'язків з атомами речовини під дією світла;

4) електромагнітне випромінювання, що обумовлене тепловим рухом атомів та молекул.

6. За яким виразом визначається енергія зв'язку нуклонів у ядрі?

1) $\frac{\dot{A}}{c}(1 + \rho)$; 2) $\frac{hc}{\lambda}$; 3) $\frac{h\nu}{c}$; 4) $\Delta m c^2$.

7. Яка з наведених формул виражає правило частот Бора ?

1) $h\nu = E_n - E_m$; 2) $\frac{1}{\lambda} = Z^2 R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right)$; 3) $N = N_0 e^{-\lambda t}$; 4) $\lambda = \frac{\ln 2}{T}$.

8. Які особливості будови діелектриків з точки зору зонної теорії твердого тіла?

1) відсутність забороненої зони, часткове заповнення валентної зони або перекривання зони провідності і валентної зони;

2) наявність у забороненій зоні енергетичних підрівнів поблизу зони провідності;

3) наявність у забороненій зоні енергетичних підрівнів поблизу валентної зони;

4) валентна зона заповнена, ширина забороненої зони більша 3 еВ.

9. За яким законом змінюється власна провідність напівпровідників при зміні температури?

1) $\rho_0 a^{\frac{\Delta E}{2k\theta}}$; 2) $\delta_0 e^{\frac{-\Delta E}{2kT}}$; 3) $\rho_0 a^{\frac{\Delta E \dot{a}}{2k\theta}}$; 4) $\delta_0 e^{\frac{-\Delta E \dot{a}}{2kT}}$.

10. Які напівпровідники називають напівпровідниками n-типу?

1) напівпровідники з акцепторною домішкою;

2) напівпровідники з донорною домішкою;

3) хімічно чисті напівпровідники при $T=0$;

4) хімічно чисті напівпровідники при $T > 0$.

11. Температура абсолютно чорного тіла 1000 К. Знайти потужність теплового випромінювання, якщо площа випромінювальної поверхні дорівнює 600 см².

1) 34 кВт; 2) 34 Вт; 3) 3,4 кВт; 4) 40 Вт.

12. Атоми ртуті при бомбардуванні електронами переходять в збуджений стан, якщо енергія електронів дорівнює або перевищує 4,9 еВ. Знайти довжину хвилі світла, що випускається атомом ртуті при переході із збудженого стану в нормальний.

1) $25 \cdot 10^{-7}$ м; 2) $2,5 \cdot 10^{-7}$ м; 3) $3,5 \cdot 10^{-7}$ м; 4) $3,5 \cdot 10^{-9}$ м.

Контрольна робота № 5

1. На поверхню води падають червоні промені з довжиною хвилі 0,7 мкм. Визначити довжину хвилі цих променів у воді, якщо показник заломлення води дорівнює 1,33. (0,530 мкм)
2. Довжина хвилі жовтого світла у вакуумі 589 нм. Яка частота коливань такої хвилі? (5,1•10¹⁴ Гц)
3. Водолаз визначив кут заломлення променя у воді, який дорівнював 32°. Під яким кутом до поверхні води падало світло? Показник заломлення води дорівнює 1,33. (45°)
4. На скільки змінюється довжина хвилі червоного світла під час переходу з вакууму в скло, якщо показник заломлення скла 1,5, а частота, що відповідає цій довжині хвилі, дорівнює 4•10¹⁴ Гц? (250 нм)
5. Яка довжина світлової хвилі в повітрі, якщо її довжина у воді 435 нм? Який колір світла відповідає цій довжині електромагнітної хвилі? Показник заломлення води 1,33. (0,580 мкм, жовтий)
6. Точкове ізотропне джерело світла випромінює в усіх напрямках потік 1257 лм. Чому дорівнює сила світла цього джерела? (100 кд)
7. Визначити повний світловий потік, що дає точкове джерело світла, якщо на відстані 2 м від нього освітленість становить 15 лк. (754 лм)
8. Точкове ізотропне джерело світла розміщене над центром круглого стола на висоті 1 м. Сила світла джерела становить 50 кд, радіус стола 0,5 м. Визначити освітленість: а) в центрі стола; б) на краю стола. (50 лк; 27 лк)
9. Як зміниться освітленість в центрі екрана, якщо по інший бік джерела світла на тій же відстані розташувати плоске дзеркало? Площини дзеркала і екрана паралельні. Коефіцієнт відбивання дзеркала взяти рівним 1. (1,1)
10. Освітленість аркуша паперу, що знаходиться на столі на відстані 3 м від лампи силою світла в 300 кд, дорівнює 30 лк. Знайти світловий потік, який падає на папір розміром 0,2 x 0,15 м, якщо освітленість у всіх його точках однакова. Під яким кутом падають промені на поверхню паперу? (9 лм; 25,8°)
11. При розташуванні лампи силою світла 40 кд на відстані 1 м від фотознімка при його друкуванні експозиція становить 2 с. Якою повинна бути експозиція при лампі в 30 кд, якщо вона знаходиться на відстані 75 см від знімка? Вважати, що загальна кількість енергії, яку одержує фотознімок, в обох випадках однакова. (1,5 с)
12. Сторона квадратного кадрового вікна кіноапарата 1,2 см, а сторона квадратного екрана 2,4 м. Освітленість екрана повинна бути не меншою 4 лк. Яка при цьому мінімальна освітленість кадрового вікна кіноапарата? (1,6 лк)
13. У скільки разів освітленість горизонтальної поверхні при знаходженні Сонця під кутом 60° над горизонтом більша від освітленості вертикальної поверхні? (в 1,7 раза)
14. На листок паперу розміром 20 x 30 см нормально до поверхні падає світловий потік 120 лм. Визначити освітленість листка. (2•10³ лк)

15. Світло від електричної лампочки в 200 кд, що падає під кутом 45° на робоче місце, створює освітленість 141 лк. Визначити відстань від лампочки до робочого місця. (1 м)

16. Два промені світла проходять однакову відстань в 10 см: один у повітрі, а другий – у склі. Знайти оптичну різницю ходу цих променів. Показник заломлення скла взяти рівним 1,5. (5 см)

17. На мильну плівку з показником заломлення 1,33 падає нормально до її поверхні біле світло. При якій найменшій товщині плівки у відбитому світлі вона буде здаватися зеленою ($\lambda = 550$ нм) ? (0,1 мкм)

18. На мильну плівку з показником заломлення 1,3 нормально падає біле світло. При якій мінімальній товщині плівки промені з довжиною хвилі 520 нм будуть мати мінімальну інтенсивність в результаті інтерференції? Спостереження ведеться у відбитих променях. (0,2 мкм)

19. На плівку з показником заломлення 1,33 падає біле світло під кутом 45° . При якій найменшій товщині плівки відбиті промені будуть забарвлені у жовтий колір ($\lambda = 600$ нм)? (133 нм)

20. На плівку ($n = 1,33$) падає біле світло під кутом 30° до неї. При якій найменшій товщині плівки вона буде здаватися червоною ($\lambda = 700$ нм), якщо спостереження ведеться у прохідному світлі. (347 нм)

21. Пучок паралельних променів з довжиною хвилі 0,48 мкм падає під кутом 30° на плівку з показником заломлення 1,33. Визначити найменшу товщину плівки, якщо відбиті промені ослаблені інтерференцією. (0,1 мкм)

22. На мильну плівку з показником заломлення 1,3 нормально падає біле світло. При якій мінімальній товщині плівки промені з довжиною хвилі 520 нм, що пройшли крізь неї, будуть мати максимальну інтенсивність в результаті інтерференції? (0,2 мкм)

23. На поверхню скляного об'єктива ($n = 1,5$) нанесено тонку плівку з показником заломлення, рівним 1,2 ("просвітлююча" плівка). При якій найменшій товщині плівки відбите світло із довжиною хвилі 550 нм буде максимально послабленим? (0,15 мкм)

24. Відстань між двома когерентними джерелами світла 3 см. Джерела розташовані на відстані 50 м від екрана. Відстань між сусідніми інтерференційними смугами на екрані 1 мм. Визначити довжину хвилі світла джерел. ($6 \cdot 10^{-7}$ м)

25. Два точкових когерентних джерела світла з довжиною хвилі 620 нм розташовані на відстані 5 м від екрана. Знайти відстань між сусідніми інтерференційними максимумами, якщо відстань між джерелами дорівнює 4 мм. (775 мкм)

26. Відстань між двома когерентними джерелами світла становить 3 см. Джерела знаходяться на відстані 50 м від екрана. Знайти відстань між сусідніми інтерференційними смугами на екрані. Довжину хвилі світла джерела взяти рівною 0,6 мкм. (1 мм)

27. Установка для одержання кілець Ньютонів освідлюється монохроматичним світлом. Відстань між п'ятим та двадцять п'ятим світлим кільцями становить 9 мм. Радіус кривизни лінзи 15 м. Знайти довжину хвилі монохрома-

тичного світла, якщо воно падає на установку нормально, а спостереження ведеться у відбитому світлі. (0,675 мкм)

28. Відстань між першим та другим темними кільцями Ньютона при спостереженні їх у відбитому світлі становить 0,6 мм. Визначити відстань між дев'ятим і десятим кільцями у відбитих променях. (0,235 мм)

29. Відстань між п'ятим та двадцять п'ятим світлими кільцями 9 мм. Радіус кривизни лінзи 18 м. Знайти довжину хвилі монохроматичного світла, яке падає на установку по нормалі, а спостереження ведеться у відбитих променях. (562 нм)

30. Установка для одержання кілець Ньютона освітлюється монохроматичним світлом. Радіуси сусідніх світлих кілець у прохідному світлі дорівнюють відповідно 4 і 4,38 мм. Радіус кривизни лінзи 6,4 м. Знайти порядкові номери кілець та довжину хвилі падаючого світла. (5, 6, 0,5 мкм)

31. На дифракційну ґратку з періодом 2,7 мкм нормально падає світло з довжиною хвилі 600 нм. Який найбільший порядок максимуму можна спостерігати на екрані? (4)

32. Знайти найбільший порядок спектра для жовтої лінії натрію з довжиною хвилі 589 нм, якщо період дифракційної ґратки дорівнює 2 мкм. (3)

33. За допомогою дифракційної ґратки з періодом 20 мкм дістали дифракційний спектр першого порядку на відстані 2,43 см від центрального. Визначити довжину світлової хвилі, якщо відстань від ґратки до екрана 1 м. (486 нм)

34. На дифракційну ґратку нормально падає пучок світла від розрядної трубки, наповненої гелієм. На яку лінію у спектрі третього порядку накладається червона лінія гелію ($\lambda = 670$ нм) спектра другого порядку? (447 нм)

35. При опроміненні дифракційної ґратки білим світлом спектри третього та четвертого порядків частково перекриваються. На яку довжину хвилі у спектрі третього порядку накладається хвиля з довжиною 420 нм спектра четвертого порядку? (560 нм)

36. Дифракційну ґратку, яка має 500 штрихів на 1 мм, опромінюють білим світлом. Визначити довжину хвилі у дифракційному спектрі 4-го порядку, яка накладається на довжину хвилі 750 нм у спектрі 3-го порядку. (562,5 нм)

37. На дифракційну ґратку, яка має 500 штрихів на 1 см, нормально падає світло з довжиною хвилі 590 нм. Знайти кут між напрямками на максимумах першого і другого порядків. ($1^\circ 41'$)

38. Період дифракційної ґратки дорівнює 3 мкм. Знайти загальну кількість дифракційних максимумів, які можна спостерігати за допомогою цієї ґратки при опроміненні її світлом з довжиною хвилі 650 нм. Світло падає по нормалі до ґратки. (9)

39. Дифракційна ґратка опромінюється монохроматичним світлом з довжиною хвилі 620 нм. Знайти період цієї ґратки, якщо на екрані, розташованому на відстані 60 см від неї, відстань між максимумами першого порядку дорівнює 1,48 мм. Світло падає по нормалі до ґратки. (50 мкм)

40. На дифракційну ґратку, яка має 45 штрихів на 1 мм, падає по нормалі монохроматичне світло. Знайти довжину хвилі цього світла, якщо кут між напрямками на другий і третій дифракційні максимуми становить $1,6^\circ$. (620 нм)

41. На вузьку щілину нормально падає монохроматичне світло. Четвертий дифракційний мінімум спостерігається під кутом $2^\circ 12'$. Визначити, скільки довжин хвиль вкладається на щілині. (104)

42. На щілину шириною 2λ нормально падає монохроматичне світло з довжиною хвилі λ . Під яким кутом спостерігається максимум першого порядку? (30°)

43. Вузька щілина освітлюється монохроматичним світлом, що падає по нормалі. Кут дифракції світла, під яким спостерігається друга світла смуга, дорівнює 1° . Визначити ширину щілини у довжинах хвиль. (143 λ)

44. Кристал деякого матеріалу освітлюється монохроматичними рентгенівськими променями з довжиною хвилі 76 пм. Під яким кутом до поверхні кристалу спостерігається максимум другого порядку, якщо відстань між атомними площинами кристалу 0,2 нм? (27° 24')

45. На грань кристалу кам'яної солі падає паралельний пучок рентгенівського випромінювання. Відстань між атомними площинами солі становить 280 пм. Під кутом 60° до атомної площини спостерігається дифракційний максимум першого порядку. Визначити довжину хвилі рентгенівського випромінювання. (485 пм)

46. Чому дорівнює показник заломлення скла, якщо відбитий від нього промінь максимально поляризований при куті заломлення 30° ? (1,73)

47. При падінні променя на деяку поверхню під кутом 60° , відбитий промінь максимально поляризований. Визначити кут заломлення. (30°)

48. Граничний кут повного внутрішнього відбивання для деякої рідини дорівнює 49° . Визначити кут повної поляризації. (53°)

49. При переході променя із скла з показником заломлення 1,6 у воду ($n = 1,33$) граничний кут повного внутрішнього відбивання дорівнює 60° . Під яким кутом повинен падати на поверхню скла промінь, що йде з води, щоб відбитий промінь був повністю поляризованим? (49°)

50. Кут заломлення променя в рідині дорівнює 35° . Визначити показник заломлення рідини, якщо відомо, що відбитий промінь максимально поляризований. (1,43)

51. Промінь світла падає на межу поділу двох середовищ під кутом 30° . Показник заломлення першого середовища 2,4. Визначити показник заломлення другого середовища, якщо відбитий промінь при цьому повністю поляризований. (1,386)

52. Паралельний пучок світла переходить із гліцерину з показником заломлення 1,47 у скло з показником заломлення 1,6 так, що пучок, відбитий від межі розподілу цих середовищ, виявився максимально поляризованим. Визначити кут між падаючим та заломленим променем. (175°)

53. Пучок світла розповсюджується у скляній посудині з кедровою олією, показник заломлення якої дорівнює 1,516, і відбивається від дна посудини. При

якому куті падіння відбитий промінь буде максимально поляризованим? Показник заломлення скла взяти рівним 1,5. (44° 41')

54. Під яким кутом до горизонту повинно знаходитись Сонце, щоб його промені, відбиті від поверхні озера, були б максимально поляризовані? (37°)

55. Промінь світла проходить через рідину, налиту в скляну посудину, і відбивається від дна. Відбитий промінь максимально поляризований при падінні його на дно посудини під кутом 42°37'. Знайти показник заломлення рідини, якщо показник заломлення скла 1,5. (1,63)

56. Знайти кут між головними площинами поляризатора і аналізатора, якщо інтенсивність природного світла, що проходить через поляризатор і аналізатор, зменшується у 8 разів. Поглинанням світла знехтувати. (60°)

57. Чому дорівнює кут між головними площинами аналізатора і поляризатора, якщо інтенсивність природного світла, що пройшло через поляризатор і аналізатор, зменшилась у 4 рази? Поглинанням світла знехтувати. (45°)

58. У скільки разів зменшиться інтенсивність природного світла, що пройшло через поляризатор і аналізатор, якщо кут між їх головними площинами становить 30°? Поглинанням знехтувати. (у 2,67 раза)

59. Кут між головними площинами поляризатора та аналізатора становить 45°. У скільки разів зменшиться інтенсивність світла, що виходить з аналізатора, якщо цей кут збільшити до 60°. Поглинанням у ніколях знехтувати. (у 2 рази)

60. Пучок природного світла падає на систему з шести ніколей, площина пропускання кожного з яких повернута під кутом 30° відносно площини пропускання попереднього ніколя. Яка частина світла пройде через цю систему? Поглинанням у ніколях знехтувати. (0,12)

61. Температура верхніх шарів зірки Сіріус становить 10^8 К. Визначити потужність, що випромінює 1 м^2 цієї поверхні. (567 МВт)

62. Потужність випромінювання кулі радіусом 20 см при деякій температурі дорівнює 1кВт. Знайти цю температуру, якщо куля – сіре тіло з коефіцієнтом поглинання, рівним 0,25. (866 К)

63. Можна умовно вважати, що Земля випромінює як сіре тіло з температурою 280 К. Визначити коефіцієнт поглинання поверхні Землі, якщо її випромінювальна здатність дорівнює $325 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$. (0,25)

64. Температура верхніх шарів Сонця дорівнює 5,3 кК. Вважаючи Сонце абсолютно чорним тілом, визначити довжину хвилі, якій відповідає максимальна спектральна випромінювальна здатність Сонця. (0,547 мкм)

65. Температура верхніх шарів Сонця дорівнює 5,3 кК. Вважаючи Сонце абсолютно чорним тілом, визначити, яку енергію воно випромінює з 1 м^2 поверхні за хвилину. (2,7 ГДж)

66. Максимум спектральної випромінювальної здатності яскравої зірки Арктур припадає на довжину хвилі 580 нм. Визначити температуру цієї зірки, якщо вона випромінює як абсолютно чорне тіло. (5000 К)

67. При збільшенні термодинамічної температури абсолютно чорного тіла удвічі довжина хвилі, на яку припадає максимум спектральної

випромінювальної здатності, зменшилась на 400 нм. Визначити початкову і кінцеву температури тіла. (3625 К, 7250 К)

68. Еталон одиниці сили світла – кандела – це випромінювач, що є джерелом усіх довжин хвиль. Його площа поверхні становить $0,5305 \text{ мм}^2$, а температура дорівнює температурі твердіння платини 1063°C . Визначити потужність цього випромінювача, вважаючи його абсолютно чорним тілом.

($9,6 \cdot 10^{-2} \text{ Вт}$)

69. Максимальна спектральна випромінювальна здатність абсолютно чорного тіла дорівнює 416 ГВт/м^3 . На яку довжину хвилі вона припадає?

(1,45 мкм)

70. Інтегральна випромінювальна здатність абсолютно чорного тіла дорівнює 10 кВт/м^2 . Визначити довжину хвилі, яка відповідає максимуму спектральної випромінювальної здатності тіла.

(4,47 мкм)

71. Визначити поглинальну здатність сірого тіла, що має температуру 1000 К , якщо з поверхні 100 см^2 випромінюється за 1 хвилину енергія $13,4 \text{ кДж}$.

(0,4)

72. Потужність випромінювання абсолютно чорного тіла 100 кВт . Чому дорівнює площа поверхні тіла, якщо довжина хвилі, на яку припадає максимум спектральної випромінювальної здатності, дорівнює 700 нм ?

(60 см^2)

73. У скільки разів збільшиться потужність випромінювання абсолютно чорного тіла, якщо максимум спектральної випромінювальної здатності переміститься з 700 на 600 нм ?

(в 1,85 раза)

74. При збільшенні температури абсолютно чорного тіла у два рази довжина хвилі, що відповідає максимуму його випромінювальної здатності, зменшується на 600 нм . Визначити початкову і кінцеву температури тіла.

(2,42 кК; 4,84 кК)

75. Є два абсолютно чорних джерела теплового випромінювання. Температура одного з них 2500 К . Знайти температуру другого джерела, якщо довжина хвилі, яка відповідає максимуму його випромінювальної здатності, на $0,5 \text{ мкм}$ більша за довжину хвилі, котра відповідає максимуму випромінювальної здатності першого джерела.

(1,75 кК)

76. Робота виходу електронів з фотокатода дорівнює $4,8 \text{ еВ}$. Який імпульс мають фотони, що відповідають червоній межі фотоелекту? ($2,56 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$)

77. При фотоелекті з поверхні платини величина затримуючої напруги дорівнює $0,8 \text{ В}$. Визначити довжину хвилі падаючого світла. Робота виходу для платини $5,3 \text{ еВ}$.

(204 нм)

78. Довжина хвилі червоної межі фотоелекту дорівнює 500 нм . Яку кінетичну енергію матимуть фотоелектрони, якщо катод фотоелемента опромінювати світлом з довжиною хвилі 400 нм ? Енергію виразити в еВ.

(0,62 еВ)

79. Визначити червону межу фотоелекту для калію, якщо робота виходу становить $1,92 \text{ еВ}$.

(0,647 мкм)

80. Червона межа фотоелекту для деякого металу становить 500 нм . Визначити мінімальне значення енергії фотона в еВ, що спричиняє фотоелект.

(2,48 eВ)

81. Визначити роботу виходу електрона з вольфраму в eВ, якщо червона межа фотоэффекту для нього дорівнює 275 нм. (4,52 eВ)

82. Катод фотоелемента, для якого робота виходу становить 4 eВ, опромінюється фотонами з енергією 5,2 eВ. Визначити швидкість фотоелектронів. ($0,65 \cdot 10^6$ м/с)

83. Робота виходу для катода фотоелемента дорівнює 4 eВ. При опроміненні цього катода світлом з деякою частотою ν затримуюча напруга фотоелемента становить 1 В. Якою буде затримуюча напруга, якщо катод опромінювати світлом з частотою 2ν ? (6 В)

84. Енергія фотонів, які падають на катод фотоелемента, становить 2 eВ. Якщо енергію фотонів збільшити у 2 рази, то енергія фотоелектронів зростає у 5 разів. Чому дорівнює робота виходу для матеріалу фотокатода? (1,5 eВ)

85. Червона межа фотоэффекту для срібла становить 0,26 мкм. Знайти роботу виходу електронів у джоулях та електронвольтах. ($7,64 \cdot 10^{-19}$ Дж; 4,77 eВ)

86. При опроміненні поверхні металу монохроматичним світлом максимальна швидкість фотоелектронів становить 0,2 Мм/с. Яку швидкість матимуть фотоелектрони, якщо частоту випромінювання збільшити на $2 \cdot 10^{13}$ Гц?

(0,68 · 10⁶ м/с)

87. Промені з довжиною хвилі 0,3 мкм, які падають на катод фотоелемента, викликають потік фотоелектронів зі швидкістю 1 Мм/с. Якою має бути довжина хвилі променів, щоб кінетична енергія фотоелектронів становила $4 \cdot 10^{-19}$ Дж? (0,327 мкм)

88. Яку напругу треба подати на анод фотоелемента з вольфрамовим катодом, щоб електрони, вивільнені випромінюванням з довжиною хвилі 0,1 мкм, не змогли досягнути анода? Робота виходу електронів з вольфраму дорівнює 4,2 eВ. (-7,9 В)

89. Робота виходу електрона з поверхні металу становить 2 eВ. Визначити затримуючу напругу, якщо метал освітлюється світлом з довжиною хвилі 420 нм. (0,95 В)

90. Цезій освітлюється монохроматичним світлом з довжиною хвилі 0,589 мкм. Робота виходу електрона $1,7 \cdot 10^{-19}$ Дж. Визначити максимальну кінетичну енергію фотоелектронів. ($1,67 \cdot 10^{-19}$ Дж)

91. На дзеркальну поверхню площею 5 см² за 3 хвилини нормально падає монохроматичне світло, енергія якого 9 Дж. Визначити світловий тиск на поверхню. (667 нПа)

92. На поверхню площею 150 см² кожну хвилину нормально падає по 60 Дж енергії світла. Який тиск чинить світло, якщо поверхня повністю поглинає падаюче на неї випромінювання? (0,222 мкПа)

93. На деяку чорну поверхню кожну хвилину нормально падає 81 Дж світлової енергії і чинить тиск 2,5 мкПа. Яка площа цієї поверхні? (18 см²)

94. Монохроматичне світло з довжиною хвилі 490 нм нормально падає на 1 м^2 поверхні і чинить на неї тиск 5 мкПа при падінні $1,8 \cdot 10^{23}$ фотонів щохвилини. Визначити коефіцієнт відбивання поверхні. (0,234)

95. Тиск монохроматичного світла з довжиною хвилі 500 нм на чорну поверхню, розміщену перпендикулярно до променів, дорівнює 0,15 мкПа. Визначити кількість фотонів, що падають на поверхню площею 40 см^2 кожну секунду. ($4,53 \cdot 10^{17}$)

96. Паралельний пучок монохроматичних променів із довжиною хвилі 0,5 мкм падає нормально на чорну поверхню і створює тиск 10 мкПа. Визначити концентрацію фотонів у потоці. ($2,52 \cdot 10^{13} \text{ м}^{-3}$)

97. На поверхню 10 см^2 падає по нормалі кожну секунду 10^{18} фотонів. Довжина хвилі падаючого світла 500 нм. Визначити величину світлового тиску, якщо коефіцієнт відбивання поверхні 0,7. (2,25 мкПа)

98. Монохроматичне випромінювання з довжиною хвилі 500 нм нормально падає на плоску дзеркальну поверхню і діє на неї з силою 10 нН. Визначити число фотонів, що падає кожну секунду на цю поверхню. ($3,776 \cdot 10^{18}$)

99. Визначити довжину хвилі монохроматичного світла, якщо кожну секунду на дзеркальну поверхню площею 1 м^2 нормально падає 10^{20} фотонів, і вони спричиняють тиск величиною 0,2 мкПа. (662 нм)

100. Тиск монохроматичного світла з довжиною хвилі 500 нм на чорну поверхню, розташовану перпендикулярно до падаючих променів, становить 0,12 мкПа. Визначити кількість фотонів, що падають щосекунди на 1 м^2 поверхні. ($9,06 \cdot 10^{19}$)

101. Тиск світла з довжиною хвилі 0,5 мкм на поверхню з коефіцієнтом відбивання 0,3, що розташована перпендикулярно до падаючого світла, становить 0,2 мкПа. Визначити кількість фотонів, що падають щосекунди на 1 м^2 цієї поверхні. ($1,16 \cdot 10^{20}$)

102. Визначити тиск сонячного випромінювання на чорну пластинку, розташовану перпендикулярно до сонячних променів, якщо Сонце посилає щосекунди через 1 м^2 поверхні променевої енергії $1,4 \text{ кВт/м}^2$. (4,66 мкПа)

103. Визначити довжину хвиль монохроматичного світла, якщо при нормальному падінні щосекунди 10^{18} фотонів на поверхню площею 10 см^2 , тиск на поверхню становить 2,25 мкПа, а коефіцієнт відбивання поверхні 0,7. (500 нм)

104. Визначити тиск світла на стінки електричної 150-ватної лампочки за умови, що вся споживана енергія йде на випромінювання, а стінки лампочки відбивають 15% падаючого світла. Лампочку вважати сферою радіусом 4 см. (28,6 мкПа)

105. Лазер випромінює в одному імпульсі тривалістю 0,13 мс пучок світла з енергією 10 Дж. Знайти середній тиск такого світлового імпульсу, якщо його

сфокусувати в цяточку діаметром 10 мкм на поверхню, перпендикулярну до пучка, з коефіцієнтом відбивання 0,5. (4,9 МПа)

106. В результаті ефекту Комптона фотон з енергією 0,7 МеВ після співудару з електроном втратив 0,4 МеВ енергії. Якої кінетичної енергії набув електрон? На скільки змінилась довжина хвилі падаючого фотона?

(0,4 МеВ; 2,36 пм)

107. В результаті ефекту Комптона фотон з початковою енергією 0,7 МеВ після співудару з електроном має довжину хвилі 2,36 пм. На який кут при цьому розсіявся фотон?

(76°)

108. Рентгенівське випромінювання з довжиною хвилі 1 пм розсіюється речовиною під кутом 90°. Яку долю енергії фотона отримує електрон?

(0,708)

109. Фотон з енергією 0,255 МеВ після взаємодії з електроном відхилився на кут 180°. Яку енергію отримав електрон?

(0,127 МеВ)

110. Рентгенівське випромінювання з довжиною хвилі 1 пм розсіюється під кутом 90°. Знайти довжину хвилі розсіяного фотона.

(3,43 пм)

111. Рентгенівські промені з довжиною хвилі 70,8 пм розсіюються на парафіні. Яку довжину хвилі мають промені після комптонівського розсіювання, що відбулося під кутом 90°?

(73,2 пм)

112. Яка довжина хвилі рентгенівського випромінювання, якщо при комптонівському розсіюванні цього випромінювання на графіті під кутом 60° довжина хвилі розсіяних фотонів дорівнює 25,4 пм?

(24,18 пм)

113. Рентгенівські промені з довжиною хвилі 20 пм в результаті ефекту Комптона розсіюються під кутом 90°. Знайти зміну довжини хвилі рентгенівських променів при розсіюванні та енергію, одержану при цьому електроном.

(2,426 пм; 6,7 кеВ)

114. Визначити довжину хвилі рентгенівського випромінювання, якщо при комптонівському розсіюванні цього випромінювання під кутом 60° довжина хвилі розсіяного випромінювання дорівнює 57 пм.

(56,8 пм)

115. Фотон з енергією 0,25 МеВ розсіявся під кутом 120° на вільному електроні. Визначити кінетичну енергію електрона віддачі.

(106 кеВ)

116. Фотон з енергією 0,25 МеВ зазнав розсіювання на вільному електроні. Визначити кінетичну енергію електрона віддачі, якщо довжина хвилі розсіяного фотона змінилася на 20%.

(41,7 кеВ)

117. Фотон з енергією 0,3 МеВ розсіявся під кутом 180° на вільному електроні. Визначити, яка частина енергії фотона припадатиме на розсіяний фотон.

(0,460)

118. Фотон з енергією 1,025 МеВ розсіявся на вільному електроні, який спочатку знаходився у стані спокою. Визначити кут розсіювання фотона, якщо відомо, що довжина хвилі розсіяного фотона дорівнює комптонівській довжині хвилі для електрона 2,43 пм.

(60°)

119. Знайти довжину хвилі, яка відповідає фотону, якщо відомо, що енергія розсіяного фотона та електрона віддачі рівні між собою при куті 90° між напрямками їх руху.

(2,426 пм)

120. У результаті комптонівського розсіювання на вільних електронах довжина хвиль випромінювання, розсіяного під кутами 60° та 120° , відрізняється у 1,5 раза. Визначити довжину хвилі падаючого випромінювання.
(3,64 пм)

Контрольна робота № 6

1. Користуючись теорією Бора, визначити радіус першої електронної орбіти в атомі водню та швидкість електрона на ній. (52,8 пм; 2,19 Мм/с)
2. Знайти найбільшу та найменшу довжини хвиль у першій інфрачервоній серії спектра водню (серії Пашена). (1,88 мкм; 0,82 мкм)
3. Перехід електрона в атомі водню з k -ї на першу орбіту супроводжується випромінюванням фотона з довжиною хвилі 121 нм. Знайти радіус k -ї орбіти. (212 пм)
4. У скільки разів збільшиться радіус орбіти електрона в атомі водню, який знаходиться в основному стані ($n=1$), при збудженні його квантом з енергією 12,09 еВ? (9 разів)
5. Визначити довжину хвилі, що відповідає третій спектральній лінії в серії Бальмера. (434 пм)
6. Обчислити енергію фотона, що випускається атомом водню при переході електрона з третього енергетичного рівня на перший. (12,1 еВ)
7. Визначити найменшу і найбільшу енергію фотона в ультрафіолетовій області спектра атома водню (серія Лаймана). (10,2 еВ; 13,6 еВ)
8. Обчислити, яку довжину хвилі випромінює іон гелію He^+ при переході електрона з другого енергетичного рівня на перший. (30,3 нм)
9. Знайти найменшу і найбільшу довжину хвилі спектральних ліній водню в видимій області спектра. (365 нм; 656 нм)
10. Найбільша довжина хвилі в ультрафіолетовій серії спектра атома водню дорівнює $1,21 \cdot 10^{-7}$ м. Яку найменшу швидкість повинні мати електрони, щоб при збудженні атомів водню ударами цих електронів з'явилась вказана лінія спектра? ($1,9 \cdot 10^6$ м/с)
11. У спектрі атомарного водню інтервал між першими двома лініями, які належать серії Бальмера, становить 171 нм. Визначити сталу Рідберга. ($1,09 \cdot 10^7$ м $^{-1}$)
12. Обчислити для атома водню потенціал іонізації. (13,6 В)
13. Знайти найменшу і найбільшу довжину хвилі в ультрафіолетовій області спектра атома водню. (91 нм; 121 нм)
14. Знайти для атома водню перший потенціал збудження. (10,2 В)
15. Визначити довжину хвилі, що відповідає третій лінії в ультрафіолето-

- вій області спектра атома водню. (97,2 нм)
16. У результаті експерименту знайдено граничну частоту $5,5 \cdot 10^{18}$ Гц К-серії характеристичного рентгенівського випромінювання деякого елемента. Що це за елемент? (молібден)
17. Визначити короткохвильову границю суцільного спектра рентгенівського випромінювання, якщо рентгенівська трубка працює під напругою 30 кВ. (41 пм)
18. Обчислити найбільшу довжину хвилі в К-серії характеристичного рентгенівського спектра скандію ($Z = 21$). (304 пм)
19. В рентгенівському характеристичному спектрі деякого елемента довжина хвилі K_{α} -лінії дорівнює 76 пм. Який це елемент? Стала екранування дорівнює одиниці. (ніобій)
20. Визначити енергію фотона, що відповідає лінії K_{α} в характеристичному спектрі марганцю ($Z = 25$). Стала екранування дорівнює одиниці. (5,9 кеВ)
21. В атомі вольфраму ($Z = 74$) електрон перейшов з М-шару на L-шар. Яка довжина хвилі при цьому випромінюється? Стала екранування взяти рівною 5,5. (0,14 нм)
22. Обчислити довжину хвилі, що відповідає K_{α} -серії в спектрі характеристичного рентгенівського випромінювання платини. Стала екранування дорівнює одиниці. (20,5 пм)
23. При якій найменшій напрузі на рентгенівській трубці починають з'являтися для міді лінії серії K_{α} ? (8 кВ)
24. Знайти довжину хвилі короткохвильової границі суцільного рентгенівського спектра, якщо швидкість електронів, що підлітають до антикатада трубки, $0,85c$, де c – швидкість світла. (2,7 пм)
25. При збільшенні напруги на рентгенівській трубці в 1,5 раза довжина хвилі короткохвильової границі рентгенівського спектра змінилася на 26 пм. Знайти початкове значення напруги на трубці. (16 кВ)
26. При збільшенні напруги на рентгенівській трубці від 10 до 20 кВ інтервал довжин хвиль між K_{α} -лінією та короткохвильовою границею суцільного рентгенівського спектра збільшується в 3 рази. Визначити порядковий номер елемента антикатада цієї трубки. (29)
27. Знайти сталу екранування, якщо при переході електрона в атомі цирконію ($Z = 40$) з L-шару на K-шар випромінюються рентгенівські промені з довжиною хвилі $0,79 \text{ \AA}$. (1)
28. При переході електрона з М-шару на L-шар атом деякого елемента випромінює рентгенівські промені з довжиною хвилі 0,14 нм. Вважаючи сталу екранування рівною 5,5, визначити порядковий номер елемента. ($Z=74$)
29. Визначити довжину хвилі і енергію фотона, що належать K_{α} -лінії в спектрі скандію; стала екранування дорівнює одиниці. ($3,04 \text{ \AA}$; $6,53 \cdot 10^{-16}$ Дж)
30. Знайти енергію фотона, що відповідає найбільшій довжині хвилі К-серії в спектрі характеристичного рентгенівського випромінювання платини ($Z = 78$). Стала екранування дорівнює одиниці. ($9,7 \cdot 10^{-15}$ Дж)
31. Електрон, прискорений електричним полем, набув енергії 510 кеВ.

- Визначити довжину хвилі де Бройля, враховуючи релятивістську зміну маси. (1,4 пм)
32. Знайти довжину хвилі де Бройля для атома водню, що рухається при температурі 20°C з найбільш ймовірною швидкістю. (1,8 Å)
33. Заряджена частинка прискорена різницею потенціалів 200 В, має довжину хвилі де Бройля 0,0202 Å. Знайти масу цієї частинки, якщо її заряд дорівнює заряду електрона. ($1,67 \cdot 10^{-27}$ кг)
34. Знайти довжину хвилі де Бройля для електрона, який пройшов різницю потенціалів 100 В. (1,23 Å)
35. Яку довжину хвилі де Бройля має протон, прискорений різницею потенціалів 100 В? (0,029 Å)
36. Яку різницю потенціалів повинен пройти електрон, щоб довжина хвилі де Бройля була рівною 0,1 нм? (150 В)
37. Обчислити довжину хвилі де Бройля електрона з кінетичною енергією в 1 кеВ. (39 пм)
38. Знайти довжину хвилі де Бройля для протона, що рухається зі швидкістю 10^6 м/с. (0,396 пм)
39. Обчислити довжину хвилі де Бройля атома водню, що рухається з середньоквадратичною швидкістю при температурі 27°C . (1,45 Å)
40. Знайти довжину хвилі де Бройля частинки масою 10^{-15} г, що рухається зі швидкістю 3 см/с. ($2,2 \cdot 10^{-12}$ см)
41. Частинку, що рухається з середньоквадратичною швидкістю при температурі 300 К, можна розглядати, як хвилю де Бройля з $\lambda=1,44$ Å. Знайти масу цієї частинки. ($1,7 \cdot 10^{-27}$ кг)
42. Яку довжину хвилі де Бройля має протон, який прискорений різницею потенціалів 1кВ? (0,905 пм)
43. Яку різницю потенціалів пройшов протон, якщо довжина хвилі де Бройля становить 0,029 Å? (100 В)
44. Довжина хвилі де Бройля для електрона, прискореного деякою різницею потенціалів, дорівнює 1,23 Å. Яку різницю потенціалів пройшов електрон? (100 В)
45. Електрон рухається по колу радіусом 5 мм в однорідному магнітному полі індукцією 8 мТл. Знайти довжину хвилі де Бройля для електрона. (0,1 нм)
46. Крупинка, що містить радій ${}_{88}\text{Ra}^{226}$, знаходиться на відстані 12 мм від флуоресціюючого екрана. Яка маса радію міститься в ній, якщо протягом 1 хвилини на площині екрана $0,602$ см² змогли зареєструвати 47 сцинтиляцій? ($6,4 \cdot 10^{-10}$ г)
47. Визначити вік прадавніх дерев'яних предметів, якщо відомо, що питома активність ізотопу ${}_{6}\text{C}^{14}$ у них становить $3/5$ від питомої активності цього ізотопу в тільки-но зрубаних деревах. Період напіврозпаду ядер ${}_{6}\text{C}^{14}$ рівний 5570 років. ($4,1 \cdot 10^3$ років)
48. Знайти постійну розпаду і середній час життя радіоактивного ізотопу ${}_{27}\text{Co}^{55}$, якщо відомо, що його активність зменшилася на 4,0% за годину.

- Продукт розпаду не радіоактивний. $(1,13 \cdot 10^{-5} \text{ с}; 1,0 \text{ доба})$
49. Флуоресціюючий екран площею $0,03 \text{ см}^2$ знаходиться на віддалі 1 см від пилінки радію ${}_{88}\text{Ra}^{226}$ масою 18 нг. Скільки спалахів за 1 хвилину з'явиться на екрані? (94)
50. Активність деякого препарату зменшується в 2,5 раза за 7,0 діб. Знайти період напіврозпаду. $(5,3 \text{ діб})$
51. За 8 годин початкове число атомів радіоактивного ізотопу зменшилося у 3 рази. У скільки разів воно зменшиться за 1 добу, починаючи з початкового моменту? (27 разів)
52. Скільки ядер розпадеться за 1 с з кожного мільярда ядер ізотопу йоду ${}_{53}\text{I}^{131}$? (10^3)
53. Скільки атомів полонію розпадається за добу з 10^6 атомів? (5025)
54. Скільки атомів радону розпадається за добу з 10^6 атомів? $(1,75 \cdot 10^5)$
55. Знайти число розпадів за 1 с в 1 г радію. $(3,6 \cdot 10^{10})$
56. Знайти масу радону, активність якого дорівнює 1 кюрі. $(6,6 \cdot 10^{-9} \text{ кг})$
57. Знайти масу полонію ${}_{84}\text{Po}^{210}$, активність якого дорівнює $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк. $(2,2 \cdot 10^{-7} \text{ кг})$
58. Знайти середній час життя ядра радону, якщо за добу число атомів радону зменшується на 18,2%. $(4,3 \cdot 10^5 \text{ с})$
59. Скільки ядер розпадається за 1 с в препараті кобальту ${}_{27}\text{Co}^{60}$ масою 5 г? Період напіврозпаду ${}_{27}\text{Co}^{60}$ дорівнює 5,3 роки. $(2,08 \cdot 10^{14} \text{ с}^{-1})$
60. Обчислити активність 1 г полонію ${}_{84}\text{Po}^{210}$. $(1,67 \cdot 10^{14} \text{ Бк})$
61. Знайти енергію зв'язку ядра ізотопу літію ${}_{3}\text{Li}^7$. $(39,28 \text{ MeV})$
62. Знайти енергію зв'язку на один нуклон в ядрі ${}_{3}\text{Li}^7$. $(5,61 \text{ MeV})$
63. Знайти число протонів та нейтронів, що входять до складу ядер двох ізотопів літію ${}_{3}\text{Li}^7$, ${}_{3}\text{Li}^6$, та визначити, яке з них більш стійке. $(3,4; 3,3; {}_{3}\text{Li}^7)$
64. Визначити атомні номери, масові числа та хімічний символ ядер, які одержимо, якщо в ядрах ${}_{2}\text{He}^3$, ${}_{4}\text{Be}^7$ та ${}_{8}\text{O}^{15}$ протони замінити нейтронами, а нейтрони – протонами. $({}_{1}\text{H}^3, {}_{3}\text{Li}^7, {}_{7}\text{Na}^{15})$
65. Обчисліть в а.о.м. масу атома ${}_{3}\text{Li}^8$, енергія зв'язку якого 41,3 MeV. $(8,0225 \text{ а.о.м.})$
66. Обчислити в а.о.м. масу атома ${}_{6}\text{C}^{10}$, енергія зв'язку якого на один нуклон дорівнює 6,04 MeV. $(10,0135 \text{ а.о.м.})$
67. Маса α -частинки (ядро гелію ${}_{2}\text{He}^4$) дорівнює 4,00150 а.о.м. Визначити масу атома He^4 . $(4,00260 \text{ а.о.м.})$
68. Маса ізотопу літію ${}_{3}\text{Li}^7$ дорівнює 7,01601 а.о.м. Визначіть масу іона $({}_{3}\text{Li}^7)^+$. $(7,01546 \text{ а.о.м.})$
69. Визначити масу атома, якщо його ядро складається з трьох протонів та двох нейтронів, а енергія зв'язку дорівнює 26,3 MeV. $(5,01259 \text{ а.о.м.})$
70. Знайдіть енергію зв'язку ядер ${}_{1}\text{H}^3$ та ${}_{2}\text{He}^3$. Яке з цих ядер більш стійке? $(8,5 \text{ MeV}, 7,7 \text{ MeV}, \text{H}^3)$
71. Яка енергія виділяється при з'єднанні в атомне ядро одного протона

- та двох нейтронів? (8,49 MeV)
72. Визначити питому енергію зв'язку ядра ${}^6_6\text{C}^{12}$. (7,68 MeV/ нуклон)
73. Енергія зв'язку ядра з двох протонів і одного нейтрона дорівнює 7,72 MeV. Визначити масу атома, що має таке ядро. (3,01604 а.о.м.)
74. Знайдіть енергію зв'язку ядра дейтерію ${}^2_1\text{H}$. (2,2 MeV)
75. Чому дорівнює питома енергія зв'язку атома кисню ${}^{16}_8\text{O}$? (7,97 MeV)
76. В яке ядро перетвориться ядро радону ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ після двох α -розпадів? (${}^{218}_{84}\text{Po}$)
77. Ізотоп кобальту ${}^{60}_{27}\text{Co}$ β -радіоактивний. Який хімічний елемент утворюється в результаті такого розпаду? (${}^{60}_{28}\text{Ni}$)
78. Який ізотоп утворюється з торію ${}^{232}_{90}\text{Th}$ після чотирьох α - та двох β -розпадів? (${}^{216}_{84}\text{Po}$)
79. Внаслідок серії послідовних радіоактивних розпадів ${}^{238}_{92}\text{U}$ перетворюється у ${}^{206}_{80}\text{Pb}$. Скільки при цьому відбувається α і β -розпадів. (8 і 4)
80. В яке ядро перетвориться ядро ізотопу фосфору ${}^{30}_{15}\text{P}$ після β^+ -розпаду? (${}^{30}_{14}\text{Si}$)
81. Ядро ${}^7_4\text{Be}$ захопило електрон з K-оболонки атома. Яке ядро утворилось після K-захоплення? (${}^7_3\text{Li}$)
82. Визначити зарядове Z та масове число A ізотопу, який утворюється з торію ${}^{232}_{90}\text{Th}$ після трьох α - та двох β -перетворень. Який утворився ізотоп? (${}^{220}_{86}\text{Rn}$)
83. Який ізотоп утворюється з ${}^{238}_{92}\text{U}$ після трьох α - та двох β -розпадів? (${}^{226}_{88}\text{Ra}$)
84. Скільки α та β^- частинок викидає ядро ${}^{232}_{92}\text{U}$, якщо при цьому утворилось ядро вісмуту ${}^{208}_{83}\text{Bi}$? (6 і 3)
85. Який ізотоп утворюється з радіоактивного ізотопу ${}^8_3\text{Li}$ після одного β^- і одного α -розпаду? (${}^4_2\text{He}$)
86. Скільки α - та β^- -розпадів відбувається при перетворенні ${}^{239}_{92}\text{U}$ в ${}^{235}_{92}\text{U}$? (1, 2)
87. Який ізотоп утворюється з радіоактивного ізотопу сурми ${}^{133}_{51}\text{Sb}$ після чотирьох β^- -розпадів? (${}^{133}_{55}\text{Cs}$)
88. Визначити зарядове та масове числа ізотопу, якщо продуктом його розпаду є ${}^{206}_{80}\text{Pb}$, 8 α -частинок та 4 електрони. (Z = 92, A = 238)
89. Після трьох α - та двох β^- -розпадів деякого ізотопу утворився ізотоп радію ${}^{226}_{88}\text{Ra}$. Визначити, ядро якого елемента розпалося. (${}^{238}_{92}\text{U}$)
90. Радіоактивний ряд торію починається з ізотопу ${}^{232}_{90}\text{Th}$ і після декількох α - і β^- -розпадів закінчується стабільним ядром ${}^{208}_{80}\text{Pb}$. Скільки при цьому відбулось α та β^- -розпадів? (6 і 2)
91. Яка кількість теплоти виділяється при утворенні 1 г ${}^3_2\text{He}$ в результаті ядерної реакції ${}^1_1\text{H} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$? ($1,04 \cdot 10^{11}$ Дж)
92. Яка енергія виділяється, якщо при реакції ${}^{27}_{13}\text{Al} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{30}_{14}\text{Si} + {}^1_1\text{H}$ перетворяться всі ядра, що містяться в 1 г алюмінію? ($2,985 \cdot 10^9$ Дж)
93. При бомбардуванні α -частинками берилію ${}^9_4\text{Be}$ і бору ${}^{11}_5\text{B}$ виникають нейтрони. Напишіть ці ядерні реакції і визначіть величину енергії,

- що виділяється при цих перетвореннях. (5,7 MeV; 4,005 MeV)
94. За допомогою табличних значень мас атомів і частинок визначити енергію наступних реакцій: а) ${}^3\text{Li}^7$ (p, n) ${}^4\text{Be}^7$; б) ${}^3\text{Li}^7$ (α , n) ${}^5\text{B}^{10}$. (-1,73 MeV; -2,79 MeV)
95. В результаті реакції ${}^3\text{Li}^6$ (d, p) ${}^3\text{Li}^7$ вивільняється енергія 5,028 MeV. Визначити масу ${}^3\text{Li}^6$. Маси решти частинок узяти з таблиці. (6,01514 а.о.м.)
96. Визначити енергію швидких нейтронів, що утворюються в результаті реакції ${}^4\text{Be}^9$ (α , n) ${}^6\text{C}^{12}$. (5,26 MeV)
97. Реакція ${}^5\text{B}^{10}$ (n, α) ${}^3\text{Li}^7$ йде при бомбардуванні бору нейтронами, швидкість яких дуже мала (теплові нейтрони). Яка енергія виділяється при цій реакції? (2,8 MeV)
98. Штучний ізотоп ${}^7\text{N}^{13}$ одержують бомбардуванням ядер вуглецю ${}^6\text{C}^{12}$ дейтронами. Написати рівняння реакції і знайти кількість теплоти, що поглинається при цій реакції. (0,30 MeV)
99. Вважаючи, що в одному акті ділення ядра ${}_{92}\text{U}^{235}$ вивільняється енергія 200 MeV, визначити енергію, що виділяється при розпаді одного кілограма ізоотопу ${}_{92}\text{U}^{235}$, і масу кам'яного вугілля з теплотворною здатністю 30 МДж/кг, еквівалентну в тепловому відношенні одному кілограму ${}_{92}\text{U}^{235}$. (8,2·10¹³ Дж; 2,7·10⁶ кг)
100. На атомній електростанції за рік використовується 19,2 кг урану ${}_{92}\text{U}^{235}$. Вважаючи, що при кожному акті ділення ядра ${}_{92}\text{U}^{235}$ виділяється енергія 200 MeV і коефіцієнт корисної дії при виробленні електроенергії рівний 25%, знайти електричну потужність атомної електростанції. (12,7 МВт)
101. Підводний човен має потужність атомних установок 14,7 МВт, паливом є збагачений уран (25% ${}_{92}\text{U}^{235}$). Визначити запас пального, необхідного для місячного плавання човна, вважаючи, що в одному акті ділення ядра ${}_{92}\text{U}^{235}$ вивільняється енергія 200 MeV. (1,86кг)
102. Вважаючи, що в одному акті ділення ядра ${}_{92}\text{U}^{235}$ вивільняється енергія 200 MeV, визначити масу ізоотопу ${}_{92}\text{U}^{235}$, що зазнав ділення при вибусі атомної бомби з тротиліновим еквівалентом 30 кілотон, якщо тепловий еквівалент тротилу рівний 4,1 кДж/г. (1,5 кг)
103. Скільки теплоти виділяється при утворенні одного грама ${}^2\text{He}^4$ з дейтерію ${}^1\text{H}^2$? Яка маса кам'яного вугілля з теплотворною здатністю 30 кДж/г еквівалентна в тепловому відношенні одержаній теплоті? (5,74·10¹¹ Дж; 2·10⁴ кг)
104. Перша в світі ядерна електростанція мала потужність 5000 кВт і коефіцієнт корисної дії 17%. Яку кількість урану ${}_{92}\text{U}^{235}$ витрачає ця електростанція за добу? Вважати, що при кожному акті ділення виділяється енергія 200 MeV. (31г)
105. У реакторі атомної електростанції за 1,5 год. ділиться 1,5 г ${}_{92}\text{U}^{235}$. Визначити електричну потужність електростанції, якщо її ККД 10 %, а при поділі одного ядра урану виділяється енергія 200 MeV. (2,27 МВт)
106. У чистому кремнію концентрація носіїв заряду становить 1,45·10¹⁰ см⁻³, рухливість електронів 0,15 м²/(В·с), а дірок 0,045 м²/(В·с). Чому дорівнює питомий опір кремнію за цих умов? (2,21 кОм·м)

107. Питомий опір чистого германію при 27°C дорівнює $0,47\ \text{Ом}\cdot\text{м}$. Визначити концентрацію носіїв заряду, якщо рухливість електронів і дірок за цих умов відповідно дорівнює $0,38\ \text{м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$; $0,18\ \text{м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$. ($2,37 \cdot 10^{19}\ \text{м}^{-3}$)

108. Обчисліть питомий опір германію, який містить індій в концентрації $2 \cdot 10^{22}\ \text{м}^{-3}$ або сурму в концентрації $5 \cdot 10^{21}\ \text{м}^{-3}$. Вважати, що рухливість електронів $0,38\ \text{м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$, а дірок $0,18\ \text{м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$. Пояснити типи провідності в обох випадках. ($1,74\ \text{МОм}\cdot\text{м}$; $3,29\ \text{МОм}\cdot\text{м}$, домішкова р-типу; n - типу)

109. Рухливість електронів у напівпровіднику GaAs дорівнює $0,85\ \text{м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$, а дірок – $0,04\ \text{м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$. Питомий опір GaAs при 27°C дорівнює $10\ \text{Ом}\cdot\text{м}$. Знайти концентрацію основних носіїв заряду. ($7 \cdot 10^{17}\ \text{м}^{-3}$)

110. Питомий опір чистого кремнію при 27°C дорівнює $2,208\ \text{кОм}\cdot\text{м}$. Визначити рухливість електронів, якщо концентрація носіїв заряду за цих умов $1,458 \cdot 10^{16}\ \text{м}^{-3}$, а рухливість дірок $0,045\ \text{м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$. ($0,15\ \text{м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$)

111. Питомий опір чистого германію при 27°C дорівнює $0,47\ \text{Ом}\cdot\text{м}$, концентрація носіїв заряду $2,3 \cdot 10^{19}\ \text{м}^{-3}$. Визначити рухливість дірок за цих умов, якщо рухливість електронів $0,39\ \text{м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$. ($0,19\ \text{м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$)

112. Визначити питомий опір кремнію при температурі 157°C , якщо при кімнатній температурі 27°C його питомий опір становить $2,2\ \text{кОм}\cdot\text{м}$. Ширину забороненої зони кремнію вважати рівною $1,12\ \text{еВ}$. ($3,16\ \text{Ом}\cdot\text{м}$)

113. Опір кристалу PbS при температурі 20°C дорівнює $10\ \text{Ом}$. Визначити його опір при температурі 80°C , якщо ширина забороненої зони дорівнює $0,41\ \text{еВ}$. ($2,54\ \text{Ом}$)

114. Знайдіть мінімальну енергію для утворення пари електрон – дірка (енергію активації) в кристалі GaAs, якщо його питома провідність змінилась у 10 разів при зменшенні температури від 20° до 3°C . ($1,89\ \text{еВ}$)

115. Кристал германію, ширина забороненої зони якого дорівнює $0,66\ \text{еВ}$, нагрівають від 0°C до температури 15°C . Як змінилась його провідність? ($2,1\ \text{раза}$)

116. При нагріванні кремнію від температури 0°C до 10°C його питома провідність зросла в 2,28 раза. Обчисліть ширину забороненої зони кремнію. ($1,75 \cdot 10^{-19}\ \text{Дж}$)

117. У скільки разів зменшиться питомий опір чистого германію при збільшенні температури від -40°C до 100°C ? Енергія активації для германію дорівнює $0,66\ \text{еВ}$. ($475\ \text{разів}$)

118. При введенні в германій бору енергія їх зв'язку (енергія активації) дорівнює $0,01\ \text{еВ}$. Пояснити тип домішкової провідності напівпровідника та обчислити порогову довжину хвилі фотопровідності. (р-тип, $124\ \text{мкм}$)

119. Енергія активації акцепторів В та Ga в решітці кремнію відповідно дорівнює $0,045\ \text{еВ}$ та $0,065\ \text{еВ}$. На скільки при цьому змінюється порогова довжина хвилі фотопровідності? ($8,4\ \text{мкм}$)

120. При зміні температури від $0\ \text{К}$ до $300\ \text{К}$ порогова довжина хвилі фотопровідності арсеніду індію змістилась з $2,95$ до $3,44\ \text{мкм}$. На скільки

змінилась при цьому ширина забороненої зони? Відповідь виразити в еВ.

(0,06 еВ)

Додаткові закони та формули для розв'язування задач

Повний тілесний кут	$\Omega = 4\pi$	Ω – тілесний кут (рад)
Імпульс	$p = m\mathcal{V}$	p – імпульс (кг·м/с) m – маса (кг) \mathcal{V} – швидкість (м/с)
Доцентрове прискорення	$a = \frac{\mathcal{V}^2}{R}$	\mathcal{V} – швидкість (м/с) R – радіус траєкторії (м)
Затримуюча (прискорююча) напруга	$U = \frac{m\mathcal{V}^2}{2q}$	U – напруга (В) q – заряд (Кл)
Кінетична енергія	$W_k = \frac{m\mathcal{V}^2}{2}$	m – маса (кг) \mathcal{V} – швидкість (м/с)
Потужність	$P = \frac{W}{t}$	P – потужність (Вт); W – енергія (Дж); t – час (с)
Концентрація	$n = \frac{N}{V}$	n – концентрація (м ⁻³) N – кількість частинок V – об'єм (м ³)
Кількість частинок	$N = \frac{m}{\mu} N_A$	N_A – стала Авогадро (моль ⁻¹); m – маса речовини (кг); μ – молярна маса (кг/моль)
Закон Кулона	$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$	F – сила (Н); q – заряд (Кл); r – відстань між зарядами (м); ϵ – діелектрична проникність; ϵ_0 – електрична стала
Кількість теплоти, що виділяється при згорянні палива	$Q = qm$	q – теплотворна здатність палива (Дж/кг); m – маса (кг)
Коефіцієнт корисної дії	$\eta = \frac{A_{\text{кор}}}{A}$	$A_{\text{кор}}$ – корисна робота (Дж) A – повна робота (Дж)
Питомий опір	$\rho = \frac{1}{\sigma}$	ρ – питомий опір (Ом·м) σ – питома провідність ($\frac{1}{\hat{h} \cdot i}$)

Ймовірна швидкість руху частини	$\mathcal{G} = \sqrt{\frac{2kT}{m}}$	k – стала Больцмана (Дж/К) T – абсолютна температура (К)
Середня квадратична швидкість	$\mathcal{G}_{\text{кв.}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$	m – маса частини (кг)
Сила Лоренца	$F = eB\mathcal{G} \sin\alpha$	e – заряд електрона (Кл) \mathcal{G} – швидкість руху (м/с) B – індукція магнітного поля (Тл) α – кут між \vec{A} і \vec{g}

Фізичні константи

Швидкість світла у вакуумі	$c = 3 \cdot 10^8$ м/с
Елементарний заряд	$e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл
Стала Планка	$h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж/с
Стала Стефана-Больцмана	$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/м ² К ⁴
Стала першого закону Віна	$v_1 = 2,9 \cdot 10^{-3}$ м · К
Стала другого закону Віна	$v_2 = 1,3 \cdot 10^{-5}$ Вт/(м ³ · К ⁵)
Стала Рідберга	$R = 1,097 \cdot 10^7$ м ⁻¹
Електрична стала	$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м
Стала Авогадро	$N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ моль ⁻¹
Стала Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К
Маса спокою електрона	$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг
1 електрон вольт (еВ)	$1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж
1 кюрі (Ки)	$3,7 \cdot 10^{10}$ Бк
1 ангстрем (Å)	10^{-10} м
1 атомна одиниця маси (а.о.м.)	$1,66 \cdot 10^{-27}$ кг

Дольність	Приставка	Позначення	Приклад
10^{-1}	деци	д	дм – дециметр
10^{-2}	санти	с	см – сантиметр
10^{-3}	мілі	м	мм – міліметр
10^{-6}	мікро	мк	мкм – мікрометр
10^{-9}	нано	н	нм – нанометр
10^{-12}	піко	п	пФ – пікофарад
10^{-15}	фемто	ф	фс – фемтосекунда

10^1	дека	да	дал – декалітр
10^2	гекто	г	гПа – гектопаскаль
10^3	кіло	к	кН – кілоньютон
10^6	мега	М	МПа – мегапаскаль
10^9	гіга	Г	ГГц – гігагерц
10^{12}	тера	Т	ТВ – теравольт

**Таблиця
довжин хвиль видимого світла**

Колір	Інтервал довжин хвиль, нм
Червоний	760-620
Оранжевий	620-590
Жовтий	590-560
Зелений	560-500
Голубий	500-480
Синій	480-450
Фіолетовий	450-380

Оптичні та рентгенівські спектри

Значення		Спектральні серії атома водню		Рентгенівські спектри	
n	k	Назва серії	Область спектра	Серія	Назва лінії
1	2	Лаймана	ультрафіолетова	К-серія	α – лінія
	3				β - лінія
	4...				γ - лінія
2	3	Бальмера	видима	L- серія	α – лінія
	4				β - лінія
	5...				γ - лінія
3	4	Пашена	інфрачервона	M-серія	α – лінія
	5				β - лінія
	6...				γ - лінія

Періоди напіврозпаду радіоактивних ізотопів


Ізотоп	Символ	Період напіврозпаду
Кобальт	$_{27}\text{Co}^{60}$	5,3 роки
Йод	$_{53}\text{I}^{131}$	8 діб
Полоній	$_{84}\text{Po}^{210}$	138 діб
Радон	$_{86}\text{Rn}^{222}$	3,8 діб
Радій	$_{88}\text{Ra}^{226}$	1620 років

Маси спокою деяких часток та маси деяких ізотопів

Частка, ізотоп	Символ	Маса, а.е.м.
Електрон	$_{-1}e^0$	0,00055
Протон	$_{1}p^1$	1,00759
Нейтрон	$_{0}n^1$	1,00899
Дейтрон	$_{1}d^2$	2,01355
α - частинка	$_{2}\text{He}^4$	4,00149
Гідроген (водень)	$_{1}\text{H}^1$	1,00814
	$_{1}\text{H}^2$	2,01474
Гелій	$_{2}\text{He}^3$	3,01699
	$_{2}\text{He}^4$	4,00388
Літій	$_{3}\text{Li}^6$	6,01703
	$_{3}\text{Li}^7$	7,01823
Берилій	$_{4}\text{Be}^7$	7,01915
	$_{4}\text{Be}^9$	9,01219
Бор	$_{5}\text{B}^{10}$	10,01294
	$_{5}\text{B}^{11}$	11,00930
Карбон (вуглець)	$_{6}\text{C}^{12}$	12,00000
Нітроген (азот)	$_{7}\text{N}^{13}$	13,00987
	$_{7}\text{N}^{14}$	14,00752
Алюміній	$_{13}\text{Al}^{27}$	26,99010
Силіцій	$_{14}\text{Si}^{30}$	29,98325
Уран	$_{92}\text{U}^{235}$	235,11750

Література

1. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики. – М.: Наука, 1985. – 381 с.
2. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. – Т.2.– М.: Высшая школа, 1979. – 510 с.
3. Зачек І.Р., Кравчук І.М., Романишин Б.М., Габа В.М., Гончар Ф.М. Курс фізики. – Львів:Beskid Біт, 2002. - 375 с.
4. Король А.М., Андріяшик М.В. Фізика. Механіка, молекулярна фізика і термодинаміка. Електрика і магнетизм. Оптика. Елементи квантової механіки, фізики атомного ядра і елементарних частинок. – К.: Інкос, 2006 – 344 с.
5. Соловійов В.В., Давиденко Л.П. Конспект лекцій із фізики. Посібник для студентів інженерних спеціальностей денної, заочної та дистанційної форм навчання. – Полтава: ПолтНТУ, 2005.– 162 с.
6. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике. – М.: Высшая школа, 1981. – 496 с.

ПЕРІОДИЧНА СИСТЕМА ЕЛЕМЕНТІВ Д. І. МЕНДЕЛІЄВА										PERIODS		VII		VIII		 Порядковий номер елемента Д. І. МЕНДЕЛІЄВІ у 1869 році																																							
I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII			PERIODS																																						
1	H 1.00794 ВОДЕНЬ	2	He 4.00260 ГЕЛІЙ	3	Li 6.941 ЛІТІЙ	4	Be 9.00947 БЕРИЛІЙ	5	B 10.811 БОР	6	C 12.011 ВУГЛЕЦЬ	7	N 14.00643 АЗОТ	8	O 15.9994 КИСЕНЬ	9	F 18.998403 ФТОР	10	Ne 20.1797 НЕОН	11	Na 22.98976928 НАТРІЙ	12	Mg 24.304668 МАГНІЙ	13	Al 26.9815385 АЛЮМІНІЙ	14	Si 28.0855836 КРЕМНІЙ	15	P 30.973761998 ФОСФОР	16	S 32.06 сірка	17	Cl 35.453 ХЛОР	18	Ar 39.948 АРГОН	19	K 39.0983 КАЛІЙ	20	Ca 40.078 КАЛЬЦІЙ	21	Sc 44.955912 СКАНДІЙ	22	Ti 47.88 ТИТАН	23	V 50.9415 ВАНАДІЙ	24	Cr 51.9961 ХРОМ	25	Mn 54.938044 МАРГАНЕЦЬ	26	Fe 55.845 ЗАЛІЗО	27	Co 58.933194 КОБАЛЬТ	28	Ni 58.69 НІКЕЛЬ
29	Cu 63.546 МІДЬ	30	Zn 65.38 ЦИНК	31	Ga 69.723 ГАЛІЙ	32	Ge 72.64 ГЕРМАНІЙ	33	As 74.9216 МИШ'ЯК	34	Se 78.96 СЕЛЕН	35	Br 79.904 БРОМ	36	Kr 83.80 КРИПТОН	37	Rb 85.4678 РУБІДІЙ	38	Sr 87.62 СТРОНЦІЙ	39	Y 88.905848 ІТРИЙ	40	Zr 91.224 ЦИРКОНІЙ	41	Nb 92.90638 НІОБІЙ	42	Mo 95.94 МОЛІБДЕН	43	Tc 98.90625 ТЕХНЕЦІЙ	44	Ru 101.07 РУТЕНІЙ	45	Rh 102.9055 РОДІЙ	46	Pd 106.42 ПАЛАДІЙ																				
47	Ag 107.8682 СРІБЛО	48	Cd 112.411 КАДМІЙ	49	In 114.818 ІНДІЙ	50	Sn 118.710 ОЛОВО	51	Sb 121.757 СУРМА	52	Te 127.603 ТЕЛУР	53	I 126.90549 ЙОД	54	Xe 131.29 КСЕНОН	55	Cs 132.90545196 ЦЕЗІЙ	56	Ba 137.327 БАРІЙ	57	La 138.90547 ЛАНТАН	58	Ce 140.12 ЦЕЗІЙ	59	Pr 140.90766 ПРАЗЕОДИМ	60	Nd 144.242 НЕОДИМ	61	Pm 144.91264 ПРОМЕТІЙ	62	Sm 150.36 САМАРІЙ	63	Eu 151.964 ЄВРОПІЙ	64	Gd 157.25 ГАДОЛІНІЙ	65	Tb 158.92534 ТЕРБІЙ	66	Dy 162.50031 ДИСПРОЗІЙ	67	Ho 164.930329 ГОЛЬМІЙ	68	Er 167.259 ЕРБІЙ	69	Tm 168.93048 ТУЛІЙ	70	Yb 173.054 ІТЕРБІЙ	71	Lu 174.967 ЛЮТЕЦІЙ						
79	Au 196.966569 ЗОЛОТО	80	Hg 200.59 РТУТЬ	81	Tl 204.37 ТАЛІЙ	82	Pb 207.2 СВИНЕЦЬ	83	Bi 208.9804 ВІСМУТ	84	Po 209 ПОЛОНІЙ	85	At 210 АСТАТ	86	Rn 222 РАДОН	87	Fr 223 ФРАНЦІЙ	88	Ra 226.0754 РАДІЙ	89	Ac 227 АКТИНІЙ	90	Th 232.0377 ТОРІЙ	91	Pa 231.036889 ПРОТАКТИНІЙ	92	U 238.02891 УРАН	93	Np 237.048173 НЕПТУНІЙ	94	Pu 244.064223 ПУЛОНІЙ	95	Am 243.061381 АМЕРИЦІЙ	96	Cm 247.070353 КЮРІЙ	97	Bk 247.070353 БЕРКЛІЙ	98	Cf 251.0832 КАЛІФОРНІЙ	99	Es 252.0832 ЗІНШТЕЙНІЙ	100	Fm 257.10 ФЕРМІЙ	101	Md 288.10 МЕНДЕЛІЄВІЙ	102	No 289.10 НОБЕЛІЙ	103	Lr 260.10 ЛОУРЕНСІЙ						

Символ елемента
Атомна вага

U 92 238.02891
УРАН

Атомна вага

У квадратних дужках наведено масові числа найбільш стійких ізотопів.

ЛАНТАНОЇД

АКТИНОЇД