МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

ФІЗИКА

Збірник задач

Рекомендовано науково-методичною радою Київського національного університету будівництва і архітектури як навчальний посібник для студентів усіх спеціальностей

Київ 2009

УДК: 53(075)
ББК 22.3я7
Ф50

Рецензенти: *В.І. Григорук*, д-р фіз.-мат. наук, професор, зав. кафедри квантової радіофізики Київського національного університету ім. Тараса Шевченка, лауреат Державної премії в галузі науки і освіти
А.М. Король, д-р фіз.-мат. наук, професор, зав. кафедри фізики Національного університету харчових технологій

Автори-укладачі: В.І. Клапченко, І.О. Азнаурян, В.А. Глива, Ю.І. Григораш, В.Б. Долгошей, В.О. Климешко, Г.Ю. Краснянський, Г.В. Кучерова, О.В. Панова, С.М. Пономаренко, В.І. Тарасевич

Рекомендовано науково-методичною радою Київського національного університету будівництва і архітектури, протокол № 8 від 25 червня 2008 року.

Фізика. Збірник задач: навчальний посібник для студентів усіх
Ф50 спеціальностей / В.І. Клапченко, І.О. Азнаурян, В.А. Глива та ін.; за заг. ред. В.І. Клапченка. – К.: КНУБА, 2009. – 252 с.

Мета посібника – допомога студентам під час підготовки практичних занять та виконання індивідуальних завдань з фізики. Містить програму дисципліни «Фізика», теоретичні відомості, необхідні для розв’язання задач, приклади розв’язування та оформлення робіт, збірник завдань для індивідуальних робіт, довідковий матеріал.

Призначено для студентів усіх спеціальностей.

УДК: 53(075)
ББК 22.3я7

© В.І. Клапченко, І.О. Азнаурян, В.А. Глива, Ю.І. Григораш, В.Б. Долгошей, В.О. Клименко, Г.Ю. Краснянський, Г.В. Кучерова, О.В. Панова, С.М. Пономаренко, В.І. Тарасевич, 2009
© КНУБА, 2009

Глава 5. Модуль 5 «ОСНОВИ КВАНТОВОЇ ФІЗИКИ ТА ФІЗИКИ ЯДРА»

5.1. Короткий теоретичний довідник до модуля 5

Спектральна випромінювальна здатність абсолютно чорного тіла (АЧТ) визначається за формулою Планка: $r_\lambda = \frac{2\pi c^2 h}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{k\lambda T}} - 1}$,

де λ – довжина хвилі випромінювання; T – термодинамічна температура; h – стала Планка; c – швидкість світла у вакуумі.

Випромінюваність АЧТ визначається формулою Стефана - Больцмана: $R = \sigma T^4$, де σ – стала Стефана-Больцмана. Для сірих тіл, у яких спектральна поглинальна здатність $a(\lambda, T) = const = \varepsilon$, випромінюваність: $R' = \varepsilon \sigma T^4$, де коефіцієнт сірості ε завжди менше одиниці. Випромінюваність R зв'язана зі спектральною випромінювальною здатністю АЧТ r_λ співвідношенням: $R_e = \int_0^\infty r_\lambda d\lambda$.

За законом зміщення Віна добуток термодинамічної температури АЧТ на довжину хвилі, при якій спектральна випромінювальна здатність цього тіла максимальна, дорівнює постійній величині: $\lambda_{\max} T = b$, де b – стала Віна.

За гіпотезою Планка енергія фотона $W = h\nu$, де ν – частота випромінювання. Імпульс *p* та маса *m* фотона: $p = \frac{h\nu}{c}$, $m = \frac{h\nu}{c^2}$.

Рівняння Ейнштейна для фотоефекту: $h\nu = A_{\text{вих}} + \frac{m_e \upsilon_{\max}^2}{2}$,

де $A_{\text{вих}}$ – робота виходу електрона з металу; m_e – маса електрона; $\upsilon_{\max}$ – максимальна швидкість фотоелектронів. Частота ν_0 , що відповідає червоній межі фотоефекту: $h\nu_0 = A_{\text{вих}}$.

Світловий тиск визначається за формулою: $p = \frac{w}{c}(1+\rho)$, де w – енергія світла, яка падає на одиницю поверхні за одиницю часу; ρ – коефіцієнт відбивання світла.

Зміна довжини хвилі рентгенівських променів при розсіюванні на електронах визначається формулою Комптона: $\Delta\lambda = \lambda_K(1-\cos\theta)$, де $\lambda_K = \frac{h}{m_e c}$ – комптонівська довжина хвилі електрона; θ – кут розсіювання.

Довжина хвилі частинки з імпульсом *p* визначається формулою де Бройля: $\lambda = \frac{h}{p}$. Співвідношення невизначеностей Гейзенберга: $\Delta x \Delta p_x \geq \frac{h}{4\pi}$, де Δx– невизначеність у координаті частинки; Δp_x – невизначеність в імпульсі частинки.

Рівняння Шредінгера для стаціонарних станів: $\Delta_L \psi + \frac{2m}{\hbar^2}(W - W_П)\psi = 0$, де $\Delta_L = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ – оператор Лапласа; $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ – стала Дірака; *m* – маса частинки; ψ – координатна частина хвильової функції; *W* – повна енергія частинки; $W_П$ – потенціальна енергія частинки.

Енергія частинки в одновимірній потенціальній ямі з нескінченно високими стінками: $W_n = \frac{n^2\pi^2\hbar^2}{2ml^2}$, де *n* = 1,2,3, …; *l* – ширина потенціальної ями. Хвильова функція частинки в потенціальній ямі: $\psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{l}}\sin\frac{n\pi}{l}x$.м

Згідно з теорією Бора, рух електрона навколо ядра можливий лише по певним орбітам, радіуси яких задовольняють правило квантування Бора: $m\upsilon_n r_n = n\hbar$, де *m* – маса частинки; *n* = 1,2,3, …; υ_n – швидкість електрона на *n*-й борівській орбіті; r_n – радіус *n*-ї борівської орбіти.

Згідно з правилом частот Бора, частота випромінювання, яка відповідає переходу електрона з однієї орбіти на іншу, визначається формулою: $h\nu = W_m - W_n$, де W_m, W_n – енергія m-ї та n-ї борівської орбіти. Формула, яка дозволяє знайти частоти випромінювання воднеподібних атомів:

$\nu = \frac{c}{\lambda} = RcZ^2\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right)$, де R – стала Рідберга. Z – порядковий номер елемента в таблиці Менделєєва. Підставляючи в формулу $n = 1$ і $m = 2, 3, 4, \ldots$ – отримаємо групу ліній спектра випромінювання, яка називається серією Лаймана, якщо $n = 2$, $m = 3, 4, 5, \ldots$ – серією Бальмера.

Головне квантове число n визначає енергетичні рівні електрона в атомі і може приймати цілочисельні значення починаючи з одиниці: $n = 1,2,3,\ldots$ Сукупність електронів у багатоелектронному атомі, які мають одне і те ж головне квантове число, називають електронною оболонкою. Електронні оболонки, починаючи від $n = 1$, позначаються великими літерами латинського алфавіту: $K, L, M, N, O, P \ldots$

Момент імпульсу (механічний орбітальний момент) електрона в атомі визначається за формулою: $L_o = \hbar\sqrt{l(l+1)}$, де l – орбітальне квантове число, яке при заданому n приймає значення: $l = 0,1,2,\ldots,(n-1)$. Проекція вектора механічного орбітального моменту на напрямок z зовнішнього магнітного поля, в якому перебуває атом, визначається за формулою: $L_{oz} = \hbar m_l$, де m_l – магнітне квантове число, яке при заданому l, приймає значення: $m_l = 0, \pm1, \pm2, \pm3, \ldots, \pm l$.

У кожній із оболонок багатоелектронного атома, електрони розподіляються по підоболонках, які відповідають даному l. Підоболонки позначаються маленькими літерами латинського алфавіту: $s, p, d, f, g,\ldots$

Дифракція рентгенівських променів на кристалічних решітках описується рівнянням Вульфа-Бреггів: $2d\sin\varphi = n\lambda$, де d – стала решітки кристалу (відстань між атомними площинами кристалу); φ – кут між пучком рентгенівських променів та поверхнею кристалу.

Суцільний рентгенівський спектр має короткохвильову межу за співвідношенням: $h\nu_0 = eU$, де e – заряд електрона; U – різниця потенціалів, прикладена до електродів рентгенівської трубки. Довжина хвилі рентгенівських характеристичних променів розраховується за законом Мозлі: $\nu = \frac{c}{\lambda} = Rc\left(Z - \sigma_n\right)^2 \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right)$, де Z – порядковий номер матеріалу антикатода; σ_n – стала екранування.

Переходи електронів з вищих оболонок на оболонку K (n = 1), називаються K-серією, з вищих оболонок на оболонку L (n = 2) – L-серією. Переходи з оболонки L на оболонку K називаються K_α-серією. Сталу екранування для K-серії вважати рівною одиниці (σ_1 = 1), для L-серії – σ_2 = 5.

Кількість вільних електронів в одиниці об'єму металу, енергії яких лежать в інтервалі від W до $W+dW$, визначається з розподілу Фермі-Дірака:

$dn(W) = \frac{1}{2\pi^2}\left(\frac{2m_e}{\hbar^2}\right)^{\frac{3}{2}} W^{\frac{1}{2}} dW$, Енергія Фермі визначається за формулою: $W_F = \frac{\hbar^2}{2m_e}\left(3\pi^2 n\right)^{\frac{2}{3}}$, де n – концентрація електронів у металі.

Питома провідність власних напівпровідників визначається за формулою: $\gamma = \gamma_0 e^{-\frac{\Delta W}{2kT}}$, де γ_0 – стала, яка характерна для даного напівпровідника; ΔW – ширина забороненої зони напівпровідника.

Закон радіоактивного розпаду: $N = N_0 e^{-\lambda t}$, де N – число ядер радіоактивного елемента, які не розпались на момент часу t; N_0 – початкове число ядер радіоактивного елемента; λ – стала радіоактивного розпаду. Активність радіоактивного препарату: $A = \frac{dN}{dt} = \left|\lambda N\right|$. Період напіврозпаду: $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$. Середній час життя радіоактивного ядра: $\tau = \frac{1}{\lambda}$.

Поглинання рентгенівських променів описується законом Бугера: $I = I_0 e^{-\mu x}$, де I_0 – інтенсивність пучка, який падає на пластинку; μ – лінійний коефіцієнт поглинання. Масовий коефіцієнт поглинання: $\mu_м = \frac{\mu}{\rho}$, де ρ – густина речовини.

Енергія зв'язку ядра ізотопу визначається співвідношенням: $\Delta W_{зв} = \Delta m c^2$, де Δm –дефект маси ядра, який визначається за формулою: $\Delta m = Z m_p + (A - Z) m_n - m_я$, де Z – порядковий номер ізотопу; A – масове число ізотопу; m_p – маса протона; m_n – маса нейтрона; $m_я$ – маса ядра ізотопу.

Правила зміщення: для α-розпаду ${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He$; для β-розпаду ${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e$, де X – символ материнського ядра; Y – символ дочірнього ядра; ${}^{4}_{2}He$ – ядро гелію (α-частинка); ${}^{0}_{-1}e$ – символічне позначення електрона.

Енергія ядерної реакції визначається за формулою: $Q = c^2\left(\sum m_1 - \sum m_2\right)$, де $\sum m_1$ – сума мас частинок до реакції; $\sum m_2$ – сума мас частинок після реакції.

5.2. Задачі до модуля 5

5.1. Муфельна піч має отвір площею 6 см^2. Визначити довжину хвилі, на яку приходиться максимум випромінювальної здатності для випромінювання, що виходить із цього отвору, якщо воно випромінює як абсолютно чорне тіло, а потік енергії становить 3 кДж/хв.

5.2. Абсолютно чорне тіло має температуру 2900 К. При охолодженні цього тіла довжина хвилі, на яку припадає максимум випромінювальної здатності, збільшилась на 9 мкм. До якої температури охолодилось тіло?

5.3. Вважаючи випромінювання Сонця сталим, визначити, за який час маса Сонця зменшиться удвічі. Температуру поверхні Сонця прийняти рівною 5800 К.

5.4. Яку потужність випромінює 1 см^2 поверхні свинцю при температурі кристалізації? Коефіцієнт сірості свинцю становить 0,6.

5.5. Визначити справжню температуру вольфрамової стрічки, якщо радіаційний пірометр показує температуру 2500 К. Поглинальна здатність вольфраму становить 0,35.

5.6. Мідна куля діаметром 5 см перебуває у відкачаній посудині, стінки якої підтримуються при температурі 0 К. Вважаючи поверхню кульки абсолютно чорною визначити, за який час її температура зменшиться від 300 К до 150 К

5.7. Температура вольфрамової спіралі електричної лампочки потужністю 25 Вт становить 2450 К. Відношення її енергетичної світності до енергетичної світності абсолютно чорного тіла при даній температурі становить 0,3. Знайти величину випромінюючої поверхні спіралі.

5.8. Як і в скільки разів зміниться температура абсолютно чорного тіла, якщо максимум у спектрі випромінювання переміститься з довжини хвилі 1 мкм на довжину хвилі 0,5 мкм?

5.9. Знайти значення сонячної сталої, тобто потужність променистої енергії, що падає перпендикулярно на одиничну площадку на поверхні Землі. Температуру поверхні Сонця прийняти рівною 5800 К, випромінювання Сонця вважати близьким до випромінювання абсолютно чорного тіла.

5.10. Абсолютно чорне тіло має температуру 300 К. Якою буде температура тіла, якщо в результаті нагрівання потік випромінювання збільшиться в 5 разів?

5.11. Потік випромінювання абсолютно чорного тіла 10 кВт, максимум енергії випромінювання приходиться на довжину хвилі 0,8 мкм. Визначити площу випромінюючої поверхні .

5.12. Визначити коефіцієнт сірості тіла, для якого температура, виміряна радіаційним пірометром, становить 1400 К, а істинна температура тіла дорівнює 3200 К.

5.13. Муфельна піч, що споживає потужність 1 кВт, має отвір площею 100 см^2. Визначити частку потужності, що розсіюється через отвір печі, якщо температура її внутрішньої поверхні дорівнює 1000 К.

5.14. Середня енергетична світність поверхні Землі рівна 0,54 Дж/(см^2·хв). Якою має бути температура поверхні Землі, якщо умовно вважати, що вона випромінює як сіре тіло з коефіцієнтом чорності 0,25?

5.15. Вважаючи, що атмосфера поглинає 10% променистої енергії, яку посилає Сонце, знайти потужність, яку одержує від Сонця горизонтальна ділянка Землі площею 0,5 га. Висота Сонця над обрієм 30°. Випромінювання Сонця вважати близьким до випромінювання абсолютно чорного тіла.

5.16. Температура поверхні тіла становить 1000 К. Потім одна половина цієї поверхні нагрівається на 100 К, інша охолоджується на 100 К. У скільки разів зміниться випромінюваність поверхні цього тіла?

5.17. Яку потужність необхідно підводити до зачорненої металевої кульки радіусом 2 $см^2$, щоб підтримати його температуру на 27 °С вище температури навколишнього середовища? Температура навколишнього середовища 20 °С. Вважати, що теплота втрачається тільки внаслідок випромінювання.

5.18. Абсолютно чорне тіло мало температуру 2000 К. У процесі нагрівання довжина хвилі, на яку припадає максимум спектральної випромінювальної здатності, зменшилась на 6 мкм. У скільки разів зросла випромінюваність тіла?

5.19. Знайти, на скільки зменшиться маса Сонця за рік внаслідок випромінювання. Температуру поверхні Сонця прийняти рівною 5800 К.

5.20. Розпечена металева поверхня площею 10 $см^2$ випромінює за 1 хв $4 \cdot 10^4$ Дж. Температура поверхні дорівнює 2500 К. Визначити енергетичну світність цієї поверхні, якби вона була абсолютно чорною? Який коефіцієнт відбивання поверхні тіла.

5.21. Визначити енергію, масу та імпульс фотона з довжиною хвилі 1,24 нм.

5.22. На пластину падає монохроматичне світло довжиною хвилі 0,42 мкм. Фотострум припиняється при затримуючій різниці потенціалів 0,95 В. Визначити роботу виходу електрона з поверхні пластини.

5.23. На цинкову пластину падає пучок ультрафіолетових променів довжиною хвилі 0,2 мкм. Визначити максимальну кінетичну енергію і максимальну швидкість фотоелектронів.

5.24. Точкове джерело потужністю 1 Вт випромінює світло з довжиною хвилі 589 нм. Визначити середню густину потоку фотонів на відстані 2 м від джерела і відстань, на якій у одному кубічному сантиметрі утримується один фотон.

5.25. Потік енергії, яка випромінюється електричною лампою, становить 600 Вт. На відстані 1 м від лампи перпендикулярно до падаючих променів, розташоване кругле плоске дзеркало діаметром 2 см. Визначити силу світлового тиску на дзеркало. Лампу розглядати як точковий ізотропний випромінювач.

5.26. Паралельний пучок монохроматичних променів з довжиною хвилі 0,663 мкм падає на зачорнену поверхню й чинить на неї тиск 0,3 мкПа. Визначити концентрацію фотонів у світловому пучку.

5.27. Визначити енергетичну освітленість дзеркальної поверхні, якщо тиск, що чиниться випромінюванням, становить 40 мкПа. Промені падають нормально до поверхні.

5.28. Визначити енергію, масу та імпульс фотона, якщо відповідна йому довжина хвилі становить 1,6 пм.

5.29. Тиск світла з довжиною хвилі 40 нм, що нормально падає на чорну поверхню, становить 2 нПа. Скільки фотонів падає за 10 с на площу 1 мм^2 цієї поверхні?

5.30. На відстані 5 м від точкового монохроматичного довжиною хвилі 0,5 мкм ізотропного джерела розташована площадка 8 мм^2 перпендикулярно до падаючих променів. Визначити число фотонів, які щосекунди падають на площадку. Потужність випромінювання – 100 Вт.

5.31. Вважаючи Землю абсолютно чорним тілом, обчислити силу тиску сонячного випромінювання на земну кулю. Радіус Землі вважати рівним 6400 км.

5.32. На кожний 1 см^2 абсолютно чорної поверхні щосекунди падає $2{,}8\cdot10^{17}$ квантів випромінювання з довжиною хвилі 400 нм. Який тиск створює це випромінювання?

5.33. Ртутна дуга має потужність 125 Вт. Скільки квантів світла з довжиною хвилі 6123 Å випромінюється щосекунди? Інтенсивність цієї лінії складає 2% від інтенсивності ртутної дуги. Вважати, що 80% потужності йде на випромінювання.

5.34. З якою швидкістю має рухатися електрон, щоб його кінетична енергія дорівнювала енергії фотона з довжиною хвилі 5200 Å?

5.35. З якою швидкістю має рухатися електрон, щоб його імпульс дорівнював імпульсу фотона з довжиною хвилі 5200 Å?

5.36. Імпульс, який переноситься монохроматичним пучком фотонів через площадку 2 см^2 за час 0,5 хв, становить $3\cdot10^{-3}$ г·см/с. Визначити інтенсивність пучка світла.

5.37. Кванти світла з енергією 4,9 еВ виривають електрони з металу (робота виходу 4,5 еВ). Визначити максимальний імпульс, що передається поверхні металу при вильоті кожного фотоелектрона.

5.38. При якій температурі кінетична енергія молекули двоатомного газу дорівнюватиме енергії фотона з довжиною хвилі $5{,}89 \cdot 10^{-4}$ мм?

5.39. Фотон з енергією 10 еВ вибиває з поверхні срібла фотоелектрони. Визначити максимальну силу, яка діє на електрон. Рух електронів вважати рівноприскореним від нульової початкової швидкості за час дії хвильового цуга довжиною 0,1 м.

5.40. Червона межа фотоефекту для деякого металу дорівнює 2750 Å. Знайти роботу виходу електрона із цього металу, максимальну швидкість електронів, які вириваються із цього металу світлом з довжиною хвилі 1800 Å?

5.41. Знайти частоту світла, що вириває з поверхні металу електрони, які повністю затримуються негативним потенціалом 3 В. Фотоефект у цього металу починається при частоті падаючого світла $6 \cdot 10^{14}$ Гц.

5.42. Визначити сталу Планка, якщо відомо, що фотоелектрони, які вириваються із поверхні деякого металу світлом із частотою $2{,}2 \cdot 10^{15}$ Гц, повністю затримуються негативним потенціалом 6,6 В, а ті, які вириваються світлом з частотою,$6 \cdot 10^{15}$ Гц – потенціалом 16,5 В.

5.43. Червона межа фотоефекту для цинку 310 нм. Визначити максимальну кінетичну енергію фотоелектронів в електрон-вольтах, якщо на цезій падають промені з довжиною хвилі 200 нм.

5.44. Фотон з енергією 10 еВ падає на срібну пластину і викликає фотоефект. Визначити імпульс, отриманий пластиною, якщо прийняти, що напрямку руху фотона й фотоелектрона лежать на одній прямій, перпендикулярній поверхні пластин.

5.45. На поверхню металу падають монохроматичні промені довжиною хвилі 0,1 мкм. Червона межа фотоефекту 0,3 мкм. Яка частка енергії фотона витрачається на надання електрону кінетичної енергії?

5.46. Визначити кут розсіювання фотона на вільному електроні, якщо зміна довжини хвилі при розсіюванні 3,63 пм.

5.47. Фотон, енергія якого дорівнює енергії спокою електрона, розсіявся на вільному електроні на кут 120°. Визначити енергію розсіяного фотона та кінетичну енергію електрона віддачі (в одиницях m_0c^2).

5.48. Фотон при ефекті Комптона на вільному електроні був розсіяний на кут $\pi/2$. Визначити імпульс, якого набуває електрон, якщо енергія фотона до розсіювання була 0,51 МеВ.

5.49. Рентгенівські промені з довжиною хвилі 1 нм розсіюються електронами, які можна вважати практично вільними. Визначити максимальну довжину хвилі рентгенівських променів у розсіяному пучку.

5.50. Яка частка енергії фотона приходиться при ефекті Комптона на електрон віддачі, якщо розсіювання фотона відбувається на кут $\pi/2$. Енергія фотона до розсіювання 0,51 МеВ.

5.51. Визначити максимальну зміну довжини хвилі при комптонівському розсіюванні світла на вільних електронах і вільних протонах.

5.52. Визначити кут розсіяння фотона, якщо при комптонівському розсіянні довжина хвилі збільшилась на 3,63 пм.

5.53. Фотон з початковою енергією 1,02 МеВ розсіявся на вільному електрону під кутом 90°. Визначити імпульс, набутий електроном.

5.54. Рентгенівські промені з довжиною хвилі 1 пм розсіюються на вільних електронах. Визначити найбільшу довжину хвилі у розсіяному випромінюванні.

5.55. Фотон з довжиною хвилі 15 пм розсіявся на вільному електроні. Довжина хвилі розсіяного фотона 16 пм. Визначити кут розсіювання.

5.56. Фотон з енергією 0,51 МеВ був розсіяний при ефекті Комптона на вільному електроні на кут 180°. Визначити кінетичну енергію електрона віддачі.

5.57. Визначити кут, на який був розсіяний γ-квант із енергією 1,53 МеВ при ефекті Комптона, якщо кінетична енергія електрона віддачі 0,51 МеВ .

5.58. Знайти довжину хвилі де Бройля для: електрона, що летить зі швидкістю 10^8 см/с; атома водню, що рухається зі швидкістю, що дорівнює середній квадратичній швидкості при температурі 300 К; кульки масою 1 г, що рухається зі швидкістю 1 см/с .

5.59. Знайти довжину хвилі де Бройля для електрона, кінетична енергія якого 10 кеВ, 1 МеВ.

5.60. Заряджена частинка, прискорена різницею потенціалів 200 В, має довжину хвилі де Бройля, рівну 0,0202 Å. Знайти масу цієї частинки, якщо відомо, що заряд її чисельно дорівнює заряду електрона.

5.61. α-Частинка рухається по колу радіусом 0,83 см в однорідному магнітному полі, напруженість якого рівна 2500 А/м. Знайти довжину хвилі де Бройля для цієї α-частинки.

5.62. Знайти довжину хвилі де Бройля для атома водню, що рухається при температурі 20 °С з найбільш імовірною швидкістю.

5.63. Визначити енергію, яку необхідно додатково надати електрону, щоб його довжина хвилі де Бройля зменшилася з 0,2 мм до 0,1 нм.

5.64. Визначити найбільш ймовірну довжину хвилі де Бройля молекул азоту у повітрі за нормальних умов.

5.65. Якщо припустити, що невизначеність координати частинки, яка рухається, дорівнює довжині хвилі де Бройля, то якою буде відносна невизначенность імпульсу цієї частинки?

5.66. Протон має кінетичну енергію 1 кеВ. Визначити додаткову енергію, яку необхідно надати йому для того, щоб довжина хвилі де Бройля зменшилася втричі.

5.67. Визначити довжину хвилі де Бройля для частинки масою 1 мг, що рухається зі швидкістю 10 м/с. Чи потрібно враховувати в цьому випадку хвильові властивості частинки?

5.68. Обчислити довжину хвилі де Бройля електрона, який має кінетичною енергією 13,6 еВ (енергія іонізації атома водню). Порівняти отримане значення з діаметром атома водню.

5.69. Чи потрібно враховувати хвильові властивості електрона при вивченні руху електрона в атомі водню? Діаметр атома водню прийняти рівним подвоєному значенню борівского радіуса.

5.70. Електрон має кінетичну енергію 1,02 МеВ. У скільки разів зміниться довжина хвилі де Бройля, якщо кінетична енергія електрона зменшиться вдвічі?

5.71. Дві однакові нерелятивістські частинки рухаються перпендикулярно одна до одної, дебройлівські довжини хвиль становлять відповідно λ_1 і λ_2. Визначити дебройлівські довжини хвиль у системі їх центра мас.

5.72. Кінетична енергія електрона дорівнює подвоєному значенню його енергії спокою. Обчислити довжину хвилі де Бройля для такого електрона.

5.73. Обчислити довжину хвилі де Бройля протона, який рухається зі швидкістю 0,6*c* (де *c* – швидкість світла у вакуумі).

5.74. Паралельний потік моноенергетичних електронів нормально падає на щілину шириною 1 мкм. На віддаленому на 1 м екрані спостерігається центральний дифракційний максимум шириною 1 мм. Визначити швидкість електронів.

5.75. Вузький пучок електронів з енергією 180 еВ падає нормально на поверхню монокристалу нікелю. Дифракційний максимум четвертого порядку спостерігається під кутом 1 рад до нормалі до поверхні. Визначити відстань між атомними площинами нікелю.

5.76. Пучок моноенергетичних електронів нормально падає на щілину шириною 10 мкм. Якою має бути енергія електронів, щоб на екрані, віддаленому від щілини на 1 м, спостерігалась дифракція Фраунгофера?

5.77. Оцінити швидкість атомів гелію, при якій можна спостерігати дифракцію на кристалічній решітці, відстань між атомними площинами якої становить 0,2 нм.

5.78. Використовуючи співвідношення невизначеностей, оцінити найменшу невизначеність швидкості електрона, якщо координата центра мас цієї частинки може бути встановлена з невизначеністю 0,01 мм.

5.79. Час життя збудженого ядра становить 1 нс, довжина хвилі випромінювання дорівнює 0,1 нм. З якою точністю може бути визначена енергія випромінювання?

5.80. Середній час життя атома у збудженому стані становить 1 нс. При переході у нормальний стан випромінюється фотон, середня довжина хвилі якого становить 600 нм. Оцінити ширину відповідної спектральної лінії.

5.81. Використовуючи співвідношення невизначеностей, оцінити ширину одномірного потенціального ящика, в якому мінімальна енергія електрона дорівнює 10 еВ.

5.82. Імпульсний лазер на довжині хвилі 800 нм випромінює імпульси тривалістю 0,1 пс. З якою точністю можна визначити довжину хвилі випромінювання?

5.83. Електрон локалізований в області розміром 1 нм. Визначити відносну невизначеність його швидкості.

5.84. α-Частинка знаходиться в одновимірному потенціальному ящику. Використовуючи співвідношення невизначеностей, оцінити ширину ящика, якщо відомо, що мінімальна енергія α-частинки дорівнює 8 МеВ.

5.85. Електрон знаходиться в потенціальному ящику шириною 0,1 нм. Визначити в електрон-вольтах найменшу різницю енергетичних рівнів електрона.

5.86. Електрон перебуває у нескінченно глибокій одновимірній потенціальній ямі шириною l. Визначити ймовірність знаходження електрона у першій половині ями, якщо його енергія мінімальна.

5.87. Електрон перебуває в прямокутному потенціальному ящику з непроникними стінками. Ширина ящика 0,2 нм, енергія електрона в ящику 37,8 еВ. Визначити номер енергетичного рівня.

5.88. Частинка знаходиться в потенціальному ящику. Знайти відношення різниці сусідніх енергетичних рівнів до енергії частинки у випадках, якщо головне квантове число дорівнює: 2; 5; прямує до нескінченності.

5.89. В одновимірній потенціальній ямі шириною l з нескінченними стінками знаходиться один електрон. Визначити мінімальне значення повної енергії електрона в ямі.

5.90. Знайти енергетичний інтервал між двома сусідніми рівнями для електрона в металі, відстань між вузлами кристалічної решітки якого 0,5 мкм.

5.91. Нерелятивістський електрон налітає на потенціальний бар'єр висотою $W_П$ та шириною l. При яких товщинах бар'єра електрон з енергією $W > W_П$ не буде відбиватися від нього?

5.92. У сферичній порожнині відомого радіуса у стані з мінімальною енергією перебуває електрон. На основі співвідношення невизначеностей оцінити тиск електрона на стінки.

5.93. Відстань між протоном і нейтроном у ядрі дейтерію становить 0,2 нм. Ядро має один енергетичний рівень 2,2 МеВ. Визначити глибину потенціальної ями для нейтрона.

5.94. На основі співвідношення невизначеностей оцінити мінімальну енергію протона у глибокій одновимірній потенціальній ямі шириною 0,2 нм.

5.95. Частинка у нескінченно глибокій одновимірній потенціальній ямі перебуває у стані з мінімальною енергією. Яка ймовірність знаходження частинки у крайній чверті ями?

5.96. За допомогою співвідношення невизначеностей оцінити мінімальну енергію електрона у атомі водню і відповідну ефективну відстань від ядра.

5.97. Знайти: радіуси перших трьох борівських електронних орбіт в атомі водню; швидкість електрона на них.

5.98. Знайти числове значення повної енергії електрона на першій борівській орбіті.

5.99. Знайти: період обертання електрона на першої борівській орбіті в атомі водню; його кутову швидкість.

5.100. Визначити найменшу та найбільшу довжину хвилі спектральних ліній водню у видимій частині спектра.

5.101. Знайти найбільшу довжину хвилі в ультрафіолетовій серії спектра водню. Яку найменшу швидкість повинні мати електрони, щоб при збудженні атомів водню ударами електронів з'явилася ця лінія?

5.102. Визначити потенціал іонізації атома водню.

5.103. Розрахувати перший потенціал збудження атома водню.

5.104. Яку найменшу енергію (в електрон-вольтах) повинні мати електрони, щоб при збудженні атомів водню ударами цих електронів з'явилися лінії всіх серій спектра водню? Яку найменшу швидкість повинні мати ці електрони?

5.105. Визначити період обертання електрона на другій борівській орбіті атома водню.

5.106. Визначити максимальну енергію фотона серії Бальмера в спектрі випромінювання атомарного водню.

5.107. В однозарядному іоні гелію електрон перейшов із третього енергетичного рівня на перший. Визначити довжину хвилі випромінювання іона гелію.

5.108. Електрон в атомі водню перебуває на третьому енергетичному рівні. Визначити потенціальну та повну енергію електрона. Відповідь виразити в електрон-вольтах.

5.109. Фотон вибиває з атома водню, який перебуває в основному стані, електрон з кінетичною енергією 10 еВ. Визначити енергію фотона.

5.110. В яких межах має лежати енергія електронів, які бомбардують атоми водню, щоб при збуджені атомів водню, їхній спектр мав тільки одну спектральну лінію?

5.111. Визначити потенціальну та кінетичну енергії електрона, який відповідає найменшому рівню енергії атома водню.

5.112. Атом водню, який перебуває в основному стані, поглинув квант світла з довжиною хвилі 102,6 нм. Визначити радіус орбіти збудженого електрона.

5.113. Визначити повну енергію електрона на другій борівській орбіті.

5.114. Фотон з енергією 15,5 еВ вибив електрон з атома водню, який знаходився в основному стані. Яку швидкість буде мати електрон удалині від ядра атома?

5.115. Які спектральні лінії з'являться при збудженні атомарного водню електронами з енергією 12,5 еВ?

5.116. Знайти границі серії Лаймана спектра атома водню.

5.117. На атом водню падає фотон і вибиває електрон з енергією 4,6 еВ. Яка енергія та частота падаючого фотона, якщо вибитий електрон перебував спочатку в $2p$ стані?

5.118. Електрон, пройшовши різницю потенціалів 4,9 В, зіштовхується з атомом ртуті та переводить його в перший збуджений стан. Яку довжину хвилі має фотон, що відповідає переходу атома ртуті в основний стан?

5.119. У скільки разів зміниться період обертання електрона в атомі водню, якщо при переході в основний стан атом випромінює фотон довжиною хвилі 97,5 нм?

5.120. В яких межах має лежати довжина хвилі монохроматичного світла, щоб при збудженні атомів водню квантами цього світла радіус орбіти електрона збільшився в 16 разів?

5.121. Якому атому може належати спостережувана в спектрі деяких зірок серія:

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{\left(n+1/2\right)^2}\right).$$

5.122. Фотон головної лінії серії Лаймана іона гелію He^+ поглинається атомом водню в основному стані та іонізує його. Визначити кінетичну енергію, що одержить електрон.

5.123. Початково нерухомий атом водню випромінює фотон із частотою, яка відповідає головній лінії серії Лаймана. Яку швидкість набув атом після цього?

5.124. Визначити найменшу енергію, яку необхідно надати в основному стані тричі іонізованому атому берилію, щоб збудити повний його спектр.

5.125. Які лінії з'являться в спектрі атомарного водню, якщо його опромінювати ультрафіолетовим світлом довжиною хвилі 100 нм?

5.126. Яку швидкість набуде атом водню, якщо він випромінює фотон, що відповідає першій лінії серії Бальмера?

5.127. Визначити залежність моменту імпульсу електрона в атомі водню від головного квантового числа.

5.128. У випадку дослідження спектра атомарного водню оцінити мінімально можливу розділову здатність спектрального приладу, за допомогою якого можна розділити перші 20 ліній серії Лаймана.

5.129. Двічі іонізований атом літію випромінює фотон при переході електрона з першого збудженого стану в основний. Чи може такий фотон поглинатися атомами водню, які перебувають у стані $1s$?

5.130. Атомарний водень перебуває у рівноважному стані при температурі 1000 К. Користуючись розподілом Больцмана знайти відношення кількості атомів, що перебувають на першому і другому енергетичних рівнях.

5.131. Обчислити значення орбітального механічного моменту імпульсу електрона атома водню у *d*-стані. Які значення проекцій цього моменту на напрямок магнітного поля?

5.132. Чи буде атом водню поглинати випромінювання із хвильовим числом:

$$\frac{1}{\lambda} = 3R; \frac{1}{3}R; \frac{3}{4}R\,?$$

5.133. Визначити значення орбітальних механічного й магнітного моментів електронів атома, що перебувають в *p*-стані. Які значення проекцій цих моментів на напрямок магнітного поля?

5.134. Визначити значення орбітальних механічного й магнітного моментів електронів атома, що перебуває в *d*-стані. Які значення проекцій цих моментів на напрямок магнітного поля?

5.135. Побудувати електронні оболонки атома кисню і записати значення квантових чисел для всіх його електронів.

5.136. Під якими кутами до напрямку магнітного поля може орієнтуватися орбітальний магнітний момент електрона, що перебуває в атомі в *d*-стані?

5.137. Під якими кутами до напрямку магнітного поля може орієнтуватися орбітальний магнітний момент електрона, що перебуває в атомі в *p*-стані?

5.138. Під якими кутами до напрямку магнітного поля може орієнтуватися орбітальний магнітний момент електрона, що перебуває в атомі в *f*-стані.

5.139. Обчислити за формулою Мозлі найбільшу довжину хвилі в *K*-серії характеристичних рентгенівських променів, якщо антикатод у трубці Рентгена молібденовий.

5.140. Яку найменшу різницю потенціалів потрібно прикласти до рентгенівської трубки, антикатод якої покритий сріблом, щоб з'явилися дві лінії *L*-серії спектра характеристичного рентгенівського випромінювання?

5.141. Чому дорівнює стала екранування для вольфраму, якщо при переході електрона в атомі вольфраму з *M*-шару на *K*-шар випромінюються рентгенівські промені довжиною хвилі 0,143 мкм?

5.142. Знайти найбільшу довжину хвилі *K*-серії характеристичного рентгенівського випромінювання платини.

5.143. Визначити енергію та імпульс кванта, що відповідає лінії K_α у спектрі характеристичних рентгенівських променів марганцю.

5.144. Яку найменшу різницю потенціалів потрібно прикласти до рентгенівської трубки, антикатод якої покритий сріблом, щоб одержати всі лінії *K*-серії?

5.145. До електродів рентгенівської трубки прикладена різниця потенціалів 60 кВ. Найменша довжина хвилі рентгенівських променів, яку генерує ця трубка 0,194 Å, Знайти на підставі цих даних сталу Планка.

5.146. Визначити короткохвильову границю неперервного рентгенівського спектра, якщо відомо, що зменшення прикладеної до рентгенівської трубки напруги на 23 кВ збільшує шукану довжину хвилі вдвічі.

5.147. Найбільша довжина хвилі рентгенівського випромінювання *K*-серії деякого елемента 0,75 Å. Визначити порядковий номер елемента в таблиці Менделєєва.

5.148. Довжина хвилі γ-випромінювання радію рівна 0,016 Å. Яку різницю потенціалів необхідно прикласти до рентгенівської трубки, щоб отримати промені із цією довжиною хвилі?

5.149. Температура підвищується від 300 до 310 K. У скільки разів зміниться при цьому провідність: а) метала, б) власного напівпровідника, ширина забороненої зони якого становить 0,3 еВ?

5.150. Германієвий зразок нагрівають від 0°C до 20°C. Приймаючи ширину забороненої зони германію рівною 0,72 еВ, визначити в скільки разів зросте його питома провідність.

5.151. Визначте ширину забороненої зони власного напівпровідника, якщо при температурах T_1 та T_2 ($T_2 > T_1$) його опори дорівнюють R_1 та R_2, відповідно.

5.152. Визначити відносну кількість вільних електронів у металі при 0 K, енергія яких відрізняється від енергії Фермі не більш, ніж на n %. Побудувати графік залежності цієї кількості від n = 0,1..1 %.

5.153. Яка відносна кількість вільних електронів у металі при 0 K має кінетичну енергію, більшу за третину максимальної?

5.154.Скільки атомів полонію розпадається за добу з 1 млн. атомів?

5.155. Знайти число розпадів за 1 с 1 г радію.

5.156. Знайти масу радону, активність якого рівна 1 Кі.

5.157. Препарат урану масою 1 г випромінює за одну секунду 12400 α-частинок. Знайти період піврозпаду урану.

5.158. Знайти кількість полонію $^{210}_{84}Po$, активність якого дорівнює $3{,}7\cdot10^{10}$ Бк.

5.159. Знайти сталу розпаду радону, якщо відомо, що число атомів радону зменшується за добу на 18,2%.

5.160. Знайти питому активність: урану $^{235}_{92}U$ і радону $^{222}_{86}Rn$.

5.161. За допомогою іонізаційного лічильника досліджується швидкість розпаду деякого радіоактивного препарату. У початковий момент часу лічильник дає 75 імпульсів за 10 с. Яке число імпульсів за 10 с даватиме лічильник після закінчення часу $\frac{T}{2}$? Вважати період напіврозпаду рівним 10 діб.

5.162. Яку кількість теплоти виділяє 1 Кі радону за годину? Кінетична енергія α- частинки, що вилітає з радону, рівна 5 МеВ.

5.163. Скільки тепла виділяє 1 кг $^{238}_{92}U$ за середній час життя ядер урану?

5.164. Визначити теплову потужність 1 т $^{238}_{92}U$. Період напіврозпаду урану становить 4,5 млрд. років, а енергія α-частинки 3,5 МеВ. Вважати, виділення тепла зумовлене лише α-розпадом ядер урану.

5.165. У результаті розпаду 1 г радію за рік утворилася деяка кількість гелію, що займає при нормальних умовах об'єм 0,043 см^3. Знайти на підставі цих даних число Авогадро.

5.166. У закриту посудину (в ампулу) поміщений препарат, що містить 1,5 г радію. Яка кількість радону накопичиться в цій ампулі за час $\frac{T}{2}$, де T – період напіврозпаду радону?

5.167. Знайти період напіврозпаду радіоактивного ізотопу, якщо його активність за 10 діб зменшилась на 24% порівняно з початковою.

5.168. Яка частина ядер радіоактивного препарату не розпалась через інтервал часу, що дорівнює трьом середнім часам життя ядра.

5.169. Активність зразка старої тканини, зумовлена радіоактивним ізотопом вуглецю $^{14}_{6}C$, становить 9,2 розпади на один грам вуглецю. Концентрації $^{14}_{6}C$ у живих рослинах відповідає 14,0 розпадам за хвилину на один грам вуглецю. Період піврозпаду $^{14}_{6}C$ становить 5730 років. Визначити вік тканини.

5.170. Деяка кількість радону поміщена в порожню посудину. Побудувати криву залежності зміни кількості радону в посудині від часу в інтервалі $0 \le t \le 20$ діб через кожні 2 доби. Для радону стала розпаду дорівнює 0,181 доби$^{-1}$.

5.171. У таблиці наведені результати виміру залежності активності деякого радіоактивного ізотопу від часу:

t, год.	0	3	6	9	12	15
A, мКі	21,6	7,6	4,2	2,4	2,4	1,8

Знайти період напіврозпаду цього ізотопу.

5.172. Побудувати графік ймовірності того, що ядро не розпадеться, від часу у межах $t = 1...10$ с. Середній час життя ядра становить 3 с.

5.173. До 10 мг радіоактивного ізотопу $^{47}_{20}Ca$ домішано 30 мг нерадіоактивного ізотопу $^{40}_{20}Ca$. На скільки зменшилась питома активність препарату?

5.174. Визначити масу ізотопу $^{131}_{53}I$, що має активність 37 ГБк, а період піврозпаду – 8 діб.

5.175. Знайти товщину шару половинного ослаблення рентгенівських променів деякої довжини хвилі для алюмінію, якщо відомо, що масовий коефіцієнт поглинання алюмінію для цієї довжини хвилі становить 5,3 м^2/кг.

5.176. У скільки разів зменшиться інтенсивність рентгенівських променів з довжиною хвилі 0,2 Å при проходженні шару заліза товщиною 0,15 мм? Масовий коефіцієнт поглинання заліза для цієї довжини хвилі дорівнює 1,1 м^2/кг.

5.177. Скільки шарів половинного ослаблення необхідно для зменшення інтенсивності рентгенівських променів у 20 разів?

5.178. Через екран, що складається із двох плит; свинцевої (товщиною 2 см) і залізної (товщиною 5 см), проходить вузький пучок γ-променів з енергією 3 МеВ. Визначити, у скільки разів зміниться інтенсивність γ-променів при проходженні цього екрана.

5.179. Товщина шару половинного ослаблення рентгенівських променів, енергія яких становить 1 МеВ, для води дорівнює 10,2 см, для заліза 1,56 см. Знайти лінійний і масовий коефіцієнти поглинання цих матеріалів для даної енергії рентгенівських променів.

5.180.Знайти енергію зв’язку нейтрона в ядрі $^{4}_{2}He$.

5.181. Розрахувати енергію зв’язку α-частинки в ядрі $^{10}_{5}B$.

5.182. Обчислити енергію зв’язку ядер $^{12}_{23}Mg$ та $^{12}_{6}C$. Обчислити питому енергію зв’язку цих ядер та зробити висновок.

5.183. Обчислити питому енергію зв’язку для ядра атома $^{17}_{8}O$.

5.184. Розрахувати дефект маси та енергію зв’язку ядра $^{7}_{3}Li$.

5.185. Яку мінімальну енергію потрібно затратити, щоб видалити один протон з ядра ${}_{2}^{4}He$?

5.186. Знайти питому енергію зв'язку ядра атома ${}_{4}^{8}Be$.

5.187. Визначити енергію зв'язку нейтрона у ядрі ${}_{2}^{4}He$.

5.188.Який ізотоп утвориться з ${}_{90}^{232}Th$ після чотирьох α-розпадів і двох β-розпадів?

5.189. Який ізотоп утвориться із ${}_{92}^{238}U$ після трьох α-розпадів і двох β-розпадів?

5.190. Який ізотоп утвориться з ${}_{92}^{239}U$ після двох β-розпадів та одного α-розпаду?

5.191. Який ізотоп утвориться з радіоактивного ізотопу ${}_{3}^{8}Li$ після одного β-розпаду та одного α-розпаду?

5.192. Який ізотоп утвориться з радіоактивного ізотопу ${}_{38}^{90}Sr$ після чотирьох β-розпадів?

5.193. Знайти енергію, що звільняється при ядерній реакції: ${}_{3}^{7}Li + {}_{1}^{1}H \rightarrow {}_{2}^{4}He + {}_{2}^{4}He$.

5.194. Розрахувати енергію, яка поглинається під час реакції ${}_{7}^{14}N + {}_{2}^{4}He \rightarrow {}_{1}^{1}H + {}_{8}^{17}O$.

5.195. Яку кількість води можна нагріти від $0°C$ до кипіння, якщо використати всю теплоту, що виділяється при реакції ${}_{3}^{7}Li(p,\alpha)$, при повному розкладанні 1 г літію?

5.196. Обчислити енергію ядерної реакції: ${}_{1}^{3}H(p,\gamma){}_{2}^{4}He$.

5.197. Виділяється або поглинається енергія при наступних ядерних реакціях:

${}_{3}^{7}Li + {}_{2}^{4}He \rightarrow {}_{5}^{10}B + {}_{0}^{1}n; {}_{7}^{14}N + {}_{2}^{4}He \rightarrow {}_{8}^{17}O + {}_{1}^{1}H$.

Визначити цю енергію.

5.198. Написати відсутні члени в наступних ядерних реакціях: ${}_{13}^{27}Al(n,\alpha)x$; ${}_{9}^{19}F(p,x){}_{8}^{16}O$; ${}_{25}^{55}Mn(x,n){}_{26}^{55}Fe$.

5.199. Написати відсутні члени в наступних ядерних реакціях: ${}_{13}^{27}Al(\alpha,p)x; {}_{7}^{14}N(n,x){}_{6}^{14}C; x(p,\alpha){}_{11}^{22}Na$.

5.200. При бомбардуванні ізотопу алюмінію $^{27}_{13}Al$ α-частинками утворюється радіоактивний ізотоп фосфору $^{30}_{15}P$, який потім розпадається з виділенням позитрона. Написати рівняння обох реакцій. Знайти питому активність отриманого ізотопу, якщо відомо, що період його напіврозпаду дорівнює 130 с.

5.201. Визначити енергію, яка виділяється при радіоактивному розпаді нейтрона.

5.202. Написати відсутні позначення в наступних Ядерних реакціях, викликаних фотонами:

$^{27}_{13}Al(\gamma,x)^{26}_{12}Mg; ^{27}_{13}Al(\gamma,n)x; ^{63}_{29}Cu(\gamma,x)^{62}_{29}Cu\,x(\gamma,n)^{181}_{74}W.$

5.203. При бомбардуванні ізотопу літію $^{7}_{3}Li$ протонами, утворюються дві α-частинки. Енергія кожної в момент їх утворення дорівнює 9,15 МеВ. Чому дорівнює енергія протонів, що бомбардують літій?

5.204. Знайти найменше значення енергії γ -кванта, достатнє для здійснення реакції розкладання дейтрона: $^{2}_{1}H + \gamma \rightarrow ^{1}_{1}H + ^{1}_{0}n$.

5.205.Енергетична різниця між основним та збудженим станами ядра іридію становить 129 кеВ. Поглинач являє собою ядра іридію у вільному стані. З якою швидкістю мають наближатись джерело γ-квантів з енергією 129 кеВ та поглинач, щоб реалізувати максимум поглинання.

5.206. При вибуху водневої бомби протікає термоядерна реакція утворення гелію з дейтерію та тритію. Написати ядерну реакцію. Знайти енергію, що виділяється при цій реакції.

5.207. Позитрон та електрон анігілюють, утворюючи два фотони. Знайти енергію кожного з фотонів, які виникли, якщо вважати, що кінетична енергія електрона та позитрона до їхнього зіткнення мізерно мала. Знайти довжину хвилі цих фотонів.

5.208. Протон з кінетичною енергією 1,5 МеВ захоплюється нерухомим ядром дейтерію. Визначити енергію збудження утвореного ядра.

5.209. Заряджені π-мезони з кінетичною енергією, рівною їх енергії спокою, утворюють вузький пучок. Знайти відношення потоків частинок у двох перерізах пучка, віддалених між собою на відстань 20 м. Власний середній час життя π-мезонів становить 25,5 нс.

5.210. Нерухомий нейтральний π-мезон, розпадаючись, перетворюється у два однакових фотони. Знайти енергію кожного фотона. Маса спокою π-мезона 264,2 m_e , де m_e – маса спокою електрона.

5.211. Вважаючи, що в одному акті розпаду ядра урану $^{235}_{92}U$ вивільняється енергія 200 МеВ, визначити масу цього ізотопу, який ділиться у результаті вибуху атомної бомби із тротиловим еквівалентом 30·106 кг, якщо тепловий еквівалент тротилу дорівнює 4,19 МДж/кг.

5.212. В електричному полі якої напруженості почнуть народжуватися електронно-позитронні пари, тобто почнеться пробій вакууму?

5.213. Фотон, частотою $7 \cdot 10^{20}$ Гц, пролітаючи повз важке ядро, народжує електрон-позитронну пару. Вважаючи енергії електрона та позитрона однаковими, визначити їхні швидкості у момент утворення.

Список літератури

1. *Физические* основы механики: Индивидуальные задания по физике для самостоятельной работы студентов /сост.: И.Д. Кошелева, В.И.Клапченко. – К.: КИСИ, 1990. – 64 с.

2. *Статистическая* физика и термодинамика: Индивидуальные задания по физике для самостоятельной работы студентов /сост.: И.Д.Кошелева, В.И. Клапченко, Г.В. Кучерова. – К.: КИСИ, 1990. – 68 с.

3. *Электричество* и магнетизм: Индивидуальные задания по физике для самостоятельной работы студентов /сост.: И.Д. Кошелева, В.И. Клапченко, Л.И. Ткачова – К.: КИСИ, 1990. – 100 с.

4. *Физика* колебаний и волн: Индивидуальные задания по физике для самостоятельной работы студентов /сост.: И.Д. Кошелева, В.И. Клапченко. – К.: КИСИ, 1990. – 44 с.

5. *Квантовая* физика: Индивидуальные задания по физике для самостоятельной работы студентов / сост.: И.Ю. Петренко, И.Д. Кошелева, В.И. Клапченко. – К.: КИСИ, 1990. – 56 с.

6. *Збірник* задач з фізики: навч. посібник / В.М. Казанський, Г.Д. Потапенко, Ю.І. Григораш та ін. – К.: ІСДО, 1993.

7. *Методичні* рекомендації та завдання до самостійної роботи з фізики для студентів усіх спеціальностей і форм навчання КНУБА. В 2 ч / Уклад.: В.І. Клапченко, В.О. Клименко, Г.Д. Потапенко та ін. – К.: КНУБА, 2000.

8. *Фізика*: Програма, методичні рекомендації та завдання до самостійної роботи /уклад.: В.І. Клапченко, Г.Д. Потапенко, І.О. Азнаурян та ін. – К.: КНУБА, 2001.

9. *Розрахунково*-графічні завдання до самостійної роботи з фізики: Для студентів усіх спеціальностей і форм навчання КНУБА / за ред. В.І. Клапченка. – К.: КНУБА, 2002.

10. *Фізика*. Практичний курс: навч. посібник // уклад.: В.І. Клапченко, Г.Д. Потапенко, І.О. Азнаурян та ін. – К.: КНУБА, 2005.

11. *Кобушкин В.К*. Методика решения задач по физике. –Л.: ЛГУ, 1972.

12. *Загальний* курс фізики: навч. посібник для студ. вищих техн. і пед. закладів освіти. В 3 т. / за ред. І.М. Кучерука. – К.: Техніка, 1999.

13. *Чолпан П.П*. Фізика: підручник. – К.: Вища шк., 2003.

14. *Трофимова Т.И*. Курс физики: учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 1990.

15. *Савельев* И.В. Курс физики: учеб. В 3-х т. – М.: Наука, 1989.

16. *Детлаф А.А., Яворский Б.М*. Курс физики: учеб. пособие для втузов. – М.: Высш. шк., 1989.

17. *Конспект* лекцій з фізики (електрика та магнетизм) / уклад.: В.І. Клапченко. – К.: КНУБА, 1999.

18. *Волькенштейн В.С.* Сборник задач по общему курсу физики: учеб. пособие. – М.: Наука, 1985.

19. *Загальний* курс фізики: збірник задач / І.П. Гаркуша, І.Т. Горбачук, В.П. Курінний та ін.; за ред. І.П.Гаркуші. – К.: Техніка, 2003.

20. *Иродов И.Е.* Задачи по общей физике: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во “Лань”, 2001.

21. *Трофимова Т.И.* Сборник задач по курсу физики: учеб. пособие для втузов. – М.: Высш. шк., 1991.

Додаток

ДОВІДКОВІ ТАБЛИЦІ

Основні одиниці Міжнародної системи (СІ)

Довжина	Маса	Час	Сила електричного струму	Термодинамічна температура	Кількість речовини	Сила світла
Метр, м	**Кілограм, кг**	**Секунда, с**	**Ампер, А**	**Кельвін, К**	**Моль, моль**	**Кандела, Кд**

Основні фізичні сталі

Назва фізичної сталої	Позначення	Числове значення
Гравітаційна стала	γ	$6{,}672\cdot10^{-11}$ м^3/(кг·с^2)
Число Авогадро	N_A	$6{,}025\cdot10^{23}$ моль$^{-1}$
Універсальна газова стала	R	8,314· Дж/(моль·К)
Стала Больцмана	k	$1{,}38\cdot10^{-23}$ Дж/К
Число Фарадея	F	$9{,}65\cdot10^{4}$ Кл/моль
Стала Стефана – Больцмана	σ	$5{,}67\cdot10^{-8}$ Вт/(м^2·К^4)
Стала Віна	b	$2{,}90\cdot10^{-3}$ м·К
Стала Планка	h	$6{,}63\cdot10^{-34}$ Дж·с
Заряд електрона	e	$1{,}602\cdot10^{-19}$ Кл
Швидкість світла у вакуумі	c	$2{,}998\cdot10^{8}$ м/с
Маса спокою електрона	m_e	$9{,}11\cdot10^{-31}$ кг=$5{,}49\cdot10^{-4}$ а.о.м.
Маса спокою протона	m_p	$1{,}672\cdot10^{-27}$ кг=1,00759 а.о.м.
Маса спокою нейтрона	m_n	$1{,}675\cdot10^{-27}$ кг=1,00899 а.о.м.
Стала Рідберга (для атома ${}^{1}_{1}H$)	R	$1{,}097\cdot10^{7}$ м$^{-1}$
Електрична стала	ε_0	$8{,}85\cdot10^{-12}$ Ф/м
Магнітна стала	μ_0	$4\pi\cdot10^{-7}$ Гн/м
Магнетон Бора	$\mu_Б$	$0{,}927\cdot10^{-23}$ А·м^2
Енергія іонізації атома водню	W_i	$2{,}18\cdot10^{-18}$ Дж=13,56 еВ
Атомна одиниця маси	**а.о.м.**	$1{,}66\cdot10^{-27}$ кг

Деякі позасистемні величини

1° = $1{,}75\cdot10^{-2}$ рад	1 рік = 365 діб = $3{,}11\cdot10^{7}$ с	Å – ангстрем (10^{-10})
1 мм рт. ст. = 133,3 Па	1 доба = 86400 с	1 еВ = $1{,}6\cdot10^{-19}$ Дж
1 кал = 4,18 Дж	1 кВт·год = $3{,}6\cdot10^{6}$ Дж	1 Кі(кюрі)=$3{,}7\cdot10^{10}$ Бк

Деякі співвідношення між фізичними величинами

Назва одиниці виміру	Значення в СІ
Температура за шкалою Цельсія (t °C)	T=t °C + 273,15 K
Об'єм (1 літр)	10^{-3} м^3
Тиск (1 мм вод. ст.)	9,81 Па
Потужність (1 кінська сила)	736 Вт
Динамічна в'язкість (1 пуаз)	0,1 кг/(м·с)
Тепловий потік (1 кал/с)	4,19 Вт
Кінематична в'язкість (1 Стокс)	10^{-4} м^2/с
Звуковий тиск (1 дин/см^2)	0,1 Па
Оптична сила 1 дптр (діоптрія)	1 м$^{-1}$
Активність ізотопа (1 Кюрі)	$3{,}7\cdot10^{10}$ розп/с
Поглинальна доза (1 рад)	10^{-2}Дж/кг
Експозиційна доза рентгенівського і гамма-випромінювання (1 Рентген)	$2{,}57976\cdot10^{-4}$ Кл/кг
Один градус кута на площині (1°)	π/180 радіан

Деякі астрономічні величини

Середній радіус Землі	$6{,}37\cdot10^{6}$ м
Маса Землі	$5{,}96\cdot10^{24}$ кг
Середня густина Землі	$5{,}52\cdot10^{3}$ кг/м^3
Період обертання Землі навколо осі	1 доба = 24 год
Радіус Сонця	$6{,}95\cdot10^{8}$ м
Маса Сонця	$1{,}97\cdot10^{30}$ кг
Середня густина Сонця	$1{,}41\cdot10^{3}$ кг/м^3
Період обертання Сонця навколо осі	25,4 доби
Ефективна температура поверхні Сонця	5788 К
Радіус Місяця	$1{,}74\cdot10^{6}$ м
Маса Місяця	$7{,}35\cdot10^{22}$ кг
Середня густина Місяця	$3{,}30\cdot10^{3}$ кг/м^3
Період обертання Місяця навколо осі	27,3 доби
Середня відстань між центрами Місяця та Землі	$3{,}84\cdot10^{8}$ м
Середня відстань між центрами Землі та Сонця	$1{,}5\cdot10^{11}$ м
Період обертання Місяця навколо Землі	27 діб 7 год 43 хв

Властивості деяких твердих тіл

Речовина	Густина, 10^3 кг/м^3	Температура плавлення, °С	Питома теплоємність, Дж/(кг·К)	Питома теплота плавлення, 10^3 Дж/кг	Температурний коефіцієнт лінійного розширення, 10^{-5} К$^{-1}$
Алюміній	2,60	659	896	322	2,3
Залізо	7,90	1530	500	272	1,2
Латунь	8,40	900	386	-	1,9
Лід	0,90	0	2100	335	-
Мідь	8,60	1100	395	176	1,6
Олово	7,20	232	230	58,6	2,7
Платина	21,40	1770	117	113	0,89
Свинець	11,30	327	126	22,6	2,9
Срібло	10,50	960	234	88	1,9
Сталь	7,70	1300	460	-	1,06
Цинк	7,00	420	391	117	2,9
Корок	0,20	-	2050	-	-
Барій	3,50				
Ванадій	6,02				
Вісмут	9,80				
Літій	0,53				
Нікель	8,90				
Цезій	1,90				

Властивості деяких рідин

Речовина	Густина, 10^3 кг/м^3	Питома теплоємність, 10^3 Дж/(кг·К)	Коефіцієнт поверхневого натягу, 10^{-3} Н/м
Вода (при 4 ºС)	1,00	4,19	73
Вода (при 0 ºС)	-	-	75,6
Вода (при 100 ºС)	-	-	58,8
Мильна вода	-	-	40
Бензол	0,88	1,72	30
Гліцерин	1,26	2,43	64
Касторове масло	0,90	1,80	35
Керосин	0,80	2,14	30
Ртуть	13,6	0,138	500
Спирт	0,79	2,51	20
Бензин	0,71÷0,75	2,05	
Гас	0,79÷0,82	2,09	24
Ацетон	0,78		
Сірководень	1,26		
Скипидар	0,86		
Нафта	0,73÷0,94	1,67÷2,09	30
Паливо дизельне	0,86		
Масло машинне	0,90÷0,92	1,67	
Мазут	0,89÷1,00		

Примітка. Значення характеристик рідин подано при нормальному атмосферному тиску і температурі 20 ºС (якщо не вказано іншої температури). Значення коефіцієнтів поверхневого натягу вказано на межі рідини з повітрям.

Питома теплоємність деяких речовин і матеріалів, Дж/(кгК)

Повітря	1000	Латунь	386
Водяна пара	2000	Лід	2100
Вода	4190	Дуб	2400
Цегла	880	Ялина, сосна	2700
Шифер	750	Бетон	880
Скло віконне	670	Камінь	840
Чавун	540	Плутоній $^{239}_{94}Pu$	100

Густина газів (за нормальних умов), кг/м^3

Гідроген	0,09	Гелій	0,18
Повітря (при 0 ^{o}C)	1,293	Оксиген	1,43
Метан CH_4	0,717	Азот	1,25
Вуглекислий газ	1,977	Хлор	3,21
CO (при 0 ^{o}C)	1,250	Аміак	0,77

Густина (середня насипна) деяких будівельних матеріалів, кг/м^3

Гравій	1500…1700	Кам’яне вугілля	800…850
Земля волога	1900…2000	Пісок сухий	1200…1650
Земля суха	1400…1600	Тирса	150…200

Густина деяких речовин і матеріалів, кг/м^3

Дерево сухе:		Кам’яне вугілля	1200…1500
береза	600…800	Мармур	2600…2800
дуб	700…1000	Цегла	1400…1800
клен	500…800	Смола	1070
липа	300…600	Скло віконне	2400…2700
сосна	400…700	Шифер	2800
тополя	300…500	Гума	910…1400
ялина	400…700	Чавун	7000…7800
ясен	600…800	Золото	19320
Асфальт	1100…2800	Натрій	968
Бетон	1800…2400	Нікель	8900
Граніт	2500…2800	Ніхром	8100…8400
Графіт	2100…2520	Уран	19040
Крейда	1800…2600	Хром	7190

Примітка. Значення густини речовин подано для температури 20 ^{o}C (якщо не вказано іншої температури).

Пружні властивості деяких твердих тіл

Речовина	Межа міцності, 10^8 Н/м^2	Модуль Юнга, 10^{10} Н/м^2
Алюміній	1,1	6,90
Залізо	2,94	19,60
Мідь	2,45	11,80
Свинець	0,2	1,57
Срібло	2,9	7,40
Сталь	7,85	21,60

Модуль Юнга деяких матеріалів, ГПа

Дерево (вздовж волокон):		Сталь інструмен-тальна (вуглецева)	210…280
сосна	12	Сталь легована	210…220
дуб	14	Мідь	110
береза	18	Свинець	17
Бетон	10…30	Хром	240…250
Цегляна кладка	3	Цинк	80
Скло	50…80	Чавун сірий	115…150
Залізо	200…210	Манганін	124

Ефективний діаметр молекул, 10^{-10} м

Азот	3,0·	Гелій	1,9·
Водень	2,3·	Кисень	2,7·

Границя міцності деяких матеріалів, ГПа

Цегла	0,005…0,01	Залізо	0,17…0,21
Бетон	0,02…0,048	Золото	0,14
Скло	0,06…0,12	Олово	0,027
Сталь вуглецева	0,344…0,47	Свинець	0,015
Сталь легована	0,8…1,0	Срібло	0,14
Трос сталевий	0,98	Цинк	0,11
Алюміній	0,05…0,11	Чавун сірий	0,25…0,55

Примітка. Для деяких матеріалів наведено орієнтовні значення границі міцності.

Залежність відносних долей молекул за розподілом Максвела від відносної швидкості

u	$\frac{\Delta N}{N\Delta u}$	u	$\frac{\Delta N}{N\Delta u}$	u	$\frac{\Delta N}{N\Delta u}$
0	0	0,9	0,81	1,8	0,29
0,1	0,02	1,0	0,83	1,9	0,22
0,2	0,09	1,1	0,82	2,0	0,16
0,3	0,18	1,2	0,78	2,1	0,12
0,4	0,31	1,3	0,71	2,2	0,09
0,5	0,44	1,4	0,63	2,3	0,06
0,6	0,57	1,5	0,54	2,4	0,04
0,7	0,68	1,6	0,46	2,5	0,03
0,8	0,76	1,7	0,36		

Залежність долі молекул, швидкості яких перевищують задане значення відносної швидкості

u	$\frac{N_x}{N}$	u	$\frac{N_x}{N}$
0	1,000	0,8	0,734
0,2	0,994	1,0	0,572
0,4	0,957	1,25	0,374
0,5	0,918	1,5	0,213
0,6	0,868	2,0	0.046
0,7	0,806	2,5	0,0057

Питома теплота згоряння деяких видів палива, МДж/кг

Дрова	8,4…11	Дизельне паливо	42,7
Вугілля древесне	31,5…34,4	Нафта	43,5…46
Вугілля кам’яне	26,5…27,5	Спирт	27,0
Антрацит	26,8…31,4	Газ природний	41…49
Бензин	44…47	Метан	50,0
Гас	44…46		

Питома теплота плавлення і температура плавлення деяких речовин, металів та сплавів (за нормального атмосферного тиску)

Речовина, метал чи сплав	Питома теплота плавлення, кДж/кг	Температура плавлення, °С
Лід	330	0,00
Алюміній	393	660,4
Латунь	–	900…1000
Мідь	176	1084,5
Олово	58,6	231,9
Платина	113	1772
Свинець	24,3	327,4
Сталь	84	1300…1500
Залізо	270	1539
Чавун	96…140	1100…1300
Цинк	112,2	419,5

Температурний коефіцієнт лінійного розширення деяких речовин та матеріалів, 10^{-6} K^{-1}

Лід (в інтервалі температур від –20 до 0 °С)	51	Скло віконне (в інтервалі температур від 20 °С до 200 °С)	10
Бетон (при 20 °С)	10…14	Шифер (при 20 °С)	10
Граніт (при 20 °С)	8	Сталь вуглецева	10…17
Цегла (при 20 °С)	3…9	Чавун (в інтервалі температур від 20 до 100 °С)	9…11
Деревина (в інтервалі температур від 2 до 34 °С):		Латунь	17…19
дуб уздовж волокон	4,9	Мідь	17
впоперек волокон	4,4	Срібло	20
сосна уздовж волокон	5,4	Залізо	12
впоперек волокон	34	Алюміній	2,4

Питома теплота пароутворення води при різних температурах

t °C	0	50	100	200
r , 10^5 Дж/кг	24,9	23,8	22,6	19,4

Критичні значення температури та тиску для деяких речовин

Речовина	$T_к$, К	$P_к$, 10^6 Па	Речовина	$T_к$, К	$P_к$, 10^6 Па
Водяна пара	647	22,0	Азот	126	3,40
Вуглекислий газ	304	7,38	Гідроген	33	1,30
Оксиген	154	5,07	Гелій	5,2	0,23
Аргон	151	4,87			

Теплопровідність деяких твердих тіл, Вт/(мК)

Дерево	0,175	Повсть	0,046
Цегла	0,55…0,84	Пісок сухий	0,325
Алюміній	210	Пробка	0,050
Залізо	58,7	Накип (на стінках котла)	0,60
Мідь	390	Ебоніт	0,174
Войлок	0,046	Кварц плавлений	1,37

Діелектрична проникність деяких речовин

Віск	7,8	Парафін	1,9…2,2
Вода	81	Папір парафіновий	2,2
Гас	2	Слюда	6
Ебоніт	2,6…3,5	Скло	6,0…10,0
Масло	5	Фарфор	4,4…6,8
Ацетон	31	Масло трансформаторне	2,2

Питомий опір деяких провідників, 10^{-8} Омм

Алюміній	2,8	Свинець	22,0
Срібло	1,6	Залізо	8,7
Золото	2,4	Сталь	14,0
Мідь	1,7	Вольфрам	5,5
Латунь	7,0…8,0	Цинк	6,1
Олово	12,0	Ніхром	10,0·
Ртуть	94,0	Графіт	39,0

Рухливість іонів в газах, 10^{-4} **м^2/(В·с)**

Газ	Позитивні іони	Негативні іони
Азот	1,27·	1,81
Водень	5,4	7,4·
Повітря	1,4	1,9·

Робота виходу електронів з металів

Метал	А, Дж	А, еВ
Калій	$3{,}5\cdot10^{-19}$	2,2
Літій	$3{,}7\cdot10^{-19}$	2,3
Платина	$10\cdot10^{-19}$	6,3
Рубідій	$3{,}4\cdot10^{-19}$	2,1
Срібло	$7{,}5\cdot10^{-19}$	4,7
Цезій	$3{,}2\cdot10^{-19}$	2,0
Цинк	$6{,}4\cdot10^{-19}$	4,0

Показники заломлення деяких речовин

Алмаз	2,42	Скипидар	1,48
Вода	1,33	Спирт етиловий	1,36
Лід	1,31	Скло	1,4…1,9
Гліцерин	1,47	Сірчаний вуглець	1,63

Продовження додатка

Стала обертання площини поляризації (кутові град/мм)

Кварц		
	для 589 нм	21,7
	для 404,7 нм	48,9

Товщини шару половинного ослаблення та коефіцієнти поглинання γ-променів деякими матеріалами

Матеріал	Товщина шару половинного ослаблення, м	Лінійний коефіцієнт поглинання, $м^{-1}$	Масовий коефіцієнт поглинання, $м^2/кг$
Бетон (густина $3{,}2 10^3$ $кг/м^3$)	0,1	6,93	$2{,}17 10^{-3}$
Сталь (броня)	0,03	23,11	$2{,}96 10^{-3}$
Свинець	0,02	34,66	$3{,}06 10^{-3}$

Періоди напіврозпаду та маси атомів деяких радіоактивних ізотопів

Ізотоп	Позначення	Маса, а.о.м.	Період напіврозпаду, років
Кобальт	$^{60}_{27}$**Co**	58,9332	5,26 роки
Полоній	$^{210}_{84}$**Po**	210	138 діб
Кальцій	$^{45}_{20}$**Ca**	40,08	164 діб
Стронцій	$^{90}_{38}$**Sr**	90	28 років
Радон	$^{90}_{38}$**Rn**	222	3,8 діб
Радій	$^{226}_{88}$**Rn**	226,0254	1598 років
Цезій	$^{137}_{55}$**Cs**	137	29,7 років
Уран	$^{235}_{92}$**U**	235,04393	$7{,}1\ 10^8$ років
Уран	$^{238}_{92}$**U**	238	$4{,}5\ 10^8$ років
Плутоній	$^{239}_{94}$**Pu**	239	$2{,}44\ 10^4$ років

Продовження додатка

Маса і енергія спокою деяких частинок

Частинка	m_o		E_o	
	кг	а.о.м.	Дж	МеВ
Електрон	$9{,}11\cdot10^{-31}$	0,00055	$8{,}16\cdot10^{-14}$	0,511
Протон	$1{,}672\cdot10^{-27}$	1,00728	$1{,}50\cdot10^{-10}$	938
Нейтрон	$1{,}675\cdot10^{-27}$	1,00867	$1{,}51\cdot10^{-10}$	939
Дейтрон	$3{,}35\cdot10^{-27}$	2,01355	$3{,}00\cdot10^{-10}$	1876
α-Частинка	$6{,}64\cdot10^{-27}$	4,00149	$5{,}96\cdot10^{-10}$	3733
Нейтральний π-мезон	$2{,}41\cdot10^{-28}$	0,14498	$2{,}16\cdot10^{-11}$	135

Маса деяких нуклідів, а.о.м.

Нуклід	Маса	Нуклід	Маса	Нуклід	Маса
${}_{1}H^{1}$	1,00783	${}_{4}Be^{9}$	9,01218	${}_{14}Si^{30}$	29,97377
${}_{1}H^{2}$	2,01410	${}_{5}B^{10}$	10,01294	${}_{20}Ca^{40}$	39,96257
${}_{1}H^{3}$	3,01605	${}_{6}C^{12}$	12,0	${}_{27}Co^{56}$	55,95769
${}_{2}He^{3}$	3,01669	${}_{7}N^{13}$	13,00987	${}_{29}Cu^{63}$	62,94962
${}_{2}He^{4}$	4,00388	${}_{7}N^{14}$	14,00752	${}_{48}Cd^{113}$	112,9420
${}_{3}Li^{6}$	6,01703	${}_{8}O^{17}$	17,00453	${}_{50}Hg^{200}$	200,0280
${}_{3}Li^{7}$	7,01823	${}_{12}Mg^{23}$	23,00145	${}_{92}U^{235}$	235,1175
${}_{4}Be^{7}$	7,01916	${}_{12}Mg^{24}$	23,99267	${}_{92}U^{238}$	238,1237
${}_{4}Be^{8}$	8,00785	${}_{13}Al^{27}$	26,99010		

Енергія іонізації

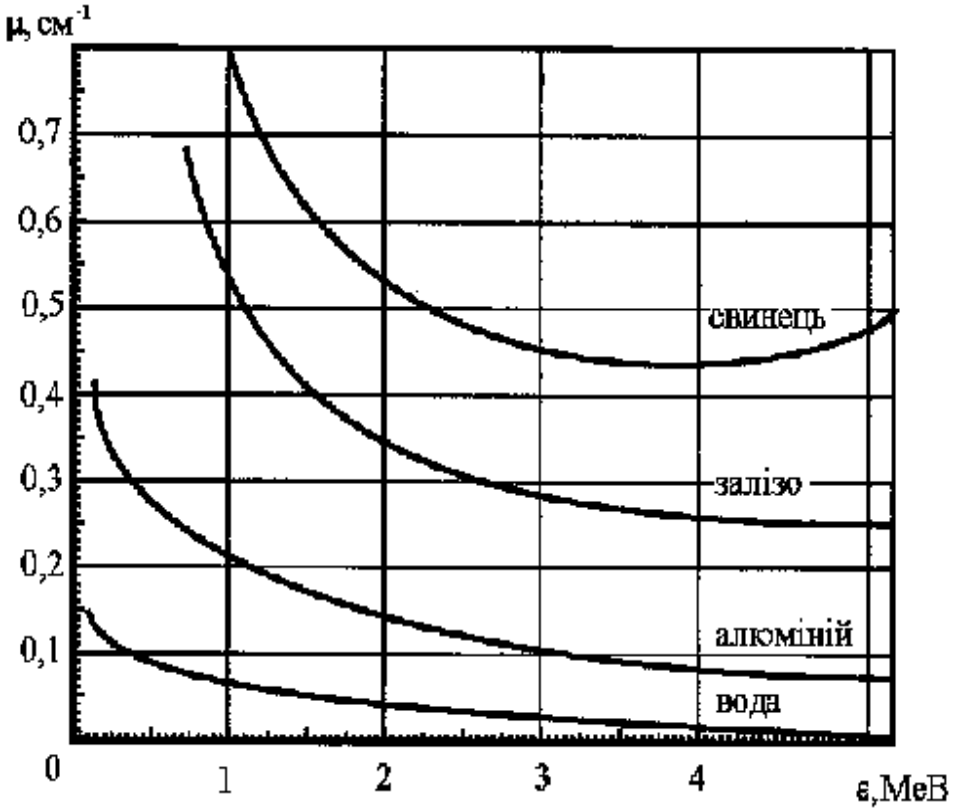
Речовина	E_i, Дж	E_i, еВ
Водень	$2{,}18\cdot10^{-18}$	13,6
Гелій	$3{,}94\cdot10^{-18}$	24,6
Літій	$1{,}21\cdot10^{-17}$	75,6
Ртуть	$1{,}66\cdot10^{-18}$	10,4

Закінчення додатка

Десяткові префікси до назв одиниць

Е – екса (10^{18})	М – мега (10^{6})	с – санти (10^{-2})	п – піко (10^{-12})
П – пета (10^{15})	к – кіло (10^{3})	м – мілі (10^{-3})	ф – фемто (10^{-15})
Т – тера (10^{12})	г – гекто (10^{2})	мк – мікро (10^{-6})	а – ато (10^{-18})
Г – гіга (10^{9})	д – деци (10^{-1})	н – нано (10^{-9})	

Графік залежності коефіцієнта поглинання γ-випромінювання від енергії падаючого кванта для різних речовин



Навчальне видання

КЛАПЧЕНКО Василь Іванович, **АЗНАУРЯН** Ірина Олександрівна,
ГЛИВА Валентин Анатолійович, **ГРИГОРАШ** Юрій Іванович,
ДОЛГОШЕЙ Володимир Борисович, **КЛИМЕНКО** Василь Олександрович,
КРАСНЯНСЬКИЙ Григорій Юхимович, **КУЧЕРОВА** Галина Василівна,
ПАНОВА Олена Василівна, **ПОНОМАРЕНКО** Сергій Миколайович,
ТАРАСЕВИЧ Віталій Іванович

ФІЗИКА

Збірник задач

Редагування та коректура *О.К. Чаплигіної*
Комп'ютерне верстання *І. С. Черненко*

Підписано до друку 2009. Формат 60 × 84 1/ 16
Ум. друк. арк. 14,65. Обл.-вид. арк. 15,75.
Тираж 150 прим. Вид. № 33-1-08. Зам. №

КНУБА, Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03680

E-mail: red-isdat@knuba.edu.ua

Віддруковано в редакційно-видавничому відділі
Київського національного університету будівництва і архітектури

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
Видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

ФІЗИКА

Збірник задач

Київ 2009