

Тема №1: Квант випромінювання

Задачі для практичного заняття №1

Задача 1. За допомогою формули Планка отримати приблизні вирази для об'ємної спектральної щільності випромінювання u_ω :

- а) в області, де $\hbar\omega \ll kT$ (формула Релея-Джинса)
- б) в області, де $\hbar\omega \gg kT$ (формула Віна)

Задача 2. Є два абсолютно чорні джерела теплового випромінювання. Температура одного з них $T_1 = 2500\text{ К}$. Знайти температуру іншого джерела, якщо довжина хвилі, що відповідає максимуму його випромінювальної здатності, на $\Delta\lambda = 0.50\text{ мкм}$ більша за довжину хвилі, що відповідає максимуму випромінювальної здатності першого джерела.

Задача 3. Енергетична світність абсолютно чорного тіла $M = 3.0\text{ Вт/см}^2$. Визначити довжину хвилі, що відповідає максимуму випромінювальної здатності цього тіла.

Задача 4. Випромінювання Сонця за своїм спектральним складом близьке до випромінювання абсолютно чорного тіла, для якого максимум випромінювальної здатності припадає на довжину хвилі 0.48 мкм . Знайти масу, що втрачається Сонцем щомиті за рахунок випромінювання. Оцінити час, за який маса Сонця зменшиться на 1% .

Задачі для практичного заняття №2

Задача 1. При почерговому освітленні поверхні деякого металу світлом з довжинами хвиль $\lambda_1 = 0.35\text{ мкм}$ і $\lambda_2 = 0.54\text{ мкм}$ виявили, що відповідні максимальні швидкості фотоелектронів відрізняються одна від одної у $\eta = 2.0$ разів. Знайти роботу вихода з поверхні цього металу.

Задача 2. При певній затримуючій різниці потенціалів фотострумів з поверхні літій, що висвітлюється електромагнітним випромінюванням з довжиною хвилі λ_0 , припиняється. Змінивши довжину хвилі випромінювання в $n = 1.5$ рази, встановили, що для припинення фотоструму необхідно збільшити затримуючу різницю потенціалів у

$\eta = 2.0$ рази. Робота виходу електрона із поверхні літію $A = 2.39$ еВ.
Обчислити λ_0 .

Задача 3. Визначити червону границю фотоефекта для цинка і максимальну швидкість його фотоелектронів, що вириваються з його поверхні електромагнітним випромінюванням з довжиною хвилі 250 нм.

Задача 4. Струм, що виникає в колі вакуумного фотоелемента при освітленні цинкового електрода електромагнітним випромінюванням з довжиною хвилі $\lambda = 262$ нм, припиняється, коли зовнішня різниця потенціалів (покази вольтметра) досягає значення $V_1 = -1.5$ В. Маючи на увазі, що робота виходу електрона з поверхні цинку $A = 3.74$ еВ, визначити значення та полярність зовнішньої контактної різниці потенціалів між катодом та анодом даного фотоелемента.

Задача 5. При збільшенні напруги рентгенівської трубки у $\eta = 1.5$ разів довжина хвилі короткохвильової границі суцільного рентгенівського спектру змінилась на $\Delta\lambda = 26$. Знайти напругу рентгенівської трубки до зміни.

Задачі для практичного заняття №3

Задача 1. Після збільшення напруги на рентгенівській трубці в $\eta = 2.0$ рази початкова довжина хвилі λ_0 короткохвильової межі суцільного рентгенівського спектру змінилась на $\Delta\lambda = 50$ пм. Знайти λ_0 .

Задача 2. Знайти довжину хвилі короткохвильової границі суцільного рентгенівського спектра, якщо швидкість електронів, що підлітають до антикатода трубки, дорівнює $v = 0.85c$, де c - швидкість світла.

Задача 3. Фотон з енергією ε розсіявся під кутом θ на вільному нерухомому електроні. Визначити кут φ , під яким вилетів електрон віддачі щодо напрямлення фотона, що налетів.

Задача 4. При опроміненні речовини рентгенівським випромінюванням з деякою довжиною хвилі λ виявили, що максимальна кінетична енергія релятивістських електронів віддачі дорівнює K_m . Визначте λ .

Задачі для практичного заняття №4

Задача 1. Під час зіткнення з релятивістським електроном фотон розсіявся на кут θ , а електрон зупинився. Знайти комптонівське усунення довжини хвилі розсіяного фотона.

Задача 2. Довести за допомогою законів збереження, що вільний електрон не може повністю поглинути фотон.

Задача 3. Фотон з енергією $\hbar\omega = 1.00$ MeV розсіявся на вільному нерухомому електроні. Знайти кінетичну енергію електрона віддачі, якщо внаслідок розсіювання довжина хвилі фотона змінилася на $\eta = 25\%$.

Задача 4. Фотон з енергією $\hbar\omega = 0.15$ MeV розсіявся на нерухомому вільному електроні, внаслідок чого його довжина хвилі змінилася на $\Delta\lambda = 3.0$ пм. Знайти кут, під яким вилетів комптонівський електрон.

Задачі для самостійної роботи

Задача 1. До якого максимального потенціалу зарядиться мідна куля, що добре ізольована від інших тіл, при опроміненні її електромагнітним випромінюванням з довжиною хвилі $\lambda = 140$ нм?

Задача 2. Фотон із довжиною хвилі $\lambda = 6.0$ пм розсіявся під прямим кутом на вільному нерухомому електроні. Знайти: а) частоту розсіяного фотона; б) кінетичну енергію електрона віддачі.

Задача 3. Фотон з енергією $\hbar\omega = 250$ кеВ розсіявся під кутом $\theta = 120^\circ$ на вільному нерухомому електроні. Визначити енергію фотона, що розсіявся.

Задача 4. Фотон з імпульсом $pc = 1.02$ MeV, де c - швидкість світла, розсіявся на нерухомому вільному електроні, внаслідок чого імпульс фотона став $p'c = 0.255$ MeV. Під яким кутом розсіявся фотон?

Додаткові задачі

Задача 1. У вакуумного фотоелемента один із електродів цезієвий, а інший - мідний. Визначити максимальну швидкість фотоелектронів, що підлітають до мідного електрода, при опромінюванні цезієвого

електрода електромагнітним випромінюванням з довжиною хвилі 0.22 мкм, якщо електроди зовні коротко замкнуті.

Задача 2. Знайти довжину хвилі рентгенівського випромінювання, якщо максимальна кінетична енергія комптонівських електронів $T_{max} = 0.19$ MeV.

Задача 3. Фотон із довжиною хвилі $\lambda = 6.0$ пм розсіявся під прямим кутом на вільному нерухомому електроні. Знайти: а) частоту розсіяного фотона; б) кінетичну енергію електрона віддачі.

Задача 4. Після зіткнення фотона з релятивістським електроном фотон розсіявся під кутом $\theta = 60^\circ$, а електрон зупинився. Знайти комптонівське усунення довжини хвилі розсіяного фотона.

Задача 5. Фотон розсіявся під кутом $\theta = 120^\circ$ на вільному нерухомому електроні, внаслідок чого електрон отримав кінетичну енергію $K = 0.45$ MeV. Знайти енергію фотона до розсіювання.

Задача 6. Фотон внаслідок зіткнення з релятивістським електроном розсіявся під кутом $\theta = 60^\circ$, а електрон зупинився. Знайти комптонівське усунення довжини хвилі розсіяного фотона.

Тема №2: Формування квантових уявлень

Задачі для практичного заняття №5

Задача 1. Обчислити відповідно до моделі Томсона радіус атома водню і довжину хвилі світла, що випромінюється ним, якщо відомо, що енергія іонізації атома $E = 13.6$ еВ.

Задача 2. Альфа-частинка з кінетичною енергією 0.27 MeV розсіялась золотою фольгою на кут 60° . Знайти відповідне значення прицільного параметра.

Задача 3. Вузький пучок α -частинок із кінетичною енергією 1.0 MeV падає нормально на платинову фольгу товщини 1.0 мкм. Спостереження розсіяних частинок ведеться під кутом 60° до напрямку падаючого пучка за допомогою лічильника з круглим вхідним отвором площі 1.0 см^2 , яке розташоване на відстані 10 см від ділянки фольги, що розсіює. Яка частка розсіяних α -частинок падає на отвір лічильника?

Задачі для практичного заняття №6

Задача 1. Які лінії містить спектр поглинання атомарного водню в діапазоні довжин хвиль від 94.5 нм до 130.0 нм?

Задача 2. Обчислити для атомарного водню: (а) довжини перших трьох ліній серії Бальмера; (b) мінімальну роздільну здатність $\lambda/\delta\lambda$ спектрального пристрою, при якій можливо розрізнити перші 20 ліній серії Бальмера.

Задача 3. Знайти квантове число n , що відповідає збудженому стану іона He^+ , якщо при переході в основний стан цей іон послідовно випустив два фотони з довжинами хвиль $\lambda_1 = 121.4$ нм і $\lambda_2 = 30.35$ нм.

Задача 4. Скільки спектральних ліній випускатиме атомарний водень, який порушують на n -й енергетичний рівень?

Задачі для практичного заняття №7

Задача 1. Обчислити дебройлівські довжини хвиль електрона, протона і атома урана, що мають однакову кінетичну енергію 100 еВ.

Задача 2. Отримати вираз для дебройлівської довжини хвилі λ релятивістської частинки, що рухається з кінетичною енергією T . При яких значеннях T помилка у обчисленні λ за нерелятивістською формулою не перевищує 1 % для електрона і протона?

Задача 3. Знайти дебройлівську довжину хвилі релятивістських електронів, що підлітають до антикатода рентгенівської трубки, якщо довжина хвилі короткохвильової границі рентгенівського спектру $\lambda_0 = 10.0$ нм?

Задачі для практичного заняття №8

Задача 1. Частинка з масою m знаходиться в одновимірній прямокутній потенційній ямі з нескінченно високими стінками. Ширина ями дорівнює l . Знайти можливі значення енергії частинки, маючи на увазі, що реалізуються лише такі режими її руху, при яких в границях потенційної ями вміщується ціле число дебройлівських напівхвиль.

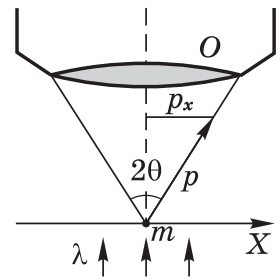
Задача 2. Використовуючи принцип невизначеності, оцініть розмір атому водню і поясніть, чому електрон не може впасти на ядро.

Задача 3. Оцінити найменші помилки, з якими можна визначити швидкість електрона, протона та кульки маси 1 мг, якщо координати частинок та центру кульки встановлені з невизначеністю 1 мкм.

Задачі для практичного заняття №9

Задача 1. Яку енергію ΔE необхідно передати нерелятивістському електрону, щоб його дебройлівська довжина хвилі λ зменшилася в n разів?

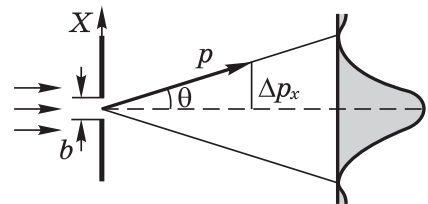
Задача 2. За якого значення кінетичної енергії K дебройлівська довжина хвилі λ релятивістського електрона дорівнює його комптонівській довжині хвилі λ_C ?



Задача 3. Переконатися, що вимір x -координати мікрочастинки за допомогою мікроскопа вносить таку невизначеність у її імпульс Δp_x , що $\Delta p_x \Delta x > \hbar$. Мати на увазі, що роздільна здатність мікроскопа, тобто найменша відстань, яку він може розрізнити, дорівнює $d = \lambda / \sin \theta$, де λ — довжина світлової хвилі.

Задача 4. Електрон знаходиться в одновимірній прямокутній потенційній ямі з дуже високими стінами. Ширина ями λ . Оцінити за допомогою принципу невизначеності силу тиску електрона на стінки ями у стані з мінімально можливою енергією.

Задача 5. Визначити координату x вільної частинки з імпульсом p , що проходить через щілину шириною b .



Задача 6. Частинка маси m рухається в одновимірному потенційному полі, де її потенційна енергія $U = kx^2/2$ (гармонічний осцилятор). Оцінити за допомогою принципу невизначеності мінімально можливу енергію E частинки у цьому полі.

Задачі для самостійної роботи

Задача 1. Вузький пучок альфа-частинок з кінетичною енергією $T = 600$ кеВ падає нормально на золоту фольгу, що містить $n = 1.1 \cdot 10^{19}$ ядер/см². Знайти відносну частку альфа-частинок, що розсіюються під кутами $\theta < \theta_0 = 20^\circ$.

Задача 2. Знайти енергію зв'язку електрона в основному стані воднеподібних іонів, у спектрі яких довжина хвилі третьої лінії серії Бальмера дорівнює 108.5 нм.

Задача 3. Знайти дебройлівську довжину хвилі релятивістських електронів, що підлітають до антикатода рентгенівської трубки, якщо

довжина хвилі короткохвильової границі рентгенівського спектру $\lambda_0 = 10.0$ нм?

Задача 4. Пучок електронів, прискорених різницею потенціалів U , падає на поверхню метала, внутрішній потенціал якого дорівнює $U_i = 15$ В. Знайти: (а) показник заломлення метала для електронів з $U = 150$ еВ; (б) відношення U/U_i , за якого показник заломлення метала відрізняється від одиниці не більше ніж на $\eta = 1.0\%$.

Задача 5. Оцінити за допомогою принципу невизначеності мінімальну кінетичну енергію електрона, що локалізований в області розміром $l = 0.20$ нм.

Додаткові задачі

Задача 1. Альфа-частинка з кінетичною енергією 0.27 Мев розсіялась золотою фольгою на кут 60° . Знайти відповідне значення прицільного параметра.

Задача 2. Частинка з масою m рухається по круговій орбіті в центрально-симетричному потенціальному полі $U(r) = kr^2/2$. Знайти за допомогою боровського квантування можливі радіуси орбіт та рівні енергії даної частинки.

Задача 3. Обчислити для атома водню:

- (а) радіус першої боровської орбіти та швидкість електрона на ній;
- (б) кінетичну енергію та енергію зв'язку електрона в основному стані;
- (с) потенціал іонізації, перший потенціал збудження і довжину хвилі резонансної лінії ($n' = 2 \rightarrow n = 1$).

Задача 4. Обчислити для іона He^+ :

- (а) радіус першої боровської орбіти та швидкість електрона на ній;
- (б) кінетичну енергію та енергію зв'язку електрона в основному стані;
- (с) потенціал іонізації, перший потенціал збудження і довжину хвилі резонансної лінії ($n' = 2 \rightarrow n = 1$).

Задача 5. Нейтрон з кінетичною енергією $T = 25$ еВ налітає на дейтрон (ядро дейтерія - важкого водню), що покоїться. Знайти дебройлівські довжини хвиль обох частинок в системі їх центра інерції.

Тема №3: Елементи квантової механіки

Задачі для практичного заняття №10

Задача 1. Показати, чому рівняння Шредінгера є хвильовим рівнянням, а ψ -функція - хвильовою функцією. Показати еквівалентність хвильової та операторної форми рівняння Шредінгера.

Задача 2. Знайти рішення загального рівняння Шредінгера для вільної частки маси m , що рухається в одновимірному просторі з імпульсом p у позитивному напрямку осі X .

Задача 3. Знайти енергію стаціонарного стану частинки маси m в одновимірній прямокутній потенційній ямі шириною l з абсолютно непроникними стінками, якщо на границі ями $x = 0$ відомо значення похідної $\partial\psi/\partial x$, тобто $\psi'(0)$.

Задача 4. Електрон знаходиться в одновимірній прямокутній потенційній ямі з нескінченно високими непроникними стінками. Ширина ями l така, що енергетичні рівні розташовані дуже щільно. Знайти щільність рівнів dN/dE , тобто їх кількість на одиничний інтервал енергії, в залежності від E . Обчислити dN/dE для $E = 1.0$ еВ, якщо $l = 1.0$ см.

Задача 5. Частинка з масою m знаходиться в основному стані в одновимірній прямокутній потенційній ямі з абсолютно непроникними стінками. Максимальне значення щільності ймовірності місцезнаходження частинки в цьому стані дорівнює P_m . Знайти ширину l ями та енергію E частинки.

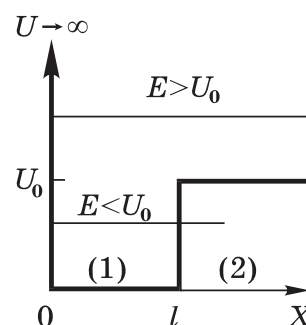
Задачі для практичного заняття №11

Задача 1. Частинка маси m знаходиться у двовимірній прямокутній потенційній ямі з абсолютно непроникними стінками. Координати x та y частинки знаходяться в інтервалах відповідно $(0, a)$ та $(0, b)$, де a та b — сторони ями. Знайти можливі значення енергії E та нормовані хвильові функції частинки.

Задача 2. Частинка маси m знаходиться у двовимірній квадратній потенційній ямі з абсолютно непроникними стінками. Сторона ями дорівнює l . Скориставшись результатами розв'язання попередньої задачі, знайти значення енергії E для перших чотирьох рівнів.

Задача 3. Частка маси m знаходиться в одновимірному потенційному полі $U(x)$ у стаціонарному стані $\psi = A \exp(-\beta x^2)$, де A та β — постійні ($\beta > 0$). Знайти енергію E частинки та вид функції $U(x)$, якщо $U(0) = 0$.

Задача 4. Частинка рухається в одновимірній потенційній ямі, обмеженою незкінченим потенціалом $U(x)$ з одного боку і потенціалом U_0 з іншого боку (див. рис.). Знайти її стаціонарні стани та відповідні рівні енергії.



Задачі для практичного заняття №12

Задача 1. Задача про квантовий гармонічний осцилятор.

Задача 2. Коливання двохатомних молекул і коливальний спектр (додаток до лекції №6).

Задача 3. Проходження частинки через прямокутний потенційний бар'єр. Тунелювання (додаток до лекції №6).

Задача 4. Частинка маси m рухається зліва направо в потенційному полі (див. рис.), яке в точці $x = 0$ зазнає стрибка U_0 . При $x < 0$ енергія частинки дорівнює E . Знайти коефіцієнт відбиття R , якщо $E \ll U_0$.

Задачі для практичного заняття №13

Задача 1. Перевірте наступну операторну тотожність:

$$\left(1 + \frac{\partial}{\partial x}\right)^2 = 1 + 2\frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial^2}{\partial x^2}.$$

Задача 2. Перевірити, чи комутують оператори: (a) \hat{x} та \hat{p}_x ; (b) \hat{x} та \hat{p}_y ; (c) \hat{p}_x та \hat{p}_y .

Задача 3. Знайти власні функції ψ і власні значення λ оператора

$$\hat{A} = -i \frac{\partial}{\partial x}, \text{ якщо } \psi(x) = \psi(x + a), \text{ де } a - \text{постійна.}$$

Задача 4. У деякий момент частинка перебуває в стані, описуваному ψ -функцією, координатна частина якої $\psi(x) = A \exp(ikx - x^2/a^2)$, де A та a - невідомі постійні. Знайти середні значення: а) координати x ; б) проекції імпульсу p_x .

Задача 5. Частинка перебуває у сферично-симетричному потенційному полі в стані, що описується нормованою ψ -функцією

$$\psi(r) = \frac{1}{\sqrt{2\pi a}} \frac{e^{-r/a}}{r},$$

де r - відстань від центру поля, і a - постійна. Знайти $\langle r \rangle$.

Задачі для практичного заняття №14

Задача 1. Задача про ротатор. Обертальні та коливально-обертальні спектри двохатомних молекул (додаток до лекції №7).

Задача 2. Оцінити, скільки ліній містить суто обертальний спектр молекули CO , момент інерції якої $I = 1.44 \times 10^{-39} \text{ г} \times \text{см}^2$ і власна частота коливань $\omega = 4.1 \times 10^{14} \text{ с}^{-1}$?

Задача 3. У середині коливально-обертальної смуги спектра випромінювання молекул HCl , де відсутня "нульова" лінія, заборонена правилом добору, інтервал між сусідніми лініями дорівнює $\Delta\omega_0$. Знайти відстань між ядрами молекули HCl .

Задача 4. Знайти для молекули HCl обертальні квантові числа двох сусідніх рівнів, різниця енергій яких дорівнює 7.86 меВ.

Задача 5. Визначити кутову швидкість обертання молекули S_2 на першому збудженому обертальному рівні.

Задача 6. Знайти середню кінетичну енергію частинки в одновимірній прямокутній потенційній ямі з абсолютно непроникними стінками ($0 < x < l$), якщо частинка перебуває у стані $\psi(x) = Ax(l - x)$.

Задачі для самостійної роботи

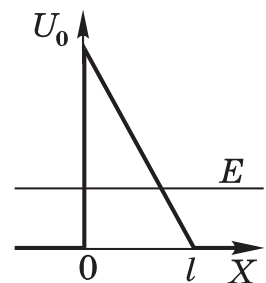
Задача 1. Частинка знаходиться в одновимірній прямокутній потенційній ямі ширини l з нескінченно високими непроникними стінками ($0 < x < l$). Знайти ймовірність перебування частинки в області $(1/3)l \leq x \leq (2/3)l$.

Задача 2. Частинка з масою m знаходиться у трьохвимірній кубічній потенційній ямі з абсолютно непроникними стінками. Сторона куба дорівнює a . Знайти: (а) власні значення енергії частинки; (б) різницю енергій 3-го і 4-го рівнів; (с) енергію 6-го рівня та відповідну їй кількість станів (кратність виродження).

Задача 3. Використовуючи формулу для коефіцієнта прозорості потенційного бар'єру $U(x)$,

$$D \approx \exp \left[-\frac{2}{\hbar} \int_{x_1}^{x_2} \sqrt{2m(U(x) - E)} dx \right],$$

знайти для електрона з енергією E ймовірність D проходження потенційного бар'єру, ширина якого l , а висота U_0 , якщо бар'єр має форму, що показана на рисунку.



Задача 4. Знайти власне значення оператора \hat{A} , що належить власній функції ψ_A , якщо

$$\hat{A} = \frac{d^2}{dx^2} + \frac{2}{x} \frac{d}{dx}, \quad \psi_A = \frac{\sin \alpha x}{x}.$$

Задача 5. Оцінити, скільки ліній містить суто обертальний спектр молекул Br_2 , власна частота коливань яких $\omega = 6.08 \times 10^{13}$ рад/с і момент інерції $I = 3.46 \times 10^{-38}$ г·см².

Додаткові задачі

Задача 1. Перевірте наступні операторні тотожності:

$$a) \left(\frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \right)^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2}{\partial y^2};$$

$$\text{b) } x^2 \frac{d}{dx} \frac{1}{x} = x \frac{d}{dx} - 1;$$

$$\text{c) } \left(\frac{1}{x} \frac{d}{dx} x \right)^2 = \frac{d^2}{dx^2} + \frac{1}{x} \frac{d}{dx}.$$

Задача 2. Знайти результат дії операторів $\frac{d^2}{dx^2} x^2$ та $\left(\frac{d}{dx} x \right)^2$ на функцію $\cos x$.

Задача 3. Знайти власне значення оператора \hat{A} , що належить власній функції ψ_A , якщо:

$$\text{a) } \hat{A} = -\frac{d^2}{dx^2}, \psi_A = \sin 2x; \text{ b) } \hat{A} = -\frac{d^2}{dx^2} + x^2, \psi_A = \exp(-x^2/2).$$

Задача 4. Обчислити відношення енергій, що необхідно витратити для збудження двоатомної молекули на перший коливальний та перший обертальний рівні, для молекули I_2 .

Задача 5. Знайти для молекули HF число обертальних рівнів, розташованих між нульовим і першим збудженим коливальними рівнями, вважаючи обертальні стани незалежними від коливальних. Власна частота коливань цієї молекули дорівнює 7.79×10^{14} рад/с, а відстань між ядрами - 91.7 пм.

Тема №4: Квантування атомів

Задачі для практичного заняття №15

Задача 1. Енергія зв'язку валентного електрона атома літія у станах $2S$ і $2P$ дорівнює 5.39 еВ та 3.54 еВ, відповідно. Обчислити рідберговські поправки для S і P термів цього атома.

Задача 2. Знайти рідберговську поправку для $3P$ -терма атома натрію, перший потенціал збудження якого становить 2.10 В, а енергія зв'язку валентного електрона в основному $3S$ -стані становить 5.14 еВ.

Задача 3. Визначити довжини хвиль спектральних ліній, що виникають при переході збуджених атомів літія із стану $3S$ в основний стан $2S$. Рідберговські поправки для S і P термів дорівнюють, відповідно, -0.41 та -0.04 .

Задача 4. Довжини хвиль компонент жовтого дублету резонансної лінії натрію, що обумовлена переходом $3P \rightarrow 3S$, дорівнюють 589.00 нм та 589.56 нм. Знайти величину розщиплення $3P$ -терма в еВ.

Задача 5. Знайти енергію зв'язку валентного електрона в основному стані літія, якщо відомо, що довжина хвилі головної лінії різкої серії $\lambda_1 = 813$ нм і довжина хвилі короткохвильової границі цієї серії $\lambda_2 = 350$ нм.

Задачі для практичного заняття №16

Задача 1. Електрон атома водню перебуває у стаціонарному стані, що описується хвильовою функцією $\psi(r) = Ae^{-\alpha r}$, де A і α - деякі постійні. Знайти енергію E електрона та постійну α .

Задача 2. Знайти середній електростатичний потенціал φ_0 , створюваний електроном у центрі атома водню, якщо електрон перебуває в основному стані, описуваному нормованою ψ -функцією $\psi(r) = A \exp(-r/r_1)$, де $A = 1/\sqrt{\pi r_1^3}$, а r_1 - перший борівський радіус.

Задача 3. Знайти найімовірнішу відстань електрона від ядра атома водню в стані $2p$.

Задача 4. Виписати спектральні позначення термів атома водню, електрон якого перебуває в стані з головним квантовим числом $n = 3$.

Задача 5. Скільки і яких квантових чисел J може мати атом у стані з квантовими числами S і L , що дорівнюють відповідно: а) 2 і 3; б) 3 і 3; в) $5/2$ і 2?

Задачі для практичного заняття №17

Задача 1. Знайти максимально можливий повний механічний момент і відповідний спектральний символ терма атома в стані з електронною конфігурацією $1s^2 2p 3d$.

Задача 2. Визначити спектральний символ терма атома, мультиплетність ν якого дорівнює п'яти, кратність виродження за квантовим числом J - семи і значення орбітального квантового числа дорівнює максимально можливому за цих умов.

Задача 3. Написати спектральний символ терма, кратність виродження якого за J дорівнює семи, і квантові числа L і S пов'язані співвідношенням $L = 3S$.

Задача 4. Знайти можливі значення повних механічних моментів атомів, що перебувають у станах 4P і 5D .

Задачі для практичного заняття №18

Задача 1. Знайти можливі мультиплетності ν термів типу $^{\nu}D_2$.

Задача 2. Деякий атом, окрім заповнених оболонок, має три електрони (s , p і d) і перебуває в стані з максимально можливим для цієї конфігурації повним механічним моментом. Знайти у відповідній векторній моделі атома кут між спіновим і повним механічними моментами цього атома.

Задача 3. Знайти кратність виродження основного терма атома, електронна конфігурація єдиної незаповненої підоболонки якого - d^6 .

Задача 4. Атом перебуває у стані, мультиплетність якого дорівнює трьом, а повний механічний момент - $\hbar/20$. Яким може бути відповідне квантове число L ?

Задачі для самостійної роботи

Задача 1. Головна лінія різкої серії атомарного цезію являє собою дублет з довжинами хвиль 1358.8 і 1469.5 нм. Знайти інтервали в частотах (рад/с) між компонентами наступних ліній цієї серії.

Задача 2. Знайти максимально можливий повний механічний момент і відповідне спектральне позначення терма атома натрію, валентний електрон якого має головне квантове число $n = 4$.

Задача 3. Відомо, що у F - та D -станах число можливих значень квантового числа J однакове і дорівнює 5. Визначити спіновий механічний момент у цих станах.

Задача 4. Знайти мультиплетність ν термів типу: а) $\nu P_{3/2}$; б) νF_1 .

Задача 5. Атом перебуває у стані зі спіновим квантовим числом $S = 1$, маючи повний механічний момент $\hbar\sqrt{6}$. У відповідній векторній моделі відповідної векторної моделі кут між спіновим і повним механічними моментами $\theta = 73.2^\circ$. Написати спектральний символ терма цього стану.

Тема №5: Періодична система елементів

Задачі для практичного заняття №19

Задача 1. У атома якого елемента заповнені K -, L - та M -оболонки, $4s$ -підоболонка і наполовину $4p$ -підоболонка?

Задача 2. Використовуючи правила Хунда, знайти основний терм атома, незаповнена підоболонка якого містить: а) три p -електрони; б) чотири p -електрони.

Задача 3. Знайти за допомогою правил Хунда повний механічний момент атома в основному стані, якщо його незаповнена підоболонка містить: а) три d -електрони; б) сім d -електронів.

Задача 4. Скориставшись правилами Хунда, знайти число електронів у єдиній незаповненій підоболонці атома, основний терм якого 3F_2 .

Задача 5. Написати за допомогою правил Хунда спектральний символ основного терма атома, єдина незаповнена підоболонка якого заповнена на $1/3$ і $S = 1$.

Задача 6. Єдина незаповнена підоболонка деякого атома містить три електрони, причому основний терм атома має $L = 3$. Знайти за допомогою правил Хунда спектральний символ основного стану даного атома.

Задачі для практичного заняття №20

Задача 1. Знайти порядковий номер Z легкого елемента, у якого в спектрі поглинання рентгенівського випромінювання різниця частот K - і L -країв поглинання дорівнює $\Delta\omega = 6.85 \times 10^{18} \text{ с}^{-1}$.

Задача 2. Знайти енергію зв'язку K -електрона ванадію ($Z = 23$), для якого довжина хвилі L -краю смуги поглинання дорівнює λ_L .

Задача 3. Знайти довжину хвилі K_α -лінії міді ($Z = 29$), якщо відомо, що довжина хвилі K_α -лінії заліза ($Z = 26$) дорівнює 193 нм.

Задача 4. Обчислити за допомогою закону Мозлі: а) довжину хвилі K_α -лінії алюмінію та кобальту; б) різницю енергій зв'язку K - і L -електронів ванадію.

Задача 5. Знайти напругу на рентгенівській трубці з нікелевим антикатодом, якщо різниця довжин хвиль K_α -лінії та коротко-хвильової границі суцільного рентгенівського спектра дорівнює 84 пм.

Задача 6. За деякої напруги на рентгенівській трубці з алюмінієвим антикатодом довжина хвилі короткохвильової границі суцільного рентгенівського спектра дорівнює 0.50 нм. Чи буде спостерігатися при цьому K_α -серія характеристичного спектра, потенціал збудження якої дорівнює збудження якої дорівнює 1.56 кВ?

Задачі для самостійної роботи

Задача 1. Використовуючи правила Хунда, знайти число електронів у єдиній незаповненій підоболонці атома, основний терм якого: а) $^2P_{3/2}$; б) $^6S_{5/2}$.

Задача 2. Використовуючи правила Хунда, знайдіть спектральний символ основного терму атома, єдина незаповнена підоболонка якого заповнена на 70 % і $S = 3/2$.

Задача 3. Скільки елементів міститься в ряду між тими, у яких довжини хвиль K_α -ліній дорівнюють 250 і 179 пм?

Задача 4. При збільшенні напруги на рентгенівській трубці від $U_1 = 10$ кВ до $U_2 = 20$ кВ інтервал довжин хвиль між K_α -лінією та короткохвильовою границею суцільного рентгенівського спектру збільшився в $n = 3.0$ рази. Визначити порядковий номер елемента антикатада цієї трубки.

Задача 5. Обчислити енергію зв'язку K -електрона ванадію, для якого довжина хвилі L -краю поглинання $\lambda_L = 2.4$ нм.

Додаткові задачі

Задача 1. Знайти енергію зв'язку L -електрона титану, якщо різниця довжини хвиль головної лінії K -серії та її короткохвильової границі $\Delta\lambda = 26$ нм.

Задача 2. У якого металу в спектрі поглинання різниця частот K - і L -країв у спектрі поглинання рентгенівських променів становить $\Delta\omega = 6.85 \cdot 10^{13}$ рад/с?

Задача 3. Знайти кінетичну енергію і швидкість фотоелектронів, що вириваються K_α -випромінюванням цинку з K -оболонки атомів заліза, для якого край K -смуги поглинання $\lambda_K = 174$ нм.

Тема №6: Магнітні властивості атомів

Задачі для практичного заняття №21

Задача 1. Обчислити фактор Ланде для атомів: а) у S -станах; б) у синглетних станах.

Задача 2. Обчислити в магнетонах Бора магнітний момент атома: а) у 1F -стані; б) у стані $^2D_{3/2}$.

Задача 3. Визначити спіновий механічний момент атома в стані D_2 , якщо максимальне значення проекції магнітного моменту в цьому стані дорівнює чотирьом магнетонам Бора.

Задача 4. Обчислити модуль магнітного моменту атома в стані з квантовими числами $S = 1$, $L = 2$ і фактором Ланде $g = 4/3$.

Задача 5. Максимальне значення проекції магнітного моменту атома в стані D_2 дорівнює чотирьом магнетонам Бора. Визначити мультиплетність ν цього стану.

Задача 6. Написати спектральний символ терма атома, у якого $S = 2$, повний момент $M_J = \hbar\sqrt{2}$, а магнітний момент дорівнює нулю.

Задача 7. Знайти за допомогою правил Хунда магнітний момент основного стану атома, незамкнена підоболонка якого заповнена рівно наполовину п'ятьма електронами.

Задача 8. Деякий атом знаходиться у стані, для якого $S = 2$, повний механічний момент $M = \hbar\sqrt{2}$, а магнітний момент дорівнює нулю. Написати спектральний символ відповідного терму.

Задачі для практичного заняття №22

Задача 1. На скільки підрівнів розщепиться у слабкому магнітному полі терм: а) $^2F_{5/2}$; б) $^4D_{1/2}$? (ефект Зеемана).

Задача 2. Деяка спектральна лінія, що обумовлена переходом у $^2S_{1/2}$ -стан, розщепилася в слабкому магнітному полі на шість компонент.

Написати спектральний символ вихідного терму (складний ефект Зеемана).

Задача 3. Знайти магнітний момент атомів нікелю (у стані 3F), що виявляють резонансне поглинання енергії під час одночасного впливу постійного магнітного поля з індукцією $B = 2.00$ кГс і перпендикулярного до нього змінного поля B_ν з частотою $\nu = 3.50$ ГГц (ЕПР).

Задача 4. Збуджений атом має електронну конфігурацію $1s^2 2s^2 2p 3d$ та знаходиться при цьому в стані з максимально можливим повним механічним моментом. Знайти магнітний момент атома у цьому стані.

Задача 5. Обчислити повне розщеплення $\Delta\omega$ спектральної лінії $^3D_3 \rightarrow ^3P_2$ в слабкому магнітному полі, індукція якого $B = 3.4$ кГс.

Задачі для самостійної роботи

Задача 1. Обчисліть фактор Ланде для таких термів: а) $^6F_{1/2}$; б) $^4D_{1/2}$; в) 5F_2 ; г) 2P_1 ; д) 3P_0 .

Задача 2. Обчисліть магнітний момент атома у стані $^2D_{3/2}$.

Задача 3. На скільки підрівнів розщепиться у слабкому магнітному полі терм: а) 3P_0 ; б) $^2F_{5/2}$; в) $^4D_{1/2}$.

Задача 4. Який ефект Зеемана (простий чи складний) виявляють у слабкому магнітному полі спектральні лінії, зумовлені наступними переходами: а) $^1P \rightarrow ^1S$; б) $^2D_{5/2} \rightarrow ^2P_{3/2}$; в) $^3D_1 \rightarrow ^3P_0$.

Задача 5. Довжини хвиль дублету жовтої лінії натрію ($^2P \rightarrow ^2S$) дорівнюють 589,59 та 589,00 нм. Знайти: а) відношення інтервалів між сусідніми рівнями зееманівського розщеплення термів $^2P_{3/2}$ і $^2P_{1/2}$ у слабкому магнітному полі; б) індукцію B магнітного поля, при якій інтервал між сусідніми рівнями зееманівського розщеплення терму $^2P_{3/2}$ буде в $\eta = 50$ разів меншим від природного розщеплення терму 2P .

Додаткові задачі

Задача 1. Зобразити схему можливих переходів у слабкому магнітному полі між термами $^2P_{3/2}$ і $^2S_{1/2}$. Обчислити для магнітного поля $B = 4.5$ кГс зсуви (у рад/с) зееманівських компонент цієї лінії.

Задача 2. Атом у стані з квантовими числами $L = 2$, $S = 1$ знаходиться в слабкому магнітному полі. Знайти його магнітний момент, якщо відомо, що найменший можливий кут між механічним моментом і напрямком поля дорівнює 30° .

Задача 3. Валентний електрон атома натрію перебуває у стані з головним квантовим числом $n = 3$, маючи при цьому максимально можливий повний механічний момент. Який його магнітний момент у цьому стані?

Задача 4. Збуджений атом має електронну конфігурацію $1s^2 2s^2 2p 3d$ і перебуває при цьому в стані з максимально можливим повним механічним моментом. Знайти магнітний момент атома в цьому стані.

Задача 5. Знайти повний механічний момент атома в стані з $S = 3/2$ і $L = 2$, якщо відомо, що магнітний момент його дорівнює нулю.

Задача 6. Атом у стані $^2P_{3/2}$ перебуває в зовнішньому магнітному полі з індукцією $B = 1.0$ кГс. Знайти з погляду векторної моделі кутову швидкість прецесії повного механічного моменту цього атома.

Задача 7. Атом у стані $^2P_{1/2}$ перебуває на осі витка радіуса $r = 5$ см зі струмом $I = 10$ А. Відстань між атомом і центром витка дорівнює радіусу останнього. Якою може бути максимальна сила, що діє на атом з боку магнітного поля цього струму?

Задача 8. Атом водню в нормальному стані перебуває на відстані $r = 2.5$ см від довгого прямого провідника зі струмом $I = 10$ А. Знайти силу, що діє на атом.

Задача 9. Вузький пучок атомів ванадію в основному стані $^4F_{3/2}$ пропускають за методом Штерна і Герлаха через поперечне різко неоднорідне магнітне поле протяжністю $l_1 = 5.0$ см. Розщеплення пучка спостерігають на екрані, віддаленому від магніту на відстань $l_2 = 15$ см.

Кінетична енергія атомів $T = 22$ меВ. За якого значення градієнта індукції B магнітного поля відстань між крайніми компонентами розщепленого пучка на екрані становитиме $\delta = 2.0$ мм?

Задача 10. Атом перебуває в магнітному полі з індукцією $B = 2.50$ кГс. Знайти повну величину розщеплення в електрон-вольтах наступних термів: а) 1D ; б) 3F_4 .

Задача 11. Визначити спектральний символ терма атома, якщо повна ширина розщеплення цього терма в слабкому магнітному полі з індукцією $B = 3.0$ кГс становить $\Delta E = 104$ меВ.

Задача 12. Відомо, що спектральна лінія $\lambda = 612$ нм атома зумовлена переходом між синглетними термами. Обчислити інтервал $\Delta\lambda$ між крайніми компонентами цієї лінії в магнітному полі з індукцією $B = 10.0$ кГс.

Задача 13. Знайти мінімальне значення індукції B магнітного поля, за якого спектральним приладом з роздільною здатністю $\lambda/\delta\lambda = 1.0 \cdot 10^5$ можна розрізнити компоненти спектральної лінії $\lambda = 536$ нм, зумовленої переходом між синглетними термами. Спостереження ведуть у напрямку, перпендикулярному до магнітного поля.

Задача 14. Спектральна лінія, зумовлена переходом $^3D_1 \rightarrow ^3P_0$, має зееманівське розщеплення в слабкому магнітному полі. При спостереженні перпендикулярно до напрямку магнітного поля інтервал між сусідніми компонентами зееманівської структури лінії становить $\Delta\omega = 1.32 \cdot 10^{10}$ рад/с. Знайти індукцію B магнітного поля в місці знаходження джерела.

Тема №7: Фізика атомного ядра

Задачі для практичного заняття №23

Задача 1. Знайти енергію зв'язку ядра, що має однакову кількість протонів і нейтронів, і радіус якого у півтора рази менший за радіус ядра ^{27}Al .

Задача 2. Знайти за допомогою табличних значень мас нуклідів: а) середню енергію зв'язку один нуклон в ядрі ^{16}O ; б) енергію зв'язку нейтрону та α -частинки в ядрі ^{11}B ; в) енергію, необхідну для поділу ядра ^{16}O на чотири однакові частки.

Задача 3. Обчислити енергію, необхідну для поділу ядра ^{20}Ne на дві α -частинки і ядро ^{12}C , якщо енергії зв'язку на один нуклон в ядрах ^{20}Ne , ^4He і ^{12}C дорівнюють, відповідно, 8,03, 7,07 та 7,68 Мев.

Задача 4. Знайти середній час життя радіоактивного ^{55}Co , якщо його активність зменшується на 4,0% за 60 хв.

Задача 5. Скільки β -частинок випромінює за одну годину 1,0 мкг ^{24}Na , період напіврозпаду якого 15 год?

Задачі для практичного заняття №24

Задача 1. Визначити вік древніх дерев'яних предметів, якщо питома активність ізотопу ^{14}C у них становить $\eta = 0,60$ питомої активності цього ізотопу в щойно зрубаних деревах. Період напіврозпаду ^{14}C дорівнює 5570 років.

Задача 2. У урановій руді відношення числа ядер ^{238}U до ядер ^{206}Pb становить $\eta = 2,8$. Оцінити вік руди, вважаючи, що весь свинець ^{206}Pb є кінцевим продуктом розпаду уранового ряду. Період напіврозпаду ^{238}U дорівнює $4,5 \cdot 10^9$ років.

Задача 3. У кров людини ввели невелику кількість розчину, що містить ^{24}Na з активністю $A = 2,0 \cdot 10^3$ Бк. Активність 1 см³ крові через $t = 5,0$ год виявилася $A' = 0,267$ Бк/см³. Період напіврозпаду даного

радіоізоотопу $T = 15$ год. Знайти об'єм крові людини.

Задача 4. а) Які ядра утворюються з α -активного ^{226}Ra у результаті п'яти α -розпадів і чотирьох β -розпадів? б) Скільки α - і β -розпадів відбувається з ^{238}U , що зрештою перетворюється на стабільний ^{206}Pb ?

Задача 5. Альфа-розпад ядер ^{210}Po , що знаходяться в основному стані, супроводжується випромінюванням двох груп α -часток з кінетичними енергіями 5,30 та 4,50 МеВ. В результаті дочірні ядра виявляються відповідно в основному та збудженому стані. Знайти енергію γ -квантів, що випускаються збудженими ядрами.

Задачі для практичного заняття №25

Задача 1. Обчислити масу в а.е.м.: а) нукліду ^8Li , енергія зв'язку ядра якого 41,3 МеВ; б) ядра ^{11}C з енергією зв'язку один нуклон 6,04 МеВ.

Задача 2. Яка частка радіоактивних ядер кобальту, період напіврозпаду яких дорівнює 71,3 доби, розпадеться за місяць?

Задача 3. Препарат ^{238}U маси 1,0 г випромінює $1,24 \cdot 10^4$ α -частинок в секунду. Знайти його період напіврозпаду.

Задача 4. Обчислити питомі активності радіоактивних ізотопів ^{24}Na і ^{235}U , періоди напіврозпаду яких дорівнюють, відповідно, 15 год і $7,1 \cdot 10^8$ років.

Задача 5. Оцінити кількість тепла, виділеного за добу в калориметрі β -активним препаратом ^{24}Na маси $m = 1,0$ мг. Вважати, що всі β -частинки в середньому мають кінетичну енергію, що дорівнює $1/3$ від максимально можливої за даного розпаду. Період напіврозпаду ^{24}Na дорівнює $T = 15$ год.

Задачі для практичного заняття №26

Задача 1. Обчислити за допомогою табличних значень мас нуклідів кінетичні енергії позитрона і нейтрино, що випускаються ядром ^{11}C у випадку, коли дочірнє ядро не має віддачі.

Задача 2. Середній пробіг α -частки в повітрі за нормальних умов визначається формулою $R = 0,98 \cdot 10^{-27} v_0^3 \text{ см}$, де v_0 (см/с) — початкова швидкість α -частки. Обчислити для α -частинки з початковою кінетичною енергією 7,0 МеВ: а) її середній пробіг; б) середнє число пар іонів, які утворює дана α -частинка на всьому шляху R , а також на першій половині його, вважаючи, що енергія утворення однієї пари іонів дорівнює 34 еВ.

Задача 3. На яку мінімальну висоту необхідно підняти джерело γ -квантів, що містить збуджені ядра ^{67}Zn , щоб при реєстрації на поверхні Землі гравітаційне зміщення лінії Мессбауера перевершило ширину цієї лінії? Відомо, що γ -кванти, що реєструються, мають енергію $\epsilon = 93$ кеВ і виникають при переході ядер ^{67}Zn в основний стан, а середній час життя збудженого стану $\tau = 14$ мкс.

Задачі для самостійної роботи

Задача 1. Визначити різницю енергій зв'язку нейтрону та протона в ядрі ^{11}B . Пояснити причину їхньої відмінності.

Задача 2. Активність деякого радіоізотопу зменшується у 25 разів за 70 діб. Знайти його період напіврозпаду.

Задача 3. Радіоізотоп ^{32}P , період напіврозпаду якого $T = 14,3$ діб, утворюється в ядерному реакторі зі швидкістю $q = 2,7 \cdot 10^9$ ядер/с. Через скільки часу після початку утворення цього радіоізотопу його активність стане $A = 1,0 \cdot 10^9$ Бк?

Задача 4. Ядро ^{200}Po , що покоїлося, випустило α -частку з кінетичною енергією $K_\alpha = 5,77$ МеВ. Знайти швидкість віддачі дочірнього ядра. Яку частку повної енергії, що звільняється у цьому процесі, становить енергія віддачі дочірнього ядра?

Задача 5. Оцінити кількість тепла, виділеного за добу в калориметрі β -активним препаратом ^{24}Na маси $m = 1,0$ мг. Вважати, що всі β -частинки в середньому мають кінетичну енергію, що дорівнює $1/3$ від максимально можливої за даного розпаду. Період напіврозпаду ^{24}Na дорівнює $T = 15$ год.

Тема №8: Ядерні реакції

Задачі для практичного заняття №27

Задача 1. Записати позначення (x) у реакції $^{10}\text{B}(x, \alpha)^8\text{Be}$.

Задача 2. Вважаючи, що в одному акті поділу ядра ^{235}U вивільняється енергія 200 МеВ, визначити: а) енергію, що вивільняється при згорянні 1 кг ^{235}U , та масу кам'яного вугілля з теплотворною здатністю 30 кДж/г, еквівалентну в тепловому відношенні 1 кг ^{235}U ; б) масу ізоотопу ^{235}U , що зазнав ділення при вибуху атомної бомби з тротилівим еквівалентом 30 кілотонн, якщо тепловий еквівалент тротилу дорівнює 4,1 кДж/г.

Задача 3. Скільки тепла виділяється при утворенні 1 г ^4He з дейтерію ^2H ? Яка маса кам'яного вугілля з теплотворною здатністю 30 кДж/г еквівалентна цьому теплу?

Задача 4. а) Визначити за допомогою табличних значень мас нуклідів енергію реакції $^7\text{Li}(\alpha, n)^{10}\text{B}$; б) Знайти за допомогою табличних значень мас нуклідів швидкості продуктів реакції $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$, що протікає в результаті взаємодії дуже повільних нейтронів з ядрами бору, що покоються.

Задачі для практичного заняття №28

Задача 1. а) Частинка маси m налітає на ядро маси M , що покоїться, порушуючи ендоенергетичну реакцію. Знайдіть граничну (мінімальну) кінетичну енергію, при якій ця реакція стає можливою; б) Яку кінетичну енергію необхідно повідомити протону, щоб він зміг розщепити нерухоме ядро ^2H , енергія зв'язку якого $E_{\text{зв}} = 2,2$ МеВ?

Задача 2. При опроміненні моноенергетичним пучком протонів мішеней з літію та берилію було виявлено, що реакція $^7\text{Li}(p, n)^7\text{Be} - 1,65$ МеВ іде, а $^9\text{Be}(p, n)^9\text{B} - 1,85$ МеВ не йде. Знайти можливі значення кінетичної енергії протонів.

Задача 3. Знайти число нейтронів, що виникають в одиницю часу в урановому реакторі з тепловою потужністю $P = 100$ МВт, якщо середня кількість нейтронів на одну ядерну реакцію $\eta = 2,5$. Вважати, що в одній ядерній реакції звільняється енергія $E = 200$ МеВ.

Задача 4. У ядерному реакторі на теплових нейтронах середнє життя одного покоління нейтронів $t = 0,10$ с. Вважаючи коефіцієнт розмноження $k = 1.010$, знайти: а) у скільки разів збільшиться число нейтронів у реакторі (а отже і його потужність) за час $t = 1,0$ хв; б) період реактора T — тобто час, за який його потужність збільшиться в e разів.

Задачі для самостійної роботи

Задача 1. Знайти (x) у наступних реакціях: а) $^{17}\text{O}(d, n)x$; б) $^{23}\text{Na}(p, x)^{20}\text{Ne}$; в) $x(p, n)^{37}\text{Ar}$.

Задача 2. Обчислити за допомогою табличних значень мас нуклідів енергію на один нуклон, що виділяється при протіканні реакції $^6\text{Li} + ^2\text{H} \rightarrow 2\ ^4\text{He}$? Порівняти отриману величину з енергією на один нуклон, що звільняється при розділі ядра ^{235}U .

Задача 3. Для збудження реакції (n, α) на ядрах ^{11}B , що покояться, порогова кінетична енергія нейтронів $K_0 = 4,0$ МеВ. Знайти енергію цієї реакції.

Задача 4. Визначити за допомогою табличних значень мас нуклідів енергію наступних реакцій: а) $^7\text{Li}(p, n)^7\text{Be}$; б) $^{16}\text{O}(d, \alpha)^{14}\text{N}$.

Задача 5. Обчислити порогові кінетичні енергії протонів для реакцій (p, n) та (p, d) на ядрах ^7Li .

Тема №9: Елементарні частинки

Задачі для практичного заняття №29

Задача 1. Обчислити кінетичні енергії протонів, імпульси яких дорівнюють 0.10, 1.0 і 10 Гев/с, де c - швидкість світла.

Задача 2. Негативні β -мезони з кінетичною енергією $K = 100$ MeV у середньому пролітають від місця народження до розпаду відстань $l = 11$ м. Знайти власний час життя цих мезонів.

Задача 3. π^+ -мезон, що зупинився, розпався на мюон та нейтрино. Знайти кінетичну енергію мюона та енергію нейтрино.

Задача 4. Позитрон з кінетичною енергією $K = 750$ кеВ налітає на вільний електрон. Внаслідок анігіляції виникають два γ -кванти з однаковими енергіями. Визначити кут між напрямками їх розльоту.

Задачі для практичного заняття №30

Задача 1. Знайти середній шлях, який проходять π -мезони з кінетичною енергією, що в $\eta = 1.2$ раза перевищує їхню енергію спокою. Середній час життя дуже повільних π -мезонів $\tau_0 = 25.5$ нс.

Задача 2. Негативні π -мезони з кінетичною енергією $T = 100$ MeV пролітають від місця народження до розпаду в середньому відстань $l = 11$ м. Знайти власний час життя цих мезонів.

Задача 3. Є вузький пучок π^- -мезонів із кінетичною енергією T , що дорівнює енергії спокою цих частинок. Знайти відношення потоків частинок у перерізах пучка, віддалених один від одного на $l = 20$ м. Власний середній час життя цих мезонів $\tau_0 = 25.5$ нс.

Задача 4. π^+ -мезон, що зупинився, розпався на мюон і нейтрино. Знайти кінетичну енергію мюона й енергію нейтрино.

Задачі для практичного заняття №31

Задача 1. Знайти кінетичну енергію нейтрона, що виник під час розпаду зупиненого Σ^- -гіперона ($\Sigma^- \rightarrow n + \pi^-$).

Задача 2. Позитивний мюон, що зупинився, розпався на позитрон і два нейтрино. Знайти максимально можливу кінетичну енергію позитрона.

Задача 3. Нейтральний π -мезон розпався на льоту на два γ -кванта з однаковою енергією. Кут між напрямками розльоту γ -квантів $\theta = 60^\circ$. Знайти кінетичну енергію π -мезона та енергію кожного γ -кванта.

Задача 4. Нейтральна частинка, що покоїлася, розпалася на протон із кінетичною енергією $T = 5.3$ MeV і π^- -мезон. Знайти масу цієї частинки. Як вона називається?

Задачі для практичного заняття №32

Задача 1. Які з нижченаведених процесів заборонені законами збереження лептонного і баріонного заряду?

- (a) $n \rightarrow p + e^+ + \nu$;
- (b) $\pi^- + n \rightarrow K^- + K^0$;
- (c) $K^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu + \pi^0$.

Задача 2. Які з нижченаведених процесів заборонені законами збереження дивності?

- (a) $\pi^- + p \rightarrow \Lambda + K^0$.

Задача 3. За допомогою таблиці кварків встановити кварковий склад K^+ -мезону.

Задача 4. Знайти дивність S і гіперзаряд Y нейтральної елементарної частинки, у якої проєкція ізотопного спіна $T_z = +1/2$ і баріонний заряд $B = +1$. Що це за частинка?

Задачі для самостійної роботи

Задача 1. Обчислити кінетичні енергії протонів, імпульси яких дорівнюють 0,10, 1,0 та 10 Гев/с, де c — швидкість світла.

Задача 2. Нейтральна частинка, що покоїлася, розпалася на протон з кінетичною енергією $K = 5,3$ МеВ та π^- -мезон. Знайти масу цієї частинки. Як вона називається?

Задача 3. Вказати причини, що забороняють наступні процеси:

(a) $\pi^- + p \rightarrow K^+ + K^-$;

(b) $n + p \rightarrow \Sigma^+ + \Lambda^0$.

Задача 4. Сконструювати із трьох кварків протон і нейтрон.