

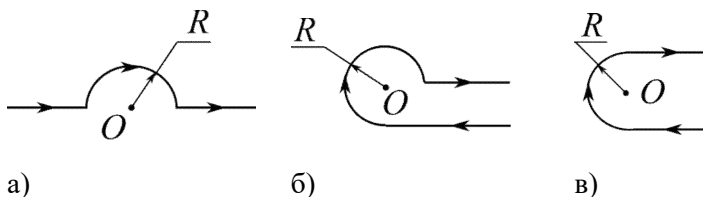
Заняття 1. Індукція магнітного поля. Сила Ампера, сила Лоренця.

Аудиторне заняття

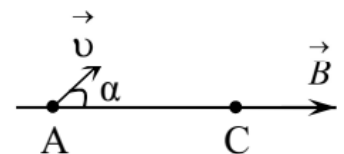
1. Два паралельні нескінченно довгі провідники, по яким протікають струми силою I , розміщені у вакуумі на відстані d один від одного. Визначити індукцію B магнітного поля, яке створюється цими провідниками в точці, розташованій на відстані r_1 від одного провідника і на відстані r_2 від іншого. Розглянути випадок, коли струми течуть в одному напрямі. (№2.5,а)
2. По коловому контуру з радіусом R протікає струм силою I . Знайти магнітну індукцію B_c в центрі контуру. (№2.15,а)
3. Струм силою $I = 50$ А тече по нескінченно довгому провіднику, зігнутому під прямим кутом. Знайти напруженість B магнітного поля у точці, розташованій на бісектрисі цього кута на відстані b від його вершини. (№2.8,а)
4. Горизонтальні рейки знаходяться на відстані l одна від одної. На рейках лежить стержень перпендикулярно до рейок. Якою має бути індукція B вертикального магнітного поля, щоб стержень почав рухатися? По стержню проходить струм силою I , коефіцієнт тертя між стержнем і рейками k , маса стержня m . (№2.26)
5. Електрон зі швидкістю v влітає в область однорідного магнітного поля з індукцією B та з прямолінійної межі. Початкова швидкість частинки спрямована перпендикулярно до ліній магнітної індукції та під кутом α до межі області. Визначити максимальну глибину h проникнення електрону в область магнітного поля. (№2.57)

Домашнє завдання

1. Визначити індукцію B магнітного поля в точці O , якщо провідник зі струмом силою I має вигляд, зображений на рис. Радіус вигнутої частини провідника дорівнює R , прямолінійні ділянки вважаються дуже довгими. (№2.20)



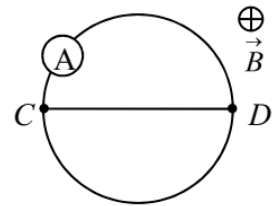
2. Два нескінченні прямі провідники схрещені під прямим кутом. По провідникам протікають струми силою I_1 та I_2 . Відстань між провідниками дорівнює d . Визначити індукцію B магнітного поля, яке створюється цими струмами, у точці, розташованій на середині спільного перпендикуляра до провідників. (№2.4)
3. Металевий дріт зігнуто довільним чином у площині, що перпендикулярна вектору індукції магнітного поля. По провіднику тече струм. Довести, що сила, яка діє на провідник, не залежить від його форми. (№2.23)
4. Електрон влітає в однорідне магнітне поле. У точці A (див. рис.) він має швидкість v , яка утворює з вектором індукції магнітного B поля кут α . При якому значенні індукції електрон потрапить у точку C , якщо відстань $AC = L$? (№2.53)



Заняття 2. Електромагнітна індукція, самоіндукція.

Аудиторне заняття

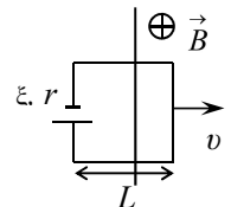
1. Котушка, що має $N = 100$ витків площею $S = 10 \text{ см}^2$ кожен, розміщена в однорідному магнітному полі з індукцією $B = 0,01 \text{ Тл}$. Площини витків котушки перпендикулярні до ліній магнітної індукції. Котушка приєднана до гальванометру і опір всього кола $R = 10 \text{ Ом}$. При повороті котушки на кут α через гальванометр проходить заряд $q = 10^{-5} \text{ Кл}$. Визначити кут α . (№2.67)
2. Дві паралельні, замкнені на одному кінці металеві рейки, відстань між якими дорівнює L , знаходяться в однорідному магнітному полі з індукцією B . Площина, в якій розташовані рейки, перпендикулярна до ліній індукції. На провідники покладено металевий місток, який може ковзати по ним без тертя. Під дією сили F місток рівномірно рухається зі швидкістю V . Знайти опір містка. (близько до Прикладу 5)
3. По двох гладких паралельних провідних рейках, встановлених під кутом α до горизонту, ковзає під дією сили тяжіння металева перемичка масою m . У верхній частині рейки під'єднані до конденсатора ємністю C . Відстань між рейками дорівнює l . Система знаходиться в однорідному магнітному полі з індуктивністю B , що перпендикулярна до площини рейок. Знайти прискорення перемички a . (№2.84)
4. Яку силу струму покаже амперметр (рис. 2.15), якщо індукція перпендикулярного до площини малюнка однорідного магнітного поля за час Δt рівномірно зміниться на ΔB . Точки С та D діаметральні. Контур виготовлено з дроту, опір одиниці довжини якого ρ_l , діаметр кільця дорівнює d . (№2.77)



5. Рамка площею $S = 1 \text{ дм}^2$, яка виготовлена з дроту опором $r = 0,45 \text{ Ом}$, обертається з кутовою швидкістю $\omega = 100 \text{ рад/с}$ в однорідному магнітному полі з індукцією $B = 0,1 \text{ Тл}$. Вісь обертання рамки перпендикулярна до вектора магнітної індукції. Визначити кількість теплоти Q , яка виділиться в рамці за $n = 10^3$ обертів. (№2.81)

Домашнє завдання

1. Соленоїд містить N витків дроту, які щільно прилягають один до одного. При проходженні в обмотці струму силою I в соленоїді виникає магнітний потік Φ . Визначити індуктивність L соленоїда. (№2.93)
2. З якою кутовою швидкістю ω треба обертати прямий провідник навколо одного з його кінців в однорідному магнітному полі в площині, перпендикулярній до силових ліній, щоб у провіднику виникла ЕРС $\xi = 0,3 \text{ В}$? Довжина провідника $l = 20 \text{ см}$, магнітна індукція поля $B = 0,2 \text{ Тл}$. (№2.70)
3. В однорідне магнітне поле з індукцією B рівномірно зі швидкістю v вносять квадратний контур, в який увімкнено джерело струму з ЕРС ξ та внутрішнім опором r (див.рис.). Сторона квадрата дорівнює L . Знайти зміну корисної потужності в контурі при внесенні його в магнітне поле, якщо опір контуру дорівнює R . (№2.94)



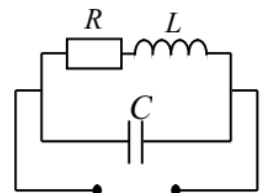
Заняття 3. Метод комплексних амплітуд та його застосування для кіл змінного струму.

Аудиторне заняття

1. Знайти зсув фаз ϕ між напругою і силою струму у колі, що складається з послідовно з'єднаних резистора з опором R , котушки з індуктивністю L та конденсатора ємністю C . Знайти потужність P , яка виділяється у колі, якщо амплітуда напруги U_0 , а частота струму - ω .
2. Котушка з індуктивністю L та резистор з'єднані паралельно та увімкнені у коло змінного струму з частотою ν . Знайти величину опору резистора R , якщо відомо, що зсув фаз між напругою і струмом у колі дорівнює ϕ .
3. Конденсатор ємністю C і резистор з опором R увімкнені послідовно у коло змінного струму з частотою ν . Яку частину напруги U , прикладеної до кола, складають падіння напруги на конденсаторі U_C і на резисторі U_R ? (№2.118)
4. У коло змінного струму з частотою ν і амплітудою напруги U_0 послідовно з опором R вмикають по черзі котушку та конденсатор. У першому випадку на опорі виділяється теплова потужність P_1 , а в другому – P_2 . Визначити циклічну частоту коливань ω_0 у контурі, який можна скласти з цих котушки та конденсатора. (№2.119)
5. Коливальний контур складається з котушки індуктивності та двох паралельно з'єднаних конденсаторів ємністю C кожний. Після того, як ці конденсатори з'єднали послідовно, резонансна частота змінилась на $\Delta\nu$. Знайти індуктивність контуру. (№2.109)

Домашнє завдання

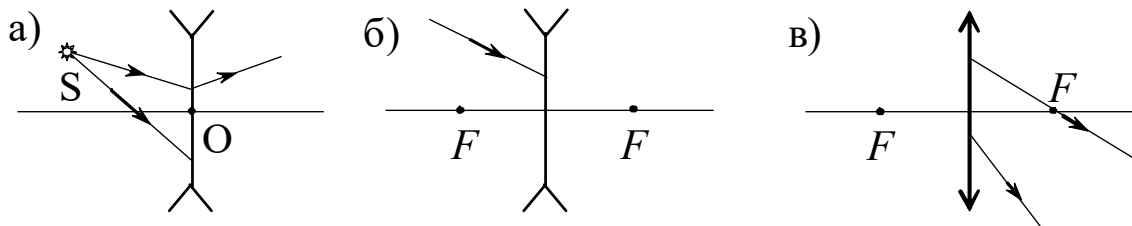
1. Знайти резонансну частоту для паралельних контурів, зображених на рис. Величини L , R та C вважати відомими. (№2.123,а)
2. Соленоїд, що має індуктивність $L = 0,3$ Гн і опір $R = 10$ Ом, вмикається в коло змінного струму ($\nu = 50$ Гц) з ефективною напругою $U_d = 120$ В. Визначити амплітудне значення сили струму I_0 , зсув фаз ϕ між струмом і напругою в колі та потужність теплових втрат P . (№2.125)
3. Якщо через котушку проходить постійний струм силою I , то падіння напруги на ній складає U . При ввімкненні котушки у коло змінного струму з частотою ν амплітудні значення напруги та сили струму дорівнюють, відповідно, U_0 та I_0 . Визначити індуктивність котушки. (№2.126)



Заняття 4. Геометрична оптика (лінзи, дзеркала). Закон Снеліуса.

Аудиторне заняття

1. Побудувати хід променів – рис. (№1.1)



2. Вздовж головної оптичної осі збирної лінзи розташовано тонкий прямий предмет, обидва кінці якого знаходяться від лінзи на відстанях більше фокусної. Об'єкт, встановлений біля одного кінця предмету, зображується із збільшенням k_1 , а об'єкт, встановлений біля другого – зі збільшенням k_2 . Знайти, з яким збільшенням k зображується предмет. (№1.2)

3. На яку відстань l зміститься промінь світла, який поширюється у склі з показником заломлення n , якщо на його шляху перебуває плоскопаралельна щілина шириною d , заповнена повітрям? Кут падіння променя на щілину дорівнює α . Повного відбивання не відбувається. (1.10)

4. На дні посудини, наповненою водою до висоти h , знаходиться точкове джерело світла. На поверхні води плаває круглий диск причому його центр знаходиться над джерелом світла. При якому мінімальному радіусі диска жоден промінь не вийде через поверхню води? Показник заломлення води n . (№1.8)

Домашнє завдання

1. Розсіююча та збирна лінзи з фокусними відстанями F_1 і F_2 , відповідно, розташовані на відстані b одна від одної. На відстані d від розсіюючої лінзи на головній оптичній вісі знаходиться точкове джерело світла. Знайти відстань a між джерелом та його дійсним зображенням. (№1.3)

2. Яка товщина d скляної плоскопаралельної пластинки, якщо точку на задній поверхні пластинки спостерігач бачить на відстані $l = 5$ см від передньої поверхні? Показник заломлення скла $n = 1,6$. Промінь зору перпендикулярний до поверхні пластинки. Для малих кутів $\alpha \approx \sin \alpha \approx \alpha$. (№1.7)

3. Предмет знаходиться на відстані a від екрану. Між ними розмішують збирну лінзу, яка дає на екрані чітке зображення предмету при двох положеннях. Знайти відношення розмірів зображень n , якщо відстань між положеннями лінз дорівнює b . (№1.4)

Заняття 5. Хвильова оптика: інтерференція та дифракція світла, закон Малюса.

Аудиторне заняття

1. Дві електромагнітні хвилі з довжиною λ інтерферують у вакуумі. Чому дорівнює їхня різниця фаз $\Delta\phi$, якщо різниця ходу Δ складає а) 0; б) $0,2\lambda$; в) $0,5\lambda$; г) λ ; д) $1,2\lambda$? (№1.17)
2. Від двох когерентних джерел, що випромінюють світло з довжиною хвилі λ , промені потрапляють на екран. На екрані спостерігається інтерференційна картина. Коли на шляху одного з променів перпендикулярно до нього помістили мильну плівку з показником заломлення n , інтерференційна картина змінилася на протилежну. При якій найменшій товщині плівки d_{\min} це можливо? (№1.21)
3. На скляну пластину нанесено тонкий шар прозорої речовини з показником заломлення $n = 1,3$. Пластина освітлюється паралельним пучком монохроматичного світла з довжиною хвилі $\lambda = 640$ нм, який падає на пластину нормально. Яку мінімальну товщину d_{\min} повинен мати шар, щоб відбитий пучок мав найменшу яскравість? Вважати, що показник заломлення скла $n_c = 1,5$. (№1.26)
4. На дифракційну ґратку у напрямі нормалі до її поверхні падає монохроматичне світло. Період ґратки $d = 2$ мкм. Визначити найбільший порядок дифракційного максимуму, який може спостерігатися на цій ґратці, для червоного ($\lambda_1 = 0,7$ мкм) та фіолетового ($\lambda_2 = 0,41$ мкм) світла. (№1.37)
5. Пучок природного світла падає на поліровану поверхню скляної пластини з показником заломлення n_2 , яка занурена у рідину. Відбитий від пластини пучок світла утворює кут ϕ з падаючим пучком. Визначити показник заломлення n_1 рідини, якщо відбите світло максимально поляризоване. (№1.50)
6. Кут між площинами поляризації двох поляроїдів $\alpha = 70^\circ$. Як зміниться інтенсивність світла, що проходить через них, якщо цей кут зменшити у $k = 5$ разів. (№1.54)

Домашнє завдання

1. Різниця фаз $\Delta\phi$ двох інтерферуючих хвиль дорівнює а) 0; б) 60° ; в) $\pi/2$; г) π ; д) 2π ; е) 540° . Чому в цьому випадку дорівнює відношення різниці ходу до довжини кожної з хвиль? (№1.18)
2. На поверхні калюжі знаходиться плівка гасу. На плівку під кутом $i = 60^\circ$ падає паралельний пучок білого світла. При спостереженні у відбитому світлі плівка має зелений колір ($\lambda = 0,52$ мкм). Визначити мінімально можливу товщину плівки d_{\min} . Вважати, що показник заломлення гасу $n = 1,4$ і це більше, ніж показник заломлення води. (№1.25)
3. На дифракційну ґратку падає нормально паралельний пучок білого світла. Спектри третього і четвертого порядку частково накладаються один на одного. На яку довжину хвилі λ_0 в спектрі четвертого порядку накладається червона границя ($\lambda = 780$ нм) спектра третього порядку? (№1.39)
4. Під яким кутом до горизонту β повинно знаходитись Сонце, щоб його промені, відбиті від поверхні моря, були б повністю поляризовані? Вважати, що абсолютний показник заломлення морської води $n = 1,33$. (№1.52)
5. Чому дорівнює кут ϕ між головними площинами поляризатора та аналізатора, якщо інтенсивність природного світла, яке пройшло крізь систему зменшилася у $k = 4$ рази? Поглинанням світла знехтувати. (№1.55)

Заняття 6. Теплове випромінювання. Фотоефект.

Аудиторне заняття

1. Абсолютно чорне тіло нагріли від кімнатної температури $t_1 = 20^\circ\text{C}$ до $t_2 = 500^\circ\text{C}$. Як при цьому змінилася потужність випромінювання? На скільки змінилися довжина максимуму випромінювальної здатності? (№1.59)
2. Яку потужність N потрібно підводити до металевої кульки радіусом $r = 2$ см, щоб підтримувати її температуру на $\Delta T = 27$ К вище температури оточуючого середовища? Температура оточуючого середовища $T = 293$ К. Вважати, що тепло втрачається тільки за рахунок випромінювання, кульку розглядати як абсолютно чорне тіло. (№1.71)
3. Радіус Сонця дорівнює $r_c = 6,96 \cdot 10^5$ км; радіус орбіти Меркурія $R_{\text{Мк}} = 5,79 \cdot 10^7$ км, Марса - $R_{\text{Мр}} = 2,28 \cdot 10^8$ км. Температура поверхні Сонця складає приблизно $T_c = 6000$ К. Використовуючи закони теплового випромінювання, оцінити середні температури планет. (№1.62)
4. Визначити максимальну швидкість v_{max} фотоелектронів, що вибиваються з поверхні срібла:
а) ультрафіолетовим випромінюванням з довжиною хвилі $\lambda_1 = 0,155$ мкм; б) γ -випромінюванням з довжиною хвилі $\lambda_2 = 1$ пм. (№1.76)
5. Червона границя фотоефекту для цинку $\lambda_0 = 310$ нм. Визначити максимальну кінетичну енергію $E_{k,\text{max}}$ фотоелектронів в електрон-вольтах, якщо на цинк падає світло з довжиною хвилі $\lambda = 200$ нм.
6. При деякому максимальному значенні затримуючої різниці потенціалів фотострум з поверхні літію, який освітлюється електромагнітним випромінюванням з довжиною хвилі λ_0 , припиняється. Змінивши довжину хвилі випромінювання в $\gamma = 1,5$ рази, встановили, що для припинення фотоструму необхідно збільшити затримуючу різницю потенціалів в $\eta = 2$ рази. Визначити λ_0 . (№1.78)

Домашнє завдання

1. Початкова температура теплового випромінювання $T = 2000$ К. На скільки має змінитися ця температура, щоб найбільш ймовірна довжина хвилі у його спектрі збільшилась на $\Delta\lambda = 260$ нм? (№1.60)
2. Потік випромінювання абсолютно чорного тіла $\Phi = 10$ кВт, максимум енергії випромінювання припадає на довжину хвилі $\lambda_m = 0,8$ мкм. Визначити площу S випромінюючої поверхні. (№1.64)
3. На поверхню металу падає монохроматичне світло з довжиною хвилі λ . Червона границя фотоефекту дорівнює λ_0 . Яка частка енергії фотону δ витрачається на надання електронам кінетичної енергії? (№1.79)
4. Знайти роботу виходу з деякого металу, якщо при почерговому освітленні його поверхні електромагнітним випромінюванням з довжинами хвиль $\lambda_1 = 0,35$ мкм і $\lambda_2 = 0,54$ мкм максимальні швидкості фотоелектронів відрізняються в $\eta = 2$ рази. (№1.80)

Заняття 7. Теорія Бора для атома водню. Ефект Комптона. Гіпотеза де Бройля.

Аудиторне заняття

1. Користуючись теорією Бора, обчислити радіус n -тої дозволеної орбіти, а також період обертання електрона на ній. (№2.3)
2. Знайти відношення кінетичної та потенціальної енергій електрона, що рухається на n -тій дозволеній за теорією Бора орбіті. (№2.4)
3. Визначити найбільшу та найменшу довжини хвиль, що відповідають серії Лаймана для атому водню. (№2.2)
4. Кінетична енергія протона $T = 1$ кеВ. Визначити додаткову енергію ΔT , яку необхідно йому надати, щоб його довжина хвилі де Бройля зменшилась в η разів. (№2.9)
5. В результаті ефекту Комптона фотон при зіткненні був розсіяний на кут θ . Енергія розсіяного фотона ε_2 . Визначити енергію фотона ε_1 до розсіяння. (№1.85)
6. Знайти довжину хвилі фотона, імпульс якого дорівнює імпульсу електрона з кінетичною енергією $T = 0,3$ МеВ. (№2.12)

Домашнє завдання

1. Скільки довжин хвиль де Бройля вкладається на дозволених за теорією Бора електронних орбітах? (№2.7)
2. Визначити номер збудженої орбіти, на якій перебував електрон в атомі водню, якщо в результаті поглинання фотону з довжиною хвилі λ , він вилетів за межі атому з кінетичною енергією T . (№2.6)
3. Електрон, початковою швидкістю якого можна знехтувати, пройшов прискорюючу різницю потенціалів U . Знайти довжину хвилі де Бройля цього електрона у двох випадках: 1) $U=51$ В, 2) $U=510$ кВ. (№2.8)
4. Кінетична енергія T електрона дорівнює подвоєному значенню його енергії спокою. Визначити довжину хвилі λ де Бройля для такого електрона. (№2.10)
5. Фотон з енергією ε_1 , яка дорівнює енергії спокою електрона, розсіявся на вільному електроні на кут $\theta = 120^\circ$. Визначити енергію ε_2 розсіяного фотону та кінетичну енергію E_k електрону віддачі (в одиницях $m_0 c^2$). (№1.87)
6. При якому значенні швидкості електрона його імпульс дорівнює імпульсу фотона з довжиною хвилі $\lambda = 1$ пм? (№2.11)

Заняття 9. Оператори, власні функції, власні значення.

Аудиторне заняття

1. Знайти комутатор операторів

а) $\hat{A} = x$ та $\hat{B} = \frac{d}{dx}$; б) $\hat{A} = 4 \frac{\partial^2}{\partial x \partial y}$ та $\hat{B} = \frac{\partial}{\partial y}$ (№2.18а,г)

2. Відомо, що $[\hat{A}, \hat{B}] = 1$. Знайти комутатор $[\hat{A}, \hat{B}^2]$. (№2.21)

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

а) $\hat{A} = -\frac{d^2}{dx^2}$, $\psi_A = \sin(2x)$; б) $\hat{A} = -\frac{d^2}{dx^2} + x^2$, $\psi_A = \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right)$. (№2.24 а)

4. Знайти власні функції та власні числа операторів:

а) $\frac{d}{dx}$; б) $\frac{d^2}{d\varphi^2}$. (№2.25а,д)

Домашнє завдання

1. Знайти комутатор операторів

а) $\hat{A} = 4y^2$ та $\hat{B} = \frac{d}{dx}$; б) $\hat{A} = \frac{\partial^2}{\partial x^2}$ та $\hat{B} = x \frac{\partial}{\partial y}$. (№2.18д)

2. Довести, що $\hat{A}^{-1} \hat{B}^2 \hat{A} = \left(\hat{A}^{-1} \hat{B} \hat{A} \right)^2$. (№2.22)

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

а) $\hat{A} = \frac{d^2}{dx^2} + \frac{2}{x} \frac{d}{dx}$, $\psi_A = \frac{\sin \alpha x}{x}$, де α - стала. (№2.24б)

4. Знайти власні функції та власні числа операторів:

а) $i \frac{d}{dx}$; б) $\left(x + \frac{d}{dx} \right)$. (№2.25б,в)

Відповіді до останнього - <https://youtu.be/Q4mytAySUl4>

Заняття 10. Комутатори операторів фізичних величин x_i, p_i, L_i, L^2 .

Аудиторне заняття

1. Знайти комутатори операторів компонентів імпульсу та радіус вектора.
2. Побудувати оператор моменту імпульсу \hat{L} у прямокутній декартовій системі координат. (№2.27)
3. Знайти комутатор операторів компонент моменту імпульсу $[\hat{L}_y, \hat{L}_z]$. (№2.28a)
4. Знайти комутатор оператора квадрату моменту імпульсу $\hat{L}^2 = \hat{L}_x^2 + \hat{L}_y^2 + \hat{L}_z^2$ з оператором \hat{L}_x . (№2.30a)
5. Відомо, що власна функція одновимірної системи у певному стані має вигляд $\psi(x) = C \exp\left(-\frac{x^2}{a^2} + ik_0 x\right)$, де a та k_0 – відомі константи. Знайти: а) величину константи C ; б) середнє значення координати $\langle x \rangle$ у цьому стані. (№2.31a,б)

Домашнє завдання

1. Знайти комутатори наступних компонент моменту імпульсу:
а) $[\hat{L}_x, \hat{L}_z]$; б) $[\hat{L}_z, \hat{L}_x]$. (№2.28б,в)
2. Знайти комутатор оператора квадрату моменту імпульсу $\hat{L}^2 = \hat{L}_x^2 + \hat{L}_y^2 + \hat{L}_z^2$ з оператором \hat{L}_z . (№2.30в)
3. Знайти правила комутації наступних операторів: а) \hat{L}_x та \hat{p}_x ; б) \hat{L}_x та \hat{p}_y ; в) \hat{L}_x та \hat{p}_z . (№2.29)
4. Відомо, що власна функція одновимірної системи у певному стані має вигляд $\psi(x) = C \exp\left(-\frac{x^2}{a^2} + ik_0 x\right)$, де a та k_0 – відомі константи. Знайти середнє значення імпульсу $\langle p \rangle$ у цьому стані. (№2.31в)
5. Визначити середнє значення фізичної величини, що описується оператором \hat{L}_z^2 в стані, який описується функцією $\psi(\varphi) = C \sin^2 \varphi$ (C – невідома константа). (№2.35)

Заняття 11. Найпростіші задачі квантової механіки: вільна частинка, частинка у нескінченно глибокій потенціальній ямі. Співвідношення невизначеностей.

Аудиторне заняття

1. Визначити густину ймовірності знайти частинку в точці з координатою x , якщо її хвильова функція $\psi(x, t) = C \exp(ikx)$, де C – стала. (№2.39а)
2. Знайти власні значення енергії та хвильову функцію вільної частинки. (№2.38)
3. Знайти власні значення енергії та хвильову функцію частинки, що перебуває в нескінченно глибокій прямокутній потенціальній ямі шириною $2a$. (приклад А.8)
4. Частинка, яка перебуває в нескінченно глибокій потенціальній ямі, знаходиться в основному стані. Яка ймовірність виявлення частинки: а) в середній третині ящика; б) в крайній третині ящика? (№2.40)
5. Кінетична енергія електрона в атомі водню складає величину порядку $K = 10$ еВ. Використовуючи співвідношення невизначеності, оцінити мінімальні лінійні розміри атому. (№2.33)

Домашнє завдання

1. Визначити густину ймовірності знайти частинку в точці з координатою x , якщо її хвильова функція $\psi(x, t) = C [\exp(ikx) + \exp(-ikx)]$, де C – стала. (№2.39б)
2. Електрон знаходиться в прямокутній потенціальній ямі з нескінченно високими стінками. Ширина ями $2a = 0.2$ нм, енергія електрона - $E = 37.8$ еВ. Визначіть номер n енергетичного рівня і модуль хвильового вектора \vec{k} електрону. (№2.42)
3. Електрон знаходиться в нескінченно глибокій одновимірній прямокутній потенціальній ямі шириною $2a$. В яких точках інтервалу $[-a, a]$ густина ймовірності знаходження електрона на другому та третьому енергетичному рівнях однакові? Розв'язок пояснити графічно. (№2.43)
4. Визначити відносну невизначеність $\Delta p/p$ імпульсу рухомої частинки, якщо припустити, що невизначеність її координати дорівнює довжині хвилі де Бройля. (№2.34)

Заняття 12. Атом водню в квантово-механічному розгляді.

Аудиторне заняття

1. Електрон в атомі водню знаходиться в основному стані, що описується хвильовою функцією $\psi = A \exp(-r/r_1)$. Знайти а) нормувальний коефіцієнт A ; б) енергію E електрона та величину r_1 (за допомогою рівняння Шрьодінгера). (~№2.47)
2. Для $1s$ -електрону в атомі водню визначити найбільшу імовірну відстань від ядра $r_{\text{ім}}$ та імовірність P знаходження електрону в області $r < r_{\text{ім}}$.
3. Для $1s$ -електрону в атомі водню визначити середнє значення його відстані від ядра $\langle r \rangle$.

Домашнє завдання

1. Знайти для $2p$ та $3d$ електронів в атомі водню найбільш ймовірну відстань від ядра. (№2.49а)
2. Визначити для $1s$ -електрона в атомі водню середні значення його квадрату відстані від ядра $\langle r^2 \rangle$ та квадрату середнього відхилення $\langle (r - \langle r \rangle)^2 \rangle$. (№2.48)
3. Частинка масою m перебуває в основному стані у потенціальному полі $U = kx^2/2$, а її хвильова функція має вигляд: $\psi(x) = A \exp(-\alpha x^2)$, де A – коефіцієнт нормування, α - додатна стала. За допомогою рівняння Шрьодінгера знайти величину α та енергію частинки у цьому стані. (№2.46)

Заняття 13. Терми: побудова для еквівалентних та нееквівалентних електронів.

Аудиторне заняття

1. Побудувати можливі терми для наступних електронних конфігурацій

$$n p^1 d^1 \qquad n s^1 d^1. \qquad (\text{№2.50в,а})$$

2. Знайти максимально можливий повний механічний момент та відповідне спектральне позначення терма атому

а) Na, валентний електрон якого має головне квантове число 4;

б) з електронною конфігурацією $1 s^2 2 p^1 3 d^1$. (№2.53)

3. Побудувати можливі терми для конфігурації $n p^2$. (№2.51а)

4. Знайти можливі значення повних механічних моментів атомів, які знаходяться в стані 4P . (№2.54г)

4. Атом знаходиться у стані, мультиплетність якого дорівнює трьом, а повний механічний момент – $\hbar\sqrt{20}$. Яким може бути відповідне квантове число L ? (№2.57)

Домашнє завдання

1. Побудувати можливі терми для наступних електронних конфігурацій

$$n d^1 f^1; \qquad n d^2; \qquad n_1 s^1 n_2 p^2. \qquad (\text{№2.50г; 2.51б; 2.52а})$$

2. Знайти можливі значення повних механічних моментів атомів, які знаходяться в стані 5D . (№2.54д)

3. Відомо, що у F -стані кількість можливих значень квантового числа J дорівнює п'яти. Визначити спіновий механічний момент в цьому стані. (№2.55)

Заняття 14. Правила Гунда Розщеплення рівнів у магнітному полі. Правила відбору. Елементи ядерної фізики

Аудиторне заняття

1. Використовуючи правила Гунда знайти основний терм атома, електронна конфігурація незаповненої підоболонки якого

$$nd^2; \quad nd^3; \quad nf^{10}; \quad nf^4. \quad (\text{№2.59б, в, д, е})$$

2. Користуючись правилами Гунда написати основний терм атома, єдина незаповнена підоболонка якого містить третину від можливого числа електронів і $S = 1$. (№2.60)

3. Скориставшись правилами Гунда, знайти число електронів у єдиній незаповненій підоболонці атома, основний терм якого а) 3F_2 ; б) ${}^2P_{3/2}$. (№2.61а, б)

4. Схематично намалювати енергетичні рівні, пов'язані з термами 1D_2 та 1P_1 за відсутності магнітного поля та при його наявності. Вказати можливі переходи. (№2.66)

5. Визначити фактор Ланде для наступних термів: а) 5F_2 ; б) 5P_1 . (№2.62)

6. Визначити спіновий механічний момент атому в стані D_2 , якщо максимальне значення проєкції магнітного моменту при цьому дорівнює чотирьом магнетонам Бора. (№2.64)

Домашнє завдання

1. Скориставшись правилами Гунда, знайти число електронів у єдиній незаповненій підоболонці атома, основний терм якого ${}^6S_{5/2}$. (№2.61в)

2. Атом знаходиться в магнітному полі з індукцією $B = 0,25$ Тл. Підрахувати повну величину розщеплення терма а) 1D ; б) 3F_4 . (№2.67)

3. Самостійно розглянути задачі з теми «Елементи ядерної фізики» (https://youtu.be/1IbwTeWbZ_s),
задачник с.153-164