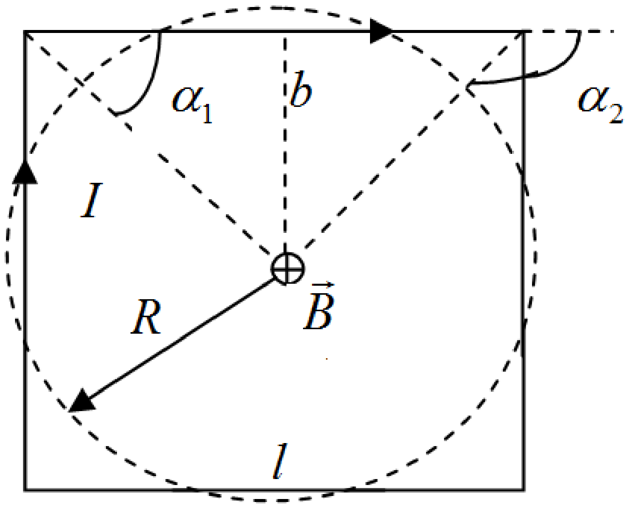
Физика для заочников
Контрольная работа 3
Вариант 9

Задача 309

По тонкому проволочному кольцу течет ток. Не изменяя силы тока в проводнике, ему придали форму квадрата. Во сколько раз изменилась магнитная индукция в центре контура?

Решение:



Значения индукции $\vec{B}$ могут быть определены на основании закона Био–Савара-Лапласа, следствием которого являются простые формулы для токов в проводниках различной конфигурации.

Магнитная индукция в центре кругового проводника с током

$$B_{KP} = \frac{\mu_0 I}{2R},$$

где R – радиус проводника; I – сила тока; μ_0 – магнитная постоянная индукции в центре квадрата по принципу суперпозиции

$$\vec{B}_{KB} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 + \vec{B}_4,$$

где B_1, B_2, B_3, B_4 – индукции, создаваемые каждой из сторон квадрата.

Из соображений симметрии абсолютные значения всех четырех индукций одинаковы. Нетрудно убедиться, что и направления всех четырех векторов совпадают. Поэтому, используя известные формулы для индукции магнитного поля, создаваемой отрезком проводника, можно записать

$$B_{KB} = 4B_1 = 4\frac{\mu_0 I}{4\pi b}(\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2),$$

где b – расстояние от проводника до точки наблюдения; α_1 и α_2 – углы, образованные направлением тока и радиус-вектором, проведенными от концов проводника к точке наблюдения. Так как

$b = l/2 = (2\pi R/4)/2 = \pi R/4$ и $\alpha_1 = 45^0$, $\alpha_2 = 135^0$, то

$$B_1 = \frac{2\mu_0 I}{\sqrt{2}\pi^2 R}, \qquad B_{КБ} = \frac{8\mu_0 I}{\sqrt{2}\pi^2 R}.$$

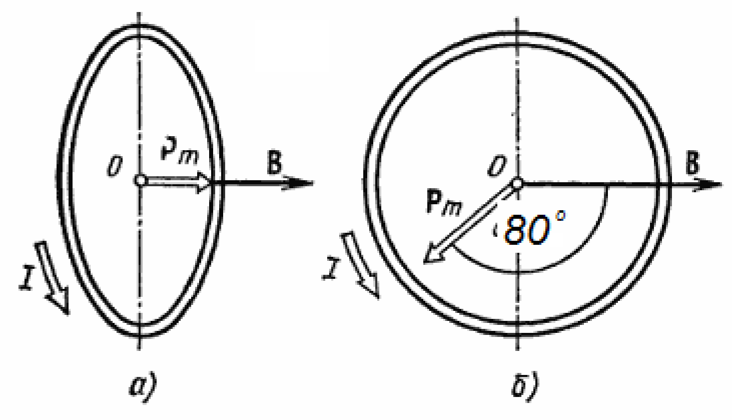
Отношение индукций $\dfrac{B_{КВ}}{B_{КР}} = \dfrac{8\sqrt{2}}{\pi^2} = 1{,}146$.

Ответ: в 1,146 раз.

Задача 319

Виток, в котором поддерживается постоянная сила тока I = 2 А, расположен в плоскости магнитного меридиана. Диаметр витка D = 50 см. Какую работу надо совершить для того, чтобы повернуть виток относительно оси, совпадающей с диаметром на угол $\alpha = 80°$?

Решение:



При медленном повороте витка в магнитном поле индукционными токами можно пренебречь и считать ток в контуре неизменным. Работа сил поля в этом случае определяется как:

$$A = I \cdot (\Phi_2 - \Phi_1),$$

где Φ_1 и Φ_2 – магнитные потоки, пронизывающие виток в начальном и конечном положениях.

Работа внешних сил будет противоположна по знаку

$$A_{вн} = I \cdot (\Phi_1 - \Phi_2) \quad (1).$$

Так как в начальном положении виток расположен в плоскости магнитного меридиана (положение устойчивого равновесия), то момент внешних сил, действующий на контур, равен нулю. В этом положении вектор магнитного момента $\overline{p}_m$ витка сонаправлен с вектором $\overline{B}$ и магнитный поток $Ф_1$ максимален ($\alpha = 0$, $\cos\alpha = 1$), т. е. $\Phi_1 = BS$ (где S – площадь витка). В конечном положении вектор $\overline{p}_m$ составляет с вектором $\overline{B}$ 80 градусов и $\Phi_1 = BS\cos 80°$.

Перепишем выражение (1) с учетом сделанных замечаний:

$$A_{вн} = I \cdot (\Phi_1 - \Phi_2) = I \cdot BS(1 - \cos 80°).$$

Так как площадь контура $S = \dfrac{\pi d^2}{4}$, то работа

$$A_{вн} = I \cdot B \cdot \frac{\pi d^2}{4}(1 - \cos 80°).$$

Магнитная индукция B в центре кольца равна горизонтальной составляющей магнитного поля Земли $B_Г = 20 \cdot 10^{-6} Тл$, тогда

$$A_{вн} = I \cdot B_Г \cdot \frac{\pi d^2}{4}\left(1-\cos 80°\right).$$

Произведем вычисления:

$$A_{вн} = 2\ А \cdot 20 \cdot 10^{-6} Тл \cdot \frac{\pi \cdot \left(0.5\ м\right)}{4} \cdot \left(1-\cos 80°\right) \approx$$

$$\approx 12.98 \cdot 10^{-6}\ Дж = 12.98\ мкДж.$$

Ответ: $A_{вн} = 12.98\ мкДж.$

Задача 329

Электрон, ускоренный разностью потенциалов 300 В, движется параллельно прямолинейному проводнику на расстоянии 9 мм от него. Какая сила будет действовать на электрон, если по проводнику пустить ток 10 А?

Решение:

На электрон, движущийся в магнитном поле проводника, действует сила Лоренца:

$$F_л = evB\sin\alpha.$$

Силовая линия вектора B перпендикулярна скорости, т.е.

$$\alpha = 90^\circ,\ \sin\alpha = 1.$$

Скорость найдем из закона сохранения энергии:

$$eU = \frac{mv^2}{2},\text{ откуда } v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}.$$

Магнитная индукция бесконечно длинного прямого провода

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}.$$

Сила Лоренца после подстановки всех величин равна:

$$F_л = evB\sin\alpha = e\sqrt{\frac{2eU}{m}}\cdot\frac{\mu_0 I}{2\pi a}.$$

Подставляем значения:

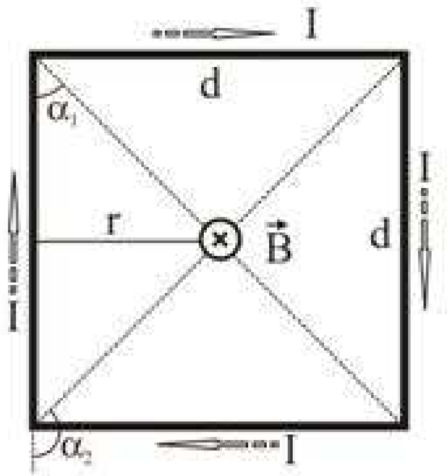
$$F_л = 1.6\cdot10^{-19}\ Кл\sqrt{\frac{2\cdot1.6\cdot10^{-19}\ Кл\cdot300\ В}{9.1\cdot10^{-31}\ кг}}\cdot\frac{4\cdot10^{-7}\ Гн/м\cdot10\ А}{2\cdot9\cdot10^{-3}\ м} \approx 3.652\cdot10^{-16}\ Н.$$

Ответ: $F_л = 3.652\cdot10^{-16}\ Н.$

Задача 339

По проводнику в форме квадрата со стороной *d = 10 см* протекает ток I = 0,6 А. Определить объемную плотность энергии в точке пересечения диагоналей квадрата.

Решение:



Отметим, что поле в данном случае будет симметричным относительно центра квадрата. Если квадрат представить в виде четырёх проводников конечной длины *d*, то векторы магнитной индукции будут: во-первых, одинаковы по модулю, во-вторых, – направлены в одну сторону, а линии их действия расположатся на одной прямой. Результирующий же вектор магнитной индукции B определится в виде геометрической суммы

$$\overline{B} = \overline{B_1} + \overline{B_2} + \overline{B_3} + \overline{B_4}.$$

Определим модуль вектора индукции от одного отрезка проводника:

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{4\pi r}\left(\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2\right),$$

где $\alpha_1 = 45°$, $\alpha_2 = 135°$.

Другими словами:

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{4\pi r}\left(\cos 45° - \cos 135°\right) = \frac{\mu_0 I}{4\pi r}\cdot\sqrt{2}.$$

Расстояние от точки пересечения диагоналей квадрата до проводника равно r = d/2, следовательно:

$$B_1 = \frac{2\sqrt{2}\mu_0 I}{4\pi d}.$$

Подставим значение $B_1 = B_2 = B_3 = B_4$ в первое уравнение:

$$B = 4B_1 = \frac{8\sqrt{2}\mu_0 I}{4\pi d}.$$

Объемная плотность энергии магнитного поля равна:

$$w=\frac{B^2}{2\mu_0}=\frac{\left(\frac{8\sqrt{2}\mu_0 I}{4\pi d}\right)^2}{2\mu_0}=\frac{\left(8\sqrt{2}\mu_0 I\right)^2}{\left(4\pi d\right)^2 2\mu_0}=\frac{\left(8\sqrt{2}I\right)^2\mu_0}{2\left(4\pi d\right)^2}.$$

Подставляем значения:

$$w=\frac{\left(8\sqrt{2}\cdot 0.6\ A\right)^2\cdot 4\pi\cdot 10^{-7}\ Гн/м}{2\cdot\left(4\cdot\pi\cdot 0.1\,м\right)^2}\approx 1.833\cdot 10^{-5}\ Дж/м^3.$$

Ответ: $w=1.833\cdot 10^{-5}\ Дж/м^3$.

Задача 349

Определить показатель преломления стекла, из которого изготовлена двояковыпуклая линза с радиусами кривизны поверхностей 20 см, если действительное изображение предмета, расположенного на расстоянии 25 см от линзы, получилось на расстоянии 1 м от нее.

Решение:

Оптическая сила тонкой линзы определяется формулой:

$$D=\frac{1}{F}=(n-1)\cdot\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right),$$

где n – показатель преломления линзы, F – фокусное расстояние линзы, R_1 и R_2 – радиусы кривизны ее поверхностей.

С другой стороны, формула тонкой линзы:

$$\frac{1}{F}=\frac{1}{a}+\frac{1}{b},$$

где a – расстояние от предмета до линзы, b – расстояние от линзы до изображения.

В результате

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=(n-1)\cdot\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)$$

$$n=\frac{\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)}{\frac{1}{a}+\frac{1}{b}}+1=\frac{\frac{R_1+R_2}{R_1R_2}}{\frac{a+b}{ab}}+1=\frac{(R_1+R_2)ab}{R_1R_2(a+b)}+1.$$

Подставляем значения:

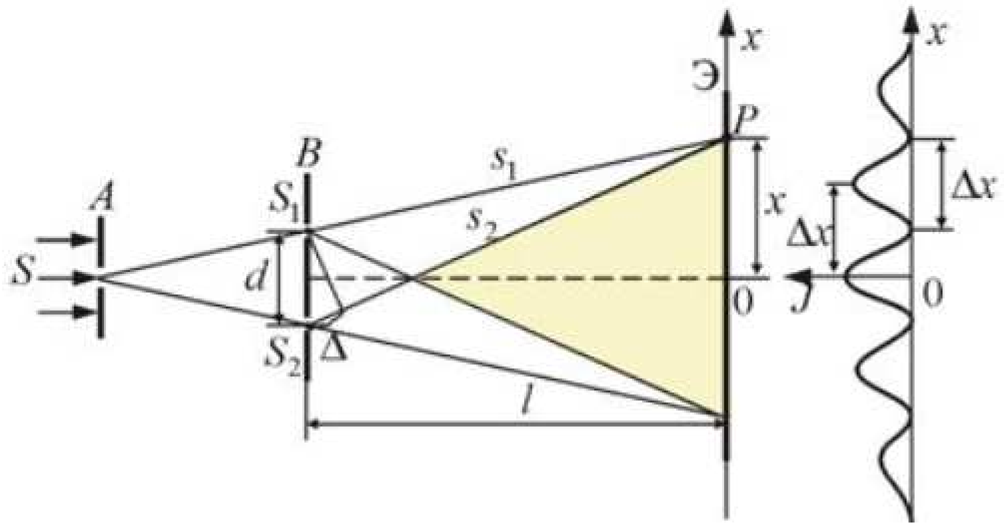
$$n=\frac{(0.2+0.2)\cdot 0.25\cdot 1}{0.2\cdot 0.2\cdot(0.25+1)}+1=3.$$

Ответ: n = 3.

Задача 359

Два точечных когерентных источника, расстояние между которыми равно 0,35 мм, излучают свет с длиной волны 0,5 мкм и одинаковой начальной фазой. Определить ширину светлых полос на экране, если расстояние от источников до экрана равно 1,5 м.

Решение:



Расстояние между двумя соседними максимумами (или минимумами) или ширина интерференционных полос равно:

$$\Delta x = \frac{l}{d}\lambda_0,$$

где l – расстояние от источников до экрана, d – расстояние между источниками света, λ_0 – длина волны излучаемого света.

В результате

$$\Delta x = \frac{1.5\ м}{0.35 \cdot 10^{-3}\ м} \cdot 0.5 \cdot 10^{-6}\ м \approx 2.14 \cdot 10^{-3}\ м = 2.14\ мм.$$

Ответ: $\Delta x = 2.14\ мм$.

Задача 369

Дифракционная решетка шириной 2,5 см имеет период равный 2 мкм. Какую разность длин волн может разрешить эта решетка в желтой области спектра (λ = 0,6 мкм) в спектре второго порядка?

Решение:

Разрешающая способность дифракционной решетки определяется формулой:

$$\frac{\lambda}{\Delta\lambda} = kN = k\frac{a}{d}, \text{ откуда } \Delta\lambda = \frac{\lambda d}{ka},$$

где a – ширина решетки, d – период решетки.

Имеем k = 2, тогда

$$\Delta\lambda = \frac{0.6\cdot 10^{-6}\ \text{м}\cdot 2\cdot 10^{-6}\ \text{м}}{2\cdot 2.5\cdot 10^{-2}\ \text{м}} = 0.24\cdot 10^{-10}\ \text{м} = 24\ \text{пм}.$$

Ответ: $\Delta\lambda = 24\ \text{пм}.$

Задача 379

Пластинка кварца толщиной 1 мм поворачивает плоскость поляризации монохроматического света на 26,5°. Пластинку, изготовленную из того же материала, но имеющую другую толщину, помещают между поляроидами, плоскости пропускания которых взаимно перпендикулярны. При какой наименьшей толщине пластинки система будет максимально пропускать свет?

Решение:

Угол поворота плоскости поляризации кварцевой пластинкой определяется выражением:

$$\varphi = \alpha d \text{, откуда } \alpha = \frac{\varphi}{d},$$

где α – постоянная вращения, d – толщина пластины.

Для того, чтобы свет проходил максимально, необходимо повернуть плоскость поляризации на угол 90°, так как поляроиды взаимно перпендикулярны, поэтому

$$\varphi_1 = \alpha L \text{, откуда } L = \frac{\varphi_1}{\alpha} = \frac{\varphi_1}{\varphi} d .$$

Угол φ может принимать значения 90°, 90+360°, 90+720°…, но минимальная толщина пластины будет при угле 90°, тогда:

$$L_{\min} = \frac{90°}{26.5°} \cdot 1\ мм \approx 3.4\ мм .$$

Ответ: $L_{\min} = 3.4\ мм$.

Контрольная работа 4

Задача 408

Абсолютно черное тело имеет температуру T_1 = 500 К. Какова будет температура T_2 тела, если в результате нагревания поток излучения увеличится в n = 5 раз?

Решение:

Энергия, излучаемая за 1 с с единицы поверхности абсолютно черного тела, определяется формулой Стефана-Больцмана:

$$R_T = \sigma T^4,$$

где $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \dfrac{Вт}{м^2 \cdot K^4}$.

Поэтому

$\dfrac{R_{T2}}{R_{T1}} = \dfrac{\sigma T_2^4}{\sigma T_1^4} = \left(\dfrac{T_2}{T_1}\right)^4 = n = 5$, откуда

$T_2 = T_1 \cdot \sqrt[4]{n} = 500\ K \cdot \sqrt[4]{5} \approx 747.7\ K$.

Ответ: $T_2 = 747.7\ K$.

Задача 417

Какова должна быть длина волны γ - лучей, падающих на платиновую пластинку, чтобы максимальная скорость фотоэлектронов была равна $V_{max} = 2\cdot 10^6$ м/с?

Решение:

Формула Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h\nu = A + T_{max},$$

где $h\nu = \dfrac{hc}{\lambda}$ – энергия фотона, А = 5,3 эВ – работа выхода электронов для платины, T_{max} – кинетическая энергия электрона.

Так как скорость электрона $2\cdot 10^6$ м/с много меньше скорости света (в 150 раз), то можно полагать (в соответствии с классической теорией), что

$$T_{max} = \frac{m_0 \cdot \upsilon_{max}^2}{2},$$

где m_0 – масса покоя электрона.

В результате $\dfrac{hc}{\lambda} = A + \dfrac{m_0 \cdot \upsilon_{max}^2}{2}$, откуда $\lambda = \dfrac{hc}{A + \dfrac{m_0 \cdot \upsilon_{max}^2}{2}}$.

Выражаем работу выхода электронов в Дж, тогда

$$\lambda = \frac{6.6\cdot 10^{-34}\cdot 3\cdot 10^8}{5.3\cdot 1.6\cdot 10^{-19} + \dfrac{9.1\cdot 10^{-31}\cdot (2\cdot 10^6)^2}{2}} \approx 7.42\cdot 10^{-8}$$ м или 74.2 нм.

Ответ: λ = 74.2 нм.

Задача 427

Определить угол, на который был рассеян γ - квант с энергией ε_1 = 1,53 МэВ при эффекте Комптона, если кинетическая энергия электрона отдачи Ек = 0,51 МэВ.

Решение:

Рассмотрим взаимодействие падающего на вещество фотона (кванта), обладающего в соответствии с формулой Планка энергией:

$$W_ф = h\nu = h\frac{c}{\lambda},$$

где $h = 6,63\cdot 10^{-34}$ $Дж\cdot с$ – постоянная Планка, ν – частота излучения, $c = 3\cdot 10^{8}\ ^{м}/_{с}$ – скорость света, $\nu = \dfrac{c}{\lambda}$ – формула, связывающая частоту колебания с длиной волны λ,

и импульсом:

$$p_ф = mc = \frac{W_ф}{c} = h\frac{c}{\lambda}\cdot\frac{1}{c} = \frac{h}{\lambda} \quad (1)$$

со свободным покоящимся электроном с энергией (в соответствии с формулой Эйнштейна)

$$W_0 = mc^2 .$$

В результате рассеяния фотона на электроне энергия и импульс фотона становятся равными:

$$W_ф' = h\nu'$$

$$p_ф' = \frac{W_ф'}{c} = \frac{h\nu'}{c} \quad (2).$$

Электрон при этом приобретает импульс p_e и энергию

$$W = mc^2,$$

где $m = \dfrac{m_0}{\sqrt{1-\dfrac{\upsilon^2}{c^2}}}$ – масса движущегося электрона.

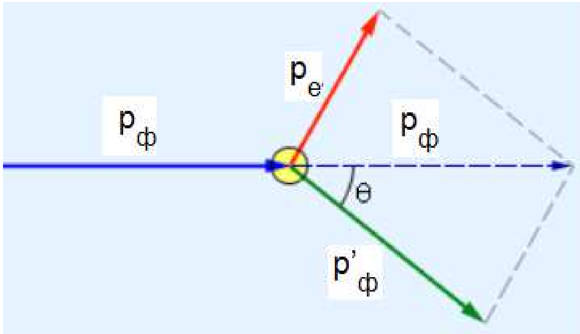
Подставляя в выражение $m = \dfrac{m_0}{\sqrt{1-\dfrac{\upsilon^2}{c^2}}}$ скорость как $\upsilon = p_e / m$ и возводя в квадрат, получаем:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\dfrac{\upsilon^2}{c^2}}} \Rightarrow m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\dfrac{p_e^{\ 2}}{m^2c^2}}} \Rightarrow m^2c^2 = p_e^{\ 2} + m_0^{\ 2}c^2 \Rightarrow W^2 = p_e^{\ 2}c^2 + E_{e0}^{\ \ 2}.$$

Выражаем импульс электрона:

$$p_e = \sqrt{\frac{W^2 - E_{e0}{}^2}{c^2}} = \frac{1}{c}\sqrt{W^2 - W_0{}^2} \qquad (3).$$

Векторная диаграмма импульсов при рассеянии показана на рисунке. Эта диаграмма выражает закон сохранения импульса:



Из рисунка видно, что:

$$p_e{}^2 = p_\phi{}^2 - 2p_\phi p_\phi{}'\cos\theta + p_\phi{}'^2, \text{ откуда}$$

$$\cos\theta = \frac{p_\phi{}^2 + p_\phi{}'^2 - p_e{}^2}{2p_\phi p_\phi{}'} \qquad (4).$$

Запишем закон сохранения энергии:

$$W_0 + W_\phi = W + W_\phi{}', \text{ откуда } W_\phi{}' = W_0 + W_\phi - W \qquad (5).$$

Подставим (1), (2), (3), (5) в (4) и получим:

$$\cos\theta = \frac{\left(\frac{W_\phi}{c}\right)^2 + \left(\frac{W_\phi{}'}{c}\right)^2 - \left(\frac{1}{c}\sqrt{W^2 - W_0{}^2}\right)^2}{2\cdot\frac{W_\phi}{c}\cdot\frac{W_\phi{}'}{c}} = \frac{W_\phi{}^2 + W_\phi{}'^2 - W^2 + W_0{}^2}{2\cdot W_\phi \cdot W_\phi{}'}.$$

Подставляем значения условию:

$$W_\phi = 1.53\ \text{Мэв} = 2.448\cdot 10^{-13}\ \text{Дж}$$

$$W_0 = 9.1\cdot 10^{-31}\cdot\left(3\cdot 10^8\right)^2 \approx 0.819\cdot 10^{-13}\ \text{Дж},$$

$$W = 0.51\ \text{Мэв} = 0.816\cdot 10^{-13}\ \text{Дж},$$

$$W_\phi{}' = (0.819 + 2.448 - 0.816)\cdot 10^{-13} \approx 2.451\ \text{Дж}.$$

$$\cos\theta = \frac{2.448^2 + 2.451^2 - 0.816^2 + 0.819^2}{2\cdot 2.448\cdot 2.451} \approx 1, \text{ откуда } \theta = \arccos(1) = 0^\circ.$$

Ответ: $\theta = 0^\circ$.

Задача 438

Определить энергию первого возбужденного и невозбужденного уровней атома водорода.

Решение:

Полная энергия электрона в атоме водорода:

$$E_n = -\frac{me^4}{8\varepsilon_o^2 h^2}\cdot\frac{1}{n^2},$$

где n – номер энергетического уровня.

Для невозбужденного состояния n = 1:

$$E_1 = -\frac{me^4}{8\varepsilon_o^2 h^2} = -\frac{9.1\cdot 10^{-31}\ \text{кг}\cdot\left(1.6\cdot 10^{-19}\ \text{Кл}\right)^4}{8\cdot\left(8.85\cdot 10^{-12}\ \text{Ф}/\text{м}\right)^2\cdot\left(6.67\cdot 10^{-34}\ \text{Дж}/\text{с}\right)^2} \approx$$

$$\approx -21.76\cdot 10^{-19}\ \text{Дж} = -13.6\ \text{эВ}.$$

Для первого возбужденного состояния n = 2:

$$E_2 = -\frac{me^4}{8\varepsilon_o^2 h^2}\cdot\frac{1}{2^2} = -13.6\ \text{эВ}\cdot\frac{1}{4} = -3.4\ \text{эВ}.$$

Ответ: $E_1 = -13.6\ \text{эВ}$, $E_2 = -3.4\ \text{эВ}$.

Задача 449

Определить неопределенность ΔX координаты электрона, движущегося в атоме водорода по второй боровской орбите, если неопределенность скорости $\Delta V = 0{,}1 \cdot V$.

Решение:

Воспользуемся первым соотношением неопределённостей Гейзенберга:

$$\Delta p_x \Delta x \geq \hbar \text{, откуда } \Delta x = \frac{\hbar}{\Delta p_x}, \quad (1)$$

где $\hbar = \dfrac{h}{2\pi}$ – приведенная постоянная Планка, $h = 6.6 \cdot 10^{-34}$ *Дж* $\cdot$ *с* – постоянная Планка, Δx – неопределенность координаты.

Имеем, что $\Delta p_x = m\Delta v$. Для определения скорости электрона на второй боровской орбите запишем второй закон Ньютона:

$$ma = F,$$

где $a = \dfrac{v^2}{R}$ – центростремительное ускорение, $F = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{e^2}{R^2}$ – сила Кулона.

В результате

$$m\frac{v^2}{R} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{R^2} \text{ или } mv^2R = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0}.$$

Согласно первому постулату Бора

$$mvR = \frac{nh}{2\pi} = n\hbar \text{, тогда}$$

$$\frac{mv^2R}{mvR} = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 n\hbar} \quad \Rightarrow \quad v = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 n\hbar}.$$

Возвращаемся к (1):

$$\Delta x = \frac{\hbar}{\Delta p_x} = \frac{\hbar}{m\Delta v} = \frac{\hbar}{m \cdot 0.1\dfrac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 n\hbar}} = \frac{\hbar^2 \cdot 4\pi\varepsilon_0 n}{m \cdot 0.1 e^2}.$$

Так как n = 2 (вторая боровская орбита), то:

$$\Delta x = \frac{\left(\dfrac{6.6 \cdot 10^{-34}\ \textit{Дж} \cdot c}{2\pi}\right)^2 \cdot 4\pi \cdot 8.85 \cdot 10^{-12}\ \textit{Ф}/\textit{м} \cdot 2}{9.1 \cdot 10^{-31}\ \textit{кг} \cdot 0.1 \cdot \left(1.6 \cdot 10^{-19}\ \textit{Кл}\right)^2} \approx 1.053 \cdot 10^{-9}\ \textit{м}.$$

Ответ: $\Delta x = 1.053 \cdot 10^{-9}$ *м*.

Задача 450

Найти постоянную распада радона, если за сутки число атомов радона уменьшается на 18,2%.

Решение:

Число атомов радиоактивного вещества dN, распадающихся за время dt, пропорционально числу имеющихся атомов и определяется соотношением:

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N \text{ или } \frac{dN}{N} = -\lambda dt.$$

Интегрируем полученное выражение:

$$\int \frac{dN}{N} = -\lambda \int dt \quad \Rightarrow \quad \ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda t, \text{ откуда}$$

$$\lambda = -\frac{\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)}{t}. \quad (1)$$

По условию задачи

$N = (1-x)N_0 = (1-0.182)N_0 = 0.818N_0$, тогда

$$\lambda = -\frac{\ln\left(\frac{0.818N_0}{N_0}\right)}{24 \cdot 3600\, c} \approx 2.325 \cdot 10^{-6}\, c^{-1}.$$

Ответ: $\lambda = 2.325 \cdot 10^{-6}\, c^{-1}$.

Задача 467

Определить дефект массы и энергию связи ядра $^{16}_{8}O$.

Решение:

Масса атома водорода $m(^{1}_{1}H)$ = 1,00783 а.е.м.; масса нейтрона m_n = 1,00867 а.е.м.; масса атома кислорода $m(^{16}_{8}O)$ = 15,99977 а.е.м.; Z = 8; A = 16.

Дефект массы Δm ядра определяется по формуле

$$\Delta m = Zm_{^{1}_{1}H} + (A - Z)m_n - m_a. \quad (1)$$

где m_a – масса атома.

Подставляя в (1) числовые данные, получим

$$\Delta m = 8 \times 1{,}00783 \text{ а.е.м.} + (16 - 8) \times 1{,}00867 \text{ а.е.м.} - 15{,}99491 \text{ а.е.м.} = 0{,}13709 \text{ а.е.м.}$$

Энергия связи ядра определяется по формуле

$$E_{св} = c^2\Delta m. \quad (2)$$

Если дефект массы Δm выражать в а. е. м., а энергию связи $E_{св}$ в МэВ, то формула (2) примет вид

$$E_{св} = 931 \times \Delta m. \quad (3)$$

Подставляя в (3) числовые значения, получим

$$E_{св} = 931 \times 0{,}13709 = 127{,}63 \text{ (МэВ)}.$$

Ответ: Δm = 0,13709 а. е. м.; $E_{св}$ = 127,63 МэВ.

Задача 471

Определить энергию, освобождающуюся при реакции

$$^{6}_{3}\text{Li}(\text{p},\alpha)^{3}_{2}\text{He}$$

Решение:

Реакция имеет вид:

$$^{6}_{3}Li+{}^{1}_{1}p={}^{3}_{2}He+{}^{4}_{2}He.$$

Дефект массы:

$$\Delta m=m\left({}^{6}_{3}Li\right)+m\left({}^{1}_{1}p\right)-m\left({}^{3}_{2}He\right)-m\left({}^{4}_{2}He\right)=$$

$$=6.01513+1.00728-3.01603-4.0026=0.00378\ а.е.м.$$

Если дефект массы Δm выражать в а. е. м., а энергию связи $E_{св}$ в МэВ, то:

$$E = 931 \times \Delta m.$$

Подставляя числовые значения, получим

$$E = 931 \times 0{,}00378 = 3{,}52\ (МэВ).$$

Ответ: E = 3,52 МэВ.