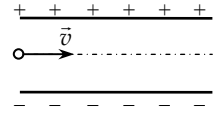


Квантовая физика, комбинированные задачи 2005 (С5, С6)

- Образец, содержащий радий, за $\Delta t = 1$ с испускает $N = 3,7 \cdot 10^{10}$ α -частиц, обладающих скоростью $v = 1,5 \cdot 10^7$ м/с. За какое время выделится энергия $E = 100$ Дж? Энергией отдачи ядер, γ -излучением и релятивистскими эффектами пренебречь. Ответ: $t = 2E\Delta t / (Nmv^2) \approx 1$ час.
- Образец, содержащий радий, испускает α -частицы, обладающие импульсом $p = 1,0 \cdot 10^{-19}$ кг·м/с. За $t = 1$ час выделяется энергия $E = 100$ Дж. Сколько α -частиц испускает образец за $\Delta t = 1$ с? Энергией отдачи ядер, γ -излучением и релятивистскими эффектами пренебречь. Ответ: $N = 2mE\Delta t / (tp^2) \approx 3,7 \cdot 10^{10}$.
- Образец, содержащий радий, испускает α -частицы, обладающие скоростью $v = 1,5 \cdot 10^7$ м/с. За $t = 1$ час выделяется энергия $E = 100$ Дж. Сколько α -частиц испускает образец за $\Delta t = 1$ с? Энергией отдачи ядер, γ -излучением и релятивистскими эффектами пренебречь. Ответ: $N = 2E\Delta t / (tmv^2) \approx 3,7 \cdot 10^{10}$.
- Образец, содержащий радий, за $\Delta t = 1$ с испускает $N = 3,7 \cdot 10^{10}$ α -частиц, обладающие импульсом $p = 1,0 \cdot 10^{-19}$ кг·м/с. Найдите энергию, выделяющуюся за $t = 1$ час. Энергией отдачи ядер, γ -излучением и релятивистскими эффектами пренебречь. Ответ: $E = tNp^2 / (2m\Delta t) \approx 100$ Дж.
- В массивном образце, содержащем радий, за $\Delta t = 1$ с испускает $N = 3,7 \cdot 10^{10}$ α -частиц, обладающих скоростью $v = 1,5 \cdot 10^7$ м/с. Найдите энергию, выделяющуюся за $t = 1$ час. Энергией отдачи ядер, γ -излучением и релятивистскими эффектами пренебречь. Ответ: $E = tNmv^2 / (2\Delta t) \approx 100$ Дж.
- Ядро покоящегося нейтрального атома, находясь в однородном магнитном поле индукцией B , испытывает α -распад. При этом рождаются α -частица и тяжелый ион нового элемента. Масс α -частицы равна m_α , ее заряд равен $2e$, масса тяжелого иона равна M . Выделившаяся при α -распаде энергия ΔE целиком переходит в кинетическую энергию продуктов реакции. Трек тяжелого иона находится в плоскости, перпендикулярной направлению магнитного поля. Начальная часть этого трека напоминает дугу окружности. Найдите радиус этой окружности. Ответ:
$$R = \frac{1}{2eB} \sqrt{\frac{2m_\alpha M \cdot \Delta E}{M + m_\alpha}}$$
- Ядро покоящегося нейтрального атома, находясь в однородном магнитном поле, испытывает α -распад. При этом рождаются α -частица и тяжелый ион нового элемента. Масс α -частицы равна m_α , ее заряд равен $2e$, масса тяжелого иона равна M . Выделившаяся при α -распаде энергия ΔE целиком переходит в кинетическую энергию продуктов реакции. Трек тяжелого иона находится в плоскости, перпендикулярной направлению магнитного поля. Начальная часть этого трека напоминает дугу окружности радиусом R . Найдите индукцию магнитного поля. Ответ:
$$B = \frac{1}{2eR} \sqrt{\frac{2m_\alpha M \cdot \Delta E}{M + m_\alpha}}$$
- Ядро покоящегося нейтрального атома, находясь в однородном магнитном поле индукцией B , испытывает α -распад. При этом рождаются α -частица и тяжелый ион нового элемента. Масс α -частицы равна m_α , ее заряд равен $2e$. Выделившаяся при α -распаде энергия ΔE целиком переходит в кинетическую энергию продуктов реакции. Трек тяжелого иона находится в плоскости, перпендикулярной направлению магнитного поля. Начальная часть этого трека напоминает дугу окружности радиусом R . Найдите модуль отношения заряда к массе $\left| \frac{q}{M} \right|$ для тяжелого иона. Ответ:
$$\left| \frac{q}{M} \right| = \frac{2e}{m_\alpha} \left(\frac{2m_\alpha \Delta E}{(2eBR)^2} - 1 \right)$$
- Ядро покоящегося нейтрального атома, находясь в однородном магнитном поле индукцией B , испытывает α -распад. При этом рождаются α -частица и тяжелый ион нового элемента. Масс α -частицы равна m_α , ее заряд равен $2e$. Выделившаяся при α -распаде энергия ΔE целиком переходит в кинетическую энергию продуктов реакции. Трек тяжелого иона находится в плоскости, перпендикулярной направлению магнитного поля. Начальная часть этого трека напоминает дугу окружности радиусом R . Найдите массу M тяжелого иона. Ответ:
$$M = \frac{m_\alpha (2eBR)^2}{2m_\alpha \Delta E - (2eBR)^2}$$
- Ядро покоящегося нейтрального атома, находясь в однородном магнитном поле индукцией B , испытывает α -распад. При этом рождаются α -частица и тяжелый ион нового элемента. Масс α -частицы равна m_α , ее заряд равен $2e$, масса тяжелого иона равна M . Трек тяжелого иона находится в плоскости, перпендикулярной направлению магнитного поля. Начальная часть этого трека напоминает дугу окружности радиусом R . Найдите выделившуюся при α -распаде энергию ΔE , считая, что она целиком переходит в кинетическую энергию продуктов реакции. Ответ:
$$\Delta E = \frac{(2eBR)^2}{2m_\alpha} \left(1 + \frac{m_\alpha}{M} \right)$$
- Для увеличения яркости изображения слабых источников света используется вакуумный прибор – электронно-оптический преобразователь. В этом приборе фотоны, падающие на катод, выбивают из него фотоэлектроны, которые ускоряются разностью потенциалов ΔU и бомбардируют флуоресцирующий экран, рождающий вспышку света при попадании каждого электрона. Длина волны для падающего на катод света $\lambda_1 = 820$ нм, а для света, излучаемого экраном, $\lambda_2 = 410$ нм. Каково значение ΔU , если число фотонов на выходе прибора в $N = 500$ раз больше числа фотонов, падающих на катод? Считать, что один фотоэлектрон рождается при падении на катод в среднем 10 фотонов. Работу выхода электронов $A_{\text{вых}}$ принять равной 1 эВ. Считать, что энергия электронов переходит в энергию света без потерь. Ответ: $\Delta U = 15000$ В
- Для увеличения яркости изображения слабых источников света используется вакуумный прибор – электронно-оптический преобразователь. В этом приборе фотоны, падающие на катод, выбивают из него фотоэлектроны, которые ускоряются разностью потенциалов $\Delta U = 15000$ В и бомбардируют флуоресцирующий экран, рождающий вспышку света при попадании каждого электрона. Длина волны для падающего на катод света $\lambda_1 = 820$ нм, а для света, излучаемого экраном, $\lambda_2 = 410$ нм. Какое количество k фотонов, падающих на катод, приходится в среднем на один выбитый фотоэлектрон, если прибор увеличивает энергию светового излучения, падающего на катод, в $N = 1000$ раз? Работу выхода электронов $A_{\text{вых}}$ принять равной 1 эВ. Считать, что энергия электронов переходит в энергию света без потерь. Ответ: $k = 10$.
- Для увеличения яркости изображения слабых источников света используется вакуумный прибор – электронно-оптический преобразователь. В этом приборе фотоны, падающие на катод, выбивают из него фотоэлектроны, которые ускоряются разностью потенциалов $\Delta U = 15000$ В и бомбардируют флуоресцирующий экран, рождающий вспышку света при попадании каждого электрона. При этом один фотоэлектрон рождается при падении на катод в среднем $k = 10$ фотонов с длиной волны $\lambda_1 = 820$ нм. Какова длина волны λ_2 света, испускаемого экраном, если прибор увеличивает общее число фотонов в $N = 500$ раз? Работу выхода электронов $A_{\text{вых}}$ принять равной 1 эВ. Считать, что энергия электронов переходит в энергию света без потерь. Ответ: $\lambda_2 = 410$ нм.
- Пылинка сферической формы, полностью поглощающая падающий на нее свет, под действием силы притяжения к Солнцу и силы светового давления движется через Солнечную систему равномерно и прямолинейно. Плотность пылинки составляет $5 \cdot 10^2$ кг/м³. Найдите радиус r пылинки. Учесть, что на расстоянии R_0 , равном радиусу орбиты Земли, ускорение a , сообщаемое всем телам силой притяжения Солнца, равно $6 \cdot 10^{-3}$ м/с², а мощность W солнечного излучения, падающего на 1 м² поверхности, перпендикулярной солнечным лучам, составляет 1370 Вт. Ответ: $r = 1,1$ мкм.

15. Пылинка сферической формы, поглощающая весь падающий на нее свет, под действием силы притяжения к Солнцу и силы светового давления движется через Солнечную систему равномерно и прямолинейно. Масса m пылинки составляет 10^{-14} кг. Найдите радиус r пылинки. Учсть, что на расстоянии R_0 , равном радиусу орбиты Земли, ускорение a , сообщаемое всем телам силой притяжения Солнца, равно $6 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}^2$, а мощность W солнечного излучения, падающего на 1 м^2 поверхности, перпендикулярной солнечным лучам, составляет 1370 Вт . Ответ: $r = 2 \text{ мкм}$.
16. Пылинка сферической формы, поглощающая весь падающий на нее свет, под действием силы притяжения к Солнцу и силы светового давления движется через Солнечную систему равномерно и прямолинейно. Радиус r пылинки составляет 1 мкм . Найдите плотность ρ пылинки. Учсть, что на расстоянии R_0 от Солнца, равном радиусу орбиты Земли, ускорение a , сообщаемое всем телам силой притяжения Солнца, равно $6 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}^2$, а мощность W солнечного излучения, падающего на 1 м^2 поверхности, перпендикулярной солнечным лучам, составляет 1370 Вт . Ответ: $\rho = 570 \text{ кг/м}^3$.
17. Пылинка сферической формы, поглощающая весь падающий на нее свет, под действием силы притяжения к Солнцу и силы светового давления движется через Солнечную систему равномерно и прямолинейно. Радиус пылинки $r = 1 \text{ мкм}$. Найдите ее массу m . Учсть, что на расстоянии R_0 от Солнца, равном радиусу орбиты Земли, ускорение a , сообщаемое всем телам силой притяжения Солнца, равно $6 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}^2$, а мощность W солнечного излучения, падающего на 1 м^2 поверхности, перпендикулярной солнечным лучам, составляет 1370 Вт . Ответ: $m = 2 \cdot 10^{-15} \text{ кг}$.

18. Электрон влетает в электрическое поле, созданное двум разноименно заряженными пластинами плоского конденсатора, со скоростью v ($v \ll c$) на равном расстоянии от них (см. рисунок). Расстояние между пластинами d , длина пластин L ($L \gg d$). При какой минимальной разности потенциалов между пластинами конденсатора электрон не вылетит из него? Ответ: $U = md^2v^2/(eL^2)$



19. Электрон влетает в электрическое поле, созданное двум разноименно заряженными пластинами плоского конденсатора, со скоростью v_0 ($v_0 \ll c$) (см. рисунок к задаче 18). Расстояние между пластинами d , длина пластин L ($L \gg d$), разность потенциалов между пластинами $\Delta\phi$. Определите скорость электрона при вылете из конденсатора. Ответ: $v = \sqrt{v_0^2 + \left(\frac{e\Delta\phi L}{mdv_0}\right)^2}$

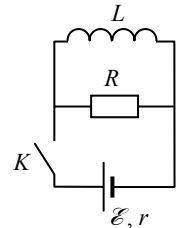
20. Электрон влетает в электрическое поле, созданное двум разноименно заряженными пластинами плоского конденсатора, со скоростью v ($v \ll c$) (см. рисунок к задаче 18). Расстояние между пластинами d , длина пластин L ($L \gg d$), разность потенциалов между пластинами $\Delta\phi$. Определите смещение электрона от первоначального направления при вылете из конденсатора. Ответ: $y = e\Delta\phi L^2/(2mdv^2)$

21. Шарик массой $m = 20 \text{ г}$ подвешен на шелковой нити и помещен над положительно заряженной плоскостью, создающей вертикальное однородное электрическое поле напряженностью $E = 10^4 \text{ В/м}$. Шарик имеет положительный заряд $q = 10^{-5} \text{ Кл}$ период малых колебаний шарика $T = 1 \text{ с}$. Какова длина нити? Ответ: $l = T^2(mg - qE)/(4\pi^2 m) \approx 0,13 \text{ м}$

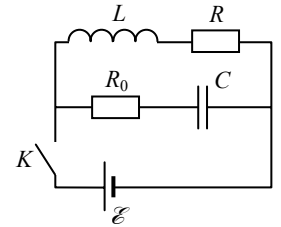
22. В колебательном контуре, состоящем из катушки с индуктивностью L и воздушного конденсатора емкостью C , происходят гармонические колебания силы тока с амплитудой I_0 . В тот момент, когда сила тока в катушке равна нулю, быстро (по сравнению с периодом колебаний) раздвигают пластины конденсатора, так, что его емкость меняется на $\Delta C = 0,01C$. На сколько изменится полная энергия контура? Ответ: $\Delta W = LI_0^2 \Delta C / (2(C - \Delta C)) \approx 0,005 LI_0^2$

23. В сосуде с небольшой трещиной находится воздух, который может просачиваться сквозь трещину. Во время опыта давление воздуха в сосуде уменьшилось в 2 раза, а его абсолютная температура уменьшилась в 4 раза при неизменном объеме. Во сколько раз изменилась внутренняя энергия воздуха в сосуде? (Воздух считать идеальным газом.)
Ответ: уменьшилась в 2 раза.

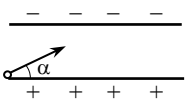
24. Ключ в схеме, показанной на рисунке, в начальный момент был замкнут. Определить количество теплоты, выделившееся на резисторе R после размыкания ключа. Индуктивность катушки $L = 0,2 \text{ Гн}$, сопротивление резистора $R = 100 \text{ Ом}$, величина ЭДС источника $\mathcal{E} = 9 \text{ В}$, его внутреннее сопротивление $r = 3 \text{ Ом}$.
Ответ: $Q = L\mathcal{E}^2/(2r^2) = 0,9 \text{ Дж}$.



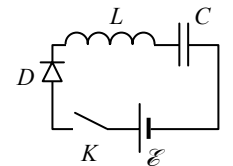
25. Ключ K в схеме, показанной на рисунке, в начальный момент был замкнут. Определить количество теплоты, выделившееся на резисторе R после размыкания ключа. Индуктивность катушки $L = 4 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}$, емкость конденсатора $C = 7 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}$, сопротивление резисторов $R_0 = 10 \text{ Ом}$, $R = 15 \text{ Ом}$, величина ЭДС источника $\mathcal{E} = 450 \text{ В}$. Ответ: $Q = 0,5 \cdot CR\mathcal{E}^2 / (R + R_0) = 4,25 \text{ Дж}$.



26. В плоский конденсатор длиной $L = 5 \text{ см}$ влетает электрон под углом $\alpha = 15^\circ$ к пластинам. Энергия электрона $W = 2,4 \cdot 10^{-16} \text{ Дж}$. Расстояние между пластинами $d = 1 \text{ см}$. Определите разность потенциалов между пластинами конденсатора U , при которой электрон на выходе из конденсатора будет двигаться параллельно его пластинам. Модуль заряда электрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$.
Ответ: $U = (Wd \cdot \sin 2\alpha) / (eL) = 150 \text{ В}$.

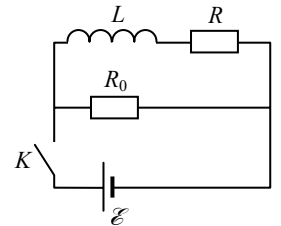


27. В цепи, состоящей из источника тока с ЭДС \mathcal{E} , конденсатора емкости C , катушки индуктивности L и идеального диода D , ключ K первоначально разомкнут. Определите напряжение, до которого зарядится конденсатор после замыкания ключа. Диод считается идеальным, если его сопротивление в прямом направлении бесконечно мало, а в обратном направлении — бесконечно велико. Внутреннее сопротивление источника тока равно нулю. Ответ: $2\mathcal{E}$.



28. Электрическое поле образовано двумя неподвижными, вертикально расположенными, параллельными, разноименно заряженными пластинами, расстояние между которыми $d = 9 \text{ см}$. Напряженность электрического поля между пластинами $E = 10^4 \text{ В/м}$. Между пластинами на равном расстоянии от них помещен шарик с зарядом $q = 2 \text{ мкКл}$ и массой $m = 1 \text{ г}$. После того, как шарик отпустили, он начинает падать. Какую скорость будет иметь шарик, когда коснется одной из пластин?
Ответ: $1,5 \text{ м/с}$.

29. Ключ в схеме, показанной на рисунке, в начальный момент был замкнут. Определить количество теплоты, выделившееся на резисторе R после размыкания ключа. Индуктивность катушки $L = 7 \cdot 10^{-4} \text{ Гн}$, сопротивление резисторов $R_0 = 1,8 \text{ Ом}$, $R = 1,2 \text{ Ом}$, величина ЭДС источника $\mathcal{E} = 50 \text{ В}$. Ответ: $Q = L\mathcal{E}^2 / (2R(R + R_0)) = 0,243 \text{ Дж}$.



30. Препарат активностью $3,9 \cdot 10^{11}$ частиц в секунду помещен в металлический контейнер массой 1 кг . За $\frac{1}{2}$ часа температура контейнера повысилась на $4,6 \text{ К}$. Известно, что данный препарат испускает α -частицы энергией $5,3 \text{ МэВ}$, причем энергия всех α -частиц полностью переходит во внутреннюю энергию контейнера. Найдите удельную теплоемкость металла, из которого изготовлен контейнер. Теплоемкостью препарата и теплообменом с окружающей средой пренебречь. Ответ: $130 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$.

31. Препарат активностью $3,4 \cdot 10^{11}$ частиц в секунду помещен в калориметр, заполненный водой при 293 К . Какую массу воды можно довести до кипения за 3 часа, если известно, что данный препарат испускает α -частицы энергией $5,3 \text{ МэВ}$, причем энергия всех α -частиц полностью поглощается водой. Теплоемкостью препарата и теплообменом с окружающей средой пренебречь. Ответ: $9,3 \text{ г}$.

32. В цилиндре под подвижным поршнем находится газ. Во время опыта газ сжали и охладили так, что его объем уменьшился в 4 раза. Оказалось, что газ мог просачиваться в зазор вокруг поршня, и за время опыта давление газа уменьшилось в 1,5 раза. Во сколько раз изменилась внутренняя энергия газа в цилиндре? (Газ считать идеальным.) Ответ: в 6 раз.