

Задача 1. Материальная точка, имеющая массу $m = 1$ кг, движется по прямой так, что её координата меняется в зависимости от времени t по закону $x(t) = 5 + 10t - 2t^2$ м. Чему равен импульс материальной точки в начальный момент времени $t = 0$?

Решение. Дифференцируя уравнение движения точки, получаем начальную скорость $v_0 = 10$ м/с. Отсюда получаем импульс в начальный момент времени $p_0 = mv_0 = 10$ кг · м/с.

Ответ: $p_0 = 10$ кг · м/с.

Задача 2. Найти силу натяжения T нити, за которую подвешен неподвижный блок, если груз движется вниз с ускорением $a = 2$ м/с², а масса груза $m = 5$ кг.

Решение. Из уравнения движения для груза находим $ma = mg - T_1$, где T_1 — сила натяжения нити, на которой этот груз подвешен. Тогда из второго закона Ньютона для неподвижного блока в проекции на вертикальную ось вычисляем $T = 2T_1 = 2m(g - a) = 80$ Н.

Ответ: $T = 80$ Н

Задача 3. Мячик бросают вертикально вниз с начальной скоростью $v_0 = 10$ м/с с высоты $h = 1$ м. Найдите, на какую максимальную высоту подпрыгнет мячик после упругого соударения с поверхностью земли.

Решение. Из закона сохранения энергии $mgh + mv_0^2/2 = mv^2/2$ можно найти кинетическую энергию мячика сразу после удара с поверхностью. Высота подъёма H может быть вычислена из закона сохранения энергии $mgh = mv^2/2 = mgh + mv_0^2/2$. Окончательно получаем $H = h + \frac{v_0^2}{2g} = 6$ м.

Ответ: $H = 6$ м.

Задача 4. В левое колено U-образной трубки с водой налили столбик масла высотой $H = 20$ см. Плотность масла $\rho_1 = 750$ кг/м³, а воды, соответственно, $\rho_2 = 1000$ кг/м³. Определите, на сколько поднялся уровень воды в правом колене трубки.

Решение. Из условия равенства давлений $\rho_1 g H = 2\rho_2 g \Delta h$ находим $\Delta h = \frac{\rho_1 H}{2\rho_2} = 7,5$ см. *Ответ:* $\Delta h = 7,5$ см.

Задача 5. Шарик, движущийся со скоростью v , налетает на стенку, которая движется навстречу шарiku со скоростью $u = v/2$. Происходит упругий удар. Как и во сколько раз изменится скорость шарика? Считайте, что масса стенки много больше массы шарика. Из приведённого ниже списка выберите два правильных утверждения.

1. Скорость шарика изменится в 1,5 раза.;
2. Скорость шарика изменится в 2 раза.;
3. Скорость шарика увеличилась.;
4. Скорость шарика уменьшилась.

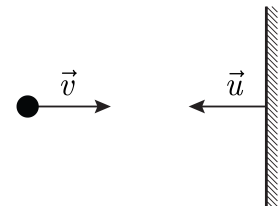
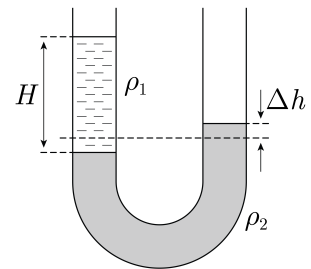
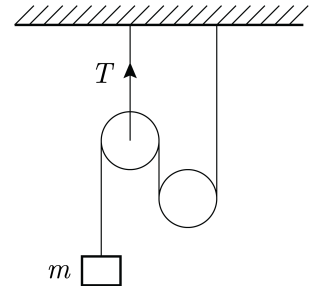
Решение. В системе отсчета стенки скорость шарика по модулю равна $v + u$ и направлена к стенке. После упругого соударения скорость шарика изменится только по направлению. Возвращаясь в лабораторную систему отсчета, находим, что его скорость равна $(v + u) + u = v + 2u = 2v$. Таким образом, скорость шарика увеличилась в два раза.

Ответ: скорость изменит направление на противоположное и увеличится в два раза.

Задача 6. Как изменятся частота и период колебаний пружинного маятника, если сложить пружину пополам, а массу груза увеличить в 4 раза? Выберите верное утверждение для каждой из величин:

1. уменьшится в 2 раза;
2. увеличится в 2 раза;
3. не изменится;
4. уменьшится в 4 раза.

Решение. Жёсткость пружины обратно пропорциональна её длине. Значит, жёсткость каждой половинки равна $2k$, где k — жёсткость исходной пружины. При параллельном соединении двух половинок жёсткость системы равна



$2k + 2k = 4k$. Частота колебаний равна

$$\omega = \sqrt{\frac{4k}{4m}} = \frac{k}{m}.$$

Ответ: частота и период колебаний не изменятся.

Задача 7. Точечный источник света находится на некотором расстоянии от собирающей линзы на ее главной оптической оси. На экране формируется его изображение. Выберите верные утверждения:

1. если перекрыть нижнюю половину линзы, то изображение исчезнет;
2. если разрезать линзу по диаметру на две равные части и раздвинуть на некоторое расстояние симметрично относительно главной оптической оси, то возникнет два изображения;
3. если перекрыть нижнюю половину линзы, то изображение станет более тусклым;
4. если разрезать линзу по диаметру на две равные части и раздвинуть на некоторое расстояние симметрично относительно главной оптической оси, то изображение станет более тусклым.

Решение. Если перекрыть нижнюю половину линзы, то изображение станет более тусклым, поскольку на линзу попадет свет вдвое меньшей интенсивности. Если же разрезать линзу по диаметру на две равные части и раздвинуть на некоторое расстояние симметрично относительно главной оптической оси, то возникнут два изображения: одно от верхней и одно от нижней половинок линзы.

Ответ: 2 и 3.

Задача 8. Температуру идеального одноатомного газа увеличивают так, что среднеквадратичная скорость теплового движения атомов увеличивается в 2 раза. Концентрация газа не изменилась. Как при этом изменилось давление газа?

Решение. Воспользуемся формулой $v = \sqrt{3kT/m}$ для среднеквадратичной скорости. Из этой формулы ясно, что если скорость увеличилась в 2 раза, то температура увеличилась в 4 раза. Из формулы $p = nkT$ тогда следует, что давление увеличилось в 4 раза.

Ответ: увеличилось в 4 раза.

Задача 9. Во сколько раз ускорение свободного падения на расстоянии H от поверхности Земли, равном половине земного радиуса, меньше ускорения свободного падения на поверхности Земли?

Решение. Ускорение свободного падения g' на этой высоте равно

$$g' = \frac{GM}{(R+H)^2} = \frac{GM}{R^2} \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{H}{R}\right)^2} = \frac{g}{\left(1 + \frac{1}{2}\right)^2} = \frac{4}{9}g.$$

Ответ: в $9/4$ раз.

Задача 10. Определить длину нити математического маятника по представленным графикам зависимости смещения и скорости от времени.

Решение. Для математического маятника $\omega = \sqrt{g/l}$. Поскольку $v_{max} =$

$= \omega x_{max}$, находим $l = g \cdot \left(\frac{x_{max}}{v_{max}}\right)^2 = 2,5$ м.

Ответ: 2,5 м.

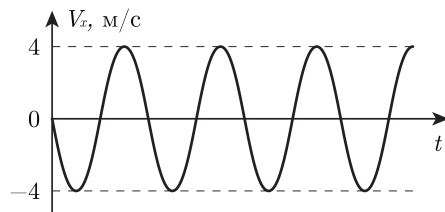
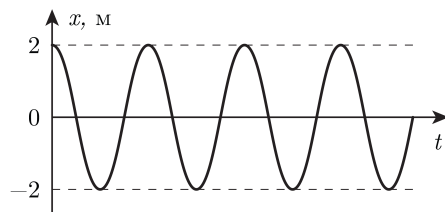
Задача 11. В процессе, проводимом с неизменным количеством молей идеального газа, давление зависит от объема газа по закону $p = \alpha V^{3/2}$, где α — постоянная. Во сколько раз изменяется его абсолютная температура при увеличении давления газа в 8 раз?

Решение. Имеем

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \frac{p_2}{p_1} \cdot \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{2/3} = 8^{5/3} = 32.$$

Ответ: увеличивается в 32 раза.

Задача 12. КПД машины Карно равен 50%. Чему будет равен её КПД, если температуру нагревателя увеличить на 25%, а температуру холодильника уменьшить на 25%?



Решение. Поскольку КПД машины Карно равен $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$, имеем $T_2 = T_1(1 - \eta)$. Отсюда искомый КПД равен

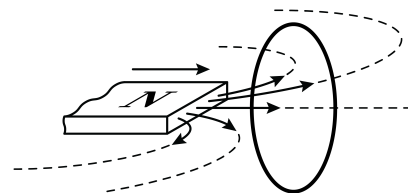
$$\eta' = \frac{\frac{5}{4}T_1 - \frac{3}{4}T_2}{\frac{5}{4}T_1} = 1 - \frac{3}{5} \left(1 - \frac{1}{2}\right) = \frac{7}{10} = 70\%.$$

Ответ: 70%.

Задача 13. Северный полюс магнита приближается к проводящему кольцу.

Куда направлена сила, действующая на кольцо?

Решение. Магнитный поток через кольцо увеличивается, вследствие чего в кольце возникает индукционный ток. По правилу Ленца он имеет такое направление, чтобы препятствовать изменению магнитного потока, а сила Ампера также направлена таким образом, чтобы препятствовать изменению магнитного потока, то есть вправо.

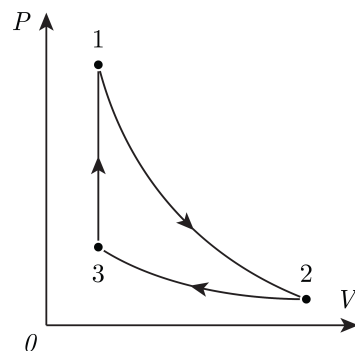


Задача 14. На рисунке представлена PV -диаграмма цикла, проводимого с одним молем идеального одноатомного газа: цикл состоит из адиабатического расширения $1 \rightarrow 2$, изотермического сжатия $2 \rightarrow 3$ и изохорического процесса $3 \rightarrow 1$. КПД цикла равен $\eta = 33,3\%$, а работа, совершенная над газом в изотермическом процессе, равна $A = 831$ Дж. Определите разность максимальной и минимальной температур газа в цикле ΔT .

Решение. В состоянии 1 газ имеет максимальную температуру, а в состоянии 3 — минимальную (это можно понять, мысленно построив семейство изотерм на PV -диаграмме). Подведённая теплота на участке $3 \rightarrow 1$ есть $Q_+ = \frac{3}{2}R\Delta T$, а отводимая на $2 \rightarrow 3$ теплота есть $Q_- = A$. КПД цикла равен

$$\eta = \frac{Q_+ - Q_-}{Q_+} = \frac{\frac{3}{2}R\Delta T - A}{\frac{3}{2}R\Delta T}, \text{ откуда можем найти } \Delta T = \frac{2A}{3R(1 - \eta)} = 100 \text{ К.}$$

Ответ: 100 К.



Задача 15. Горизонтальный стержень лежит на границе двух шероховатых поверхностей так, что одна его половина находится на поверхности с коэффициентом трения μ_1 , а другая — на поверхности с другим коэффициентом трения, равным μ_2 , при этом $\mu_1 < \mu_2$. Какую работу необходимо совершить, чтобы полностью перетащить стержень на поверхность с коэффициентом трения μ_2 ? Выберите правильный ответ:

1. $(\mu_1 + \mu_2)mgl/2$;
2. $(\mu_1 + 3\mu_2)mgl/8$;
3. $(\mu_1 + \mu_2)mgl$;
4. $(3\mu_1 + 2\mu_2)mgl/4$.

Решение. Заметим, что когда на поверхности с коэффициентом трения μ находится часть стержня длины x , сила трения равна $F_{\text{тр}} = \mu mg \frac{x}{l}$. Таким образом, при перетаскивании стержня сила трения в начальный момент равна $F_{\text{тр}0} = \mu_1 mg/2 + \mu_2 mg/2$, а в конечный равна $F_{\text{тр}1} = \mu_2 mg$. Работу можно найти как площадь под графиком зависимости силы трения от доли стержня на второй поверхности с помощью формулы площади трапеции, откуда $A = (\mu_1 + 3\mu_2)mgl/8$.

Ответ: 4.

Задача 16. Положительно заряженный шарик, имеющий массу m и заряд q , подвешен на длинной невесомой нити длины l и совершает малые колебания. Включают внешнее электрическое поле с напряженностью E , направленной вертикально вниз. Выберите верные утверждения:

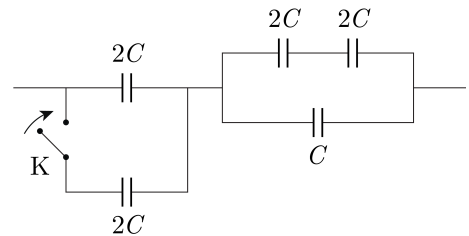
1. При той же амплитуде смещения амплитуда скорости шарика увеличилась;
2. Период и частота малых колебаний шарика зависят только от ускорения свободного падения и длины нити;
3. Период малых колебаний шарика уменьшился.

Решение. Из уравнения движения (уравнения гармонических колебаний) можно найти $\omega = \sqrt{\frac{g + qE/m}{l}}$. Поэтому частота колебаний увеличилась, а значит, период уменьшился.

Задача 17. В схеме, показанной на рисунке, ключ замыкают. Определите, как изменятся ёмкость системы и заряд системы при том же приложенном напряжении.

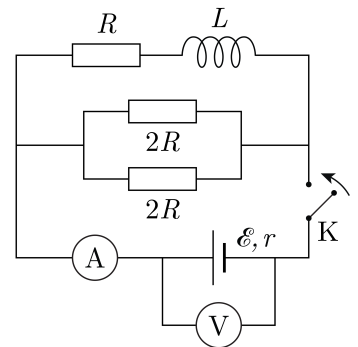
Решение. По правилам вычисления ёмкостей при последовательном и параллельном соединениях вычисляем, что ёмкость системы до замыкания равна C , а после замыкания $4C/3$.

Ответ: ёмкость системы и её заряд увеличатся в $4/3$ раза.



Задача 18. Исследуется электрическая цепь, собранная по схеме, представленной на рисунке. Определите формулы, которые можно использовать для расчетов показаний амперметра и вольтметра сразу после замыкания ключа. Измерительные приборы считайте идеальными. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Показания приборов	Формулы
А) Показания амперметра	1) $\frac{\mathcal{E}}{r + \frac{R}{2}}$
Б) Показания вольтметра	2) $\frac{\mathcal{E}r}{r + R}$
	3) $\frac{\mathcal{E}r}{r + \frac{R}{2}}$
	4) $\frac{\mathcal{E}r}{r + R}$

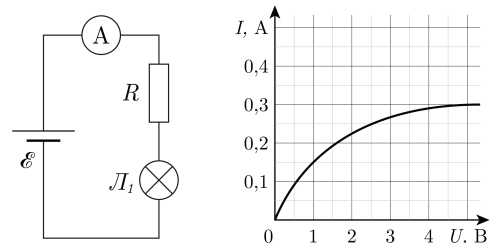


Решение. Сразу после замыкания ключа ток через катушку индуктивности равен нулю. Таким образом, $I = \frac{\mathcal{E}}{r + R}$,

$$U = \frac{\mathcal{E}r}{r + R} + \mathcal{E}.$$

Задача 19. На графике приведена вольт-амперная характеристика лампочки накаливания. Такая лампочка включена в схему, изображенную на рисунке. ЭДС батареи в этой схеме $\mathcal{E} = 2$ В, сопротивление резистора $R = 20/3$ Ом. Чему равны показания амперметра А и напряжение на лампочке? Внутренним сопротивлением батареи и амперметра можно пренебречь.

Решение. Напряжение на лампочке $U_l = \mathcal{E} - I_l R$. Построим на одном графике с ВАХ лампочки нагрузочную прямую: $U_l = 2 - \frac{20}{3} I_l$. Точка пересечения и есть искомое значение $I_A = 0,15$ А, $U_l = 1$ В.



Задача 20. Скорость света в первой среде равна $v_1 = 10^8$ м/с, а во второй $v_2 = 2 \cdot 10^8$ м/с соответственно. Чему равен угол полного внутреннего отражения?

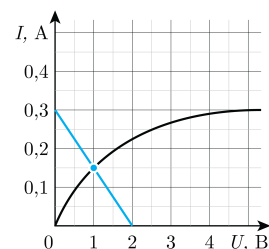
Решение. Скорости света в этих двух средах связаны с их показателями преломления по правилу $v_1 = c/n_1$ и $v_2 = c/n_2$. Синус угла полного внутреннего отражения φ вычисляется по формуле

$$\sin \varphi = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{1}{2},$$

откуда $\varphi = 30^\circ$.

Ответ: 30° .

Задача 21. Водяная двояковогнутая линза представляет собой сосуд, наполненный водой. Предположим, что воду из линзы выливают, а саму линзу (полость которой заполнена воздухом) погружают в аквариум с водой. Как работает линза в первом и втором случаях? К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



Состояние линзы	Характеристика линзы
А) Наполнена водой, находится в аквариуме	1) собирающая
Б) Находится в аквариуме, внутри воздух	2) рассеивающая

Решение. Оптическая сила сферической линзы может быть вычислена по следующей формуле:

$$D = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right).$$

Здесь R_1 и R_2 — радиусы левой и правой сферических поверхностей. Для двояковогнутой линзы

$$D = (n - 1) \left(-\frac{1}{|R_1|} - \frac{1}{|R_2|} \right).$$

Когда линза заполнена водой и находится в воздухе, $n - 1 > 0$, откуда $D < 0$. Когда пустая линза находится в аквариуме, $n' - 1 = 1/n - 1 < 0$, откуда $D > 0$. Таким образом, в первом случае линза рассеивающая, во втором — собирающая.

Ответ: 2.

Задача 22. Собирающая линза имеет фокусное расстояние $F = 40$ см. Предмет расположен на расстоянии $d = 60$ см от линзы. На какое расстояние сместится изображение предмета, если предмет отодвинуть от линзы на расстояние $\Delta d = 20$ см?

Решение. Используем формулу тонкой линзы:

$$\Delta f = \frac{Fd}{d - F} - \frac{F(d + \Delta d)}{d + \Delta d - F} = 40 \text{ см.}$$

Задача 23. Энергия связи электрона в атоме гелия равна $E_{\text{св}} = 24,6$ эВ. Найдите энергию E_1 , необходимую для удаления одного из электронов из атома гелия, и энергию E_2 , необходимую для удаления обоих электронов из атома гелия. Постоянная Ридберга для атома водорода равна $Ry = 13,6$ эВ.

Решение. Энергия связи электрона в атоме гелия — это энергия, необходимая для удаления одного электрона из атома: $E_1 = E_{\text{св}} = 24,6$ эВ. После этого останется водородоподобный атом с $Z = 2$. Уровни энергии в водородоподобном атоме находятся по формуле

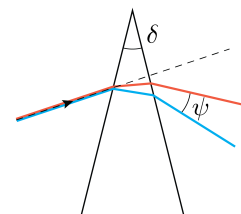
$$E_n = -\frac{Ry \cdot Z^2}{n^2}.$$

Следовательно, энергия, необходимая для удаления обоих электронов, равна

$$E_2 = E_{\text{св}} + RyZ^2 = 79 \text{ эВ.}$$

Ответ: 79 эВ.

Задача 24. Два пучка света (красный и синий) падают на стеклянную призму с углом раствора $\delta = 0,1$ рад. Призма обладает дисперсией: её показатель преломления зависит от длины волны света. Известно, что $n_{\text{кр}} < n_{\text{син}}$. Выберите все верные утверждения.



1. Призма отклоняет лучи ближе к основанию.
2. Синие лучи отклоняются сильнее, чем красные лучи.
3. Красные лучи отклоняются сильнее, чем синие лучи.
4. Чем больше угол раствора призмы, тем сильнее она отклоняет лучи.

Решение. Из закона преломления можно вывести, что призма с показателем преломления n отклоняет лучи на угол $\Delta\phi = \delta(n - 1)$ ближе к основанию. Таким образом, $\psi = \delta(n_{\text{син}} - n_{\text{кр}})$.

Ответ: верные утверждения — 1, 3, 5.

Задача 25. В калориметр с 1 литром воды при температуре $t = 50^\circ\text{C}$ бросают кусок льда массы $m_{\text{л}} = 0,5$ кг при 0°C . Определите конечную температуру системы. Теплоемкость калориметра $C = 5000$ Дж/К, удельная теплоемкость воды и льда соответственно равны $c_{\text{в}} = 4200$ Дж/(кг · К) и $c_{\text{л}} = 2100$ Дж/(кг · К). Удельная теплота плавления льда $\lambda = 330000$ Дж/кг.

Решение. Запишем уравнение теплового баланса:

$$\lambda m_{\text{л}} + c_{\text{в}} m_{\text{л}} (\theta - 0) = (C + c_{\text{в}} m_{\text{в}}) (t - \theta).$$

Тогда

$$\theta = \frac{(C + c_{\text{в}}m_{\text{в}})t - \lambda m_{\text{л}}}{C + c_{\text{в}}m_{\text{в}} + c_{\text{в}}m_{\text{л}}} = 26^\circ \text{C}.$$

Задача 26. Пучок электронов падает на кристаллическую структуру под углом скольжения $\varphi = 60^\circ$ и испытывает дифракцию Брэгга-Вульфа. Расстояние между атомными плоскостями, параллельными грани кристалла равно $d = 0,1$ нм. При ускоряющем напряжении U_0 наблюдался дифракционный максимум. Найдите величину U_0 , если известно, что следующий максимум возникал при увеличении ускоряющего напряжения в $\eta = 4$ раза.

Решение. Из закона сохранения энергии $eU = mv^2/2$ найдём скорость электронов $v = \sqrt{2eU/m}$. Вычислим дебройлевскую длину волны электронов λ :

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2meU}}.$$

Тогда дебройлевская длина волны электронов до и после ускоряющего напряжения λ_0 и λ равны

$$\lambda_0 = \frac{h}{\sqrt{2meU_0}} \quad \text{и} \quad \lambda = \frac{h}{\sqrt{2me\eta U_0}}.$$

Максимум наблюдается, если выполнено условие Брэгга-Вульфа:

$$2d \sin \phi = n\lambda_0; \quad 2d \sin \phi = (n+1)\lambda$$

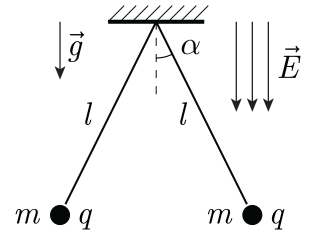
$$n \frac{h}{\sqrt{2meU_0}} = (n+1) \frac{h}{\sqrt{2me\eta U_0}} \Rightarrow n = \frac{1}{\sqrt{\eta} - 1}$$

$$2d \sin \phi = \frac{h}{\sqrt{2meU_0}(\sqrt{\eta} - 1)} \Rightarrow U_0 = \frac{1}{2me} \left(\frac{h}{2d \sin \phi (\sqrt{\eta} - 1)} \right)^2 = 50 \text{ В}.$$

Ответ: $U_0 = 50 \text{ В}$.

Задача 27. Два положительно заряженных шарика, подвешенные на нитях к одной точке, разошлись так, что угол между нитями стал прямым. После включения внешнего вертикального однородного электрического поля угол между нитями стал равен $2\alpha = 60^\circ$. Чему равна сила, действующая со стороны электрического поля на каждый шарик? Выберите правильный ответ.

1. mg .
2. $2\sqrt{2}mg$.
3. $(2\sqrt{3} - 1)mg$.
4. $(2\sqrt{3} + 1)mg/2$.



Решение. Запишем второй закон Ньютона в проекции на горизонтальную и вертикальную оси, когда внешнего поля нет:

$$\begin{cases} T \cos 45^\circ = mg \\ T \sin 45^\circ = k \frac{q^2}{2l^2} \end{cases}$$

После включения электрического поля система примет вид:

$$\begin{cases} T \cos \alpha = mg + qE \\ T \sin \alpha = k \frac{q^2}{2l^2 - 2l^2 \cos 2\alpha} \end{cases}$$

Из этой системы находим

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{kq^2}{4l^2 \sin^2 \alpha} \frac{1}{mg + qE} = \frac{mg}{2 \sin^2 \alpha (mg + qE)}.$$

Окончательно

$$F = qE = mg \left(\frac{1}{2 \sin^2 \alpha \tan \alpha} - 1 \right) = mg(2\sqrt{3} - 1).$$

Ответ: 3.

Задача 28. Какова максимальная скорость фотоэлектронов, испускаемых катодом при освещении светом с частотой $\nu = 5 \cdot 10^{14}$ Гц, если красная граница фотоэффекта $\lambda_{\text{гр}} = 700$ нм? Масса электрона $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, постоянная Планка $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж · с.

Решение. Запишем уравнение Эйнштейна: $h\nu = A + mv^2/2$. Для красной границы фотоэффекта имеем $A = hc/\lambda_{\text{гр}}$. Поэтому

$$h \left(\nu - \frac{c}{\lambda_{\text{гр}}} \right) = \frac{mv^2}{2}.$$

Тогда

$$v = \sqrt{\frac{2h}{m} \left(\nu - \frac{c}{\lambda_{\text{гр}}} \right)} = 320 \text{ км/с}.$$

Задача 29. Свет падает нормально на дифракционную решетку. Угол дифракции для длины волны $\lambda_1 = 700$ нм в первом порядке равен $\varphi_1 = 30^\circ$. Определите угол дифракции для длины волны $\lambda_2 = 500$ нм во втором порядке.

Решение. Запишем условие возникновения максимума в первом и втором случаях:

$$d \sin \phi_1 = m_1 \lambda_1 \quad \text{и} \quad d \sin \phi_2 = m_2 \lambda_2,$$

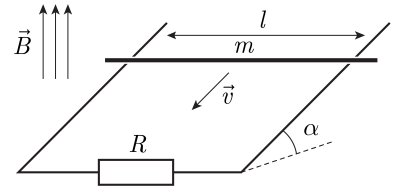
где $m_1 = 1$ и $m_2 = 2$ — порядки максимумов. Отсюда выразим угол дифракции во втором случае:

$$\sin \phi_2 = \frac{m_2 \lambda_2}{m_1 \lambda_1} \sin \phi_1 = \frac{5}{7},$$

откуда $\phi_2 \approx 46^\circ$.

Ответ: 46° .

Задача 30. Горизонтальная проводящая перемычка движется вниз вдоль наклонной плоскости по проводящим рельсам. Вся конструкция находится в вертикальном однородном магнитном поле с индукцией $B = 1$ Тл, а угол наклона плоскости перемычки и рельсов к горизонтальной плоскости составляет $\alpha = 45^\circ$ (см. рисунок). Рельсы замкнуты на сопротивление $R = 2\sqrt{2}$ Ом. Масса перемычки равна $m = 2$ кг, ее длина составляет $l = 50$ см. Найдите установившуюся скорость движения перемычки.



Решение. Запишем уравнение движения перемычки: $ma = mg \sin \alpha - BIl$. В установившемся режиме скорость постоянна, поэтому $a = 0$. Тогда $I = \frac{mg \sin \alpha}{Bl}$. По закону Ома $\mathcal{E} = IR$. По закону электромагнитной индукции Фарадея $\mathcal{E} = Bvl \cos \alpha$, откуда

$$v = \frac{IR}{Bl \cos \alpha} = \frac{mgR \sin \alpha}{B^2 l^2 \cos^2 \alpha} = 320 \text{ м/с}.$$

Задача 31. Период полураспада радиоактивного вещества равен $T = 2$ суток. Каждое распавшееся ядро выделяет энергию $E = 4$ МэВ. Сколько энергии выделится за время $t = 8$ суток, если образец содержит $m = 16$ мг вещества? Молярная масса вещества $\mu = 235$ г/моль. Ответ выразите в МДж и округлите до трех значащих цифр.

Решение. Запишем закон радиоактивного распада: $N(t) = N_0 \cdot 2^{-t/T}$. Отсюда находим количество распавшихся ядер

$$\Delta N = N_0 \left(1 - 2^{-t/T} \right),$$

где $N_0 = \frac{m}{\mu} N_A$, и выделившуюся энергию

$$E = E_0 \Delta N = E_0 \frac{m}{\mu} N_A \left(1 - 2^{-t/T} \right) = 24,6 \text{ МДж}.$$

Задача 32. Заряженный шарик, подвешенный на нити, движется по окружности в горизонтальной плоскости со скоростью $v = 10$ м/с. Вся конструкция находится в вертикальном однородном магнитном поле, индукция которого составляет $B = 2$ Тл. Найдите удельный заряд шарика $\frac{q}{m}$, если длина нити $l = 2\sqrt{2}$ м, а угол между нитью и вертикалью $\alpha = 45^\circ$.

Решение. Запишем второй закон Ньютона в проекции на вертикальную и горизонтальную оси:

$$\begin{cases} T \cos \alpha = mg \\ T \sin \alpha + qvB = m \frac{v^2}{l \sin \alpha} \end{cases}$$

Из этих двух уравнений выражаем тангенс угла между нитью и вертикалью:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v^2}{gl \sin \alpha} - \frac{qvB}{mg}.$$

Отсюда находим искомый удельный заряд:

$$\frac{q}{m} = \frac{v}{Bl \sin \alpha} - \frac{g}{vB} \operatorname{tg} \alpha = 2 \text{ Кл/кг}.$$

