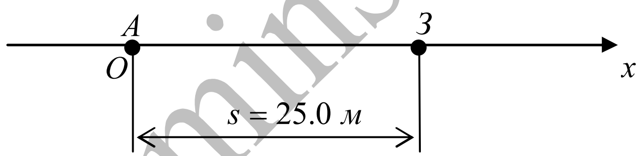
Решение задач из теста по физике за 2010 г.

Вариант 1

Часть B

Задача В1. Легковой автомобиль двигался по прямолинейному участку дороги со скоростью, модуль которой $v = 39.6\ \frac{км}{ч}$. На дороге сидел заяц. Когда автомобиль приблизился на расстояние $s = 25.0\ м$, заяц равноускоренно побежал вперед в направлении движения автомобиля. Чтобы избежать столкновения, заяц должен бежать с минимальным ускорением, модуль a которого равен $\ldots\ \frac{см}{с}$.

Решение.
Прежде, чем писать формулы, необходимо разобраться в том, что описываем условие задачи. Итак, автомобиль едет с постоянной скоростью. Заяц начинает убегать от автомобиля с ускорением, когда между зайцем и автомобилем расстояние s. Если ускорение зайца очень велико, то заяц быстро наберет скорость, большую, чем скорость автомобиля. В этом случае он не будет раздавлен. Если же ускорение зайца мало, то автомобиль будет догонять зайца, т.к. скорость автомобиля больше скорости зайца и произойдет столкновение. Значит, возможно такое, минимальное, ускорение зайца, при котором автомобиль практически догонит зайца, но в этот момент скорость зайца как раз достигнет скорости автомобиля, т.е. через мгновение заяц вырвется вперед и столкновения не будет.
Математические это означает, что координаты зайца и автомобиля должны быть равны, а скорости также должны быть равны. Это и есть условие минимальности ускорения зайца. Теперь введем систему координат и запишем для зайца и автомобиля уравнения движения.



Автомобиль помещаем в начало координат, а зайца на расстоянии s от начала.
Уравнение движения автомобиля:
$x = vt$
Уравнение движения зайца:
$x = s + \frac{at^2}{2}$, где a - ускорение зайца.
Закон изменения скорости зайца:
$V = at$.
Используя полученные выше заключения, составляем уравнения:

$$\begin{cases} vt = s + \dfrac{at^2}{2} \\ v = at \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \dfrac{v^2}{a} = s + \dfrac{v^2}{2a} \\ t = \dfrac{v}{a} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \dfrac{v^2}{2a} = s \\ t = \dfrac{v}{a} \end{cases} \Rightarrow$$

$$a = \frac{v^2}{2s}$$

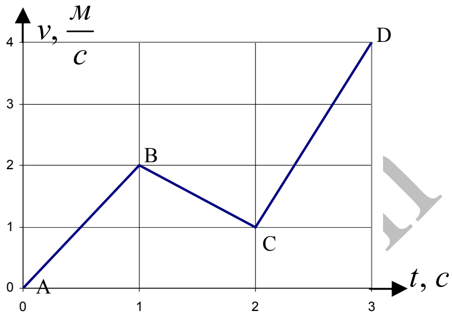
Далее $39.6\ \frac{км}{ч} = 11.0\ \frac{м}{с}$

Тогда

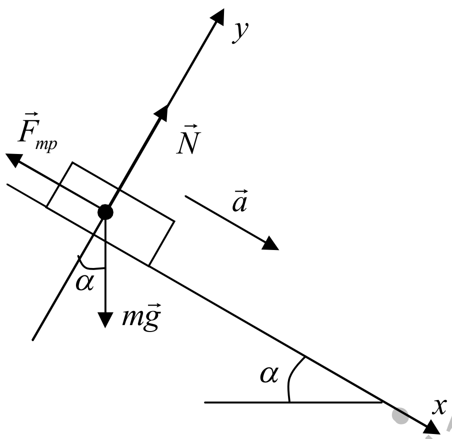
$$a = \frac{11.0^2}{2 \cdot 25.0} = 2.42\,\frac{м}{с^2} = 242\,\frac{см}{с^2}$$

Ответ: $a = 242\,\frac{см}{с^2}$

Задача B2. По плоскости, угол наклона которой к горизонту $\alpha = 30^0$, соскальзывает брусок массой $m = 5.5\,кг$ коэффициент трения скольжения μ между брусом и плоскостью изменяется вдоль плоскости. Если зависимость модуля скорости v бруска от времени t имеет вид, изображенный на рисунке, то минимальное значение модуля силы трения $F_{тр}$ скольжения равно … Н.



Решение.



Для начала предположим, что коэффициент трения μ постоянный вдоль плоскости и определим характер движения бруска в этом случае.
На брусок действуют сила тяжести $m\vec{g}$, сила реакции опоры $\vec{N}$ и сила трения $\vec{F}_{тр}$. Запишем для бруска уравнение второго закона Ньютона:

$$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{тр} = m\vec{a}$$

Введем систему координат, как показано на рисунке и спроектируем записанное векторное уравнение на оси этой системы:

$$OX: mg\sin\alpha - F_{тр} = ma$$

$$OY: N - mg\cos\alpha = 0$$

Учтем также, что сила трения скольжения равна: $F_{тр} = \mu N$.

Тогда

$$\begin{cases} mg\sin\alpha - \mu N = ma \\ N = mg\cos\alpha \end{cases} \Rightarrow mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha = ma \Rightarrow$$

$$a = g\left(\sin\alpha - \mu\cos\alpha\right)$$

Мы получили ускорение движения бруска. Из записанного соотношения очевидно, что если коэффициент трения μ остается постоянным, то ускорение бруска также будет постоянным.

Теперь посмотрим на график зависимости скорости движения бруска от времени. Этот график состоит из наклонных прямых, т.е. на каждом участке зависимость скорости бруска от времени линейная. Такая зависимость скорости от времени присуща только движению с постоянным ускорением. Это значит, что коэффициент трения вдоль плоскости меняется скачками, но в пределах каждого участка остается постоянным.

Если сила трения, действующая на брусок минимальна, то ускорение движения бруска максимально. Максимальному ускорению соответствует наиболее крутая прямая на графике зависимости $v(t)$, т.е. участок CD. Ускорение бруска на этом участке равно тангенсу угла наклона прямой к оси Ox, т.е.:

$a_{\max} = \dfrac{4-1}{3-2} = \dfrac{3}{1} = 3\ \dfrac{м}{с^2}$

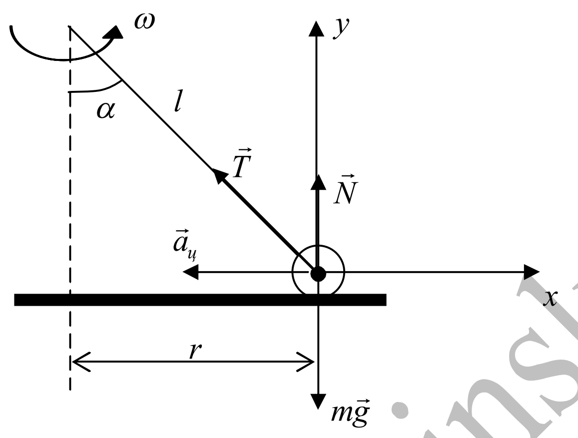
Сила трения на этом участке минимальна и составляет:

$F_{тр} = mg\sin\alpha - ma = 5.5 \cdot 10 \cdot 0.5 - 5.5 \cdot 3 = 11\ H$

Ответ: 11

Задача В3. Вокруг вертикально расположенного стержня может вращаться насаженный на него гладкий горизонтальный диск (см. рис.) На диске находится маленький шарик, прикрепленный к стержню нитью. Если при вращении диска с угловой скоростью $\omega = 10\ \dfrac{рад}{с}$ нить составляет угол $\alpha = 60^0$ со стержнем, а модуль силы взаимодействия между шариком и диском в три раза меньше модуля силы натяжения нити, то длина l нити равна … см,

Решение.



Изобразим на чертеже все силы, действующие на шарик. Это сила тяжести $m\vec{g}$, сила натяжения нити $\vec{T}$ и сила реакции поверхности диска $\vec{N}$. Так как диск гладкий, то на шарик не действует сила трения со стороны поверхности диска, а значит сила взаимодействия между шариком и диском сводится только к силе нормальной реакции $\vec{N}$

Под действием указанных сил шарик движется по окружности некоторого радиуса r. Движение по окружности – это движение с центростремительным ускорением $\vec{a}_ц$, направленным к центру окружности.

Запишем для шарика уравнение второго закона Ньютона:

$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{T} = m\vec{a}_ц$

Спроектируем это уравнение на оси системы координат:

$OX: -T\sin\alpha = -ma_ц$

$OY: N + T\cos\alpha - mg = 0$

Далее учтем выражение для центростремительного ускорения:

$a_ц = \omega^2 r$,

радиус окружности:

$r = l\sin\alpha$.

Кроме того, по условию задачи: $N = \dfrac{T}{3}$

Получаем систему уравнений:

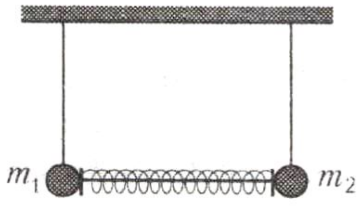
$$\begin{cases} -T\sin\alpha = -m\omega^2 l\sin\alpha \\ \dfrac{T}{3} + T\cos\alpha - mg = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} -\dfrac{3mg}{1+3\cos\alpha}\sin\alpha = -m\omega^2 l\sin\alpha \\ T = \dfrac{3mg}{1+3\cos\alpha} \end{cases} \Rightarrow$$

$$\frac{3g}{1+3\cos\alpha} = \omega^2 l \Rightarrow$$

$$l = \frac{3g}{\omega^2\left(1+3\cos\alpha\right)} = \frac{3\cdot 10}{10^2\left(1+3\cdot\frac{1}{2}\right)} = \frac{3\cdot 10}{10^2\left(1+3\cdot\frac{1}{2}\right)} = 0.12\ м = 12\ см$$

Ответ: 12

Задача B4. Два шарика массами $m_1 = 160\ г$ и $m_2 = 240\ г$, между которыми зажата связанная нитью пружина, подвешены на длинных нитях так, что их центры находятся на одной горизонтали (см. рис.). Энергия упругой деформации сжатой пружины $W_n = 200\ мДж$. Если нить, связывающую пружину, пережечь, то максимальная высота H_1 подъема первого шарика относительно первоначального уровня будет равна … мм.



Решение.
Для решения задачи воспользуемся законами сохранения импульса и энергии. После пережигания нити эволюцию системы можно представить следующим образом.

1. Пружина разжимается и сообщает шарикам скорости V_1 и V_2.
2. Шарики за счет полученных от пружины кинетических энергий поднимаются на высоты h_1 и h_2.

На основе этого можем записать закон сохранения механической энергии:

$W_n = \frac{m_1 V_1^2}{2} + \frac{m_2 V_2^2}{2} = m_1 g h_1 + m_2 g h_2$, т.е. энергия пружины изначально идет на разгон шариков, а затем, за счет этого разгона, шарики поднимаются на определенные высоты.

Кроме того, закон сохранения энергии, справедлив для каждого шарика в отдельности, т.е.

$$\frac{m_1 V_1^2}{2} = m_1 g h_1$$

$$\frac{m_2 V_2^2}{2} = m_2 g h_2$$

Отсюда

$$\frac{m_1 V_1^2}{m_2 V_2^2} = \frac{m_1 g h_1}{m_2 g h_2} \Rightarrow$$

$$\frac{V_1^2}{V_2^2} = \frac{h_1}{h_2} \Rightarrow$$

$$h_2 = h_1 \frac{V_2^2}{V_1^1}$$

Суммарный импульс шариков, до пережигания нити, равен нулю, т.к. они покоятся. Скорости шариков после срабатывания пружины направлены в противоположные стороны. Закон сохранения импульса для шариков имеет вид:

$$m_1 V_1 - m_2 V_2 = 0 \Rightarrow$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{m_1}{m_2}$$

Тогда

$$h_2 = h_1 \frac{V_2^2}{V_1^1} = h_1 \left(\frac{m_1}{m_2} \right)^2$$

Из закона сохранения энергии получаем:

$$W_n = m_1 g h_1 + m_2 g h_1 \left(\frac{m_1}{m_2} \right)^2 \Rightarrow$$

$$h_1 = \frac{W_n}{\left(m_1 + m_2 \left(\frac{m_1}{m_2} \right)^2 \right) g} = \frac{200 \cdot 10^{-3}}{\left(0.16 + 0.24 \cdot \left(\frac{0.16}{0.24} \right)^2 \right) \cdot 10} = 75 \cdot 10^{-3} \text{ } м = 75 \text{ } мм$$

Ответ: 75

Задача В5. В баллоне находится гелий под давлением $p_1 = 100 \text{ } кПа$ при температуре $T_1 = 300 \text{ } K$. Массу гелия в баллоне уменьшили в два раза, а оставшийся газ нагрели. Если давление гелия в конечном состоянии $p_2 = 90.0 \text{ } кПа$, то температура T_2 оставшегося в баллоне гелия равна … К.

Решение.

Пусть m - начальная масса газа в баллоне, а V - объем баллона. Запишем для гелия уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$p_1 V = \frac{m}{M} R T_1$$

После уменьшения массы гелия и нагревания оставшегося газа объем баллона остался прежним, поэтому уравнение Менделеева-Клапейрона для газа после нагревания имеет вид:

$$p_2 V = \frac{m}{2M} R T_2$$

Разделим второе уравнение на первое:

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{2T_1} \Rightarrow$$

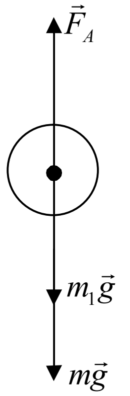
$$T_2 = 2 \frac{p_2}{p_1} T_1 = 2 \frac{90}{100} 300 = 540 \text{ } K$$

Ответ: 540

Задача В6. Сила натяжения нити, удерживающей в воздухе $\left(M_1 = 29.0 \frac{г}{моль} \right)$ воздушный шарик, заполненный водородом $\left(M_2 = 2.00 \frac{г}{моль} \right)$ под давлением $p_2 = 115 \text{ } кПа$, равна нулю. Температуры водорода и атмосферного воздуха $t_1 = t_2 = 0 \text{ } ^0C$, атмосферное давление $p_1 = 101 \text{ } кПа$. Если масса тонкой оболочки шарика $m = 11.9 \text{ } г$, то его объем V равен … $дм^3$.

Решение.

На шарик действуют следующие силы: $m_1\vec{g}$ - сила тяжести водорода, $m\vec{g}$ - сила тяжести оболочки и $\vec{F}_A$ - сила Архимеда . Нить на шарик не действует, т.к. она не натянута. Под действием указанных сил шарик находится в равновесии. Уравнение второго закона Ньютона для шарика в проекциях на вертикальную ось имеет вид:



$$F_A - m_1 g - mg = 0$$

Если V - объем шарика, то сила Архимеда, действующая на него, равна:

$F_A = \rho_в gV$, где $\rho_в$ - плотность воздуха (мы предполагаем, что шарик достаточно мал и плотность воздуха не меняется заметно с высотой в пределах объема,. занимаемого шариком)

Для нахождения плотности воздуха рассмотрим в пространстве некоторый объем V_1 и запишем для него уравнение Менделеева-Клапейрона:

$p_1V_1 = \dfrac{m_в}{M_1}RT_1$, где $m_в$ - масса воздуха в объеме V_1.

Тогда плотность воздуха $\rho_в = \dfrac{m_в}{V_1} = \dfrac{p_1M_1}{RT_1}$

Для нахождения массы водорода внутри шарика запишем уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$p_2V = \frac{m_1}{M_2}RT_2 \Rightarrow$$

$$m_1 = \frac{p_2M_2V}{RT_2}$$

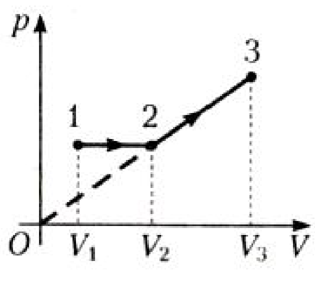
Подставляем полученные выражения в уравнение второго закона Ньютона:

$$\frac{p_1M_1}{RT_1}gV - \frac{p_2M_2V}{RT_2}g - mg = 0 \Rightarrow$$

$$V = \frac{mR}{\dfrac{p_1M_1}{T_1} - \dfrac{p_2M_2}{T_2}} = \frac{0.0119.8.31}{\dfrac{101\cdot 10^3\cdot 0.029}{273} - \dfrac{115\cdot 10^3\cdot 0.002}{273}} = 0.0100\ м^3 = 10.0\ дм^3$$

Ответ: 10

Задача В7. Идеальный одноатомный газ, количество вещества которого постоянно, переводят из начального состояния (1) в конечное состояние (3) так, что на участке $1 \to 2$ давление остается постоянным, а на участке $2 \to 3$ давление прямо пропорционально объему. На участке $1 \to 2$ изменение внутренне энергии газа $\Delta U = 30$ *кДж* . Если $V_2 = 3V_1$, а $V_3 = 2V_2$, то работа A, совершенная силой давления газа на участке $2 \to 3$, равна … кДж.



Решение.

Начнем решать задачу с конца, т.е. разберемся в том, что нужно найти. Работа газа на участке 2-3 равна площади под графиком процесса в координатах pV, т.е. площади трапеции $V_2 23V_3$.

Высота этой трапеции: $h = V_3 - V_2$, основания - p_2, p_3 (значения давлений в точках 2 и 3).

Тогда

$$A_{23} = \frac{p_2 + p_3}{2}\left(V_3 - V_2\right) = \frac{p_2 + p_3}{2}\left(6V_1 - 3V_1\right) = \frac{p_2 + p_3}{2} 3V_1 = \frac{3p_2V_1 + 3p_3V_1}{2}$$

Разберемся теперь с тем, что дано в условии задачи. Дано изменение внутренней энергии ΔU_{12}. Это изменение, с другой стороны, можно вычислить по формуле:

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R\left(T_2 - T_1\right) = \frac{3}{2}\nu RT_2 - \frac{3}{2}\nu RT_1 = \frac{3}{2}p_2V_2 - \frac{3}{2}p_1V_1$$

Так как $p_1 = p_2$, то

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}p_1 3V_1 - \frac{3}{2}p_1V_1 = 3p_1V_1 \Rightarrow$$

$$p_1V_1 = \frac{\Delta U}{3}$$

Тогда

$$A_{23} = \frac{3\frac{\Delta U}{3} + 3p_3V_1}{2} = \frac{\Delta U + 3p_3V_1}{2}$$

Остается выразить давление p_3. Для этого воспользуемся тем, что участок 2-3 – прямая пропорциональность. Как видно из графика, $\Delta O2V_2$ подобен $\Delta O2V_2$. Отсюда

$$\frac{p_3}{V_3} = \frac{p_2}{V_2} \Rightarrow$$

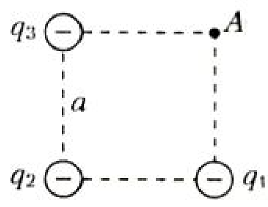
$$p_3 = p_2\frac{V_3}{V_2} = 2p_2 = 2p_1$$

Тогда

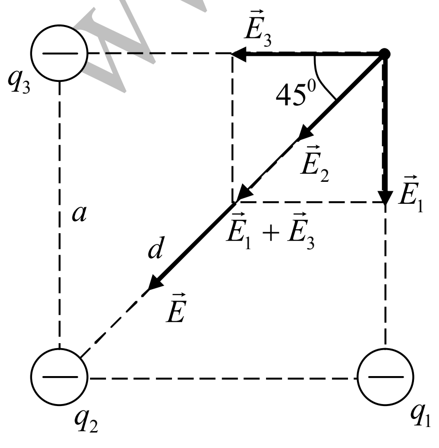
$$A_{23} = \frac{\Delta U + 3\cdot 2p_1V_1}{2} = \frac{\Delta U + 2\Delta U}{2} = \frac{3}{2}\Delta U = \frac{3}{2}\cdot 30 = 45\ кДж$$

Ответ: 45

Задача B8. Три точечных заряда $q_1 = q_3 = -1.0\ нКл$ и $q_2 = -1.18\ нКл$ находятся в вакууме в вершинах квадрата, длина стороны которого $a = 50\ см$ (см. рис.). Модуль напряженности E_A электростатического поля, созданного этими зарядами в вершине А, равен … $\frac{В}{м}$.



Решение.



Для решения задачи воспользуемся принципом суперпозиции. Для этого найдем напряженности полей, создаваемых каждым зарядом в отдельности в точке А:

$$E_1 = \frac{kq_1}{a^2}$$

$$E_2 = \frac{kq_2}{d^2} = \frac{kq_2}{2a^2}$$

$$E_3 = \frac{kq_3}{a^2}$$

При записи выражения для напряженности E_2 мы учли, что по теореме Пифагора $d^2 = a^2 + a^2 = 2a^2$.

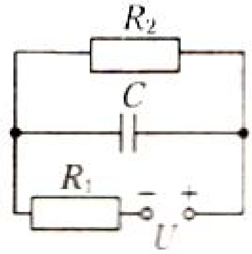
Векторы напряженностей полей изображены на рисунке. Они направлены к создающим их зарядам, т.к. заряды отрицательны.
По принципу суперпозиции можем написать:
$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3$
Задача сводится к тому, чтобы найти модуль указанной векторной суммы. Проще всего это сделать, если учесть, что из-за равенства зарядов $q_1 = q_3$ модули векторов $\left|\vec{E}_1\right|$ и $\left|\vec{E}_3\right|$ также равны, а значит, сумма $\vec{E}_1 + \vec{E}_3$ направлена по диагонали квадрата, как показано на чертеже. Так как вектор $\vec{E}_3$.тоже направлен по диагонали квадрата, то и вектор $\vec{E}$ будет направлен по ней. Это значит что для нахождения модуля вектора $\vec{E}$ достаточно спроектировать все напряженности на диагональ квадрата и найти их сумму:

$$E = E_1 \cos 45^0 + E_3 \cos 45^0 + E_2 = \frac{kq_1}{a^2}\frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{kq_3}{a^2}\frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{kq_2}{2a^2} = \frac{k}{2a^2}\left(\sqrt{2}q_1 + \sqrt{2}q_3 + q_2\right) =$$

$$= \frac{9 \cdot 10^9}{2 \cdot 0.5^2}\left(\sqrt{2} \cdot 10^{-9} + \sqrt{2} \cdot 10^{-9} + 1.18 \cdot 10^{-9}\right) = 72\ \frac{В}{м}$$

Ответ: 72

Задача B9. К источнику постоянного тока, напряжение на клеммах которого $U = 3.6\ В$, присоединены два резистора и конденсатор (см. рис.). Если сопротивления резисторов $R_1 = 1.0\ Ом$ и $R_2 = 5.0\ Ом$, то напряжение U_C на конденсаторе равно … В.



Решение.
Конденсатор в цепи постоянного тока представляет собой разрыв. Ток через конденсатор не течет, а напряжение на нем равно напряжению на резисторе R_2.
Ток в цепи по закону Ома равен:

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{3.6}{1.0 + 5.0} = 0.60\ А$$

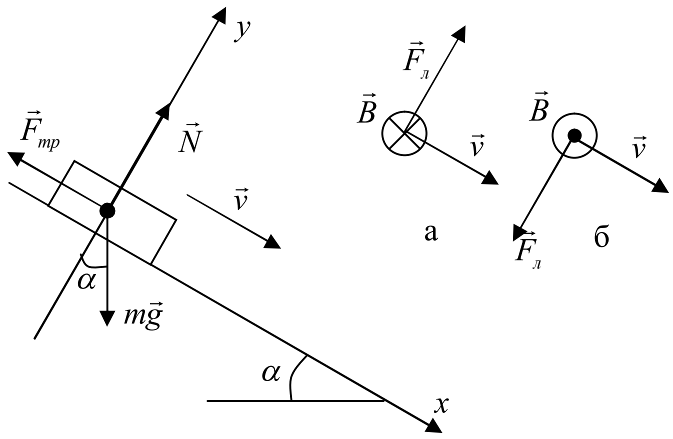
Тогда напряжение на конденсаторе:
$U_C = IR_2 = 0.60 \cdot 5.0 = 3.0\ В$

Ответ: 3

Задача B10. По наклонной плоскости, находящейся в вакууме в однородном магнитном поле, с постоянной скоростью соскальзывает тело, заряд которого $q = \sqrt{2}\ мКл$, а масса $m = 12\ г$. Линии индукции магнитного поля направлены горизонтально и параллельно плоскости. Модуль магнитной индукции $B = 1.0\ Тл$. Угол наклона плоскости к горизонту $\alpha = 45^0$. Если коэффициент трения скольжения $\mu = 0.80$, то модуль скорости v тела равен … $\frac{м}{с}$.

Решение.
Идея решения задачи состоит в том, что на тело, кроме сил тяжести, трения и реакции, действует еще сила Лоренца со стороны магнитного поля. Для начала необходимо определить, куда направлена эта сила. Для этого необходимо знать направление магнитного поля. В условии задачи это направление четко не определено, а определена

лишь линия, по которой направлен вектор $\vec{B}$ магнитной индукции. В связи с этим возможны два варианта направления $\vec{B}$ (случаи а и б на чертеже). В случае а) вектор магнитной индукции направлен в плоскость чертежа, а направление силы Лоренца определено по правилу левой руки: она направлена перпендикулярно наклонной плоскости вверх. В случае б) вектор $\vec{B}$ направлен из плоскости чертежа на нас, а сила Лоренца при этом направлена перпендикулярно наклонной плоскости вниз.



Для того, чтобы разобраться в том, какой из двух вариантов а) или б) правильный, необходимо записать для тела уравнение второго закона Ньютона и проверить, в каком из двух вариантов возможно равномерное движение тела (по условию задачи тело движется с постоянной скоростью).

Запишем уравнение второго закона Ньютона в проекциях на оси координат (см. задачу В2), учитывая что при равномерном движении ускорение тела $a = 0$.

$OX : mg\sin\alpha - F_{тр} = 0$

$OY : N - mg\cos\alpha \pm F_л = 0$

Здесь верхний знак соответствует варианту а), а нижний – варианту б).

Учтем теперь выражение для силы трения скольжения: $F_{тр} = \mu N$ и для силы Лоренца: $F_Л = qvB$

Тогда

$$\begin{cases} N = mg\cos\alpha \mp qvB \\ mg\sin\alpha - \mu\left(mg\cos\alpha \mp qvB\right) = 0 \end{cases}$$

Отсюда:

$$mg\cos\alpha \mp qvB = \frac{mg\sin\alpha}{\mu} \Rightarrow$$

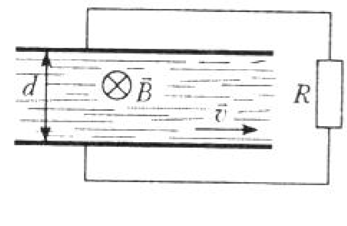
$$\mp qvB = mg\left(\frac{\sin\alpha}{\mu} - \cos\alpha\right) \Rightarrow$$

$$v = \pm\frac{mg}{qB}\left(\frac{\sin\alpha}{\mu} - \cos\alpha\right) = \pm\frac{0.012\cdot 10}{\sqrt{2}\cdot 10^{-3}\cdot 1}\left(\frac{\sqrt{2}}{2\cdot 0.8} - \frac{\sqrt{2}}{2}\right) = \pm 15\ \frac{м}{с}$$

Полученное значение должно быть положительным, т.к. все расчеты велись из предположения, что тело скользит вниз по наклонной плоскости (от этого предположения зависит и направление силы трения и направление силы Лоренца), поэтому нужно выбрть верхний знак, а значит вариант а).

Ответ: 15

Задача В11. Две параллельные металлические пластины, расстояние между которыми $d = 40.0\ мм$, а площадь каждой пластины $S = 200\ см^2$, помещены в поток проводящей жидкости $\left(\rho = 100\ мОм\cdot м\right)$. Скорость потока жидкости, модуль которой $v = 100\ \frac{м}{с}$,



направлена параллельно плоскости пластин. Пластины находятся в однородном магнитном поле, направленном перпендикулярно скорости жидкости (см. рис.). Модуль индукции магнитного поля $B = 300\ мТл$. Если пластины замкнуть на резистор сопротивлением $R = 2.80\ Ом$, то мощность P тока в резисторе будет равна … мВт.

Решение.
Попробуем разобраться, почему в цепи возникает ток. Так как жидкость, протекающая между пластинами, проводящая, то в ней имеется некоторое количество свободных электронов. Эти электроны вместе с жидкость движутся в магнитном поле со скоростью v. Магнитное поле действует на электроны с силой Лоренца $F_Л = evB$, где e - заряд электрона. Сила эта направлена к нижней пластине и под действием этой силы электроны смещаются на нижнюю пластину. В результате этого между пластинами возникает разность потенциалов, которая и приводит к возникновению тока в цепи. Таким образом, пластины с протекающей между ними жидкостью и магнитным полем служат своеобразным источником ЭДС, к которому подключается резистор R.
Найдем параметры этого источника: ЭДС и внутреннее сопротивление.
По определению ЭДС
$E = \frac{A}{q}$, где A - работа сторонних сил (в нашем случае силы Лоренца), по разделению заряда q, т.е. по перемещению заряда с одной пластины на другую.
Учитывая, записанное выше выражение для силы Лоренца, имеем:
$E = \frac{F_Л d}{e} = \frac{evBd}{e} = vBd$, т.е. мы определили работу по перемещению электрона с одной пластины на другую и разделили на заряд этого электрона.
Внутренним сопротивлением источника в нашем случае является сопротивление объема жидкости между пластинами:

$$r = \rho \frac{d}{S}$$

Ток находим по закону Ома для полной цепи:

$$I = \frac{E}{r + R} = \frac{vBd}{\rho \frac{d}{S} + R}$$

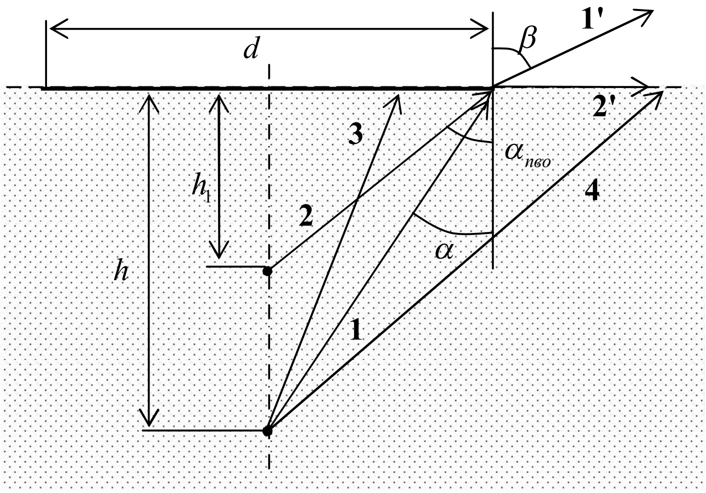
Тогда мощность, выделяемая на резисторе, равна по закону Джоуля-Ленца:

$$P = I^2 R = \left(\frac{vBd}{\rho \frac{d}{S} + R} \right)^2 R = \left(\frac{100 \cdot 0.3 \cdot 0.04}{0.1 \frac{0.04}{200 \cdot 10^{-4}} + 2.8} \right)^2 2.8 = 0.448\ Вт = 448\ мВт$$

Ответ: 448

Задача B12. На поверхности прозрачной жидкости $\left(n = \sqrt{2}\right)$ плавает тонкий непрозрачный диск диаметром $d = 40\ см$. Точечный источник света, находящийся в жидкости, равномерно движется вертикально вверх вдоль прямой, проходящей через центр диска, со скоростью, модуль которой $v = 10\ \frac{см}{с}$. Если свет от источника будет выходить из жидкости в воздух в течение промежутка времени $\Delta t = 5.0\ с$, то в момент начала отсчета времени источник находился на глубине h, равной … см.

Решение.



Сначала необходимо ответить на вопрос: почему свет выходит из воды ограниченное время? Это происходит из-за явления полного внутреннего отражения. Это явление проявляется в том, что при переходе луча из более плотной среды в менее плотную преломленный луч отсутствует, если значение угла падения больше некоторого критического $\alpha_{пво}$. Как видно из рисунка, с уменьшением глубины нахождения источника угол падения луча в точке, где находится край пластины, увеличивается (сравните луч 1 и 2). Источник излучает во все стороны, но те лучи, которые падают на пластину (луч 3) не выходят наружу из-за пластины, а у тех, которые падают далеко от пластины (луч 4) угол падения еще больше, чем на краю пластины, значит, явление полного внутреннего отражения для таких лучей наступит раньше.

Найдем угол полного внутреннего отражения для нашей жидкости. Запишем для луча 1 закон преломления:

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{1}{n}$$

При угле полного внутреннего отражения, преломленный луч пойдет вдоль границы раздела сред, т.е. $\beta = 90^0$.

Тогда

$$\sin\alpha_{пво} = \frac{1}{n} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow$$

$$\alpha_{пво} = 45^0$$

Зная этот угол и диаметр пластины, находим глубину, на которой лучи перестанут выходить из воды:

$$h_1 = \frac{d}{2} tg\left(90^0 - \alpha_{пво}\right) = \frac{d}{2} tg 45^0 = \frac{d}{2} = 20\ см$$

Если h - первоначальная глубина источника, то за время Δt, источник проходит путь:

$$s = h - h_1$$

Тогда

$$h - h_1 = v\Delta t \Rightarrow$$

$$h = h_1 + v\Delta t = 20 + 10 \cdot 5 = 70\ см$$

Ответ: 70.