

**Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского
XIV Брянская корпоративная региональная олимпиада учащейся молодежи**

**ФИЗИКА
очный тур 2023 г.**

8 КЛАСС

1. В ведре налита холодная вода объемом 5 л, температура которой 9 °С. Сколько кипятка нужно долить в ведро, чтобы получить воду температурой 30 °С?
2. Со станции вышел товарный поезд, идущий со скоростью $v_1 = 36$ км/ч. Через $t_1 = 30$ минут по тому же направлению вышел экспресс, скорость которого 72 км/ч. Через какое время t после выхода товарного поезда и на каком расстоянии S от станции экспресс нагонит товарный поезд?
3. Сколько дров нужно сжечь в печке с КПД = 40%, чтобы получить из 200 кг снега, взятого при температуре -10 °С, воду при 20 °С? Недостающие данные взять из справочника.
4. Полый шар, отлитый из чугуна, плавает в воде, погрузившись ровно наполовину. Определите объем полости шара, если его масса 39 кг. Плотность чугуна $7 \cdot 10^3$ кг/м³, воды 10^3 кг/м³.
5. Автобус массой 5 т трогается с места и начинает двигаться равноускоренно. Через время 4 с он проходит пусть 20 м. Какую мощность развил при этом мотор автобуса?

Справочные данные:

$$c \text{ снега} = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}}, c \text{ воды} = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}}, \lambda \text{ снега} = 3.33 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}, \text{дров} = 11.25 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

ОТВЕТЫ:

1. $m_k = 1.5$ кг.
2. $t = 1$ час, $S = 36$ км.
3. Количество тепла Q , которое пойдёт на нагревание снега равно $Q = \varphi \cdot q \cdot m$, где q – теплотворная способность дров, m – масса дров. Тогда можно записать такое равенство $\varphi \cdot q \cdot m = m_1 \cdot c_1 \cdot \Delta t_1 + m_1 \cdot \lambda + m_1 \cdot c_2 \cdot \Delta t_2$, где c_1 – удельная теплоемкость льда, $\Delta t_1 = 0^\circ\text{C} - (-10^\circ\text{C}) = 10^\circ\text{C}$, удельная теплота плавления льда, c_2 – удельная теплоемкость воды, $\Delta t_2 = 20^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C} = 20^\circ\text{C}$

Имеем:

$$0.4 \cdot 11.25 \cdot 10^6 \cdot m = 200 \text{ кг} \cdot 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \cdot 10 \text{ град} + 200 \text{ кг} \cdot 3.33 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} + 200 \text{ кг} \cdot 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \cdot 20 \text{ град}$$

$$m = \frac{200 \cdot (21000 + 333000 + 42000) \text{ Дж}}{0.4 \cdot 11.25 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} \approx 17.6 \text{ кг}$$

4. На шар массой m , плавающий в воде, действует сила, тяжести $F = mg$, направленная вертикально вниз и выталкивающая сила $F_A = \rho_e \Delta V g$, направленная вертикально вверх, где ΔV – объем части шара, находящейся в воде. Та как шар плавает .значит, его сила тяжести равна по модулю выталкивающей силы:

$$mg = \rho_e \Delta V g = \frac{\rho_e V g}{2} \quad (1), \text{ где } V - \text{ объем всего шара.}$$

Из равенства (1) следует, что $V = \frac{2m}{\rho_e}$.

Т.к. $m = \rho_u (V - V_n)$, где V_n – объем полости ρ_u – плотность чугуна, то $m = \rho_u \left(\frac{2m}{\rho_e} - V_n \right)$.

Значит,

$$V_n = \frac{m(2\rho_u - \rho_e)}{\rho_u \rho_e} = 72,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

5. Мощность, развиваемая двигателем автобуса за время пути, рассчитывается по формуле: $W = Fv$ (1), где F – сила тяги. $F = ma + F_{mp}$. Так как о трении в условии ничего не говорится, то будем считать, что $F = ma$ - сила, вызывающая ускорение автобуса; v – скорость автобуса в конце пути.

Из формул для равноускоренного движения найдём ускорение a и скорость v :

$$v = at, \quad S = \frac{at^2}{2} \quad a = \frac{2S}{t^2}$$

Перепишем (1) в виде:

$$W = Fat = ma^2 t = \frac{4mtS^2}{t^4} \Leftrightarrow W = \frac{4mtS^2}{t^3}, \quad W = \frac{4 \cdot 5000 \cdot 20^2}{4^3} = 125 \text{ кВт}$$

Решения очного тура корпоративной олимпиады

Физика, 9 класс, 2023г.

1. Автомобиль проехал половину пути со скоростью 60 км/ч. Следующий отрезок пути он ехал со скоростью 15 км/ч, а последний отрезок пути – со скоростью 45 км/ч. Какова средняя скорость автомобиля, если второй и третий отрезки пройдены за одинаковое время?

Решение:

$$\text{По условию } t_1 = \frac{S}{2V_1}$$

$$\text{Т.к. } t_2=t_3, \text{ то } \frac{S_2}{S_3} = \frac{V_2}{V_3} = \frac{15}{45} = \frac{1}{3}$$

Получим $S_3=3S_2$, а $S_2+S_3=4S_2=S/2$, отсюда $S_2=S/8$, а $S_3=3S/8$

$$\text{Тогда } t_2 = \frac{S}{8V_2}, \text{ а } t_3 = \frac{3S}{8V_3}$$

$$\text{По определению средняя скорость } V = \frac{S}{t_1 + t_2 + t_3} = \frac{S}{\frac{S}{2V_1} + \frac{S}{8V_2} + \frac{3S}{8V_3}} = 40 \text{ км/ч}$$

2. Сколько природного газа по объему сгорело в горелке, если в алюминиевом чайнике массой 600 г, помещенном на эту горелку, 1 л воды, взятой при температуре 25⁰С, закипел и при этом 100 г воды испарилось? Тепловые потери горелки 64%.

Решение:

$$\eta = \frac{75c_{\text{в}}m_{\text{в}} + 75c_{\text{а}}m_{\text{а}} + Lm_{\text{п}}}{qm_2}$$

$$V_2 = \frac{75c_{\text{в}}m_{\text{в}} + 75c_{\text{а}}m_{\text{а}} + Lm_{\text{п}}}{q\eta\rho_2}$$

$$V_2 = \frac{75 \cdot 4200 \cdot 1 + 75 \cdot 880 \cdot 0,6 + 2,3 \cdot 10^6 \cdot 0,1}{44 \cdot 10^6 \cdot 0,36 \cdot 0,8} = 0,046 \text{ м}^3$$

3. Из духового ружья стреляют в спичечный коробок, лежащий на расстоянии 30 см от края стола. Пуля массой 1 г, летящая с

горизонтальной скоростью 150 м/с, пробивает коробок и вылетает из него со скоростью 75 м/с. Масса коробка 50 г. При каких значениях коэффициента трения между коробком и столом коробок упадет со стола?

Решение:

По закону сохранения импульса

$$mV_0 = MV + m\frac{V_0}{2}$$

$$V = \frac{mV_0}{2M} - \text{скорость коробка после взаимодействия.}$$

При дальнейшем движении коробка

$$ma = F_{mp} = \mu N = \mu mg$$

$$a = \mu g$$

Коробок упадет, если

$$S \geq \frac{V_K^2 - V^2}{-2a} = \frac{V^2}{2a} = \frac{V^2}{2\mu g} = \frac{m^2 V_0^2}{8\mu g M^2}$$

Отсюда

$$\mu \leq \frac{m^2 V_0^2}{8SgM^2}; \quad \mu \leq 0,38$$

4. На платформе массой 5 кг лежит тело массой 0,5 кг. Определить максимальную силу, с которой мальчик должен тянуть платформу, чтобы тело не соскользнуло с платформы. Коэффициенты трения между платформой и столом 0,1, между платформой и телом 0,2.

Решение:

Запишем второй закон Ньютона для платформы

$$M\vec{a}_1 = M\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{F}_{Tp1} + \vec{F}_{Tp2} + \vec{F} + \vec{P}$$

Для тела:

$$m\vec{a}_2 = m\vec{g} + \vec{N}_2 + \vec{F}_{Tр2}$$

В проекциях на ось X

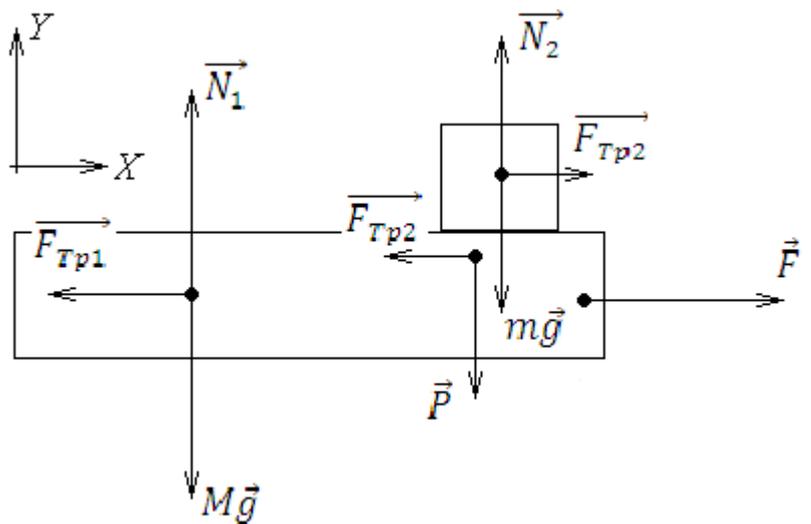
$$Ma_1 = F - F_{Tр1} - F_{Tр2}$$

$$ma_2 = F_{Tр2}$$

В проекциях на ось Y

$$N_1 = Mg + P$$

$$N_2 = mg$$



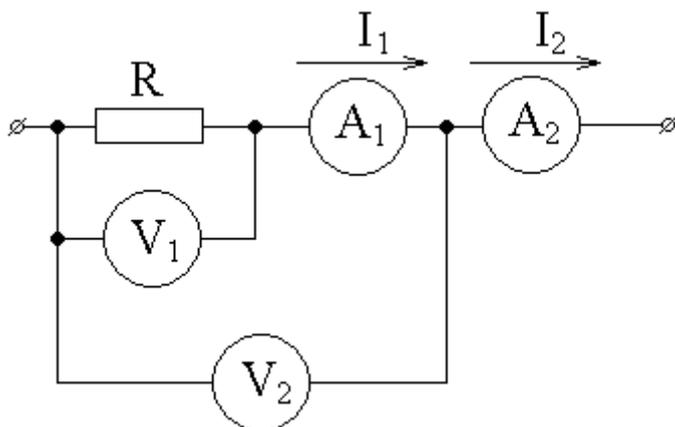
По III закону Ньютона $P = N_2$

Так как тело на платформе покоится, то $a_1 = a_2 = \mu_2 g$

$$F_{Tр1} = \mu_1 N_1 = \mu_1 g(M + m); \quad F_{Tр2} = \mu_2 N_2 = \mu_2 mg$$

$$F = Ma_1 + F_{Tр1} + F_{Tр2} = (M + m)(\mu_1 + \mu_2)g = 16,5 \text{ H}$$

5. Ученик Коля решил измерить сопротивление резистора. Для этого он собрал приборы по следующей схеме:



Измерения дали значения: $U_1=10 \text{ В}$, $U_2=10,5 \text{ В}$, $I_1=50 \text{ мА}$, $I_2=70 \text{ мА}$. Какое значение сопротивления у него получилось? Учтеть, что приборы не идеальные и обладают конечным сопротивлением.

Решение:

Сила тока, протекающего через вольтметр V_2 :

$$i_2 = I_2 - I_1$$

Сопротивление вольтметра:

$$R_V = \frac{U_2}{i_2} = \frac{U_2}{I_2 - I_1}$$

Сила тока, протекающего через вольтметр V_1 :

$$i_1 = \frac{U_1}{R_V} = \frac{U_1}{U_2}(I_2 - I_1)$$

Сила тока, протекающего через резистор:

$$I_R = I_1 - i_1 = I_1 - \frac{U_1}{U_2}(I_2 - I_1)$$

Сопротивление резистора

$$R = \frac{U_1}{I_R} = \frac{U_1 U_2}{I_1 U_2 - (I_2 - I_1) U_1} = 323 \text{ Ом}$$

Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского
XIV Брянская корпоративная региональная олимпиада учащейся молодежи
ФИЗИКА

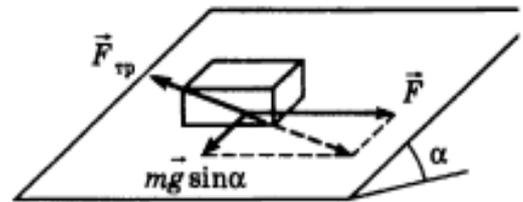
РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ

очный тур 2023 г.

10 КЛАСС

1. Небольшой кубик массой $m = 100$ г покоится на шероховатой плоскости, наклоненной к горизонту под углом $\alpha = 30^\circ$ (см. рис). Коэффициент трения кубика о плоскость $\mu = 0,8$. Определите минимальную горизонтальную силу F , с которой нужно толкать кубик, чтобы он начал двигаться. Сила лежит в плоскости склона

Решение: Рассмотрим проекции на наклонную плоскость сил, действующих на брусок (см. рис.). При предельном условии равновесия сила трения покоя достигает своего максимального значения:



$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha.$$

Эта сила уравнивает равнодействующую двух взаимно перпендикулярных сил: F и проекции силы тяжести $mg \sin \alpha$.

Следовательно, $F_{\text{тр}}^2 = F^2 + (mg \sin \alpha)^2$, откуда .

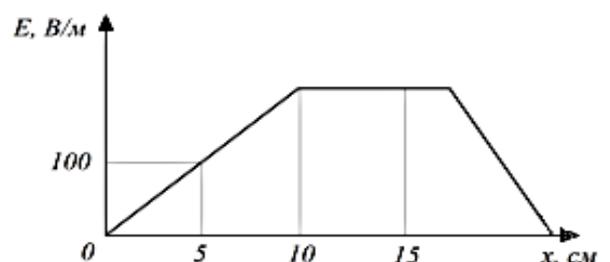
$$F_{\text{min}} = mg[(\mu \cos \alpha)^2 - (\sin \alpha)^2]^{1/2} = 0,47 \text{ Н.}$$

2. В пространстве создано электрическое поле, напряженность которого от координаты зависит следующим образом (см. рис.). Данное поле переместило частицу массой 1 мкг и зарядом 1 мКл из точки с координатой 5 см в точку с координатой 15 см. Определите скорость заряженной частицы в конечной точке, если в начальной точке она покоилась.

Решение:

Напряженность в точке с координатой 10 см равна 200 В/м. Разность потенциалов конечной и начальной точек равна площади под графиком:

$$\Delta \varphi = \left(\frac{100 + 200}{2} \cdot 0,05 \right) + (200 \cdot 0,05) = 17,5 \text{ В.}$$



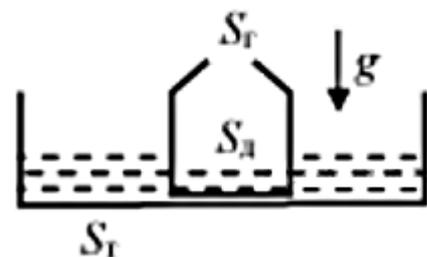
Работа электрического поля равна кинетической энергии, приобретенной зарядом:

$$q\Delta\varphi = \frac{mv^2}{2}.$$

Откуда скорость заряда:

$$v = \sqrt{\frac{2q\Delta\varphi}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 17,5}{10^{-6}}} \approx 187 \text{ м/с}.$$

3. Садовод-любитель поставил в пустой цилиндрический таз площадью $S_T = 500 \text{ см}^2$ пустую открытую банку массой $m = 100 \text{ г}$ с площадью дна $S_D = 50 \text{ см}^2$ и горловины $S_G = 20 \text{ см}^2$. Пошёл дождь - таз и банка начали наполняться водой. Через некоторое время стоявшая на дне банка начала вертикально всплывать. Определите, сколько осадков (высота выпавшего слоя воды в мм) выпало к этому моменту. Плотность воды 1 г/см^3 .



Решение: Пусть высота выпавших осадков равна h . Это значит, что объём осадков (воды), прошедший через сечение S , равен $h \cdot S$. Объём воды в банке равен $h \cdot S_G$ а в тазу — $h \cdot (S_T - S_G)$. Значит, высота воды в тазу равна

$$H = h \frac{S_T - S_G}{S_T - S_D}.$$

Поскольку банка с водой начала всплывать, действующая на неё сила тяжести $(m + \rho h S_G)g$, где $\rho = 1 \text{ г/см}^3$ — плотность воды, равна силе Архимеда $\rho g V$, где $V = HS_D$ — объём вытесненной воды:

$$(m + \rho h S_G)g = \rho g HS_D$$

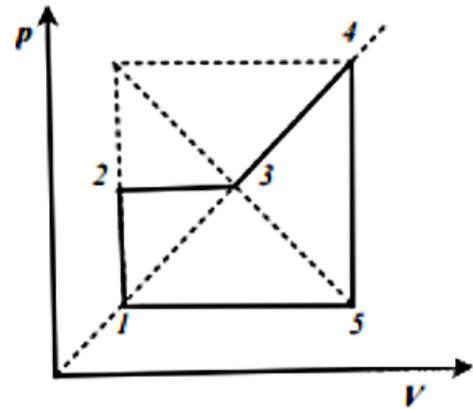
Подставив сюда H , найдём

$$h = \frac{m}{\rho S_T} \frac{S_T - S_D}{S_D - S_G}.$$

и, подставив численные значения, получим

$$h = \frac{100}{1 \cdot 500} \frac{450}{30} = 3 \text{ см} = 30 \text{ мм}.$$

4. Тепловая машина, рабочим телом которой является идеальный одноатомный газ, работает по циклу 1–2–3–4–5–1, показанному на рисунке, где: 1–2 и 4–5–изохоры, а 2–3 и 5–1–изобары. Точка 3 – пересечение диагоналей изображенного на рисунке прямоугольника. Известно, что максимальная температура газа, достигаемая в цикле, в 6,25 раз больше минимальной. Найдите КПД цикла.



Решение: Введём следующие обозначения: $Q^- = Q_{451}^-$ — модуль тепла, отданного холодильнику, A — работа цикла. Тогда $\eta = \frac{A}{A+Q^-}$

Из рисунка очевидно, что $\frac{p_4}{p_1} = \frac{V_4}{V_1}$ и $A = \frac{5}{8} \Delta p \Delta V$

Используя

$$\begin{cases} p_1 V_1 = \nu R T_1 \\ p_4 V_4 = \nu R T_4 \end{cases}$$

получим

$$\frac{p_4 V_4}{p_1 V_1} = \left(\frac{p_4}{p_1}\right)^2 = \left(\frac{V_4}{V_1}\right)^2 = \frac{T_4}{T_1} = 6,25 = \left(\frac{5}{2}\right)^2$$

Тогда $\Delta p = \frac{3}{2} p_1$ и $\Delta V = \frac{3}{2} V_1$ следовательно,

$$A = \frac{5}{8} \cdot \frac{3}{2} p_1 \cdot \frac{3}{2} V_1 = \frac{45}{32} p_1 V_1$$

$$Q^- = \frac{3}{2} V_4 \Delta p + \frac{5}{2} p_1 \Delta V = \frac{75}{8} p_1 V_1$$

$$\eta = \frac{A}{A+Q^-} = \frac{45}{32 \cdot \left(\frac{45}{32} + \frac{75}{8}\right)} = \frac{45}{345} = \frac{3}{23} \approx 13\%$$

5. Через неподвижный блок перекинута невесомая и нерастяжимая нить. Блок не вращается, но нить может скользить по блоку. Если к левому концу нити повесить груз массой m , а к правому – массой $3m$, то эти тела, отпущенные из положения равновесия будут двигаться с ускорением 2 м/с^2 . Ускорение свободного падения равно 10 м/с^2 . С каким ускорением будут двигаться тела массами $3m$ и $9m$, подвешенные к концам этой нити?

Решение: Запишем второй закон Ньютона для тел m и $3m$

$$\begin{cases} 3mg - T_2 = 3ma \\ T_1 - mg = ma \end{cases}$$

$$\begin{cases} T_2 = 3mg - 3ma \\ T_1 = mg + ma \end{cases}$$

Силы натяжения T_1 и T_2 разные, так как действуют силы трения при скольжении нити по блоку. Результирующую силу трения, направленную против движения нити найдем из следующего уравнения

$T_2 - T_1 - F_{\text{тр рез.}} = \Delta m_{\text{нити}} \cdot a = 0$, (здесь $\Delta m_{\text{нити}}$ – участок нити, соприкасающийся с блоком. Его масса, как и масса всей нити равна нулю).

Таким образом $F_{\text{тр рез.}} = T_2 - T_1 = 2mg - 4ma$

С другой стороны, силу трения можно представить как

$$F_{\text{тр рез.}} = \mu N = \mu(T_2 + T_1) = \mu(4mg - 2ma)$$

Имеем $2mg - 4ma = \mu(4mg - 2ma)$, отсюда

$$\mu = \frac{2mg - 4ma}{4mg - 2ma} = \frac{g - 2a}{2g - a} = \frac{1}{3}$$

Аналогично для масс $3m$ и $9m$ запишем

$$\begin{cases} 9mg - T'_2 = 9ma \\ T'_1 - 3mg = 3ma \end{cases}$$

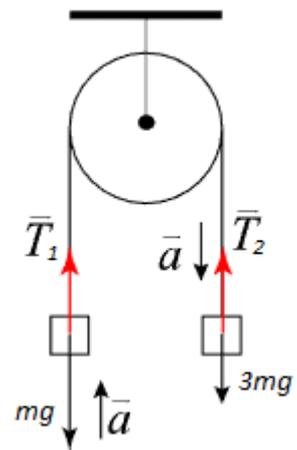
$$\begin{cases} T'_2 = 9mg - 9ma \\ T'_1 = 3mg + 3ma \end{cases}$$

$$F_{\text{тр рез.}} = T'_2 - T'_1 = 6mg - 12ma$$

$$F_{\text{тр рез.}} = \mu N = \mu(T'_2 + T'_1) = \mu(12mg - 6ma)$$

$$6mg - 12ma = \frac{1}{3}(12mg - 6ma)$$

$$a = \frac{2}{10}g = 2 \text{ м/с}^2$$



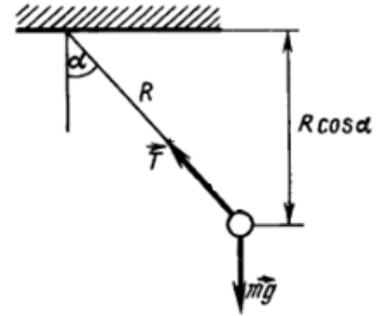
ФИЗИКА

Решение заданий очного тура
2023 г.

11 класс

Задача 1

Грузик, подвешенный на невесомой нерастяжимой нити, отводят в сторону так, что нить принимает горизонтальное положение, и отпускают без начальной скорости. При каком угле α с вертикалью сила натяжения нити будет равна по величине половине силы тяжести, действующей на шарик.



Решение:

Шарик движется по окружности, поэтому в соответствии со вторым законом Ньютона получаем:

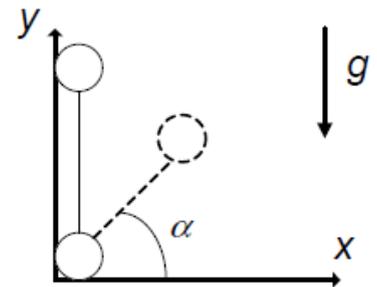
$$m \frac{v^2}{R} = T - mg \cos \alpha. \quad \text{По условию} \quad T = \frac{mg}{2}.$$

Из закона сохранения механической энергии имеем: $\frac{mv^2}{2} = mgR \cos \alpha.$

Решая совместно полученные уравнения, находим: $\cos \alpha = \frac{1}{6}, \alpha \approx 80^\circ.$

Задача 2

Найти силу, действующую на вертикальную стенку со стороны опрокидывающейся гантели, в тот момент, когда ось гантели составляет угол α с горизонтом (см. рис.). Гантель начинает свое движение из вертикального положения без начальной скорости. Масса каждого шара гантели равна m , расстояние между шарами много больше радиуса шара. Трением пренебречь.



Решение:

Из условия равновесия нижнего шара имеем: $N_x = T \cos \alpha,$

где T – сила упругости, возникающая в стержне.

Верхний шар движется по окружности радиуса l , поэтому из второго закона Ньютона следует:

$$\frac{mv^2}{l} = mg \sin \alpha - T.$$

Из закона сохранения энергии получаем:

$$mgl = \frac{mv^2}{2} + mgl \sin \alpha$$

Отсюда находим: $N_x = mg \cos \alpha (3 \sin \alpha - 2),$ если $\sin \alpha > \frac{2}{3}.$

Если $\sin \alpha \leq \frac{2}{3},$ то $N_x = 0,$ т.к. нижний шар отходит от вертикальной стенки.

Задача 3

В калориметр содержащий $m_1 = 250$ г воды при температуре $t_1 = 15$ °С добавили $m_2 = 20$ г мокрого снега. Температура в калориметре понизилась на $\Delta t = 5$ °С. Сколько воды было в снеге. Теплоемкостью калориметра пренебречь.

Решение:

Мокрый снег – это смесь льда и воды. Уравнение теплового баланса имеет вид:

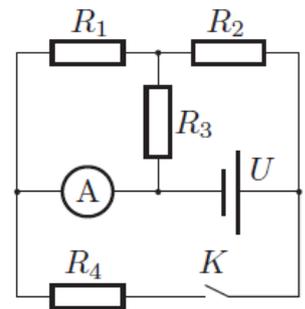
$$cm_1\Delta t = cm_2(t_1 - \Delta t) + \lambda(m_2 - m_6),$$

где c – удельная теплоемкость воды, λ – удельная теплота плавления льда, m_6 – масса воды, содержащейся в снеге.

Выполняя математические преобразования, получаем: $m_6 \approx 6,8$ г.

Задача 4

В электрической цепи, изображенной на рисунке, $U = 4,2$ В, $R_1 = 5$ кОм, $R_2 = R_3 = 4$ кОм, $R_4 = 6$ кОм. Найдите силу тока I_{A1} , текущего через амперметр при разомкнутом ключе К, и силу тока I_{A2} , текущего через амперметр при замкнутом ключе К. Амперметр считайте идеальным.



Решение:

Амперметр идеален, поэтому резисторы R_1 и R_3 параллельны. Их эквивалентное сопротивление равно $R_0 = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3}$.

Тогда полное сопротивление цепи: $R = R_2 + \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3}$

При разомкнутом ключе сила тока текущего через амперметр равна силе тока, текущего через резистор R_1 . Так как резисторы R_1 и R_3 параллельны, то силы тока в них обратно пропорциональны значениям сопротивлений. Тогда получаем

$$I_{A1} = \frac{U}{R_2 + R_0} \cdot \frac{R_3}{R_1 + R_3} = \frac{R_3 U}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3} = 0,3 \text{ мА}$$

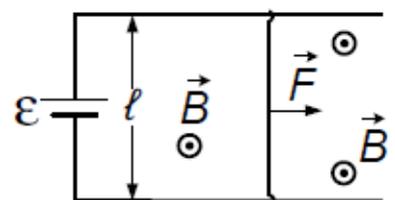
При замкнутом ключе резистор параллелен всей остальной схеме, рассматривавшейся в предыдущем случае, поэтому

$$I_{A2} = I_{A1} + \frac{U}{R_4} = 1 \text{ мА},$$

т.к. ток, текущий через амперметр, теперь складывается из токов, текущих по резисторам R_1 и R_4 .

Задача 5

Источник тока с ЭДС ε и нулевым внутренним сопротивлением подключен к двум параллельным проводникам, по которым может скользить без трения перемычка длиной l , имеющая сопротивление R . Магнитное поле с индукцией B перпендикулярно плоскости проводников. К перемычке приложена сила F перпендикулярно перемычке. Найдите мощность, развиваемую силой F при установившейся скорости перемычки.



Решение:

По закону Фарадея $\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = Blv$.

По закону Ома сила тока через перемычку равна

$$I = \frac{\mathcal{E} - \mathcal{E}_{\text{инд}}}{R} = \frac{\mathcal{E} - Blv}{R}$$

Сила Ампера, действующая на перемычку, равна $F = IBl$, поэтому получаем:

$$I = \frac{F}{Bl} = \frac{\mathcal{E} - Blv}{R}$$

Отсюда находим скорость перемычки:

$$v = \frac{\mathcal{E}Bl - FR}{(Bl)^2}$$

Таким образом, искомая мощность равна

$$P = Fv = \frac{F}{Bl} \left(\mathcal{E} - \frac{FR}{Bl} \right)$$