Межрегиональная олимпиада школьников на базе ведомственных образовательных учреждений (2015 г.).
Физика. 9 класс

Вариант 1

Задача 1 *(4 балла).* На рисунке показана часть разветвленной цепи с известными сопротивлениями R_1, R_2, R_3, R_4. Известна мощность тепловых потерь P_1 на сопротивлении R_1. Найти мощность тепловых потерь P_4 на сопротивлении R_4.

Решение.

Мощность тепловых потерь P_1 на сопротивлении R_1 равна $R_1 I_1^2$. Отсюда находим ток, текущий через сопротивления R_1 и R_2:

$$I_1 = I_2 = \sqrt{\frac{P_1}{R_1}}.$$

На концах двух параллельных ветвей сопротивлений (ветвь R_1+ R_2 и ветвь R_3) одинаковая разность потенциалов, или падение напряжения:

$$I_1(R_1 + R_2) = I_3 R_3.$$

Из последнего уравнения находим ток I_3, текущий через сопротивление R_3:

$$I_3 = I_1 \frac{R_1+R_2}{R_3} = \sqrt{\frac{P_1}{R_1}} \cdot \frac{R_1+R_2}{R_3}.$$

Из закона сохранения электрического заряда $I_1 + I_3 = I_4$, найдем ток I_4, текущий через сопротивление R_4:

$$I_4 = \sqrt{\frac{P_1}{R_1}} \cdot \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_3}$$

Мощность тепловых потерь P_4 на сопротивлении R_4 равна $R_4 I^2_4$. Выразим ее через известные величины

$$P_4 = P_1 \cdot \frac{R_4}{R_1} \cdot \frac{(R_1 + R_2 + R_3)^2}{R_3^2}$$

Задача 2 *(2 балла).* Какую максимальную массу льда $m_{льда}$ с температурой 0^0C можно бросить в налитую в теплоизолированный сосуд воду массой $m_{воды}$=1,5 кг и начальной температурой $t=30^0$C, чтобы весь лед растаял? Удельная теплота плавления льда $\lambda = 3{,}35\cdot10^5$ Дж/кг. Удельная теплоемкость воды $c = 4{,}2\cdot10^3$ Дж/(кг·К).

Решение.

Запишем уравнение теплового баланса:

$$\lambda m_{льда} = Q_{полученная\ льдом} = Q_{отданная\ водой} = c m_{воды} t.$$

Решая это уравнение, получим ответ задачи

$$m_{льда}=\frac{ctm_{воды}}{\lambda}=\frac{4,2*10^3*30*1,5}{3,35*10^5}=0,56кг.$$

Задача 3*(4 балла).* В цилиндрический сосуд налиты две не перемешивающиеся жидкости с разными плотностями ρ_1 и ρ_2. Известно, что масса второй жидкости в n=2 раза <u>больше</u>, чем масса первой жидкости. Общая высота налитых в сосуд жидкостей равна H. Найти давление столба жидкостей P на дно сосуда.

Решение.

По условию задачи $m_2 = nm_1$. Так соотносятся массы обеих жидкостей. (n=2). Распишем это условие:

$$\rho_2 S(H-h_1)=n\rho_1 Sh_1.$$

Здесь S- площадь поперечного сечения сосуда, h_1 – высота столба первой жидкости.

Решая это уравнение относительно h_1, получаем:

$$h_1 = H\frac{\rho_2}{n\rho_1+\rho_2}.$$

Найдем массу mвсего столба жидкости ($m = m_1+ m_2$):

$$m=m_1+m_2=m_1(n+1)=(n+1)\rho_1 Sh_1=\frac{(n+1)\rho_1\rho_2 SH}{n\rho_1+\rho_2}.$$

По определению, давление P столба обеих жидкостей на дно сосуда будет равно

$$P=\frac{mg}{S}=\frac{(n+1)\rho_1\rho_2 gH}{n\rho_1+\rho_2}.$$

Подставляя в последнее выражение n=2, получим ответ задачи

$$P=\frac{3\rho_1\rho_2 gH}{2\rho_1+\rho_2}.$$

Задача 4*(5 баллов).* Два тела находятся в точках, расположенных на одной вертикали над поверхностью земли. Расстояние между этими точками h=100 м. Начальное положение нижнего тела над поверхностью земли $H_{0,ниж.}$=600 м. Тела одновременно бросают вертикально вверх. Начальные скорости верхнего тела $v_{0.верх}=v_0$инижнего тела $v_{0.ниж}= nv_0$известны (v_0=10 м/с; n=2). На каком расстоянии Lот начального положения нижнего тела произойдет столкновение тел? Где произойдет столкновение тел: а) выше точки бросания верхнего тела, б) между точками бросания обоих тел, в) в точке бросания одного из тел (какого?), г) между точкой бросания нижнего тела и землей, д) на поверхности земли? Найти время столкновения тел $\tau_{столк.}$

Считать ускорение свободного падения тел равным g=10 м/с.

Решение.

Выберем направление вертикальной оси X вверх. Выберем (для удобства) начало координат на оси X в точке, откуда бросили нижнее тело.

Тогда можно записать координаты $x_{ниж.}(t)$ и $x_{верх.}(t)$ обоих тел во время полета (до падения на землю)

$$x_{ниж.}(t) = nv_o t - \frac{gt^2}{2}.\ x_{верх.}(t) = h + v_o t - \frac{gt^2}{2}.$$

Найдем время столкновения тел $\tau_{столк.}$ из условия их столкновения

$$x_{ниж.}(\tau_{столк.}) = x_{верх.}(\tau_{столк}):$$

$$nv_o\tau_{столк.} - \frac{g\tau^2_{столк.}}{2} = h + v_o\tau_{столк.} - \frac{g\tau^2_{столк.}}{2}.$$

$$\tau_{столк.} = \frac{h}{(n-1)v_o}.$$

При выбранном нами начале координат (в точке бросания нижнего тела), расстояние L от точки бросания нижнего тела до точки столкновения тел находится из выражения $L = |x_{ниж.}(\tau_{столк.})|$, или

$$L = |\frac{h}{(n-1)}[n - \frac{gh}{2(n-1)v_o^2}]| = |\frac{100}{1}[2 - \frac{10*100}{2*1*100}]| = |-300|\ м = 300 м.$$

Полученный нами ответ для Lговорит о том, что оба тела столкнутся в <u>воздухе</u> (L<H=600 м), на 300 м <u>ниже</u> точки бросания нижнего тела.

Время столкновения тел

$$\tau_{столк.} = \frac{h}{(n-1)v_o} = \frac{100}{1*10} = 10с.$$

Задача 5*(5 баллов).* На горизонтальной опоре находится куб. На нем укреплены два блока. Через блоки переброшены нити. К концам нитей прикреплены три груза с известными массами, как показано на рисунке. С какой горизонтальной силой F (и в каком направлении: справа налево, или слева направо) надо действовать на куб, чтобы куб покоился при движении относительно него вышеуказанных грузов?

Решение.

Обратим внимание на то, что сумма внешних сил, действующих на <u>систему тел</u> (куб и три груза) в вертикальном направлении, равна нулю. Внешние силы, действующие на систему тел в горизонтальном направлении, вообще отсутствуют. Это означает, что горизонтальная координата центра масс системы тел будет оставаться в покое (если он первоначально покоился), когда систему тел (куб и три груза) предоставят самой себе. В <u>тот момент времени</u>, когда грузы придут в движение, обнаружится следующая тенденция: левый груз начнет двигаться вверх, правый груз начнет двигаться вниз, средний груз начнет движение слева на право (изменяя при этом горизонтальную координату центра масс системы тел). Чтобы этого не случилось (чтобы не был нарушен закон сохранения горизонтальной составляющей импульса системы тел), куб должен начать движение справа на лево. Таким образом, мы должны приложить внешнюю горизонтальную силу Fк кубу (направленную слева на право), чтобы куб покоился.

Рассчитать эту силу довольно просто. Решив динамическую задачу движения трех грузов относительно неподвижного куба (куба, неподвижного относительно горизонтальной подставки), найдем линейные ускорения грузов относительно куба

$$a = \frac{g}{3}.$$

Внутренние силы системы тел действуют на средний груз в горизонтальном направлении (слева на право) с результирующей силой Ф, равной

$$\varPhi = 2m\frac{g}{3} = \frac{2mg}{3}.$$

С такой же по величине результирующей силой Ф* внутренние силы системы тел действуют в горизонтальном направлении (с права на лево) на куб.

$$\varPhi^* = \frac{2mg}{3}.$$

Чтобы куб оставался в покое, мы приложим к нему искомую силу

$$F = \frac{2mg}{3}.,$$

действующую в горизонтальном направлении слева на право.