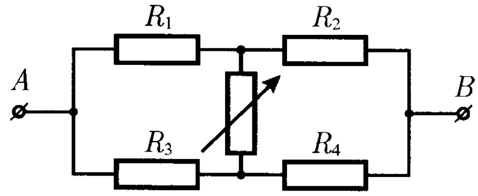
<u>З А Д А Н И Я</u>
<u>для проведения II муниципального (районного) этапа</u>
<u>Всероссийской олимпиады школьников по физике 2016-2017</u>
<u>10 класс</u>



1. Электрическая цепь состоит из трех резисторов с известными сопротивлениями R_1 = 20 Ом, R_2 = 50 Ом, R_3 = 80 Ом, одного резистора с неизвестным сопротивлением R_3 и одного переменного резистора (см. рис.) При измерении сопротивления R_{AB} между точками А и В этой электрической цепи выяснилось, что оно не зависит от сопротивления переменного резистора. Найдите величины сопротивлений неизвестного резистора R_3 и всей цепи R_{AB}.

Решение:
Чтобы переменный резистор не влиял на сопротивление цепи необходимо чтобы потенциалы точек его подключения к цепи были одинаковы. **(3б)**
В этом случае ток через сопротивление R_1 и R_2 (R_3 и R_4) одинаков и равен J_1(J_2) **(1б)**
Тогда имеем равенства согласно закону Ома для участка цепи.

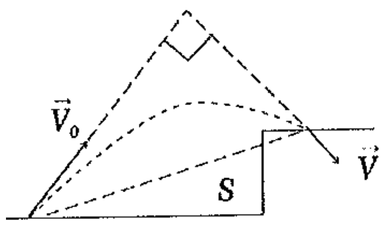
$$J_1R_1 = J_2R_3$$

(3б)

$$J_1R_2 = J_2R_4$$

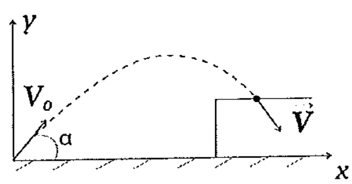
Делим одно уравнение на другое получаем:

$$R_4 = \frac{R_3R_2}{R_1} = 200\text{ Ом}$$ **(3б)** .



2. Мальчик бросил камень под углом к горизонту. Камень описал дугу и через 2с приземлился на крышу сарая, причем вектор начальной скорости V_0 и вектор скорости при приземлении V оказались перпендикулярными друг другу. Определить растояние (по прямой) между точкой бросания и точкой падения камня. При каких скоростях решение имеет смысл?

Решение:



Координаты вектора V в разложении по осям

$$V_x = V_0\cos(\alpha) \quad V_y = V_0\sin(\alpha) - gt$$

Координаты вектора V_0

$$V_{0x} = V_0\cos(\alpha) \quad V_{0y} = V_0\sin(\alpha)$$

По условию V_0 перпендикулярен V поэтому

$$V_{0x}V_x + V_{0y}V_y = 0 \quad => \quad V_0^2 - V_0\sin(\alpha)gt = 0$$

Окончательно получаем

$$\sin(\alpha) = \frac{V_0}{gt}$$ **(5б)**

Уравнение движения камня, брошенного под углом к горизонту

$$x = V_0cos(\alpha)t$$

$$y = V_0 sin(\alpha)t - \frac{gt^2}{2}$$

Искомое расстояние S определим по теореме Пифагора

$$S^2 = x^2 + y^2 = \frac{g^2t^4}{4}$$ **(4б)**

Величина S=20м **(1б)**

3. Определите, каким образом должна изменяться со временем угловая скорость вращения ведущей катушки магнитофона для того, чтобы линейная скорость движения ленты была постоянной и равна **v.** Радиус катушки **R.** Толщина **d.** Считать что **d<<R,** а в начальный момент времени вся лента намотана на другую катушку.

Решение:

Для того, чтобы линейная скорость ленты была постоянна, необходимо, чтобы в любой момент времени выполнялось равенство

$$\omega r = v$$ (2б)

Явный вид зависимости радиуса катушки с намотанной лентой найдем из следующих соображений: Пусть в момент времени t после начала движения радиус катушки равен r. Тогда на катушке намотана лента объёмом

$$V = \pi(r^2 - R^2)l$$ (4б) .

l- ширина ленты. В тоже время этот объем ленты прошел мимо считывающей головки со скоростью v, поэтому

$$V = vtld$$ (3б) .

Приравнивая эти выражения, находим

$$r(t) = \sqrt{R^2 + \frac{vtd}{\pi}}.$$

Тогда угловая скорость вращения

$$\omega(t) = \frac{v}{\sqrt{R^2 + \frac{vtd}{\pi}}}$$ (1б) .

4. Герметичный теплонепроницаемый вертикальный цилиндрический сосуд разделён массивным теплонепроницаемым горизонтальным тонким поршнем, скользящим вдоль стенок без трения. В обеих частях сосуда находится один и тот же идеальный газ. Известно, что при температуре T в обеих частях сосуда поршень делит сосуд в отношении 2:1, считая от его верхнего торца. Если перевернуть сосуд и нагреть оказавшийся под поршнем газ до температуры $4T$, а температуру второй части оставить неизменной, то поршень вновь разделит сосуд в отношении 2:1, считая от верхнего торца. Чему равно отношение масс газов, разделённых поршнем?

Решение:

Пусть в первом положении сверху находится газ массой m_1, а снизу газ массой m_2. Пусть начальные давления в частях сосуда и их объёмы равны соответственно P_1, P_2, V_1, V_2, а конечные P_1', P_2', V_1', V_2'. Также заметим, что разность давлений снизу и сверху постоянна и равна $\frac{mg}{S}$, то есть давлению, создаваемому поршнем площадью S. Запишем отношение масс газов в первом и втором случаях, следующее из уравнений Клайперона-Менделеева:

$$\frac{P_1V_1}{P_2V_2} = \frac{m_1}{m_2},$$

$$\frac{P_1'V_1'}{P_2'V_2'} = \frac{4m_1}{m_2}.$$

Подставив в записанные выше уравнения данные в условии отношения объёмов

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_1'}{V_2'} = \frac{1}{2},$$

получим:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{1}{2}\frac{m_1}{m_2},$$

$$\frac{P_1'}{P_2'} = \frac{8m_1}{m_2}.$$

Используя постоянство разности давлений, находим:

$$\left(1 - \frac{1}{2}\frac{m_1}{m_2}\right)P_2 = \left(8\frac{m_1}{m_2} - 1\right)P_2'.$$

Отношение P_2/P_2' найдём из закона Бойля-Мариотта для газа в той части сосуда, в которой температура постоянна:

$$\frac{P_2}{P_2'} = \frac{V_2'}{V_2} = 2.$$

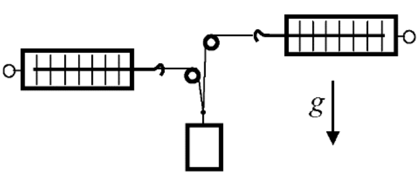
В итоге:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{3}.$$

Критерии оценивания

Найдена связь отношения давлений с отношением масс для первого случая .... 2 балла
Найдена связь отношения давлений с отношением масс для второго случая .... 2 балла
Записано условие, следующее из постоянства разности давлений снизу и сверху.................. 2 балла
Найдено отношение P_2/P_2' .... 2 балла
Получен ответ.. 2 балла

5. Имеется два динамометра, пружины которых имеют вдвое различающиеся коэффициенты жесткости. Динамометры закреплены, к их концам привязаны нити, которые перекинуты через неподвижные блоки. Концы нитей связаны, и к узлу привязан груз. При этом динамометр с более жесткой пружиной показывает F_1=1Н, а другой показывает F_2=3.5 Н. Какими будут показания динамометров, если массу груза увеличить вдвое? Трением пренебречь.



Решение:

Обозначим жёсткость второй пружины k, тогда из условия задачи жёсткость первой пружины равна $2k$. После увеличения массы груза пружины растянулись дополнительно на одинаковую величину, которую мы обозначим буквой x. Тогда, по закону Гука:

$$F_1' = F_1 + (2k)x, \qquad (1) \qquad \textbf{(2 б.)}$$

$$F_2' = F_2 + kx, \qquad (2) \qquad \textbf{(2 б.)}$$

где F_1', F_2' — новые показания динамометров. Поскольку масса груза удвоилась

$$F_1' + F_2' = 2(F_1 + F_2). \qquad \textbf{(2 б.)}$$

Подставим сюда (1) и (2) и выразим x:

$$x = \frac{F_1 + F_2}{3k}.$$

Подставив это выражение в (1) и (2), получим:

$$F_1' = F_1 + \frac{2}{3}(F_1 + F_2), \qquad \textbf{(1 б.)}$$

$$F_2' = F_2 + \frac{1}{3}(F_1 + F_2). \qquad \textbf{(1 б.)}$$

Подставляя сюда численные значения, получим:

ответ: $F_1' = 4\ \text{Н}$, $F_2' = 5\ \text{Н}$. **(2 б.)**