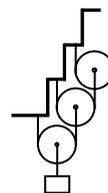


## 2.11. Отборочный тур олимпиады «Росатом», 10 класс

1. Человек первую треть полного времени движения прошел по лесной дороге со скоростью  $v = 1$  км/ч. Вторую треть полного времени движения человек шел по шоссе со скоростью  $3v$ . Оставшейся участок, длина которого равна трети всего пути, человек прошел со скоростью  $v_1$ . Найти  $v_1$ .

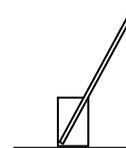
2. 2014 одинаковых блоков массой  $m$  каждый подвешены с помощью невесомых нитей так, как показаны на рисунке. Найти силу натяжения нити, удерживающей 2014 блок. Масса груза равна массе блока.



3. Имеется кусок провода с сопротивлением  $R = 1000$  Ом. Из провода изготавливают нагреватель, рассчитанный на работу в бытовой электрической сети с напряжением  $U = 220$  В. Нагреватель какой максимальной мощности можно изготовить, если максимальный ток через провод –  $I = 1$  А. Напряжение сети не зависит от нагрузки. При изготовлении нагревателя необходимо использовать весь провод без остатка.

4. Горизонтальный сосуд длиной  $l$  разделен на две части подвижной перегородкой. С одной стороны от перегородки содержится  $\nu$  моль водорода, с другой –  $\nu$  моль аргона и  $\nu$  моль кислорода, а перегородка находится в равновесии. В некоторый момент времени перегородка становится проницаемой для аргона и остается непроницаемой для других газов. Найти перемещение перегородки. Температуры газов одинаковы и не меняются в течение процесса.

5. На столе стоит цилиндрический стакан массой  $M$ . В стакан ставят стержень так, как показано на рисунке, причем в стакане оказывается пятая часть длины стержня. При какой массе стержня стакан будет находиться в равновесии?



### Ответы и решения

1. Пусть полный путь, пройденный человеком, равен  $S$ , затраченное время –  $t$ . Тогда из соотношений, связывающих расстояние, время и скорость для первого и второго этапа движения имеем

$$v \frac{t}{3} + 3v \frac{t}{3} = \frac{2S}{3} \quad (1)$$

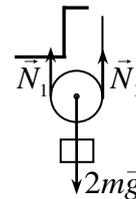
С другой стороны

$$v_1 = \frac{S/3}{t/3}$$

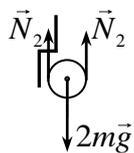
Поэтому из (1) находим

$$v_1 = 2v = 2 \text{ км/ч}$$

2. На первый блок действуют: сила тяжести  $m\vec{g}$  и сила натяжения нижней нити, равная  $m\vec{g}$  (направлены вниз), две силы натяжения охватывающей его нити  $\vec{N}_1$ , направленные вверх (см. рисунок). Отсюда следует, что сила натяжения нити, охватывающей нижний блок, равна



$$N_1 = mg$$



На второй блок действует сила тяжести  $m\vec{g}$  и сила натяжения первой нити, равная  $m\vec{g}$  (направлены вниз), две силы натяжения охватывающей его нити  $\vec{N}_2$ , направленные вверх (см. рисунок). Отсюда следует, что сила натяжения нити, охватывающей нижний блок, равна

$$N_2 = mg$$

Продолжая рассуждения дальше, найдем, что силы натяжения всех нитей и, в том числе, нити, охватывающей 2014 блок, равны

$$N_{2014} = mg$$

3. Поскольку напряжение сети не зависит от нагрузки, из закона Джоуля-Ленца

$$P = \frac{U^2}{r}$$

Закключаем, что мощность нагревателя будет максимальной при условии максимального количества соединений полюсов сети проволоками с минимальным сопротивлением. Но сопротивление каждой проволоки нельзя сделать меньше, чем  $r = 220$  Ом, поскольку ток через проволоку не должен превосходить 1 А. Поэтому можно разрезать проволоку на 4 части, три с сопротивлением  $r = 220$  Ом; останется кусок с сопротивлением  $r_1 = 120$  Ом. По условию этот кусок нельзя выбросить, но из него можно сделать проводник с сопротивлением, практически равным нулю (разрезав его на множество маленьких участков и соединить их параллельно), и включить последовательно любому из участков. Поэтому максимальная мощность нагревателя определяется соотношением

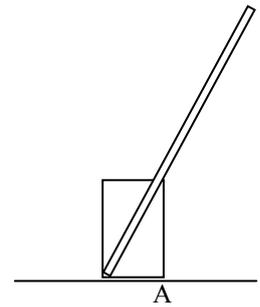
$$P_{\max} = 4 \frac{U^2}{r} = 880 \text{ Вт}$$

4. Поскольку перегородка подвижна, давление газов слева и справа от перегородки одинаково. Первоначально справа содержится вдвое большее количество вещества, поэтому и объем правой части сосуда должен быть вдвое больше объема левой части. Поэтому перегородка находится на расстоянии  $l/3$  от левого конца сосуда. После того, как перегородка станет прозрачной для аргона, он будет оказывать на нее одинаковое воздействие, где бы перегородка не находилась. Поэтому аргон в балансе давлений можно не учитывать. А поскольку слева и справа от перегородки находится по одному молю газов, то в конечном состоянии перегородка будет располагаться посередине. Это значит, что перемещение перегородки можно найти так

$$\Delta x = \frac{l}{2} - \frac{l}{3} = \frac{l}{6}$$

5. Если проекция центра тяжести стакана со стержнем на горизонтальную плоскость попадает внутрь дна стакана, то он будет стоять. Если нет, опрокинется. Найдем положение центра тяжести стакана со стержнем.

Поскольку стержень и стакан однородны, то центры тяжести этих тел находятся в их геометрических центрах (посередине). Поэтому проекция центра тяжести стакана со стержнем на горизонтальную плоскость будет находиться слева от точки А (и стакан будет в равновесии), если



$$MR > m \left( \frac{l}{2} \cos \alpha - 2R \right) \quad (1)$$

где  $R$  - радиус стакана,  $l$  - длина стержня,  $\alpha$  - угол наклона стержня к горизонту. С другой стороны, поскольку внутри стакана находится пятая часть длины стержня, то

$$\cos \alpha = \frac{2R}{l/5} = \frac{10R}{l}$$

Отсюда и формулы (1) получаем условие равновесия стакана

$$MR > 3mR \quad \text{или} \quad m < \frac{M}{3}$$