

Задания первого очного отборочного тура
Отраслевой физико-математической олимпиады школьников «Росатом»
(олимпиада им.проф. И.В.Савельева)
Физика, 7 класс
Октябрь-ноябрь 2016 г.

1 вариант

1. Из города А в город В с одинаковыми скоростями $v = 60$ км/час выехали два поезда, причем один отправился через $\Delta t_1 = 10$ мин после другого. Поезд, идущий из города В в город А, повстречал эти поезда через $\Delta t_2 = 4$ мин один после другого. Найти скорость поезда, идущего в город А.

Решение. Расстояние между поездами, идущими в город В, равно $v\Delta t_1$. Поэтому встреча со вторым поездом произойдет через время

$$\Delta t_2 = \frac{v\Delta t_1}{v + v_1}$$

После встречи с первым (v_1 - скорость поезда, идущего из города В в город А). Отсюда

$$v_1 = v \left(\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} - 1 \right) = 90 \text{ км/час}$$

2. На столе лежит стопка одинаковых книг. Что тяжелее, сдвинуть вместе пять верхних книг, или вытащить одну четвертую сверху книгу из стопки? Ответ обосновать.

Решение. Препятствует вытаскиванию книг из стопки сила трения, которая зависит от свойств трущихся поверхностей и силы, которая прижимает эти поверхности друг к другу. Поэтому чтобы сравнить силы, необходимые для сдвига или вытаскивания книги из стопки нужно сравнить силы прижимающие эти книги друг к другу.

Пусть верхняя книга притягивается к земле с силой F , которая и прижимает ее ко второй книге. Тогда 5 книг будут прижиматься к шестой книге из стопки силой $5F$. Значит сила трения, а, следовательно, и внешняя сила, необходимая для сдвига пяти верхних книг, пропорциональна $5F$.

Когда мы вытаскиваем четвертую книгу из стопки мы должны «победить» силу трения между четвертой и пятой книгами (а она пропорциональна $4F$) и четвертой и третьей (пропорциональна $3F$). Следовательно, внешняя сила пропорциональна в этом случае $7F$. Поэтому пять книг вместе сдвинуть легче в $5/7$ раз.

3. Куб со стороной $a = 1$ см и плотностью $\rho = 5$ г/см³ поместили внутрь жидкого пенопласта с плотностью $\rho/8$. После застывания пенопласта ему придали форму куба со стороной $2a$. Утонет ли такой куб в воде? Плотность воды равна 1 г/см³. Плотность пенопласта при застывании не меняется. Указание. Объем куба со стороной a равен a^3 .

Решение. Куб утонет в воде, если его средняя плотность больше 1 г/см³, и будет плавать, если меньше. Найдем среднюю плотность данного куба. Масса внутреннего куба равна $m_1 = \rho a^3$.

Объем пенопласта равен $V_2 = 8a^3 - a^3 = 7a^3$. И, следовательно, масса пенопласта равна $m_2 = 7\rho a^3 / 8$. Поэтому масса всего нашего куба равна

$$M = m_1 + m_2 = \rho a^3 + \frac{7}{8} \rho a^3 = \frac{15}{8} \rho a^3,$$

а его средняя плотность есть

$$\rho_{cp} = \frac{M}{8a^3} = \frac{15}{64} \rho \approx 1,2 \text{ г/см}^3,$$

и, следовательно, куб утонет в воде.

4. В метро есть два эскалатора. Один из них работает на подъем, второй не работает. Чебурашка спустился по работающему эскалатору, а затем поднялся по неработающему, затратив на это движение время t . Затем он спустился по неработающему эскалатору, а поднялся по работающему, затратив на это движение время $2t/3$. Найти скорость движущегося эскалатора, если скорость Чебурашки относительно эскалатора при движении вниз равна v и вдвое больше скорости его скорости при движении вверх.

Решение. Соотношения «расстояние-время-скорость» для спуска-подъема по работающему-неработающему эскалатору и наоборот дают

$$\begin{aligned} \frac{l}{v-u} + \frac{l}{v/2} &= t \\ \frac{l}{v/2+u} + \frac{l}{v} &= \frac{2t}{3} \end{aligned}$$

где l - длина эскалатора, u - его скорость. Из этой системы уравнений получаем квадратное уравнение для u :

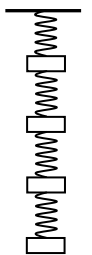
$$2u^2 - 11uv + 3v^2 = 0$$

Отсюда

$$u = \frac{(11 - \sqrt{97})}{4} v$$

(второй корень не удовлетворяет условию, т.к. $u > v$).

5. Четыре одинаковые пружины и четыре одинаковых груза скреплены друг с другом и подвешены к потолку так, как показано на рисунке. Известно, что самый верхний груз сместился на величину Δx_0 по сравнению с положением, когда все пружины не деформированы. На сколько сместится нижний груз? Массой пружин пренебречь.



Решение. Верхняя пружина растягивается тремя грузами, средняя – двумя, нижняя – одним.

Поэтому если нижняя пружина растянулась на величину Δx , то вторая снизу – на $2\Delta x$, третья – на $3\Delta x$, верхняя – на $4\Delta x$. Очевидно, что смещение каждого груза по сравнению с положением, в котором все пружины недеформированы, равно сумме удлинений верхних для него пружин. Поэтому

$$\Delta x_0 = 4\Delta x, \quad \Delta x_n = \Delta x + 2\Delta x + 3\Delta x + 4\Delta x = 10\Delta x$$

Отсюда находим

$$\Delta x_u = \frac{10\Delta x_\epsilon}{4}$$