**Решения**
**Задач заключительного тура олимпиады «Росатом»**
**Физика, 9 класс**

**1.** У проходной НИЯУ МИФИ образовалась очередь школьников, желающих принять участие в заключительном туре олимпиады «Росатом», длиной 80 метров. Каждую минуту первые $n=8$ человек из очереди проходят через проходную, а за это время в конец очереди приходят $k=4$ новых человека. Через 40 минут очередь исчезла. С какой средней скоростью двигались люди, пока они находились в очереди? Ответ выразите в метрах в минуту. Сколько человек участвовало в олимпиаде? Считать, что каждый человек занимает в очереди одинаковое место.

**Решение.** «Хвост» очереди перемещается со следующей средней скоростью

$$v_x = \frac{L}{t} = 2 \text{ м/мин}$$

Где $L=80$ м – первоначальная длина очереди, $t=40$ мин – время «рассасывания» очереди. При этом очередь каждую минуту становится короче на

$$N = n-k = 2 \text{ 1/мин}$$

человек (размерность величин $n$ и $k$ - 1/мин). Это значит, что каждый человек занимает в очереди следующее место

$$\Delta l = \frac{L}{t(n-k)} = 0,5 \text{ м}$$

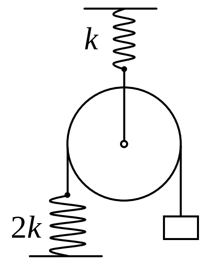
Поскольку при движении очереди каждую минуту проходят $n=8$ человек, то каждый человек проходит в минуту расстояние $n\Delta l$, и, следовательно, скорость человека

$$v = n\Delta l = \frac{nL}{t(n-k)} = 4 \text{ м/мин}$$

Поскольку каждую минуту проходят $n=8$ человек, а очередь рассасывается за время $t=40$ минут, то в олимпиаде участвовало

$$N_1 = nt = 320 \text{ человек.}$$

**2.** Через блок, прикрепленный к потолку с помощью пружины, перебросили веревку. К одному концу веревки прикрепили тело массой $m$, к другому пружину, второй конец которой закреплен на полу (см. рисунок). Коэффициенты жесткости пружин $k$ и $2k$. На сколько переместится тело по сравнению с положением, когда пружины недеформированы? Массой блока пренебречь.




**Решение.** Поскольку груз в равновесии сила натяжения веревки, переброшенной через блок, равна $mg$. Со стороны этой веревки на блок действует удвоенная сила натяжения, т.е. $2mg$. Поэтому сила натяжения нити, удерживающей верхний блок - $2mg$. Следовательно, блок опустился по сравнению с положением, когда верхняя пружина не деформирована, на величину

$$\Delta x_1 = \frac{2mg}{k}$$

и, следовательно, на эту величину уменьшилось расстояние от пола до блока. Поэтому, если бы нижняя веревка не растягивалась, тело опустилось бы на удвоенную величину $\Delta x_1$. А поскольку нижняя веревка растянулась на величину

$$\Delta x_2 = \frac{mg}{2k},$$

то тело опустилось на

$$\Delta l = 2\Delta x_1 + \Delta x_2 = \frac{4mg}{k} + \frac{mg}{2k} = \frac{9mg}{2k}$$

**3.** Между городами А и В ездят Мерседес и Жигули. Скорость Жигулей составляет 2/3 от скорости Мерседеса. Жигули выезжают из города А, Мерседес через некоторое время выезжает из города В. Оказалось, что они встречаются ровно посередине отрезка АВ. В этот момент они разворачиваются и едут назад. Доехав до городов, из которых они выехали (Жигули – до города А, Мерседес – до В),

они снова разворачиваются и едут навстречу друг другу. Затем опять встречаются, разворачиваются и т.д. На каком расстоянии от города А произойдет 2016 встреча Мерседеса и Жигулей, если они ездят с постоянными скоростями, а разворачиваются мгновенно? Расстояние между городами - $L$.
**Решение.** Поскольку сумма расстояний, пройденных машинами от одной встречи до другой, равна удвоенному расстоянию между городами, то между двумя последовательными встречами Мерседеса и Жигулей проходят одинаковые интервалы времени, равные

$$\Delta t = \frac{2L}{v_1 + v_2} = \frac{4L}{5v_1}$$

Где $L$ - расстояние между городами, $v_1$ и $v_2 = 3v_1/2$ - скорости Жигулей и Мерседеса. Поэтому до второй встречи Жигули пройдут расстояние

$$S_1 = v_1 \Delta t = \frac{4L}{5}$$

Поэтому вторая встреча машин произойдет на расстоянии

$$L_1 = S_1 - \frac{L}{2} = \frac{4L}{5} - \frac{L}{2} = \frac{3L}{10}$$

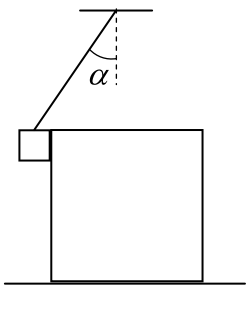
от города А, третья – посередине между городами, четвертая – снова на расстоянии $3L/10$, пятая – снова посередине и т.д. Таким образом, 2016 встреча между машинами произойдет на расстоянии $3L/10$ от города А.
**4.** Имеется два стакана с водой. В первом стакане содержится некоторое количество холодной воды, во втором – вдвое большее количество горячей воды. Когда из первого стакана перелили некоторое количество воды во второй стакан, температура воды в нем понизилась на величину $\Delta t$. Затем из второго стакана такое же количество воды вернули назад в первый стакан так, количество воды в стаканах стало равно первоначальному. На сколько повысилась температура воды в первом стакане? Потерями тепла и теплоемкостью стаканов пренебречь.

**Решение.** Эту задачу проще всего решить, подводя тепловой баланс для начального и конечного состояний воды в стаканах (т.е. не рассматривая процессы переливания воды). Итак, пусть масса воды в первом стакане $m$, во втором - $2m$. Так как масса воды в стаканах в конце процесса равна первоначальной, а температура воды во втором стакане уменьшилась на величину $\Delta t$, в течение двух переливаний вода во втором стакан отдала количество теплоты $Q = c2m\Delta t$ ($c$ - удельная теплоемкость воды). Поскольку по условию теплопотери отсутствуют, это количество теплоты приняла вода в первом стакане. Поэтому

$$cm\Delta t_1 = c2m\Delta t$$

где $\Delta t_1$ - изменение температуры воды в первом стакане. Отсюда получаем

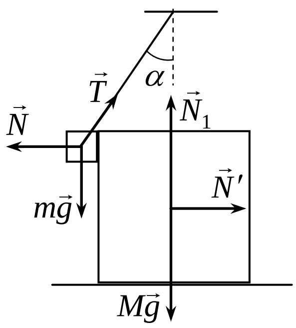
$$\Delta t_1 = 2\Delta t$$




**5.** Тело в форме куба массой $10m$ удерживают на гладкой горизонтальной поверхности. Второе тело массой $m$ подвешено к потолку на невесомой нити, составляющей угол $\alpha$ с вертикалью, и касается куба. Тела отпускают. Найти ускорения тел. Трением пренебречь. Считать, что куб не переворачивается.
**Решение.** Обозначим массу куба $M$. Силы, действующие на тело и куб, показаны на рисунке. Поэтому уравнения движения тела и куба дают

$$m\vec{a}_1 = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{T}$$

$$M\vec{a}_2 = M\vec{g} + \vec{N}' + \vec{N}_1$$




Очевидно, ускорение куба направлено горизонтально, ускорение тела (в первый момент после отпускания тел, когда тело не успело набрать скорость) – перпендикулярно нити. Поэтому спроецируем уравнения движения для куба на горизонтальную ось, для тела – на ось, перпендикулярную нити. Получим

$$ma_1 = mg\sin\alpha - N\cos\alpha$$

$$Ma_2 = N$$

Поскольку тела недеформируемы, проекции их ускорений на направление, перпендикулярное плоскости касания, должны быть одинаковы

$$a_1 \cos\alpha = a_2$$

Решая полученную систему уравнений, находим

$$a_1 = \frac{mg\sin\alpha}{m + M\cos^2\alpha},\ a_2 = \frac{mg\sin\alpha\cos\alpha}{m + M\cos^2\alpha}$$

Подставляя теперь в эти формулы $M = 10m$, получим

$$a_1 = \frac{g\sin\alpha}{1 + 10\cos^2\alpha},\ a_2 = \frac{g\sin\alpha\cos\alpha}{1 + 10\cos^2\alpha}$$