

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по  
ФИЗИКЕ  
2010-2011 учебный год  
10 класс  
Максимальный балл - 50**

Табличные данные

удельная теплоёмкость воздуха  $c=1010$  Дж/кг· $^{\circ}$ С

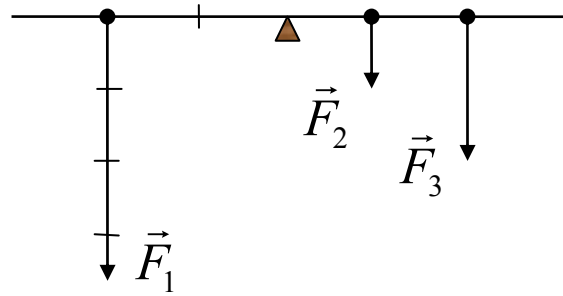
плотность воздуха при нормальных условиях  $\rho=1,3$  кг/м $^3$

1. При какой скорости поезда математический маятник длиной 11 см, подвешенный в вагоне, особенно сильно раскачивается, если длина рельса 12 м? (10 баллов)

**Критерии оценивания и ответы**

1	Раскачивание маятника наиболее сильное при приближении частоты внешней силы $w_B$ к собственной частоте системы $w_O$ .	2 балла
2	$w_B = \frac{2\pi}{T}$ , где $T = \frac{S}{v}$ - период действия внешней силы, равный времени прохождения поездом одного рельса.	2 балла
3	Собственная частота маятника $w_O = \sqrt{\frac{g}{l}}$	2 балла
4	Т.к. $w_B = w_O$ , то $\frac{2\pi v}{S} = \sqrt{\frac{g}{l}}$ . Следовательно $v = \frac{S}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{g}{l}}$	2 балла
5	$v = 18 \frac{м}{с}$	2 балла

2. Пользуясь масштабным рисунком, найдите модуль силы  $F_3$ , если известно, что с её помощью рычаг удерживается в равновесии. (10 баллов)



### Критерии оценивания и ответы

#### 1 способ

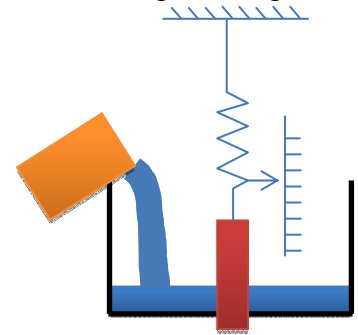
1	Измерили по линейке	3 балла
---	---------------------	---------

#### 2 способ

1	Примем единицу масштаба силы равной $F_0$ , а единицу масштаба длины - $d_0$ .	1 балл
2	Правило моментов $M_1=M_2+M_3$ $F_1d_1=F_2d_2+F_3d_3$	5 баллов
3	$4F_0 \cdot 2d_0=F_0d_0+F_3 \cdot 2d_0$ ( $3,5F_0 \cdot 2d_0=F_0d_0+F_3 \cdot 2d_0$ ) $F_3=3,5F_0$ ( $F_3=3F_0$ )	4 балла

3. Цилиндр массой 1 кг прикреплен к динамометру и плотно, но без трения, проходит через отверстие в дне сосуда, как показано на рисунке.

1. Объясните, как будут изменяться показания динамометра, если в сосуд начнут наливать воду из стакана?
2. Каково максимальное количество воды (по массе), которое можно налить в такой сосуд?
3. Сколько воды останется в сосуде, если превысит это максимальное количество?
4. Какую силу при этом покажет динамометр?



Высота цилиндра 20 см, высота сосуда 30 см, площадь основания цилиндра равна 20 см<sup>2</sup>, площадь дна сосуда равна 200 см<sup>2</sup>, жесткость пружины равна 10 Н/м. Первоначально расстояние от верхнего основания цилиндра до дна сосуда составляет 15 см, плотность воды 1000 кг/м<sup>3</sup>. (10 баллов)

### Критерии оценивания и ответы

1	До тех пор, пока вода не достигла верхнего основания цилиндра, показания динамометра не изменяются (силы давления действуют перпендикулярно стенкам цилиндра).	1 балл
2	Как только высота воды станет больше высоты цилиндра, появится дополнительная сила: $F = \rho g S_{\text{ц}} x$ , где $x$ – высота столба жидкости над верхним основанием цилиндра. Чтобы уравновесить эту силу пружина должна растянуться на $\Delta x = F / k = \frac{\rho g S_{\text{ц}}}{k} x = \frac{1000 \cdot 10 \cdot 20 \cdot 10^{-4}}{10} x = 2x$ , т. е. появление воды над поверхностью цилиндра приводит к перемещению цилиндра вниз на расстояние примерно в 2 раза большее, чем высота столба жидкости. Из этого следует, что цилиндр сразу опускается до нижнего уровня и открываются отверстие. (Уменьшение уровня жидкости при опускании цилиндра мало, примерно 1 мм на 1 см опускания цилиндра).	3 балла
3	С учетом пункта 1, максимальное количество жидкости будет, когда уровень жидкости достигнет верхнего торца цилиндра. Масса жидкости: $m = \rho \cdot 15 \text{ см} \cdot (S_{\text{с}} - S_{\text{ц}}) = 1000 \cdot 10 \cdot 15 \cdot 180 \cdot 10^{-6} = 2,7 \text{ кг}$	1 балл
4	Когда вода выльется, уровень жидкости будет определяться равновесием силы динамометра и силы давления остаточного столба жидкости: $k(\Delta x_0 + \Delta x) = mg + \rho g S_{\text{ц}} h_{\text{ост}}$ , где $\Delta x_0$ – начальная деформация пружины, $\Delta x$ – смещение цилиндра, вызванное давлением жидкости над ним, $h_{\text{ост}}$ – остаточная высота жидкости в сосуде, $S_{\text{ц}}$ – площадь основания цилиндра. С учетом того, что $k\Delta x = mg$ , получаем, что остаточная высота жидкости в сосуде равна $h_{\text{ост}} = \frac{k\Delta x}{\rho g S_{\text{ц}}}$ .	2 балла
5	Подставляя данные, получаем, что остаточная высота жидкости в сосуде будет равна 7,5 см. В сосуде останется $200 \text{ см}^2 \cdot 7,5 \text{ см} \cdot 1 \text{ г/см}^3 = 1,5 \text{ кг}$	1 балл
6	Динамометр при этом покажет силу $mg + \rho gh S_{\text{ц}}$ . Она равна 11,5 Н.	2 балла

4. Известно, что в устройстве трамвайного вагона используется электромагнитное торможение: когда необходимо погасить скорость вагона, водитель переключает двигатель в режим генератора, и тот начинает вырабатывать электрический ток за счёт кинетической энергии вагона. Для того, чтобы торможение было эффективным, необходимо генератор "нагрузить", поэтому вырабатываемый ток "сравливаются" на электрические сопротивления, вырабатывающие тепло, расположенные под днищем вагона. Оцените, на сколько градусов можно нагреть воздух в салоне вагона, если всю энергию, выделившуюся на сопротивлениях направить на отопление салона. Массу вагона принять за 10 т. Считать, что при торможении скорость вагона уменьшилась с 50 км/ч до 10 км/ч, параметры салона принять за 10x2x2 м. (10 баллов)

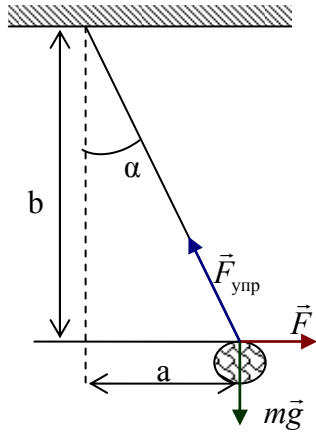
#### Критерии оценивания и ответы

1	По условию задачи сказано, что <i>вся</i> "погашенная" кинетическая энергия вагона преобразуется в тепловую энергию, которая идёт на нагревание воздуха, поэтому потерями энергии пренебрегаем. $\Delta E_k = Q$	2 балла
2	Кинетическая энергия определяется скоростью: $E_k = \frac{mv^2}{2}$ . Так как скорость вагона изменилась с $v_1=50$ км/ч (13.9 м/с) до $v_2=10$ км/ч (2.8 м/с). Определим изменение кинетической энергии $\Delta E_k = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$ .	2 балла
3	Кинетическая энергия расходуется на выработку постоянного тока, который (по закону Джоуля-Ленца) вырабатывает тепловую энергию: $Q = I^2 R t$ . Эта энергия идёт на нагревание воздуха в салоне: $Q = cm\Delta t$ .	2 балла
4	Масса воздуха в салоне. $m_{возд} = \rho * a * b * c = 40 м^3$	1 балл
5	Конечная формула: $\Delta t = \frac{m(v_1^2 - v_2^2)}{2cm_{возд}}$	2 балла
6	Правильное проведение вычислений и получение ответа $\Delta t = \frac{10^4(13.9^2 - 2.8^2)}{2 \cdot 1010 \cdot 1.3 \cdot 40} = 17.6 \text{ } ^\circ\text{C}$ .	1 балл

5. Определить массу тела. (10 баллов)

Оборудование: тело, штатив, динамометр, прочная нить, полоска миллиметровой бумаги.

**Критерии оценивания и ответы**

1	<p>Дать описание установки и принципа измерения. Например: расположив динамометр горизонтально, оттянуть в сторону и измерить силу, с помощью миллиметровки измерить отрезки <math>a</math> и <math>b</math></p>	2 балла
2	<p>Метод пересчета измеренных величин в массу:  <math>m\vec{g} + \vec{F}_{\text{упр}} + \vec{F} = 0</math>                  В проекции на координатные оси  <math display="block">\begin{cases} -F_{\text{упр}} \cdot \sin \alpha + F = 0 \\ F_{\text{упр}} \cdot \cos \alpha - mg = 0 \end{cases}</math>                  Масса тела <math>m = \frac{F}{g \cdot \operatorname{tg} \alpha}</math>, <math>\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}</math></p>	 <p>2 балла</p>
3	<p>Результаты измерений (приведены ИЗМЕРЕННЫЕ величины)</p>	3 балла
4	<p>Определено значение массы тела.</p>	3 балла