

## ПАМЯТКА

Внимательно прочитайте перед началом работы!

Перед Вами вступительные задания по физике в класс с профильным уровнем изучения физики (6 часов в неделю в 9 классе и 7 часов в неделю в 10-11 классах).

Мы предлагаем Вам достаточно большое число задач. Начните с того, что внимательно прочитайте условие всех задач. Возможно, какие-то задачи Вам покажутся знакомыми, какие-то более интересными, в каких-то задачах Вы сможете сразу, интуитивно, дать ответ. Выберите такие задачи для себя. Начните выполнение работы с этих задач.

Во всех задачах проверяются решения. Вам важно и оформление, и аккуратное решение задачи. «Стоимость» каждой задачи указана рядом с её номером. Некоторые задачи начинаются с примеров. Это означает, что Вам надо, **внимательно** прочитав пример и разобравшись в его решении, решить предложенную задачу точно таким же способом. Возможно, эти задачи будут «нестандартными» для вас. Но в них нет ничего, что Вы не можете сделать. Вам нужно просто **внимательно** прочитать условие и, не паникуя, понять, что надо сделать. Самый простой и самый главный совет – **думайте** прежде, чем написать ответ, либо отказаться от решения задачи.

Обратите внимание на то, что у задач может быть несколько вопросов. Правильным и полным считается только то решение, в котором содержатся ответы на все вопросы. Если в задаче есть несколько вопросов, на которые Вам надо дать ответы, то это означает, что Вам предлагается план решения задачи, который может послужить подсказкой для Вас.

Прежде чем написать ответ, еще раз внимательно прочитайте условие задачи – Вы могли найти не те величины, либо выразить их не в тех единицах измерения, либо решить вообще не ту задачу!

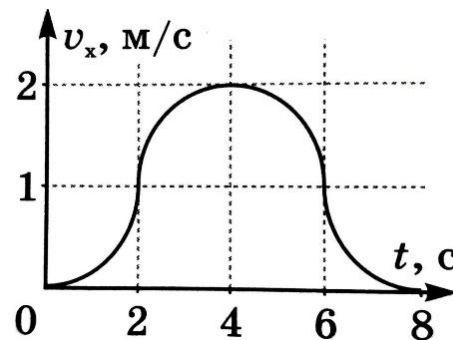
Черновики сдаются вместе с чистовиками. **НО проверяется только чистовик!**

Мы желаем вам успехов и верим в то, что у вас все получится.

*Кафедра физики и астрономии СУНЦ УрФУ*

### 1.«Скоростные дуги» (7 баллов)

Некоторый объект движется вдоль оси ОХ таким образом, что его скорость меняется. График зависимости скорости от времени приведен на рисунке, причем в данном масштабе график состоит из одинаковых дуг окружностей.



Найдите:

- 1.1 В какой момент времени скорость объекта такая же, как и в момент времени 2 с? (1 балл)
- 1.2 В какой момент времени объект начал тормозить? (1 балл)
- 1.3 Найдите по графику путь S, который прошло тело к моменту времени  $t = 4$ с. (2 балла)
- 1.4 Найдите среднюю скорость объекта за все 8 секунд его движения. (3 балла)

#### Возможное решение:

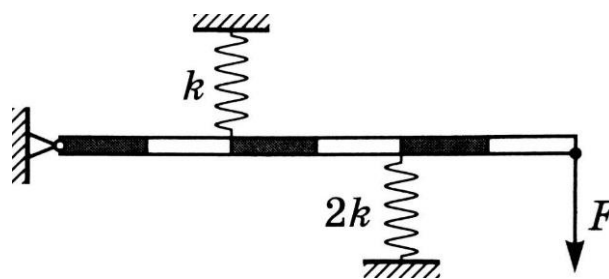
- 1.1 По графику можно определить, что в 6 секунд скорость такая же, как и в 2 секунды. (1 балл)
- 1.2 Скорость начала уменьшаться в 4 секунды (1 балл)
- 1.3 Известно, что площадь под графиком скорости от времени и есть путь совершенный телом (1 балл).  
Заметим, что один кусочек площади прямоугольника полностью покрывает недостающую часть площади другого прямоугольника. Итого, площадь графика, к моменту 4 секунды, составляет  $1 \text{ м/с} * 4 \text{ секунды} = 4 \text{ метра}$ .  
Ответ: путь  $S = 4 \text{ метра}$  (1 балл)
- 1.4 Средняя скорость равна весь путь делить на все время движения, поэтому

$$V_{\text{средняя}} = \frac{S}{t}. \text{ Весь путь равен } 8 \text{ метров (2 балла) и средняя скорость равна}$$

$$V_{\text{средняя}} = \frac{8 \text{ метров}}{8 \text{ секунд}} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}} \text{ (1 балл)}$$

## 2.«Палочка регулировщика» (9 баллов)

Ученик 8 класса решил уравновесить с помощью шарнира и двух **разных** пружин **очень лёгкую**, но очень жёсткую палочку, похожую на палочку инспектора ДПС (см. рисунок, черные и белые отрезки палочки имеют одинаковую длину). С помощью шарнира палочка прикреплена к стене и может свободно вращаться в вертикальной плоскости. Известно, что в горизонтальном положении, пока на палочку не действует сила  $F$  ( $F=0$ ), пружины не деформированы. Ученик приложил к концу палочки небольшую силу  $F$ , при этом палочка осталась почти горизонтальной, а **пружина жёсткостью  $k$  удлинилась на  $\Delta x$** .



- 2.1. Чему равна сила упругости пружины жёсткостью  $k$  и куда она направлена? (1 балл)
- 2.2. На сколько сжалась пружина жёсткостью  $2k$ ? (1 балла)
- 2.3. Чему равна сила упругости пружины жёсткостью  $2k$ ? (1 балла)
- 2.4. На сколько опустился конец палочки, к которому приложена сила  $F$ ? (1 балла)
- 2.5. Чему равна сила  $F$ ? (2 балла)
- 2.6. Чему равна эффективная жёсткость системы? (3 балла)

### Возможное решение:

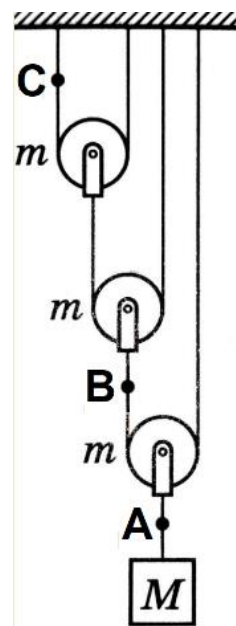
- 2.1 Сила упругости равна  $F_{\text{упр}} = k\Delta x$  (0,5 баллов) и направлена вверх (0,5 баллов)
- 2.2 Так как пружина жёсткостью  $2k$  прикреплена на расстоянии вдвое большем, чем пружина жёсткостью  $k$ , то и сжатие пружины жёсткостью  $2k$  будет в двое больше (подобные треугольники). Ответ:  $2\Delta x$  (1 балл)
- 2.3 Сила упругости равна  $F_{\text{упр}} = 2k * 2\Delta x = 4k\Delta x$  (1 балл)
- 2.4 Из подобных треугольников видно, что конец палочки опустится на  $3\Delta x$  (1 балл)
- 2.5 Пусть длина черного или белого отрезка палочки равна  $d$ . Так как палочка находится в равновесии, запишем уравнение моментов сил, действующих на палочку.  $2d * k\Delta x + 4d * 4k\Delta x - 6d * F = 0$  (1 балл) и  $F = 3k\Delta x$  (1 балл)
- 2.6 Эффективная жёсткость системы, по определению, равна силе, действующей на систему, отнесённой к смещению точки, на которую действуют этой силой.

$$k_{\text{эфф}} = \frac{F}{\Delta L} = \frac{3k\Delta x}{3\Delta x} = k \text{ (3 балла)}$$

### 3.«Тянем-натянем» (7 баллов)

Восьмиклассник собрал систему блоков, способную удержать тело массой  $M$ . Определите:

- 3.1. силу натяжения нити в точке А. (1 балл)
- 3.2. силу натяжения нити в точке В, если считать блоки невесомыми ( $m=0$ ) (1 балл)
- 3.3. силу натяжения нити в точке С, если считать блоки невесомыми ( $m=0$ ) (1 балл)
- 3.4. силу натяжения нити в точке В, если масса блоков равна  $m$ . (2 балла)
- 3.5. силу натяжения нити в точке С, если масса блоков равна  $m$ . (2 балла)



#### Возможное решение:

3.1 Сила натяжения в точке А равна силе натяжения нити, действующей на тело массой  $M$ , а значит, уравнивает силу тяжести.

Ответ:  $Mg$

$$3.2 \quad 2T_B - Mg = 0 \Rightarrow T_B = \frac{Mg}{2} \quad (1 \text{ балл})$$

$$3.3 \quad \text{Силу натяжения средней нити назовём } T_x. \quad 2T_C - T_x = 0 \quad 2T_x - T_B = 0$$

$$T_C = \frac{Mg}{8} \quad (1 \text{ балл})$$

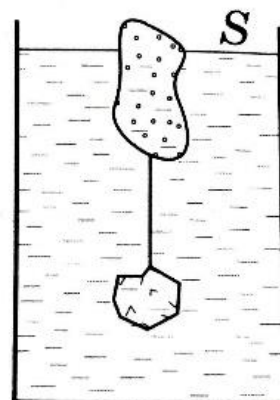
$$3.4 \quad 2T_B - (M + m)g = 0 \quad T_B = \frac{(M+m)g}{2} \quad (2 \text{ балла})$$

$$3.5 \quad 2T_x - mg - T_B = 0 \quad 2T_C - mg - T_x = 0$$

$$T_C = \frac{mg + \frac{mg + \frac{(M+m)g}{2}}{2}}{2} = \frac{7mg + Mg}{8} \quad (2 \text{ балла})$$

#### 4.«Постоянно меняющиеся условия» (9 баллов)

Восьмиклассник, от нечего делать, привязал камушек к льдинке и опустил в цилиндрический стакан с водой (см. рисунок). Площадь дна стакана  $S$ , плотность воды  $\rho_B$ . Оказалось, что сила натяжения связывающей нити равна  $T$ . Определите:



4.1.на сколько сила тяжести больше силы Архимеда, действующих на камушек. (1 балл)

4.2.чему равен объем камушка, если в этом пункте известна плотность камушка  $\rho_K$  (2 балла)

4.3.на сколько изменился уровень воды в стакане после первоначального погружения камушка и льдинки в стакан.

Считайте, что в этом пункте масса камня и масса льда вам известна. (2 балла)

4.4.в какую сторону и на сколько изменится уровень воды в стакане после того, как лёд растает. Известны только первоначальные данные. (4 балла)

#### Возможное решение:

4.1  $T + F_A - mg = 0 \Rightarrow mg - F_A = T$  Ответ: больше на  $T$  (1 балл)

4.2  $mg - F_A = T \Rightarrow F_A = \rho_B V_K g$  и  $mg = \rho_K V_K g \Rightarrow V_K = \frac{T}{(\rho_K - \rho_B)g}$  (2 балла)

4.3 Так как система льдинки и камушка плавает, то сила Архимеда, действующая на всю систему равна силе тяжести всей системы, а следовательно,

$F_A = \rho_B V_{\text{выт}} g = (M_{\text{льда}} + m_{\text{камушка}})g \Rightarrow V_{\text{выт}} = \frac{M_{\text{льда}} + m_{\text{камушка}}}{\rho_B}$  (1 балл)

А значит, уровень воды в стакане увеличится относительно первоначального на

$h_1 = \frac{V_{\text{выт}}}{S} = \frac{M_{\text{льда}} + m_{\text{камушка}}}{S \rho_B}$  (1 балл)

4.4 Уровень воды в стакане после того как лёд растает увеличится на объём талой воды  $\frac{M_{\text{льда}}}{\rho_B}$  и объём камушка  $\frac{m_K}{\rho_K}$ , а значит уровень воды относительно

первоначального уровня увеличится на  $h_2 = \frac{\frac{M_{\text{льда}}}{\rho_B} + \frac{m_K}{\rho_K}}{S}$  (2 балла)

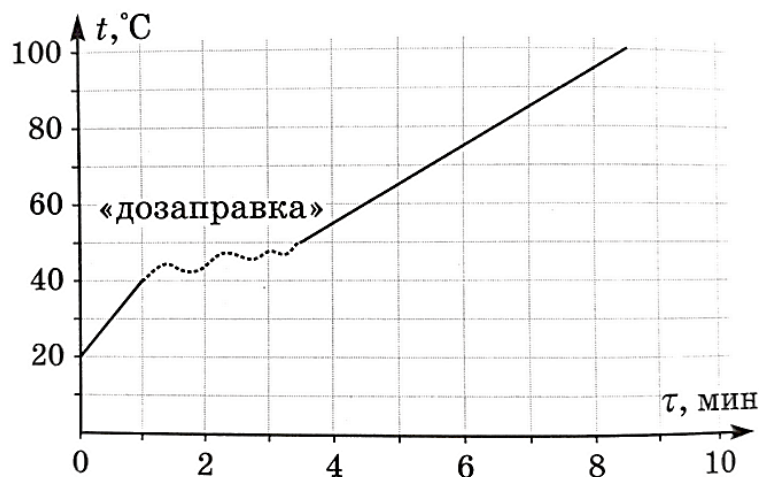
Изменения уровня воды после того как лёд растает  $\Delta h = h_1 - h_2$  (1 балл)

$$\begin{aligned} \Delta h &= h_2 - h_1 = \left( \frac{M_{\text{льда}}}{S \rho_B} + \frac{m_K}{S \rho_K} \right) - \frac{M_{\text{льда}} + m_K}{S \rho_B} = -\frac{m_K}{S} \left( \frac{1}{\rho_B} - \frac{1}{\rho_K} \right) = -\frac{\rho_K V_K}{S} \left( \frac{1}{\rho_B} - \frac{1}{\rho_K} \right) = \\ &= -\frac{\rho_K (\rho_K - \rho_B) g}{S} \left( \frac{1}{\rho_B} - \frac{1}{\rho_K} \right) = -\frac{T}{g S \rho_B} \end{aligned}$$

Ответ: уровень воды уменьшится на  $\frac{T}{g S \rho_B}$  (1 балл)

### 5.«Дозаправка» (8 баллов)

Будущий лицеист взял теплоизолированный чайник с миниатюрным термометром и включил его в сеть. Мощность чайника 100 Вт. Через время  $\tau_1=1$  мин, когда вода нагрелась до  $t_1=40^\circ\text{C}$ , восьмиклассник стал аккуратно доливать в чайник холодную воду, и в момент  $\tau_2=3,5$  мин, когда температура воды достигла  $t_2=50^\circ\text{C}$ , он закончил



«дозаправку». На рисунке изображен график зависимости температуры воды в чайнике от времени. Считайте, что вода быстро перемешивается. Удельная теплоемкость воды  $c_B=4200$  Дж/кг $^\circ\text{C}$ . Теплоемкостью чайника можно пренебречь. Определите:

- 5.1. за сколько минут вскипел бы чайник, если не было бы «дозаправки». (1 балл)
- 5.2. чему равна начальная масса воды в чайнике? (1 балла)
- 5.3. чему равна масса воды в чайнике после «дозаправки»? (1 балла)
- 5.4. сколько холодной воды долили в чайник? (2 балл)
- 5.5. чему равна начальная температура доливаемой воды? (3 балла)

#### Возможное решение:

5.1 Если продлить первоначальную линию до температуры  $100^\circ\text{C}$ , то время вскипания будет равно 4 минутам (1 балл)

$$5.2 \quad c_B m_0 (T_{40} - T_{20}) = P \tau_1 \Rightarrow m_0 = \frac{P \tau_1}{c_B (T_{40} - T_{20})} = \frac{100 \cdot 60}{4200 \cdot 20} = 71,43 \text{ г (1 балл)}$$

$$5.3 \quad c_B m_k (T_{100} - T_{50}) = P \tau_5 \Rightarrow m_k = \frac{P \tau_5}{c_B (T_{100} - T_{50})} = \frac{100 \cdot 5 \cdot 60}{4200 \cdot 50} = 142,86 \text{ г (1 балл)}$$

$$5.4 \quad \Delta m = m_k - m_0 = 142,86 - 71,43 = 71,43 \text{ г (2 балла)}$$

$$5.5 \quad c_B m_0 (T_{50} - T_{40}) + c_B \Delta m (T_{50} - T_x) = P (\tau_2 - \tau_1) \quad (1 \text{ балл}) \Rightarrow$$

$$T_x = T_{50} + \frac{m_0}{\Delta m} (T_{50} - T_{40}) - \frac{P (\tau_2 - \tau_1)}{c_B \Delta m} = 50 + \frac{71,43}{71,43} (50 - 40) - \frac{100 \cdot (3,5 - 1) \cdot 60}{4200 \cdot 0,07143} =$$

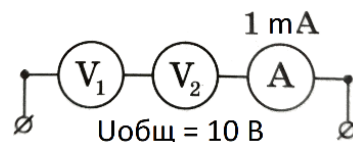
$$T_x = 10^\circ\text{C} \quad (2 \text{ балла})$$

Ответ: лицеист доливал воду при температуре  $10^\circ\text{C}$

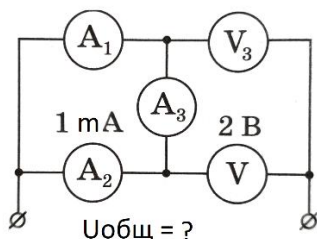
## 6.«Напаял» (10 баллов)

Восьмиклассник — будущий лицеист, спаял ТРИ схемы из одинаковых измерительных приборов — одинаковых вольтметров и одинаковых амперметров. **Сопротивление амперметров значительно меньше сопротивлений вольтметров.** Сопротивлениями проводов пренебречь.

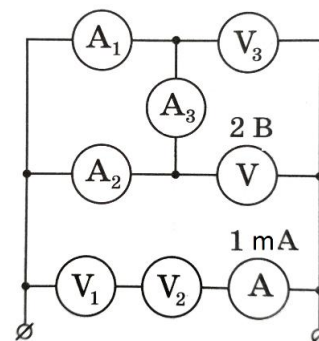
6.1. Определить показания и сопротивление вольтметров  $V_1$  и  $V_2$ , если на эту схему подается напряжение 10 В, а амперметр показывает ток 1 миллиампер. (2 балл)



6.2. Определить показания вольтметра  $V_3$  и амперметров  $A_1$  и  $A_3$ , а также общее напряжение, подаваемое на эту схему, если вольтметр показывает 2 В, а амперметр  $A_2$  показывает ток 1 миллиампер. (3 балла)



6.3. Определить показания вольтметра  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  и амперметров  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ , а также общее напряжение, подаваемое на эту схему, если вольтметр показывает 2 В, а амперметр  $A$  показывает ток 1 миллиампер. (5 баллов)



6.3. Определить показания вольтметра  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  и амперметров  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ , а также общее напряжение, подаваемое на эту схему, если вольтметр показывает 2 В, а амперметр  $A$  показывает ток 1 миллиампер. (5 баллов)

### **Возможное решение:**

6.1 Сопротивление амперметра много меньше сопротивления вольтметра. Напряжение распределится поровну на двух одинаковых вольтметрах. Ответ:  $V_1 = V_2 = 5\text{В}$  (1 балл)

Сопротивление вольтметра  $R = \frac{V}{I} = \frac{5}{10^{-3}} = 5\text{кОм}$  (1 балл)

6.2 Заметим, что верхняя часть схемы и нижняя часть схемы абсолютно одинаковы, поэтому, ток через амперметр  $A_3$  бежать никуда не будет.

Ответ: показания амперметра  $A_3 = 0\text{ мА}$  (1 балл)

Так как ток через вольтметр и амперметр один и тот же, а сопротивление амперметра много меньше чем у вольтметра, то и напряжение на амперметрах много меньше напряжения на вольтметрах.

Поэтому напряжение на вольтметре  $V_3 = V = 2\text{В}$  (0,5 баллов).

Общее напряжение равно  $V_{\text{общ}} = V = 2\text{В}$  (0,5 баллов)

Амперметр  $A_1$  из симметрии показывает тот же ток, что и амперметр  $A_2$ .

Показания амперметра  $A_1 = 1\text{ мА}$  (1 балл)

6.3 Напряжение, подаваемое на всю схему, тоже, что и напряжение на вольтметре  $V$ , равное 2 В. (1 балл)

Напряжение на вольтметре  $V_3 = 2\text{В}$  (1 балл)

Напряжение на вольтметрах  $V_1 = V_2 = 1\text{В}$ . (1 балл)

Сопротивление вольтметров равно  $R = \frac{1\text{В}}{1\text{мА}} = 1\text{кОм}$

Амперметры  $A_2$  и  $A_1$  показывают токи  $I = \frac{2\text{В}}{1\text{кОм}} = 2\text{мА}$  (1 балл)

Амперметр  $A_3$  показывает 0 мА. (1 балл)