

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Совет ректоров вузов Томской области**  
**Открытая региональная межвузовская олимпиада школьников (ОРМО)**  
**с международным участием 2024-2025 уч. год**  
**ФИЗИКА 8 класс**

**1 Вариант. II этап.**

**Задача 1**

Первый отрезок пути турист двигался со скоростью  $v_1 = 10$  км/ч. Половину оставшегося расстояния – со скоростью  $v_2 = 6$  км/ч, а последний отрезок пути со скоростью  $v_3 = 3$  км/ч. Оказалось, что половина всего времени в пути была потрачена на первый отрезок пути.

- 1) Дайте определение средней скорости движения частицы. Поясните используемые физические величины.
- 2) Чему равна средняя скорость движения туриста на всём пути? Ответ представьте численно и в общем виде.

**Решение:**

| Комментарии к <u>возможному</u> решению                                                                                                                                                                                                                                 | Баллы                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| 1) Средняя скорость движения частицы – это отношение пройденного пути ко времени прохождения этого пути: $v = \frac{S}{t}$                                                                                                                                              | 2                                  |
| Пусть $S$ – полный путь, пройденный туристом, $t$ – полное время движения туриста, $S_1$ – длина первого отрезка пути, $S_2$ – длина второго и третьего отрезков пути, $t_2$ – время прохождения второго отрезка пути, $t_3$ – время прохождения третьего отрезка пути. |                                    |
| 2) По определению средней скорости искомая средняя скорость туриста: $v_{\text{ср}} = \frac{S}{t}$                                                                                                                                                                      | 1                                  |
| 3) По условию записано:<br>$S_1 + S_2 + S_3 = S$ $S_1 = v_1 \frac{t}{2}$ $S_2 = S_3$ $S_2 = v_2 t_2$ $S_3 = v_3 t_3$ $t_2 + t_3 = \frac{t}{2}$                                                                                                                          | 6<br>По 1 б<br>за<br>уравне<br>ние |
| 4) Решая совместно 2) и 3) найдено в общем виде:<br>$v_{\text{ср}} = \frac{v_1}{2} + \frac{v_2 v_3}{v_2 + v_3}$                                                                                                                                                         | 3                                  |
| 5) Решая совместно 2) и 3) найдено численно:<br>$v_{\text{ср}} = \frac{v_1}{2} + \frac{v_2 v_3}{v_2 + v_3} = \frac{10}{2} + \frac{6 * 3}{6 + 3} = 7 \text{ км/ч}$                                                                                                       | 3                                  |
| Итого                                                                                                                                                                                                                                                                   | 15                                 |

**Задача 2**

В калориметре с теплоизолированными стенками и дном, имеющем теплоёмкость  $C_1 = 200$  Дж/°С, долгое время находится  $m = 0.75$  кг воды, имеющей температуру  $t_1 = 20$  °С. В калориметр быстро, но аккуратно, не расплёскивая воду, опускают стальную заготовку массы  $m_2 = 1$  кг, нагретую до температуры  $t_2 = 570$  °С. После установления теплового равновесия температура содержимого в сосуде оказалась  $t_3 = 40$  °С.

- 1) Запишите в общем виде уравнение теплового баланса. Поясните используемые физические величины. В каких случаях оно может быть применено?
- 2) Определите массу испарившейся воды. Ответ представьте численно и в общем виде.

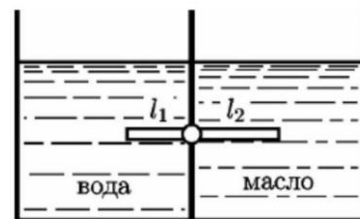
Удельная теплоемкость воды  $c_B = 4200 \text{ Дж/кг}^\circ\text{C}$ , удельная теплоемкость стали  $c_2 = 460 \text{ Дж/кг}^\circ\text{C}$   
удельная теплота парообразования воды  $L = 2.26 \text{ МДж/кг}$ .

### Решение:

| Комментарии к возможному решению                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Баллы |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <p>1) Записано уравнение теплового баланса в любом виде, раскрывающем закон сохранения энергии. Достаточно одного.</p> <p>Общее отданное более нагретыми телами количество теплоты равно общему количеству теплоты, полученному менее нагретыми телами: <math>\sum \Delta Q_{\text{пол}} = \sum \Delta Q_{\text{отд}}</math></p> <p>Суммарное начальное тепло в системе равно суммарному конечному теплу в системе: <math>\sum Q_n = \sum Q_k</math></p> <p>Суммарное изменение тепла в системе равно нулю: <math>\sum Q_i = 0</math></p> | 2     |
| <p>Пусть <math>t_K</math> – температура кипения воды, <math>\Delta m</math> – масса испарившейся воды. Чтобы вода испарилась, её сначала нужно нагреть до температуры кипения, затем передать тепло, необходимое для испарения.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |       |
| <p>2) Записано уравнение теплового баланса в любом корректном виде, например:</p> $C_1 t_1 + m c_B t_1 + m_2 c_2 t_2 = C_1 t_3 + (m - \Delta m) c_B t_3 + m_2 c_2 t_3 + \Delta m c_B t_K + \Delta m L$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 6     |
| <p>3) Решая 2) найдено в общем виде:</p> $\Delta m = \frac{C_1(t_1 - t_3) + m c_B(t_1 - t_3) + m_2 c_2(t_2 - t_3)}{c_B(t_K - t_3) + L}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 4     |
| <p>4) Решая 2) найдено численно:</p> $\Delta m = \frac{(200 + 0.75 \cdot 4200)(20 - 40) + 1 \cdot 460 \cdot (570 - 40)}{4200(100 - 40) + 2260000} = \frac{-3350 \cdot 20 + 460 \cdot 530}{4200 \cdot 60 + 2260000}$ $= \frac{-67000 + 243800}{252000 + 2260000} = \frac{176800}{2512000} = 0.07 \text{ кг} = 70 \text{ г}$                                                                                                                                                                                                                | 3     |
| Итого                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 15    |

### Задача 3

Сосуд разделён вертикальной перегородкой на две части. В центральной части перегородки имеется небольшое отверстие, в которое вмонтирован шарнир. Трения в шарнире нет. В шарнир вставлен деревянный стержень постоянного сечения, при этом есть возможность регулировать длины выступающих частей стержня  $l_1$  и  $l_2$ . В правую часть сосуда налили воду, в левую – масло неизвестной плотности. Жидкости из разных частей сосуда не переливаются через шарнирное соединение. Плотность воды  $\rho_1 = 1000 \text{ кг/м}^3$ , плотность деревянного стержня  $\rho_2 = 700 \text{ кг/м}^3$ .



- 1) Сформулируйте два условия равновесия тел. Поясните используемые физические величины.
- 2) Определите плотность масла, если стержень принимает горизонтальное положение при  $l_1 = 20 \text{ см}$  и  $l_2 = 30 \text{ см}$ .

### Решение:

| Комментарии к возможному решению                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Баллы |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <p>1) Первое условие равновесия тел заключается в том, что сумма всех сил, действующих на тело должна быть равна нулю: <math>\sum \vec{F}_i = 0</math></p> <p>Строго говоря, сумма должна быть векторной, поскольку сила – величина векторная. Однако, на уровне 8ого класса допустимо приводить запись без векторов, поскольку проходится только равновесие параллельных сил: <math>\sum \pm F_i = 0</math>, однако, в этом случае необходимо определять знак, который указывает на направление силы.</p> <p>Второе условие равновесия тел заключается в том, что сумма всех моментов сил, действующих на тело равна нулю: <math>\sum \vec{M}_i = 0</math>. Строго говоря, это равенство тоже векторное,</p> | 2     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| однако, на уровне 8ого класса момент силы определяется как численное произведение силы на плечо с определением направления действия этого момента $M = F * l$ , а не векторное произведение радиус-вектора на силу: $\vec{M} = [\vec{r}\vec{F}]$ . В этом случае допустимо записывать второе условие равновесия как равенство суммарного момента сил, вращающих по часовой стрелке, суммарному моменту сил, вращающих против: $\sum M_{\text{по}} = \sum M_{\text{против}}$ |    |
| Пусть $\rho_M$ – плотность масла, $S$ – поперечное сечение стержня.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |    |
| 2) На левую сторону стержня, помещённую в воду, действует сила тяжести $\rho_2 l_1 S g$ , направленная вниз, плечо этой силы относительно шарнира составляет $\frac{l_1}{2}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 1  |
| 3) На левую сторону стержня, помещённую в воду, действует сила Архимеда $\rho_B l_1 S g$ , направленная вверх, плечо этой силы относительно шарнира составляет $\frac{l_1}{2}$                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1  |
| 4) На правую сторону стержня, помещённую в масло, действует сила тяжести $\rho_2 l_2 S g$ , направленная вниз, плечо этой силы относительно шарнира составляет $\frac{l_2}{2}$                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1  |
| 5) На правую сторону стержня, помещённую в масло, действует сила Архимеда $\rho_M l_2 S g$ , направленная вверх, плечо этой силы относительно шарнира составляет $\frac{l_2}{2}$                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 1  |
| 6) Записано равенство суммарных моментов сил (любая корректная форма):<br>$(\rho_B - \rho_2) l_1 S g \frac{l_1}{2} = (\rho_M - \rho_2) l_2 S g \frac{l_2}{2}$ Если записано сразу, то баллы за п 2)-5) выставляются.                                                                                                                                                                                                                                                        | 4  |
| 7) Решая 6) получено в общем виде:<br>$\rho_M = (\rho_B - \rho_2) \left(\frac{l_1}{l_2}\right)^2 + \rho_2$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 3  |
| 8) Решая 6) получено численно:<br>$\rho_M = (1000 - 700) \left(\frac{20}{30}\right)^2 + 700 = 833 \text{ кг/м}^3$ Если верное решение получено численно, то баллы за п 7) выставляются, поскольку получать ответ в общем виде не требовалось.                                                                                                                                                                                                                               | 2  |
| Итого                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 15 |

#### Задача 4

Груз, будучи подвешенным на пружине на воздухе, растягивает пружину на  $X_1$ . Если груз полностью погрузить в воду, имеющую плотность  $\rho_0$ , то пружина будет растянута на  $X_2$ . Если груз погрузить полностью в неизвестную жидкость, то пружина будет деформирована на  $X_3$ .

- 1) В чем заключается закон Гука? Для каких деформаций он справедлив?
- 2) Определите плотность груза  $\rho_1$ .
- 3) Определите плотность неизвестной жидкости  $\rho_2$ .

#### Решение:

| Комментарии к <u>возможному</u> решению                                                                                                                                                                       | Баллы |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 1) Закон Гука выражается в том, что при упругих деформациях изменение длины тела пропорционально прикладываемому усилию: $\Delta x = \frac{1}{k} F$ , где $k$ – жесткость. Справедлив для упругих деформаций. | 2     |
| Пусть $V$ – объём груза, $g$ – ускорение свободного падения, $k$ – жесткость пружины.                                                                                                                         |       |
| 2) Для взвешивания в воздухе: $\rho_1 V g = k X_1$                                                                                                                                                            | 1     |
| 3) Для взвешивания груза в воде: $(\rho_1 - \rho_0) V g = k X_2$                                                                                                                                              | 2     |
| 4) Решая совместно 2) и 3) найдено $\rho_1$ : $\rho_1 = \frac{\rho_0}{1 - \frac{X_2}{X_1}}$                                                                                                                   | 2     |
| 5) Рассмотрен случай, при котором пружина растянута: $(\rho_1 - \rho_2) V g = k X_3$ , откуда                                                                                                                 | 4     |

|                                                                                                                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| $\rho_2 = \rho_1 \left(1 - \frac{X_3}{X_1}\right) = \frac{\rho_0}{1 - \frac{X_2}{X_1}} \left(1 - \frac{X_3}{X_1}\right)$                                                                                           |    |
| 6) Рассмотрен случай, при котором пружина сжата: $(\rho_2 - \rho_1)Vg = kX_3$ , откуда<br>$\rho_2 = \rho_1 \left(\frac{X_3}{X_1} + 1\right) = \frac{\rho_0}{1 - \frac{X_2}{X_1}} \left(\frac{X_3}{X_1} + 1\right)$ | 4  |
| Итого                                                                                                                                                                                                              | 15 |

### Оценка заданий №№ 1 – 4 по 15 баллов

#### Задача 5

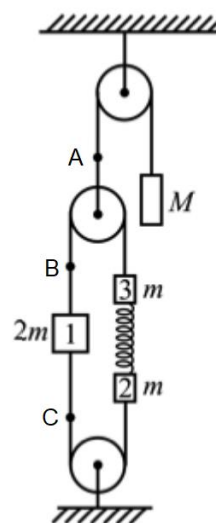
Система, изображенная на рисунке, состоит из двух грузов  $m$ , груза массы  $2m$ , груза неизвестной массы  $M$ , трёх невесомых блоков, невесомых нерастяжимых нитей, невесомой пружины с жесткостью  $k$ . Ускорение свободного падения  $g$ .

- 1) При какой минимальной массе  $M$  система может находиться в положении равновесия?
- 2) Определите силы натяжения нитей в точках А, В и С.
- 3) Каким в этом случае будет удлинение пружины  $X_1$ ?

В некоторый момент времени массу груза  $M$  увеличили вдвое, и система приняла новое положение равновесия.

- 4) Каким в этом случае будет удлинение пружины  $X_2$ ?
- 5) Во сколько раз увеличится энергия, запасённая в растянутой пружине?

Трением в системе пренебречь. Массы грузов №№ 1-3 считайте известными.



#### Решение:

| Комментарии к возможному решению                                                                                                                         | Баллы                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1) Записаны условия равновесия грузов и среднего блока (достаточно 4 из 5):<br>$Mg = T_A$ $T_A = 2T_B$ $T_B = 2mg + T_C$ $T_B = mg + kX$ $kX = mg + T_C$ | 12 б<br>По 3 за уравнение |
| 2) Решая совместно 1) Получено: $Mg = 4mg + 2T_C$ , откуда минимальная масса $M = 4m$                                                                    | 4 б                       |
| 3) При этом $T_C = 0$ , $T_A = 4mg$ , $T_B = 2mg$                                                                                                        | 2+2+2                     |
| 4) Удлинение пружины в этом состоянии: $X_1 = \frac{mg}{k}$                                                                                              | 2                         |
| 5) Если увеличить массу груза в два раза, то $M = 8m$ . Тогда $T_A = 8mg$ , $T_B = 4mg$ , $kX_2 = 3mg$ , откуда:<br>$X_2 = \frac{3mg}{k}$                | 10                        |
| 6) Удлинение пружины увеличится в три раза, значит энергия, запасённая в пружине увеличится в 9 раз.                                                     | 6                         |
| Итого                                                                                                                                                    | 40                        |

### Оценка задания № 5 по 40 баллов

#### Внимание!

Задача считается решённой, если, помимо правильного ответа, приведены необходимые объяснения.  
Решение оценивается поэтапно.

**Желаем успеха!**