

Министерство Образования и Исследований Республики Молдова  
Национальное Агентство по Куррикулуму и Оцениванию  
**LVI РЕСПУБЛИКАНСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКЕ**

КИШИНЁВ, 20 марта 2022

**10 класс**

**Задача 1**

**(10,0 баллов)**

**P1.** Алюминиевое тело в форме куба плотности  $\rho_{Al}$ , в котором есть пустоты, подвесили на достаточно длинной пружине жесткостью  $k$  и опустили в цилиндрический сосуд с жидкостью плотности  $\rho$  ( $\rho < \rho_{Al}$ ). При этом удлинение пружины стало  $\Delta l_1$ . Считая, что объем тела равен  $V$ :

**P1.1.** Определите объем пустот в теле  $V_0$ . **(2 балла)**

**P1.2.** Какое удлинение  $\Delta l_2$  будет у пружины, если 30 % пустот заполнить такой же жидкостью, как в сосуде ? **(2 балла)**

**P1.3.** На сколько изменится по сравнению с  $\Delta l_2$  удлинение пружины, если в сосуд добавить вторую жидкость с плотностью  $n \cdot \rho$  и объемом в  $n$  раз меньшим, чем объем первой жидкости в сосуде? Считайте, что вторая жидкость равномерно смешивается с первой жидкостью и не проникает внутрь алюминиевого тела, а  $n = \frac{1}{2}$ . **(3 балла)**

**P1.4.** Определите удлинение  $\Delta l_4$  пружины в случае, когда вся система (подвес + сосуд с перемешанными жидкостями) движется вертикально вниз с ускорением  $\vec{a} = \frac{1}{4} \vec{g}$ . **(3 балла)**

Министерство Образования и Исследований Республики Молдова  
Национальное Агентство по Куррикулуму и Оцениванию  
**LVI РЕСПУБЛИКАНСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКЕ**

КИШИНЁВ, 20 марта 2022

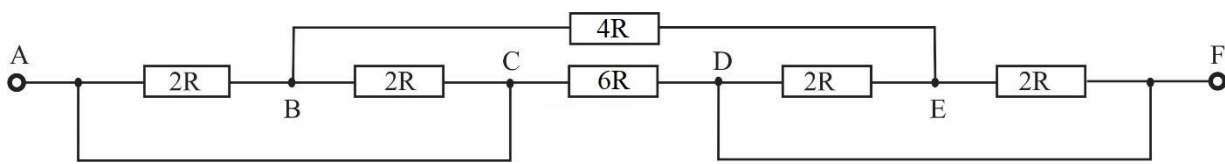
**10 класс**

**Задача 2**

**(10,0 баллов)**

**P2.** В цилиндрическом сосуде находится некоторая жидкость плотностью  $\rho$  при температуре  $t_1$ . Высота столба жидкости равна  $h$ , а радиус основания сосуда  $r$ . Жидкость начинают нагревать при помощи нагревателя, эквивалентная схема которого показана на Рис. P2.1. Напряжение в электрической цепи на концах AF равно  $U$ . Удельная теплоемкость жидкости и удельная теплота парообразования известны и равны  $c$  и  $\lambda$ , соответственно.

**P2.1.** Найдите сопротивление нагревателя, если сопротивления резисторов в схеме равны  $2R$ ,  $4R$  и  $6R$  (см. Рисунок P2.1), а сопротивление соединительных проводов пренебрежимо мало.



**Рис. P2.1.**

**(4,0 балла)**

**P2.2.** Определите КПД нагревателя, если известно, что через время  $\tau$  вся жидкость превратилась в пар. Температура кипения жидкости известна и равна  $t_2$ . Потерями тепла на нагрев сосуда и обмен с окружающей средой можно пренебречь.

**(4,0 балла)**

**P2.3.** Найдите все возможные значения  $R$ , при которых нагреватель мог бы работать с КПД в 80 %.

**(2,0 балла)**

Министерство Образования и Исследований Республики Молдова  
Национальное Агентство по Куррикулуму и Оцениванию  
**LVI РЕСПУБЛИКАНСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКЕ**  
КИШИНЁВ, 20 марта 2022

**10 класс**

**Задача 3**

**(10,0 баллов)**

**Р3.** Оптическая система состоит из собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F_1$  и выпуклого сферического зеркала с фокусным расстоянием  $F_2 = 3F_1$ . Расстояние между линзой и зеркалом  $d = 4F_1$ , оптические оси совпадают. Перед линзой на главной оптической оси перпендикулярно к ней на расстоянии  $d_1 = \frac{3}{2}F_1$  находится линейный объект.

Примечание: формула сферического зеркала:  $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} = \frac{2}{R}$ ,

где  $R$  – радиус кривизны линзы.

**Р3.1.** Постройте изображение линейного объекта, получаемое в данной оптической системе.

**(3,0 балла)**

**Р3.2.** Определите линейное увеличение линзы.

**(2,0 балла)**

**Р3.3.** Определите линейное увеличение зеркала.

**(4,0 балла)**

**Р3.4.** Определите общее линейное увеличение оптической системы.

**(0,5 балла)**

**Р3.5.** Какое изображение получится (действительное или мнимое; прямое или перевернутое; увеличенное, уменьшенное или равное объекту)?

**(0,5 балла)**

Министерство Образования и Исследований Республики Молдова  
Национальное Агентство по Куррикулуму и Оцениванию  
**LVI РЕСПУБЛИКАНСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКЕ**  
КИШИНЁВ, 20 марта 2022

**10 класс**

Решения:

**Задача 1.**

**P1.1:** На тело действуют три силы: сила тяжести  $\vec{g}$ , сила Архимеда  $\vec{F}_A$  и сила упругости  $\vec{F}_e$ . В положении равновесия:

$$F_A + F_e = mg \quad 0.5 \text{ б}$$

$$\rho V g + k \Delta l_1 = \rho_{Al} (V - V_0) g \quad 1.0 \text{ б}$$

$$V_0 = \frac{(\rho_{Al} - \rho)V}{\rho_{Al}} - \frac{k \Delta l_1}{\rho_{Al} g} \quad 0.5 \text{ б}$$

**P1.2:**

$$V_l = 0,3 \cdot V_0$$

$$\rho V g + k \Delta l_2 = \rho_{Al} (V - V_0) g + \rho V_l g \quad 0.5 \text{ б}$$

$$k \Delta l_2 - k \Delta l_1 = \rho V_l g \quad 1.0 \text{ б}$$

$$\Delta l_2 = \Delta l_1 + \frac{\rho V_l g}{k} = \Delta l_1 \left(1 - 0,3 \frac{\rho}{\rho_{Al}}\right) + 0,3 \frac{\rho (\rho_{Al} - \rho) V g}{\rho_{Al} k} \quad 0.5 \text{ б}$$

**P1.3:** Найдем плотность жидкости в сосуде  $\rho_{am}$  после смешивания первой и второй жидкостей:

$$\rho_{am} = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2} = \frac{\rho V_1 + n \rho \frac{V_1}{n}}{V_1 \left(1 + \frac{1}{n}\right)} = \frac{2 \rho V_1}{V_1 \left(1 + \frac{1}{n}\right)} = \frac{2 \rho n}{1 + n} = \frac{2}{3} \rho \quad 1.5 \text{ б}$$

$$\rho_{am} V g + k \Delta l_3 = \rho_{Al} (V - V_0) g + \rho V_l g \quad 0.5 \text{ б}$$

$$\rho_{am} V g + k \Delta l_3 = \rho V g + k \Delta l_2$$

$$k (\Delta l_3 - \Delta l_2) = \frac{1}{3} \rho V g \quad 0.5 \text{ б}$$

$$\Delta l_3 - \Delta l_2 = \frac{1}{3} \frac{\rho V g}{k} \quad 0.5 \text{ б}$$

**P1.4:** При ускоренном движении сосуда с жидкостью меняется сила Архимеда. Для ее вывода найдем силу давления столба жидкости высотой  $h$  и массой  $m_l = \rho_l h S$  в цилиндрическом сосуде с площадью поперечного сечения  $S$ , записав уравнение движения столба жидкости в этом сосуде:

$$m_l g - p S = m_l a, \quad 0.5 \text{ б}$$

где  $p$  – давление на глубине  $h$ .

$$p = \frac{m_l (g - a)}{S} = \rho_l h (g - a)$$

$$\text{Тогда } F_A = \rho_l V (g - a) \quad 0.5 \text{ б}$$

Министерство Образования и Исследований Республики Молдова  
Национальное Агентство по Куррикулуму и Оцениванию  
**LVI РЕСПУБЛИКАНСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКЕ**

КИШИНЁВ, 20 марта 2022

**10 класс**

$$mg - \rho_{am}V(g - a) - k\Delta l_4 = ma \quad 0.5 \text{ б}$$

$$\rho_{am}V(g - a) + k\Delta l_4 = m(g - a)$$

$$\rho_{am}V(g - a) + k\Delta l_4 = (\rho V_l + \rho_{Al}(V - V_0))(g - a)$$

$$\Delta l_4 = \frac{(\rho V_l + \rho_{Al}(V - V_0) - \rho_{am}V)(g - a)}{k} \quad 0.5 \text{ б}$$

Из **P1.3**:

$$\rho_{am}Vg + k\Delta l_3 = \rho_{Al}(V - V_0)g + \rho V_l g \quad 0.5 \text{ б}$$

$$\rho V_l + \rho_{Al}(V - V_0) - \rho_{am}V = \frac{k\Delta l_3}{g}$$

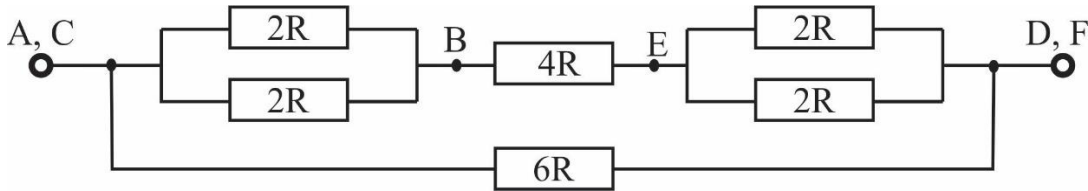
$$\Delta l_4 = \Delta l_3 \frac{g-a}{g} = \frac{3}{4} \left[ \Delta l_1 \left( 1 - 0,3 \frac{\rho}{\rho_{Al}} \right) + 0,3 \frac{\rho (\rho_{Al} - \rho)Vg}{\rho_{Al} k} + \frac{1}{3} \frac{\rho Vg}{k} \right] \quad 0.5 \text{ б}$$

Министерство Образования и Исследований Республики Молдова  
 Национальное Агентство по Куррикулуму и Оцениванию  
**LVI РЕСПУБЛИКАНСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКЕ**  
 КИШИНЁВ, 20 марта 2022

**10 класс**

**Задача 2.**

**Р.2.1.** Эквивалентная схема имеет вид:



**2,0 б**

Сопротивления в  $2R$  соединены параллельно. Поэтому эквивалентное им сопротивление равно  $R$ .

**0,5 б**

В верхней ветви схемы мы получим два сопротивления в  $R$  и одно в  $4R$ , соединенные последовательно,

**0,5 б**

а параллельно им будет подключено сопротивление в  $6R$ .

**0,5 б**

Итоговое сопротивление найдем из соотношения  $\frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{6R} + \frac{1}{6R}$ ,  $R_{tot} = 3R$ .

**0,5 б**

**Р.2.2:**

Найдем массу жидкости в сосуде:

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot h \cdot S = \rho \cdot h \cdot \pi \cdot r^2$$

**0,5 б**

Количество теплоты:

$$Q = Q_1 + Q_2$$

**0,5 б**

$$Q_1 = c \cdot m \cdot (t_2 - t_1) = c \cdot \rho \cdot h \cdot \pi \cdot r^2 \cdot (t_2 - t_1)$$

**0,5 б**

$$Q_2 = \lambda \cdot m = \lambda \cdot \rho \cdot h \cdot \pi \cdot r^2$$

**0,5 б**

Работа силы тока:

$$A = (U^2 \tau) / R_{tot} = (U^2 \tau) / (3 \cdot R)$$

**0,5 б**

КПД:

$$\eta = \frac{Q}{A}$$

**0,5 б**

$$\eta = \frac{3 \cdot R \cdot \rho \cdot h \cdot \pi \cdot r^2 (c(t_2 - t_1) + \lambda)}{U^2 \tau}$$

**1,0 б**

Министерство Образования и Исследований Республики Молдова  
Национальное Агентство по Куррикулуму и Оцениванию  
**LVI РЕСПУБЛИКАНСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКЕ**

КИШИНЁВ, 20 марта 2022

**10 класс**

**P.2.3.**

В случае, когда нет потерь на нагрев сосуда и обмен с окружающей средой, необходимо, чтобы

$$\eta A = Q, \quad \mathbf{0,5 \text{ б}}$$

где  $\eta = 0,8$ .

В реальном случае потери на обмен с окружающей средой есть всегда, и чтобы нагреватель мог работать с  $\eta = 0,8$ , необходимо выполнение неравенства  $\eta A \geq Q$  **0,5 б**

Из которого находим, что

$$R \leq \frac{0,8 \cdot U^2 \tau}{3 \cdot \rho \cdot h \cdot \pi \cdot r^2 (c(t_2 - t_1) + \lambda)} \quad \mathbf{1,0 \text{ б}}$$

Министерство Образования и Исследований Республики Молдова  
 Национальное Агентство по Куррикулуму и Оцениванию  
**LVI РЕСПУБЛИКАНСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКЕ**  
 Кишинёв, 20 марта 2022

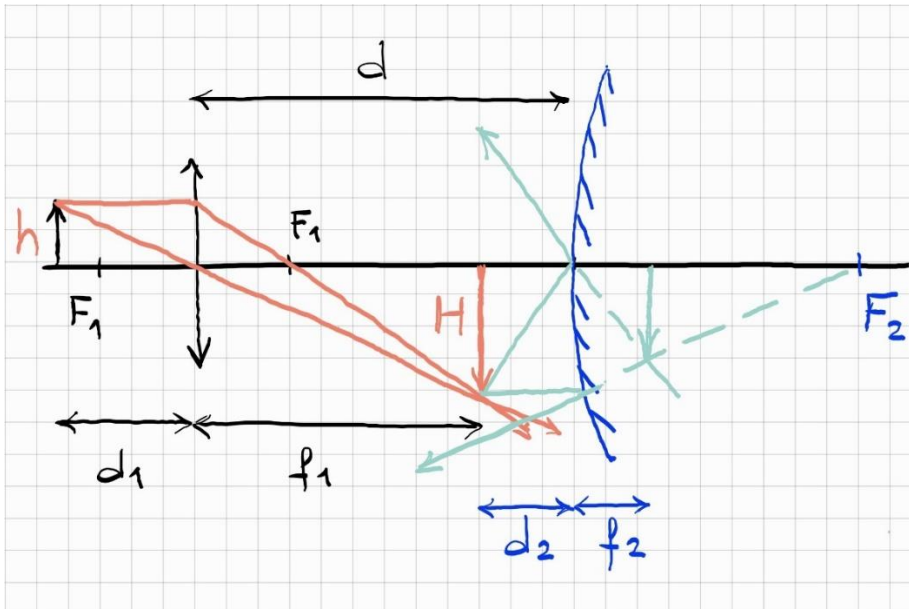
**10 класс**

**Задача 3.**

**Р.3.1. Построение изображения в оптической системе**

**3,0 б**

Построим изображение, используя свойства падающих лучей (для любых двух из трех).



**Р.3.2. Определение линейного увеличения линзы:**  $\beta_1 = \frac{H}{h} = \frac{f_1}{d_1}$

**0,5 б**

Формула тонкой линзы:  $\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F_1} \Rightarrow f_1 = \frac{d_1 F_1}{d_1 - F_1} = 3F_1$

**1,0 б**

$$\beta_1 = \frac{f_1}{d_1} = \frac{F_1}{d_1 - F_1} = 2$$

**0,5 б**

**Р.3.3. Определение линейного увеличения зеркала:** Аналогично,  $\beta_2 = \frac{f_2}{d_2}$

**0,5 б**

Формула зеркала:  $\frac{1}{d_2} - \frac{1}{f_2} = -\frac{1}{F_2}$  (знаки “минус” соответствуют тому, что изображение мнимое и

фокус выпуклого зеркала тоже мнимый)  $\Rightarrow f_2 = \frac{d_2 F_2}{d_2 + F_2}$  **2,5 б**

Заметим из рисунка к пункту (3.1), что  $d = f_1 + d_2 \Rightarrow d_2 = d - f_1 = F_1$  **0,5 б**

$$\beta_2 = \frac{f_2}{d_2} = \frac{F_2}{d - f_1 + F_2} = \frac{3F_1}{4F_1 - 3F_1 + 3F_1} = \frac{3}{4}$$

**0,5 б**

**Р.3.4. Определение общего линейного увеличения оптической системы:**

$$\beta = \beta_1 \beta_2 = \frac{2 \cdot 3}{4} = 1,5$$

**0,5 б**

**Р.3.5. Изображение мнимое, перевернутое, увеличенное.**

**0,5 б**