

Олимпиада школьников «Курчатов» по физике – 2025

Отборочный этап – 8 класс

Задача 1-1 Мощный резистор

В электрической цепи, изображенной на рисунке, сопротивления резисторов  $R_1 = 8$  Ом,  $R_2 = 4$  Ом,  $R_3 = 6$  Ом,  $R_4 = 2$  Ом. Напряжение на клеммах источника тока  $U = 12$  В. Определите отношение  $P_4/P_2$  мощности тока в резисторе  $R_4$  к мощности тока в обоих резисторах  $R_2$ . Ответ дайте с точностью до сотых.

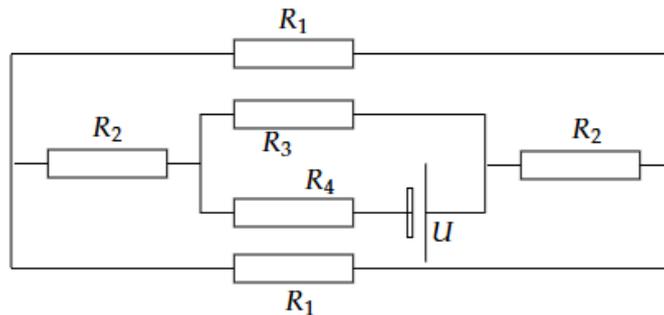


Рис. 1: К задаче 8-1

**Решение**

Два резистора  $R_1$  между собой соединены параллельно, поэтому их общее сопротивление  $R_{11} = \frac{R_1}{2} = 4$  Ом. Резистор  $R_{11}$  и два резистора  $R_2$  соединены последовательно, поэтому их общее сопротивление

$$R_{12} = R_{11} + 2R_2 = 12 \text{ Ом.}$$

Резисторы  $R_{12}$  и  $R_3$  соединены параллельно, следовательно, их общее сопротивление  $R_{123} = \frac{R_{12}R_3}{R_{12}+R_3} = 4$  Ом. Сопротивление всей электрической цепи

$$R = R_{123} + R_4 = 6 \text{ Ом.}$$

Согласно закону Ома сила тока в цепи  $I = \frac{U}{R} = 2$  А. В резисторе  $R_4$  выделяется мощность  $P_4 = I^2R_4 = 8$  Вт.

Силу тока, протекающего через резисторы  $R_2$  найдем, как отношение напряжения на участке 1-2-3 к сопротивлению участка 1-2

$$I_2 = \frac{IR_{123}}{R_{12}}.$$

Тепловая мощность на обоих резисторах  $R_2$

$$P_2 = 2I_2^2R_2 = 32/9 \text{ Вт.}$$

Искомое отношение мощностей

$$P_4/P_2 = 9/4 = 2,25.$$

**Ответ:** 2,25.

**Задача 1-2** Мощный резистор

В электрической цепи, изображенной на рисунке, сопротивления резисторов  $R_1 = 8 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 4 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 6 \text{ Ом}$ ,  $R_4 = 2 \text{ Ом}$ . Напряжение на клеммах источника тока  $U = 12 \text{ В}$ . Определите отношение  $P_4/P_1$  мощности тока в резисторе  $R_4$  к мощности тока в обоих резисторах  $R_1$ . Ответ дайте с точностью до десятых.

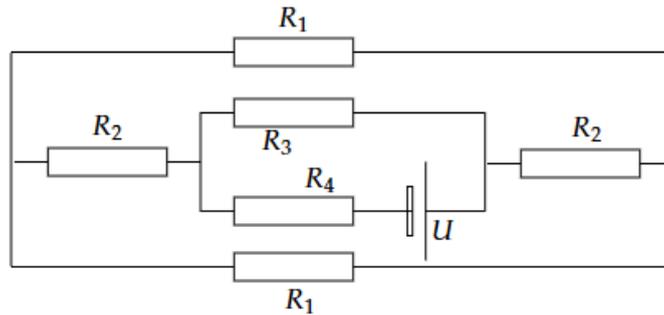


Рис. 2: К задаче 8-1

**Ответ:** 4,5.

### Задача 2-1 *Перемкнуло*

На рисунке изображен участок цепи, состоящий из 5 резисторов и трех переключек. Сопротивление  $R = 16$  Ом.

2.1. Найдите сопротивление этого участка электрической цепи. Ответ дайте в Ом с точностью до целых.

2.2. Данный участок подключают к источнику постоянного напряжения  $U = 32$  В. Определите силу тока, протекающего по нижней переключке. Ответ дайте в А с точностью до целых.

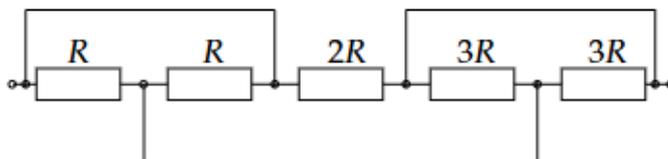
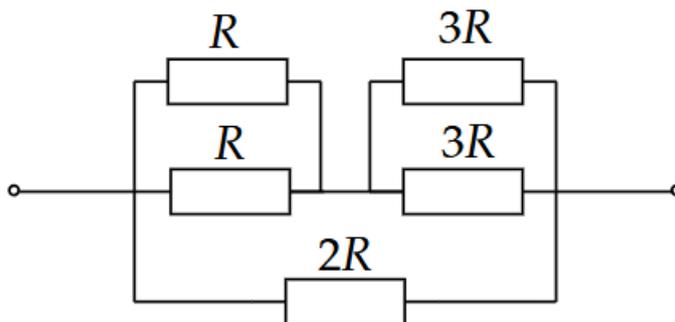


Рис. 3: К задаче 8-2

### Решение

Эквивалентная схема электрической цепи имеет вид, показанный на рисунке.



Общее сопротивление электрической цепи  $R_0 = \left(\frac{1}{2R} + \frac{1}{R^2/2R+9R^2/6R}\right)^{-1} = R = 16$  Ом.

Сопротивления нижней и верхней ветви эквивалентной цепи одинаковы, следовательно, по ним (в том числе и по переключке, которая нас интересует) протекает ровно половина от общего тока в цепи:

$$I = I_0/2 = U/2R = 1 \text{ А.}$$

**Ответ:**

2.1) 16 Ом; 2.2) 1 А.

### Задача 2-2 *Перемкнуло*

На рисунке изображен участок цепи, состоящий из 5 резисторов и трех переключек. Сопротивление  $R = 13$  Ом.

2.1. Найдите сопротивление этого участка электрической цепи. Ответ дайте в Ом с точностью до целых.

2.2. Данный участок подключают к источнику постоянного напряжения  $U = 78$  В. Определите силу тока, протекающего по нижней переключке. Ответ дайте в А с точностью до целых.

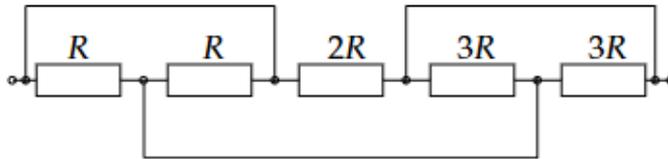


Рис. 4: К задаче 8-2

**Ответ:**

2.1) 13 Ом; 2.2) 3 А.

### Задача 3-1 Плавающая равновесие

К легкому подвижному блоку на невесомой нити подвешен кусок льда массой  $m_1 = 0,59$  кг (рис.), плавающий в воде при температуре  $t_0 = 0^\circ\text{C}$ . К концу другой невесомой нити, переброшенной через легкий неподвижный блок, подвешен алюминиевый цилиндр массой  $m_2 = 0,27$  кг. Система находится в равновесии. При этом цилиндр касается поверхности воды в сосуде.

Какое минимальное количество теплоты надо сообщить льду, чтобы цилиндр оказался на дне сосуда, а не растаявший лед - в воздухе? Высота цилиндра меньше глубины воды в сосуде. Плотность воды  $\rho_1 = 1,0 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ . Плотность алюминия  $\rho_2 = 2,7 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ . Плотность льда  $\rho_3 = 0,90 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ . Удельная теплота плавления льда  $\lambda = 332 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ . Коэффициент  $g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$ . Трением в блоках пренебречь.

Ответ дайте в кДж с точностью до целых.

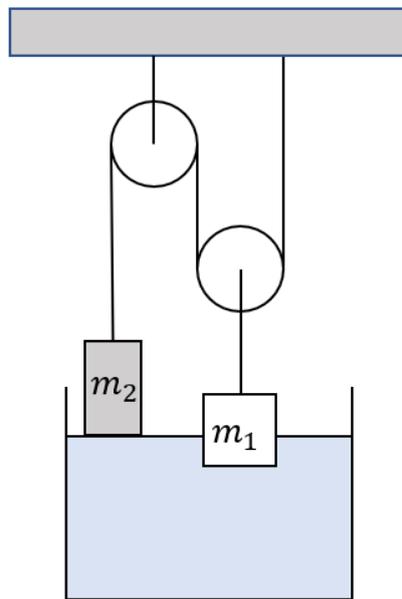


Рис. 5: К задаче 8-3

### Решение

Если льду сообщить энергию, то лед начнет таять и перемещаться вверх, а алюминиевый цилиндр - вниз. Когда цилиндр полностью окажется в воде, на него будут действовать три силы: вверх - сила упругости нити  $F_1$  и сила Архимеда  $F_A = \rho_1 g \frac{m_2}{\rho_2}$ , вниз - сила тяжести  $m_2 g$ .

Так как цилиндр будет находиться в равновесии, то  $F_1 + \rho_1 g \frac{m_2}{\rho_2} = m_2 g$ . Из этого уравнения найдем силу натяжения нити:

$$F_1 = m_2 g - \rho_1 g \frac{m_2}{\rho_2} = 1,7 \text{ Н.}$$

Так как подвижный блок дает выигрыш в силе в два раза, то натяжение нити, к которой привязан не растаявший лед,  $F_2 = 3,4$  Н.

Из условия равновесия льда  $F_2 = m g$  масса не растаявшего льда  $m = \frac{F_2}{g} = 0,34$  кг.

Следовательно, растает лед массой  $\Delta m = m_1 - m = 0,25$  кг. Для плавления этого льда

потребуется количество теплоты

$$Q = \lambda \Delta m = 83 \text{ кДж.}$$

**Ответ:** 83.

### Задача 3-2 Плавающее равновесие

К легкому подвижному блоку на невесомой нити подвешен кусок льда массой  $m_1 = 0,79$  кг (рис.), плавающий в воде при температуре  $t_0 = 0^\circ\text{C}$ . К концу другой невесомой нити, переброшенной через легкий неподвижный блок, подвешен стальной цилиндр массой  $m_2 = 0,36$  кг. Система находится в равновесии. При этом цилиндр касается поверхности воды в сосуде.

Какое минимальное количество теплоты надо сообщить льду, чтобы цилиндр оказался на дне сосуда, а не растаявший лед - в воздухе? Высота цилиндра меньше глубины воды в сосуде. Плотность воды  $\rho_1 = 1,0 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ . Плотность стали  $\rho_2 = 7,8 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ . Плотность льда  $\rho_3 = 0,90 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ . Удельная теплота плавления льда  $\lambda = 332 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ . Коэффициент  $g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$ . Трением в блоках пренебречь.

Ответ дайте в кДж с точностью до целых.

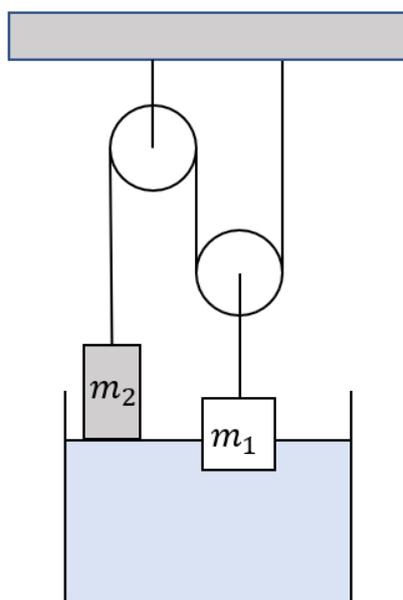


Рис. 6: К задаче 8-3

**Ответ:** 54.

#### Задача 4-1 Неравноплечные подводные весы

Два тела разных плотностей и объемов уравновешены на невесомом горизонтальном стержне с отношением плеч 1 : 2. После того как тела полностью погрузили в воду, равновесие стержня нарушилось. Для сохранения равновесия стержня в горизонтальном положении тела пришлось поменять местами. Найдите плотности веществ, из которых состоят тела. Известно, что плотность вещества более тяжелого тела в  $k = 2,5$  раза меньше плотности вещества более легкого тела. Плотность воды  $\rho_0 = 1,0 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ .

Ответ дайте в  $\text{кг}/\text{м}^3$  с точностью до целых.

#### Решение

Пусть плотность вещества более тяжелого тела равна  $\rho_1$ , тогда плотность вещества более легкого тела

$$\rho_2 = 2,5\rho_1$$

Запишем условие равновесия стержня до погружения тел в воду:

$$\rho_1 V_1 l = \rho_2 V_2 2l$$

Определим объем первого тела из полученных уравнений:

$$V_1 = \frac{2\rho_2 V_2}{\rho_1} = 5V_2$$

Запишем условие равновесия стержня после погружения тел в воду:

$$(\rho_1 - \rho_0) V_1 2l = (\rho_2 - \rho_0) V_2 l.$$

С учетом выражения для объема первого тела, получим:

$$10\rho_1 - \rho_2 = 9\rho_0$$

Используя исходное соотношение между плотностями, найдем ответ на задачу:

$$\rho_1 = 1,2\rho_0 = 1,2 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \text{ и } \rho_2 = 3\rho_0 = 3,0 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

**Ответ:** 1200 и 3000

#### Задача 4-2 Неравноплечные подводные весы

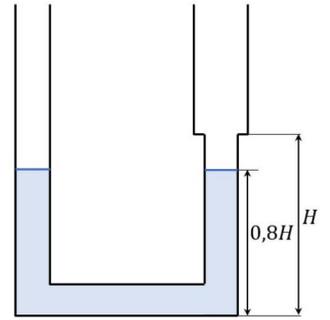
Два тела разных плотностей и объемов уравновешены на невесомом горизонтальном стержне с отношением плеч  $1 : 2,5$ . После того как тела полностью погрузили в керосин, равновесие стержня нарушилось. Для сохранения равновесия стержня в горизонтальном положении тела пришлось поменять местами. Найдите плотности веществ, из которых состоят тела. Известно, что плотность вещества более тяжелого тела в  $k = 3,0$  раза меньше плотности вещества более легкого тела. Плотность керосина  $\rho_0 = 0,8 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ .

Ответ дайте в  $\text{кг}/\text{м}^3$  с точностью до целых.

**Ответ:** 902 и 2705

### Задача 5-1 Уширяющаяся гидростатика

Левая вертикальная трубка сообщающихся сосудов (рис.) имеет по всей высоте одинаковую площадь поперечного сечения  $S$ , а правая вертикальная трубка состоит из двух частей: до высоты  $H = 30$  см площадь её поперечного сечения  $S$ , а выше – площадь  $2S$ . Трубки заполнены водой до высоты  $0,8H$ . В левую трубку наливают слой масла высотой  $H$ . На какую высоту поднимется уровень воды в правой трубке?



Плотность воды  $\rho_0 = 1,0 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ . Плотность масла  $\rho = 0,80 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ .

Ответ дайте в см с точностью до целых.

#### Решение

На уровне, совпадающем с границей раздела жидкостей, гидростатические давления равны:

$$p_1 = p_2 \text{ или} \\ \rho g H = \rho_0 g (\Delta h + h)$$

где  $\Delta h$  – искомая высота, на которую поднимется уровень воды в правой трубке,  $h$  – высота, на которую опустился уровень воды в левой трубке.

Поскольку жидкости практически несжимаемые, то объем воды, вытесненной из левой трубки, равен объему воды, перетекшей в правую трубку:

$$V_1 = V_2 \text{ или } hS = 0,2HS + (\Delta h - 0,2H)2S$$

Отсюда высота

$$h = 2\Delta h - 0,2H$$

Получаем

$$\rho H = \rho_0 (\Delta h + 2\Delta h - 0,2H).$$

Откуда следует, что

$$\Delta h = \frac{H}{3\rho_0} (\rho + 0,2\rho_0) = 10 \text{ см.}$$

Ответ дайте в см с точностью до целых.

**Ответ:** 10.

### Задача 5-2 Уширяющаяся гидростатика

Левая вертикальная трубка сообщающихся сосудов (рис.) имеет по всей высоте одинаковую площадь поперечного сечения  $S$ , а правая вертикальная трубка состоит из двух частей: до высоты  $H = 30$  см площадь её поперечного сечения  $S$ , а выше – площадь  $2S$ . Трубки заполнены водой до высоты  $0,8H$ . В левую трубку наливают слой масла высотой  $H$ . На какую высоту поднимется уровень воды в правой трубке?

Плотность воды  $\rho_0 = 1,0 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ . Плотность масла  $\rho = 0,90 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ .

Ответ дайте в см с точностью до целых.

**Ответ:** 11.

