

**Физика, 8 класс, муниципальный этап**

**Возможные решения задач**

**Задача № 1. «Вода со льдом» (10 баллов)**

Для приготовления воды со льдом в термосе смешали воду и лед при температуре  $t_1 = 0^{\circ} \text{C}$ . Масса воды и льда одинакова и равна  $m_1 = 250 \text{ г}$ . Затем решили увеличить температуру смеси долив в термос воду массой  $m_2 = 500 \text{ г}$  при температуре  $t_2 = 40^{\circ} \text{C}$ . Какая температура установится в нем? Отношение удельной теплоты плавления льда к удельной теплоемкости воды принять равным  $79 \text{ К}$ .

***Возможное решение:***

Лед будет плавиться поглощая количество теплоты  $Q_1 = m_1 \lambda$ .

После того, как лед растает, вся холодная вода нагреется до температуры  $t$ , поглотив количество теплоты  $Q_2 = 2 m_1 c (t - t_1)$ .

Теплая вода отдает количество теплоты  $Q_3 = m_2 c (t_2 - t)$ .

Уравнения теплового баланса имеет вид:

$$m_1 \lambda + 2 m_1 c (t - t_1) = m_2 c (t_2 - t) \quad (1)$$

Следовательно, искомая температура  $t \approx 0,3^{\circ} \text{C}$ .

***Критерии оценивания:***

Найдена теплота плавления льда – 2 балла.

Найдена теплота для нагревания холодной воды – 2 балла.

Найдена теплота, отданной теплой водой, – 2 балла.

Записано уравнение теплового баланса (1) – 2 балла.

Найдена температура воды в термосе – 2 балла.

**Задача № 2. «Скорость звука» (10 баллов)**

В серии экспериментов по измерению отношения давления сухого воздуха к его плотности были получены следующие результаты: при температуре  $-10^{\circ}\text{C}$  это отношение оказалось равным  $750 \text{ кПа}\cdot\text{м}^3/\text{кг}$ , а при температуре  $+20^{\circ}\text{C}$  был получен результат  $840 \text{ кПа}\cdot\text{м}^3/\text{кг}$ . Считая, что скорость звука можно представить формулой, в которую входят только давление газа  $P$ , плотность газа  $\rho$  и некоторая безразмерная постоянная, определите по данным задачи, при какой температуре звук будет распространяться в сухом воздухе быстрее и во сколько раз.

**Возможное решение:**

Скорость звука имеет размерность ( $\text{м/с}$ ) и зависит только от  $P$  и  $\rho$  и некоторой безразмерной постоянной.

Плотность и давление имеют следующие размерности:

$$[P] = \text{кг}/\text{м}\cdot\text{с}^2,$$

$$[\rho] = \text{кг}/\text{м}^3.$$

Скорость звука  $v$  представим как функцию давления и плотности:  $v = f(P, \rho)$ .

Поэтому выражение для скорости может иметь только следующий вид:

$$v = \alpha \sqrt{\frac{P}{\rho}}. \quad (1)$$

Теперь можно определить искомое отношение скоростей:

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{P_2 \rho_1}{P_1 \rho_2}}, \quad (2)$$

где  $v_1$  – скорость звука при температуре  $-10^{\circ}$ ,

$v_2$  – скорость звука при температуре  $+20^{\circ}$ .

Используя данные задачи, найдем  $v_2/v_1 \approx 1.1$ .

Т.е. звук в холодном сухом воздухе распространяется медленнее.

**Критерии оценивания:**

Высказана идея использования размерностей давления и плотности – 2 балла.

Получена формула (1) – 3 балла.

Получено отношение скоростей (2) – 2 балла.

Получен численный ответ – 2 балла.

Сделан правильный вывод – 1 балл.

**Задача № 3. «Равновесие» (10 баллов)**

Длинная однородная линейка длиной  $L = 1 \text{ м}$  одной частью (длиной  $\ell = 40 \text{ см}$ ) лежит на горизонтальном столе. Остальная часть линейки свешивается со стола. Мальчик Петя уравнивает линейку, придерживая ее пальцем за свободный конец. Считая, что приложенная к концу сила направлена вертикально, найти отношение максимального значения этой силы к ее минимальному значению, при которых равновесие не нарушается.

**Возможное решение:**

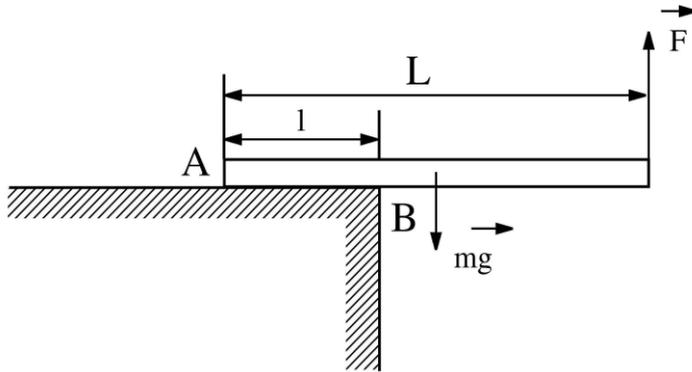


Рис. 1

Максимальное значение силы  $\vec{F}$  определяется из условия, что при силе, большей, чем  $\vec{F}_{max}$ , линейка выйдет из равновесия и оторвется от стола в точке В. Поэтому максимальное значение  $\vec{F}_{max}$  можно определить из условия для моментов сил относительно точки А (рис. 1):

$$mg \frac{L}{2} - F_{max} L = 0, \quad (1)$$

откуда

$$F_{max} = \frac{mg}{2} \quad (2)$$

Минимальное значение силы  $\vec{F}$  определяется из условия, что при силе, меньшей, чем  $\vec{F}_{min}$ , линейка выйдет из равновесия и оторвется от стола в точке А. Поэтому минимальное значение  $\vec{F}_{min}$  можно определить из условия для моментов сил относительно точки В, которое имеет вид:

$$mg \left( \frac{L}{2} - \ell \right) - F_{min} (L - \ell) = 0 \quad (3)$$

Откуда

$$F_{min} = mg \frac{L/2 - \ell}{L - \ell} \quad (4)$$

Отношение максимальной силы к минимальной, при которых обеспечивается равновесие линейки, равно:

$$\frac{F_{max}}{F_{min}} = \frac{L - \ell}{L - 2\ell} = 3 \quad (5)$$

**Критерии оценивания:**

Высказана идея о том, когда сила будет иметь максимальное значение, – 2 балла.

Записано условие для моментов сил относительно точки А (1) – 2 балла.

Высказана идея о том, когда сила будет иметь минимальное значение, – 2 балла.

Записано уравнение для моментов относительно точки В (3) – 2 балла.

Получено отношение сил (5) – 2 балла.

**Задача № 4. «Летающая труба» (10 баллов)**

Восьмиклассник Ваня предложил новый летательный аппарат. Он взял алюминиевую трубу длиной  $\ell = 1$  м, диаметром  $D = 50$  см, с толщиной стенок  $d = 2$  мм. Торцы трубы закрыл очень легкими пластиковыми дисками и из образовавшегося полого цилиндра выкачал воздух. Может ли взлететь такая труба? Если нет, то каким должен быть диаметр трубы, чтобы она взлетела? Плотность алюминия и плотность воздуха принять равными  $\rho_1 = 2,6$  г/см<sup>3</sup> и  $\rho_2 = 0,0013$  г/см<sup>3</sup> соответственно.

**Возможное решение:**

Труба станет невесомой и сможет летать при условии, что ее вес будет уравновешен выталкивающей силой:

$$\rho_1 g \left( \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d_0^2}{4} \right) \ell = \rho_2 g \frac{\pi D^2}{4} \ell, \quad (1)$$

где  $d_0 = D - d$  – внутренний диаметр трубы.

Следовательно

$$\rho_2 D^2 - 2\rho_1 Dd + \rho_1 d^2 = 0. \quad (2)$$

Из данных задачи следует, что  $D \gg d$ , поэтому можно записать

$$D \approx \frac{2\rho_1}{\rho_2} d. \quad (3)$$

Подставив в уравнение (3) значения  $d$ ,  $\rho_1$  и  $\rho_2$ , получим, что  $D \approx 8$  м.

Следовательно, труба диаметром 50 см взлететь не сможет.

**Критерии оценивания:**

Указано условие полета трубы – 2 балла.

Записано условие равновесия (1) – 2 балла.

Получено уравнение (2) – 2 балла.

Получено приближенное решение (3) – 2 балла.

Найден диаметр трубы – 1 балл.

Сделан правильный вывод – 1 балл.

**Всего за все задания олимпиады – 40 баллов.**