

8 класс

**Задача 8.1. Марафонцы.**

Крош, Ёжик и Бараш соревнуются в беге на длинную дистанцию. Судья Лосяш зафиксировал, что Крош прибежал к финишу в 14:00, Бараш — в 14:20, а Ёжик — в 15:00. Во сколько стартовали Смешарики, если средняя скорость Бараша равнялась 15 км/ч, а Ёжика — 12 км/ч? Какова средняя скорость Кроша? Все герои стартовали одновременно и бежали по одной дороге.

**Ответ:** в 11:40,  $\approx 17$  км/ч.

**Решение:** Пусть  $L$  — длина дистанции. Тогда Крош её пробежит за время  $t_K = L/v_K$ , Бараш — за  $t_B = L/(15 \text{ км/ч})$ , а Ёжик — за  $t_Е = L/(12 \text{ км/ч})$ . Ёжик прибежал на  $2/3$  часа позже Бараша, поэтому

$$\frac{2}{3} \text{ ч} = \frac{L}{12 \text{ км/ч}} - \frac{L}{15 \text{ км/ч}} \Rightarrow L = 40 \text{ км.}$$

Это значит, что, например, Бараш бежал в течение

$$t_B = \frac{40 \text{ км}}{15 \text{ км/ч}} = \frac{8}{3} \text{ ч} = 2 \text{ ч } 40 \text{ мин.}$$

Следовательно, забег начался в 11:40.

Крош бежал  $2 \text{ ч } 20 \text{ мин} = 7/3 \text{ ч}$ . Его скорость была равна

$$v_K = \frac{40 \text{ км}}{7/3 \text{ ч}} \approx 17 \text{ км/ч.}$$

**Критерии:**

- 1) Записано уравнение для нахождения  $L$  . . . . . 3 балла
- 2) Найдена длина дистанции  $L$  . . . . . 1 балл
- 3) Найдено время старта . . . . . 3 балла
- 4) Найдена скорость Кроша . . . . . 3 балла

**Задача 8.2. Физика на YouTube.**

Пытаясь повторить опыт, увиденный в Интернете, экспериментатор Иннокентий Иванов положил в калориметр некоторое количество снега при температуре  $-20\text{ }^\circ\text{C}$  и налил туда же ртуть при  $+25\text{ }^\circ\text{C}$ . В результате весь снег в калориметре растаял, в нём установилась температура  $0\text{ }^\circ\text{C}$ , а объём содержимого калориметра стал в три раза больше, чем первоначальный объём снега. Какова была средняя плотность снега, взятого учёным? Удельная теплоёмкость льда равна  $2100\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$ , ртути —  $140\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$ , удельная теплота плавления льда —  $330\text{ кДж}/\text{кг}$ , плотность воды —  $1000\text{ кг}/\text{м}^3$ , плотность ртути —  $13600\text{ кг}/\text{м}^3$ . В рассматриваемом диапазоне температур ртуть является жидкостью. Тепловыми потерями и теплоёмкостью калориметра пренебречь.

*Примечание:* Снег состоит из кристалликов льда, между которыми есть воздушные полости.

**Ответ:**  $340\text{ кг}/\text{м}^3$ .

**Решение:** Пусть  $V$  — начальный объём снега в калориметре, а  $\rho_{\text{сн}}$  — его плотность. Тогда масса снега равна  $m = \rho_{\text{сн}}V$ . Снег, превратившись в воду, будет иметь объём  $V_{\text{в}} = m/\rho_{\text{в}} = \rho_{\text{сн}}/\rho_{\text{в}} \cdot V$ , поэтому объём ртути, налитой в калориметр, будет равен

$$V_{\text{рт}} = 3V - V_{\text{в}} = \left(3 - \frac{\rho_{\text{сн}}}{\rho_{\text{в}}}\right) \cdot V.$$

Запишем уравнение теплового баланса

$$\begin{aligned} c_{\text{л}}m(0\text{ }^\circ\text{C} - (-20\text{ }^\circ\text{C})) + \lambda m &= c_{\text{рт}}\rho_{\text{рт}}V_{\text{рт}}(25\text{ }^\circ\text{C} - 0\text{ }^\circ\text{C}) \Rightarrow (c_{\text{л}} \cdot 20\text{ }^\circ\text{C} + \lambda)\rho_{\text{сн}}V = c_{\text{рт}}\rho_{\text{рт}} \left(3 - \frac{\rho_{\text{сн}}}{\rho_{\text{в}}}\right) \cdot V \cdot 25\text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow \\ \Rightarrow (c_{\text{л}} \cdot 20\text{ }^\circ\text{C} + \lambda)\rho_{\text{сн}} &= c_{\text{рт}}\rho_{\text{рт}} \left(3 - \frac{\rho_{\text{сн}}}{\rho_{\text{в}}}\right) \cdot 25\text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

и выразим отсюда плотность снега

$$\rho_{\text{сн}} = \frac{3c_{\text{рт}}\rho_{\text{рт}} \cdot 25\text{ }^\circ\text{C}}{c_{\text{л}} \cdot 20\text{ }^\circ\text{C} + \lambda + c_{\text{рт}} \cdot 25\text{ }^\circ\text{C} \cdot \rho_{\text{рт}}/\rho_{\text{в}}} \approx 340\text{ кг}/\text{м}^3.$$

**Критерии:**

- 1) Записано верное уравнение теплового баланса . . . . . 2 балла
- 2) Найден объём ртути, налитой в калориметр . . . . . 3 балла
- 3) Получено верное выражение для плотности снега через данные из условия задачи . . . . . 3 балла
- 4) Найдено числовое значение плотности снега . . . . . 2 балла

*Указание проверяющим:* Пункт 1 оценивается полным баллом, даже если масса ртути не расписана как произведение плотности на объём.

**Задача 8.3. Стержень в стене.**

Однородный прямой стержень длиной 1 м вставлен на глубину 20 см в горизонтальное отверстие вертикальной стены толщиной 10 см (рис. 8.1). Если к правому концу стержня подвесить груз 2 кг, стержень будет давить на правый край отверстия (точку А) с силой 280 Н.

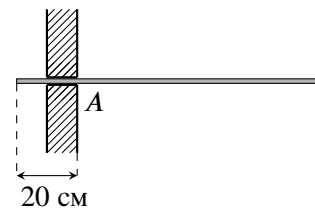


Рис. 8.1.

1. Чему равна масса стержня?
2. С какой силой стержень будет давить в точке А, если груз перевесить на левый конец стержня (с противоположной стороны стены)?

Отверстие считать гладким и имеющим высоту, чуть превышающую толщину стержня. Ускорение свободного падения принять равным 10 Н/кг.

**Ответ:** 1) 2,5 кг; 2) 80 Н.

**Решение:** 1. Пусть  $M$  — масса стержня, а  $m$  — масса груза. Рассмотрим первый случай, когда груз висит на правой конце стержня. Стержень взаимодействует со стеной в двух точках: в точке А, где на него действует сила  $N_1$ , направленная вверх, и в точке В, где на него действует сила  $N_2$ , направленная вниз. Изобразим остальные силы (рис. 8.2а)— силу тяжести  $Mg$ , приложенную в центр (точку С), и вес груза (в точке D). Запишем правило моментов относительно точки В:

$$N_1 \cdot AB = Mg \cdot BC + mg \cdot BD.$$

Подставляя  $AB = 10$  см,  $BC = 40$  см,  $BD = 90$  см и  $N_1 = 280$  Н, получаем

$$N_1 \cdot 10 \text{ см} = Mg \cdot 40 \text{ см} + mg \cdot 90 \text{ см} \Rightarrow M = \frac{N_1}{4g} - \frac{9m}{4} = \frac{280 \text{ Н}}{4 \cdot 10 \text{ Н/кг}} - \frac{9 \cdot 2 \text{ кг}}{4} = 2,5 \text{ кг}.$$

2. Во втором случае груз висит на левом конце стержня (точка Е), а силы взаимодействия со стенкой меняются на  $N'_1$  и  $N'_2$  соответственно (рис. 8.2б). Запишем снова правило моментов относительно точки В и найдём  $N'_1$ :

$$N'_1 \cdot AB + mg \cdot BE = Mg \cdot BC \Rightarrow N'_1 = \frac{Mg \cdot BC - mg \cdot BE}{AB} = \frac{25 \text{ Н} \cdot 40 \text{ см} - 20 \text{ Н} \cdot 10 \text{ см}}{10 \text{ см}} = 80 \text{ Н}.$$

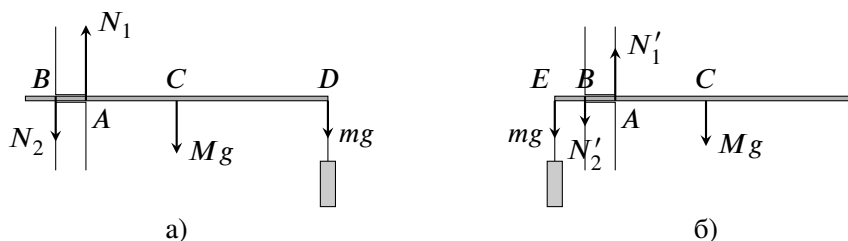


Рис. 8.2.

**Критерии:**

- 1) Корректно изображены силы, действующие на стержень в первом случае . . . . . 1 балл
- 2) Записано правило моментов в первом случае относительно точки В . . . . . 3 балла
- 3) Найдена масса стержня . . . . . 1 балл
- 4) Корректно изображены силы, действующие на стержень во втором случае . . . . . 1 балл
- 5) Записано правило моментов во втором случае относительно точки В . . . . . 3 балла
- 6) Найдена сила  $N'_1$  . . . . . 1 балл

*Указание проверяющим:* Если учащийся пишет правило моментов относительно какой-либо другой точки (не В), то для каждого случая (пункты 2 и 5) верно записанное правило моментов оценивается в 2 балла, а верно записанное условие равенства равнодействующей сил нулю (или второе правило моментов) — 1 баллом.

**Задача 8.4. Пара ареометров.**

В двух мерных сосудах находятся одинаковые объёмы различных жидкостей: воды и какой-то неизвестной жидкости X. Мальчик Паша решил измерить плотность второй жидкости с помощью ареометра. К сожалению, оказалось, что все ареометры, имевшиеся в школьной лаборатории, разного размера, и у всех них стёрта шкала. Паша не растерялся, взял два прибора, погрузил один из них в воду, второй в жидкость X (рис. 8.3а), а потом поменял их местами (рис. 8.3б). Используя рисунки, определите массы обоих ареометров и плотность жидкости X. Плотность воды равна  $1000 \text{ кг/м}^3$ . Для удобства первый и второй ареометры помечены на рисунках, соответственно, цифрами 1 и 2.

*Примечание:* Ареометр — прибор для измерения плотности жидкости.

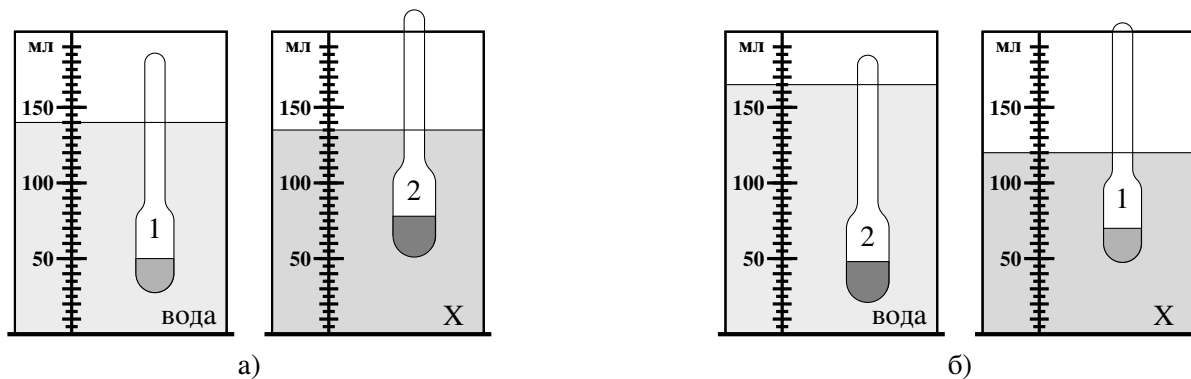


Рис. 8.3.

**Ответ:**  $m_1 = 50 \text{ г}$ ,  $m_2 = 75 \text{ г}$ ,  $\rho_X = 1,67 \text{ г/см}^3$ .

**Решение:** Пусть  $m_1$  — масса первого ареометра,  $m_2$  — масса второго, а  $V_0$  — начальный объём жидкостей. Из условия плавания следует, что объём погруженной в жидкость части ареометра равен отношению массы прибора к плотности жидкости. Отсюда, используя рисунки, получим, что

$$\begin{aligned} \text{(а)} \quad 140 \text{ см}^3 &= V_0 + \frac{m_1}{\rho_{\text{в}}}, \quad 135 \text{ см}^3 = V_0 + \frac{m_2}{\rho_X}, \\ \text{(б)} \quad 165 \text{ см}^3 &= V_0 + \frac{m_2}{\rho_{\text{в}}}, \quad 120 \text{ см}^3 = V_0 + \frac{m_1}{\rho_X}. \end{aligned} \tag{8.4.1}$$

Вычитаем друг из друга левые и правые уравнения:

$$25 \text{ см}^3 = \frac{m_2 - m_1}{\rho_{\text{в}}}, \quad 15 \text{ см}^3 = \frac{m_2 - m_1}{\rho_X}.$$

Отсюда находим, что  $m_2 - m_1 = \rho_{\text{в}} \cdot 25 \text{ см}^3 = 25 \text{ г}$  и

$$\frac{\rho_X}{\rho_{\text{в}}} = \frac{25 \text{ см}^3}{15 \text{ см}^3} \approx 1,67 \Rightarrow \rho_X = 1,67 \text{ г/см}^3.$$

Вычитаем теперь друг из друга левое верхнее и правое нижнее уравнения:

$$20 \text{ см}^3 = m_1 \left( \frac{1}{\rho_{\text{в}}} - \frac{1}{\rho_X} \right) \Rightarrow m_1 = \frac{20 \text{ см}^3}{\frac{1}{1 \text{ г/см}^3} - \frac{1}{1,67 \text{ г/см}^3}} = 50 \text{ г}.$$

Соответственно,  $m_2 = 75 \text{ г}$ .

**Критерии:**

- 1) Записаны соотношения (8.4.1) или их аналоги . . . по 1 баллу за каждое соотношение (максимум — 4 балла)
- 2) Найдены массы ареометров . . . . . 3 балла
- 3) Найдена плотность неизвестной жидкости . . . . . 3 балла

*Указание проверяющим:* Если верно найдена масса только одного прибора, за пункт 2 ставить 1 балл из трёх.