

**Возможные решения задач 8 класса
муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников по физике
в 2025-2026**

Задача 1.

Для обеспечения безопасности соревнований большую группу велосипедистов разделили на две. Старт второй группы дали через $\tau = 5$ минут после старта первой группы. Считая, что велосипедисты ехали с индивидуальными скоростями, лежащими в диапазоне от $v_1 = 30 \text{ км/ч}$ до $v_2 = 40 \text{ км/ч}$, оцените, какое расстояние S проедет лидер гонки к моменту, когда «группировки» велосипедистов исчезнут (расплывутся).

Решение

«Группировки» исчезнут, когда самый быстрый велосипедист из второй группы догонит самого медленного велосипедиста из первой. К моменту старта второй группы самый медленный велосипедист из первой группы проедет расстояние $S_m = v_1\tau$. Тогда, чтобы его догнать, «быстрому» велосипедисту из второй группы потребуется время:

$$\Delta t = \frac{S_m}{v_2 - v_1} = \frac{v_1\tau}{v_2 - v_1}.$$

Лидер гонки к этому моменту пройдет расстояние не более:

$$S = v_2(\tau + \Delta t) = \frac{v_2^2}{v_2 - v_1}\tau.$$

$$S = \frac{v_2^2}{v_2 - v_1}\tau = \frac{40^2}{40 - 30} \frac{5}{60} \approx 13,3 \text{ км}$$

Ответ: $S \approx 13,3 \text{ км}$.

Критерии оценивания задачи 1

1.	Выдвинута гипотеза, что группировки расплываются, когда самый быстрый велосипедист из второй группы догонит самого медленного велосипедиста из первой.	2 балл
2.	Правильно определено расстояние, которое проедет самый медленный велосипедист из первой группы до старта второй.	1 балл
3.	Правильно получено выражение для определения времени, которое потребуется самому быстрому велосипедисту из второй группы, чтобы догнать самого «медленного» из первой группы.	3 балла
4.	Правильно получено выражение для определения пути S .	3 балла

5.	Правильно получено численное значение S .	1 балла
	Итого	10 баллов

Задача 2

В банке, доверху наполненной водой и закрытой крышкой, плавает деревянный шарик. Банка движется вверх с ускорением a . Найти отношение силы давления шарика на крышку F_1 при ускоренном движении к силе давления шарика на крышку F_2 , когда банка покоилась.

Решение

Силу давления шарика на крышку F_1 в случае ускоренного движения банки найдем, записав второй закон Ньютона для шарика, движущегося с ускорением a в проекции на вертикальную ось:

$$ma = F_{A1} - mg - F_1,$$

где m – масса шарика; F_{A1} – сила Архимеда, действующая на шарик; F_1 – сила, действующая на шарик со стороны крышки, равная по модулю, по третьему закону Ньютона, силе давления шарика на крышку. Отсюда:

$$F_1 = F_{A1} - m(g + a) = F_{A1} - \rho V(g + a), \quad (1)$$

где ρ – плотность дерева; V – объем шарика.

По определению, сила Архимеда равна по модулю весу вытесненной жидкости. Найдем вес шарика воды объемом V . Масса шарика воды равна $m_e = \rho_e V$. Тогда из второго закона Ньютона в проекции на вертикальную ось:

$$\rho_e V a = F_{A1} - \rho_e V g, \text{ откуда}$$

$$F_{A1} = \rho_e V(g + a). \quad (2)$$

Подставив (2) в (1), имеем:

$$F_1 = (\rho_e - \rho)V(g + a). \quad (3)$$

Сила давления шарика на крышку F_2 в случае, когда банка покоилась ($a = 0$), равна разности силы Архимеда $F_{A2} = \rho_e V g$ и силы тяжести $mg = \rho V g$.

Тогда

$$F_2 = (\rho_e - \rho)Vg. \quad (4)$$

Отношение силы давления шарика на крышку F_1 при ускоренном движении к силе давления шарика на крышку F_2 , когда банка покоилась:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{(\rho_e - \rho)V(g + a)}{(\rho_e - \rho)Vg} = 1 + \frac{a}{g}. \quad (5)$$

Ответ:

$$\frac{F_1}{F_2} = 1 + \frac{a}{g}.$$

Критерии оценивания задачи 2

1.	Правильно записан второй закон Ньютона для шарика, движущегося с ускорением a .	1 балл
2.	Правильно получена выражение (1).	2 балл
3.	Правильно получено выражение для силы Архимеда при ускоренном движении (2).	2 балла
4.	Правильно получено выражение для силы, действующей на крышку при ускоренном движении (3).	2 балл
5.	Правильно получено выражение для силы давления шарика на крышку F_2 в случае, когда банка покоялась (4).	2 балла
6.	Правильно получено отношение F_1/F_2 (5).	1 балл
	Итого	10 баллов

Задача 3

На уроках физики, с целью изучения темы «Уравнение теплового баланса», учитель провёл демонстрационный эксперимент. Суть эксперимента заключалась в следующем: необходимо определить температуру, которая установится в калориметре, если в него опустить лёд массой $m_{\text{л}} = 450 \text{ г}$ при температуре $t_1 = -10^{\circ}\text{C}$, и конденсировать пар массой $m_{\text{п}} = 85 \text{ г}$, имеющий температуру $t_{\text{п}} = 100^{\circ}\text{C}$. Проведите расчёты согласно условиям данного эксперимента и получите результат.

Удельная теплота плавления льда $\lambda = 330 \text{ кДж/кг}$, удельная теплоемкость льда $c_{\text{л}} = 2100 \text{ кДж/(кг} \cdot {^{\circ}\text{C}})$ и воды $c_{\text{в}} = 4200 \text{ кДж/(кг} \cdot {^{\circ}\text{C}})$ удельная теплота парообразования воды $L = 2300 \text{ кДж/кг}$. Теплоемкостью калориметра пренебречь.

Решение

Определим хватит ли энергии, выделившейся при конденсации пара и охлаждения конденсата до температуры плавления льда $t_0 = 0^{\circ}\text{C}$, чтобы нагреть лед до температуры плавления растопить его.

Энергия необходимая для нагревания льда от температуры t_1 до температуры плавления:

$$Q_1 = c_{\text{л}} m_{\text{л}} (t_0 - t_1) = 2100 \cdot 450 \cdot 10^{-3} (0 - (-10)) = 9,45 \text{ кДж}$$

Энергия необходимая для таяния льда при температуре плавления:

$$Q_2 = \lambda m_{\text{л}} = 330 \cdot 10^3 \cdot 450 \cdot 10^{-3} = 148,5 \text{ кДж}$$

Энергия необходимая для того, чтобы нагреть лед до температуры плавления растопить его:

$$Q_1 + Q_2 = 9,45 + 148,5 = 157,95 \text{ кДж}. \quad (1)$$

При конденсации пара выделяется энергия равная

$$Q_3 = Lm_{\text{n}} = 2,3 \cdot 10^6 \cdot 85 \cdot 10^{-3} = 195,5 \cdot 10^3 = 195,5 \text{ кДж}. \quad (2)$$

Так как $Q_3 > Q_1 + Q_2$, то энергии, выделившейся при конденсации пара уже достаточно для того, чтобы нагреть лед до температуры плавления растопить его. Следовательно равновесная температура в калориметре t будет больше t_0 .

Для нахождения равновесной температуры в калориметре составим уравнение теплового баланса:

$$Q_1 + Q_2 + Q_5 = Q_3 + Q_4,$$

где $Q_4 = c_{\text{в}} m_{\text{в}} (t_{\text{в}} - t)$ – количество тепла, выделившееся при охлаждении конденсата до равновесной температуры; $Q_5 = c_{\text{л}} m_{\text{л}} (t - t_0)$ – количество тепла, которое пошло на нагревание растаявшего льда до равновесной температуры. Подставив соответствующие выражения, получим:

$$c_{\text{л}} m_{\text{л}} (t_0 - t_1) + \lambda m_{\text{л}} + c_{\text{в}} m_{\text{в}} (t - t_0) = Lm_{\text{n}} + c_{\text{в}} m_{\text{в}} (t_{\text{в}} - t). \quad (3)$$

Откуда:

$$t = \frac{m_{\text{n}}(L + c_{\text{в}} t_{\text{в}}) + m_{\text{л}}(c_{\text{л}} t_1 - \lambda)}{c_{\text{в}}(m_{\text{л}} + m_{\text{n}})}. \quad (4)$$

Подставив данные задачи, получим:

$$t = \frac{85 \cdot 10^{-3} (2,3 \cdot 10^6 + 4200 \cdot 100) + 0,45 (2100 \cdot (-10) - 330 \cdot 10^3)}{4200 (0,45 + 0,085)} \approx 32,6 {}^\circ C.$$

Ответ:

$$t = 32,6 {}^\circ C.$$

Критерии оценивания задачи 3

1.	Правильно определена энергия необходимая для того, чтобы нагреть лед до температуры плавления расплавить его (1).	1 балл
2.	Правильно получена энергия, которая выделяется при конденсации пара (2).	1 балл
3.	Получен вывод, что равновесная температура больше $0^{\circ}C$.	1 балла
4.	Правильно записано уравнение теплового баланса (3).	3 балл
5.	Правильно получено выражение для нахождения равновесной температуры t (4).	3 балла
6.	Правильно получено численное значение t .	1 балл
	Итого	10 баллов

Задача 4.

На рисунке 1 стакан с водой взвесили на весах. На рисунке 2 в него положили деталь в виде параллелепипеда с цилиндрическим отверстием. На рисунке 3 деталь погрузили под воду при помощи тонкой спицы. Показания весов в граммах.

Определите плотность ρ этой детали, если плотность воды $\rho_w = (0,99823 \pm 0,00005) \text{ г / см}^3$. Оцените погрешность полученного результата.

Считать приборную погрешность равной значению единицы последнего разряда показания прибора.

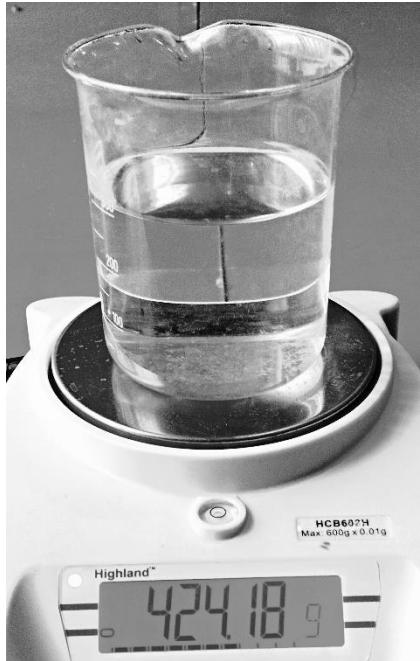


Рис. 1.

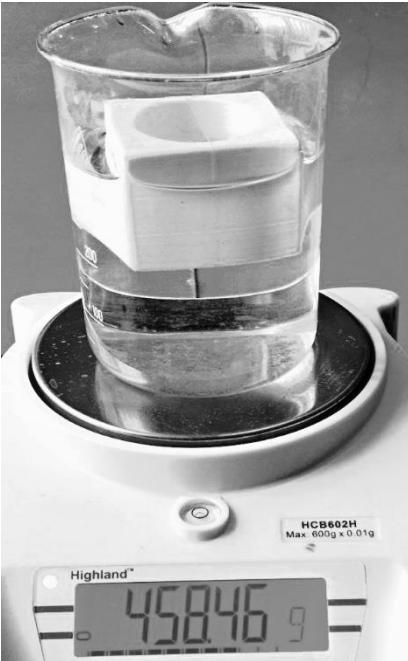


Рис. 2.

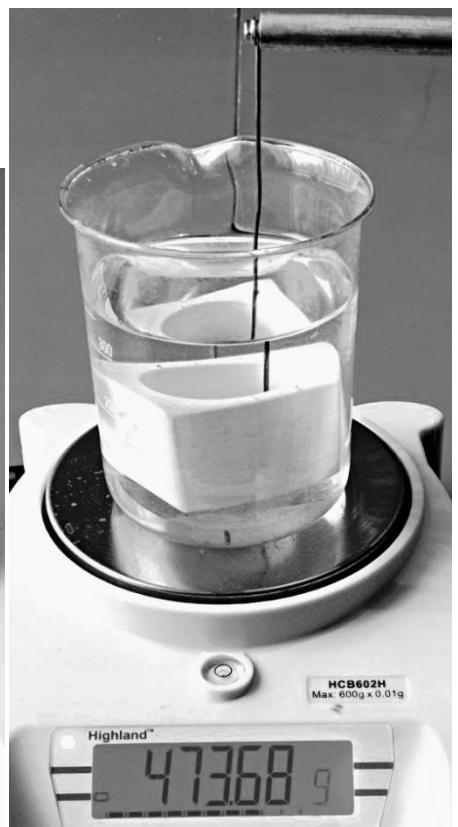


Рис. 3.

Решение задачи 4

Обозначим результаты взвешивания на первом рисунке через m_0 , на втором через m_1 , а на третьем через m_2 . Тогда результаты взвешивания запишутся как:

$$m_0 = (424,180 \pm 0,010) \text{ г};$$

$$m_1 = (458,460 \pm 0,010) \text{ г};$$

$$m_2 = (473,680 \pm 0,010) \text{ г}.$$

Вес стакана с водой и с плавающей деталью m_1 г отличается от веса стакана с водой m_0 г на величину веса детали $mg = \rho Vg$, где ρ – плотность детали; V – объем детали. То есть

$$(m_1 - m_0)g = \rho Vg. \quad (1)$$

Вес стакана с водой и погруженной в воду деталью m_2 г отличается от веса стакана с водой m_0 г на величину силы Архимеда, действующую на погруженную полностью в воду деталь $F_A = \rho_e Vg$, где ρ_e – плотность воды; V – объем детали. То есть

$$(m_2 - m_0)g = \rho_e Vg \quad (2)$$

Поделив (2) на (1), получим:

$$\frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} = \frac{\rho_e}{\rho}, \text{ откуда:}$$

$$\rho = \frac{(m_1 - m_0)}{(m_2 - m_0)} \rho_{\text{в}}. \quad (3)$$

Формула для подсчета погрешности измерения плотности тела, в этом случае определится по формуле относительных погрешностей:

$$\Delta\rho = \rho \left(\frac{\Delta m_1 + \Delta m_0}{m_1 - m_0} + \frac{\Delta m_2 + \Delta m_0}{m_2 - m_0} + \frac{\Delta\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}}} \right).$$

При $\Delta m_0 = \Delta m_1 = \Delta m_2 = \Delta m$:

$$\Delta\rho = \rho \left(\frac{2\Delta m}{m_1 - m_0} + \frac{2\Delta m}{m_2 - m_0} + \frac{\Delta\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}}} \right), \quad (4)$$

где Δm – приборная погрешность весов; $\Delta\rho_{\text{в}}$ – погрешность определения плотности воды.

Найдем плотность детали по формуле (3):

$$\rho = \frac{458,46 - 424,18}{473,68 - 424,18} 0,99823 \approx 0,6913 \text{ г / см}^3$$

Погрешность плотности детали:

$$\Delta\rho = 0,6913 \left(\frac{2 \cdot 0,010}{458,46 - 424,18} + \frac{2 \cdot 0,010}{473,68 - 424,18} + \frac{0,00005}{0,99823} \right) \approx 0,0007 \text{ г / см}^3$$

Последнее слагаемое в скобках значительно меньше первых двух и им можно пренебречь. В этом случае формула (4) упрощается для расчетов:

$$\Delta\rho = 2\rho \left(\frac{1}{m_1 - m_0} + \frac{1}{m_2 - m_0} \right) \Delta m.$$

Окончательно, результат измерения плотности детали:

$$\rho = (0,6913 \pm 0,0007) \text{ г}.$$

Критерии оценивания задачи 4

1.	Правильно измерены массы сосудов и правильно определены погрешности измерений	1 балл
2.	Правильно получено уравнение (1).	2 балл
3.	Правильно получено уравнение (2).	2 балла
4.	Правильно получено уравнение (3).	2 балл
5.	Правильно получено уравнение (4).	2 балла
6.	Правильно получены численные значения плотности детали и ее погрешность.	1 балл
	Итого	10 баллов