

**9-1. Подъём воды.** В цилиндрический сосуд, площадь дна которого  $S = 100 \text{ см}^2$ , налита жидкость плотностью  $\rho_0$ . На какую высоту  $\Delta h$  поднимется уровень жидкости в сосуде, если в него опустить тело объёмом  $V = 50 \text{ см}^3$ , изготовленное из материала, плотность которого  $\rho = 0,8\rho_0$ ? Тело не касается стенок и дна.

**Возможное решение**

Поскольку  $\rho = 0,8\rho_0 < \rho_0$ , тело плавает. Значит, сила Архимеда равна силе тяжести:

$$F_A = mg = \rho Vg = 0,8\rho_0 Vg$$

С другой стороны, сила Архимеда равна весу вытесненной воды:

$$F_A = \rho_0 V_{\text{выт}} g$$

Уровень жидкости поднимается за счёт вытесненного объёма, значит для уровня

подъёма:  $\Delta h = \frac{V_{\text{выт}}}{S} = \frac{0,8V}{S} = 0,4 \text{ см}.$

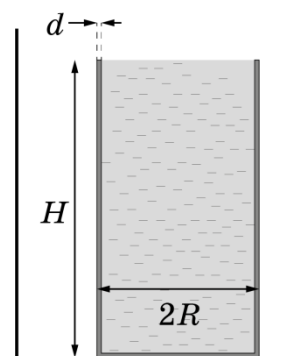
**Критерии оценивания**

- |   |        |
|---|--------|
| 1) Сделан обоснованный вывод о плавании тела                | 2 балл |
| 2) Найден объём вытесненной воды (численно или «формульно») | 3 балл |
| 3) Сделан обоснованный вывод о причине подъёма уровня воды  | 2 балл |
| 4) Получено правильное выражение для $\Delta h$             | 2 балл |
| 5) Получено правильное численное значение $\Delta h$        | 1 балл |

**Примечания:**

- 1) Правильное решение неавторским способом оценивается полным баллом.
- 2) Если в решении отсутствует отдельно какой-то из промежуточных критериев, но его выполнение подразумевается в дальнейшем ходе рассуждений, то этот пункт засчитывается в полном объёме.

**9-2. Ледяной стакан.** В калориметр помещён цилиндрический стакан, изготовленный из льда и находящийся при температуре  $t = 0^\circ\text{C}$ . В этот стакан наливают до краёв воду (см. рис.). При какой минимальной начальной температуре воды  $t_0$  ледяной стакан полностью растает?



Размеры стакана:  $R = 90$  мм,  $H = 330$  мм,  $d = 4,2$  мм (толщина стенок и дна).

Плотность воды  $\rho_B = 1,0$  г/см<sup>3</sup>, плотность льда  $\rho_L = 0,9$  г/см<sup>3</sup>.

Удельная теплота плавления льда  $\lambda_L = 330$  кДж/кг.

Удельная теплоёмкость воды  $C_B = 4200$  Дж/(кг  $^\circ\text{C}$ ).

**Возможное решение:**

Найдём объём льда как сумму объёмов дна и стенок стакана. Учтём, что  $d \ll H$  и  $R$ .

$$V_L = d(\pi R^2 + 2\pi RH).$$

Умножим полученное выражение на  $\rho_L$ , и получим массу льда:

$$m_L = d(\pi R^2 + 2\pi RH)\rho_L$$

Объём воды найдём как объём цилиндра; так же учтём, что  $d \ll H$  и  $R$ .

$$V_B = \pi R^2 H$$

Умножим полученное выражение на  $\rho_B$ , и получим массу воды:

$$m_B = \pi R^2 H \rho_B$$

Теплоты, выделяющейся при охлаждении воды, должно хватить на расплавление всего льда. Минимальная начальная температура означает, что конечная температура воды  $0^\circ\text{C}$ .

Составим уравнение теплового баланса для плавления льда и охлаждения воды до  $0^\circ\text{C}$ :

$$m_L \lambda_L = C_B m_B (t_0 - 0^\circ) \quad [1]$$

$$d(\pi R^2 + 2\pi RH)\rho_L \lambda_L = C_B \rho_B \pi R^2 H (t_0 - 0).$$

Выразим  $t_0$ :

$$t_0 = \frac{\rho_L \lambda_L (R + 2H)d}{\rho_B C_B R H} = 7,5^\circ\text{C}.$$

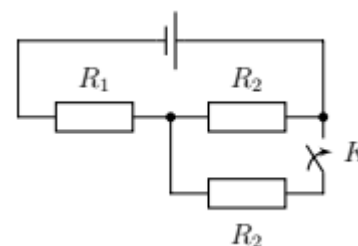
**Критерии оценивания:**

1)	Правильно найден начальный объём льда	2 балла
2)	Правильно найден начальный объём воды	1 балл
3)	Записана связь между массой и объёмом $m = \rho V$	1 балл
4)	Явно обосновано условие минимальности начальной температуры	1 балл
5)	Правильно записано уравнение теплового баланса [1]	2 балла
6)	Получено правильное выражение для $t_0$	2 балла
7)	Получен правильный численный ответ	1 балл

**Примечания:**

- 1) Правильное решение неавторским способом не является поводом для снижения оценки.
- 2) Если в решении отсутствует отдельно какой-то из промежуточных критериев, но его выполнение подразумевается в дальнейшем ходе рассуждений, то этот пункт засчитывается в полном объёме. Исключением является пункт 3: условие минимальности начальной температуры должно быть прописано!
- 3) Правильный расчёт объёмов льда и воды без использования приближения  $d \ll H$  и  $R$  не является поводом для снижения оценки.

**9-3. Мощность на резисторе.** При замыкании ключа  $K$  в цепи, схема которой приведена на рисунке, мощность, выделяющаяся на резисторе  $R_1$ , увеличивается в 2 раза. Чему равно отношение  $R_2/R_1$ ? Батарейку считать идеальной.



**Возможное решение**

Мощность, выделяющаяся на  $R_1$ , равна  $P_1 = I_1^2 R_1$ . Сила тока  $I_1$  через  $R_1$  равна силе общего тока. Сила общего тока  $I_1 = \frac{U_0}{R_0}$ . Напряжение  $U_0$  идеальной батарейки постоянно. Полное сопротивление цепи  $R_0$ .

До замыкания  $R_{01} = R_1 + R_2$

После замыкания  $R_{02} = R_1 + R_2/2$

Так как после замыкания  $P_1$  возросла в 2 раза, то  $I_1$  увеличилась в  $\sqrt{2}$ , что произошло благодаря уменьшению  $R_0$  в  $\sqrt{2}$ .

А значит,  $R_1 + R_2 = \sqrt{2} (R_1 + R_2/2)$ .

Поделим всё на  $R_1$ : 
$$1 + \frac{R_2}{R_1} = (1 + \frac{1}{2} \frac{R_2}{R_1}) \sqrt{2} \rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \sqrt{2}$$

**Критерии оценивания**

- |  |         |
|--|---------|
| 1) Правильная связь мощности с силой тока $P_1 = I_1^2 R_1$  | 1 балл  |
| 2) Указано, что ток $I_1$ через $R_1$ - это общий ток в цепи | 1 балл  |
| 3) Записано правильное выражение для $I_1 = \frac{U_0}{R_0}$ | 1 балл  |
| 4) Записано правильное выражение для $R_{01}$                | 1 балл  |
| 5) Записано правильное выражение для $R_{02}$                | 2 балла |
| 6) Указана правильная связь $R_{01} = \sqrt{2} R_{02}$       | 2 балла |
| 7) Получено правильное отношение $R_2/R_1$                   | 2 балла |

**Примечания:**

- Правильное решение неавторским способом оценивается полным баллом.
- Если в решении отсутствует отдельно какой-то из промежуточных критериев, но его выполнение подразумевается в дальнейшем ходе рассуждений, то этот пункт засчитывается в полном объёме.

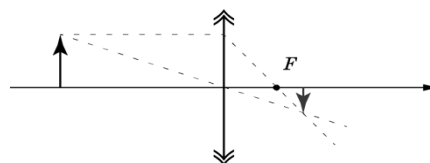
3) Численный ответ может быть не доведён до  $\sqrt{2}$ , например,  $\frac{R_2}{R_1} = \frac{\sqrt{2}-1}{1-\sqrt{2}/2}$ .

За этот ответ должен ставиться полный балл.

**9-4. Линзы.** Тонкие линзы могут создавать изображения. Покажите на рисунке систему, состоящую из одной тонкой линзы и стрелки, перпендикулярной главной оптической оси линзы, в которой изображение предмета отличается от него ровно в два раза. Покажите на рисунке, как получается изображение. Рассмотрите все возможные случаи. Дайте в каждом случае характеристику изображения (перевёрнутое или прямое, действительное или мнимое, увеличенное или уменьшенное).

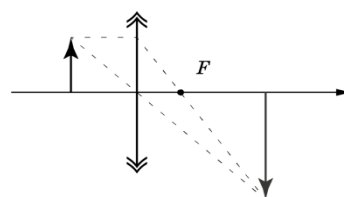
**Возможное решение.**

1. Сделан верный рисунок для собирающей линзы с действительным, уменьшенным, перевёрнутым изображением (1 балл).



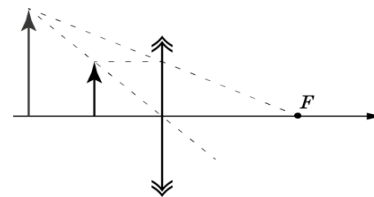
2. Указаны верно хотя бы две характеристики изображения (1 балл).

3. Сделан верный рисунок для собирающей линзы с действительным, увеличенным, перевёрнутым изображением (1 балл).



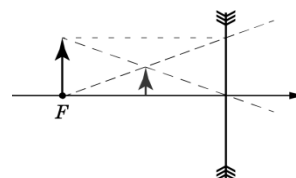
4. Указаны верно хотя бы две характеристики изображения (1 балл).

5. Сделан верный рисунок для собирающей линзы с мнимым, увеличенным, прямым изображением (2 балла).



6. Указаны верно хотя бы две характеристики изображения (1 балл).

7. Сделан верный рисунок для рассеивающей линзы с мнимым, уменьшенным, прямым изображением (2 балла).



8. Указаны верно хотя бы две характеристики изображения (1 балл).

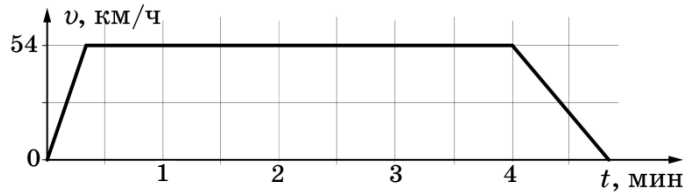
**Критерии оценивания.**

За каждый правильный случай ставится 2,5 балла:

- |   |             |
|---|-------------|
| 1) Правильный рисунок                           | 1 балл      |
| 2) Правильно указаны характеристики изображения | 3×0,5 балла |

### 9-5. В метро.

Поезда метро движутся между соседними станциями следующим образом: сначала разгоняются в течение времени  $t_1 = 20$  с, затем движутся с постоянной скоростью  $v_0 = 54$  км/ч, затем тормозят. Время от начала движения до начала торможения  $t_2 = 4$  мин. График зависимости скорости поезда  $v$  от времени  $t$  изображён на рисунке. Интервал движения между поездами  $\Delta t = 2$  мин. Длина состава  $L = 160$  м.

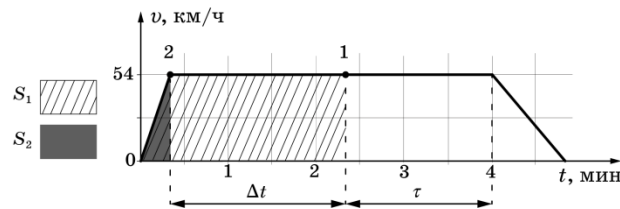


Рассмотрите движение двух следующих друг за другом поездов, и ответьте на вопрос:

- 1) Через какое время после начала движения **второго** поезда дистанция  $D$  между ними станет максимальной?
- 2) В течение какого промежутка времени эта дистанция будет сохраняться?
- 3) Чему равна максимальная дистанция  $D_{\max}$  между поездами?
- 4) С каким ускорением  $a$  движутся поезда при разгоне?

Дистанция – расстояние между «хвостом» впереди идущего и «головой» следующего за ним поезда.

### Решение и критерии оценивания.



- 1) Дистанция между поездами увеличивается, пока  $v_1 > v_2$ . 1 балл
- 2)  $\Delta t < (t_2 - t_1)$ , поэтому  $D = D_{\max}$  при  $v_1 = v_2 = v_0$ . 1 балл
- 3)  $D = D_{\max}$  при  $t = t_1 = 20$  с. 1 балл
- 4) Поезда будут находиться на максимальной дистанции, пока первый поезд не начнет тормозить. 1 балл
- 5)  $D = D_{\max}$  в течение времени  $\tau = (t_2 - t_1) - \Delta t = 1$  мин 40 с. 1 балл
- 6) Путь, который проходит поезд пропорциональна площади под графиком  $v(t)$ . 1 балл
- 7) Разность пройденных путей при максимальной дистанции  $\Delta S = S_1 - S_2 = v_0 \cdot \Delta t = 1800$  м. 2 балла
- 8) Максимальная дистанция между поездами  $D_{\max} = \Delta S - L = 1640$  м. 1 балл
- 9) Ускорение поездов при разгоне  $a = v_0/t_1 = 0,75$  м/с<sup>2</sup>. 1 балл