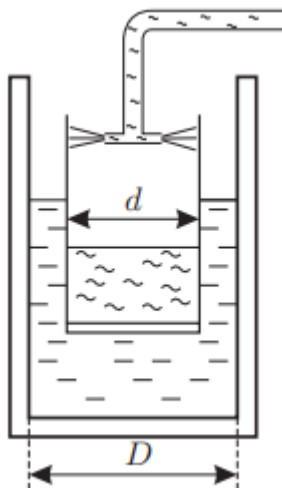


## 9 класс

9.1. (10 баллов)

### Скорость погружения стакана

В цилиндрическом сосуде, внутренний диаметр которого  $D = 10$  см, плавает в вертикальном положении узкий длинный тонкостенный цилиндрический стакан диаметром  $d = 8$  см. В стакан через распылитель наливают воду. Её массовый расход  $\mu = 14$  г/с. Какова скорость  $V$  стакана относительно дна цилиндра? Плотность воды  $1000$  кг/м<sup>3</sup>.



**Ответ:**  $\vartheta = 1$  мм/с.

**Решение:**

Объем воды, ежесекундно поступающий в стакан,

$$V_1 = \frac{\mu}{\rho} = 14 \text{ см}^3/\text{с}.$$

Скорость погружения стакана в воду (относительно её поверхности)

$$\vartheta_1 = \frac{4V_1}{\pi d^2}.$$

Скорость подъема уровня воды в цилиндре (относительно дна цилиндра)

$$\vartheta_2 = \frac{4V_1}{\pi D^2}.$$

Относительно дна сосуда стакан будет погружаться со скоростью

$$\vartheta = \vartheta_1 - \vartheta_2 = \frac{4V_1(D^2 - d^2)}{\pi d^2 D^2} = 1 \text{ мм/с}$$

*Критерии оценивания:*

Найден расход воды  $V_1$  – 1 балл.

Найдена скорость погружения стакана в воду – 3 балла.

Найдена скорость подъёма уровня воды в сосуде – 3 балла.

Получена относительная скорость – 2 балла.

Получен числовой ответ – 1 балл.

9.2. (10 баллов)

### Фазовые переходы

В сосуд положили кусок льда с массой  $m_{\text{л}} = 10$  кг, имеющий температуру  $t_{\text{л}} = -10^{\circ}\text{C}$ . Найдите массу  $m$  воды в сосуде после того, как его содержимому сообщили количество теплоты  $Q = 20$  МДж. Удельные теплоёмкости воды и льда  $c_{\text{в}} = 4,2$  кДж/(кг·К) и  $c_{\text{л}} = 2,1$  кДж/(кг·К). Удельная теплота плавления льда  $\lambda = 0,33$  МДж/кг, удельная теплота парообразования воды  $L = 2,3$  МДж/кг.

**Ответ:**  $m = 4,66$  кг.

**Решение:**

Следует оценить, какие процессы произойдут в сосуде после сообщения льду теплоты.

1. На нагревание льда будет затрачено:  $Q_1 = c_{\text{л}}m_{\text{л}}(0^{\circ}\text{C} - t_{\text{л}}) = c_{\text{л}}m_{\text{л}}t_{\text{л}} = 0,21$  МДж

2. На плавление льда:  $Q_2 = \lambda m_{\text{л}} = 3,3$  МДж

3. На нагревание воды до кипения:  $Q_3 = m_{\text{л}} c_{\text{в}}\Delta t = 4,2$  МДж

Останется  $Q_4 = 20 - (4,2 + 3,3 + 0,21) = 12,29$  МДж

4. Чтобы испарить всю воду надо:  $Q_5 = m_{\text{л}} L = 23$  МДж

Испарится только часть воды, так как  $Q_5 > Q_4$

Обозначим массу этой части  $\Delta m$ :  $\Delta m = Q_4 / L = 5,34$  кг

Тогда останется  $M = m_{\text{л}} - \Delta m = 10 - 5,34 = 4,66$  (кг).

*Критерии оценивания:*

Найдено количество теплоты, затраченное на нагревание льда – 2 балл.

Найдено количество теплоты, затраченное на плавления льда – 1 балл.

Найдено количество теплоты, затраченное на нагревания воды – 2 балл.

Найдено количество теплоты необходимое для испарения всей воды – 1 балл.

Сделан вывод о недостатке количества теплоты для испарения всей воды – 1 балл.

Найдена масса испарившейся воды – 2 балл.

Найдена масса оставшейся воды – 1 балл.

9.3. (10 баллов)

### Сплав двух металлов

Слиток из сплава золота и серебра в воздухе растягивает пружину динамометра с силой  $P = 14,7$  Н, а в воде – с силой на  $\Delta P = 1,274$  Н меньше. Найдите массы золота  $m_1$  и серебра  $m_2$  в слитке, считая, что при сплавлении

их первоначальный объем не изменился. Плотности золота и серебра  $\rho_1 = 19,3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$  и  $\rho_2 = 10,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ , плотность воды  $\rho = 1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ . Ускорение свободного падения  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ .

**Ответ:**  $m_1 = 0,296 \text{ кг}$ ,  $m_2 = 1,204 \text{ кг}$ .

**Решение:**

Найдем полную массу слитка:  $m_1 + m_2 = \frac{P}{g}$

Тогда  $m_1 = \frac{P}{g} - m_2$       $V_1 = \frac{m_1}{\rho_1}$       $V_2 = \frac{m_2}{\rho_2}$

$$V = \frac{(m_1\rho_2 + m_2\rho_1)}{\rho_1\rho_2}$$

$$\Delta P = F_A = \rho g V; \quad \Delta P = \frac{\rho g(m_1\rho_2 + m_2\rho_1)}{\rho_1\rho_2}$$

$$\Delta P = \rho g \frac{\rho_2 \left( \frac{P}{g} - m_2 \right) + m_2\rho_1}{\rho_1\rho_2}$$

$$m_2(\rho_1 - \rho_2) = \frac{\Delta P \rho_1 \rho_2}{\rho g} - \frac{\rho_2 P}{g}$$

$$m_2 = \frac{\frac{\Delta P \rho_1 \rho_2}{\rho g} - \frac{\rho_2 P}{g}}{(\rho_1 - \rho_2)} = 1,204 \text{ кг} \quad m_1 = 1,5 - 1,204 = 0,296 \text{ кг}$$

*Критерии оценивания:*

Формула для полной массы слитка – 1 балл.

Формула для объема слитка – 2 балла.

Формула для  $\Delta P$ , через плотности веществ – 2 балла.

Формула для  $m_1$  – 2 балла.

Формула для  $m_2$  – 2 балла.

Вычислены значения масс – 1 балл.

9.4. (10 баллов)

**Зависимость сопротивлений(псевдоэксперимент)**

Обмотка реостата имеет сопротивление  $R_0$ . Для каждой из трёх схем включения реостата (рис. а, б, в) постройте график зависимости сопротивления цепи  $R$  от сопротивления  $r$  правой части реостата.

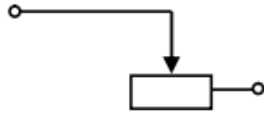


Рис. а

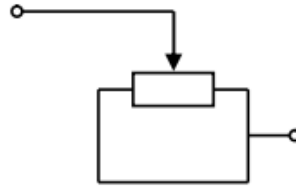


Рис. б

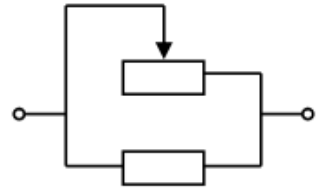
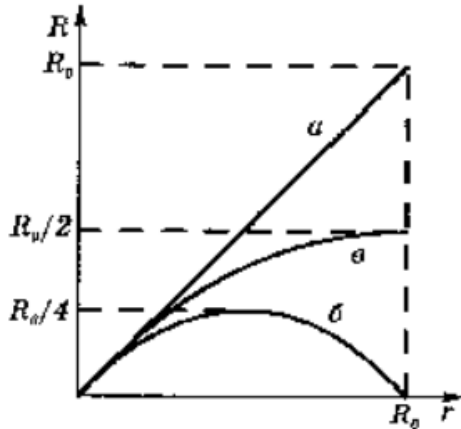


Рис. в

**Ответ:**



**Решение:**

Для схемы, на рис. а, очевидно,  $R = r$ .

В схеме, на рис. б части реостата с сопротивлениями  $r$  и  $(R_0 - r)$  соединены параллельно

$$R = \frac{r(R_0 - r)}{r + (R_0 - r)} = \frac{r(R_0 - r)}{R_0}$$

В схеме, на рис. в соединены параллельно проводники с сопротивлениями  $r$  и  $R_0$ :

$$R = \frac{rR_0}{r + R_0}$$

Графики этих зависимостей приведены на рисунке. В начале координат все три графика касаются друг друга.

*Критерии оценивания:*

Получена формула для сопротивления на рисунке а – 1 балл.

Получена формула для сопротивления на рисунке б – 2 балл.

Получена формула для сопротивления на рисунке в – 2 балл.

Построен график для схемы а – 1 балл.

Построен график для схемы б – 2 балла.

Построен график для схемы в – 2 балла.

### 9.5. (10 баллов)

#### Полное растворение

Сплошной шарик из алюминия диаметром  $d = 1$  см бросили в 50 %-ный раствор азотной кислоты. В данных условиях с одного квадратного сантиметра поверхности растворяется  $10^{-4}$  г алюминия в час. Через какое время шарик полностью растворится в кислоте? Плотность алюминия  $\rho = 2,7$  г/см<sup>3</sup>.

**Ответ:**  $T = 562,5$  суток  $\sim 18,5$  месяцев.

**Решение:** Рассмотрим процесс коррозии. Пусть в некоторый момент времени шарик имел радиус  $R$  и площадь поверхности  $S$ , и пусть за маленький промежуток времени  $\Delta t$  радиус шарика вследствие коррозии уменьшился на величину  $\Delta R$ . Тогда объём растворённого за это время алюминия будет равен  $\Delta V = S\Delta R$ , его масса составляет  $\Delta m = \rho S\Delta R$ .

С другой стороны, масса растворённого за время  $\Delta t$  алюминия равна  $\Delta m = GS\Delta t$ , где  $G = 10^{-4}$  г/(см<sup>2</sup> · ч) – количество граммов металла, растворяющегося за один час с одного квадратного сантиметра поверхности.

Приравняем полученные выражения:  $\rho S\Delta R = GS\Delta t$ . Отсюда скорость уменьшения радиуса шарика:

$$\frac{\Delta R}{\Delta t} = \frac{G}{\rho}$$

Мы видим, что радиус шарика уменьшается с постоянной скоростью. Теперь можно получить ответ задачи. Ясно, что шарик растворится полностью тогда, когда изменение его радиуса  $\Delta R$  станет равно половине его начального диаметра. Тогда из последней формулы получаем:

$$T = \frac{\rho d}{2G} = 562,5 \text{ суток} \sim 18,5 \text{ месяцев.}$$

*Критерии оценивания:*

Получена формула для  $\Delta V = S\Delta R$  – 2 балла.

Получена формула для  $\Delta m = \rho S\Delta R$  – 2 балла.

Получена формула для  $\Delta m = GS\Delta t$  – 2 балла.

Сформулировано условие полного растворения шарика – 1 балл.

Найдено время полного растворения – 3 балла.