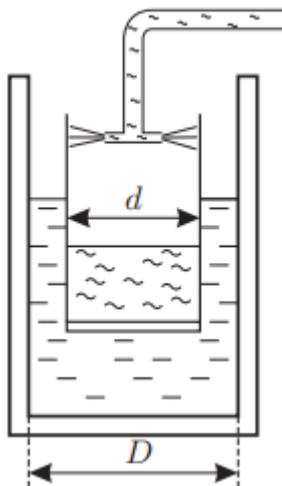


9 класс

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/м³.



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 Δm : $\Delta m = Q_4 / L = 5,34$ 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 ΔP , 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.

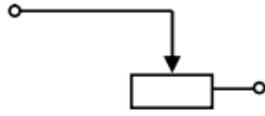


Рис. а

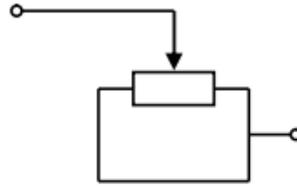


Рис. б

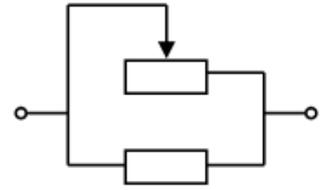
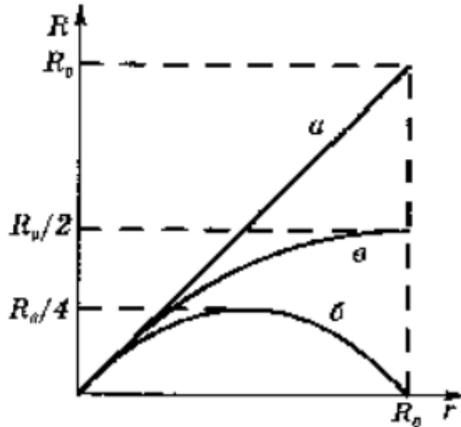


Рис. в

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 балла.

Получена формула для сопротивления на рисунке в – 2 балла.

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/см³.

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 Δt радиус шарика вследствие коррозии уменьшился на величину ΔR . 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 Δt алюминия равна $\Delta m = GS\Delta t$, где $G = 10^{-4}$ г/(см² · 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 ΔR 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.