

ЗАДАНИЯ

для проведения II муниципального (районного) этапа

Всероссийской олимпиады школьников по физике 2012-2013

9 класс

1. Из шланга, сечением S , под углом α к горизонту бьет струя воды со скоростью v_0 . Какое количество воды одновременно находится в воздухе?
2. В стакане с водой плавает деревянная шайба с цилиндрическим сквозным отверстием. Ось шайбы и отверстия параллельны. Площадь дна стакана S , площадь сечения отверстия S_1 . Отверстие осторожно заполняют доверху маслом. На какую высоту поднимется шайба если в начале ее выступающая из воды часть имела высоту h .
3. В тот момент, когда опоздавший пассажир вбежал на платформу перрона, мимо него за время t_1 прошел предпоследний вагон. Последний вагон прошел мимо пассажира за время t_2 . Насколько опоздал пассажир к отходу поезда? Движение поезда считать равноускоренным.
4. Сплошной шарик из алюминия диаметром $d = 1$ см бросили в 50%-ный раствор азотной кислоты. В данных условиях с одного квадратного сантиметра поверхности растворяется 10–4г алюминия в час. Через какое время шарик полностью растворится в кислоте?
5. Обмотка реостата имеет сопротивление R_0 . Для каждой из трех схем включения реостата (рис. а, б, в) постройте график зависимости сопротивления цепи R от сопротивления r правой части реостата.

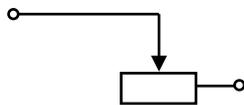


Рис. а

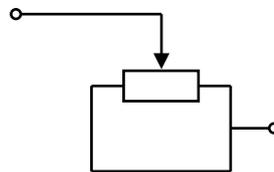


Рис. б

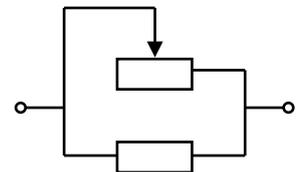


Рис. в

Решения

1. Из шланга, сечением S , под углом α к горизонту бьет струя воды со скоростью v_0 . Какое количество воды одновременно находится в воздухе?

Решение

- Пусть порция воды вытекла из шланга в момент времени t_0 . Тогда вся вода вытекшая вслед за этой порцией до момента пока данная порция не упадет на землю будет находится в воздухе.

$$t = 2 v_0 \sin(\alpha) / g$$

- Общая длина струи воды будет равна

$$L = v_0 t = 2 v_0^2 \sin(\alpha) / g,$$

- соответственно масса воды одновременно находящееся в воздухе

$$M = \rho_B S L = 2 S \rho_B v_0^2 \sin(\alpha) / g$$

2. В стакане с водой плавает деревянная шайба с цилиндрическим сквозным отверстием. Ось шайбы и отверстия параллельны. Площадь дна стакана S , площадь сечения отверстия S_1 . Отверстие осторожно заполняют доверху маслом. На какую высоту поднимется шайба если в начале ее выступающая из воды часть имела высоту h .

Решение

- Условие плавания шайбы до того как налили в отверстие масло позволяет найти ее толщину

$$H(S - S_1)\rho_A g = (H - h)(S - S_1)\rho_B g \quad \Rightarrow \quad H = \frac{\rho_B - \rho_A}{\rho_B} h$$

- После заполнения отверстия маслом условие равновесия примет вид

$$H(S - S_1)\rho_A g = (H - h_1)(S - S_1)\rho_B g + h_1(S - S_1)\rho_M g$$

- Решая данное уравнение найдем значение для h_1 – высота столба воды в отверстии после заполнения его маслом

$$h_1 = \frac{(\rho_B - \rho_A)^2}{(\rho_B - \rho_M)\rho_B} h$$

- Шайба поднимется за счет объема жидкости затекшей под шайбу жидкости из отверстия

$$\Delta V = (h - h_1)S_1 = S \Delta H$$

- Окончательно для высоты подъема шайбы

$$\Delta H = (h - h_1) \frac{S_1}{S} = \left(\frac{(\rho_B - \rho_A)^2}{(\rho_B - \rho_M)\rho_B} - 1 \right) \frac{S_1}{S}$$

3. В тот момент, когда опоздавший пассажир вбежал на платформу перрона, мимо него за время t_1 прошел предпоследний вагон. Последний вагон прошел мимо пассажира за время t_2 . Насколько опоздал пассажир к отходу поезда? Движение поезда считать равноускоренным.

Решение

Пусть L – длина вагона, Δt – искомое время.

Для предпоследнего $(n-1)$ -го вагона имеем:

$$L = a \Delta t t_1 + a t_1^2 / 2. \quad (1)$$

Для последнего n -го вагона:

$$L = a \cdot (\Delta t + t_1) t_2 + a t_2^2 / 2. \quad (2)$$

Приравнивая правые части (1) и (2), и сокращая на неизвестную величину a ускорения поезда, получим уравнение для нахождения Δt :

$$a \cdot \Delta t \cdot t_1 + a t_1^2 / 2 = a \cdot (\Delta t + t_1) t_2 + a t_2^2 / 2 \Rightarrow \Delta t = (2t_1 t_2 + t_2^2 - t_1^2) / 2(t_1 - t_2) \quad (3)$$

Ответ: $\Delta t = (2t_1 t_2 + t_2^2 - t_1^2) / 2(t_1 - t_2)$.

4. 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?

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 $G = 10^{-4} \text{ г}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$ - 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:

$$\Delta R/\Delta t = G/\rho.$$

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:

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

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

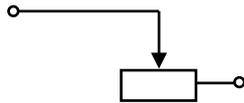


Рис. а

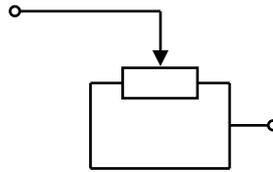


Рис. б

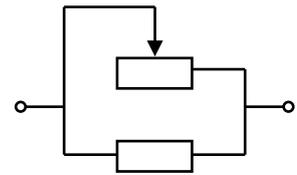


Рис. в

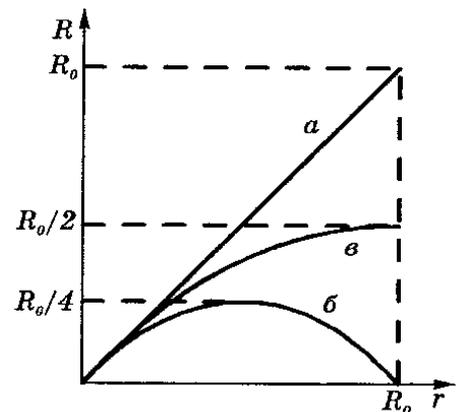
Решение

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.