2011 год

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ
II (МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП)
11 класс

Решение к задаче 1. (10 баллов)

Из второго закона Ньютона следует, что тело будет двигаться до остановки с постоянным ускорением a = - «g , где « — искомый коэффициент трения. Понятно, что далее при решении задачи следует разделять два различных случая:

1)тело остановится в течение первых t секунд;

2)тело и в момент времени t будет продолжать двигаться.

Рассмотрим эти случаи. Прежде всего найдём время т, через которое тело должно остановиться. Скорость движущегося тела изменяется по закону:

$$v = v_0 + at = v_0 - «gt .$$

В нашем случае v_0 = V. Откуда для момента остановки имеем:

$$² = \frac{V}{«g}.$$

Запишем закон движения тела в проекции на координатную ось, которая направлена вдоль вектора скорости v для каждого из случаев 1) и 2).

Случай 1 (t > ²).

$$S = V² - \frac{«g²^2}{2} = \frac{V^2}{2«g}.$$

Отсюда

$$\mu = \frac{V^2}{2gS},$$

а условие t > ² (с учётом выражения для ²) переписывается в виде:

$$S < \frac{Vt}{2}.$$

Случай 2 (t $S = Vt - \frac{\mu g t^2}{2}$. ≤ ²).

Отсюда

$$\mu = \frac{2(Vt - S)}{gt^2},$$

а условие t ≤ ² переписывается в виде: $S \geqslant \frac{Vt}{2}.$

Так как коэффициент трения положителен, то S < Vt. Учитывая всё вышесказанное, запишем окончательный отвел

$$\begin{cases} \mu = \frac{V^2}{2gS}, & \text{при } 0 < S < \frac{Vt}{2}; \\ \mu = \frac{2(Vt - S)}{gt^2}, & \text{при } \frac{Vt}{2} < S < Vt. \end{cases}$$

При S > Vt задача решений не имеет (такой случай невозможен).

Решение к задаче 2. (10 баллов)

Из первого начала термодинамики следует:

$$Q = \Delta U + A, \qquad (1)$$

где Q — количество подведённого тепла,

ΔU — изменение внутренней энергии системы.

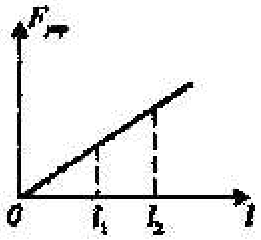
$\Delta U = (\nu_1 C_{V1} + \nu_2 C_{V2})\Delta T = \nu[C_{V1} + C_{V2}]\Delta T.$

$C_{V1} = \frac{3}{2}R$ — молярная теплоёмкость одноатомного газа гелия.

$C_{V2} = \frac{5}{2}R$ — молярная теплоёмкость двухатомного газа кислорода.

$$\Delta U = \nu\left[\frac{3}{2}R + \frac{5}{2}R\right]\Delta T = 4\nu R\Delta T. \qquad (2)$$

A — работа, совершаемая газом против внешних сил. В данном случае работа совершается против сил упругости пружины. На рисунке представлена зависимость силы упругости от величины деформации пружины $\Delta l = (l - l_0)$, где l — длина недеформированной пружины, по условию задачи $l_0 \approx 0$.



Площадь на этом графике равна работе по растягиванию пружины от l_1 до l_2.

$$A = \frac{1}{2}k(l_2^2 - l_1^2) \qquad (3).$$

Подставим (2) и (3) в (1):

$$Q = 4\nu R\Delta T + \frac{1}{2}k(l_2^2 - l_1^2). \qquad (4)$$

Давление газа равно сумме парциальных давлений гелия и кислорода:

$$P = P_{He} + P_{O_2} = \frac{\nu RT}{V} + \frac{\nu RT}{V} = \frac{2\nu RT}{V}.$$

Из условия равновесия поршня находим:

$$P \cdot S = kl \quad \text{и} \quad P = \frac{kl}{S}.$$

отсюда $\frac{kl}{S} = \frac{2\nu RT}{lS}, \quad \frac{kl^2}{2} = \nu RT.$

При температуре T_1: $\frac{kl_1^2}{2} = \nu RT_1.$

При температуре T_2: $\frac{kl_2^2}{2} = \nu R(T_1 + \Delta T).$

Вычтя из второго равенства первое, получим:

$$\frac{kl_2^2}{2} - \frac{kl_1^2}{2} = \frac{k(l_2^2 - l_1^2)}{2} = \nu R\Delta T.$$

Подставив эту разность в (4), получим: $Q = 4\nu R\Delta T + \nu R\Delta T = 5\nu R\Delta T \quad Q = 5\nu R\Delta T.$

По условию $\nu = 1$ молю.

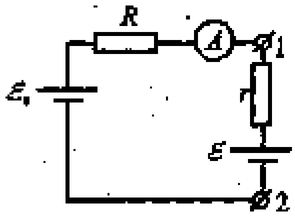
Решение к задаче №3 (10 баллов).

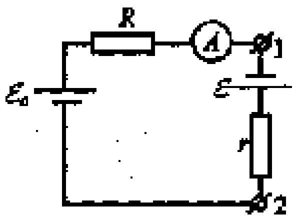
Показание прибора равно r, если ток через амперметр равен $\frac{\pounds_0}{R+t}$.

Таким образом, в электрических цепях, изображённых на рис. 3 и рис. 4, токи равны:

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R+r_1} = \frac{4,5}{10+20} = 0,15\ \text{А},$$

$$I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R+r_2} = \frac{4,5}{10+5} = 0,3\ \text{А}.$$





При этом сопротивления цепей на рассматриваемых рисунках одинаковы и равны R + r, а суммарные напряжения батарейки и источника равны $\pounds_0 - \pounds$ и $+\ \pounds$ соответственно. Отсюда:

$$\mathcal{E}_0 - \mathcal{E} = I_1(R+r),$$
$$\mathcal{E}_0 + \mathcal{E} = I_2(R+r).$$

Следовательно,

$$\frac{\mathcal{E}_0 + \mathcal{E}}{\mathcal{E}_0 - \mathcal{E}} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{R+r_1}{R+r_2} = 2$$

и

$$\mathcal{E} = \frac{r_1 - r_2}{2R + r_1 + r_2}\mathcal{E}_0 = \frac{\mathcal{E}_0}{3} = 1,5\ \text{В}.$$

Далее,

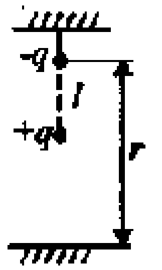
$$R + r = \frac{\mathcal{E}_0 - \mathcal{E}}{I_1} = \left(1 - \frac{r_1 - r_2}{2R + r_1 + r_2}\right)\cdot(R + r_1),$$

откуда

$$r = \frac{R(r_1 + r_2) + 2r_1 r_2}{2R + r_1 + r_2} = 10\ \text{Ом}.$$

Решение к задаче 4. (10 баллов)

В начальный момент времени система зарядов имеет вид, показанный на рисунке.



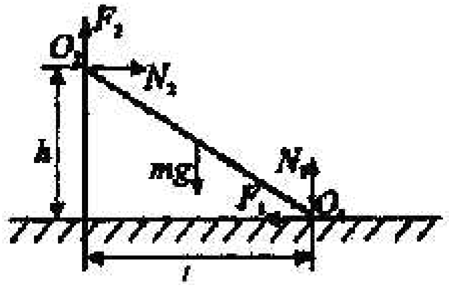
Начальная скорость шарика минимальна, если он достигает земли с нулевой скоростью, а сумма действующих сил в этом месте равна нулю, то есть $mg - \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = 0.$

По закону сохранения энергии: $-\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 l} + mg(r - l) + \frac{mv_{min}^2}{2} = -\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 r}.$

Из первого уравнения $r = \frac{q}{\sqrt{4\pi\varepsilon_0 mg}}$, а из второго - $v_{min} = \sqrt{2gl}\,\frac{q}{l\sqrt{4\pi\varepsilon_0 mg}} - 1.$

Решение к задаче 5. (10 баллов)

Закрепив в лапке штатива деревянную линейку, кладём на неё пластмассовую линейку (см. рис.). Изменяя угол наклона, добиваемся скольжения пластмассовой линейки по деревянной, тогда $\mu = tg\alpha$, где α — угол линейки с горизонтом.



Закрепим деревянную линейку вертикально с помощью отвеса. Приставим к ней пластмассовую линейку и, изменяя ее угол 0 с горизонтом, добьёмся её скольжения по столу. В этом случае

$N_2 = F_1 = \mu_1 N_1, \quad F_2 = \mu N_2.$

Сумма моментов сил относительно точек O_1 и O_2 должны быть равны нулю:

$$mg\frac{l}{2} + \mu_1 N_1 l - N_1 l = 0,$$

$$-mg\frac{l}{2} + \mu_2 N_2 l + N_2 l = 0,$$

откуда $\mu_1 = \frac{l}{2h + \mu l}.$ Аналогично определяется μ_2.

Максимальное количество баллов – 50