Возможные варианты решения заданий для II этапа республиканской олимпиады по физике 2013/2014 учебный год

11 класс

Задача №1. Уравнение теплового баланса для рассматриваемой системы имеет вид $C(t_n - t_c) = ncm_0(t_H - t_n)$ (1), где C – теплоёмкость сосуда.

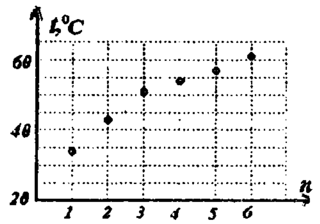
Отсюда следует искомая зависимость температуры от числа влитых порций горячей воды

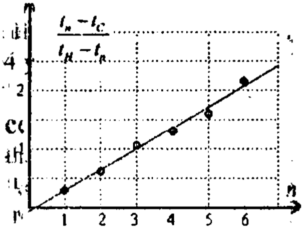
$$t_n = \frac{ncm_0 t_H + Ct_c}{ncm_0 + C}. \qquad (2)$$

Проверить непосредственно справедливость формулы (2) затруднительно, поэтому приведем зависимость (1) к линейному виду, удобному для проверки

$\frac{t_n - t_c}{t_H - t_n} = \frac{cm_0}{C} n$. (3) (Вид уравнения прямой y=kx+b, при b=0)

График этой зависимости близок к прямой, что, во-первых, подтверждает справедливость уравнения теплового баланса, во-вторых, позволяет найти коэффициент наклона, на основании которого легко определить неизвестную теплоемкость сосуда.

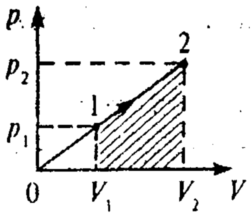




Так, из графика следует, что коэффициент наклона k= 0,36. С другой стороны, из формулы (3) $k = \frac{cm_0}{C}$.

Следовательно, теплоемкость сосуда $C = \frac{cm_0}{k} \approx 1{,}2 \cdot 10^3$ Дж/°С.

Задача №2. Запишем уравнение данной параболы $U = aV^2$ (1), где a – некоторый постоянный коэффициент. По определению, внутренняя энергия одноатомного идеального газа $U = 3/2\, \nu RT$ = [по закону Менделеева-Клапейрона] $= 3/2\, pV$.



Приравняем U и получим: $aV^2 = 3/2\ pV$, или $aV = 3/2\ p$.

Выразим давление газа $p = 2/3\ aV$ (2) , т.е. оно прямо пропорционально объему газа. Поэтому график $p(V)$ представляет собой прямую линию, проходящую через начало координат.

Работу газа найдем по площади заштрихованной трапеции $A = (p_2+p_1)/2 \cdot (V_2-V_1)$. Заменив p из (2):

$A = (2/3\ aV_2 + 2/3\ aV_1)/2 \cdot (V_2 - V_1) = 1/3\ a(V_2^2 - V_1^2) =(1) = 1/3(U_2 - U_1) = 1/3\Delta U$.

Откуда $\Delta U = 3A$.

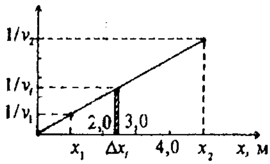
По первому закону термодинамики полученная газом теплота

$Q = \Delta U + A = 1/3\Delta U + \Delta U = 4/3\Delta U = 4A$.

Находим искомое:

$\Delta U/Q = 75\ \%, \quad A/Q = 25\ \%$.

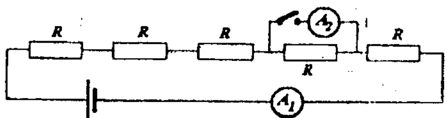
Задача №3. Искомая величина $\langle\vartheta\rangle = (x_2 - x_1)/t$. Найдем время движения t. По условию задачи $\vartheta \cdot x = C$. Отсюда $1/\vartheta = x/C$. Построим график этой зависимости $1/\vartheta = (1/C)\cdot x$. Для малого Δx значение $1/\vartheta$ можно считать приближенно постоянным и, значит, площадь заштрихованной полоски есть интервал времени движения на пути Δx. Тогда все время движения определяется площадью трапеции от x_1 до x_2.



$$t = (1/\vartheta_2 + 1/\vartheta_1)/2\cdot(x_2 - x_1) = (x_2/C + x_1/C)/2\cdot(x_2 - x_1) = \cdot(x_2^2 - x_1^2)/2C.$$

Тогда скорость $\langle\vartheta\rangle = 2C/(x_1 + x_2) = 1{,}7$ см/с $= 1{,}0$ м/мин.

Задача №4. Согласно приведенным данным, сопротивления кольцевых нитей значительно меньше сопротивления радиальных. Поэтому сопротивлением кольцевых нитей можно пренебречь. Тогда приведенная схема может быть заменена на эквивалентную.



В этой схеме сопротивление каждого обозначенного резистора есть сопротивление 12 соединенных параллельно отдельных звеньев радиальных нитей, т.е.

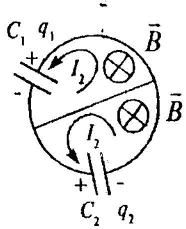
$$R = \frac{1}{12}\rho_1\frac{4a}{\pi d_1^2} \approx 0{,}32 \text{ Ом}$$

При разомкнутом ключе первый амперметр покажет значение тока

$$I_1 = U/(5R_1) \approx 2{,}8 \text{ А}.$$

Если замкнуть ключ, то показания амперметров будут одинаковы и равны

$$I_2 = U/(4R_1) \approx 3{,}5 \text{ А}.$$



Задача №5. Под действием индуцированного электрического поля конденсаторы зарядятся до одинакового напряжения $U = \varepsilon_{инд}$.

ЭДС индукции $\varepsilon_{инд} = -\Delta\Phi/\Delta t = -a\pi R^2/2$.

Заряды конденсаторов $q_1 = C\varepsilon_{инд} = a\pi R^2 C_1/2$ и $q_2 = a\pi R^2 C_2/2$.

После удаления перемычки соединенными окажутся разноименно заряженные обкладки конденсаторов C_1 и C_2. В отсутствие $\varepsilon_{инд}$ произойдет их перезарядка.

По закону сохранения зарядов $q_1 - q_2 = q_1' + q_2'$, где новые заряды на конденсаторах q_1' и q_2' удовлетворяют условию равенства потенциалов (равенства напряжений) на соединенных обкладках конденсаторов $U_1' = U_2'$

$$q_1'/C_1 = q_2'/C_2.$$

Из записанных уравнений получим

$q_1' = a\pi R^2 C_2 (C_1 - C_2)/[2(C_1 + C_2)]$, $q_2' = a\pi R^2 C_1 (C_1 - C_2)/[2(C_1 + C_2)]$.