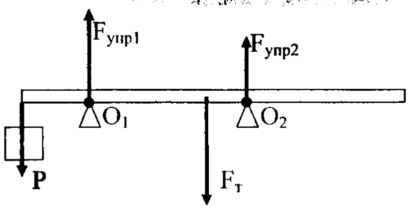
Возможные варианты решения заданий для II этапа республиканской олимпиады по физике 2013/2014 учебный год

10 класс



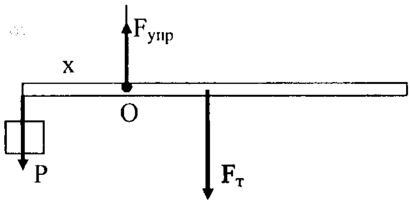
Задача №1. Расставим все силы, действующие на балку. Балка находится в равновесии, поэтому:

1) скомпенсированы силы $F_{упр1} + F_{упр2} = P + F_т$;

2) скомпенсированы моменты сил относительно оси O_1:

$$P \cdot l_1 + F_{упр2} \cdot (L - l_2 - l_1) = F_т \cdot (L/2 - l_1).$$

Отсюда $F_{упр2} = (F_т \cdot (L/2 - l_1) - P \cdot l_1)/(L - l_2 - l_1) = (Mg \cdot (L/2 - l_1) - mg \cdot l_1)/(L - l_2 - l_1)$; $F_{упр2} = 120Н$. Из 1) $F_{упр1} = P + F_т - F_{упр2} = mg + Mg - F_{упр2}$; $F_{упр1} = 120Н$. Силы давления на опоры будут противоположны по направлению и равны по модулю силам упругости.



При подъёме можно найти центр масс системы груз и балка или воспользоваться уравнением моментов относительно точки закрепления троса.

Пусть x – расстояние от точки подвеса груза до точки закрепления троса, тогда, учитывая, что балка в равновесии, составим уравнение моментов сил относительно оси O:

$$P \cdot x = F_т \cdot (L/2 - x),$$
$$P \cdot x = F_т \cdot L/2 - F_т \cdot x,$$
$$P \cdot x + F_т \cdot x = F_т \cdot L/2,$$
$$x = F_т \cdot L/2/(P + F_т),$$
$$x = Mg \cdot L/2/(mg + Mg),$$

$x = M \cdot L/2/(m + M)$ (- а это и есть формула для расчета центра масс).

Отсюда $x = 2{,}5м$.

Задача №2. При нагревании газ может очень сильно расширяться (тепловое расширение жидких и твердых тел сравнительно невелико). При этом он совершает работу против внешних сил. На эту работу (а она в зависимости от условий расширения может быть разной) и тратится часть полученной теплоты. И только остальная ее часть идет на повышение температуры газа. Если при его расширении условия будут изменяться, то будет изменяться идущая на нагревание теплота, а вместе с ней и теплоемкость газа.

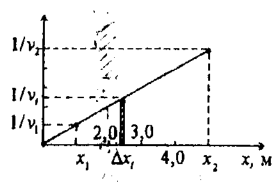
В процессе 1-2 газ получил теплоту $Q_{12} = \langle C_{12}\rangle(t_2 - t_1)$, где средняя теплоемкость газа $\langle C_{12}\rangle = (C_1 + C_2)/2$, так как величина C на участке 1-2 изменялась линейно. Q_{12} численно равна площади под графиком C(t) от t_1 до t_2 и осью t.

Аналогично найдем теплоту, полученную газом в процессе 2-3 $Q_{23} = \langle C_{23}\rangle(t_3 - t_2)$, $\langle C_{23}\rangle = (C_2 + C_3)/2$. Q_{23} численно равна площади под графиком C(t) от t_2 до t_3 и осью t.

В процессе 3-1 газ отдавал теплоту (т.к. $t_1 < t_3$). Эта теплота $Q_{31} = C_3\,(t_1 - t_3)$. Q_{31} численно равна площади под графиком C(t) от t_3 до t_1 и осью t.

Величины теплот Q_{12}, Q_{23} и Q_{31} определяем по площадям соответствующих фигур: первые две по площадям трапеций 1,5 ед. теплоты и 1,5 ед. теплоты, а третью по площади прямоугольника Q_{31}= -2 ед. теплоты. Тогда искомое отношение k=(Q_{12}+Q_{23})/ |Q_{31}|=1,5

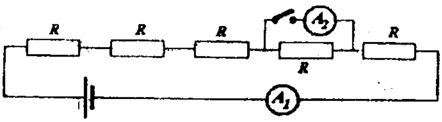
Задача №3. Искомая величина $\langle\vartheta\rangle = (x_2 - x_1)/t$. Найдем время движения t. По условию задачи ϑ·x = C. Отсюда $1/\vartheta$ = x/C. Построим график этой зависимости $1/\vartheta$ = (1/C)·x. Для малого Δx значение $1/\vartheta$ можно считать приближенно постоянным и, значит, площадь 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.

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

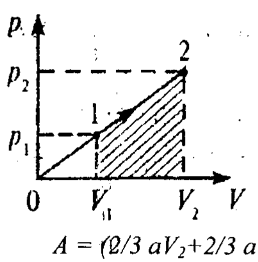
При разомкнутом ключе первый амперметр покажет значение тока

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

Если замкнуть ключ, то показания амперметров будут одинаковы и равны

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

Задача №5. 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 р 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 $\Delta U = 3\ A$.

По первому закону термодинамики полученная газом теплота

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

Находим искомое:

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