Часть 1

Олимпиада: **Физика, 11 класс (1 часть)**

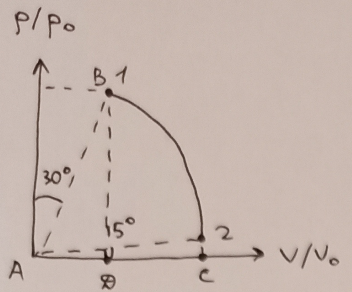
Шифр: **21201920**

ID профиля: **858279**

Вариант 7

Чистовик

№2



1) $p_1V_1=\nu RT_1$ (закон Менд.-Клап.); $p_2V_2=\nu RT_2$ (где p_i, V_i, T_i – давл., объем и темп. в i-ой точке)

Тогда $\frac{T_1-T_2}{T_2} = \frac{p_1V_1/\nu R - p_2V_2/\nu R}{p_2V_2/\nu R} = \frac{p_1V_1-p_2V_2}{p_2V_2} = \frac{p_1V_1}{p_2V_2}-1$;

Пусть r – радиус окружности, дугой которой явл. граф 1-2

Тогда $\frac{p_1}{p_0} = r\cos30°$; $\frac{p_2}{p_0} = r\sin15°$, откуда $\frac{p_1}{p_2}=\frac{\cos30°}{\sin15°}$;

Заметим, что $\frac{p_1/p_0}{V_1/V_0} = ctg30°$, а $\frac{p_2/p_0}{V_2/V_0} = tg15°$, откуда $\frac{p_1V_0}{V_1p_0}=ctg30°$; $\frac{p_2V_0}{V_2p_0}=tg15°$;

$V_1 = \frac{p_1V_0}{p_0\, ctg30°}$; $V_2 = \frac{p_2V_0}{p_0\, tg15°}$; $\frac{V_1}{V_2} = \frac{p_1V_0}{p_0\, ctg30°}\cdot\frac{p_0\, tg15°}{p_2V_0} = \frac{p_1}{p_2}\cdot\frac{tg15°}{ctg30°}$;

Тогда $\frac{T_1-T_2}{T_2} = \frac{p_1V_1}{p_2V_2}-1 = \frac{p_1}{p_2}\cdot\frac{p_1}{p_2}\cdot\frac{tg15°}{ctg30°}-1 = \left(\frac{\cos30°}{\sin15°}\right)^2\cdot\frac{tg15°}{ctg30°}-1 = \frac{\sin30\cdot\cos30}{\sin15\cdot\cos15}-1=\frac{\sin60}{\sin30}-1=\sqrt3-1$

3) Раз на 2-1 обмена теплом с окружающей средой нет, процесс практически адиабатный. Тогда $A_{газа} = -\Delta U = -\frac32\nu R(T_1-T_2)$ ($i=3$, т.к. газ одноатомный)

Работа газа в процессе 1-2 равна S[сектора ABC] – S[ΔABD] $= \pi r^2\cdot\frac{90°-30°}{180°} - \frac12 r\cdot r\cos30°\cdot\sin30° = \frac{\pi r^2}{3} - \frac{r^2\sin60°}{4} = r^2\left(\frac{\pi}{3}-\frac{\sqrt3}{8}\right)$. Заметим, что $\frac{p_2}{p_0}=r\sin15°$;

$r^2 = \frac{p_2^2}{p_0^2}\cdot\frac{1}{\sin^2 15°} = \left(\frac{p_2}{p_0\sin15°}\right)^2$; т.е. $A_{12} = \left(\frac{p_2}{p_0\sin15°}\right)^2\left(\frac{\pi}{3}-\frac{\sqrt3}{8}\right)$.

Тогда работа газа равна $A_{12}+A_{21} = \left(\frac{p_2}{p_0\sin15°}\right)^2\left(\frac{\pi}{3}-\frac{\sqrt3}{8}\right) - \frac32\nu R(T_1-T_2)$;

Заметим, что $T_1-T_2=(\sqrt3-1)T_2$ (см. п.1), то есть $A_{21} = -\frac32\nu RT_2(\sqrt3-1)$.

Кроме того, $\nu RT_2=p_2V_2$, а ~~$\frac{p_2V_0}{V_2p_0}=tg15°$ (см. п.1), т.е. $p_2V_2=$~~ $V_2=\frac{p_2V_0}{p_0\, tg15°}$ (см. п.1),

То есть $\nu RT_2 = p_2V_2 = p_2\cdot\frac{p_2V_0}{p_0\, tg15°} = \frac{p_2^2V_0}{p_0\, tg15°}$;

Работа газа равна $\frac{p_2^2}{p_0^2\sin15^2}\left(\frac{\pi}{3}-\frac{\sqrt3}{8}\right) - \frac{p_2^2V_0}{p_0\, tg15°}$;

Полученное тепло $Q = A_{12}+\frac{i}{2}\nu R(T_2-T_1) = \frac{p_2^2}{p_0^2\sin^2 15}\left(\frac{\pi}{3}-\frac{\sqrt3}{8}\right) + \frac32\cdot(\sqrt3-1)\cdot\frac{p_2^2V_0}{p_0\, tg15°}$

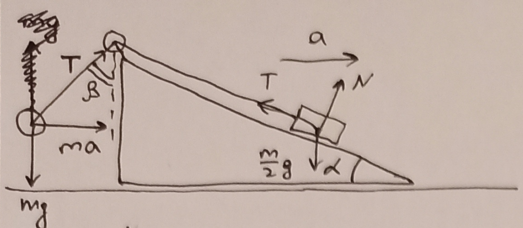
Тогда $\eta = \frac{A}{Q} = \frac{\cancel{p_2^2}\left[\frac{1}{p_0^2\sin^2 15°}\left(\frac{\pi}{3}-\frac{\sqrt3}{8}\right) - \frac{V_0}{p_0\, tg15°}\right]}{\cancel{p_2^2}\left[\frac{1}{p_0^2\sin^2 15}\left(\frac{\pi}{3}-\frac{\sqrt3}{8}\right) + \frac32(\sqrt3-1)\frac{V_0}{p_0\, tg15°}\right]}$

Ответ: 1) $\sqrt3-1$;

Чистовик

№1

в самом начале движения,



1) Если нить составляет угол β с вертикалью, в самом начале движения, то силы ma и mg, действующие на шарик со стороны нити (компоненты силы натяжения) соотносятся как $\frac{ma}{mg}=\operatorname{tg}\beta$, а если $\cos\beta=\frac{3}{5}$, то $\operatorname{tg}\beta=\frac{4}{3}$ (египетский треуг. 3-4-5). То есть $ma=\frac{4}{3}mg$; $a=\frac{4}{3}g$

~~2) Тогда сила натяжения~~ $\cancel{T=\frac{mg}{\cos\beta}}$. ~~Поскольку трения между бруском и клином нет, ускорение бруска отн. клина~~ $\cancel{a_2=\frac{T}{m/2}=\frac{mg}{m/2\cdot\cos\beta}=\frac{2g}{\cos\beta}}$

2) Ускорение бруска $a_2=a\cos\alpha+a'$, где a – ускорение клина, а $a'=\frac{T-\frac{m}{2}g\sin\alpha}{\frac{m}{2}}$; (трения нет); поскольку нить нерастяжима, ускорение шарика вдоль нити такое же: $\frac{mg\cos\beta-T}{m}=a\cos\alpha+\frac{T-\frac{m}{2}g\sin\alpha}{\frac{m}{2}}$;

$mg\cos\beta-T=ma\cos\alpha+2T-mg\sin\alpha$; $3T=m(g\cos\beta-a\cos\alpha+g\sin\alpha)$; $T=\frac{m}{3}(g\cos\beta+g\sin\alpha-a\cos\alpha)$

Тогда ускорение бруска $a_2=a\cos\alpha+a'=\frac{mg\cos\beta-T}{m}=g\cos\beta-\frac{1}{3}(g\cos\beta+g\sin\alpha-a\cos\alpha)$

$=\frac{2g\cos\beta-g\sin\alpha+a\cos\alpha}{3}$; если $\cos\alpha=\frac{5}{13}$, то $\sin\alpha=\sqrt{1-\frac{25}{169}}=\sqrt{\frac{144}{169}}=\frac{12}{13}$;

$$a_2=\frac{2g\cdot\frac{3}{5}-g\cdot\frac{12}{13}+\frac{4}{3}g\cdot\frac{5}{13}}{3}=g\cdot\frac{\frac{6}{5}-\frac{12}{13}+\frac{20}{3\cdot13}}{3}=g\cdot\frac{\frac{234-180+100}{5\cdot3\cdot13}}{3}=g\frac{154}{5\cdot9\cdot13}\approx0{,}26g$$

3) Вертикальное ускорение шарика $a_3=\frac{mg}{m}-\frac{T\cos\beta}{m}=g-\frac{T}{m}\cos\beta$

$$\frac{T}{m}=\frac{g\cos\beta+g\sin\alpha-a\cos\alpha}{3}=\frac{g\cdot\frac{3}{5}+\frac{12}{13}g-\frac{4}{3}g\cdot\frac{5}{13}}{3}=g\frac{\frac{117+180-100}{5\cdot3\cdot13}}{3}=g\cdot\frac{197}{5\cdot9\cdot13}\approx0{,}34g$$

$$a_3=g-\frac{T}{m}\cdot\cos\beta=g-0{,}34g\cdot\frac{3}{5}=g(1-0{,}204)\approx0{,}8g$$

Расстояние до стола – H: $H=0{,}8g\cdot\frac{t^2}{2}$; $t^2=\frac{2H}{0{,}8g}$; $t=\sqrt{2{,}5\frac{H}{g}}$

Ответ: 1) $\frac{4}{3}g$

2) $\approx0{,}26g$

3) $\approx\sqrt{2{,}5\frac{H}{g}}$

Часть 2

Олимпиада: **Физика, 11 класс (2 часть)**

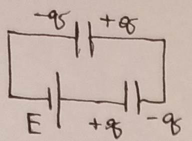
Шифр: **21201920**

ID профиля: **858279**

Вариант 7

Чистовик

№3



1) Заряд на конденсаторах одинаков (т.к. соединяющий их проводник в целом не заряжен)

$E = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2} = \frac{q}{C} + \frac{q}{4C} = \frac{5q}{4C}$; $q = \frac{4}{5} EC$;

После замыкания ключа $E + \left(-L\frac{dI}{dt}\right) = IR + \frac{q}{\cancel{4}C}$; $L\frac{dI}{dt} = E - IR - \frac{q}{\cancel{4}C}$;

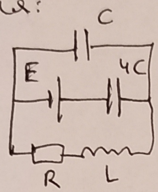
В момент замыкания ток I еще равен нулю; $\frac{q}{C} = \frac{4}{5}E$;

$L\frac{dI}{dt} = E - 0 - \frac{4E}{5} = \frac{E}{5}$; $\frac{dI}{dt} = \frac{E}{5L}$;

2) Энергия до замыкания $W_1 = \frac{q^2}{2C} + \frac{q^2}{2\cdot 4C} = \frac{5}{8}\cdot\frac{q^2}{C} = \frac{5}{8}\cdot\frac{4^2}{5^2}\cdot\frac{E^2C^2}{C} = \frac{2}{5}CE^2$;

После замыкания:

$$\begin{cases} E = \frac{q_1}{C} + \frac{q_2}{4C} \\ \frac{q_2}{4C} - L\frac{dI}{dt} = IR \end{cases}$$



через достаточно большое время ~~цепь~~ режим в цепи установится и тока не будет (т.е. $I=0$ и $\frac{dI}{dt}=0$). Тогда $\frac{q_2}{4C} - 0 = 0$, т.е. заряда на конденсаторе C_2 не будет. Отсюда $E = \frac{q_1}{c} + 0$; $q_1 = CE$.

Энергия через достаточно большое время: $W_2 = \frac{q_1^2}{2C} + 0 = \frac{CE^2}{2}$

По ЗСЭ, $W_1 + A_E = W_2 + Q$, где A_E – работа источника по переносу заряда.

$A_E = E\cdot q'$, где q' – изменение заряда. $q' = 2q - (0 + q_1) = \frac{8}{5}EC - EC = \frac{3}{5}EC$.

$A_E = \frac{3}{5}CE^2$. Подставляем: $\frac{2}{5}CE^2 + \frac{3}{5}CE^2 = \frac{CE^2}{2} + Q$, откуда $Q = \frac{CE^2}{2}$

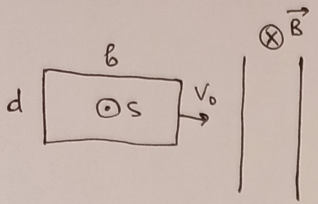
3) $E - L\frac{dI}{dt} = IR + \frac{q_1}{C}$; $q_1' = I_0$: ~~q'~~ Продифф.:

$E' - L\cdot I'' = I'\cdot R + \frac{I_0}{C}$; $I'R + I''L + \frac{I_0}{C} = 0$;

Ответ: 1) $\frac{E}{5L}$; 2) $\frac{CE^2}{2}$

Чистовик

№4



1) В самый момент вхождения скорость рамки еще не успевает измениться, сохр. равной V_0. Тогда в стороне, входящей в поле, возникает $\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d(B\cdot S\cdot \cos\pi)}{dt} = Bv_0d$

Сопротивл. рамки $R \Rightarrow I = \frac{Bv_0d}{R}$; Сила Ампера на рамку $F = BId = B\frac{Bvd}{R}d = \frac{B^2d^2V_0}{R}$

Ускорение $a = \frac{F}{m} = -\frac{B^2d^2V_0}{mR}$; (с учетом направления, $-\frac{B^2d^2V_0}{R}$)

2) Под действием силы Ампера рамка тормозится (скорость уменьшается) $\Rightarrow$ ЭДС уменьшается $\Rightarrow$ ускорение уменьшается...

$a(v) = \frac{-B^2d^2V}{mR}$; $a = x''(t)$, $V = x'(t)$; $x''(t) = \frac{-B^2d^2}{mR}\cdot x'(t)$; $\int x''(t)\cdot dt = \int \frac{-B^2d^2}{mR}\cdot x'(t)\cdot dt$;

$x'(t) = \frac{-B^2d^2}{mR}\cdot x + C$, то есть $V = \frac{-B^2d^2}{mR}x + C$, где x – глубина вхождения рамки

Поскольку $b = 3d > \frac{d}{5} = H$, в поле одновременно не будут находиться две стороны.

Найдем C, подставив начальные условия: при $x = 0$ — $V = V_0$, то есть $C = V_0$.

Тогда $V = V_0 - \frac{B^2d^2}{mR}\cdot x$;

При $x = \frac{d}{5}$, $V = V_0 - \frac{B^2d^2}{mR}\cdot\frac{d}{5} = V_0 - \frac{B^2d^3}{5mR}$

3) после выхода передней стороны и до входа задней скорость меняться не будет, т.е. задняя войдет в поле со скоростью $V_3 = V_0 - \frac{B^2d^3}{5mR}$;

Технически при проходе задней стороны будет происходить то же самое, то есть зависимость $a(v)$ та же, но начальная скорость другая ($C = V_0 - \frac{B^2d^3}{5mR}$).

Поэтому $V = \left(V_0 - \frac{B^2d^3}{5mR}\right) - \frac{B^2d^2}{mR}\cdot x = V_0 - \frac{B^2d^3}{5mR} - \frac{B^2d^3}{5mR} = V_0 - \frac{2B^2d^3}{5mR}$

<u>Ответ:</u> 1) $|a| = -\frac{B^2d^2V_0}{mR}$; 2) $V_0 - \frac{B^2d^3}{5mR}$; 3) $V_0 - \frac{2B^2d^3}{5mR}$

Чистовик

№5

1) Пусть D_1 – сила очков для дали, D_2 – для 25 см; $D_г$ – сила хрусталика (глаза), S – расст. до сетчатки (до изобр.) По формуле линзы,

$\begin{cases} D_1 + D_г = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{S} \\ D_2 + D_г = \frac{1}{0{,}25} + \frac{1}{S} \\ D_2 = 3D_1 \end{cases}$; $(D_2 + D_г) - (D_1 + D_г) = (4 + \frac{1}{S}) - (0 + \frac{1}{S})$; $D_2 - D_1 = 4$; $\begin{cases} D_2 - D_1 = 4 \\ D_2 = 3D_1 \end{cases}$;

$3D_1 - D_1 = 4$; $2D_1 = 4$; $D_1 = 2$ дптр; $D_2 = 3D_1 = 6$ дптр.

$\cancel{\begin{cases} 2 + D_г = 0 + \frac{1}{S} \\ 6 + D_г = 4 + \frac{1}{S} \end{cases} (6 + D_г) - (2 + D_г)}$

Если предел аккомодации глаза практически равен нулю, то и расстояние, с которого он видит, также практически равно нулю.

2) Условия взгляда на компьютер: $D_3 + D_г = \frac{1}{0{,}5} + \frac{1}{S}$, где D_3 – искомая сила очков.

$D_3 = 2 + \frac{1}{S} - D_г$. Значение $(\frac{1}{S} - D_г)$ найдем из первой системы: $D_1 + D_г = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{S}$;

$D_1 = 0 + \frac{1}{S} - D_г = \frac{1}{S} - D_г$; поэтому $D_3 = 2 + (\frac{1}{S} - D_г) = 2 + D_1 = 2 + 2 = 4$ дптр ;

Ответ: 1) $x = 0$, $D = 2$ дптр ; 2) 4 дптр