0 035462 340005

03-54-62-34
(107.1)

1755

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 11

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников
наменование олимпиады
Покори Воробьёвы горы

по физике
профиль олимпиады

Назаряна Сурена Арутюновича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Вышел: 13-33
Вернулся: 13-35

+ 1 дополнительный лист /Толоконников/

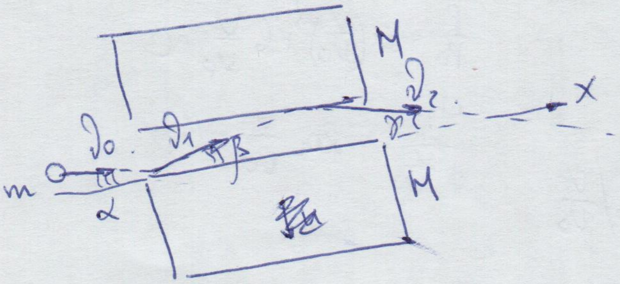
Подпись участника

Дата

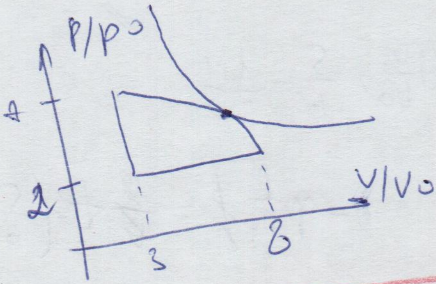
«01» 04 2023 года

03-54-62-34 (107.1)

Черновик.



$$\vartheta_0\cos\alpha = \vartheta_1\cos\beta = \vartheta_2\cos\gamma.$$



$$p = \frac{p_0}{6}\left(36+5\frac{V}{V_0}-\left(\frac{V}{V_0}\right)^2\right)$$

$$\frac{p}{p_0} = \frac{1}{6}\left(36+5\frac{V}{V_0}-\left(\frac{V}{V_0}\right)^2\right)$$

$$\frac{dp}{dV} = -\gamma\frac{p}{V} \qquad \frac{p}{p_0} = 6+\frac{5}{6}\frac{V}{V_0}-\frac{1}{6}\left(\frac{V}{V_0}\right)^2$$

$$\frac{d(p/p_0)}{d(V/V_0)} = -\gamma\frac{p}{V}\cdot\frac{V_0}{p_0} \qquad \frac{d\left(\frac{p}{p_0}\right)}{d\frac{V}{V_0}} = \frac{5}{6}-\frac{1}{3}\cdot\frac{V}{V_0}$$

$$-\gamma\frac{p}{V}\cdot\frac{V_0}{p_0} = \frac{5}{6}-\frac{V}{3V_0}$$

$$-\gamma\left(\frac{p}{p_0}\right)\Big/\left(\frac{V}{V_0}\right) = \frac{5}{6}-\frac{1}{3}\left(\frac{V}{V_0}\right).$$

$$-\gamma\cdot\left(6+\frac{5}{6}\frac{V}{V_0}-\frac{1}{6}\left(\frac{V}{V_0}\right)^2\right) = \frac{5}{6}-\frac{1}{3}\frac{V}{V_0}\ \Big|\cdot 6.$$

$$\cancel{-\frac{7}{5}\left(6+\frac{5}{6}\frac{V}{V_0}-\frac{1}{6}\frac{V}{V_0}\right)}$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_V} = \frac{\frac{7}{2}R}{\frac{5}{2}R} = \frac{7}{5}$$

$$-\gamma(36+5t-t^2) = 5-2t$$

$$-7(36+5t-t^2) = 25-10t.$$

$$-252-35t+7t^2 = 25-\cancel{10t}.$$

$$7t^2-25t-277=0$$

$$D = 625+28\cdot 277$$

$$\frac{25\pm 91}{14} =$$

$$\begin{array}{r} 277 \\ \times\ 28 \\ \hline 2216 \\ +\ 554\ \\ \hline 7756 \\ +\ 625 \\ \hline 8381 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 91^2 \\ \times\ 91 \\ \hline 91 \\ +\ 819\ \\ \hline 8281 \end{array}$$

В	1	2	3	4	
3	5	3	5	5	18
	10	17	14	8	49

$\Sigma = 67$

Черновик

$\frac{p}{p_0} = \frac{1}{6}(36+5t-t^2)$

$\frac{p}{p_0} = a\left(\frac{V}{V_0}\right)^2 + b\frac{V}{V_0} + c$

$\frac{d\frac{p}{p_0}}{d\frac{V}{V_0}} = 2a\frac{V}{V_0} + b.$

$\frac{dp}{dV} = -\gamma\frac{p}{V}$ $\quad \frac{dp}{p_0}\Big/\frac{dV}{V_0} = -\gamma\frac{p}{p_0}\Big/\frac{V}{V_0}$

$\frac{dp}{p_0}\Big/d\frac{V}{V_0} = \frac{5}{6} - \frac{1}{3}t$

$\frac{p}{p_0} = \frac{1}{6}(36+5\cdot6-6^2) =$

$6+5-6=5.$

$-\gamma\frac{p}{p_0 t} = \frac{t}{t}\cdot\left(\frac{5}{6}-\frac{1}{3}t\right).$

$-\gamma\cdot\frac{1}{6}(36+5t-t^2) = t\left(\frac{5}{6}-\frac{1}{3}t\right) \;|\cdot 30$

$-7\cdot(36+5t-t^2) = 5t(5-2t)$

$-252-35t+7t^2 = 25t-10t^2.$

$\delta Q = \delta A + dU.$

$\nu c\,dT = p\,dV + \nu c_V\,dT.$

$17t^2-60t-252=0$

$D = 3600+144^2.$

$\begin{array}{r} 252 \\ \times\ 68 \\ \hline 2016 \\ 1512 \\ \hline 17136 \\ +\ 3600 \\ \hline 20736 \end{array}$

$c = \frac{p\,dV}{\nu dT} + c_V.$

$c = \frac{R\cdot p\,dV}{p\,dV+V\,dp} + c_V$

$t = \frac{60\pm144}{34} = \frac{204}{34} = 6$

$\Rightarrow \frac{V}{V_0} = 6$ и $\frac{p}{p_0} = 5.$

$\nu dT = \frac{p\,dV+V\,dp}{R}$

$c = c_V + R\cdot\frac{1}{1+\frac{V}{p}\cdot\frac{dp}{dV}}$

$\begin{array}{r} 144 \\ \times\ 144 \\ \hline 576 \\ 576 \\ +\ 144 \\ \hline 20736 \end{array}$

$\begin{array}{r} 146^2 \\ \times\ 146 \\ \hline 876 \\ +\ 876 \\ 584 \\ +\ 146 \\ \hline 216 \end{array}$

$dA = p\,dV.$

$dA\ \frac{p_0 V_0}{p_0}$

$\int \frac{dA}{p_0V_0} = \frac{p}{p_0}d\frac{V}{V_0}.$

$\frac{A}{p_0V_0} = \int\frac{p}{p_0}d\frac{V}{V_0} = \frac{1}{6}\int(36+5t+t^2)\,dt =$

$\frac{1}{6}\left[36t + \frac{5}{2}t^2 + \frac{t^3}{3}\right].$

$c = c_V + R\cdot\frac{1}{1+\frac{V/V_0}{p/p_0}\cdot\frac{d(p/p_0)}{d(V/V_0)}}$

03-54-62-34 (107.1)

Черновик.

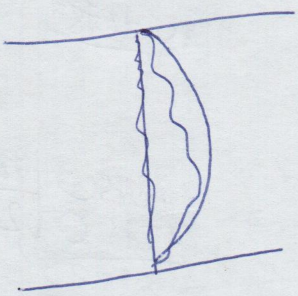
$$\frac{p}{p_0} = a\left(\frac{V}{V_0}\right)^2 + b\frac{V}{V_0} + c$$

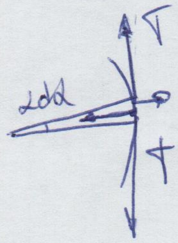
$$\frac{d\frac{p}{p_0}}{d\frac{V}{V_0}} = 2a\frac{V}{V_0} + b.$$

$$\frac{2a\frac{V}{V_0}+b}{a\left(\frac{V}{V_0}\right)^2 + b\frac{V}{V_0} + c} = const$$

$\frac{V}{V_0}$ $\quad 2at + b = const\left(at^2 + bt + c\right)$

№3.





$2T\,d\alpha = N$

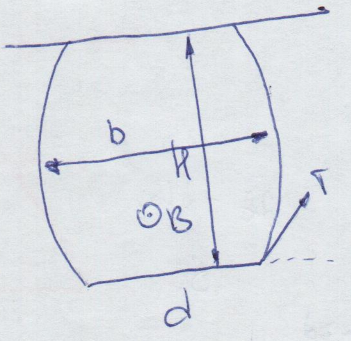
$d\alpha = \frac{2T}{N}$

$dl = R\,d\alpha \cdot 2$

$2T\,d\alpha = dl \cdot BI$

$T = BIR$

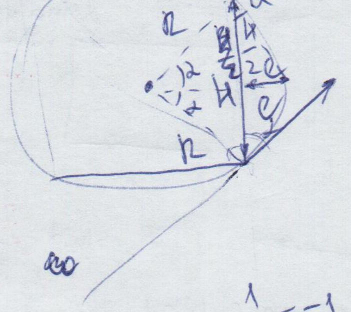
$T = BI\,\frac{h}{2}\sqrt{\frac{h^2}{4l^2}+1}$



$tg\,\alpha = \frac{l}{2h}$

$BIh\sqrt{\frac{h^2}{4l^2}+1}\cdot\frac{h}{\sqrt{h^2+4l^2}} =$

$BIh^2\cdot\sqrt{\frac{1}{4l^2}} = \frac{BIh^2}{2l} = mg \Rightarrow$



$I = \frac{2mgl}{Bh^2}$, где

$h^2 = 2R^2(1-\cos 2\alpha)$

$h^2 = 2R^2\cdot(2\sin^2\alpha) \Rightarrow \quad l = \frac{D-d}{2}.$

$h^2 = 4R^2\sin^2\alpha \Rightarrow h = 2R\sin\alpha \qquad I = \frac{mg(D-d)}{Bh^2}.$

$ctg^2\alpha = \frac{1}{\sin^2\alpha} - 1$

$\frac{h}{2} = R\sin\alpha \qquad h = 2R\sin\alpha \qquad \sin\alpha = \frac{h}{2R}$

$2l = h\,tg\,\alpha.$

$\frac{h^2}{4l^2} = \frac{4R^2}{h^2} - 1.$

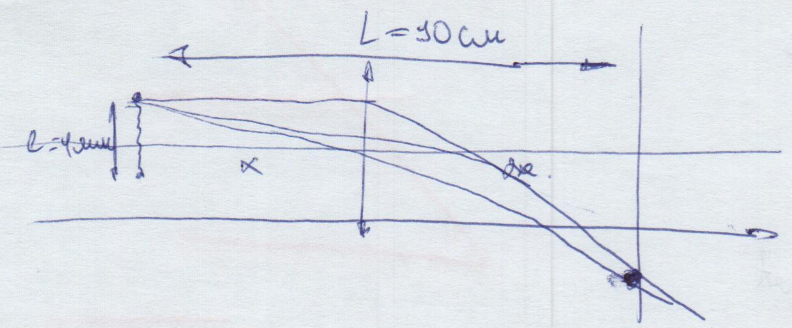
$l = \frac{h}{2}\cdot tg\,\alpha$

$ctg\,\alpha = \frac{h}{2l}. \quad tg\,\alpha = \frac{2l}{h}.$

$\frac{h^2}{4l^2} + 1 = \frac{4R^2}{h^2}.$

$\frac{h^2}{4}\left(\frac{h^2}{4l^2}+1\right) = R^2 \Rightarrow \quad R = \frac{h}{2}\sqrt{\frac{h^2}{4l^2}+1}$

Черновик



x = 30 см.

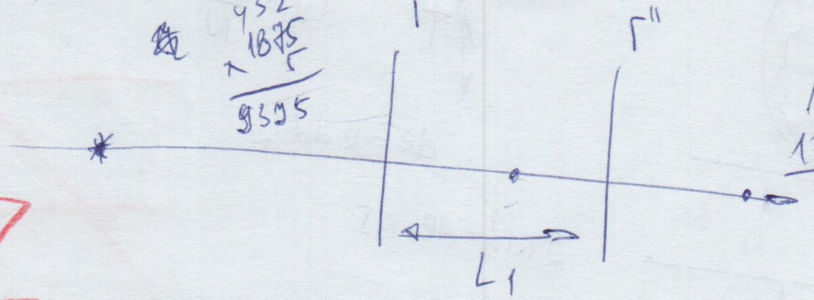
$D = \frac{1}{30} + \frac{1}{60} = \frac{3}{60} = \frac{1}{20}$ см$^{-1}$. ≈ 3,3 мм$^{-1}$

375
1875
7875

7875 | 1875

432
× 1875
9375

18750 | 7875
15750 | 2,3
30000
528



$\Gamma' \cdot \Gamma'' = -0,4$

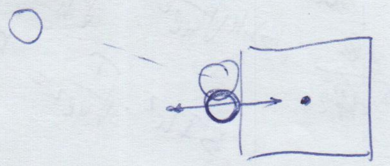
$\frac{\Gamma''}{\Gamma'''} = \frac{4}{5}$.

$\Gamma' \cdot \Gamma''' = -0,5$.

27 − 216.

−189

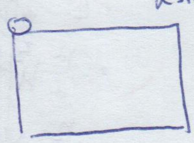
1.



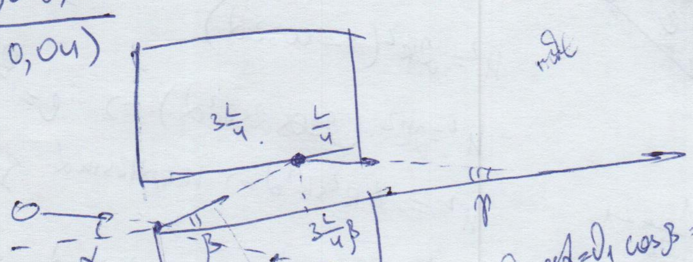
$\frac{4}{2R} = \sin 2\alpha$

$\frac{2l}{4} = tg\,\alpha$.

$\sin 2\alpha = 2\sin\alpha\cos\alpha = 2\sin^2\alpha / tg\,\alpha$.



$\frac{2 \cdot 0,8 \cdot 9,8 \cdot 0,2}{3,5(1 - 0,04)}$



$\sin\alpha = \frac{2l}{\sqrt{4l^2+4^2}}$

$\vartheta_0\cos\alpha = \vartheta_1\cos\beta = \vartheta_2\cos\gamma$

$\sin 2\alpha = \frac{8l^2}{4l^2+4^2} \cdot \frac{4}{2l} = \frac{4l4}{4l^2+4^2}$.

$\frac{1,6 \cdot 9,8 \cdot 0,2}{3,5 \cdot 0,96} = \frac{16 \cdot 98 \cdot 2}{35 \cdot 96} = \frac{98}{105}$.

980 | 105
−945 | 9,3333
350
−315
35

03-54-62-34
(107.1)

Черновик.

$p = aV^2 + bV + c$

$\nu c\,dT = \nu c_V\,dT + p\,dV$

$C = C_V + \frac{p\,dV}{\nu\,dT} = C_V + \frac{p\,dV \cdot R}{p\,dV + V\,dp} = C_V + \frac{R}{1 + \frac{dp}{dV}\cdot\frac{V}{p}}$

$\frac{dp}{dV} = 2aV + b$. $\frac{p}{V} = aV + b + \frac{c}{V}$

$\frac{p_0}{6}\left(36\cdot 3V_0 + \frac{5}{2}\,27V_0 - \frac{189V_0}{3}\right)$

$\frac{2aV + b}{aV + b + \frac{c}{V}} = const.$

$p_0\left(18V_0 + \frac{5}{4}\cdot 9V_0 - \frac{63}{6}V_0\right)$

$2aV + b = const\left(aV + b + \frac{c}{V}\right)$.

$\cancel{216 - 24}$

$2aV + b = a\,const\,V + const\,b + \frac{c}{V}$

$V(2a - a\,const) + b(1 - const) - \frac{c}{V} = 0$.

$\frac{45}{4} - \frac{63}{6}$.

$\frac{135 - 126}{12} = \frac{3}{4}$.

$c = 0$.

$const = 2$. $\cancel{const = 2}$

$\eta = \frac{A}{Q}$.

$\frac{dp}{dV}\cdot\frac{V}{p} = 2$.

$A = p\,dV$

$\frac{A}{p_0V_0} = \int \frac{p}{p_0}\frac{dV}{V_0}$

$p = \frac{p_0}{6}\left[36 + 5\frac{V}{V_0} - \left(\frac{V}{V_0}\right)^2\right]$ $\frac{dp}{dV}$

$\frac{dp}{p} = 2\frac{dV}{V}$.

$\ln p = 2\ln V$

$p = V^2\,const$

$p = const\cdot V^2$.

$pV^n = const$. ✓

$pV^{-2} = const$. ✓

$\frac{c - c_p}{c - c_V} = -2$.

$c - \frac{7}{2}R = -2\left(c - \frac{5}{2}R\right)$.

$c - \frac{7}{2}R = -2c + 5R$.

$3c = \frac{17}{2}R$

$c = \frac{17}{6}R$ ✓

$p\,dV$.

$\cancel{\int \frac{p_0}{6} \ldots}$

$\int \frac{p_0}{6}\left(36 + 5\frac{V}{V_0} - \frac{V^2}{V_0^2}\right)dV =$

$\int_{3V_0}^{5V_0} \frac{p_0}{6}\left(36 + 5\frac{V}{V_0} - \frac{V^2}{V_0^2}\right)dV$

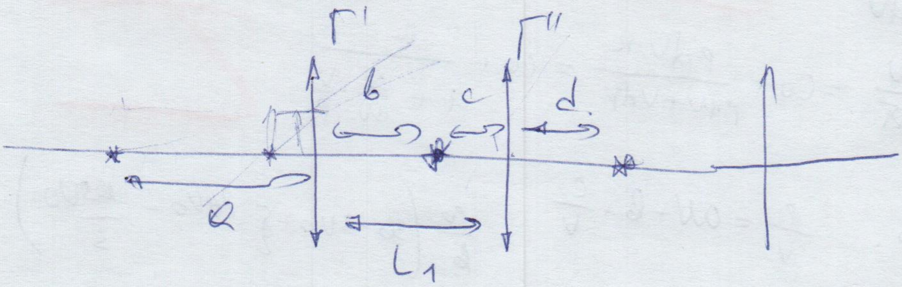
$\frac{p_0}{6}\left[36V + \frac{5}{2}\frac{V^2}{V_0} - \frac{V^3}{3V_0^2}\right]_{3V_0}^{5V_0}$

98

$\cancel{\ldots}$ $- 98 -$

$\frac{p_0}{6}\left(72V_0 + \frac{5}{2}\,\frac{16V_0^2}{V_0} - \frac{98V_0}{3}\right)$

Черновик



$$\begin{cases} \frac{b}{a}\cdot\frac{d}{c} = -0{,}4 & b+c=20 \\ \frac{b}{a}\cdot\frac{d'}{c'} = -0{,}5 & b+c'=40 \\ \frac{b}{a}\cdot\frac{d''}{c''} = x & b+c''=80 \end{cases}$$

$D = \frac{1}{a} = \frac{1}{b}$

$$\begin{cases} \frac{b}{a}\cdot\frac{d}{20-b} = -0{,}4 \\ \frac{b}{a}\cdot\frac{d'}{40-b} = -0{,}5 \\ \frac{b}{a}\cdot\frac{d''}{80-b''} = x \end{cases}$$

$D = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$ $\quad b = \frac{a}{aD-1}$

$\frac{a}{b} = \frac{1}{bD-1}$ $\quad \frac{b}{a} = \frac{1}{aD-1}$

$\frac{c}{d} = \frac{1}{cD-1}$

$\frac{1}{a} = \frac{bD-1}{b}$

$a = \frac{b}{bD-1}$

$\frac{a}{b} = \frac{1}{bD-1}$

$\frac{d}{c} = \frac{1}{dD-1}$

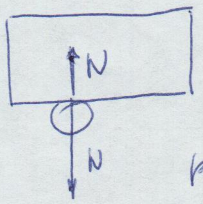
$$\frac{1}{bD-1}\cdot\frac{1}{dD-1} = -0{,}4$$

03-54-62-34
(107.1)

Чистовик.

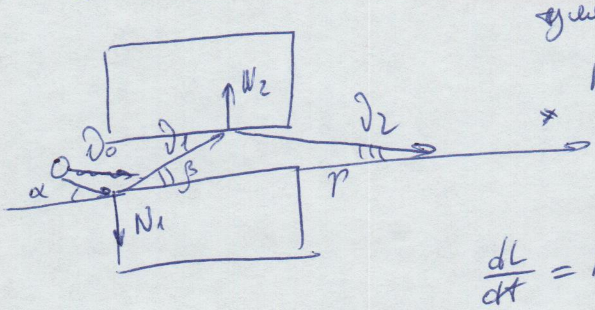
Вопрос.

Рассмотрим соударение шайбы с бруском.



В момент соударения за короткий промежуток времени dt сила N передаёт импульс шайбы бруску. Если линия действия силы N проходит через ц.м. бруска, то момент этой силы равен 0 => не меняется момент импульса бруска и он движется только поступательно. Иначе, начнётся движение, состоящее из поступательного и вращательного. Для шайбы, которая обладает центральной симметрией, линия действия силы N всегда направлена через ц.м. => поэтому она никогда не начнёт вращаться в отсутствие трения.

Задание.



Запишем закон сохранения импульса для шайбы и импульс бруска:

$N_1 dt = m(\vartheta_0 \sin\alpha + \vartheta_1 \sin\beta) \approx m(\vartheta_0\alpha + \vartheta_1\beta)$

$N_1 dt = MU$ =>

$MU = m(\vartheta_0\alpha + \vartheta_1\beta)$. $U = \frac{m}{M}(\vartheta_0\alpha + \vartheta_1\beta)$.

$\frac{dL}{dt} = M_N$ => $I\omega R/2 = N dt R/2$

=> $I\omega = m(\vartheta_0\alpha + \vartheta_1\beta)$ => $I = \frac{m(\vartheta_0\alpha + \vartheta_1\beta)}{\omega}$

Запишем ЗСЭ: $\frac{m\vartheta_0^2}{2} = \frac{I\omega^2}{2} + \frac{MU^2}{2} + \frac{m\vartheta_1^2}{2}$.

$\frac{m}{2}(\vartheta_0^2 - \vartheta_1^2) = \frac{m\omega(\vartheta_0\alpha + \vartheta_1\beta)}{2} + \frac{m^2(\vartheta_0\alpha + \vartheta_1\beta)}{2M}$

$\vartheta_0\alpha = \vartheta_1\beta = \vartheta_2\gamma$ — ЗСИ на Ox.

Чистовик.

Задание 2.

Вопрос:

Процессы с постоянной теплоёмкостью называются политропами. Они имеют вид: $pV^n = const \Rightarrow p = const\, V^{-n} \Rightarrow$ Единственный процесс, имеющий вид нужный, это $pV^{-2} = const$.

есть и другой

Для расчёта молярной теплоёмкости процесса запишем 1 начало термодинамики: $\delta Q = \delta A + dU \Rightarrow \nu C dT = \nu C_V dT + p dV \Rightarrow$

$C = C_V + \frac{p dV}{\nu dT}$. Продифференцируем ур-ие состояния ид. газа:

$pV = \nu RT \Rightarrow p dV + V dp = \nu R dT \Rightarrow C = C_V + \frac{p dV \cdot R}{p dV + V dp} = C_V + \frac{R}{1 + \frac{V}{p}\frac{dp}{dV}}$.

Если $pV^{-2} = const$, то $dp V^{-2} + p \cdot V^{-3}(-2) dV = 0 \Rightarrow$

$\frac{dp}{V^2} = \frac{2p dV}{V^3} \Big| \cdot V^2/p \Rightarrow$

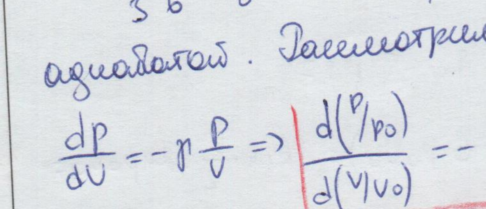
$\frac{dp}{p} - \frac{2dV}{V} = 0 \Rightarrow \frac{dp}{dV} = 2\frac{dV}{V} \Rightarrow \frac{dp}{dV} \cdot \frac{V}{p} = 2 \Rightarrow$

$C = C_V + \frac{R}{1+2} = C_V + \frac{R}{3} = \frac{5R}{2} + \frac{R}{3} = \frac{17R}{6}$.

Ответ: процесс имеет вид $pV^{-2} = const$; $C_\nu = \frac{17R}{6}$

1/2 ответа

Задача:



Для $\frac{p}{p_0} = \frac{1}{6}\left(36 + 5\frac{V}{V_0} - \left(\frac{V}{V_0}\right)^2\right)$:

$\frac{d\frac{p}{p_0}}{d\frac{V}{V_0}} = \frac{5}{6} - \frac{1}{3}\frac{V}{V_0}$. Газ получает тепло, пока график его процесса лежит „над" адиабатой. Рассмотрим т. касания. Для неё справедливо:

$\frac{dp}{dV} = -\gamma \frac{p}{V} \Rightarrow \boxed{\frac{d(p/p_0)}{d(V/V_0)} = -\gamma \frac{p}{V} \cdot \frac{V_0}{p_0}}$. Приравняем:

$\frac{5}{6} - \frac{1}{3}\frac{V}{V_0} = -\gamma \frac{p}{V} \cdot \frac{V_0}{p_0}$ Подставим $\frac{p}{p_0}$:

$\frac{5}{6} - \frac{1}{3}\frac{V}{V_0} = -\gamma \frac{V_0}{V} \cdot \frac{1}{6}\left(36 + 5\frac{V}{V_0} - \left(\frac{V}{V_0}\right)^2\right)$. Заменим $\frac{V}{V_0}$ на t.

Чистовик.

Задание 2:

$$\left(\frac{5}{6}-\frac{1}{3}t\right)t=\frac{1}{6}\left(36+5t-t^2\right)\cdot\gamma \quad \Rightarrow \text{т.к. } \gamma=\frac{c_p}{c_v}=\frac{\frac{7}{2}R}{\frac{5}{2}R}=\frac{7}{5}:$$

$$\frac{5}{8}\ 5(5-2t)t=(36+5t-t^2)\cdot 7 \Rightarrow$$

$$25t-10t^2=7t^2-35t-252 \Rightarrow$$

$$17t^2-60t-252=0$$

$$D=3600+4\cdot 17\cdot 252=20736 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t=\frac{60\pm\sqrt{20736}}{34}=\frac{60+144}{34}=\frac{204}{34}=6 \Rightarrow \frac{V}{V_0}=6 \Rightarrow$$

$$\frac{p}{p_0}=\frac{1}{6}(36+30-36)=5.$$

$$\eta=\frac{A}{Q}.\quad dA=pdV \Rightarrow A_{14}=\int_{3V_0}^{6V_0}\frac{p_0}{6}\left(36+5\frac{V}{V_0}-\frac{V^2}{V_0^2}\right)dV=$$

$$=\frac{p_0}{6}\left[36V+\frac{5}{2}\frac{V^2}{V_0}-\frac{V^3}{3V_0^2}\right]_{3V_0}^{6V_0}=\frac{p_0}{6}\left(36\cdot 6V_0+\frac{5}{2}\cdot\frac{36V_0^2}{V_0}-\frac{216V_0^3}{3\cdot V_0^2}\right)$$

$$-\frac{p_0}{6}\left(36\cdot 3V_0+\frac{5}{2}\cdot\frac{9V_0^2}{V_0}-\frac{27V_0^3}{3V_0^2}\right)=\frac{p_0}{6}\left(36\cdot 3V_0+\frac{5}{2}\cdot\frac{27V_0^2}{V_0}-\frac{189V_0^3}{3V_0^2}\right)=$$

$$\cancel{\frac{p_0}{6}}=p_0\left(18V_0+\frac{5}{4}\cdot 9V_0-\frac{63}{6}V_0\right)=p_0\left(18V_0+\frac{45}{4}V_0-\frac{63}{6}V_0\right)=$$

$$=p_0\left(18V_0+\frac{135-126}{12}V_0\right)=p_0V_0(18+0{,}75)=18{,}75\,p_0V_0.$$

$$Q_+=Q_{31}+Q_{14}=\frac{5}{2}R\nu(T_1-T_3)+A_{14}+\frac{5}{2}R\nu(T_4-T_1)=$$

$$A_{14}+\frac{5}{2}\nu R(T_4-T_3)=A_{14}+\frac{5}{2}\cdot(30p_0V_0-6p_0V_0)=A_{14}+\frac{5}{2}\cdot 24p_0V_0=$$

$$A_{14}+60p_0V_0 \Rightarrow \eta=\frac{A_{14}}{A_{14}+60p_0V_0}=\frac{18{,}75p_0V_0}{78{,}75p_0V_0}\approx 0{,}23$$

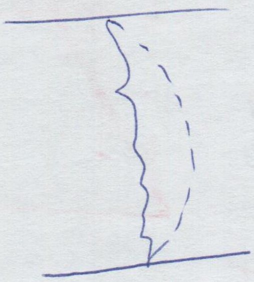
ошибка

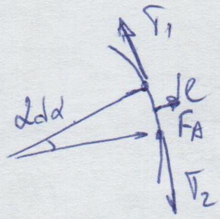
Ответ: теплота подводится на участках 3-1 и 1-4, отводится — на участках 4-2 и 2-3; $\eta\approx 0{,}23$.

Чистовик

Задание 3.

Вопрос:





Апроксимируем кусочек провода дугой окружности длины dl. +

На кусочек действуют 3 силы: T_1, T_2, F_A. Он покоится $\Rightarrow$

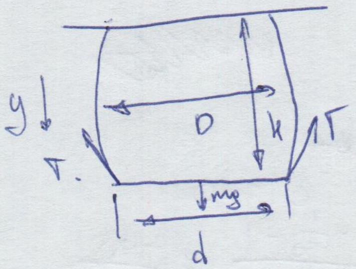
$T_1 \cdot d\alpha = T_2 d\alpha \Rightarrow T_1 = T_2 = T$ и $T = const$

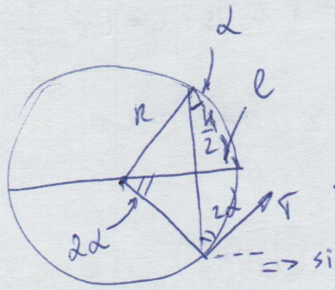
$F_A = 2T \cdot d\alpha \Rightarrow$ ~~$2d\alpha = \frac{F_A}{2T}$~~

$BIdl = 2Td\alpha \Rightarrow BIR = \cancel{2}T \Rightarrow R = \frac{T}{BI} = const. \Rightarrow$ форма — дуга окружности.

Ответ: дуга окружности.

Задание





$\frac{H}{2} = R \cdot \sin 2\alpha$

$l = \frac{H}{2} \cdot tg\,\alpha$

$\sin 2\alpha = 2\sin\alpha\cos\alpha = 2\sin^2\alpha / tg\,\alpha$

$\Rightarrow \sin^2\alpha = \frac{4l^2}{H^2+4l^2} \Rightarrow$

$\sin 2\alpha = \frac{\cancel{4}\,8l^{\cancel{2}}}{H^2+4l^2} \cdot \frac{H}{\cancel{2l}} = \frac{4Hl}{H^2+4l^2} = \frac{H}{2R} \Rightarrow$

$R = \frac{H^2+4l^2}{8l} \Rightarrow$ т.к. $T = BIR$, $T = BI\frac{H^2+4l^2}{8l}$; $\cos 2\alpha = 1 - 2\sin^2\alpha$ ⊖ сила Ампера?

Т.к. стержень покоится: $mg = 2T\cos 2\alpha = 2T(1 - 2\sin^2\alpha) =$

$= 2T\left(1 - 2\cdot\frac{4l^2}{H^2+4l^2}\right) = 2T\left(\frac{H^2+4l^2-8l^2}{H^2+4l^2}\right) = 2T\frac{H^2-4l^2}{H^2+4l^2} =$

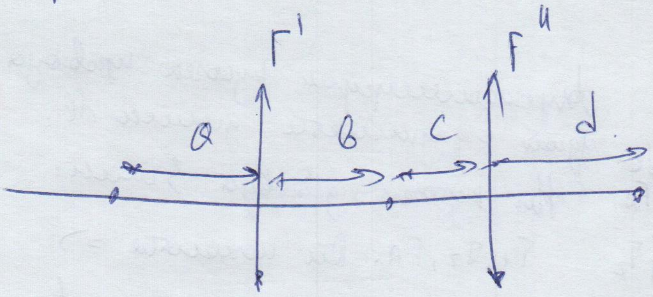
~~$= 2T \cdot \frac{H^2 - 4\cdot\left(\frac{D-d}{2}\right)^2}{H^2+4\left(\frac{D-d}{2}\right)^2} = 2T \cdot \frac{H^2-(D-d)^2}{H^2+(D-d)^2} = mg$~~

$= \cancel{2} \cdot BI\frac{\cancel{H^2+4l^2}}{\cancel{8}_4 l} \cdot \frac{H^2-4l^2}{\cancel{H^2+4l^2}} = BI \cdot \frac{H^2-4l^2}{4l}$, а т.к. $l = \frac{D-d}{2}$:

$mg = BI\frac{H^2-(D-d)^2}{2(D-d)} \Rightarrow I = \frac{2mg(D-d)}{B(H^2-(D-d)^2)} = \frac{2\cdot 0{,}8\cdot 9{,}8\cdot 0{,}2}{3{,}5(1-0{,}04)} \approx 0{,}93A$

Ответ: 0,93A —

Черновик.



$D = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$

$\frac{b}{a} \cdot \frac{d}{c} = Г_1$ $\quad b + c = L_1$

$\frac{1}{a} = D - \frac{1}{b}$

$\frac{1}{a} = \frac{bD-1}{b}$ $\quad \frac{a}{b} = \frac{1}{bD-1}$

$$\begin{cases} (bD-1)\left(\frac{1}{cD-1}\right) = Г_1 & b+c = L_1 \\ (bD-1)\left(\frac{1}{c'D-1}\right) = Г_2 & b+c' = L_2 \end{cases}$$

$\frac{1}{b} = D - \frac{1}{a}$ $\quad \frac{b}{a} = \frac{1}{aD-1}$

$\frac{(bD-1)}{(c''D-1)} = Г_3$

$c'' = 30$

$\frac{40 \cdot \frac{1}{30} - 1}{30 \cdot \frac{1}{30} - 1} = -0{,}5$

$\frac{bD-1}{(L_1-b)D-1} = Г_1$ $\quad \frac{bD-1}{(L_2-b)D-1} = Г_2$

$bD - 1 = Г_1 (L_1 - b) D - Г_1$

$40x - 1 = 0{,}4(20-40)\cdot x - 0{,}4$

$40x - 1 = 8 - 16 - 8x - 0{,}4$

$bD - 1 = Г_1(L_1 - b)D - Г_1$

$bD - 1 = Г_2(L_2 - b)D - Г_2$

$2(20-x) - 5x = 3(40-x) - 6x$

$48x = 0{,}6$

$Г_2 - 1 = D(Г_2(L_2-b) - b)$

$Г_1 - 1 = D(Г_1(L_1-b) - b)$

$40 - 7x = 120 - 9x$ $\quad x = \frac{0{,}6}{48} = \frac{6}{480} = \frac{1}{80}$ см$^{-1}$

$2x = 80$ $\quad b = 40$ см.

$\frac{Г_2 - 1}{Г_1 - 1} = \frac{Г_2(L_2-b) - b}{Г_1(L_1-b) - b}$

$\frac{0{,}5}{0{,}6} = \frac{0{,}5(400-x) - x}{0{,}4(20-x) - x}$

$\frac{1-0{,}4}{40-0{,}4\cdot -20} = \frac{0{,}6}{40+16} = \frac{0{,}6}{56} = \frac{6}{560} =$

$(Г_2 - 1)(Г_1 L_1 - b(Г_1 + 1)) = (Г_1 - 1)(Г_2 L_2 - b(Г_2 + 1))$

$(Г_2 - 1)Г_1 L_1 - b(Г_2 - 1)(Г_1 + 1) = (Г_1 - 1)Г_2 L_2 - (Г_1 - 1)(Г_2 + 1)b$

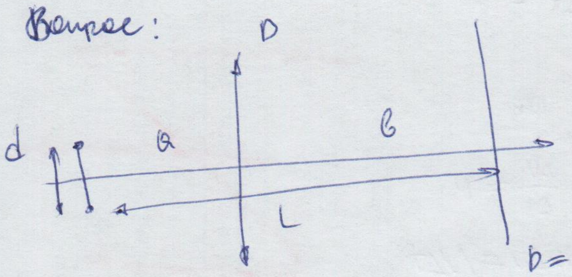
$b\big((Г_1 - 1)(Г_2 + 1) - (Г_2 - 1)(Г_1 + 1)\big) = (Г_1 - 1)Г_2 L_2 - (Г_2 - 1)Г_1 L_1$

$\frac{1-0{,}4}{40-0{,}4(20-40)} = \frac{0{,}6}{40+0{,}4\cdot 20} = \frac{0{,}6}{40+8} = \frac{6}{480} = \frac{1}{80}$

$\frac{125}{10000}$

Чистовик.

Вопрос:



Линза собирающая, т.к. мы получаем действительное изображение на экране.

Т.к $Г = \frac{8мм}{4мм} = 2$, то $\frac{a}{b} = \frac{1}{2} \Rightarrow$

т.к. $a + b = L$; $a = \frac{L}{3}$, $b = \frac{2L}{3}$

$D = \frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$; $D = \frac{3}{L} + \frac{3}{2L} = \frac{9}{2L} =$

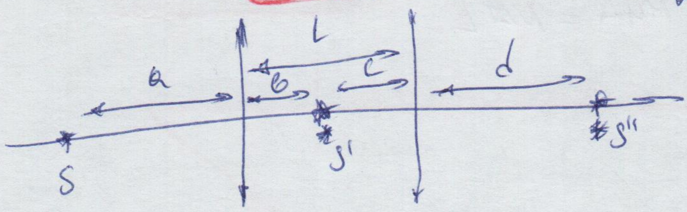
$\frac{9}{2 \cdot 90см} = \frac{1}{20} см^{-1} = 0{,}05 см^{-1}$.

+

Ответ: $0{,}05 см^{-1}$

Задание

Пусть нам неизвестно какие линзы: собирающие или рассеивающие.



S^* - изображение S в 1 линзе.

S'' - изображение S' во 2 линзе.

$Г_1 = \frac{b}{a} \cdot \frac{d}{c}$ $\quad Г_2 = \frac{b}{a} \cdot \frac{d'}{c'}$ $\quad Г_3 = \frac{b}{a} \cdot \frac{d''}{c''}$

$Г_1 = \frac{b}{a} \cdot \frac{d}{c}$. Формула тонкой линзы: $D = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \Rightarrow$

$\frac{b}{a} = \frac{1}{aD-1}$; $\frac{a}{b} = \frac{1}{bD-1} \Rightarrow \frac{b}{a} = bD - 1$.

+

Аналогично $\frac{d}{c} = \frac{1}{cD-1} \Rightarrow$

−

$$\begin{cases} \frac{bD-1}{cD-1} = Г_1 \\ \frac{bD-1}{c'D-1} = Г_2 \\ b + c = L_1 \\ b + c' = L_2 \end{cases} \Leftrightarrow$$

$\frac{bD-1}{(L_1-b)D-1} = Г_1$ $\quad \frac{bD-1}{(L_2-b)D-1} = Г_2$

$bD - 1 = Г_1(L_1-b)D - Г_1$

$bD - 1 = Г_2(L_2-b)D - Г_2$

$Г_2 - 1 = D(Г_2(L_2-b) - b)$

$Г_1 - 1 = D(Г_1(L_1-b) - b)$.

$\frac{Г_2-1}{Г_1-1} = \frac{Г_2(L_2-b)-b}{Г_1(L_1-b)-b} \Rightarrow$

$(Г_2-1)Г_1L_1 - b(Г_2-1)(Г_1+1) = (Г_1-1)Г_2L_2 - (Г_1-1)(Г_2+1)b$.

$b = \frac{(Г_1-1)Г_2L_2 - (Г_2-1)Г_1L_1}{(Г_1-1)(Г_2+1) - (Г_2-1)(Г_1+1)} = 40см \Rightarrow$

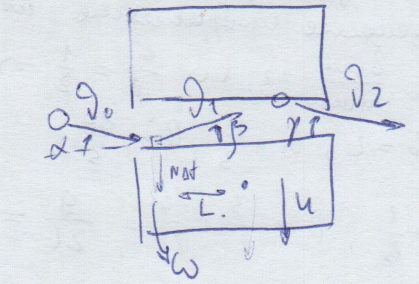
$bD - 1 = Г_1(L_1-b)D - Г_1 \Rightarrow$ ~~...~~ $D(b - Г_1(L_1-b)) = 1 - Г_1$

$D = \frac{1-Г_1}{b - Г_1(L_1-b)} = \frac{0{,}6}{40+0{,}4 \cdot 20} = \frac{1}{80} см^{-1} = 0{,}0125 см^{-1}$. $\Rightarrow F = 80см$ и если расстояние между линзами равно 80, то $Г_3 = \infty$.

Ответ: $1/80 см$ и $Г_3 = \infty$.

−

Черновик



$N \cdot \Delta t = m(\vartheta_1 \sin\beta + \vartheta_0 \sin\alpha)$.

$m \frac{\Delta v}{\Delta t} = N$

$m \Delta v = N \Delta t$.

$Mu = m(\vartheta_1 \sin\beta + \vartheta_0 \sin\alpha)$.

$mu = I \omega L$

$L =$

$\frac{mu}{mR^2}$

$\frac{dL}{\Delta t} = M$.

$Mu L = N \Delta t L$