МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Покори ВоробьевыГоры!»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Кизимов Михаил Иванович**

Класс: 11

Технический балл: **81**

1	2	3	4	Σ	итог
5	5	5	3	18	81
15	20	10	18	63	

Дата проведения: **26 марта 2021 года**

Листовик. В3

№4.

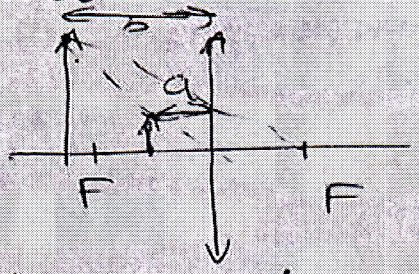
Вопрос: $D = \frac{1}{F}$ - оптическая сила, F - фокусное расст.

$[F] = [м]$ $[D] = [дптр]$

Задача: изображение прямое в ~~рассеивающих~~ собир. линз, когда предмет нах. ближе фокуса (a - расст. от пр. до линз $a < F$)

либо при любом положении в рассеивающих линзах

1сл.



$F - a = d$

для симм: $b - F = d$

$\begin{cases} b = F + d \\ a = F - d \end{cases}$

по ф. тонк. линзе $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$ $\frac{1}{F-d} + \frac{1}{F+d} = \frac{1}{F}$

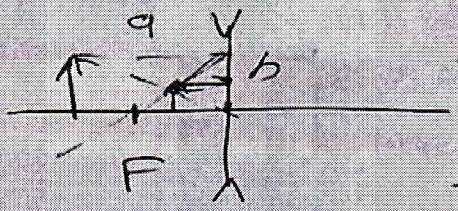
$\frac{F+d+F-d}{F^2-d^2} = \frac{1}{F}$ $2Fd = F^2 - d^2$ $F^2 - 2Fd - d^2 = 0$

$D' = d^2 + d^2 = 2d^2$ $F_1 = d + \sqrt{2}d$ ✓

$F_2 = d - \sqrt{2}d$ - линза собир. $\Rightarrow F > 0$

$F_2 < 0$ - не подх.

2сл.



$\begin{cases} a - F = d \\ F - b = d \end{cases}$ $a = d + F$ $b = F - d$

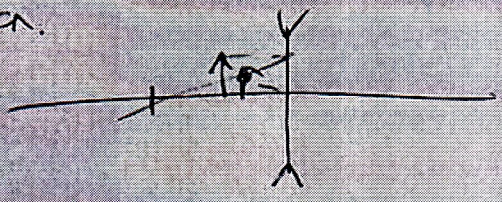
по ф. тонк. линзе $\frac{1}{d+F} - \frac{1}{F-d} = -\frac{1}{F}$

$\frac{F-d-d-F}{F^2-d^2} = -\frac{1}{F}$ $-2dF = F^2 - d^2$ $F^2 + 2dF - d^2 = 0$

$D' = d^2 + d^2 = 2d^2$ $F_3 = -d + \sqrt{2}d$ $F_4 = -d - \sqrt{2}d$ т.к. в ф.т.линзе справа $\frac{1}{F_1}$ по фокусное расст считаем положительным $\Rightarrow F_4$ - неот. кор.

$F_3 = d(\sqrt{2} - 1)$ ✓

3сл.



при $a < F$ изобр. и П по одну ст. от линзы $\Rightarrow$ симметрии нет

Печатовец (2)

подходят $F_1 = d(\sqrt{2}+1)$ и $F_3 = d(\sqrt{2}-1)$

$F_1 = 0{,}15 \cdot 2{,}41 = 0{,}38$ м $\quad F_3 = 0{,}15 \cdot 0{,}41 = 0{,}0615$ м

$2{,}41 \times 0{,}15$ $\quad 0{,}15 \times 0{,}41$

1205 $\quad 615$

241 $\quad 60$

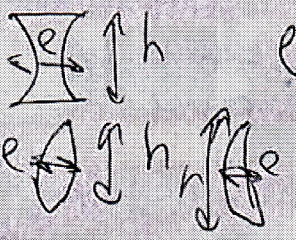
$0{,}3815$ $\quad 615$

$$\begin{cases} D_1 = \dfrac{1}{d(\sqrt{2}+1)} = \dfrac{1}{0{,}38\text{м}} \approx 2{,}5 \text{ дптр} \\ D_2 = \dfrac{1}{d(\sqrt{2}-1)} = \dfrac{1}{0{,}0615\text{м}} \approx 16 \text{ дптр} \end{cases}$$

ответ

В дополнение к ответу на вопрос:

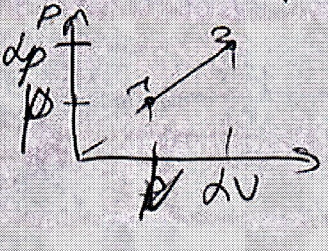
тонкая линза – та, чьи поперечн. размеры сс продольных



и т.д.

Письменная №2.

Вопрос:



$p = \alpha V \Rightarrow p_1 = p \quad V_1 = V$

$p_2 = \alpha p \quad V_2 = \alpha V$

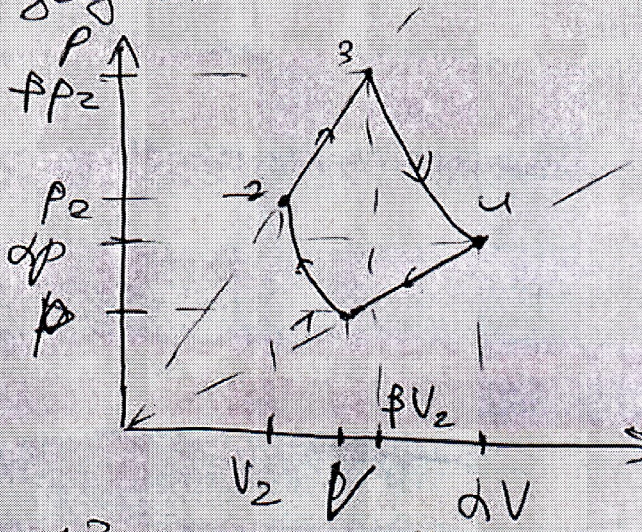
(т.к. $\frac{p}{V} = const$)

$A = \frac{(p + \alpha p)(\alpha V - V)}{2} = \frac{pV(\alpha^2 - 1)}{2}$

$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2}(\alpha^2 pV - pV) = \frac{3}{2} pV(\alpha^2 - 1) = 3A$

$\Delta U = 3A = 3$ кДж – ответ

Задача:



при $p \sim V \quad \frac{p}{V} = const \Rightarrow$

пусть $p_1 = p \quad p_2 = p_2 \quad p_3 = \beta p_2$

$V_1 = V \quad V_2 = V_2 \quad V_3 = \beta V_2$

$p_4 = \alpha p$

$V_4 = \alpha V$

1-2 изотерма $\Rightarrow pV = p_2 V_2$

3-4 изотерма $\Rightarrow \beta^2 p_2 V_2 = \alpha^2 pV$

$\beta^2 = \alpha^2 \quad \beta = \alpha$

пусть $T_{34} = nT$ – макс. T_0 в цикле

$T_{12} = T$ – мин T в цикле

$\left.\begin{array}{l} \alpha^2 pV = \nu R n T \\ pV = \nu R T \end{array}\right\} \Rightarrow \alpha^2 = n = \beta^2$

из усл. $A_{34} = -kA_{41}$

В изотерм. проц. $A = \int_{V_1}^{V_2} p\,dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{\nu R T\, dV}{V} = \nu R T \ln \frac{V_2}{V_1}$

$A_{34} = \nu R n T \ln \frac{\alpha V}{\beta V_2} = \nu R T n \ln \frac{V}{V_2} = -nA_{12}$

$A_{12} = \nu R T \ln \left(\frac{V}{V_2}\right)^{-1} = -\nu R T \ln \frac{V}{V_2}$

$A_{12} = \frac{-A_{34}}{n} = \frac{kA_{41}}{n}$

$\eta = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{34} + A_{41}}{Q_{23} + Q_{34}}$ (*)

$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23}$

$A_{23} = \frac{(p_2 + \beta p_2)(\beta V_2 - V_2)}{2} = \frac{p_2 V_2 (\beta^2 - 1)}{2}$

$\Delta U_{23} = \frac{3}{2}(\beta^2 pV - 1) = 3A_{23}$

$Q_{23} = 4A_{23}$

$Q_{34} = \Delta U_{34} + A_{34} = A_{34}$ ($\Delta U_{34} \to 0$)

$A_{41} = \frac{pV(\alpha^2 - 1)}{2} = \frac{p_2 V_2 (\beta^2 - 1)}{2}$

$A_{23} = \frac{p_2 V_2 (\beta^2 - 1)}{2} = -A_{41}$

Числовик

подставим все в (*)

$$\eta = \frac{\frac{kA_{u1}}{n} - A_{u1} - kA_{u1} + A_{u1}}{-4A_{u1} - kA_{u1}} = \frac{\frac{k}{n} - k}{-4-k} = \frac{k - \frac{k}{n}}{4+k}$$

$\eta = \frac{1}{6}$ - ответ

Листовик №1.

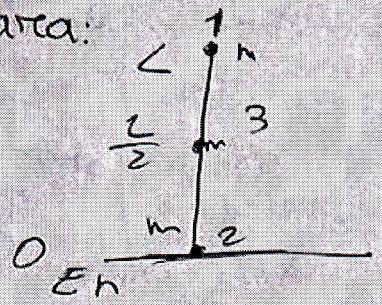
Вопрос:



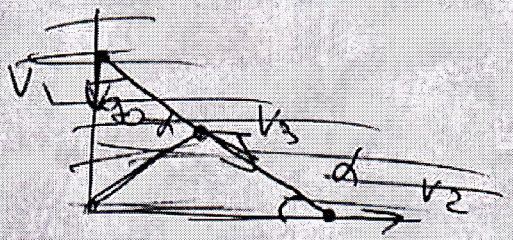
т.к. стержень жёсткий, то проекции скоростей всех его точек на ось стержня равны

$\Rightarrow v = 2v\cos\alpha \quad \cos\alpha = \frac{1}{2} \quad \alpha = 60^\circ$ - ответ

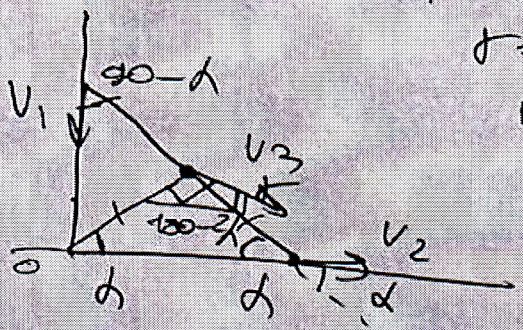
Задача:



$E_1 = E_n = mgL + \frac{mgL}{2} = \frac{3mgL}{2}$



шарик №3 вращается по окр. радиуса $\frac{L}{2}$



$\gamma = 90 - (180 - 2\alpha) = 2\alpha - 90$

т.к. стержень жёсткий, то

$V_1\cos(90-\alpha) = V_3\cos\gamma = V_2\cos\alpha$

$V_3 = \frac{V_2\cos\alpha}{\cos(2\alpha-90)} = \frac{V_2\cos\alpha}{2\sin\alpha\cos\alpha} = \frac{V_2}{2\sin\alpha}$

$V_1 = \frac{V_2\cos\alpha}{\sin\alpha}$

$E_2 = E_k + mgL\sin\alpha + \frac{mgL}{2}\sin\alpha = \frac{3mgL\sin\alpha}{2} + \frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} + \frac{mV_3^2}{2}$

$E_1 = E_2 \quad \frac{3mgL}{2}(1-\sin\alpha) = \frac{m}{2}(V_1^2 + V_2^2 + V_3^2)$

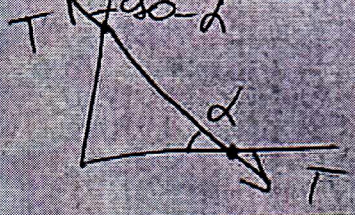
$3gL(1-\sin\alpha) = V_2^2\left(1 + \frac{1}{4\sin^2\alpha} + \frac{\cos^2\alpha}{\sin^2\alpha}\right) = V_2^2\left(\frac{1}{\sin^2\alpha} + \frac{1}{4\sin^2\alpha}\right)$

$3gL(1-\sin\alpha) = V_2^2\frac{5}{4\sin^2\alpha} \quad V_2^2 = \frac{12gL\sin^2\alpha(1-\sin\alpha)}{5}$

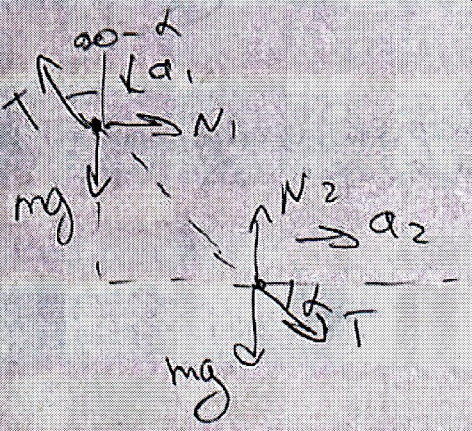
$V_2 = \sqrt{\frac{12gL\sin^2\alpha(1-\sin\alpha)}{5}}$

$V_2 = \sqrt{2{,}4 \cdot 10 \cdot 0{,}8^2 \cdot \frac{3}{4}(1-0{,}866)} = \sqrt{4{,}8 \cdot 0{,}134} \approx \sqrt{0{,}64} \approx 0{,}8$ м/с - ответ

т.к. стержень лёгкий, то силы на него скомпенсированы



Пластовик. (6)



$mg - T\sin\alpha = ma_1 \quad T = \frac{m(g-a_1)}{\sin\alpha}$

$ma_2 = T\cos\alpha = mctg\alpha(g-a_1)$

$a_2 tg\alpha = g - a_1$

т.к. в любой момент времени

$v_1 = v_2 ctg\gamma \quad v_2 = v_1 tg\gamma \Rightarrow$

(где γ - угол, прилеж к углу 2)

$\Rightarrow$ то $v_2 = v_1 tg\gamma$

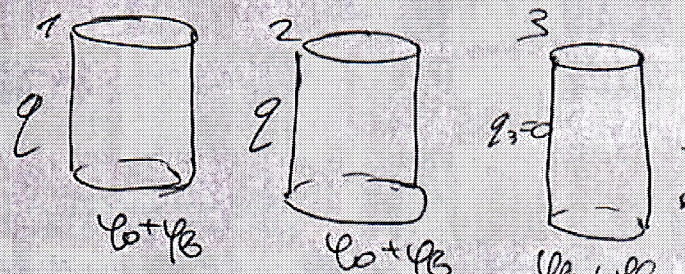
(у нас $\gamma = \alpha$)

$g = a_1 + a_1 tg^2\alpha \quad g\cos^2\alpha = a_1$

$\Leftrightarrow \underline{a_2 = g\cos^2\alpha tg\alpha = \frac{g\sqrt{3}}{4} \approx 4{,}25\ м/с^2}$ - ответ

Вопрос: цилиндр – сплошное тело, металл – проводник
⇒ потенциал в любой точке цилиндра одинаковый
$U = 0$ – ответ

Задача:

① 

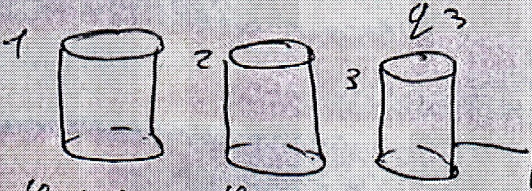
кандей из цилиндров с зарядом q создаёт на себе потенциал φ_0 + на него влияет соседний 2→1 φ_B, но
1→2 φ_B
2→ φ_B
1→3 $\frac{\varphi_B}{2}$ $(\varphi \sim \frac{1}{R})$

⇒ $U = |\varphi_0 + \varphi_B - \frac{3\varphi_B}{2}| = |\varphi_0 - \frac{\varphi_B}{2}|$

т.к. φ_B – потенциал взаим., но $\varphi_B < \varphi_0$ ⇒

$U = \varphi_0 - \frac{\varphi_B}{2}$

② при заземлении $\varphi_3 = 0$ и q_3 „набегает" с Земли (или уходит) так, чтобы собств. потенциал занулил $\frac{3\varphi_B}{2}$



$U' = \varphi_0 + \varphi_B + \frac{\varphi_{B_3}}{2}$

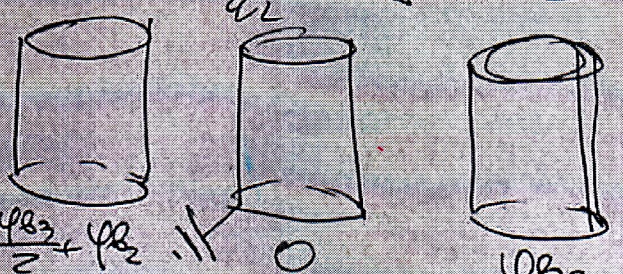
$\varphi_B = (\varphi_0 - U)$

$U' = \varphi_0 + 2\varphi_0 - 2U + \frac{\varphi_{B_3}}{2}$

$\varphi_{B_3} = 2(U' + 2U + \varphi_0)$ (*)

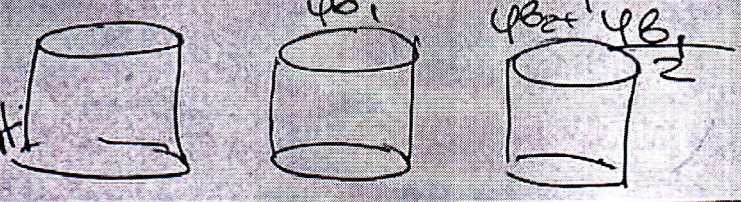
q_3 занулил потенциал $\frac{3\varphi_B}{2}$ ⇒ $q_3 \sim \frac{3\varphi_B}{2}$

φ_{B_3} – потенциал от $3q$ил. ⇒ $q_3 \sim \varphi_{B_3}$ $\varphi_{B_3} \sim \frac{3\varphi_B}{2}$

③ 

аналогично $\varphi_{B_2} \sim \varphi_0 + \varphi_B + \varphi_{B_3}$

$\frac{\varphi_{B_3}}{\varphi_{B_2}} = \frac{3\varphi_B}{2(\varphi_0 + \varphi_B + \varphi_{B_3})}$ (**)

④ 

Письмовий (8)

$\varphi_{B_1} \sim \varphi_0 + \varphi_B + \varphi_{B_2} + \frac{\varphi_{B_3}}{2}$ $\quad \frac{\varphi_{B_3}}{\varphi_{B_1}} = \frac{3\varphi_{B_3}}{2\left(\varphi_0 + \varphi_B + \frac{\varphi_{B_3}}{2} + \varphi_{B_2}\right)}$

$$U_3 = \varphi_{B_2} + \frac{\varphi_{B_1}}{2} = \frac{2\varphi_{B_3}(\varphi_0+\varphi_B+\varphi_{B_3})}{3\varphi_B} + \frac{\varphi_{B_3}\left(\varphi_0+\varphi_B+\frac{\varphi_{B_3}}{2}+\varphi_{B_2}\right)}{3\varphi_B}$$

$$U_3 = \frac{3\varphi_{B_3}(\varphi_0+\varphi_B)}{3\varphi_B} + \frac{2\varphi_{B_3}^2}{3\varphi_B} + \frac{\varphi_{B_3}^2}{6\varphi_B} + \frac{\varphi_{B_3}\varphi_{B_2}}{3\varphi_B}$$

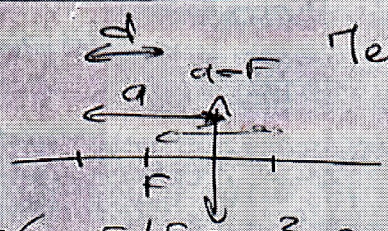
$* \quad \varphi_{B_3} = 2(U' + 2U + \varphi_0)$

(**) $\quad \varphi_{B_2} = \frac{2\varphi_{B_3}(\varphi_0+\varphi_B+\varphi_{B_3})}{3\varphi_B}$

$$U_3 = \frac{\varphi_{B_3}(\varphi_0+\varphi_B)}{3\varphi_B} + \frac{5\varphi_{B_3}^2}{6\varphi_0} + \frac{2\varphi_{B_3}^2(\varphi_0+\varphi_B+\varphi_{B_3})}{9\varphi_B^2}$$

$$U_3 = \frac{\varphi_{B_3}}{3\varphi_B}\left(\varphi_0+\varphi_B+\frac{2\varphi_{B_3}(\varphi_0+\varphi_B+\varphi_{B_3})}{3\varphi_B}\right) + \frac{5\varphi_{B_3}^2}{6\varphi_0}$$

$$U_3 = \frac{UU'}{U+U'} = 24\,B \quad \text{-ответ}$$



Перевірка

$b = a - 2F$ $\quad \frac{1}{a} + \frac{1}{a-2F} = \frac{1}{F}$

$2(a-F)F = a^2 - 2aF$ $\quad \frac{a-2F+a}{a(a-2F)} = \frac{1}{F}$

$2aF - 2F^2 = a^2 - 2aF$ $\quad 2F^2 - 4aF + a^2 = 0$

$a - F = d$ $\quad 2F^2 - 4F(d+F) + (F+d)^2 = 0$

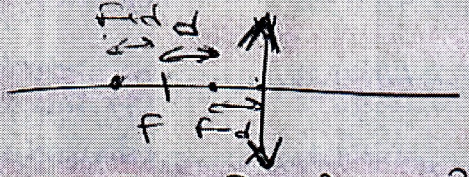
$2F^2 - 4dF - 4F^2 + F^2 + 2Fd + d^2 = 0$

$3F^2 - F^2 - 2dF + d^2 = 0$ $\quad F^2 + 2dF + d^2 = 0$

$D' = d^2 + d^2 = 2d^2$ $\quad \boxed{F = -d + d\sqrt{2} = d(\sqrt{2}-1)}$

$\frac{1}{F+d} + \frac{1}{d-F} = \frac{1}{F}$ $\quad \frac{d - F + F + d}{d^2 - F^2} = \frac{1}{F}$

$2dF = d^2 - F^2$ $\quad F^2 + 2dF - d^2 = 0$



$a = F - d$ $\quad \frac{1}{F-d} - \frac{1}{F+d} = \frac{1}{F}$

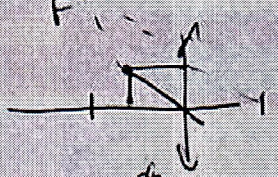
$\frac{1}{F-d}$ $\quad \frac{F+d-F+d}{F^2-d^2} = \frac{1}{F}$

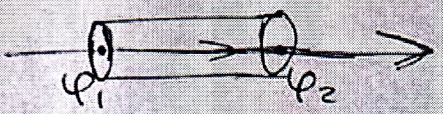
$2dF = F^2 - d^2$ $\quad F^2 - 2dF - d^2 = 0$

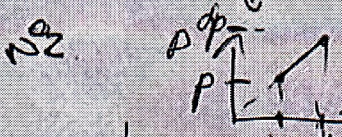
$F = d(\sqrt{2}+1)$

$d^2 - F^2 = 2dF$

$\frac{1}{F-d} - \frac{1}{F+d} = -\frac{1}{F}$



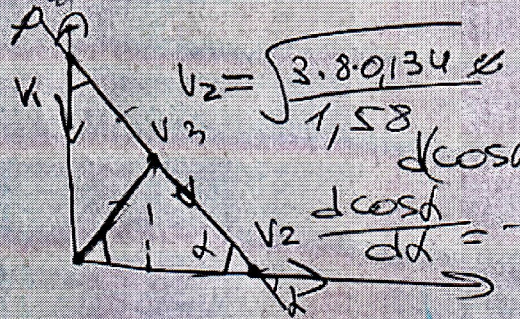




$\frac{(p+dp)(dV-V)}{2} = A = \frac{pV(d^2-1)}{2}$

$\Delta U = \frac{3}{2}pV(d^2-1)$

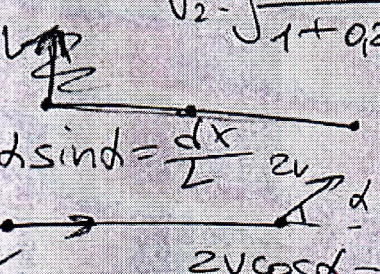
$V_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 8 \cdot (1-0{,}866)}{1+0{,}25+0{,}33}}$



$V_2 = \sqrt{\frac{3 \cdot 8 \cdot 0{,}134}{1{,}58}}$ $\quad \frac{1}{2\sqrt{3}}$

$d(\cos\alpha) = \frac{dx}{L}$

$V_2 \frac{d\cos\alpha}{d\alpha} = -\sin\alpha$



$-d\alpha\sin\alpha = \frac{dx}{L} 2v$

$2V\cos\alpha = U$

$\cos\alpha = \frac{1}{2}$ $\quad \alpha = 60^\circ$

$V_1\sin\alpha = V_2\cos\alpha = V_3$ $\quad V_2 = V_1 \operatorname{tg}\alpha$.

$mgL + \frac{mgL}{2} = mgL\sin\alpha + \frac{mgL\sin\alpha}{2} + \frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} + \frac{mV_3^2}{2}$

$\frac{3gL}{2} - \frac{3gL\sin\alpha}{2} = V_2^2\cos^2\alpha + V_2^2 + V_2^2 \operatorname{ctg}^2\alpha$

$V_2^2 = \frac{3gL(1-\sin\alpha)}{1+\cos^2\alpha+\operatorname{ctg}^2\alpha}$ $\quad V_2 = \sqrt{\frac{3gL(1-\sin\alpha)}{1+\cos^2\alpha+\operatorname{ctg}^2\alpha}}$

Перевірка 11

$\sqrt{\frac{3,8 \cdot 0,134}{1,58}}$ $\quad \frac{3,216}{1,58} \approx 1,1$

$\times 1,58$ $\quad 3,16$ $\quad \sqrt{1,1} \approx 1$

$\frac{21}{158}$

$+216$

$3,218$

$\times 0,134$

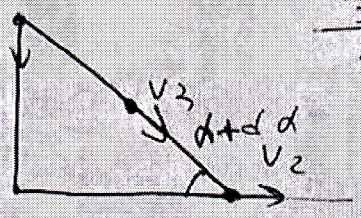
$\frac{268}{536}$

$\frac{268}{3216}$

$dV = a\,dt$

$dx = \frac{V_2\,dV_2}{a}$

$\frac{dx}{L} = +\sin\alpha\,d\alpha$



$\sin\alpha = \frac{-dx}{L\,d\alpha}$ $\quad V_3 = V_2\cos\gamma = V_1\sin\gamma$

$d\alpha = \frac{-dx}{L\sin\alpha}$ $\quad V_3 = V_2\cos(\alpha+d\alpha) = V_1$

$V_1 = V_2\,ctg(\alpha+d\alpha)$ $\quad V_3 = V_2(\cos\alpha + d\alpha\sin\alpha)$

$V_1 = V_2\frac{(\cos\alpha + d\alpha\sin\alpha)}{\sin\alpha} = \frac{V_2(1 + d\alpha\,tg\alpha)}{d\alpha + tg\alpha}$

$d\alpha\cos\alpha + \sin\alpha$

$\frac{3}{2}gL\,d(\sin\alpha) =$

$\frac{3}{2}gL\sin\alpha + V_2^2(1+\cos^2\alpha + ctg^2\alpha$

$V_2^2\left(\cos^2\alpha + \frac{1}{\sin^2\alpha}\right) + \frac{3}{2}gL\sin\alpha = V_2'^2\left(\cos^2(\alpha+d\alpha) + \frac{1}{\sin^2(\alpha+d\alpha)}\right) + \frac{3}{2}gL\sin(\alpha+d\alpha)$

$V_2^2\left(\cos^2\alpha + \frac{1}{\sin^2\alpha}\right) + \frac{3}{2}gL\,d(\cos\alpha) = V_2'^2\left((\cos\alpha + d\alpha\sin\alpha)^2 + \frac{1}{(\sin\alpha + d\alpha\cos\alpha)^2}\right)$

$V_2^2\left(\cos^2\alpha + \frac{1}{\sin^2\alpha}\right) + \frac{3}{2}gL\,d\alpha\cos\alpha = V_2'^2\left(\cos^2\alpha + 2\sin\alpha\cos\alpha\,d\alpha + \frac{1}{\sin^2\alpha + 2\sin\alpha\cos\alpha\,d\alpha}\right)$

$\frac{3}{2}gL\,d\alpha\cos\alpha = V_2^2\left(d\alpha\sin 2\alpha + \frac{1}{\sin^2\alpha + d\alpha\sin 2\alpha} - \frac{1}{\sin^2\alpha}\right) =$

$= V_2^2\left(d\alpha\sin 2\alpha - \frac{d\alpha\sin 2\alpha}{\sin^2\alpha(\sin^2\alpha + d\alpha\sin 2\alpha)}\right)$

$\frac{3}{2}gL\cos\alpha = V_2^2\left(1 - \frac{1}{\sin^2\alpha(\sin^2\alpha + d\alpha\sin 2\alpha)}\right)$

$\frac{3}{2}gL\sin\alpha + V_2\left(\frac{\cos^2\alpha}{\sin^2\alpha} + 1 + \cos^2\alpha\right) =$

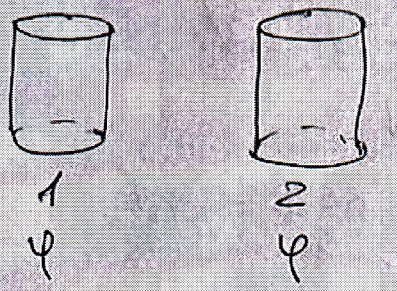
$=$

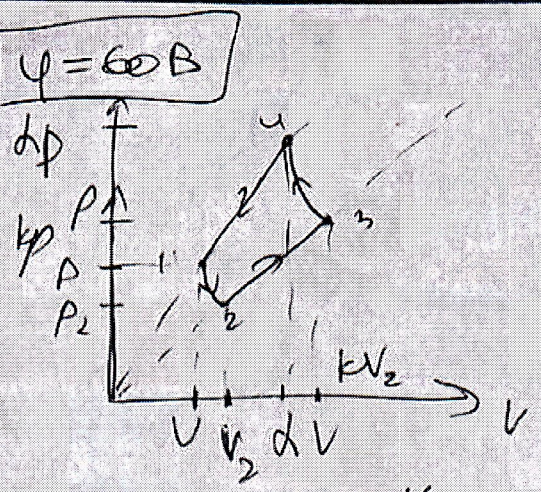
$0,0625 = \frac{5}{80}$

$\frac{80}{}$

$F^2 + 2dF - d^2 = 0$

Горшечек





$T_3 = T_4 = nT$

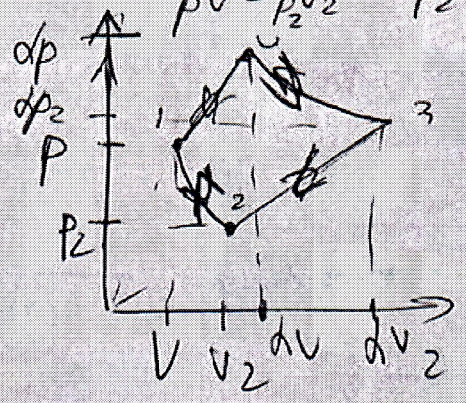
$T_1 = T_2 = T$

$k^2 p_2 V_2 = d^2 pV$

$A_{12} = k A_{41}$

$k = d$

$pV = p_2 V_2$ $\quad p_2 = \frac{pV}{V_2}$

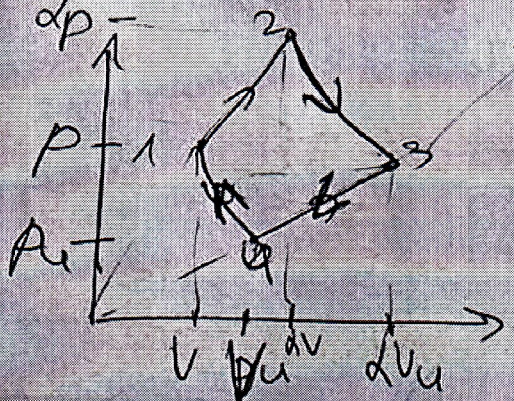


$d^2 pV = nRT$

$pV = RT$

$d^2 = n \quad d = \sqrt{n}$

$A_{12} = RT \ln \frac{V_2}{V}$



$A_{14} = RT \ln \frac{V}{V_4}$

$A_{23} = nRT \ln$

$\eta = A_{23} - A_{34}$

$\eta = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{34} + A_{14}}{Q_{12} + Q_{23}}$

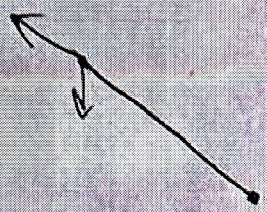
$A_{23} = k A_{34}$

$A_{34} = A_{23}$

$\eta = \frac{A_{12} + A_{34}(1-k) + A_{14}}{A_{12} + \Delta U_{12} + A_{34}}$

$\frac{A_{14}}{A_{23}} = \frac{1}{n} \quad \frac{A_{14}}{k A_{34}} = \frac{1}{n} \quad A_{14} = \frac{k A_{34}}{n}$

$\eta = \frac{A_{12} + \frac{k A_{34}}{n}\left(\frac{k}{n} + 1 - k\right)}{U A_{12} - k A_{34}}$



перевёрнут

$ma_1 = mg - T\sin\alpha \quad T = \frac{m(g-a_1)}{\sin\alpha}$

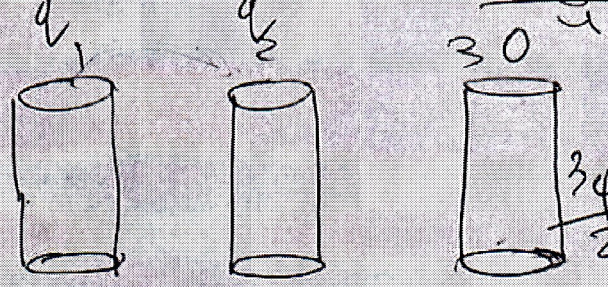
$T\cos\alpha = ma_2 = \operatorname{ctg}\alpha\, m(g-a_1)$

$a_2 = (g-a_1)\operatorname{ctg}\alpha$

$a_1 = a_2\operatorname{ctg}\alpha \quad a_2 = a_1 \operatorname{tg}\alpha \quad \frac{a_1 \operatorname{tg}^2\alpha}{a_1} = g - a_1$

$a_1(1+\operatorname{tg}^2\alpha) = g \quad a_1 = g\cos^2\alpha = \frac{g}{4}$

$a_2 = \frac{g\sqrt{3}}{4}$

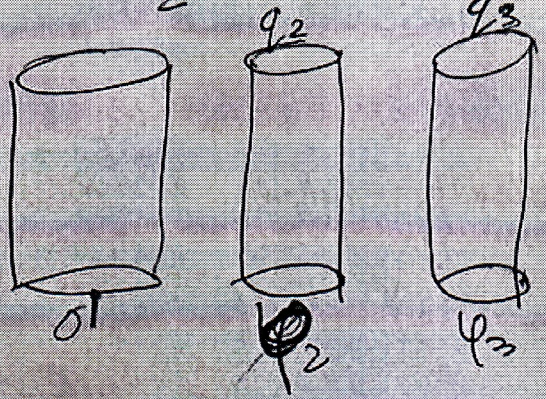
① 

$|\varphi - \varphi_3| = U$

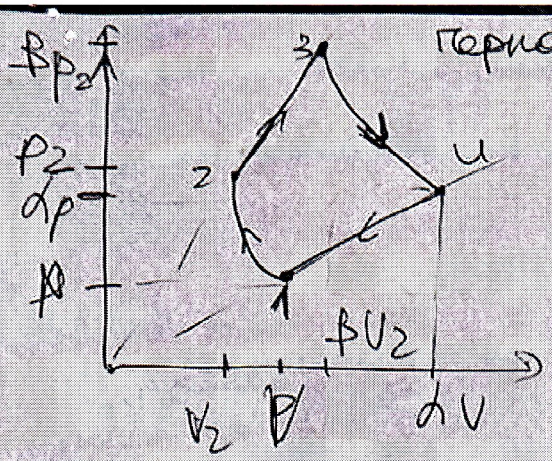
$\left|\varphi_0 - \frac{\varphi_B}{2}\right| = U$

② 

$\frac{\varphi_B+\varphi_0+\varphi_{B_1}}{2} = U'$

③ 

$U_3 = \varphi_3 = \frac{3\varphi_B}{2} +$



Перевёрнутый

$\alpha^2 pV = nRV \quad \alpha^2 = n$

$\beta^2 p_2 V_2 = \alpha^2 pV$

$pV = p_2 V_2$

$\beta^2 = \alpha^2 \quad \alpha = -\beta = \sqrt{n}$

$\boxed{A_{34} = -kA_{41}}$

$A_{34} = nRT\ln\frac{V}{V_2}$

$A_{34} = -nA_{12} \quad \boxed{A_{12} = -\frac{A_{34}}{n} = +\frac{kA_{41}}{n}}$

$\eta = \frac{A_{23} + A_{34} + A_{41} + A_{12}}{Q_{A23} + Q_{23} + A_{34}} = \frac{A_{23} + A_{41} - kA_{41} + \frac{kA_{41}}{n}}{Q_{A23} - kA_{41}} =$

$= \frac{A_{23} + A_{41}\left(1 - k + \frac{k}{n}\right)}{Q_{A23} - kA_{41}}$

$A_{23} = pV(\alpha^2 - 1)$

$A_{41} = pV(1 - \alpha^2)$

$A_{41} = -A_{23}$

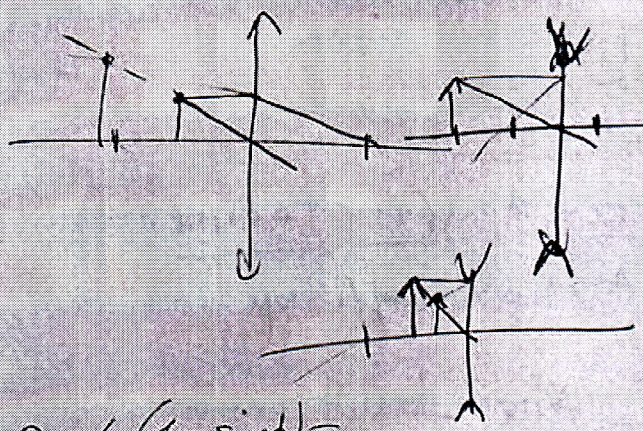
$= \frac{A_{23} - A_{23}\left(1 - k + \frac{k}{n}\right)}{Q_{A23} + kA_{23}} = \frac{-\frac{k}{n} + k}{Q + k} = \frac{k - \frac{k}{n}}{Q + k} = \frac{q}{6}$

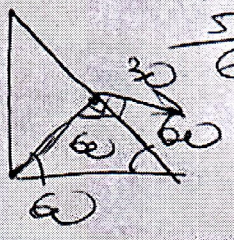
$Q = 18 + 0{,}134 = 18{,}134$

$\frac{18134}{2072}$

536

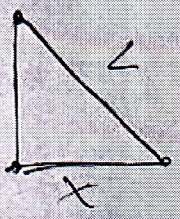
$6{,}432$





$3g\ell(1 - \sin\alpha) = \frac{v_2^2}{2} S$

$v_2^2 = \frac{12g\ell\sin^2\alpha(1 - \sin\alpha)}{S}$



$\cos\alpha = \frac{x}{\ell}$

$\sin\alpha = \frac{\sqrt{\ell^2 - x^2}}{\ell}$

$v_2^2 = \frac{12g\ell(\ell^2 - x^2)\left(1 - \frac{\sqrt{\ell^2 - x^2}}{\ell}\right)}{S\ell^2} = \frac{12g(\ell^2 - x^2)(\ell - \sqrt{\ell^2 - x^2})}{S\ell^2}$

$v_2 = \frac{1}{\ell}\sqrt{\frac{12g}{S}(\ell^2 - x^2)}$

$mg - T\sin\alpha = ma_1$

$T\cos\alpha = ma_2 \quad \frac{a_2}{a_1} =$

