0 490312 260009

49-03-12-26
(114.1)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 10

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Покори Воробьёвы горы
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Бабушкина Ильи Павловича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«4» апреля 2025 года

Подпись участника

Бабу

49-03-12-26
(114.1)

$\Sigma = 62$ (шестьдесят два)

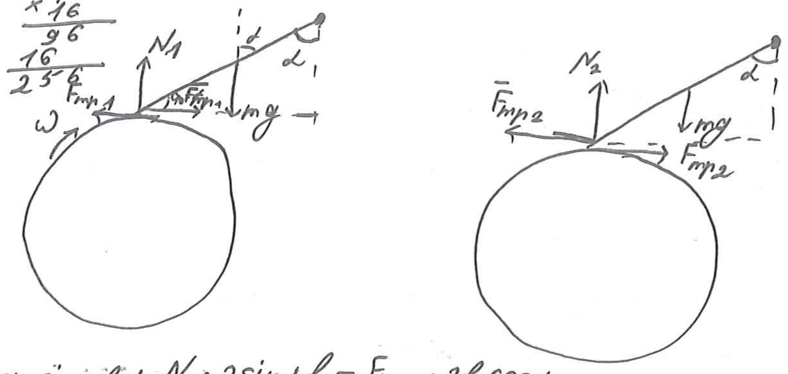
№	1	2	3	4
7	2	2	2	5
3	17	11	3	20

Константинова

Черновик.

$17^2 =$ $\quad 16 \times 16 = 256$ $\quad 165 \times 165$ $\quad 2{,}71^x = \frac{10}{9}$

$17 \times 17 = 289$



$mg \cdot \sin 2\alpha\, l + N_1 \cdot 2\sin\alpha\, l = F_{тр_1} \cdot 2l\cos\alpha$

$N_2 \cdot 2l\sin\alpha + F_{тр_2} \cdot 2l\cos\alpha = mg\sin\alpha l$

$N_1 \cdot 2\sin\alpha\, l = F_{тр_1} \cdot 2l\cos\alpha + mg\sin\alpha\, l$

$2N_1 \operatorname{tg}\alpha = 2\mu N_1 + mg\operatorname{tg}\alpha$ $\qquad 2N_2\operatorname{tg}\alpha + 2\mu N_2 = mg\operatorname{tg}\alpha$

$N_1(2\operatorname{tg}\alpha - 2\mu) = mg\operatorname{tg}\alpha$ $\qquad N_2(2\operatorname{tg}\alpha + 2\mu) = mg\operatorname{tg}\alpha$

$N_1 = \dfrac{mg\operatorname{tg}\alpha}{2\operatorname{tg}\alpha - 2\mu}$ $\qquad N_2 = \dfrac{mg\operatorname{tg}\alpha}{2\operatorname{tg}\alpha + 2\mu}$

$\mu N_1 \cdot 160 \cdot 2\pi R = \dfrac{M\omega_0^2 R^2}{2}$ $\qquad \mu N_2 \cdot n \cdot 2\pi R = \dfrac{M\omega_0^2 R^2}{2}$

$\sin 60 = \frac{\sqrt{3}}{2}$

$\cos 60 = \frac{1}{2}$

$\operatorname{tg} 60 = \sqrt{3}$

$E_1 = E_2$

$\mu N_1 \cdot n_1 \cdot 2\pi R = \mu N_2 \cdot n_2 \cdot 2\pi R$

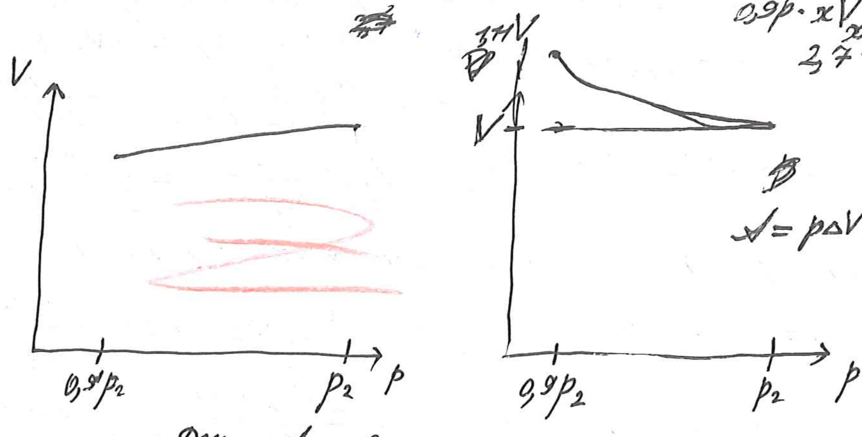
$n_2 = \dfrac{N_1 n_1}{N_2} = n_1 \cdot \dfrac{2\operatorname{tg}\alpha + 2\mu}{2\operatorname{tg}\alpha - 2\mu} = 2n_1 \cdot \dfrac{\operatorname{tg}\alpha + \mu}{\operatorname{tg}\alpha - \mu}$ $\qquad 1{,}111$

$n_2 = 2n_1 \cdot \dfrac{\sqrt{3} + \frac{1}{\sqrt{3}}}{\sqrt{3} - \frac{1}{\sqrt{3}}} = 2n_1 \cdot \dfrac{3+1}{3-1} = 4n_1 = 640$

$pV = const$

$0{,}9p \cdot xV$

$2{,}7^x = 1{,}1$



$A = p\Delta V = \dfrac{\nu RT \Delta V}{V}$

$Q_{12} = 333$ Дж $\qquad A_{12} = 0$ $\qquad pV = \nu RT$

$\Delta U_{12} = \nu RT_2 - \nu RT_1 = p_2 V - 0{,}9 p_2 V = 0{,}1 p_2 V$ $\qquad p = \dfrac{\nu RT}{V}$

$A = \nu RT_2 \cdot \ln\dfrac{V_2}{V_1} = p_2 V \cdot \ln \dfrac{\frac{1}{0{,}9}}{1} = \ln\frac{10}{9} \cdot p_2 V$

$Q_{23} = \ln\frac{10}{9} \cdot Q_{12} \approx \ln 1{,}111 \cdot Q_{12}$

Чистовик.

Задание 1.

Вопрос: Т.к. цилиндр двигается без проскальзывания, то на него действует только сила реакции опоры наклонной и сила тяжести. Т.к. сила тяжести является потенциальной силой и её работа не зависит от траектории движения запишем ЗСЭ для начального и конечного моментов времени.

$mgH = \frac{m\vartheta^2}{2}$ ϑ – скорость оси $gH = \frac{\vartheta^2}{2}$ $\vartheta = \sqrt{2gH}$

Ответ: $\vartheta = \sqrt{2gH}$.

Задача.

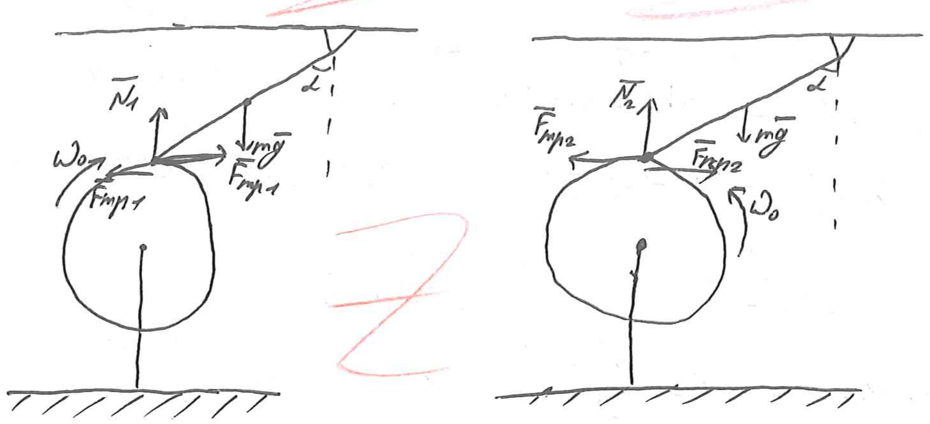
Дано:

$M, R, \omega_0, m,$

$\alpha = 60^\circ$, $n_1 = 160$

$\mu = \frac{1}{\sqrt{3}}$

n_2 – ?



1. Силы реакции опоры в обоих случаях направлены вертикально т.к. стержень лежит на верхней точке обода.
Т.к. стержень однородный сила тяжести, приложенная к нему находится в середине стержня
2. Запишем правило моментов для стержня в обоих случаях относительно точки подвеса.

Т.к. происходит торможение, то сила трения максимальна, т.е $F_{тр1} = \mu N_1$ $F_{тр2} = \mu N_2$

$$\begin{cases} mg\sin\alpha\, l + F_{тр1} \cdot 2l\cos\alpha - N_1 \cdot 2l\sin\alpha = 0 \\ mg\sin\alpha\, l - N_2 \cdot 2l\sin\alpha - F_{тр2} \cdot 2l\cos\alpha = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} mg\sin\alpha\, l = 2N_1 l\sin\alpha - 2\mu N_1 l\cos\alpha \\ mg\sin\alpha\, l = 2N_2 l\sin\alpha + 2\mu N_2 l\cos\alpha \end{cases}$$

$$N_1 = \frac{mg\sin\alpha\, l}{2l\sin\alpha - 2\mu l\cos\alpha} = \frac{mg\sin\alpha}{2\sin\alpha - 2\mu\cos\alpha}$$

$$N_2 = \frac{mg\sin\alpha\, l}{2l\sin\alpha + 2\mu l\cos\alpha} = \frac{mg\sin\alpha}{2\sin\alpha + 2\mu\cos\alpha}$$

Работа сил трения в обоих случаях одинакова $\Rightarrow$

$\Rightarrow F_{тр1} \cdot 2\pi R \cdot n_1 = F_{тр2} \cdot 2\pi R \cdot n_2$ $F_{тр1} \cdot n_1 = F_{тр2} \cdot n_2$ $n_2 = \frac{F_{тр1} \cdot n_1}{F_{тр2}}$

$$n_2 = \frac{\mu N_1 n_1}{\mu N_2} = \frac{N_1 n_1}{N_2} = n_1 \cdot \frac{mg\sin\alpha}{2\sin\alpha - 2\mu\cos\alpha} \cdot \frac{2\sin\alpha + 2\mu\cos\alpha}{mg\sin\alpha} = 2n_1 \frac{\sin\alpha + \mu\cos\alpha}{\sin\alpha - \mu\cos\alpha}$$

$$n_2 = 2n_1 \cdot \frac{tg\alpha + \mu}{tg\alpha - \mu} \qquad n_2 = 2 \cdot 160 \cdot \frac{\sqrt{3} + \frac{1}{\sqrt{3}}}{\sqrt{3} - \frac{1}{\sqrt{3}}} = 320 \cdot \frac{3+1}{3-1} = 320 \cdot 2 = 640$$

Ответ: 640 оборотов.

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

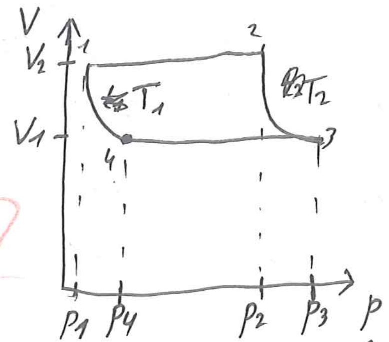
49-03-12-26
(114.1)

Черновик

$\frac{210 \cdot 126}{84} = \frac{105 \cdot 126}{42} = \frac{105 \cdot 63}{21} = 105 \cdot 3$

$A = \ln \frac{10}{9} \cdot Q$

$\frac{Q_{12}}{A} = \frac{Q_{12}'}{A'}$ $\quad \frac{t_2}{t_1} = n_1 \quad t_1 = 0{,}2$



$\frac{t_2'}{t_1'} = n_2 \quad n_2 - ?$

$\frac{70 \cdot 63}{56} = \frac{35 \cdot 63}{28} = \frac{5 \cdot 63}{4}$

$\frac{210 \cdot 126}{336} = \frac{70 \cdot 126}{112}$

$63 \cdot 1{,}25$

$63 + 15{,}75 = 78{,}75$

$A_{12} = 0 \quad A_{23} = p_2 V_2 \cdot \ln \frac{V_1}{V_2}$

$A_{23} = -\nu R T_2 \cdot \ln \frac{V_1}{V_2}$

$A_{34} = 0 \quad A_{41} = p_4 V_4 \cdot \ln \frac{V_2}{V_1}$

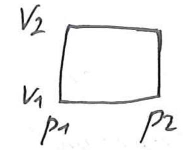
$A_{41} = -\nu R T_1 \cdot \ln \frac{V_2}{V_1}$

$63 : 4 = 15{,}75$

$\Delta U_{12} = V_2(p_2 - p_1) = -\nu R(T_2 - T_1)$

$\Delta U_{34} = -\nu R(T_1 - T_2)$

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



$A = (p_2 - p_1)(V_2 - V_1)$

$Q_{12} = -\nu R(T_2 - T_1)$

$Q_{23} = A_{23} \quad Q_{34} = -\nu R(T_1 - T_2)$

882

$\Delta U = (p_2 V_2 - p_1 V_2) + (p_2 V_1 - p_2 V_2) + (p_1 V_1 - p_2 V_1) + (p_1 V_2 - \ldots$

$Q_{34} = A_{41}$

$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} - \frac{1}{b}$ $\quad$ 169

$\frac{1}{F} = \frac{b-a}{ab}$

$\frac{A_{23} + A_{41}}{A_{23} + A_{41}}$

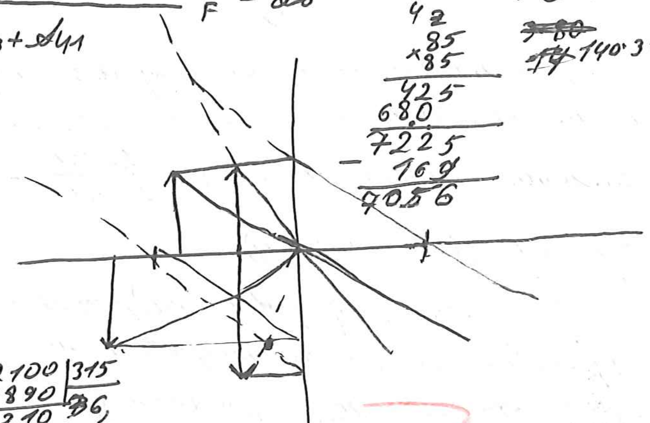
$140 \cdot 3 = 420$

$3 \cdot 9 \cdot 4 = 21 \cdot 4 = 84$

3056	2
1528	2
764	2
882	2
441	3
147	3
49	7
	7

85×85: 425, 680, 7225; $7225 - 169 = 7056$

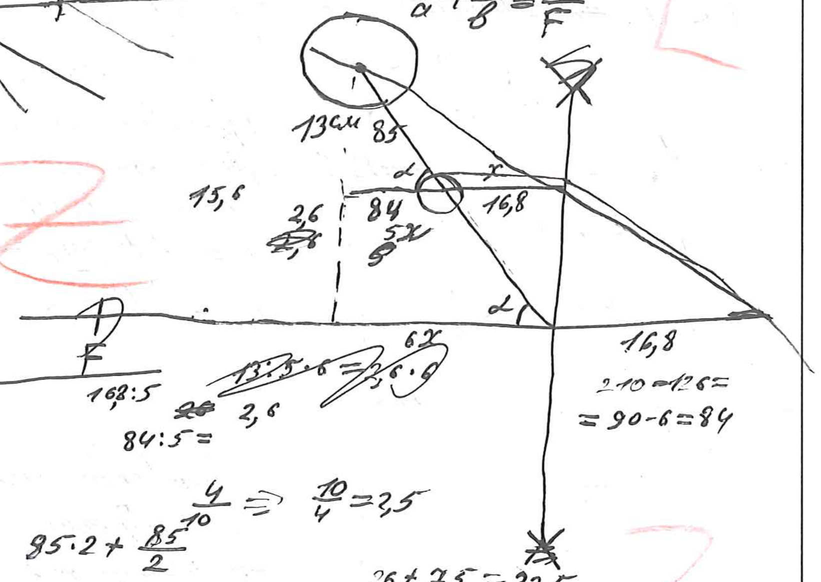
60
30
1800

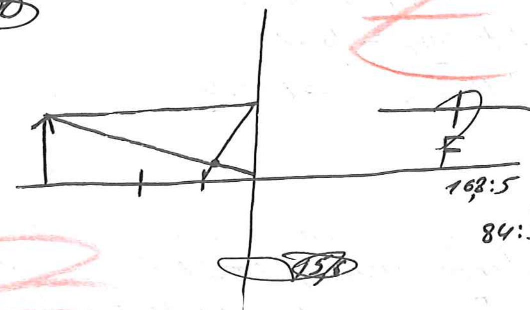


$\Gamma = \frac{a}{b}$

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

$2100 : 315$; $2100 - 1890 = 210$; 6,





$168 : 5$ $\quad$ 2,6

$84 : 5 =$

$210 - 126 =$
$= 90 - 6 = 84$

$\frac{4}{10} \Rightarrow \frac{10}{4} = 2{,}5$

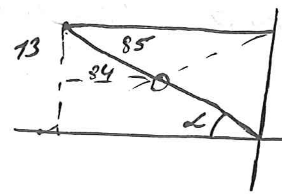
$85 \cdot 2 + \frac{85}{2}$

$170 + 42{,}5 = 212{,}5$

$26 + 7{,}5 = 33{,}5$

$84 \cdot 2 + 42 =$

$168 + 42 =$



Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

Чистовик

Задание 4:

Вопрос: Сравним значения поперечного увеличения собирающей и рассеивающей линз от расстояния до оптичес. центра линзы.

~~Если расстояние ≥2F => Г ≤ −1 − для собирающей Г < 1~~

Для рассеивающей линзы Г всегда положительный и меньше 1. Т.к. если источник находится на линзе, то Г = 1 а это невозможно

Для собирающей линзы:

$\Gamma \leq -1$ если расстояние ~~бо~~ между источником и линзой больше или равно 2F.

$-1 < \Gamma \leq 0$ если между 2F и F.

В фокусе Г бесконечное (не определено)

~~Если~~ $\Gamma > 1$ если расстояние ~~бо~~ меньше F.

Итак мы получили, что для собирающей $\Gamma \in (-\infty; 0) \cup (1; +\infty)$

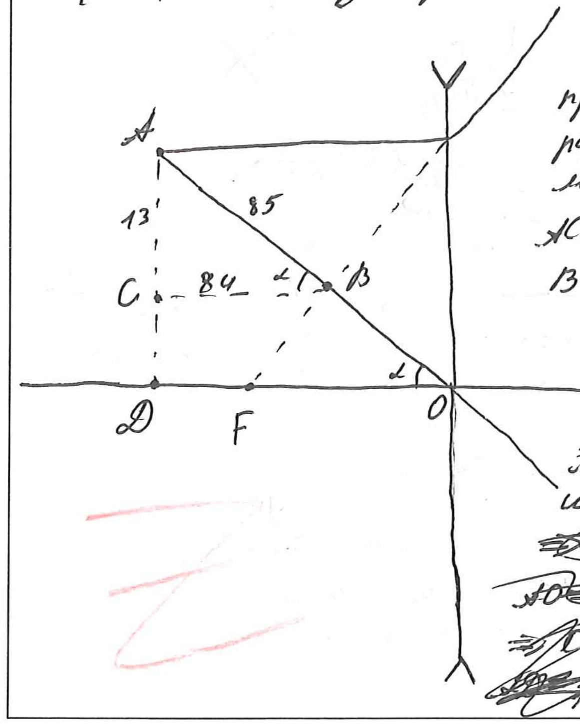
Для рассеивающей $\Gamma \in (0; 1)$ Промежутки не пересекаются

Ответ: можно определить. +

Задача.

Т.к. сказано, что отрезок, соединяющий центры шаров не пересекает линзу, то можно сказать, что изображение мнимое. Следовательно $\Gamma > 0$. Из условия найдём Г. $\Gamma = \frac{1{,}2\text{мм}}{2\text{мм}} = 0{,}6$

$\Gamma < 1 \Rightarrow$ линза рассеивающая. (По вопросу)



Размеры шариков и изображения пренебрежимо малы по сравнению с расстояниями так что считаем их за материальные точки.

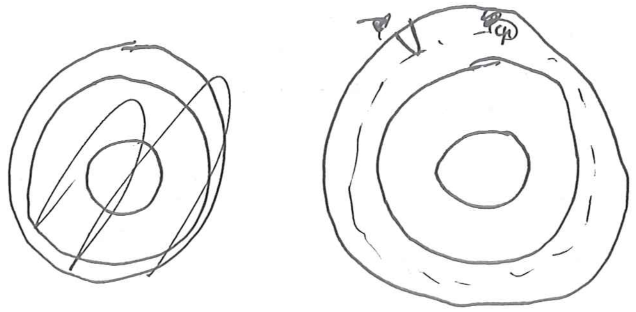
$AC = AB \cdot \sin\alpha = 13\text{см}$

$BC = \sqrt{AB^2 - AC^2} = 84\text{см}$

Поперечное увеличение также характеризует отношение расстояний от источника и изображения до линзы $\Rightarrow CD = 0{,}6 AD$

$BC = 0{,}4 OD$

Черновик



$\varphi_{max} = \frac{kq}{R_3 \varepsilon}$ $\varphi_{min} = \frac{kq}{r\varepsilon}$

$\varphi_{ср} = \frac{kq}{2\varepsilon}\left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r}\right)$

$\varphi = \frac{kq}{2}\left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r}\right)$

$\varphi_0 = 120В = \frac{kq}{R_1}$

49-03-12-26 (114.1)

Чистовик

$AD = \frac{10}{4} \cdot AC = 33{,}5 см$

$OD = 2{,}5 BC = 210 см$

$\Gamma = \frac{b}{a}$ $a = OD = 210 см$ ~~т.к. изобрате~~

$b = a\Gamma = 210 см \cdot 0{,}6 = 126 см$ ~~т.к. изображение мнимое~~

~~Ответ: 78,75 см~~

$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} - \frac{1}{b}$ т.к. изображение мнимое

$-\frac{1}{F} = \frac{b-a}{ab}$ $-F = \frac{ab}{b-a}$ $F = \frac{210 см \cdot 126 см}{-(126+210) см} = \frac{210 \cdot 126}{84} см = 105 \cdot 3 = 315 см$

Фокус находится на расстоянии 315 см от линзы.

Ответ: 315 см.

Задание 2.

Вопрос. $Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}$ $A = 0$ т.к. объём не меняется

$\Delta U_{12} = \nu RT_2 - \nu RT_1 = p_2V_2 - 0{,}9p_2V_2 = 0{,}1p_2V_2$

$Q_{12} = 0{,}1p_2V_2$

$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23}$ $\Delta U_{23} = 0$ т.к. $T = const$

Найдём работу изотермического процесса:

$\Delta A = p\Delta V = \frac{\nu RT}{V} \cdot \Delta V = \nu RT \cdot \frac{\Delta V}{V}$ $A_{23} = \int_{V_2}^{V_3} \Delta A = \int_{V_2}^{V_3} \nu RT_2 \cdot \frac{\Delta V}{V} = \nu RT_2 \cdot \ln\frac{V_3}{V_2}$

$p_2V_2 = 0{,}9p_2V_3$ $V_3 = \frac{1}{0{,}9}V_2$ $A_{23} = \nu RT_2 \cdot \ln\frac{1}{0{,}9} = p_2V_2 \cdot \ln\frac{1}{0{,}9} = 10Q_{12} \cdot \ln\frac{10}{9}$

$Q_{23} = 10Q_{12} \cdot \ln\frac{10}{9} = 3330 Дж \cdot \ln\frac{10}{9} \approx 333 Дж$ −

Задача.

Дано:

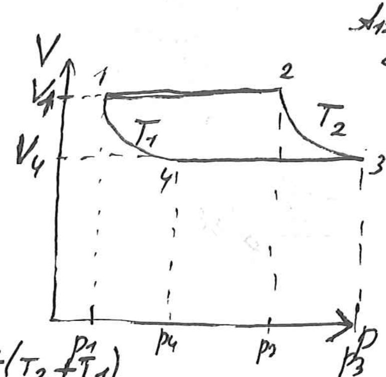
$Q_{12} = k \cdot A$

$n_1 = 1{,}5$

$n_2 = 1{,}8$

$\eta_1 = 0{,}2$

$\eta_2 - ?$



$A_{12} = 0$ $A_{34} = 0$ $\Delta U_{12} = \nu R(T_2 - T_1)$

$\Delta U_{34} = \nu R(T_1 - T_2)$ $A_{23} = \nu RT_2 \cdot \ln\frac{V_4}{V_1}$

$A_{41} = -\nu RT_1 \cdot \ln\frac{V_4}{V_1}$

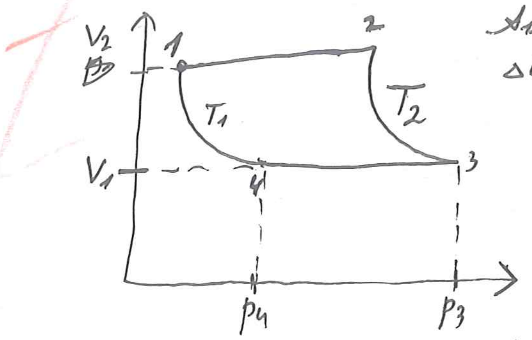
$Q_{12} = \Delta U_{12}$ $Q_{23} = \nu RT_2 \cdot \ln\frac{V_4}{V_1}$

$Q_{34} = \Delta U_{34}$ $Q_{41} = A_{41}$

$\eta = \frac{A_{23} - A_{41}}{Q_{12} + Q_{41}} = \frac{A_{23} - A_{41}}{k(A_{23} - A_{41}) - A_{41}}$

$\eta = \frac{\nu R \ln\frac{V_4}{V_1}(T_2 + T_1)}{k\nu R \ln\frac{V_4}{V_1}(T_2 + T_1) + \nu RT_1 \cdot \ln\frac{V_4}{V_1}} = \frac{T_1 + T_2}{kT_1 + kT_2 + T_1}$

Черновик



$A_{12}=0 \quad \Delta U_{12}=\nu RT_2-\nu RT_1$

$\Delta U_{34}=(\nu RT_1-\nu RT_2)$

$\nu R(T_2-T_1)=k\cdot A_{общ}$

$A_{общ}=\frac{\nu R(T_2-T_1)}{k}$

$\eta_1=\frac{A}{A+\Delta U}=0{,}2$

$\Delta U_{12}=\nu R(T_2-T_1) \quad \Delta U_{34}=\nu R(T_1-T_2) \quad \Delta U_{23}=\Delta U_{41}=0$

$\frac{2{,}3}{0{,}3+0{,}2}$

$0{,}2=\frac{2{,}5}{2{,}5k+1}$

$0{,}5k+0{,}2=2{,}5$

$0{,}5k=2{,}3$

$\eta_2=\nu R$

$\frac{\nu R(T_2-T_1)}{k}=\nu RT_2\cdot\ln\frac{V_2}{V_2}-\nu RT_1\cdot\ln\frac{V_2}{V_1}$

$\frac{3{,}8}{3{,}8\cdot2{,}3+1}=\frac{3{,}8}{7{,}34}$

$\frac{T_2-T_1}{k}=T_2\cdot\ln\frac{V_1}{V_2}-T_1\cdot\ln\frac{V_2}{V_1}$

$\frac{0{,}5T_1}{k}=(T_2-T_1)(\ln\frac{V_2}{V_1})$

$\frac{Q}{A_{общ}}=k$

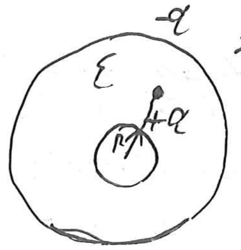
$\ln\frac{V_2}{V_1}=\frac{1}{k}$

$\eta_1=\frac{A}{A+\Delta U}$

$\eta_1=\frac{A}{A+kA}=A\frac{1}{1+k}$

$-\frac{kq}{2R\varepsilon}+\frac{kq}{R\varepsilon}=\frac{kq}{2R\varepsilon}$

5600



2100
90
12
2202

$\times\frac{28}{23}$ 74 56 6,34

2800 | 7,34
2202 | 3,8
5980

$120:5=24$

$\frac{10}{6}=\frac{5}{3}+2$

$\frac{11}{3}$

2R

$\varphi_1=\frac{kq}{1{,}5R\varepsilon}$

$\varphi_2=\frac{-kq}{R\varepsilon}$

Чистовик

$\eta_1=\frac{T_1+n_1T_1}{n_1kT_1+kT_1+T_1}=\frac{n_1+1}{(n_1+1)k+1}$

$\eta_1n_1k+\eta_1k+\eta_1=n_1+1 \qquad k(\eta_1n_1+\eta_1)=n_1+1-\eta_1$

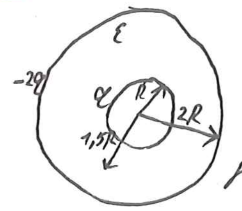
$k=\frac{n_1+1-\eta_1}{\eta_1n_1+\eta_1}=\frac{1{,}5+1-0{,}2}{0{,}2\cdot1{,}5+0{,}2}=\frac{2{,}3}{0{,}5}=4{,}6$

$\eta_2=\frac{T_1+n_2T_1}{(n_2+1)kT_1+T_1}=\frac{n_2+1}{1+(n_2+1)\cdot\frac{n_1+1-\eta_1}{\eta_1n_1+\eta_1}}=\frac{(n_2+1)(\eta_1n_1+\eta_1)}{\eta_1n_1+\eta_1+(n_2+1)(n_1+1-\eta_1)}=0{,}38$

Ответ: 0,38.

Задание 3.

Вопрос.



Потенциал сферы с радиусом R на расстоянии 1,5R равен $\varphi_1=\frac{kq}{1{,}5R\varepsilon}$

Потенциал сферы с радиусом 2R на расстоянии 1,5R от центра равен $\varphi_2=\frac{-kq}{R\varepsilon}$

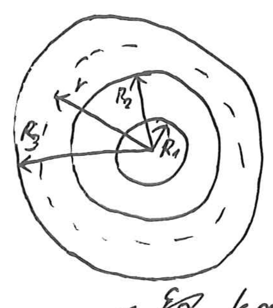
φ_2 одинаковый для всех точек на расстоянии R до 2R от центра.

$\varphi_{общ}=\varphi_1+\varphi_2=\frac{2kq}{3R\varepsilon}-\frac{kq}{R\varepsilon}=-\frac{kq}{3R\varepsilon}$

Ответ: $\frac{-kq}{3R\varepsilon}$

Задача.

Дано:
$R_1=20см$
$\varepsilon_0=120В$
$\varepsilon=4$
$R_2=40см$
$R_3=60см$
$r=50см$
$A-?$



$\varphi_0=\frac{kq}{2\varepsilon}\left(\frac{1}{R_3}+\frac{1}{r}\right)$ - средний потенциал участка до его переноса

$\varphi'=\frac{kq}{2}\left(\frac{1}{R_3}+\frac{1}{r}\right)$ - средний потенциал участка после переноса

$\Delta\varphi=\frac{kq}{2}\left(\frac{1}{R_3}+\frac{1}{r}\right)\left(\frac{1}{\varepsilon}-1\right)$

$\frac{kq}{R_1}=\varepsilon_0 \qquad kq=\varepsilon_0R_1$

$\Delta\varphi=\frac{R_1\varepsilon_0}{2}\left(\frac{1}{R_3}+\frac{1}{r}\right)\left(\frac{1}{\varepsilon}-1\right)$

$\Delta\varphi=\frac{0{,}2\cdot120}{2}\cdot\left(\frac{1}{0{,}6}+\frac{1}{0{,}5}\right)\left(\frac{1}{4}-1\right)=12\cdot\left(2+\frac{5}{3}\right)\cdot(-0{,}75)=-9\cdot\frac{11}{3}=-33В$

Ответ: -33В.

Надо определить A - ?