0 099588 520000

09-95-88-52
(107.3)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 11

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Покори Воробьёвы горы
наменование олимпиады

по Физике
профиль олимпиады

Веснина Максима Артемовича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

выход 13^{12} вход 13^{14}

+1 мин

Подпись участника

Дата

«01» 04 2023 года

09-95-88-52 (107.3)

Чистовик, задание №2.

$V = const$; #кол.-во газа;

P – давл.; V – объём;

Условные обозначения! (во всем задачах)
"#" – комментарий / новый пункт решения;
"•" – второе обозначение начала нового пункта реш.;

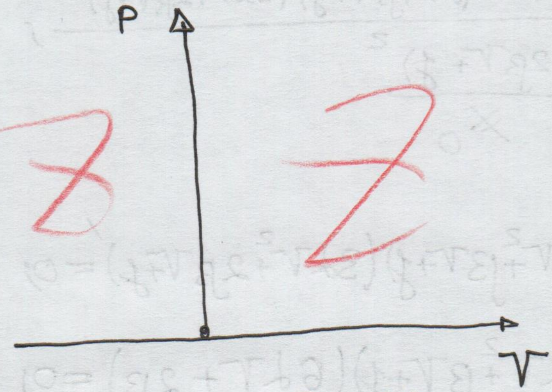
Вопрос (№2): $P(V)$ – парабола;

#ид. газ; C_μ – мол. теплоёмкость газа;

$C_\mu = const$: какие условия?

$C_\mu = ?$, если $i = 5$; # кол.-во #двухатомного степ. свободы у газа;

Решение:



#парабола;

$P = \alpha V^2 + \beta V + \gamma$;

$\alpha, \beta, \gamma = const$;

Воспользуемся 1-ым началом термодинамики для газа (для малых приращений):

$\underbrace{\Delta Q}_{= \nu C_\mu \Delta T} = \Delta U + \underbrace{\delta A}_{= P \Delta V}$;

ΔT – неб. изм. темп.;

#по закону Менделеева-Клапейрона:

$PV = \nu RT$;

$\nu C_\mu \Delta T = \frac{i}{2} \nu R \Delta T + P \Delta V$;

~~Если теплоёмкость газа постоянна, то процесс будет являться политропическим, т. е. будет описываться уравнением $PV^x = const$, где $x = const$;~~

$$\cancel{PV^x = \alpha V^2 V^x + \beta V V^x + \gamma V^x = const; \Big| \frac{d}{dV}}$$

$$\cancel{0 = (\alpha V^{2+x})' + (\beta V^{1+x})' + x \gamma V^{x-1}}$$

$$\cancel{0 = (2+x) \alpha V^{x+1} + \beta V^x (1+x) + x \gamma V^{x-1}}$$

Заметим, что по уравнению Менделеева-Клапейрона:

$PV = \nu RT$; $\Rightarrow$ $\alpha V^3 + \beta V^2 + \gamma V = \nu RT$; $| \Delta$

$\Delta V \cdot (3\alpha V^2 + 2\beta V + \gamma) = \nu R \Delta T$; #подставим;

	1	2	3	4
В	0	4	5	2
З	0	10	20	9

ш

$\Sigma = 50$

Сик
(Степанову К.В.)

вопрос №2. продолжение решения: $\Delta V(3\alpha V^2 + 2\beta V + \gamma) = \nu R\Delta T$;

#подставим в 1.Н.П.: $\Delta V = \dfrac{\nu R\Delta T}{3\alpha V^2 + 2\beta V + \gamma}$;

$$\nu C_\mu \Delta T = \frac{i}{2}\nu R\Delta T + \frac{\nu R\Delta T}{3\alpha V^2+2\beta V+\gamma}\cdot(\alpha V^2+\beta V+\gamma); \Big| \cdot\frac{1}{\nu R\Delta T};$$

$$\underbrace{\frac{C_\mu}{R}}_{= const} = \underbrace{\frac{i}{2}}_{= const} + \frac{\alpha V^2+\beta V+\gamma}{3\alpha V^2+2\beta V+\gamma}; \Big| \frac{d}{dV}$$

$$0 = 0 + \frac{(\alpha V^2+\beta V+\gamma)'(3\alpha V^2+2\beta V+\gamma) - (\alpha V^2+\beta V+\gamma)(3\alpha V^2+2\beta V+\gamma)'}{\underbrace{(3\alpha V^2+2\beta V+\gamma)^2}_{\neq 0}};$$

~~#т.к. при V ≠ const и~~

$$(\alpha V^2+\beta V+\gamma)'(3\alpha V^2+2\beta V+\gamma) - (\alpha V^2+\beta V+\gamma)(3\alpha V^2+2\beta V+\gamma)' = 0;$$

$$(2\alpha V+\beta)(3\alpha V^2+2\beta V+\gamma) - (\alpha V^2+\beta V+\gamma)(6\alpha V+2\beta) = 0;$$

$$2\alpha V(3\alpha V^2+2\beta V+\gamma) + \beta(3\alpha V^2+2\beta V+\gamma) - \underline{2\alpha V\left(\frac{\alpha V^2}{3}+\frac{\beta V}{3}+\frac{\gamma}{3}\right)} - \beta\left(\frac{\alpha V^2}{2}+\frac{\beta V}{2}+\frac{\gamma}{2}\right) = 0;$$

#получим:

$$2\alpha V\left(\frac{8\alpha V^2}{3}+\frac{5\beta V}{3}+\frac{2\gamma}{3}\right) + \beta\left(\frac{5\alpha V^2}{2}+\frac{3\beta V}{2}+\frac{\gamma}{2}\right) = 0 \Big| \cdot 6$$

$$4\alpha V(8\alpha V^2+5\beta V+2\gamma) + 3\beta(5\alpha V^2+3\beta V+\gamma) = 0;$$

$$32\alpha^2 V^3 + \underset{5\alpha\beta V^2}{\cancel{20\alpha\beta V^2}} + 8\alpha\gamma V + \cancel{15\alpha\beta V^2} + 9\beta^2 V + 3\beta\gamma = 0;$$

Черновик

задача №2. Чистовик

8

$\nu = const$; $i = 2$;

#координаты: $\frac{P}{P_0}\left(\frac{V}{V_0}\right)$, т.е. $\left(\frac{V}{V_0}; \frac{P}{P_0}\right)$;

#участок параболы: $P = \frac{P_0}{6}\left(36 + 5\frac{V}{V_0} - \left(\frac{V}{V_0}\right)^2\right)$;

+ изохора + изобара;

$\eta = ?$ к.п.д. цикла в виде отношения (безразмерн. величина); где газ получает $Q_н$ и где отдаёт $Q_х$?

#ид. газ;

#закон Менделеева-Клапейрона;

Решение:

$PV = \nu RT$; $\Big| \cdot \frac{1}{P_0 V_0}$

• Заметим, что:

$\frac{P}{P_0} = \left(6 + \frac{5}{6}\cdot\frac{V}{V_0} - \frac{1}{6}\cdot\left(\frac{V}{V_0}\right)^2\right)$; $\left(\frac{P}{P_0}\right)\left(\frac{V}{V_0}\right) = \frac{\nu RT}{P_0 V_0}$;

#рассмотрим его теплоёмкость в этом процессе:

#1.Н.Т.: $\Delta Q = \Delta U + \delta A$;

$\nu C_\mu \Delta T = \frac{5}{2}\nu R\Delta T + P\Delta V$; $\Big| \cdot \frac{1}{P_0 V_0}$

#подставим $\frac{P}{P_0}$: $\left(\frac{P}{P_0}\right)\left(\frac{V}{V_0}\right) = \frac{\nu RT}{P_0 V_0}$;

$6\frac{V}{V_0} + \frac{5}{6}\left(\frac{V}{V_0}\right)^2 - \frac{1}{6}\left(\frac{V}{V_0}\right)^3 = \frac{\nu RT}{P_0 V_0}$; $\Big| \Delta$;

8

$\frac{6\Delta V}{V_0} + \frac{10}{6}\cdot\frac{\Delta V V}{V_0^2} - \frac{3}{6}\frac{\Delta V V^2}{V_0^3} = \frac{\nu R\Delta T}{P_0 V_0}$;

$\Delta V\left(\frac{6}{V_0} + \frac{5}{3}\frac{V}{V_0^2} - \frac{1}{2}\frac{V^2}{V_0^3}\right) = \frac{\nu R\Delta T}{P_0 V_0}$; #подставим ΔV; в 1.Н.Т.;

$\frac{\nu C_\mu \Delta T}{P_0 V_0} = \frac{\frac{5}{2}\nu R\Delta T}{P_0 V_0} + \frac{\nu R\Delta T}{P_0 V_0^2}\cdot\frac{6 + \frac{5}{6}\left(\frac{V}{V_0}\right) - \frac{1}{6}\left(\frac{V}{V_0}\right)^2}{\frac{6}{V_0} + \frac{5}{3}\left(\frac{V}{V_0^2}\right) - \frac{1}{2}\left(\frac{V^2}{V_0^3}\right)}$; $\Big| \cdot \frac{1}{\frac{\nu R\Delta T}{P_0 V_0}}$

$\frac{C_\mu}{R} = \frac{5}{2} + \frac{6 + \frac{5}{6}x - \frac{1}{6}x^2}{6 + \frac{5}{3}x - \frac{1}{2}x^2}$; #замена: $\frac{V}{V_0} = x$;

$\frac{C_\mu}{R} = \frac{36 + 5x - x^2}{36 + 10x - 3x^2} + \frac{5}{2} = \frac{36 + 5x - x^2 + 90 + 25x - \frac{15}{2}x^2}{36 + 10x - 3x^2}$;

$\frac{C_\mu}{R} = \frac{126 + 30x - \frac{17}{2}x^2}{36 + 10x - 3x^2} = \frac{252 + 60x - 17x^2}{72 + 20x - 6x^2} =$

$= 3 + \frac{46 + x^2}{72 + 20x - 6x^2}$; $\Big| \frac{d}{dx}$; $\Rightarrow$

7

$\Rightarrow \frac{C_\mu'(x)}{R} = 0 + \frac{2x(72 + 20x - 6x^2) - (46 + x^2)\cdot(20 - 12x)}{(72 + 20x - 6x^2)^2}$

~~[illegible]~~

Задача ~

09-95-88-52 (107.3)

Задача №2. Чистовик

$$P = \frac{P_0}{6}\left(36 + 5\frac{V}{V_0} - \left(\frac{V}{V_0}\right)^2\right);$$

Заметим, что ~~когда~~ мол. теплоёмкос $C_\mu = 0$, когда происходит касание с адиабатой для двухатомного газа;

для двухатомного газа; : # 1-е нач. т. д.:

$$\Delta Q = \Delta U + \delta A; \Rightarrow \nu C_\mu \Delta T = \frac{5}{2}\nu R\Delta T + P\Delta V;$$

по опр. C_μ и U;

$$\nu C_\mu \Delta T = \frac{5}{2}\nu R\Delta T + P\Delta V$$

ид. газ;

$PV = \nu RT$; # уравн. Менделеева-Клапейрона;

$$\frac{P_0}{6}\left(36 + 5\frac{V}{V_0} - \left(\frac{V}{V_0}\right)^2\right)V = \nu RT; \Big| \Delta$$

$$0 + \frac{P_0}{6}\left(36\Delta V + 10\frac{\Delta V V}{V_0} - \frac{3V^2\Delta V}{V_0^2}\right) = \nu R\Delta T;$$

подставим ΔV в 1-е нач. термодин.;

$$\frac{P_0\Delta V}{6}\left(36 + 10\frac{V}{V_0} - \frac{3V^2}{V_0^2}\right) = \nu R\Delta T;$$

$$\nu C_\mu\Delta T = \frac{5}{2}\nu R\Delta T + \frac{P_0}{6}\left(36 + 5\frac{V}{V_0} - \left(\frac{V}{V_0}\right)^2\right)\cdot\frac{6\nu R\Delta T}{P_0\left(10\frac{V}{V_0} - \frac{3V^2}{V_0^2} + 36\right)};$$

тогда:

$$\underbrace{\frac{C_\mu}{R}}_{=0} = \frac{5}{2} + \frac{36 + 5\frac{V}{V_0} - \left(\frac{V}{V_0}\right)^2}{36 + 10\frac{V}{V_0} - 3\frac{V^2}{V_0^2}};$$

найдём такой V: $C_\mu(V) = 0$:

$$-\frac{5}{2} = \frac{36V_0^2 + 5VV_0 - V^2}{36V_0^2 + 10VV_0 - 3V^2};$$

$$-\frac{5}{2}\cdot 36V_0^2 - 25VV_0 + \frac{15}{2}V^2 = 36V_0^2 + 5VV_0 - V^2;$$

$$-90V_0^2 - 25VV_0 + \frac{15}{2}V^2 = 36V_0^2 + 5VV_0 - V^2;$$

$$-126V_0^2 - 30VV_0 + \frac{17}{2}V^2 = 0;$$

$17V^2 - 60VV_0 - 252V_0^2 = 0$; Чистовик

\# т.к. $V > 0$;

$$V = \frac{60 \pm \sqrt{3600 + 4 \cdot 252 \cdot 17}}{17 \cdot 2}$$

$$V = \frac{60 + \sqrt{3600 + 17136}}{34} = \frac{60 + \sqrt{20736}}{34}$$

$17 \cdot 4 = 40 + 28 = 68$;

$$\begin{array}{r} 41 \\ \times\ 252 \\ 68 \\ \hline +\ 2016 \\ 1512 \\ \hline 17136 \end{array}$$

$(\sqrt{2} \cdot 100)^2 = 20000$

$\sqrt{20736} \simeq \sqrt{2} \cdot 100 \simeq 141$;

$$V \simeq \frac{201}{34} \simeq 6;$$

~~201 | 34~~

\# касание с адиабатой в т. ~(6; 5) на графике; ⇒

⇒ тепло газ получает на изохоре (3; 2) ⟶ (3; 7) и на участке параболы: (3; 7) ⟶ (6; 5);

тепло газ отдаёт на уч. параболы (6; 5) ⟶ (8; 2) и на изобаре (8; 2) ⟶ (3; 2);

К.П.Д.

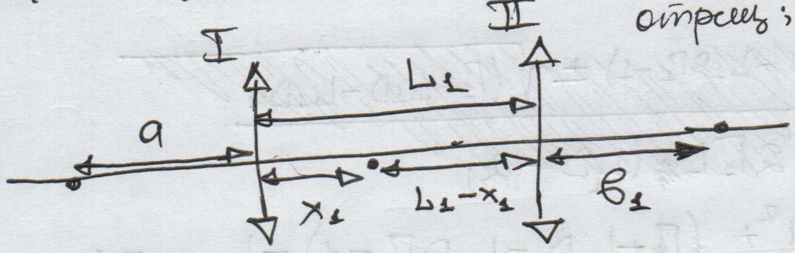
$$\eta = \frac{A_0}{Q_н}$$ ← площ. под граф.; ← по 1. Н.П.;

Черновик

[illegible] нет гладк НЕТ С.ТР.

Запишем две формулы тонкой линзы:

x – может быть отриц;



Чистовик

Ограничение: $|a| \neq |a+L_1|$;

I:

$$\begin{cases} \frac{1}{a} + \frac{1}{x_1} = D; \Rightarrow \frac{1}{x_1} = D - \frac{1}{a} = \frac{Da-1}{a}; \\ \frac{1}{L_1 - x_1} + \frac{1}{b_1} = D; \Rightarrow \frac{1}{L_1 - \frac{a}{Da-1}} + \frac{1}{-\Gamma_1 a} = D; \\ \Gamma_1 = -\frac{b_1}{a}; \Rightarrow b_1 = -\Gamma_1 a; \end{cases}$$

#первое уравнение;

#подставим;

сдвиг: аналогично:

$$\frac{1}{L_2 - \frac{a}{Da-1}} + \frac{1}{-\Gamma_2 a} = D;$$

#получим, что:

$$\begin{cases} \frac{Da-1}{L_2 Da - L_2 - a} + \frac{1}{-\Gamma_2 a} = D; \\ \frac{Da-1}{L_1 Da - L_1 - a} + \frac{1}{-\Gamma_1 a} = D; \end{cases}$$

$$\begin{cases} -\Gamma_2 a^2 D + \Gamma_2 a + L_2 Da - L_2 - a = (L_2 D^2 a - L_2 D - aD)(-\Gamma_2 a) \\ -\Gamma_1 a^2 D + \Gamma_1 a + L_1 Da - L_1 - a = (L_1 D^2 a - L_1 D - aD)(-\Gamma_1 a) \end{cases}$$

$$\begin{cases} -\Gamma_2 a^2 D + \Gamma_2 a + L_2 Da - L_2 - a = -\Gamma_2 L_2 D^2 a^2 + L_2 \Gamma_2 Da + \Gamma_2 Da^2; \\ -\Gamma_1 a^2 D + \Gamma_1 a + L_1 Da - L_1 - a = -\Gamma_1 L_1 D^2 a^2 + L_1 \Gamma_1 Da + \Gamma_1 Da^2; \end{cases}$$

$$-\Gamma_1 a^2 D - \Gamma_1 Da^2 + \Gamma_1 L_1 D^2 a^2 = (-\Gamma_1 a - L_1 Da + a + L_1 \Gamma_1 Da) + L_1;$$

$$a^2 \Gamma_1 D(L_1 D - 2) = a(-\Gamma_1 - L_1 D + 1 + L_1 D \Gamma_1) + L_1;$$

$$a^2 \cdot \Gamma_1 D(L_1 D - 2) = a(-\Gamma_1 - L_1 D + 1 + L_1 D \Gamma_1) + L_1;$$

$$a^2 \cdot \Gamma_1 D(L_1 D - 2) = -a(\Gamma_1 + L_1 D - L_1 D \Gamma_1 - 1) + L_1;$$

$$\Gamma_1 D(L_1 D-2)\cdot a^2+(\Gamma_1+L_1 D-L_1 D\Gamma_1-1)a-L_1=0;$$

Кв.ур-е:

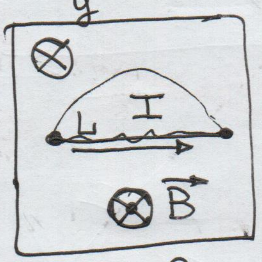
$$\Gamma_2 D(L_2 D-2)\cdot a^2+(\Gamma_2+L_2 D-L_2 D\Gamma_2-1)-L_2=0;$$

Чистовик

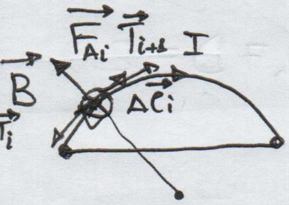
$$\frac{\Gamma_1}{\Gamma_2}\cdot\frac{(L_1 D-2)}{(L_2 D-2)}$$

Задача № 3. Чистовик

вопрос № 3. #лёгкий, гибкий провод



#провод будет уходить в сторону благодаря силе Ампера: он уйдёт в бок;



~~Провод примет форму параболы;~~
провод равномерно растягивается силой Ампера;

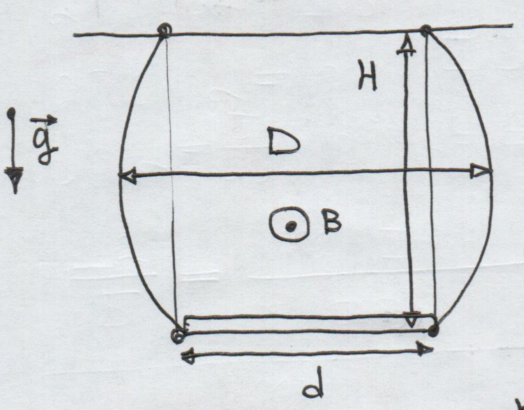
+правило левой руки;

#т.к. провод невесомый; $\vec{F}_{Ai} = I[\Delta \vec{l}_i \times \vec{B}]$; =>

=> он будет принимать форму дуги окружности; ~~#так~~

задача № 3. $g = 9,8$ м/с;

Тонкий, лёгкий, гибкий провод;



$d = 0,8$ м; $m = 0,8$ кг;
$B = 3,5$ Тл; $H = 1$ м;
$D = 1$ м; $I = ?$;

#т.к. провод лёгкий и гибкий, то в нём сила нат. нити везде одинакова по модулю и равна T;

#по симметрии: T(она) одинакова в обоих участках провода;

Черновик:

$\Gamma_1 D(L_1 D-2)$

$\Gamma_2 D(L_2 D-2)$

$\cancel{\begin{cases}\Gamma_1 D = L_2 D-2;\\ \Gamma_2 D = L_1 D-2;\end{cases}}$

численно (в С.И.);

$\cancel{\begin{cases}-0{,}4D = 0{,}4\cdot D-2;\\ -0{,}5D = 0{,}2D-2;\end{cases}} \Rightarrow \cancel{0{,}8D=2;}$ $0{,}7D=2;$

$$\frac{L_1}{\Gamma_1 D(L_1 D-2)} = \frac{L_2}{\Gamma_2 D(L_2 D-2)};$$

коэффициенты равны;

$$\frac{0{,}2}{-0{,}4\cancel{D}(0{,}2D-2)} = \frac{0{,}4}{-0{,}5\cancel{D}(0{,}4D-2)}$$

$$\frac{1}{4\cdot(D-10)} = \frac{2}{5\cdot(D-5)}$$

$5(D-5) = 8(D-10)$

$-25+5D = 8D-80;$

$80-25 = 3D;$

$55 = 3D; \Rightarrow D = \frac{55}{3}$ ДПТР ;

$D_I = D_{II}$

вопрос №4.

~~Ответ~~ Подсчёт ~~Черновик~~

$$\begin{cases} D = \dfrac{-(h-H)^2}{LhH} = \dfrac{-(H-h)^2}{LhH}; \\ D = \dfrac{(h+H)^2}{LhH} = \dfrac{(H+h)^2}{LhH}; \end{cases}$$

#аналитический ответ;

$$\begin{cases} D = -1 \cdot \dfrac{(8-4)\cdot \cancel{мм^2}}{0{,}9м \cdot 8\cdot 4\,\cancel{мм^2}} = -1 \cdot \dfrac{\cancel{4}^{1}}{8\cdot \cancel{4}_{1}} \cdot \dfrac{1}{0{,}9м} = -\dfrac{1}{7{,}2м}; \\ D = \dfrac{\cancel{12}^{3}}{0{,}9м \cdot \cancel{32}_{8}} = \dfrac{3}{7{,}2м} = \dfrac{1}{2{,}4м} = \dfrac{\cancel{10}^{5}}{\cancel{24}_{12}} ДПТР; \end{cases}$$

$$\begin{cases} D = -\dfrac{\cancel{10}^{5}}{\cancel{72}_{36}} ДПТР = -\dfrac{5}{36} ДПТР; \\ D = \dfrac{5}{12} ДПТР \end{cases}$$

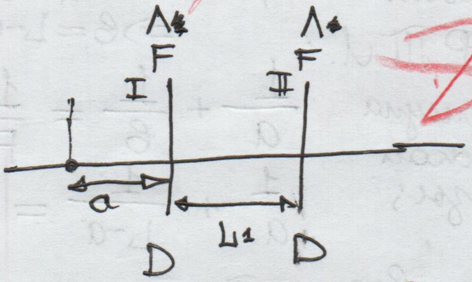
Ответ: $\begin{cases} D = -\dfrac{5}{36} ДПТР; \\ D = \dfrac{5}{12} ДПТР; \end{cases}$

3

задача №4.

#две одинаковые тонкие линзы; $L_1 = 20см$; $Г_1 = -0{,}4$;

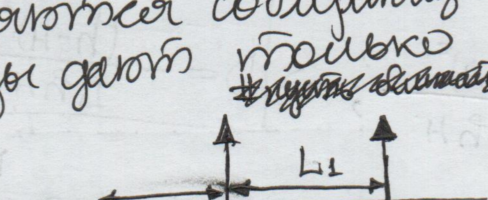
#перевёрнутое, ~~...~~



F – фок. расст. каждой линзы;
D – оптическая сила линзы

~~Решение~~

Заметим, что т.к. изобрж. перевёрнутое; => обе линзы являются собирающими, т.к. рассеивающие линзы дают только прямые изобрж.; ~~#пусть ... первая линза~~



$L_2 = 40см$;
$Г_2 = -0{,}5$;
$L_3 = 80см$;
$Г_3 = ?$

Пусть ближайшая к объекту I-ая линза (в противном случае мы можем рассматривать нашу систему, как отражённую, т.е. II станет I, а I станет II); там всё будет аналогично,

a – может быть отрицательным;

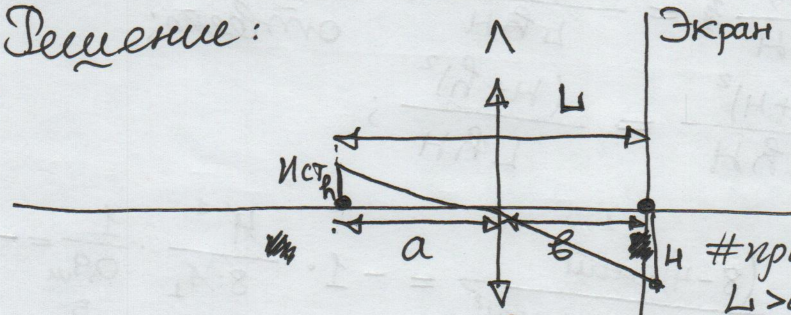
Задача №4.

$h = 4$мм; $L = 90$см;

$H = 8$мм; $D = ?$; #тонкая линза;

Чистовик

Решение:



#при этом: $L > a$;

#Заметим, что рассеивающая линза всегда даёт прямое уменьшенное изображение предмета; #т.к. изобр. увеличенное; ⇒ собирающая линза;

a – расстояние от Л. до источника; a – может быть отрицательным;

$в$ – расстояние от Л. до экрана;

#заметим, что: $a + в = L$; $\Rightarrow в = L - a$

$|Г| = \frac{H}{h} = \left|\frac{в}{a}\right|$, по опр. увеличения поперечного;

Ф.Т.Л.:

#формула тонкой линзы; $\frac{1}{a} + \frac{1}{в} = \frac{1}{F} \equiv D$;

$\frac{1}{a} + \frac{1}{L-a} = D$; $\Rightarrow D = \frac{L - \overset{\circ}{a} + \overset{\circ}{a}}{(L-a)a} = \frac{L}{(L-a)a}$;

• два варианта:

① $Г < 0$:

$Г = -\frac{H}{h} = \frac{в}{a}$; $\Rightarrow в = L - a = a\cdot\left(-\frac{H}{h}\right)$; $\Rightarrow L = a\left(1 - \frac{H}{h}\right)$;

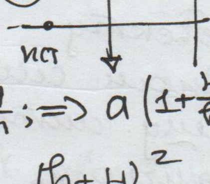
$a = \frac{L}{1 - \frac{H}{h}}$;

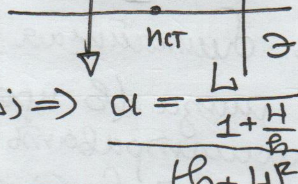
$$D = \frac{\cancel{L}^{\,1}}{\left(L - \frac{L\cdot h}{h-H}\right)\cdot\frac{{}^{1}\cancel{L}h}{h-H}} =$$

$$= \frac{(h-H)^2}{(L(h-H) - Lh)h} = \frac{(h-H)^2}{-LhH}; \Rightarrow \boxed{D = -\frac{(h-H)^2}{LhH}};$$

по условию задачи это не верно.

#мнимое изображение (прямое), т.е. $a < 0$;





② $Г > 0$; $\frac{в}{a} = \frac{H}{h}$;

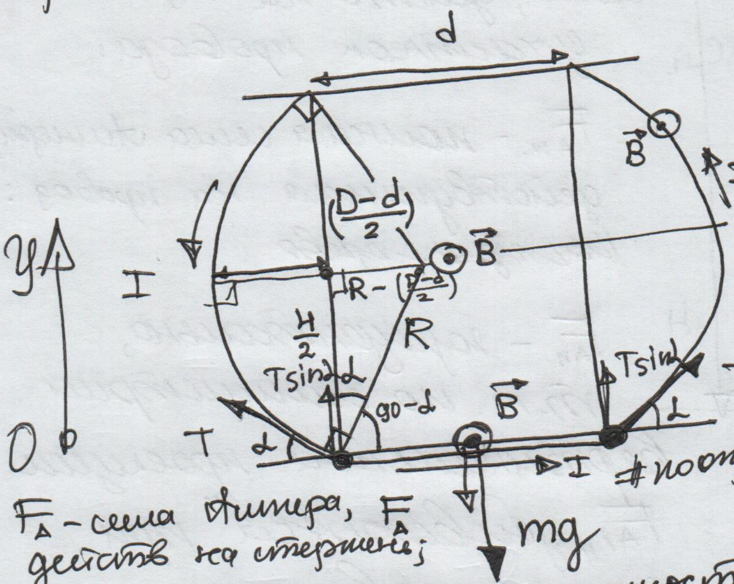
$\frac{L-a}{a} = \frac{H}{h}$; $\Rightarrow L - a = a\frac{H}{h}$; $\Rightarrow a\left(1 + \frac{H}{h}\right) = L$; $\Rightarrow a = \frac{L}{1 + \frac{H}{h}} = \frac{Lh}{h+H}$;

$$\boxed{D = \frac{\cancel{L}^{\,1}}{\frac{{}^{1}\cancel{L}h}{h+H}\left(L - \frac{Lh}{h+H}\right)} = \frac{(h+H)^2}{h\cdot(\underbrace{\cancel{Lh} + LH - \cancel{Lh}}_{0})} = \frac{(h+H)^2}{LhH}};$$

#перев. действ. изображ.

Провод является невесомым;

по правилу левой руки: ток течёт против часовой стрелки



рассмотрим силы, действ. на стержень по оси OY:

1-е условие равновесия по оси OY на стержень:

$$OY:\ F_A + mg = 2T\sin\alpha$$

подстр. силы Ампера: $F_A = IBd$;

$$IBd + mg = 2T\sin\alpha;$$

F_A – сила Ампера, F_A действ на стержень;

R – радиус дуг окружностей;

Боковые участки = дуги окружностей рад. R;

заметим, что по геометрии:

по т. Пифагора:

$$\left(\frac{H}{2}\right)^2 + \left(R - \left(\frac{D-d}{2}\right)\right)^2 = R^2;$$

получим, что: $R(D-d) = \frac{H^2}{4} + \frac{(D-d)^2}{4}$

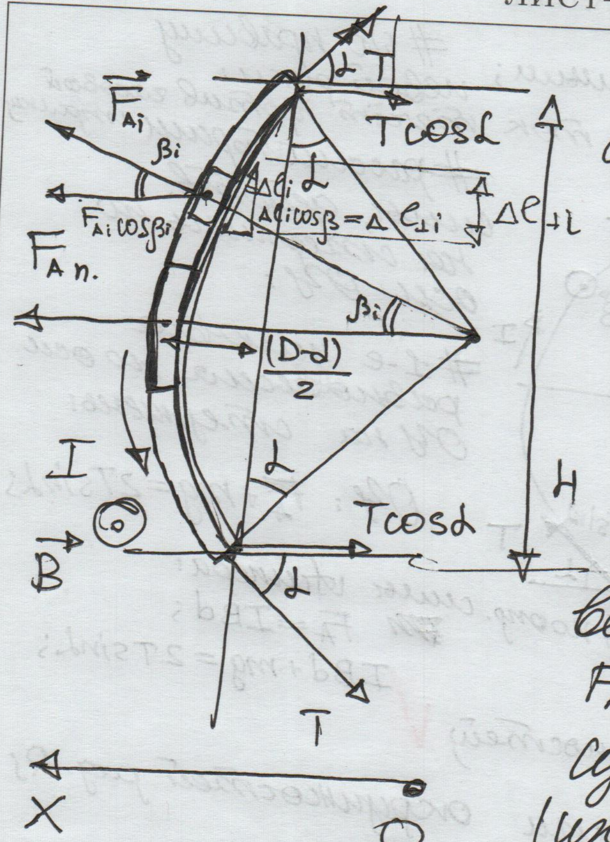
$$\left(\frac{H}{2}\right)^2 + \cancel{R^2} - 2\left(\frac{D-d}{2}\right)R + \left(\frac{D-d}{2}\right)^2 = \cancel{R^2};\ \Rightarrow\ \boxed{R = \frac{H^2 + (D-d)^2}{4(D-d)}};$$

$$R = \frac{1 + 0{,}04}{4\cdot 0{,}2}\,м = \frac{1{,}04\,м}{4\cdot 0{,}2} = \frac{104\,м}{80} = \frac{52\,м}{40} = \frac{26\,м}{20} = \frac{13\,м}{10} = 1{,}3\ м;$$

Чистовик

тогда получим, что:

$$\begin{cases} \cos\alpha = \frac{H}{2R} = \frac{1\,м}{2{,}6\,м} = \frac{10}{26} = \frac{5}{13};\ \Rightarrow \\ \Rightarrow \sin\alpha = \frac{12}{13}; \end{cases}$$



\# рассмотрим силы, действ на маленький участок провода:

$F_{Aп.}$ – полная сила Ампера, действующая на провод: ~~на кусок прово~~

$F_{Aп}$ – горизонтальна, т.к. по симметрии вертикальные проекции F_{Ai} „убиваются" при суммировании; (их сумма равна 0);

\# первое условие равновесия по оси OX:

\# суммируем:

$$2T\cos\alpha = F_{Aп.} = \sum_i (F_{Ai}\cos\beta_i) = \sum_i (IB\Delta\ell_i\cos\beta_i) =$$
$$= \sum_i (\Delta\ell_i\cos\beta_i)\cdot IB = \underbrace{\sum_i (\Delta\ell_{\perp i})}_{= H}\cdot IB = IBH;$$

\# заполнение вертикали участками $\Delta\ell_{\perp i}$;

8

\# получим систему уравнений:

$$\begin{cases} 2T\cos\alpha = IBH; \\ 2T\sin\alpha = mg + IBd; \\ \cos\alpha = \frac{5}{13};\ \sin\alpha = \frac{12}{13}; \Rightarrow \operatorname{tg}\alpha = \frac{12}{5}; \end{cases} \xrightarrow{\ \div\ } \operatorname{tg}\alpha = \frac{mg + IBd}{IBH};$$

Ответ: $I = 1{,}4\,A$; против час.;

$$\frac{12}{5} = \frac{mg + IBd}{IBH}; \Rightarrow \frac{12}{5}IBH = mg + IBd;$$

$$IB\left(\frac{12H}{5} - d\right) = mg;$$

$$\boxed{I = \frac{mg}{B\left(\frac{12H}{5} - d\right)}};\quad I = \frac{0{,}8\,кг\cdot 9{,}8\,м/с^2}{3{,}5\,Тл\left(\frac{12}{5}\cdot 1\,м - 0{,}8\,м\right)} =$$

$$= \frac{0{,}8\cdot 9{,}8\,A}{\frac{7}{2}\left(\frac{12}{5} - \frac{4}{5}\right)} = \frac{\frac{4}{5}\cdot 9{,}8\,A}{\frac{7}{2}\cdot\frac{8}{5}} = \frac{9{,}8\,A}{7} = \frac{4{,}9\cdot 2\,A}{7} = 1{,}4\,A;$$

Ответ: I против часовой стр.; $1{,}4\,A$