Часть 1

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

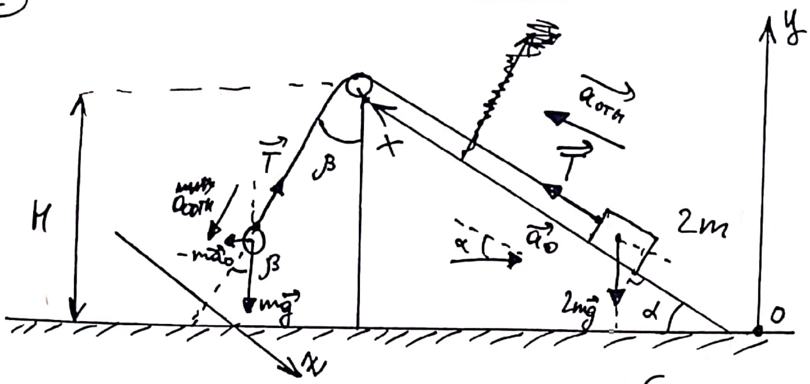
Шифр: **21201467**

ID профиля: **161594**

Вариант 6

(1)

Чистовик



1) a_0 - ?
2) $a_{отн}$ - ?
3) t - ?

a_0 – ускорение клина, $a_{отн}$ – ускорение бруска отн. клина.

~~Запишем 2-ой закон~~

Т.к. нить не провисает, нерастяж., легкая, то шарик движ. с тем же ускор. $a_{отн}$, что и брусок $2m$ отн. клина. вдоль нити (см. рис.).

Запишем 2-й закон Ньютона для шарика в проекции на ось OZ в СО клина (эта СО – неинерциальной, то на шарик будет действ. горизонт. сила инерции равная ma_0 и напр. влево):

$$0 = -ma_0\cos\beta + mg\sin\beta \Rightarrow a_0 = g\cdot tg\beta \approx 4{,}17 \text{ м/с}^2$$

~~Запишем 2-й закон Ньютона для шарика и бруска в проекции на OY в СО Земли:~~

~~брусок: $2ma_{отн}\sin\alpha = T\sin\alpha - 2mg$~~

~~шарик: $-ma_{отн}\cos\beta = -mg + T\cos\beta$.~~

~~$$T = \frac{2m(a_{отн}\sin\alpha + g)}{\sin\alpha}$$~~

~~$$-ma_{отн}\cos\beta = -mg + \frac{2m(a_{отн}\cdot\sin\alpha + g)}{\sin\alpha}\cos\beta.$$~~

~~$$-a_{отн}\cos\beta\cdot\sin\alpha = -g\sin\alpha + 2a_{отн}\sin\alpha\cdot\cos\beta + 2g\cos\beta.$$~~

Запишем 2-й закон Ньютона для шарика и бруска:

брусок на OX: $2m(a_{отн} - a_0\cdot\cos\alpha) = T - 2mg\sin\alpha \rightarrow T = 2m(a_{отн} + g\sin\alpha - a_0\cos\alpha)$

шарик на OY: $-ma_{отн}\cos\beta = -mg + T\cos\beta$

Тогда

$$ma_{отн}\cdot\cos\beta = mg - 2m(a_{отн} + g\sin\alpha - a_0\cos\alpha)\cdot\cos\beta$$

$$\frac{a_{отн}t^2}{2} = H/\cos\beta$$

$$3a_{отн}\cos\beta = g - 2g\sin\alpha + 2a_0\cos\alpha\cdot\cos\beta$$

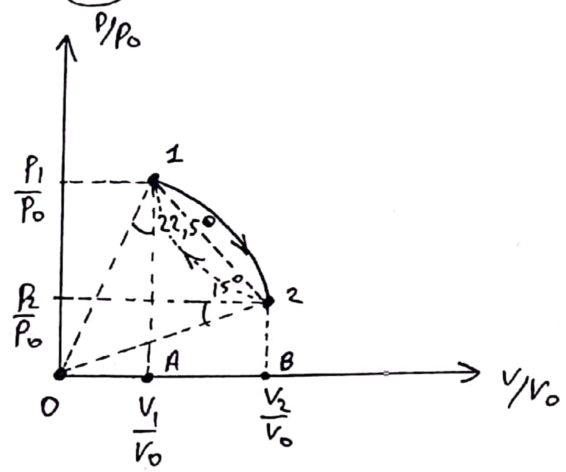
$$t = \sqrt{\frac{2H}{a_{отн}\cdot\cos\beta}}$$

$$a_{отн} = \frac{g - 2g\sin\alpha + 2g\cdot\sin\beta\cdot\cos\alpha}{3\cos\beta} = 1{,}5 \text{ м/с}^2$$

Ответ: $a_0 = g\cdot tg\beta \approx 4{,}17$ м/с^2; $a_{отн} = \dfrac{1 - 2\sin\alpha + 2\sin\beta\cdot\cos\alpha}{3\cos\beta}g = 1{,}5$ м/с^2; $t = \sqrt{\dfrac{2H}{a_{отн}\cdot\cos\beta}}$

2

Шютовик



1) $\frac{T_1}{T_2}$ – ?

2) α – ?

3) $\frac{A_{цикл}}{A_{12}}$ – ?

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{P_1V_1}{P_2V_2}.$$, т.к. $\nu = const$

$$O1 = \sqrt{\frac{P_1^2}{P_0^2} + \frac{V_1^2}{V_0^2}}$$ – расстояние от точки 0 до точки 1.

$$O2 = \sqrt{\frac{P_2^2}{P_0^2} + \frac{V_2^2}{V_0^2}}$$ – до точки 2.

Заметим, что

$$\frac{\frac{V_1}{V_0}}{\frac{P_1}{P_0}} = tg(22,5°) \qquad tg(15°) = \frac{\frac{P_2}{P_0}}{\frac{V_2}{V_0}} \qquad \cancel{\frac{P_0}{V_0} = \frac{P_1}{V_1} \cdot tg(22,5°)}$$

$$\frac{P_0}{V_0} = \frac{P_2}{V_2 \cdot tg(15°)}$$

$$\frac{V_1}{V_0} = \frac{P_1}{P_0} \cdot tg(22,5°) \qquad \frac{V_2}{V_0} = \frac{\frac{P_2}{P_0}}{tg(15°)}.$$

Т.к. $1 \to 2$ – дуга окружности, то $O1 = O2$;

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{P_1V_1}{P_2V_2} = \frac{1 + \frac{1}{tg^2(15°)}}{1 + tg^2(22,5°)} \cdot tg(22,5°) \cdot tg(15°)$$

$$\sqrt{\frac{P_1^2}{P_0^2} + \frac{V_1^2}{V_0^2}} = \sqrt{\frac{P_2^2}{P_0^2} + \frac{V_2^2}{V_0^2}}$$

$$\frac{P_1^2}{P_0^2} + \frac{V_1^2}{V_0^2} = \frac{P_2^2}{P_0^2} + \frac{V_2^2}{V_0^2}$$

$$\frac{P_1^2}{\cancel{P_0^2}} \cdot \left(1 + tg^2(22,5°)\right) = \frac{P_2^2}{\cancel{P_0^2}}\left(1 + \frac{1}{tg^2(15°)}\right)$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \sqrt{\frac{1 + \frac{1}{tg^2(15°)}}{1 + tg^2(22,5°)}}$$

$$\Downarrow$$

$$P_1 = \sqrt{\frac{1 + \frac{1}{tg^2(15°)}}{1 + tg^2(22,5°)}}\, P_2.$$

$$\frac{V_1}{V_0} = \sqrt{\frac{1 + \frac{1}{tg^2(15°)}}{1 + tg^2(22,5°)}} \cdot \frac{P_2}{P_0} \cdot tg(22,5°); \quad \frac{V_2}{V_0} = \frac{P_2}{P_0} \cdot \frac{1}{tg(15°)}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\sqrt{\frac{1 + \frac{1}{tg^2(15°)}}{1 + tg^2(22,5°)}} \cdot tg(22,5°)}{\frac{1}{tg(15°)}}$$

Обозначим

$$k = \frac{1 + \frac{1}{tg^2(15°)}}{1 + tg^2(22,5°)} \cdot tg(22,5°) \cdot tg(15°)$$

т.е. $T_1 = kT_2$.

2) По определению теплоемкости:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{p\Delta V + \frac{5}{2}\nu R\Delta T}{\Delta T} = 0$$

$$p\Delta V = -\frac{5}{2}\nu R\Delta T$$

3) $A_{цикл} = A_{12} + A_{21} = A_{расш} + A_{21}$, где $A_{расш} = A_{12}$

По усл.

$$Q_{21} = A_{21} + \Delta U_{21} = 0 \Rightarrow A_{21} = -\frac{5}{2}\nu R(T_1 - T_2)$$

Тогда

$$\frac{A_{цикл}}{A_{расш}} = \frac{A_{расш} - \frac{5}{2}\nu R(T_1 - T_2)}{A_{расш}} = 1 - \frac{5}{2}\cdot\frac{\nu R(T_1-T_2)}{A_{расш}} = 1 - \frac{5}{2}\cdot\frac{\overset{\nu RT_2}{\overset{\parallel}{p_2V_2}}\cdot(K-1)}{A_{расш}}$$

$A_{расш} = S_{гр}^{12}\cdot p_0V_0$, где $S_{гр}^{12}$ – площадь под дугой окр. $1 \to 2$.

$$\underbrace{S_{гр}^{12}}_{} = \underbrace{S(\square A12B)}_{\text{площадь трапеции } A12B} + \overset{\text{площадь сектора } 012}{S(012)} - S(\triangle 012).$$

$$S(\square A12B) = \frac{\frac{p_1}{p_0} + \frac{p_2}{p_0}}{2}\left(\frac{V_2}{V_0} - \frac{V_1}{V_0}\right) = \cancel{\frac{p_1}{p_0}+\frac{p_2}{p_0}\cdot\frac{V_2}{V_1}}$$

$$S(012) = \frac{\pi r^2\cdot 52{,}5^\circ}{360} = \frac{\pi\cdot 52{,}5^\circ}{360^\circ}\cdot\left(\frac{p_1^2}{p_0^2} + \frac{V_2^2}{V_0^2}\right)$$

$$S(\triangle 012) = \frac{1}{2}\cdot r^2\cdot\sin(52{,}5^\circ) = \frac{1}{2}\left(\frac{p_2^2}{p_0^2} + \frac{V_2^2}{V_0^2}\right)\cdot\sin(52{,}5^\circ).$$

$$A_{расш} = \frac{(p_1+p_2)(V_2-V_1)}{2} + \frac{\pi}{360}\left(\frac{p_2\cdot V_0}{p_0} + \frac{V_2\cdot p_0}{V_0}\right)\cdot 52{,}5^\circ - \frac{1}{2}\left(\frac{p_2V_0}{p_0} + \frac{V_2\cdot p_0}{V_0}\right) =$$

$$= \frac{p_2V_2\left(\sqrt{\frac{1+\frac{1}{tg^2(15^\circ)}}{1+tg^2(22{,}5^\circ)}} + 1\right)\left(-\sqrt{\frac{1+\frac{1}{tg^2(15^\circ)}}{1+tg^2(22{,}5^\circ)}}\cdot tg(22{,}5^\circ)\cdot tg(15^\circ) + 1\right)}{2} +$$

$$+\left(\frac{p_2V_2\,tg(15^\circ)}{p_2} + \frac{p_2}{tg(15^\circ)}\right) + \ldots$$

Часть 2

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

Шифр: **21201467**

ID профиля: **161594**

Вариант 6

(3) Чистовик

$C_1 = C$

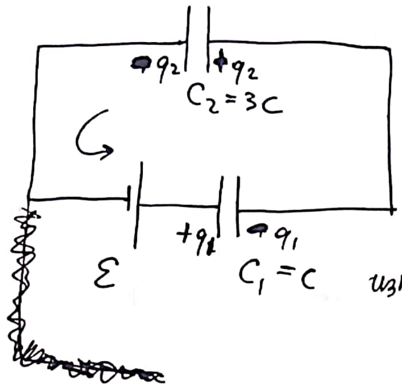
$C_2 = 3C$

1) $\dot{I}_0$ — ?

2) $Q_{замк}$ — ?

3) U_R — ? когда $I_{C_2} = I_0$

До замык. ключа:



По условию режим установившийся, тогда по 2 правилу Кирхгофа

$$\mathcal{E} = \frac{q_1}{C_1}+\frac{q_2}{C_2} = \frac{q_1}{C}+\frac{q_2}{3C} = \frac{4q_1}{3C}.$$

Т.к. по усл. конденсаторы были изнач. не заряжены, то по ЗСЗ:

$$q_2 - q_1 = 0$$

$$\boxed{q_1 = q_2} = \frac{3\mathcal{E}C}{4}.$$

$$U_{C_1} = \frac{q_1}{C_1} = \frac{3\mathcal{E}}{4}$$

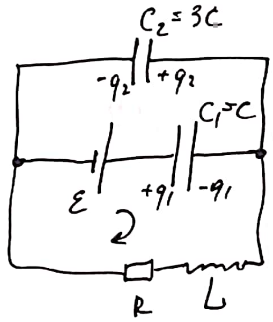
$$U_{C_2} = \frac{q_2}{C_2} = \frac{\mathcal{E}}{4}.$$

Сразу после замык. ключа ток через катушку I_L сразу не меняется, т.е. $I_R = I_L = 0$. Также напряж. на конденсаторах на C_1 и C_2 скачком не поменялись

⇓

$U_R = 0$

сразу после замык. ключа:



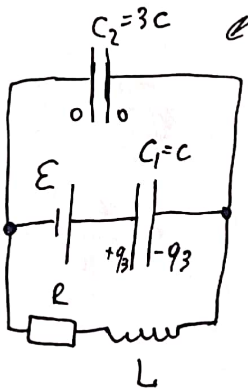
По 2 правилу Кирхгофа.

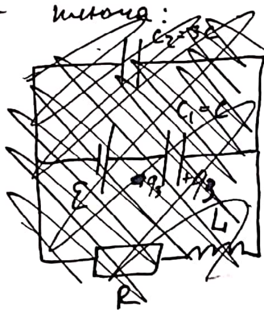
$$\mathcal{E}+\mathcal{E}_i = \frac{q_1}{C_1} = U_{C_1}$$

$$\mathcal{E}_i = -L\dot{I}_0 = \frac{q_1}{C_1} - \mathcal{E}.$$

$$\boxed{\dot{I}_0 = \frac{\mathcal{E}}{4L}}$$

Уст. режим после замык. ключа:





В уст. режиме $I_L = I_R = 0$, $U_{C_2} = 0$, то

$$\mathcal{E} = \frac{q_3}{C_1} = \frac{q_3}{C}$$

$\boxed{q_3 = \mathcal{E}C}$ → $\Delta q = q_3 - q_1 = \frac{\mathcal{E}C}{4} > 0$ — заряд протекший через источник.

По ЗСЭ:

$$A_{ист} = (W_2 - W_1) + Q_{замк}$$

$$\frac{C\mathcal{E}^2}{4} = \frac{C\mathcal{E}^2}{8} + Q_{замк} \Rightarrow \boxed{Q_{замк} = \frac{C\mathcal{E}^2}{8}}$$

$$W_2 = 0 + \frac{q_3^2}{2C} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2}$$

$$W_1 = \frac{q_1^2}{2C}+\frac{q_2^2}{2\cdot 3C} = \frac{9C\mathcal{E}^2}{32} + \frac{3C\mathcal{E}^2}{32} = \frac{12C\mathcal{E}^2}{32} = \frac{3}{8}C\mathcal{E}^2$$

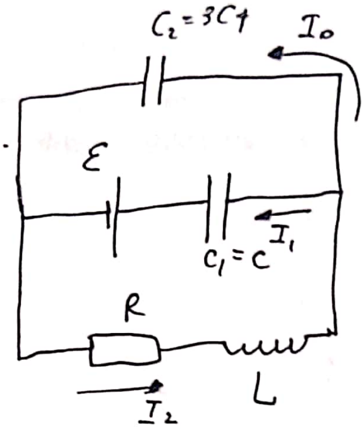
$$A_{ист} = \Delta q\cdot\mathcal{E} = \frac{C\mathcal{E}^2}{4} = \frac{8C\mathcal{E}^2}{32} = \frac{2}{8}C\mathcal{E}^2$$

~~Пробод~~

Продолжение №3

чистовик

3)



По 1-ому правилу Кирхгофа:

$I_2 = I_1 + I_0$

По формуле: $I_1 = C_1 \cdot \dot{U}_{C_1} \to \dot{U}_{C_1} = \frac{I_1}{C_1}$

$I_0 = C_2 \cdot \dot{U}_{C_2} = C_2 (\mathcal{E} + U_{C_1})' = C_2 \cdot \dot{U}_{C_1} =$

$= \frac{C_2}{C_1} I_1 = 3I_1 \Rightarrow I_1 = \frac{I_0}{3}$

$I_2 = I_1 + I_0 = \frac{4I_0}{3} \Rightarrow U_R = I_2 \cdot R =$

$= \frac{4}{3} I_0 R$

По 2 правилу Кирхгофа:

$\mathcal{E} = -U_{C_1} + U_{C_2} \to U_{C_2} = \mathcal{E} + U_{C_1}$

Ответ: $\dot{I}_0 = \frac{\mathcal{E}}{4L}$; $Q_{замк} = \frac{C\mathcal{E}^2}{8}$; $U_R = \frac{4}{3} I_0 R$.

(4)

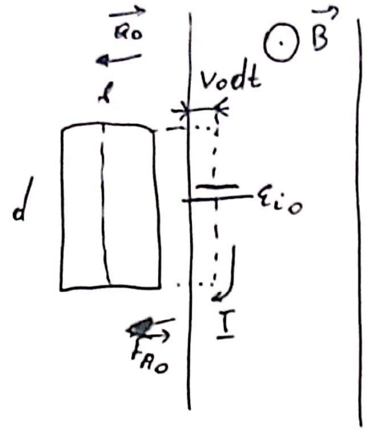
Чистовик

$d,\ b = \frac{d}{4}$

$H = 2d$

$m,\ V_0,\ R,\ B$

1) a_0 - ?
2) V_1 - ?
3) V_2 - ?



По закону эл. индукции:

$$\varepsilon_{i_0} = \left|\frac{d\Phi}{dt}\right| = \frac{B\cdot V_0\cdot dt\cdot d}{dt} = B\cdot V_0\cdot d,$$

Тогда по закону Ома в цепи протекает ток:

$$I_0 = \frac{\varepsilon_{i_0}}{R} = \frac{BV_0d}{R}.$$

Тогда как только рамка начала входить в поле на ее правую сторону начала действ. сила Ампера

$$F_{A_0} = BI_0d = \frac{B^2V_0d^2}{R}.$$

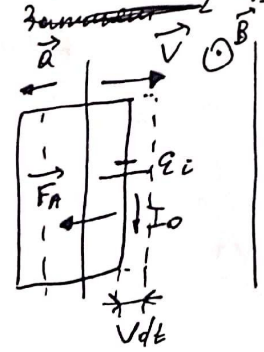
По 2-ому закону Ньютона:

$$F_{A_0} = ma_0$$

1) $$a_0 = \frac{F_{A_0}}{m} = \frac{B^2V_0d^2}{mR}$$

2) Пока рамка полностью не войдет в поле на нее будет действ. непостоянная сила Ампера, т.к. в цепи течет ток (изменение магнит. потока через контур происходит с течением времени). Когда рамка полностью войдет в поле, то т.к. ~~Замкнута~~ ~~изменение потока~~ поток будет сохраняться, то по закону эл. индукции в цепи не возник. ЭДС индукции $\Rightarrow I = 0 \Rightarrow F_A = 0 \Rightarrow a = 0 \Rightarrow V = const.$ Т.е. скорость рамки будет сохр. пока она не начнет выходить из поля.

~~Замкнута~~ 2 В произв. момент времени (пока рамка еще не вошла полн.):



$$\varepsilon_i = \left|\frac{d\Phi}{dt}\right| = \frac{B\cdot Vdt\cdot d}{dt} = BVd$$

$I = \frac{\varepsilon_i}{R} = \frac{BVd}{R}$ - ток в цепи

$F_A = \frac{B^2Vd^2}{R}$ - сила Ампера

$$F_A = ma \Leftrightarrow \frac{B^2Vd^2}{R} = ma$$

3

(Продолжение № 4) (Чистовик)

$\frac{B^2 V d^2}{R} = ma$ $\quad a = -\frac{dV}{dt}$, т.к. $V\downarrow$

$\frac{B^2 \cdot dS \cdot d^2}{R} = -m\,dV$ $\quad dS$ – перемещ. рамки.

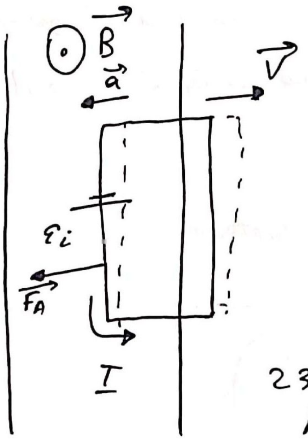
Просуммир.

$$\frac{B^2 \cdot (b-0)\,d^2}{R} = -m(V_1 - V_0)$$

$$mV_1 = mV_0 - \frac{B^2 \cdot b \cdot d^2}{R}$$

2) $V_1 = V_0 - \frac{B^2 \cdot b \cdot d^2}{mR} = V_0 - \frac{B^2 \cdot d^3}{4mR}$ – скорость после полного вхождения рамки в поле. ~~как то~~

После того как рамка полностью войдет и до того как рамка не начнет ~~войти~~ выходить с другой стороны границы поля скорость рамки будет сохраняться.



~~Когд~~ Рассмотрим произв. момент времени после того как рамка начала выходить из поле:

$\mathcal{E}_i = \left|\frac{d\Phi}{dt}\right| = \frac{BV\,dt\,d}{dt} = BVd$ – ЭДС индукции.

$I = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = \frac{BVd}{R}$ – сила тока в цепи.

$F_A = BId = \frac{B^2Vd^2}{R}$ – сила Ампера, действ. на рамку.

2 ЗН:

$F_A = ma$

$\frac{B^2 V d^2}{R} = ma$ $\quad a = -\frac{dV}{dt}$

$\frac{B^2 dS \cdot d^2}{R} = -m\,dV$

Просуммир.

$$\frac{B^2 \cdot (b-0) \cdot d^2}{R} = -m(V_2 - V_1)$$

$$mV_2 = mV_1 - \frac{B^2 b d^2}{R}$$

$$V_2 = V_1 - \frac{B^2 b d^2}{mR} = V_0 - \frac{2B^2 b d^2}{mR} *$$

3) $V_2 = V_0 - \frac{B^2 d^3}{2mR}$

Ответ: $a_0 = \frac{B^2 V_0 d^2}{mR}$; $V_1 = V_0 - \frac{B^2 d^3}{4mR}$; $V_2 = V_0 - \frac{B^2 d^3}{2mR}$.

~~Чистовик~~

5

D_2 – оптич. сила очков для рассматрив. удал. объектов.

Пусть D_0 – оптич. сила глаза, L_0 – расстояние от глаза (зрачка) до „экрана".

$l_1 = 25$ см $= 0{,}25$ м

$\frac{D_1}{D_2} = \frac{7}{3}$

1) x – ?

2) D_3 – ?

$l_3 = 50$ см $= 0{,}5$ м

$l_2 = \infty$ – расс. до удал. объектов.

Представим глаз как линзу с оптич. силой D_0 и экраном, располож. на расстоянии L_0 от этой линзы, D_1 – оптич. сила очков для чтения текста с расстояния 25 см.

Тогда по формуле: ~~[illegible]~~

$$\begin{cases} D_0 + D_1 = \frac{1}{l_1} + \frac{1}{L_0} \\ D_0 + D_2 = \frac{1}{l_2} + \frac{1}{L_0} \end{cases}$$

0

Здесь оптич. силы линз складыв., т.к. они по усл. ~~[illegible]~~ расположены вплотную. ~~Тогда~~

$$\begin{cases} D_0 + \frac{7}{3} D_2 = \frac{1}{l_1} + \frac{1}{L_0} \\ D_0 + D_2 = \frac{1}{L_0} \end{cases} \rightarrow \frac{4}{3} D_2 = \frac{1}{l_1}$$

$$\boxed{D_2 = \frac{3}{4 l_1} = 3 \text{ дптр}}$$ ~~оптич. сила~~.

$$D_1 = \frac{7}{3} D_2 = 7 \text{ дптр}$$

$$\begin{cases} D_0 + D_3 = \frac{1}{l_3} + \frac{1}{L_0} \\ D_0 + D_2 = \frac{1}{L_0} \end{cases} \rightarrow D_3 - D_2 = \frac{1}{l_3} \rightarrow \boxed{D_3 = D_2 + \frac{1}{l_3} = 5 \text{ дптр}}$$