

Часть 1

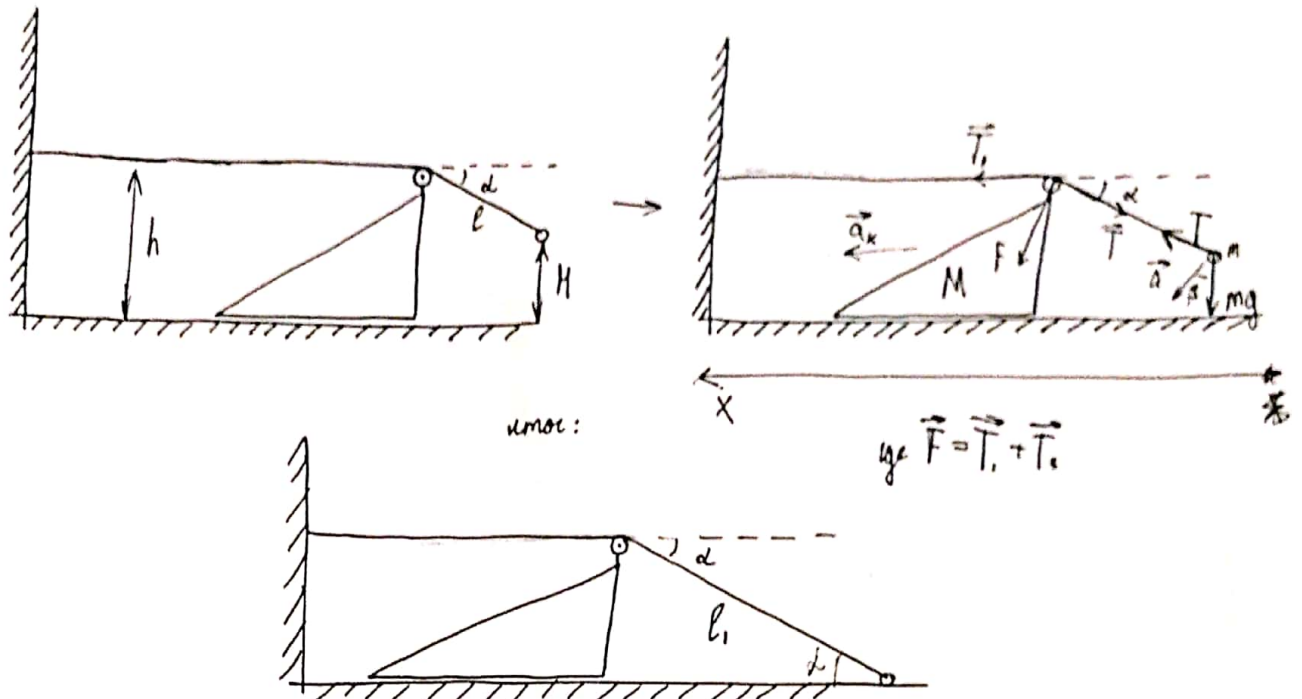
Олимпиада: **Физика, 11 класс (1 часть)**

Шифр: **21201252**

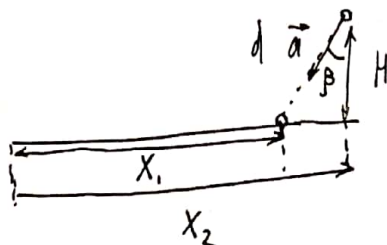
ID профиля: **325226**

Вариант 4

Задача № 1 (Усложнен)



- 1) Из кинематических связей и нерастяжимости нити:
 Пусть вся длина нити - L , тогда $l \sin \alpha = h - H$; $l_1 \sin \alpha = h$
- 2) Изменение положения шарика



$$x_2 = L - l + l \cos \alpha$$

$$x_{21} = L - l_1 + l_1 \cos \alpha$$

$$x_2 - x_1 = l \cos \alpha - l_1 + l_1 \cos \alpha$$

$$l \sin \alpha - l_1 \sin \alpha = -H \quad (\text{из п.1}) \Rightarrow (l_1 - l) \sin \alpha = H \Rightarrow l_1 - l = \frac{H}{\sin \alpha}$$

$$x_2 - x_1 = l_1 (1 - \cos \alpha) - l (1 - \cos \alpha) = (l_1 - l) (1 - \cos \alpha) = \frac{H}{\sin \alpha} \cdot (1 - \cos \alpha)$$

$$\text{tg } \beta = \frac{\frac{H}{\sin \alpha} \cdot (1 - \cos \alpha)}{H} = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{1 - \frac{8}{17}}{\sqrt{1 - (\frac{8}{17})^2}} = \frac{1 - 0,47059}{\sqrt{1 - (0,47059)^2}} = \frac{1 - 0,47059}{\sqrt{1 - 0,22145}} = \frac{1 - 0,47059}{0,88235} = 0,6 \quad \rightarrow \text{tg } \beta = 0,6$$

- 3) Из расстановки сил и II з-на Ньютона

$$\vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{F} = M \vec{a}_x$$

$$\vec{T} + m \vec{g} = m \vec{a}$$

$$|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2|$$

$$O_x: T_1 - T_2 \cos \alpha + F_x = M a_x$$

$$T \cos \alpha = m a \sin \beta \Rightarrow \frac{1 - \cos \alpha}{\cos \alpha} = \frac{M}{m} \frac{a_x}{a \sin \beta} \quad (1)$$

Задача №1 (продвижение, чистовик)

за одно и то же время

клин прошел $L - l_2 - (L - l_1) = l_1 - l_2 = \frac{H}{\sin \alpha}$

шарик прошел $d = \frac{H}{\cos \beta}$

т.к. начальные скорости, нулю, $\frac{a_2 t^2}{2} = \frac{H}{\sin \alpha}$; $\frac{a t^2}{2} = \frac{H}{\cos \beta} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{a_k}{a} = \frac{\cos \alpha \sin \beta}{\sin \alpha} \quad (2)$$

$$(2) \text{ б } (1) : \frac{1 - \cos \alpha}{\cos \alpha} = \frac{M \cos \alpha \sin \beta}{m \sin \alpha \cdot \sin \beta} \Rightarrow \frac{M}{m} = \frac{(1 - \cos \alpha) \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta}{\cos^2 \alpha \cdot \cos \beta} = (1 - \cos \alpha) \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta$$

$$= \left(1 - \frac{3}{17}\right) \cdot 1,875 \cdot 0,6 = 0,5294 \cdot 1,875 \cdot 0,6 = 0,5956 \rightarrow \frac{M}{m} = 0,5956 \Rightarrow \frac{M}{M} = 1,679$$

~~$$a_k = \frac{1 - \cos \alpha}{\cos \alpha} + \frac{\cos \alpha \sin \beta}{\sin \alpha}$$~~

~~$$\frac{M}{m} = \frac{(1 - \cos \alpha) \sin \alpha \sin \beta}{\cos^2 \alpha \cos \beta} = \frac{1 - \cos \alpha}{\cos \alpha} \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta$$~~

~~$$\frac{M}{m} = \frac{1 - \cos \alpha}{\cos \alpha} \cdot \frac{M}{m}$$~~

~~$$M = 1,679 m$$~~

~~$$\frac{1 - \cos \alpha}{\cos \alpha} = 0,5956$$~~

~~$$\frac{a_k}{a \sin \beta}$$~~

- Ответ:

 - 1) $\operatorname{tg} \beta = 0,6$
 - 2)
 - 3) $\frac{M}{m} = 1,679$

Задача №2 (числовая)

$$C \cdot \Delta T = Q$$

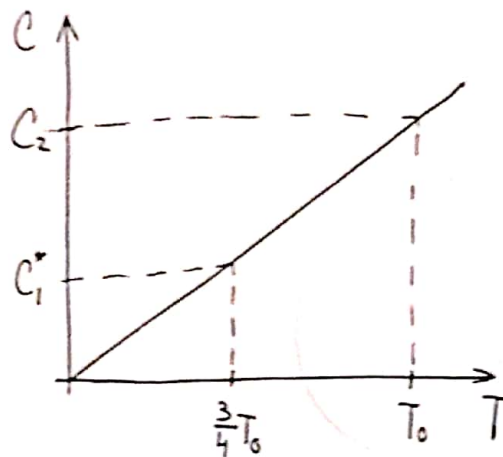
$$C_1 = \frac{9}{5} R \cdot \frac{3}{4}$$

$$C_2 = \frac{9}{5} R$$

$$C \cdot \Delta T = \frac{1}{2} \left(\frac{9}{5} R \cdot \frac{3}{4} + \frac{9}{5} R \right) \cdot \left(\frac{1}{4} T_0 \right) =$$

$$\Rightarrow \frac{1}{8} \cdot \frac{9}{5} R \cdot \frac{7}{4} T_0 = \frac{63}{160} R T_0$$

$$\boxed{Q = \frac{63}{160} R T_0 \cdot \nu}$$

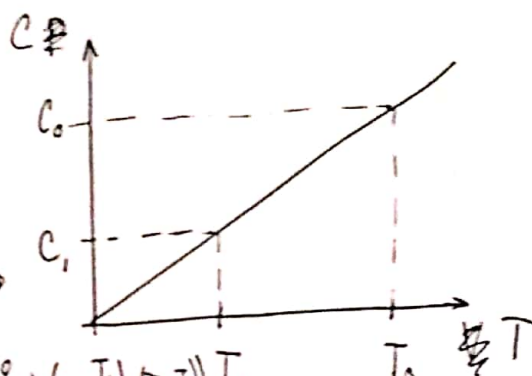


I 3-х периодичности

$$\Delta U = Q + A$$

$$\Delta U = \nu \cdot \frac{3}{2} R \Delta T = \nu \cdot \frac{3}{2} R (T_0 - T_1)$$

$$Q = \frac{1}{2} \left(\frac{9}{5} R + \frac{9}{5} R \frac{T_1}{T_0} \right) \cdot (T_0 - T_1) \cdot \nu$$



$$A = \Delta U - Q = \frac{1}{2} \nu R \left(3(T_0 - T_1) - \left(1 + \frac{T_1}{T_0} \right) (T_0 - T_1) \right)$$

$$\Rightarrow A = \frac{\nu R}{2} \left(3T_0 - 3T_1 - \left(\frac{9}{5} T_0 - \frac{9}{5} T_1 + \frac{9}{5} T_1 - \frac{9}{5} \frac{T_1^2}{T_0} \right) \right) =$$

$$= \frac{\nu R}{2} \left(\frac{9}{5} T_1^2 - 3T_1 + \frac{6}{5} T_0 \right)$$

$$\frac{\partial R}{\partial T_1} = \text{const} \Rightarrow \left(\frac{9}{5} T_1^2 - 3T_1 + \frac{6}{5} T_0 \right) \rightarrow \min \quad \text{это парабола } \angle a > 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{min в вершине}$$

$$T_{1, \min} = -\frac{b}{2a} = \frac{3}{\frac{18}{5} T_0} = \frac{15 T_0}{18} = \frac{5}{6} T_0 \rightarrow \boxed{T_{1, \min} = \frac{5}{6} T_0}$$

При этом работа $A_{\min} = \frac{\nu R}{2} \cdot \left(\frac{9}{5} \cdot \frac{25}{36} T_0^2 - 3 \cdot \frac{5}{6} T_0 + \frac{6}{5} T_0 \right) =$

$$= \frac{\nu R}{2} \cdot \left(\frac{5}{4} T_0 - \frac{5}{2} T_0 + \frac{6}{5} T_0 \right) = \frac{\nu R}{2} \cdot \left(\frac{25}{20} - \frac{50}{20} + \frac{24}{20} \right) T_0 = -\frac{\nu R}{40} T_0$$

$$\boxed{A_{\min} = -\frac{\nu R}{40} T_0}$$

- Ответ:
- 1) $Q = \frac{63}{160} R T_0 \cdot \nu$
 - 2) $T_{1, \min} = \frac{5}{6} T_0$
 - 3) $A_{\min} = -\frac{1}{40} \nu R T_0$

Часть 2

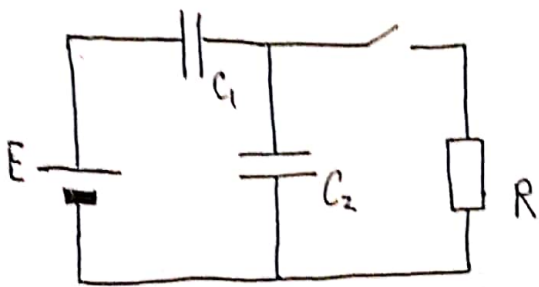
Олимпиада: **Физика, 11 класс (2 часть)**

Шифр: **21201252**

ID профиля: **325226**

Вариант 4

Задача №3 (Чистовик)



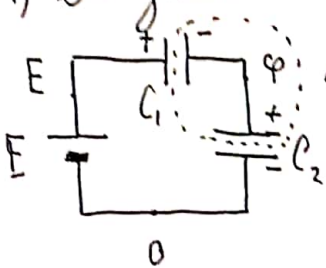
Дано:

E, R
 $C_2 = C$
 $C_1 = 5C$

Найти:

$I_1 - ?$
 $Q - ?$
 $I_R - ?$ при $I_0 = I_{C_2}$

1) До замыкания ключа



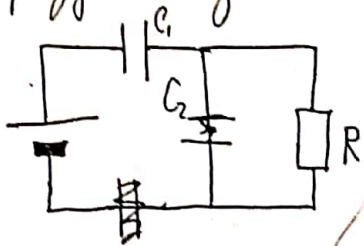
Метод потенциалов
 П.к. изначально конд. не заряжены (до сборки),
 q в выд. области = 0

$$-C_1(E - \varphi) + C_2(\varphi - 0) = 0$$

$$C_2 \cdot \varphi = C_1 \cdot (E - \varphi)$$

$$C \cdot \varphi = 5C \cdot (E - \varphi) \Rightarrow \varphi = 5E - 5\varphi \Rightarrow 6\varphi = 5E \Rightarrow \varphi = \frac{5}{6}E$$

2) Сразу после замыкания ключа



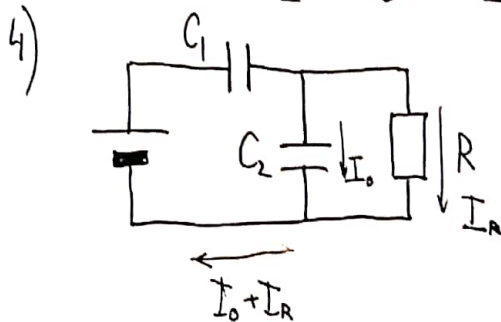
На R напряжение $U = \varphi - 0 = \varphi = \frac{5}{6}E$

$$I_1 = \frac{U}{R} = \frac{\frac{5}{6}E}{R} = \frac{5E}{6R} \Rightarrow I_1 = \frac{5E}{6R}$$

3) После разрядки конденсаторов
~~Через резистор проходит~~

$$\frac{C_1(E - \varphi)^2}{2} + \frac{C_2 \varphi^2}{2} = Q \Rightarrow \frac{C}{2} \left(5 \cdot \left(\frac{1}{6}E \right)^2 + \left(\frac{5}{6}E \right)^2 \right) = \frac{CE^2}{2} \cdot \left(\frac{5}{36} + \frac{25}{36} \right) =$$

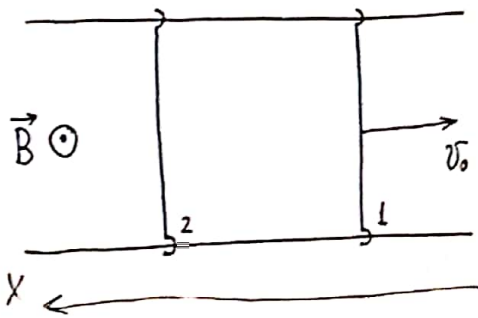
$$= \frac{CE^2}{2} \cdot \frac{30}{36} = \frac{CE^2}{2} \cdot \frac{5}{6} = \left| \frac{5}{12} CE^2 = Q \right|$$



Ответ: 1) $I_1 = \frac{5E}{6R}$

2) $Q = \frac{5}{12} CE^2$

Задача №4 (Числовик)



При движении перемычки 1 создается $\mathcal{E} = Bv_0L$;

где $v = v_0$, $l = L$
 $\mathcal{E} = Bv_0L \Rightarrow I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{Bv_0L}{R}$

На перемычку 1 действует сила Ампера

$F_A = IBL$, м.к. $\alpha = 90^\circ$ ($B \perp$ плоскости)

$F_A = \frac{B^2 L^2 v_0}{R}$

По II з-ку Ньютона $\sum \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow O_x: F_A = 2ma_x = 2ma$

$\frac{B^2 L^2 v_0}{R} = 2ma \Rightarrow a_1 = \frac{B^2 L^2 v_0}{2mR}$

На вторую перемычку также действует $F_A = IBL$, но II ЗН

$IBL = \frac{m}{2}a$, где $I_1 = \frac{\mathcal{E}}{5R} = \frac{Bv_0L}{5R}$

$\frac{B^2 L^2 v_0}{5R} = \frac{m}{2}a \Rightarrow a_2 = \frac{2B^2 L^2 v_0}{5mR}$

в момент времени T перемычка 2 создает \mathcal{E}_2 , перемычка 1 созд. \mathcal{E}_1

$\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1 = Bv_0L - Bv_1L = Bv_0L - B(a_1 T)v_0L = Bv_0L(1 - a_1 T)$

Тогда нем при $\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1 = 0 \Rightarrow v = \text{const}$

$Bv_0L(1 - a_1 T) = Bv_2L$

$v_0(1 - a_1 T) = v_2 \Rightarrow v_0 - a_1 T v_0 = v_2$
 $\Rightarrow v_0 - \frac{B^2 L^2 v_0}{2mR} T = v_2$

$\frac{B^2 L^2 v_0}{mR} \left(\frac{1}{2} + \frac{2}{5}\right) = v_0 \Rightarrow T \frac{B^2 L^2}{mR} \cdot \frac{9}{10} = 1 \Rightarrow$

$\Rightarrow T B^2 L^2 = \frac{10}{9} mR \Rightarrow T = \frac{10mR}{9B^2 L^2}$

$v_1 = a_1 T - v_1 = \frac{10mR}{9B^2 L^2} \cdot \frac{B^2 L^2 v_0}{2mR} = \frac{5}{9} v_0$
 $v_2 = a_2 T = \frac{2B^2 L^2 v_0}{5mR} \cdot \frac{10mR}{9B^2 L^2} = \frac{4}{9} v_0$

$v_1 = \frac{5}{9} v_0$
 $v_2 = \frac{4}{9} v_0$

Задача №4 (продолжение, чистовик)

за время T перемычка 1 пройдет:

$$S_1 = -v_0 T + \frac{a_1 T^2}{2} = -v_0 \cdot \frac{10mR}{9B^2 L^2} + \frac{B^2 L^2 v_0}{4mR} \cdot \left(\frac{10mR}{9B^2 L^2}\right)^2 =$$

$$= -\frac{10mR v_0}{9B^2 L^2} + \frac{25mR v_0}{81B^2 L^2} = -\frac{75mR v_0}{81B^2 L^2} = -\frac{25}{27} \frac{mR v_0}{B^2 L^2}$$

перемычка 2 пройдет

$$S_2 = \frac{a_2 T^2}{2} = \frac{B^2 L^2 v_0}{5mR} \cdot \left(\frac{10mR}{9B^2 L^2}\right)^2 = \frac{20}{81} \frac{mR v_0}{B^2 L^2}$$

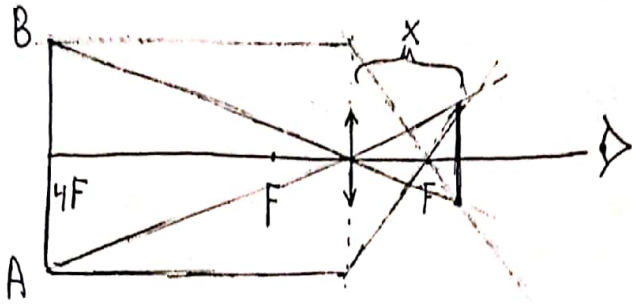
$$S_0 = S_2 - S_1 = \frac{95}{81} \frac{mR v_0}{B^2 L^2}$$

Ответ: 1) $\frac{B^2 L^2 v_0}{2mR} = a_1$

2) $v_1 = \frac{5}{9} v_0$; $v_2 = \frac{4}{9} v_0$

3) $S_0 = \frac{95}{81} \frac{mR v_0}{B^2 L^2}$

Задача №5 (Чистовик)



По формуле тонкой линзы

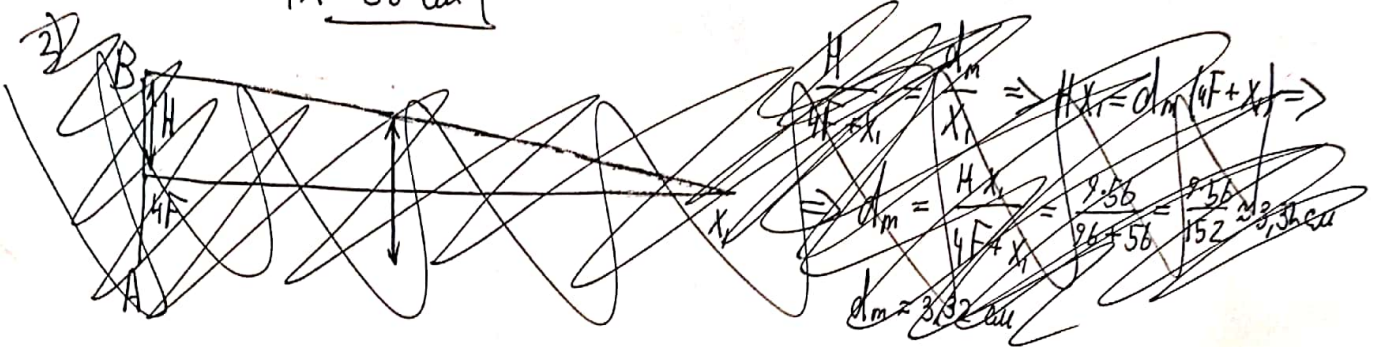
$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$$

в данном случае $a = 4F$, $b = X$,

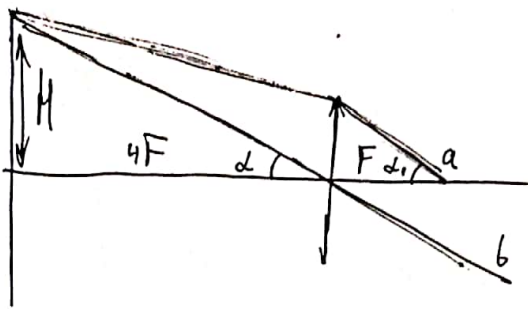
$$\frac{1}{4F} + \frac{1}{X} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{3}{4F} = \frac{1}{X} \Rightarrow 3X = 4F \Rightarrow X = \frac{4}{3}F$$

1) Если расстояние от линзы до шара $X_1 = \frac{4}{3}F = 32$ см, то от глаза до линзы $X = X_1 + 24 = 56$ см

$$X = 56 \text{ см}$$

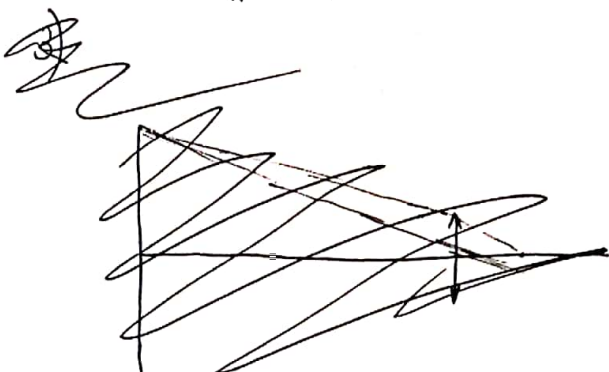


2)



Точка не видна линзу тогда, когда луч а и луч б (см. рисунок) не пересекаются. Предельный случай $\equiv a \parallel b$
 Если $a \parallel b$, то $d = d_1 \Rightarrow \tan \alpha = \tan \beta$
 (т.к. все углы в пределах $\frac{\pi}{2}$)

$$\frac{H}{4F} = \frac{D_m}{F} \Rightarrow D_m = \frac{H}{4} = \frac{9}{4} = 2,25 \text{ см} \Rightarrow D_m = 2,25 \text{ см}$$



Ответ: 1) $X = 56$ см

2) $D_m = 2,25$ см

Чеполук

