



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2 класс 11

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по Физике
профиль олимпиады

Шестякова Александра Максимовича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«09» февраля 2024 года

Подпись участника

ШШ

Восемьдесят три

00-62-90-15
(4.8)

Черновик

1	2	3	4	5	
3	20	20	00	20	83

$$g = g \frac{M}{c^2}$$

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

$$\frac{v_1^2}{R_1} = \frac{GM}{R_1^2}$$

$$\frac{v_1^2}{R_1} = g \frac{R^2}{R_1^2}$$

$$v_1^2 = g \frac{R^2}{R_1}$$

$$v_2^2 = g \frac{R^2}{R_2}$$

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

$$R_1 = 6,4 \cdot 10^4 \text{ км}$$

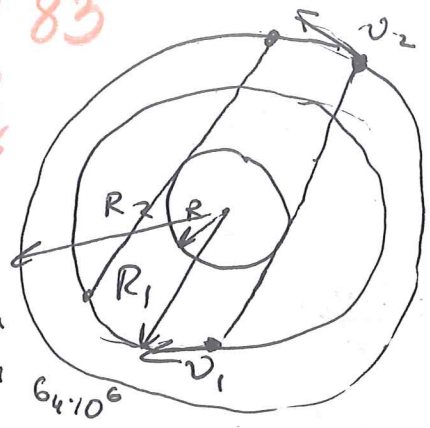
$$6,4 \cdot 10^7 \text{ м}$$

$$R_2 = 10^5 \text{ км}$$

$$T_1 = \sqrt{\frac{R_1}{g}}$$

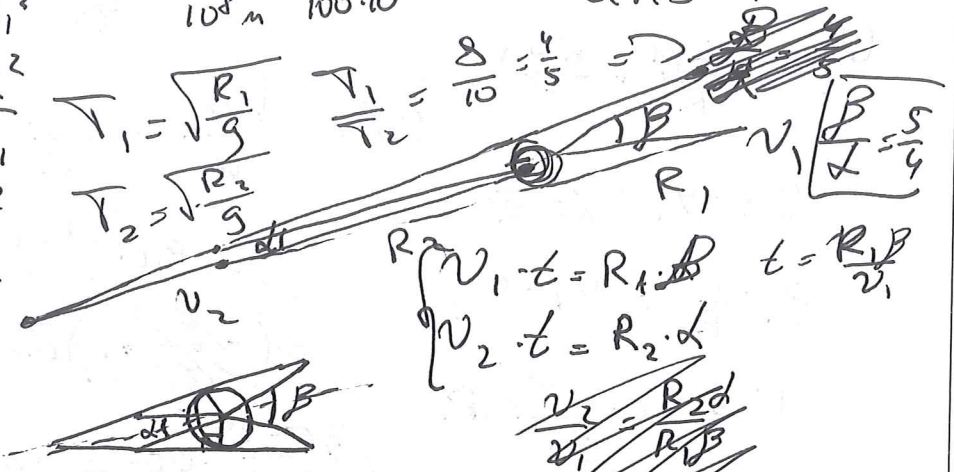
$$T_2 = \sqrt{\frac{R_2}{g}}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{8}{10} = \frac{4}{5}$$



$$\frac{100}{64} = \frac{50}{32} = \frac{25}{16}$$

arcsin x ≈ x



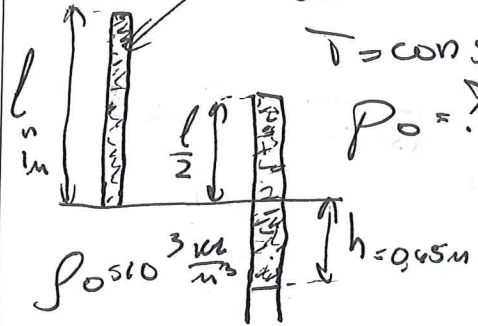
$$v_1 \cdot t = R_1 \cdot \alpha$$

$$v_2 \cdot t = R_2 \cdot \alpha$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{R_2 \alpha}{R_1 \alpha} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{4}{5}$$

$\sqrt{2}$

воздух и касательный нар



$T = \text{const}$

$p_0 = ?$

$$p_H = 14,5 \text{ кПа}$$

$= \text{const}$

$$\rho_0 g h = 10^3 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

когда равен

$$\rho p_{b1} + p_H = p_0 ; p_0 + \rho_0 g h = p_H + p_{b2}$$

$$\rho p_{b1} \cdot l = p_{b2} \cdot (\frac{l}{2} + h)$$

$$\frac{p_{b1}}{p_{b2}} = \frac{19}{20}$$

$$p_{b1} + p_H = p_H + \frac{20}{19} p_{b1} - \rho_0 g h$$

$$\frac{1}{19} p_{b1} = \rho_0 g h$$

$$p_{b1} = 19 \rho_0 g h = 19 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0,45 = 85500 \text{ Па}$$

$$p_0 = p_{b1} + p_H = 85500 + 14500 = 10^5 \text{ Па}$$

$$\frac{55}{100} = \frac{19}{20}$$

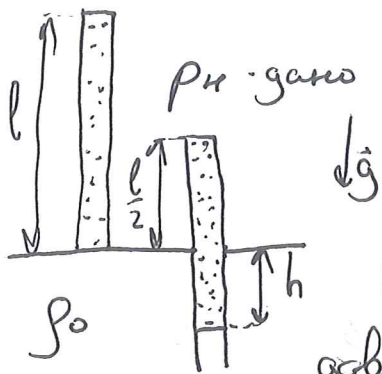
$$0,55$$

$$\frac{45 \times 19}{45} = \frac{855}{45} = 19$$

00-62-90-15
(4.8)

Чистовик,

№ 2.5.2



изначально давление в
трубке / давление смеси
равно: $p_{в1} + p_{п} = p_0$
— $p_{атм.}$

В процессе погружения трубки
давление в ней увеличивается,
так как пар конденсируется, то $\rho_{п} = \text{const}$
и он конденсируется в воду.

$p_0 + \rho_0 g h = p_{в2} + p_{п}$ уравнение состояния
идеального газа можно

$p_0 = p_{в2} + p_{п} - \rho_0 g h$
 $p_0 = p_{в1} + p_{п}$

капается так: ($\rho = \text{const}$
Закон Бойля-Мариотта)

$p_{в1} \cdot l = p_{в2} \cdot (\frac{l}{2} + h)$

$p_{в1} + p_{п} = \frac{20}{19} p_{в1} + p_{п} - \rho_0 g h$

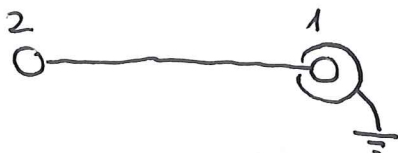
$\frac{p_{в1}}{p_{в2}} = \frac{\frac{l}{2} + h}{l} = \frac{19}{20}$; $p_{в2} = \frac{20}{19} p_{в1}$

отсюда $p_{в1} = 19 \rho_0 g h = 19 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0,45 = 85500 \text{ Па}$

$p_0 = p_{в1} + p_{п} = 85500 + 14,5 \cdot 10^3 = 10^5 \text{ Па}$

Ответ: $p_0 = 10^5 \text{ Па}$

№ 3.10.2



Батарея заземлена: $\phi_0 = 0$

левый шар удален. заряд,
его потенциал равен $\phi_2 = \frac{kq_2}{r}$

он же равен ϕ_1 (соединены проводниками)

$\phi_0 = \frac{kq_1}{R} + \frac{kq_0}{R} = 0$. $\phi_0 = -\phi_1$

$\phi_1 = \frac{kq_1}{r} + \frac{kq_0}{R} = \frac{kq_1}{r} - \frac{kq_1}{R}$; $\phi_1 = \phi_2 : \frac{kq_2}{r} = \frac{kq_1}{r} - \frac{kq_1}{R}$

Чистовик

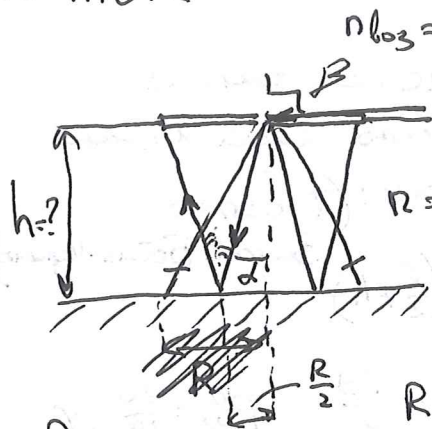
$$\frac{kq_2}{r} = \frac{kq_1}{r} - \frac{kq_1}{R}$$

$$q_2 = q_1 - q_1 \frac{r}{R}$$

$$r = \frac{q_1 - q_2}{q_1} \cdot R = \frac{7,5 - 2,5}{7,5} \cdot 3 = \frac{2}{3} \cdot 3 = 2 \text{ см}$$

Ответ: 2 см.

№4.10.2



при прохождении луча по углам $\rightarrow \frac{\pi}{2}$ к нормали поверхности n он преломится $n=1,5$ и попадет на экран с обратной стороны на расстоянии R .
 больше оставшаяся

Преломление:

$$n \sin \beta = n \cdot \sin \alpha$$

$$n \cdot \sin \alpha = 1$$

$$\sin \alpha = \frac{2}{3}$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \left(\frac{2}{3}\right)^2} = \frac{\sqrt{5}}{3}$$

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{\sqrt{5}}{2} = \frac{h}{R/2}$$

$$h = \frac{R}{2} \cdot \frac{\sqrt{5}}{2} = 2\sqrt{5} \text{ см}$$

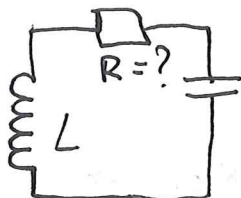
Ответ: $2\sqrt{5}$ см.

№5.4.2

слабо затухающие колебания

когда ток $= I_{\max} = I_m$

с напряжением на конденсаторе равно падению напряжения на резисторе



Чистовик

$$\begin{cases} U_C = U \\ U_R = I_m \cdot R \end{cases} \quad U = I_m \cdot R$$

период колебаний: $T = 2\pi \sqrt{LC}$

потери энергии - выделение тепла = Q

$$Q = I_{cp}^2 R \cdot T, \quad I_{cp} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

$$Q = \frac{I_m^2}{2} R \cdot 2\pi \sqrt{LC} = I_m^2 \cdot R \cdot \pi \sqrt{LC}$$

$$R = \frac{Q}{I_m^2 \cdot \pi \sqrt{LC}}$$

$$\frac{Q}{I_m^2 \pi \sqrt{LC}} = \frac{U}{I_m}$$

$$R = \frac{U}{I_m}$$

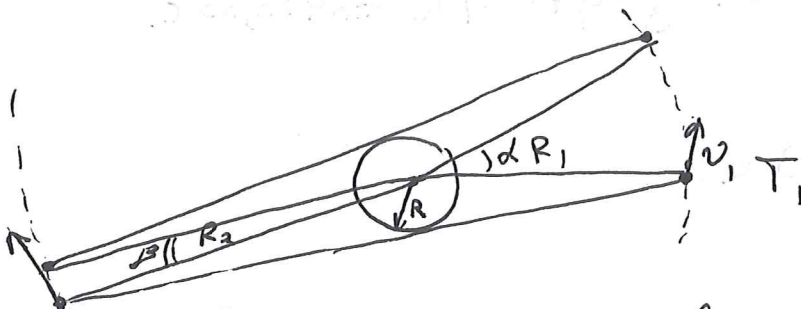
$$I_m = \frac{Q}{U \pi \sqrt{LC}}; \quad R = \frac{\pi \cdot U^2 \sqrt{LC}}{Q}$$

$$= \frac{3,14 \cdot 0,2^2 \cdot \sqrt{0,3 \cdot 30 \cdot 10^{-6}}}{0,38 \cdot 10^{-3}} = \frac{3,14 \cdot 0,04 \cdot 3 \cdot 10^{-3}}{0,38 \cdot 10^{-3}} = \frac{3,14 \cdot 3 \cdot 2}{19}$$

$$= \frac{18,84}{19} \approx 1 \Omega \quad \text{Ответ: } R = 1 \Omega$$

№ 1.4.2

①



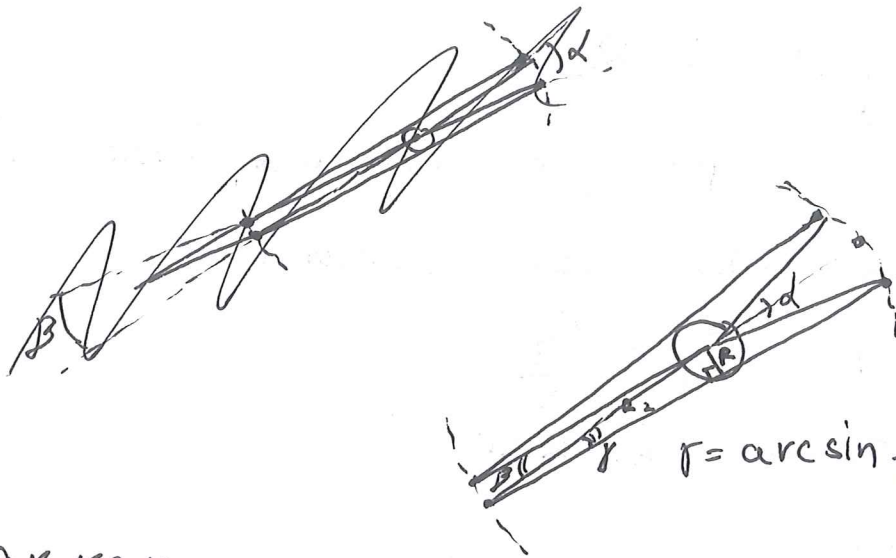
время обращения вокруг петли

одного корабля: $T_1 = \sqrt{\frac{R_1}{g}}$; Второго: $T_2 = \sqrt{\frac{R_2}{g}}$

$$\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}} = \frac{8}{10} = \frac{4}{5} \Rightarrow \frac{\alpha}{\beta} = \frac{5}{4}; \quad \frac{m v_1^2}{R_1} = m \cdot g \cdot \frac{R_2}{R_1^2}$$

$$g = \frac{GM}{R^2} \quad \text{②}$$

$$v_1^2 = g \frac{R_2}{R_1}; \quad v_2^2 = g \frac{R_2}{R_2}$$

Цистовик,

$$\gamma = \arcsin \frac{R}{R_2} \approx \frac{R}{R_2}$$

Так как радиус R всего
несколько тысяч км., то R_2 по
порядку в 100 раз больше
законя: $\gamma \approx \frac{d}{2} \Rightarrow d = 2 \frac{R}{R_2}$

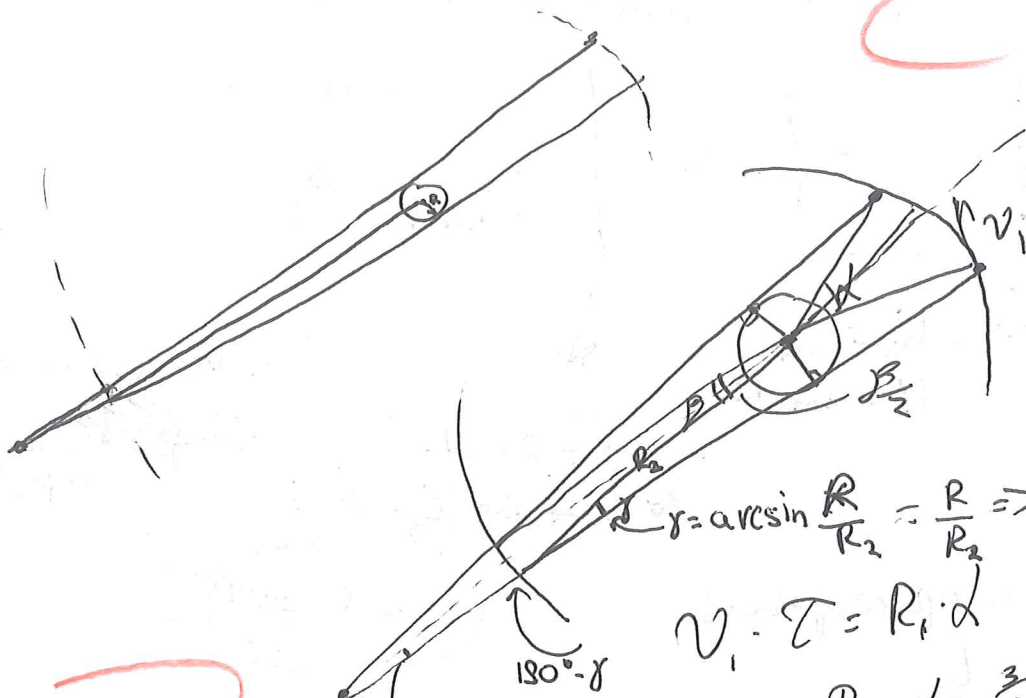
$$v_1 \cdot \gamma = R_1 \cdot d \quad v_1^2 = g \frac{R^2}{R_1} \quad v_1 = \sqrt{g R_1} \cdot R$$

$$\gamma = \frac{R_1 \cdot d}{v_1} = \frac{R_1 \cdot 2R}{\sqrt{g R_1} \cdot R \cdot R_2} = \frac{2 R_1}{\sqrt{g} \cdot R_2}$$

$$= \frac{2 \cdot 6,4 \cdot 10^4 \cdot 8 \cdot 10^3}{\sqrt{9} \cdot 10^8} = \frac{2}{3} \cdot 6,4 \cdot 8 \cdot 100 \approx 3413,33 \text{ с.}$$

Ответ: ~~3413,33 с.~~

Черновик



7

7

$$\gamma = \arcsin \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_1}{R_2} \Rightarrow \alpha = \frac{2R_1}{R_2}$$

$$v_1 \cdot \tau = R_1 \cdot \alpha$$

$$\tau = \frac{R_1 \cdot \alpha}{v_1} = \frac{R_1^2}{R_2 \cdot \sqrt{g}}$$

$$M_1 = g \frac{R_1^2}{R_2}$$

$$\psi = 2\gamma - \beta$$

$$\psi = 2\frac{R_1}{R_2} - \beta$$

~~$$\tau = \frac{R_1^2}{R_2 \cdot \sqrt{g}}$$~~

$$\frac{2}{3} \cdot 64 \cdot 8 \cdot 100$$

$$\frac{2}{3} \cdot 64 \cdot 8 \cdot 10$$

$$\frac{16 \cdot 64}{3} \cdot 10$$

$$\frac{10240}{3}$$

$\tau =$

$$\begin{array}{r} 64 \\ \times 16 \\ \hline 384 \\ + 64 \\ \hline 1024 \end{array}$$

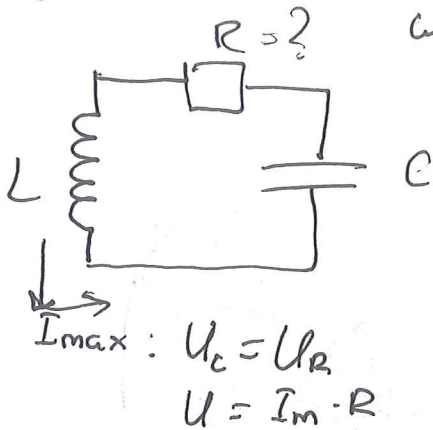
$$10239 \overline{) 3}$$

$$3413 \frac{1}{3}$$

7

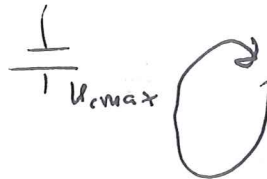
00-62-90-15
(4.8)

Черновик
№5



слабо нагружено

в медуозации



$T = 2\pi \sqrt{LC}$
 $\approx I_{max}$

Q выделено

~~$I_{cp}^2 \cdot R \cdot T$~~
 $I_{cp}^2 \cdot R \cdot T$

еще преобразовать

$R = \frac{U}{I_m}$

$R = \frac{Q}{\left(\frac{I_m}{\sqrt{2}}\right)^2 \cdot R \pi \sqrt{LC}}$

$\frac{U}{I_m} = \frac{Q}{\frac{I_m^2}{2} \cdot 2\pi \sqrt{LC}}$

$U I_m = \frac{Q}{\pi \sqrt{LC}}$

$R = \frac{U}{I_m} = \frac{\pi U \sqrt{LC}}{Q}$

$I_m = \frac{Q}{\pi U \sqrt{LC}}$

$= \frac{3,14 \cdot 0,04 \cdot 3 \cdot 10^{-3}}{0,38 \cdot 10^{-3}}$

$= \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 3}{38} = \frac{3,14 \cdot 3 \cdot 2}{19} = \frac{18,84}{19} \approx 1 (0,4)$

$9,42 \cdot 2 = 18,84$

~~$U = U_m \cdot \sin \omega t$~~
 ~~$i = I_m \cos \omega t$~~
 ~~$i = I_m \omega \cdot \cos \omega t$~~
 ~~$-I_m \cdot \omega \cdot \sin \omega t$~~



Черковик

√3

$r = ?$



$R = 3 \text{ см} = 0,03 \text{ м}$

$\varphi_2 = \frac{kq_2}{r}$

$\varphi_1 = \varphi_2 = \frac{kq_2}{r}$

$\varphi_1 = -\frac{kq_1}{R} + \frac{kq_1}{r}$

$q_2 = q_1 - q_1 \frac{r}{R}$

$q_1 \frac{r}{R} = q_1 - q_2$

$r = \frac{q_1 - q_2 \cdot R}{q_1}$

$\frac{kq_2}{r} = \frac{kq_1}{r} - \frac{kq_1}{R}$

~~$q_2 = q_1 \left(1 - \frac{r}{R}\right)$~~
 ~~$\left(-\frac{q_2}{q_1} + 1\right) R$~~

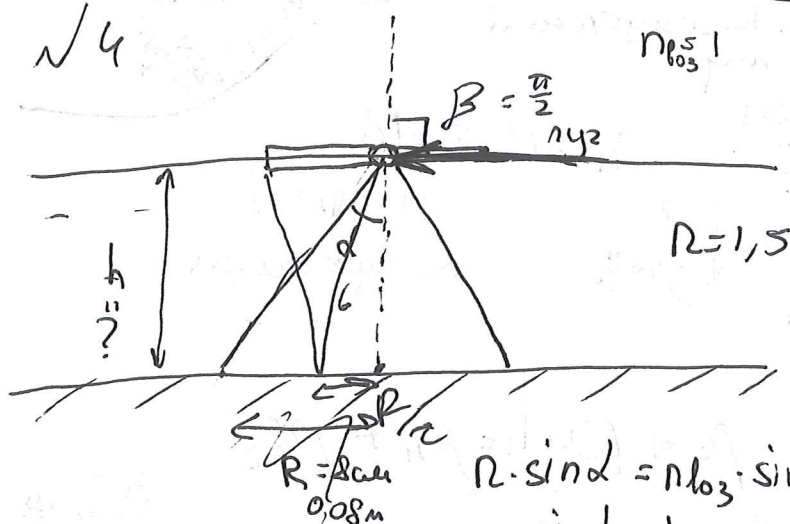
$= \frac{7,5 - 2,5}{7,5} \cdot 0,03 = 0,02 \text{ м}$

7

$r = 2 \text{ см}$

√4

$n_{03} = 1$



$R = 1,5$

$\sqrt{36 - 16} = \sqrt{20} = 2\sqrt{5}$

$\frac{64}{5}$
 $\frac{320}{5}$

$R \cdot \sin \alpha = n_{03} \cdot \sin \beta$

$n \sin \alpha = 1$

$\sin \alpha = \frac{1}{1,5} = \frac{2}{3}$

$= \frac{R/2}{\sqrt{R^2 + h^2}} = 2 \text{ см}$

$2\sqrt{R^2 + h^2} = 3R$

$4(R^2 + h^2) = 9 \cdot R^2$

$5R^2 = 4h^2$

$h = \sqrt{\frac{5}{4} R^2} = \sqrt{\frac{5}{4} \cdot 2,25} = \sqrt{\frac{320}{4}} = \frac{8\sqrt{5}}{2} \text{ см}$

$\sqrt{36 - 16} = \sqrt{20}$

$\sqrt{64 \cdot 5 + 64} = \sqrt{384}$

$\sqrt{144 - 64} = 180 \text{ см}$

$h \approx 9 \text{ см}$