0 453268 690009

45-32-68-69
(4.4)

15^{13} +1 моб

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников „Ломоносов"
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

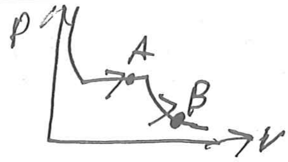
Джаноева Александра Арсеновича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«09» февраля 2024 года

Подпись участника

45-32-68-69 (4.4)

Чистовик



№2.5.2

До погружения в воду давление в трубке равно $P_1 = P_{нас} + P_0$ по закону Дальтона.

После погружения в воду полное давление в трубке стало $P_2 = P_0 + \rho_0 g h$. что меньше P_1 если посчитать. Значит, пар стал ненасыщенным и немногочисленное кол-во воды (жидкой) в трубке перешло в пар.

в начале: пл. сечения трубки, кол-во пара, температура

$$(P_0 + P_{нас}) S l = (\nu_{возд} + \nu_{вп1}) RT \quad (1)$$

кол-во воздуха в трубке

в конце

$$(P_0 + \rho g h) S \left(\frac{l}{2} + h\right) = (\nu_{возд} + \nu_{вп2}) RT \quad (2)$$

$\nu_{вп1} \approx \nu_{вп2}$

видно, что (1) = (2)

$$P_0 l + P_{нас} l = \frac{P_0 l}{2} + P_0 h + \frac{\rho g h l}{2} + \rho g h^2$$

$$P_0\left(\frac{l}{2} - h\right) = \rho g h\left(\frac{l}{2} + h\right) - P_{нас} l$$

$$P_0 = \frac{\rho g h (l + 2h) - 2P_{нас} l}{l - 2h} = 85210 \text{ Па}.$$

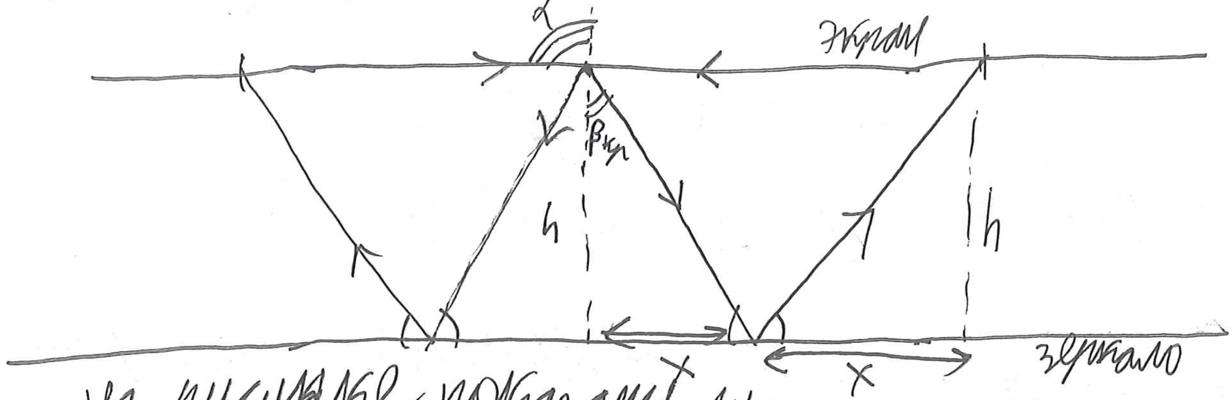
Ответ: 85210 Па.

1	2	3	4	5	Σ
12	10	20	20	20	82

Восемьдесят два

Закон Бойля-Мариотта неприменим для насыщенного пара. Только для сухого воздуха. Итоговая формула и ответ неверны.

№ 4.10.2 Чистовик



на рисунке показаны лучи, которые преломляются под самым большим углом $\beta_{кр}$. Найдем его из закона преломления.

$$\sin\alpha = n\sin(\beta_{кр}).\quad \sin(\beta_{кр}) = \frac{\sin\alpha}{n}$$

$\beta_{кр}$ максимален, когда $\alpha = \frac{\pi}{2}$

$$\Rightarrow \sin(\beta_{кр}) = \frac{1}{n}. \Rightarrow \cos\beta_{кр} = \sqrt{1-\frac{1}{n^2}} = \frac{\sqrt{n^2-1}}{n}$$

$R = 2x$. У зеркала угол падения равен углу отражения

$$R = 2x = 2h\,\mathrm{tg}\,\beta_{кр} = 2h\cdot\frac{\cancel{n}}{\cancel{n}\cdot\sqrt{n^2-1}} = \frac{2h}{\sqrt{n^2-1}}$$

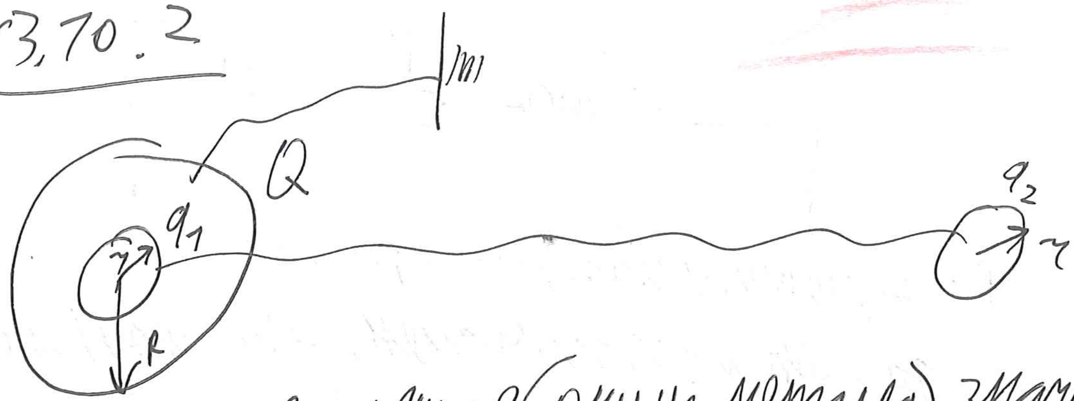
Итак, $\boxed{h = \frac{\sqrt{n^2-1}\,R}{2}} = \frac{\sqrt{\frac{5}{4}}\cdot 8\text{см}}{2} = \frac{\sqrt{5}}{4}\cdot 8\text{см} = 2\sqrt{5}\text{ см}.$

Ответ: $2\sqrt{5}$ см.

45-32-68-69
(4.4)

Чистовик

№3.70.2



шары проводящие (они из металла), значит, при соединении их проволокой у них сравниваются потенциалы. +

Q - заряд оболочки после соединения шаров проволокой

φ_1 - потенциал первого шара

φ_2 - второго шара

$$\varphi_1 = \varphi_2$$

$$\frac{kq_1}{r} + \frac{kQ}{R} = \frac{kq_2}{r} \quad (1) \quad +$$

потенциал оболочки равен 0 (т.к. она заземлена)

$$0 = \frac{kQ}{R} + \frac{kq_1}{R} \Rightarrow Q = -q_1 \quad +$$

из (1): $\frac{1}{r}(q_2 - q_1) = \frac{Q}{R}$; $\frac{1}{r}(q_2 - q_1) = \frac{-q_1}{R}$

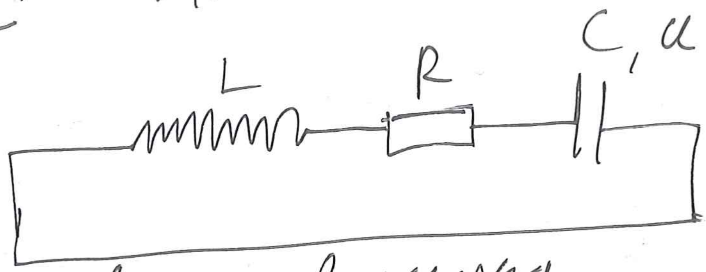
$$\frac{1}{r}(q_1 - q_2) = \frac{q_1}{R}$$

$$r = \frac{R(q_1 - q_2)}{q_1} = R\left(1 - \frac{q_2}{q_1}\right) = 3\text{см}\cdot\left(1 - \frac{1}{3}\right) =$$

$= 2$ см.

Ответ: 2 см. +

Чистовик 15.4.2 часть 1 решения



R - сопротивление резистора

когда ток максимален, ЭДС индукции в катушке равно 0, т.к. $\frac{dI}{dt} = 0$.

$-L\ddot{q} = \dot{q}R + \frac{q}{C}$; $\boxed{\ddot{q} + \frac{R}{L}\dot{q} + \frac{1}{LC}q = 0. \quad q = CU}$

$T = 2\pi\sqrt{LC}$

$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

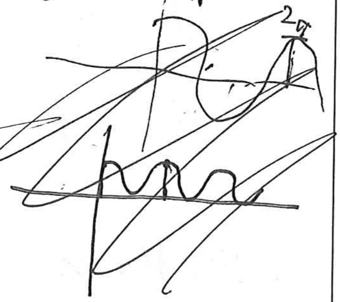
$\frac{R}{L}\dot{q} = \frac{U}{L}$

$I = -\dot{q} = -C\frac{dU}{dt}$

$U = I_{max}R$; $\boxed{R = \frac{U}{I_{max}}}$

~~ЗСЭ:~~

$\cancel{\frac{LI^2}{2} + \frac{CU^2}{2} = Q + \frac{LI'^2}{2} + \frac{CU'^2}{2}}$



~~$U_C = U\cos(\omega t)$, $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$~~

~~$U' = U\cdot\cos\left(\frac{1}{\sqrt{LC}}\cdot 2\pi\sqrt{LC}\right) = U$~~

~~$I_R = I\cos\omega t$. $Q = R\int I_R^2\,dt$, $Q = IR\int_0^{2\pi\sqrt{LC}}\cos^2(\omega t)\,dt$~~

~~$a = \omega t$~~

~~$Q = \frac{IR}{\omega}\int_0^{2\pi\sqrt{LC}}\cos^2 a\,da =$~~

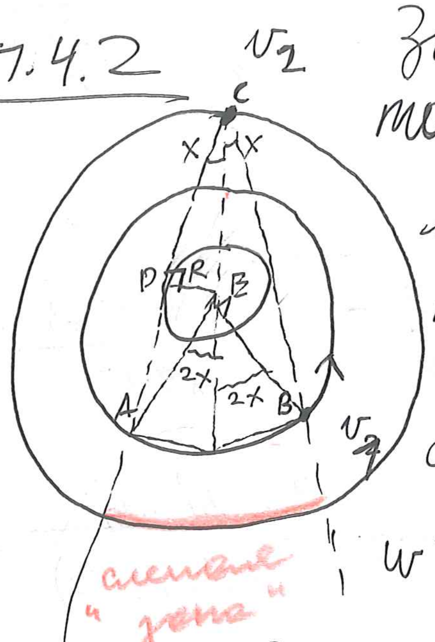
~~$I = \frac{Q}{R\sqrt{LC}\int_0^{2\pi\sqrt{LC}}\cos^2 a\,da} =$~~

продолжение на доп. бланке

45-32-68-69 (4.4)

Чистовик

11.4.2



перейдём в СО второго корабля.
Задача эквивалентна тому, что ~~[illegible]~~, второй корабль стоит на месте, а первый движется по орбите со скоростью $w' R_1$, где

$$w' = w_1 + w_2 = \frac{v_1}{R_1} + \frac{v_2}{R_2}.$$

$$\frac{G m_2 M}{R_2^2} = \frac{m_2 v_2^2}{R_2}; \quad v_2 = \sqrt{\frac{GM}{R_2}}. \quad v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R_1}}.$$

$$mg = \frac{GmM}{R^2} \Rightarrow R = \sqrt{\frac{GM}{g}}; \text{ или } \sqrt{GM} = \sqrt{g}\,R.$$

$$w' = \frac{1}{R_1}\frac{\sqrt{GM}}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{R_2}\frac{\sqrt{GM}}{\sqrt{R_2}} = \sqrt{GM}\left(\frac{1}{\sqrt{R_1^3}} + \frac{1}{\sqrt{R_2^3}}\right). \quad +$$

по сравнению с R_1 и R_2, R мал. $\Rightarrow$ $\sin x = x$ (в условии ошибка)

$$\sin x = \frac{R}{R_1}; \quad x = \frac{R}{R_2}$$

AB — длина малой дуги.

$$\tau = \frac{AB}{\sqrt{GM}\,R_1\left(\frac{1}{\sqrt{R_1^3}} + \frac{1}{\sqrt{R_2^3}}\right)} = \frac{4\cancel{R}\cancel{R_1}}{R_2\sqrt{g}\cdot \cancel{R}\cancel{R_1}\left(\frac{1}{\sqrt{R_1^3}} + \frac{1}{\sqrt{R_2^3}}\right)}.$$

$$AB = R_1 \cdot 4x = \frac{4R}{R_2}\cdot R_1 = \frac{4RR_1}{R_2} \quad -$$

$$\tau = \frac{4}{\sqrt{g}\cdot R_2\left(\frac{1}{\sqrt{R_1^3}} + \frac{1}{\sqrt{R_2^3}}\right)};$$

продолжение на обороте

№1.4.2 – продолжение чистовик

$$\tau = \frac{4}{\frac{3}{\sqrt{64\cdot10^{3}}} + 3\sqrt{\frac{64^2\cdot10^{61}}{10^{75}}}} = \frac{4}{\frac{3}{80\sqrt{10}} + \frac{3\cdot64\cdot\cancel{10^3}}{10^{\cancel{7}4}\sqrt{10}}} =$$

$$= \frac{4}{\frac{3}{80\sqrt{10}} + \frac{3\cdot64}{10^4\sqrt{10}}} = \frac{4}{\frac{3\cdot10^4\sqrt{10}+3\cdot64\cdot80\sqrt{10}}{80\cdot10^6}} =$$

$$= \frac{32\cdot10^6}{3\sqrt{10}(10^4+64\cdot80)} = \frac{32\cdot10^5\sqrt{10}}{3(10^4+64\cdot80)} =$$

$$= \frac{320000}{45360}\sqrt{10} = \frac{40000}{567}\sqrt{10}\ c$$

Ответ: $\frac{40000}{567}\sqrt{10}$ c.

$64\cdot80 = 5120$

$10000 + 5120 = 15120$

$15120\cdot3 = 45360$

$536 : 8 = 6$, 48, 56

$4536 : 8 = 567$; 40, 53, 48, 56

$$\frac{320000}{8} = \frac{320\cdot1000}{8} = \frac{320}{8}\cdot1000 = 40000$$

$320000 : 8$; 40

45-32-68-69 (4.4)

Чистовик №5.4.2 часть 2 решения этой задачи

I^2 за период колеблется от 0 до $I_{max} = \frac{U}{R}$

$R = \frac{U}{I_{max}}$ - следует из 2-го правила Кирхгофа. $\frac{L\,dI}{dt} = 0$ т.к. $I = I_{max}$.

~~Поэтому, можно сказать, что~~ $\cancel{Q = \int_0^T I^2 R\,dt}$

~~и интеграл заменить на средний ток~~ $\cancel{\frac{I_{max}}{2} = \frac{U}{2R}}$

$\cancel{Q = 2\pi\sqrt{LC}\cdot R\cdot \frac{U^2}{4R^2} = \frac{U^2\pi\sqrt{LC}}{2R}}$

$\cancel{R = \frac{U^2\pi\sqrt{LC}}{2Q} = \frac{0,04\cdot 3,14\cdot 0,003}{0,76\cdot 10^{-3}} = \frac{12\cdot 3,14}{76} =}$

$\cancel{\approx \frac{1}{6}\cdot 3,14 =}$

При переменном токе $U_{эфф} = U_{max}\sqrt{2}$, а $I_{эфф} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$.

+ $Q = I_{эфф}^2 R T = I_{max}^2 R\pi\sqrt{LC} = \frac{U^2\pi\sqrt{LC}}{R}$

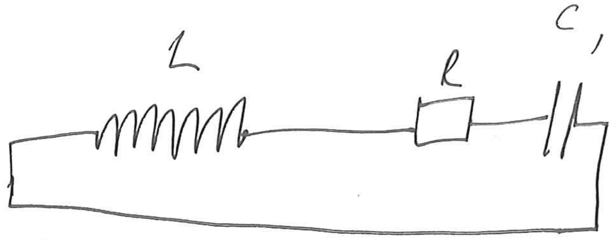
+ $R = \frac{U^2\pi\sqrt{LC}}{Q} = \frac{0,04\cdot 3,14\cdot 0,003}{0,38\cdot 0,001} = \frac{12\cdot 3,14}{38} = \frac{6\cdot 3,14}{19} =$

$= \frac{18,84}{19} \approx 1$ Ом +

2

Ответ: 1 Ом.

черновик

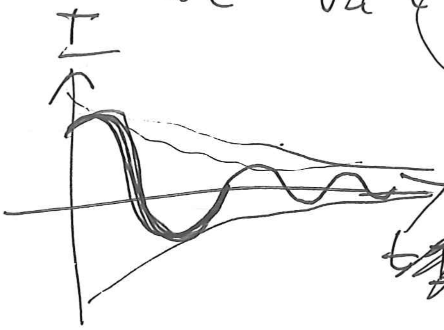


$$Q = R\int_0^{2\pi\sqrt{LC}} I_R^2\,dt$$

$R = \frac{u}{I_{max}}$ $\qquad -L\ddot{q} = \dot{q}R + \frac{q}{C}$

$R = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{\sqrt{LC}\cdot C}$ $\qquad L\ddot{q} + \dot{q}R + \frac{q}{C} = 0$

$$\ddot{q} + \frac{R}{L}\dot{q} + \frac{1}{LC}q = 0$$



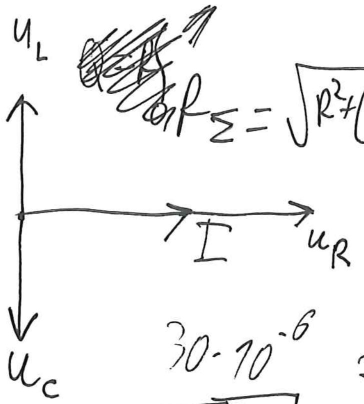
$\ddot{q} + \omega^2 q = 0$

$q = A\sin(\omega t) + B\cos(\omega t)$

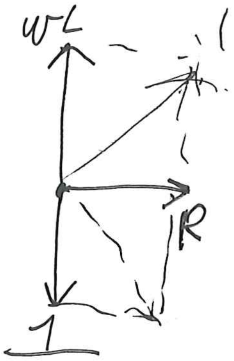
$q = Ae^{t}$ $\qquad q = CU\cos(\omega t)$

$q = CUe^{\frac{t}{RC}}$ $\qquad I = -CU\omega\sin(\omega t)$. $\qquad 3{,}14 \cdot 6 = 18{,}84$

$I_{max} = +CU\omega$.



$R_\Sigma = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$



$R = \frac{0{,}04\cdot 3{,}14\cdot 0{,}003}{0{,}38\cdot 0{,}001}$

$0{,}04$

$= \frac{\cancel{12}^{6}\cdot 3{,}14}{\cancel{38}_{19}}$

$30\cdot 10^{-6}$ $\quad 3$

$\sqrt{LC} = \sqrt{0{,}3\cdot 0{,}00003}$

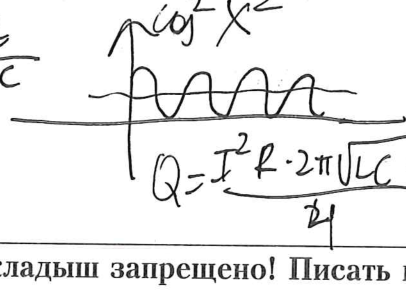
$0{,}00000030$

$\omega L = \frac{1}{\omega C}$

$\sqrt{30\cdot 10^{-6}\cdot 0{,}3} = 3\sqrt{10^{-6}} =$
$= 0{,}003 = \sqrt{LC}$

$\frac{LI^2}{2} + \frac{Cu^2}{2} = Q + \frac{LI'^2}{2} + \frac{Cu'^2}{2}$

$q = CUe^{\frac{-t}{RC}}$



$I = \frac{u}{R}$

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

Черновик

$g'(x) =$ $\int \cos^2(wt)\,dt$

$\int \cos wt \cdot$

$3\cos^2 a \cdot -\sin a$

$a = wt$

$\int f(x) g'(x) = f(x)g(x) - \int f'(x) g(x)$ $da = w\,dt$

$dt = \frac{da}{w}$

$\int \cos^2 a = \frac{\cos^3 a}{-\sin a}$

$g'(x)$

$\frac{1}{w}\int \cos^2 a\, da =$

$\int \cos wt = \frac{\sin wt}{w}$

$= \frac{-1}{w \sin wt} \cdot \cos^3(2\pi [redacted]) =$

$\frac{\cos^3(wt)}{3w}$ $\cancel{3\cos^2 wt}$

$3\cos^2(wt) \cdot -w \sin wt$ $=$

$d\cos$

$\int \cos^2 a =$

$= \frac{-1}{w}\int_0^x \frac{\cos^3 a}{\sin a}\,da = \frac{-1}{w}\int$

$\int \cos^2(wt)\,dt = \frac{1}{w}\int \cos^2 a\, da$

$wt = a;\ da = w\,dt$

$\int \cos^2(wt)\,dt = \frac{\cos^3(wt)}{-\sin(wt)} + C$

$\frac{3\cos^2(wt) \cdot + w\sin^2 wt + \cos^3(wt) \cdot w \cos wt}{\sin^2(wt)} =$

$= (3w\sin^2 wt \cos^2(wt) + w\cos^4(wt)$

$\int \cos a \cdot \cos a = \sin a \cos a - \int -\sin^2 a \cdot = \sin a \cos a + \int \sin^2 a =$

$g'(a)$

$f(x) = \sin a$ $= \sin a \cos a - \sin a \cos a + \int \cos^2 a$

$g(a) = \sin a$ $g'(x) = \sin a$

$f(x) = \cos a$ $g(x) = -\cos a$

Черновик

$$\frac{4}{\frac{3}{8\cdot 10\cdot\sqrt{10}}+\frac{3\cdot 64}{10^4\cdot\sqrt{10}}} =$$

$$\frac{\begin{array}{r}7536\\3000\end{array}}{4536}$$

$da = w\,dt$

$wt = a$

$$\frac{\begin{array}{r}512\\3\end{array}}{7536}$$

$=$ $10^4\cdot$

$3000+3\cdot 512$

$\int \cos^2 wt\,dt =$

$= \int \cos^2 (wt)\,dt$

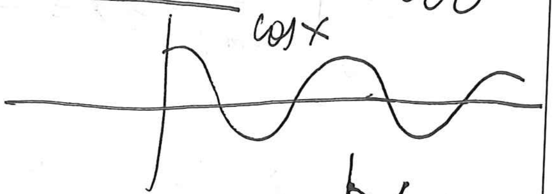
$$= \frac{4}{\frac{3\cdot 10^3+3\cdot 64\cdot 8}{10^4\cdot\sqrt{10}\cdot 8}} =$$

$$\frac{\begin{array}{r}567\\8\end{array}}{4536}$$

$40000 = 567\cdot$

320000

$\cos x$



2

$$= \frac{2\cdot 2\cdot 2\cdot 2\cdot 2\cdot 10^4\cdot\sqrt{10}}{3\cdot 10^3+3\cdot 2^9} =$$

$2000+250+18$

$$= \frac{2^5\cdot 10^4\cdot\sqrt{10}}{3\cdot 10^3+3\cdot 2^9} =$$

1.

$40000 \,\lfloor\, 567$ $\quad 500+50+17$

$$= \frac{320000}{4536}\sqrt{10} =$$

$$= \frac{40000}{567}\sqrt{10}$$

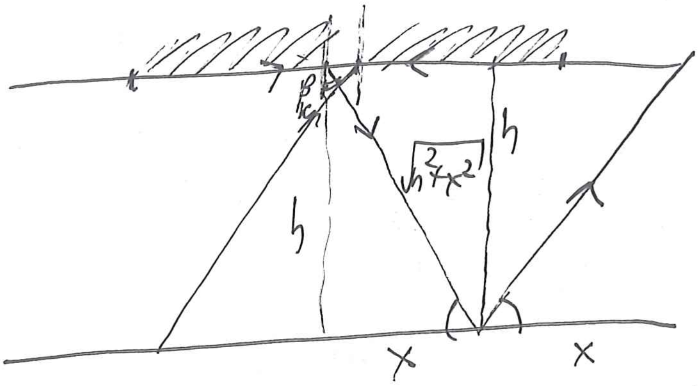
$$= \frac{160000}{2268}\sqrt{10} =$$

$$= \frac{80000}{1134}\sqrt{10} =$$

Черновик ~~№11.10.~~

$1 \cdot \sin 90 = n \sin\beta$

$\sin\beta_{кр} = \frac{1}{n} = \frac{2}{3}$



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

$\Rightarrow \cos\alpha = \sqrt{1-\frac{4}{9}} = \frac{\sqrt{5}}{3}$

$\operatorname{tg}\alpha = \frac{2}{3} \cdot \frac{3}{\sqrt{5}} = \frac{2}{\sqrt{5}}$

$\int \cos^2 x\, dx =$ $\qquad R = 2x$

$=$

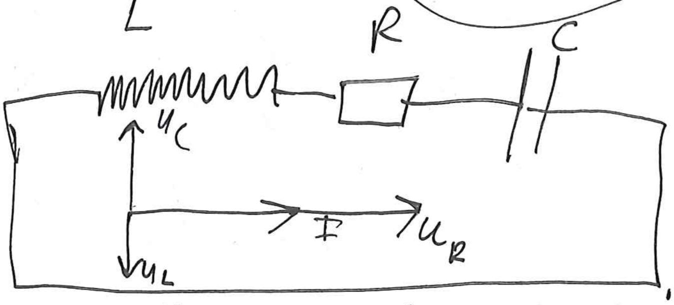
$\frac{x}{h} = \operatorname{tg}\beta_{кр}$

$R = 2h \operatorname{tg}\left(\arcsin\left(\frac{1}{n}\right)\right)$

$\sin\beta_{кр} = \frac{x}{\sqrt{}}$ $\qquad \cancel{\operatorname{tg}\beta_{кр}} =$

$R = \frac{4h}{\sqrt{5}}$, $\qquad h = \frac{\sqrt{5}R}{4}$

$314 \div 6 = 52$
30
14
12
20
$52\frac{2}{6}$



$I = -\dot{q}$

$\dot{q} = -I$

$314 \cdot 6 = 1884 \pm$

$52{,}33333$

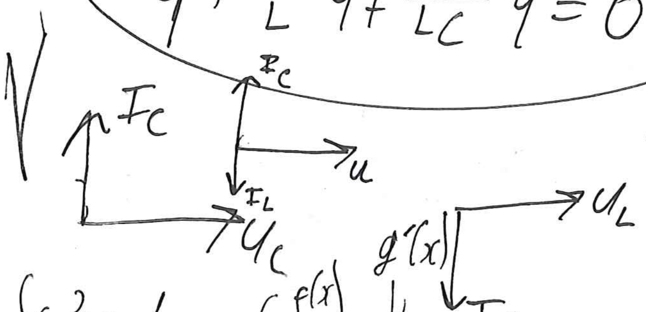
$-L\ddot{q} = \dot{q}R + \frac{q}{C}$ $\qquad \ddot{q} + \frac{R}{L}\dot{q} = \frac{U}{L}$

$\ddot{q} + \frac{R}{L}\dot{q} + \frac{1}{LC}q = 0$, $\quad q = CU$

$\sin^3 a$

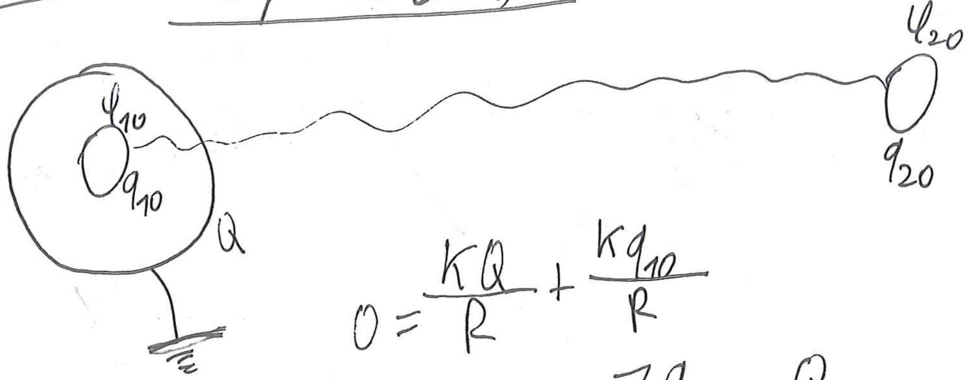
$3\sin^2 a \cdot \cos a$

$g(x) = \sin$



$\int \cos^2 a\, da = \int \underset{f(x)}{\cos a} \cdot \underset{g'(x)}{\cos a} = \sin a \cos a + \int \sin a \cdot \sin^2 a$.

№3.10.2 Черновик



$$0=\frac{KQ}{R}+\frac{Kq_{10}}{R}$$

$$\Rightarrow q_{10}=-Q$$

после

$\varphi_1=\varphi_2$

$$\frac{\cancel{K}q_1}{r}+\frac{\cancel{K}Q}{R}=\frac{\cancel{K}q_2}{r}$$

$$\frac{1}{r}(q_1-q_2)=\frac{1}{r}(q_2-q_1)=\frac{Q}{R}$$

$$\frac{KQ}{R}+\frac{Kq_1}{R}=0$$

$$Q=-q_1$$

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

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

$$=3\cdot\left(1-\frac{1}{3}\right)=$$

$$=3\cdot\frac{2}{3}=2$$

$$=\frac{4}{\frac{3}{8\cdot 10\sqrt{8}}+\frac{3\cdot 64}{10^4\sqrt{10}}}$$

$$=$$

$$\frac{4}{3\Big(}\qquad 10^5\cdot\sqrt{10^4\cdot 10}$$

$$\frac{4}{3\cdot 6{,}4\cdot 10^4\cdot\left(\frac{1}{6{,}4\cdot 10^4\cdot\sqrt{64\cdot 10^3}}+\frac{1}{10^5\cdot\sqrt{10^5}}\right)}=$$

$$=\frac{4}{\frac{3}{8\cdot 10\sqrt{10}}+\frac{3\cdot 64\cdot 10^3}{10^7\sqrt{10}}}=$$

Черновик $Q = \int I^2 R\,dt$

№252

$\pi - \left(\frac{\pi}{2} - x + \frac{\pi}{2} - x\right) =$

$= \pi - (\pi - 2x) = 2x$

$$\begin{cases} P_0 S l = \nu_{возд} R T \\ P_{нас} S l = \nu_{вп} R T \end{cases}$$

90

$$\rho g h S\left(\frac{l}{2} + h\right) = (\nu_{возд} + \nu_{вп}) R T$$

$$\rho g h \cancel{S}\left(\frac{l}{2} + h\right) = \cancel{S} l (P_0 + P_{нас})$$

$$\rho g h l + 2\rho g h^2 = 2P_0 l + 2P_{нас} l$$

$$P_0 = \frac{\rho g h(l + 2h) - 2P_{нас} l}{2l} = \frac{10000 \cdot 0{,}45 \cdot 1{,}45 - 29}{2}$$

$$\frac{10000 \cdot 0{,}45 \cdot 1{,}9 - 29}{2}$$

$$\frac{\rho g h(l + 2h) - 2P_{нас} l}{l - 2h}$$

$$= \frac{4500 \cdot 1{,}9 - 29}{0{,}1} = 10(8550 - 29)$$

145 × 4500: 72500, 580, 652500 → 652,5

6525 − 29 = 6496

4500

1,9 × 4500: 9500, 76, 8550,0

8550 − 29 = 8521

6500 / 2: 3250, 3248

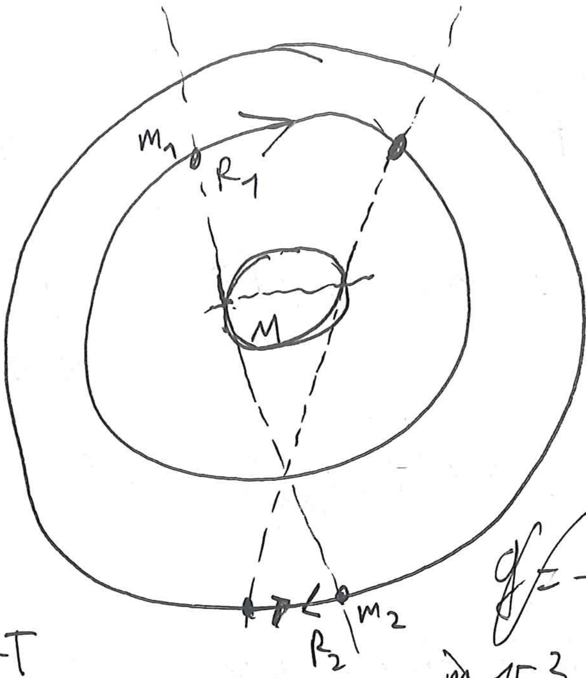
4250

4260,5

8550 − 29 = 8521

Черновик

R_1



$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{R_1^3}{R_2^3}$$

T_1

$$\cancel{g = \frac{GMm_1}{}}$$

$$\frac{\cancel{m_1} v_1^2}{\cancel{R_1}} = \frac{GM\cancel{m_1}}{R_1^{\cancel{2}}}$$

$$p_{св} S l = \nu_{св} R T$$

$$p_{нас} S l = \nu_{вп} R T$$

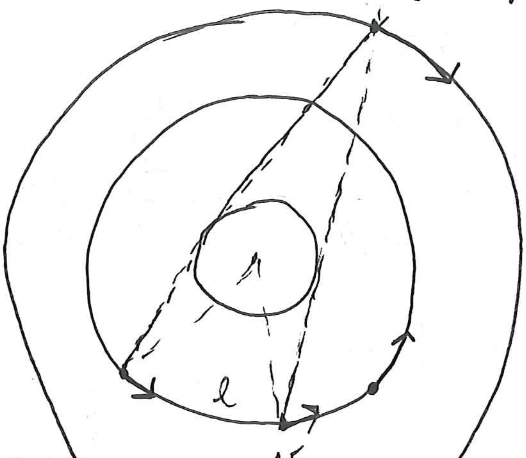
$$(p_0 + \rho g h) S \left(\frac{l}{2} + h\right) = RT(\nu_{вп} + \nu_{св})$$

стоит на месте

$$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R_1}}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{GM}{R_2}}$$

$$\omega_1 =$$



$$v = \omega_{отн} R_1$$

$$\tau = \frac{l}{\omega_{отн} R_1}$$