0 951022 180006

95-10-22-18
(3.2)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант № 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Матвилова Александра Андреевна
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

выход 15:06 ~~Кон~~
вход 15:10 ~~Кон~~

Дата

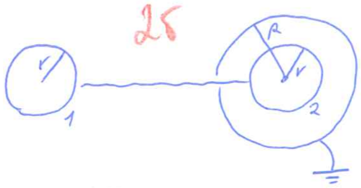
«9» февраля 2024 года

Подпись участника

95-10-22-18 (3:2)

№ 3.10.1 1б

2б



$$\begin{cases} \varphi_R = \frac{q_2'}{4\pi\varepsilon_0 R} + \frac{q_R}{4\pi\varepsilon_0 R} \\ \varphi_R = \varphi_3 = 0 \ (\text{т.к. } R \text{ заземлён}) \\ \varphi_1 = \varphi_2 \ (\text{т.к. шар 1 и шар 2 соединены}) \\ \varphi_1 = \frac{q_1'}{4\pi\varepsilon_0 r} \\ \varphi_2 = \frac{q_2'}{4\pi\varepsilon_0 r} + \frac{q_R}{4\pi\varepsilon_0 R} \end{cases}$$

$q_2' + q_R = 4\pi\varepsilon_0 R\varphi_R = 0$ 2б

$\Rightarrow q_R = -q_2'$ 4б

$\Rightarrow \varphi_2 = \frac{q_2' R + q_R r}{4\pi\varepsilon_0 r R} = \frac{q_2'(R-r)}{4\pi\varepsilon_0 r R}$

4б

$\varphi_1 = \varphi_2$, $\Rightarrow \frac{q_1'}{4\pi\varepsilon_0 r} = \frac{q_2'(R-r)}{4\pi\varepsilon_0 r R}$, $\Rightarrow R q_1' = R q_2' - r q_2'$

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

$R > 0$, $\Rightarrow \frac{r q_2'}{q_2' - q_1'} > 0$. q_1' и q_2' – заряды q_1 и q_2 (в каком-то порядке)

$q_1 > 0, q_2 > 0$ и $q_1 > q_2$, $\Rightarrow q_1' > 0, q_2' > 0$, $\frac{r q_2'}{q_2' - q_1'} > 0$,

$\Rightarrow q_2' > q_1'$, $\Rightarrow q_2' = q_1$, $q_1' = q_2$, $\Rightarrow R = \frac{r q_1}{q_1 - q_2} =$ 5б

$= \frac{2 \cdot 6 \cdot 10^{-10}}{6 \cdot 10^{-10} - 2 \cdot 10^{-10}} = \frac{2 \cdot 6}{4} = 3$ см. 2б

Ответ: $R = 3$ см

№ 4.10.1

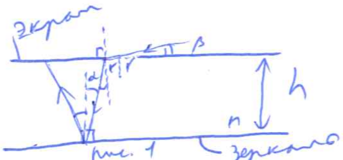


рис. 1

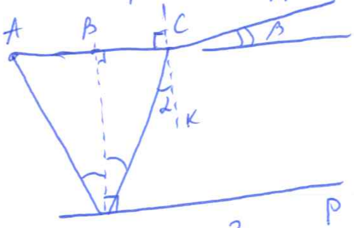


рис. 2

$n_в \sin\beta = n \sin\alpha$, $n_в \approx 1$, $\Rightarrow \sin\beta = n\sin\alpha$

Отметим т. A, B, C, D как показано на рис. 2, тогда $BD \perp AC$, $\Rightarrow AB = BD \cdot tg\angle ADB$, $BC = BD \cdot tg\angle BDC$

$\angle ADB = \angle BDC$, т.к. угол падения равен углу отражения, $\angle BDC = \alpha$, т.к. $CK \parallel BD$, а $\angle DCK = \alpha$ ($CK \perp AC$, $BD \perp AC$, $\Rightarrow CK \parallel BD$), $\Rightarrow AC = AB + BC = 2BD \cdot tg\alpha$,

$BD = h$, как расстояние между параллельными прямыми PD и AC, $\Rightarrow AC = 2h\,tg\alpha$

x

$\sin\alpha = \frac{\sin\beta}{n}$, $\alpha, \beta \in [0; \frac{\pi}{2}]$, $\Rightarrow \max(\sin\alpha) = \frac{\max(\sin\beta)}{n} = \frac{\sin\frac{\pi}{2}}{n} = \frac{1}{n}$

~~$\max(AC) = 2h\,tg(\arcsin\frac{1}{n})$~~ при $\alpha \in [0; \frac{\pi}{2}]$ $tg\alpha > 0$

На $[0; \frac{\pi}{2}]$: $tg\alpha$ возрастает и $\sin\alpha$ возрастает,

$\Rightarrow$ для наибольшего AC нужен наибольший $\sin\alpha$. $\frac{1}{tg^2\alpha} + 1 = \frac{1}{\sin^2\alpha}$

~~$tg\alpha$~~ $\Rightarrow$ наибольший $tg\alpha$, $\Rightarrow tg\alpha = \frac{1}{\frac{1}{\sin^2\alpha} - 1} = \frac{\sin^2\alpha}{1 - \sin^2\alpha}$, $\Rightarrow \max(tg\alpha) = \sqrt{\frac{\max(\sin\alpha)^2}{1 - \max(\sin\alpha)^2}} =$

$= \sqrt{\frac{\frac{1}{n^2}}{1 - \frac{1}{n^2}}} = \sqrt{\frac{1}{n^2 - 1}}$, $\Rightarrow \max(AC) = 2h \cdot \max(tg\alpha) = 2h \cdot \sqrt{\frac{1}{n^2-1}}$

Если R – радиус освещённой области на

Чистовик

1	2	3	4	5
18	20	20	20	5

Залимова Н.Г.
Руденко Ю.К.
Щербаков А.А.
Воронков Д.
Спрыгин А.В.

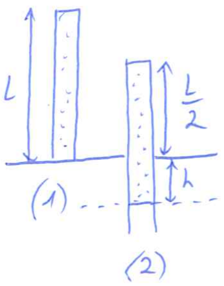
Σ 83

Восемьдесят три

нижней стороне экрана, а r – радиус отверстия в экране, то $r \to 0$, $R = r + \max(AC) = r + \frac{2h}{\sqrt{n^2-1}} = \frac{2h}{\sqrt{n^2-1}} = \frac{10}{\sqrt{1,25}} = \frac{20}{\sqrt5} = 4\sqrt5$ см

Ответ: $R =$ ~~...~~ $4\sqrt5$ см

№ 2.5.1



Пусть S – площадь ~~...~~ поперечного сечения трубки, p_n – давление пара в трубке, $p_в$ – давление воздуха в трубке.

(1): $\begin{cases} p_0 = p_n + p_в \\ p_n = p_м \\ p_в \cdot LS = \frac{m}{\mu} RT \end{cases}$ (2): $\begin{cases} p_0 + \rho_0 g h = p_n' + p_в' \\ p_в' \cdot \left(\frac{L}{2}+h\right)S = \frac{m}{\mu} RT \end{cases}$

Т.к. трубку погружают медленно можно считать, что пар остаётся ~~...~~ насыщенным. Сл. $p_n' = p_м$.

$p_в = p_0 - p_n = p_0 - p_м$, $p_в' \cdot \left(\frac{L}{2}+h\right)S = p_в \cdot L \cdot S$, сл $p_в' = (p_0 - p_м)\cdot\frac{L}{\frac{L}{2}+h} = \frac{2L}{L+2h}\cdot(p_0-p_м)$, сл $p_0 + \rho_0 g h = p_м + (p_0 - p_м)\frac{2L}{L+2h}$

$p_0 + \rho_0 g h - p_0 \cdot \frac{2L}{L+2h} = p_м\left(1 - \frac{2L}{L+2h}\right) = p_м\left(\frac{2h-L}{L+2h}\right)$

сл. $p_м = \frac{L+2h}{2h-L}\left(p_0\left(1-\frac{2L}{L+2h}\right) + \rho_0 g h\right) = \frac{L+2h}{2h-L}\cdot\left(p_0\cdot\frac{2h-L}{2h+L} + \rho_0 g h\right) =$

$= p_0 + \frac{L+2h}{2h-L}\cdot \rho_0 g h = 10^5 + \frac{1+0,9}{0,9-1}\cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0,45 =$

$= 10^5 - \frac{1,9}{0,1}\cdot 0,45 \cdot 10^4 = 10^5 - 19\cdot 45 \cdot 10^2 = 10^2(1000-855) =$

$=$ ~~...~~ 14500 Па

$\times\ 45 \cdot 19$: $405 + 45 = 855$

Ответ: ~~...~~ $p_м = 14500$ Па

№ 1.4.1

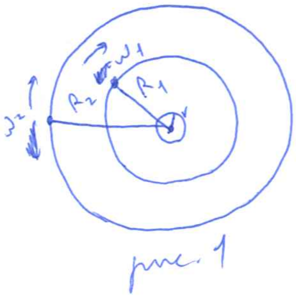


рис. 1

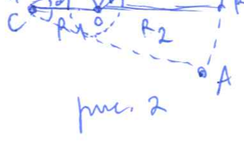


рис. 2

Назовём спутник на орбите радиуса R_1 1, а спутник на орбите радиуса R_2 2. Пусть угловая скорость 1 спутника ω_1, а 2 спутника ω_2 и они вращаются по часовой стрелке. Рассмотрим систему отсчёта связанную с 1 спутником, тогда угловая скорость 2 спутника в этой системе ~~...~~ отсчёта будет $\omega = \omega_2 - \omega_1$ по часовой стрелке (если ω окажется меньше 0, то это будет значить, что вращение идёт против часовой стрелки с угловой скоростью $|\omega|$)

$m_2 \omega_2^2 R_2 = G\frac{Mm_2}{R_2^2}$ +, где M – масса планеты

$m_1 \omega_1^2 R_1 = G\frac{Mm_1}{R_1^2}$ +, где M – масса планеты

Чистовик

95-10-22-18
(3.2)

т. $\omega_2 = \sqrt{G\frac{M}{R_2^3}}$, $\omega_1 = \sqrt{G\frac{M}{R_1^3}}$

g – ускорение вблизи поверхности планеты,

т $mg = G\frac{Mm}{r^2}$, т $g = G\frac{M}{r^2}$

т $\omega_2 = \sqrt{g\cdot\frac{r^2}{R_2^3}} = \frac{r}{R_2}\cdot\sqrt{\frac{g}{R_2}}$, $\omega_1 = \sqrt{g\cdot\frac{r^2}{R_1^3}} = \frac{r}{R_1}\cdot\sqrt{\frac{g}{R_1}}$

$R_2 > R_1$, т $\omega_2 < \omega_1$, т $\omega < 0$

В выбранной СО (системе отсчёта) 1 спутник не двигается, а 2 вращается с угловой скоростью $|\omega|$ против часовой стрелки

Посмотрим на рис. 2. и определим т. A, B, как крайние точки в которых связь ещё есть (A и B – положения 2 спутника, C – положение 1 спутника). Пусть O – центр планеты, тогда CAB симметричная фигура относительно прямой CO. Пусть $CO \cap \smile AB = K$, тогда $\angle BCK = \angle KCA$, $\smile BK = \smile KA$ из симметричности сим. Пусть $\angle BCK = \alpha$, тогда $\angle KCA = \alpha$. т. A и B – крайние точки с связью, т CB и CA – кас. к окр. с центром O и радиусом r

т $\sin\alpha = \frac{r}{R_1} < \frac{10^4}{6{,}4\cdot 10^4} = \frac{1}{6{,}4}$, т. $\sin\alpha$ мал, т. α мал, т. $\sin\alpha \approx \alpha$,

т. $\alpha = \frac{r}{R_1}$. $\frac{OB}{\sin\alpha} = \frac{CO}{\sin\beta}$ | из т. теор. синусов для $\triangle COB$ ($\angle CBO = \beta$)

т $\sin\beta = \frac{CO}{OB}\cdot\sin\alpha = \frac{R_1}{R_2}\cdot\frac{r}{R_1} = \frac{r}{R_2} < \frac{10^4}{10^5} = \frac{1}{10}$, т. $\sin\beta$ мал,

т β мал, т $\sin\beta \approx \beta$, т $\beta = \frac{r}{R_2}$

$\angle BOK = \angle BCO + \angle CBO = \alpha + \beta$, как внешний угол к $\triangle COB$

т $\smile BK = \angle BOK \cdot OK = (\alpha+\beta)\cdot R_2 = r\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)\cdot R_2 = r\left(\frac{R_2}{R_1} + 1\right)$, как длина дуги окр. с центром O и радиусом R_2

$$\tau = \frac{\smile AK + \smile KB}{|\omega|} = 2\frac{\smile BK}{|\omega|} = 2\cdot\frac{r\left(\frac{R_2}{R_1}+1\right)}{\omega_1 - \omega_2} = \frac{2r\left(\frac{R_2}{R_1}+1\right)}{\frac{r}{R_1}\sqrt{\frac{g}{R_1}} - \frac{r}{R_2}\sqrt{\frac{g}{R_2}}} =$$

$$= \frac{2\left(\frac{R_2}{R_1}+1\right)}{\sqrt{g}\cdot\left(\frac{1}{\sqrt{R_1^3}} - \frac{1}{\sqrt{R_2^3}}\right)} = \frac{2\cdot\left(\frac{10^5}{6{,}4\cdot 10^4}+1\right)}{\sqrt{g}\cdot\left(\frac{1}{\sqrt{6{,}4^3\cdot 10^{12}}} - \frac{1}{\sqrt{10^{15}}}\right)} =$$

$$= \frac{2}{3}\cdot\left(\frac{100}{64}+1\right) : \left(\frac{1}{\sqrt{64^3\cdot 10^9}} - \frac{1}{\sqrt{10^{15}}}\right) = \frac{2\cdot 164}{3\cdot 64} : \frac{10^7\cdot\sqrt{10} - 8^3\cdot 10^4\cdot\sqrt{10}}{8^3\cdot 10^4\cdot\sqrt{10}\cdot 10^7\cdot\sqrt{10}} =$$

$$= \frac{2\cdot 164}{3\cdot 64}\cdot\frac{8^3\cdot 10^{12}}{10^4\cdot\sqrt{10}\cdot(10^3 - 8^3)} = \frac{2\cdot 164\cdot 8\cdot 10^8}{3\sqrt{10}\cdot(10-8)(100+80+64)} = \frac{164\cdot 8\cdot 10^8}{3\cdot\sqrt{10}\cdot 244} =$$

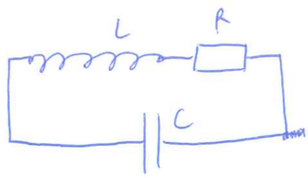
$$= \frac{328}{3\cdot 61}\cdot 10^7\cdot\sqrt{10} = \frac{328\sqrt{10}}{183}\cdot 10^7 \text{ с.}$$

Ответ: $T = \frac{328\sqrt{10}}{183}\cdot 10^7$ сек.

Чистовик

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

№5.4.1



$L\frac{dI}{dt} + IR + \frac{q}{C} = 0$, $I = \dot{q}$, т. $\frac{dI}{dt} = \ddot{q}$

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

т. $\ddot{q} + \frac{R}{L}\dot{q} + \frac{1}{CL}q = 0$

I_{max} у нас будет в положении равновесия, т.е. когда $U_L = 0$ (напряжение на катушке 0), т. $I_{max} = \frac{U_C}{R} = \frac{U}{R} = 2$ A

$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{CL}}$, т. $T = 2\pi : \omega_0 = 2\pi\sqrt{CL}$ ($U_1 = U$, $I_1 = I_{max} = \frac{U}{R}$)

$z_0 = \frac{R}{L}$. Теперь найдём I_2 и U_2 — I и U после T сек.

$\frac{I_2}{I_1} = e^{-z_0 t_2} : e^{-z_0 t_1} = e^{z_0(t_1 - t_2)} = e^{-z_0 T} = e^{-\frac{R}{L}\cdot 2\pi\sqrt{CL}}$

Аналогично $\frac{U_2}{U_1} = e^{-\frac{R}{L}2\pi\sqrt{CL}}$

$\frac{LI_1^2}{2} + \frac{CU_1^2}{2} = Q + \frac{CU_2^2}{2} + \frac{LI_2^2}{2}$

т. $Q = \frac{LI_1^2}{2} + \frac{CU_1^2}{2} - \frac{CU_2^2}{2} - \frac{LI_2^2}{2} = \frac{LI_1^2}{2}\cdot\left(1 - e^{-\frac{4\pi\sqrt{CL}R}{L}}\right) +$

$+ \frac{CU_1^2}{2}\cdot\left(1 - e^{-\frac{4\pi\sqrt{CL}R}{L}}\right) = \frac{0,3\cdot 4}{2}\cdot\left(1 - e^{-\frac{4\cdot 3,14\cdot 3\cdot 10^{-3}\cdot 1}{10^{-6}}}\right) +$

$+ \frac{30\cdot 10^{-6}\cdot 4}{2}\cdot\left(1 - e^{-\frac{4\cdot 3,14\cdot 3\cdot 10^{-3}\cdot 1}{10^{-6}}}\right) = 0,6\cdot\left(1 - e^{-12\cdot 3,14\cdot 10^3}\right) +$

$+ 60\cdot 10^{-6}\cdot\left(1 - e^{-12\cdot 3,14\cdot 10^3}\right) =$

$= 6\cdot 10^{-1} + 6\cdot 10^{-5} - 0,6\cdot e^{-37680} - 6\cdot 10^{-5}\cdot e^{-37680} =$

$\times \frac{3,14}{12}$, $\frac{628}{+\,314}$, $37,68$

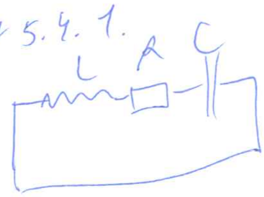
$= \left(1 - e^{-37680}\right)\cdot\left(1 + 10^{-4}\right)\cdot 0,6 \approx 0,6\cdot 1,0001 = 0,60006$ Дж $=$

$= 600$ милли Дж

Ответ: 600 милли Дж.

Чистовик

№ 5.4.1.



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

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

$$T = 2\pi \cdot \omega_0 ,$$

$$T = 2\pi\sqrt{LC} = 2\pi\cdot\sqrt{30\cdot 0{,}3\cdot 10^{-6}} = 6\pi\cdot 10^{-3}$$

$$A_{max}\cos(\omega_0 t + z_0) = q$$

$$I = -A\omega_0 \sin(\omega_0 t + z_0)$$

$$W = \frac{LI_1^2}{2} + \frac{CU_1^2}{2} = Q + \frac{LI_2^2}{2} + \frac{CU_2^2}{2}$$

$$1 = \frac{Q}{W} + \frac{LI_2^2 + CU_2^2}{LI_1^2 + CU_1^2}$$

$\uparrow_1$

$$LI_2^2 + CU_2^2 = LI_1^2 + CU_1^2$$

$$L(I_2 - I_1)(I_2 + I_1) + C(U_2 - U_1)(U_2 + U_1) = 0$$

$$L\frac{dI}{dt} + IR + \frac{q}{C} = 0$$

$$L\frac{d\left(\frac{dq}{dt}\right)}{dt} + \frac{dq}{dt}\cdot R + \frac{q}{C} = 0$$

$$q_m = UC$$

$$\omega_0 t_2 + z_0 = \omega_0 t_1 + z_0 + 2\pi$$

$$t_2 = t_1 + T$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0}$$

$$q = A\cdot e^{-z_0 t}\cdot\cos(\omega_0 t)$$

Черновик

$p_0 = p_m + p_B$

$p_0 + \rho_0 g h = p_m' + p_B'$

$p_n = p_0 - p_B$

$p_n' = p_0 + \rho_0 g h - p_B'$

$\frac{2h}{\sqrt{n^2-1}} = \frac{10}{\sqrt{1{,}5^2-1}} = \frac{10}{\sqrt{0{,}5 \cdot 2{,}5}} = \frac{10}{\sqrt{10^{-2} \cdot 5^3}} = \frac{100}{\sqrt{5^3}} = \frac{100}{5\sqrt{5}} = \frac{20}{\sqrt{5}} = 4\sqrt{5}$

$\frac{p_B'}{p_B} = \frac{p_0 + \rho_0 g h - p_n'}{p_0 - p_m} = \frac{p_0 + \rho_0 g h}{p_0 - p_m} - \frac{p_n'}{p_0 - p_m}$

$\frac{p_B'}{p_B} = \frac{\frac{m'}{M} RT \cdot \frac{1}{V'}}{\frac{m}{M} RT \cdot \frac{1}{V}} = \frac{m'}{m} \cdot \frac{V}{V'} = \frac{m - \Delta m}{m} \cdot \frac{L}{\frac{L}{2} + h}$

$\frac{p_0 + \rho_0 g h}{p_0 - p_m} = \left(1 - \frac{\Delta m}{m}\right) \cdot \frac{2L}{L + 2h}$

$p_c' = \frac{100}{95} p_c$

$\Delta m = m\left(1 - \frac{p_0 + \rho_0 g h}{p_0 - p_m} \cdot \frac{L + 2h}{2L}\right)$

$p_n' = p_m \begin{cases} 100 p_0 = 100 p_c + 100 p_m \\ 95 p_0 + 95 \rho_0 g h = 100 p_c + 95 p_m \end{cases}$

$\begin{cases} p_0 = p_c + p_n \\ p_0 + \rho_0 g h = p_c' + p_n' \\ \frac{p_c'}{p_c} = \frac{V}{V'} = \frac{L}{\frac{L}{2} + h} = \frac{1}{0{,}5 + 0{,}45} = \frac{100}{95} \end{cases}$

$5 p_m = 5 p_0 - 95 \rho_0 g h$

$p_m = p_0 - 19 \rho_0 g h =$

$= 10^5 - 10^3 \cdot 10 \cdot 0{,}45 \cdot 19 =$

$= 10^5 - 10^2 \cdot 45 \cdot 19 =$

$= 10^2(1000 - 855) =$

$= 14500$

$p_0 = p_c + p_n$

$p_0 + \rho_0 g h = \frac{L + 2h}{2L} \cdot p_c + p_n'$

$p_c = p_0 - \frac{2L}{L+2h} p_0 - \frac{2L}{L+2h} \rho_0 g h + \frac{2L}{L+2h} p_n'$

$p_m = p_0 - p_c$

$p_c = \frac{p_0 + \rho_0 g h - p_n'}{L + 2h} \cdot 2L$

$p_c = \ldots - \frac{2Lh}{L+2h} \rho_0 g + \frac{2L}{L+2h} \cdot p_n'$

$p_m = \frac{2h - L}{2h + L} p_0 - \frac{2 \cdot 1 \cdot 0{,}9}{1 + 0{,}9} \cdot 10^3 \cdot 10 =$

$\frac{0{,}9 - 1}{0{,}9 + 1} \cdot 10^5 - \frac{9}{19} \cdot 10^4 = -\frac{10^4}{19} \cdot 19 = -10^4$

$-\frac{10^5}{19}$

$\frac{2 \kappa \left(\frac{R_2}{R_1} + 1\right)}{\kappa \sqrt{g} \cdot \left(\frac{1}{(\sqrt{R_1})^3} - \frac{1}{(\sqrt{R_2})^3}\right)} = \frac{2}{3} \cdot \frac{\frac{100}{64} + 1}{\left(\frac{1}{(8 \cdot 10 \cdot \sqrt{10})^3} - \frac{1}{(10^2 \cdot \sqrt{10})^3}\right)} =$

$= \frac{2 \cdot \frac{164}{64}}{3 \cdot \left(\frac{1}{8^3 \cdot 10^4 \cdot \sqrt{10}} - \frac{1}{10^7 \sqrt{10}}\right)} =$

$= \frac{2 \cdot \frac{164}{64} \cdot 10^4 \sqrt{10}}{3 \cdot \left(\frac{1}{8^3} - \frac{1}{10^3}\right)} =$

$= \frac{41 \cdot 10^4 \cdot \sqrt{10}}{8 \cdot 3 \cdot \frac{(1000 - 512)}{8^3 \cdot 10^3}} = \frac{41 \cdot 10^4 \sqrt{10} \cdot 8^2 \cdot 10^3}{3 \cdot 488}$

$\times 45 \cdot 19$: 405, 45, 855

$1000 - 855 = 145$

$64 \cdot 8 = 512$

$\left(p_m - \frac{2L}{L+2h} \cdot p_m\right) = -10^4$

$\frac{2L}{L+2h} = 1{,}9$

$-\frac{1}{19} \cdot p_m = -10^4$

$p_m = 19 \cdot 10^4 = 1{,}9 \cdot 10^5$

Черновик

Черновик

$\frac{\Delta I}{\Delta t} + IR + u_C = 0$ $\quad \frac{LI^2}{2} + \frac{Cu^2}{2} = const$ $\quad I - V$, $u - F$

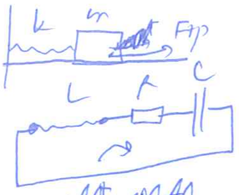
$\Delta I = -IR\Delta t - u_C\Delta t$

$IR\Delta t - u_C\Delta t - \Delta I$

№ 2.5.1

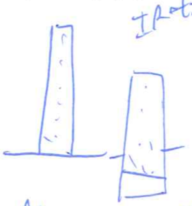
$Q = \sum I_{R_i}^2 R \Delta t_i = \sum I_{R_i}(u_{C_i} - \Delta I_i) = \sum I_i u_C \Delta t_i - I_i \Delta I_i$

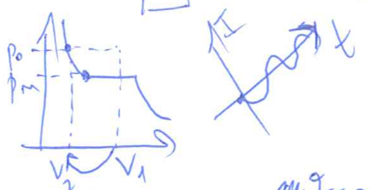
$Q = \int I_R^2 R =$



$p_0 = p_m + \frac{\frac{m+\Delta m}{\mu} RT}{LS}$

$p_0 + \rho_0 g h = p_m + \frac{\frac{m}{\mu} RT}{\left(\frac{L}{2} + h\right) S}$





$\rho_0 g h = \frac{RT}{\mu S} \cdot \left(\frac{m + \Delta m}{L} - \frac{m}{\left(\frac{L}{2}+h\right)}\right) =$

$= \frac{RT}{\mu S} \frac{m\frac{L}{2} + \Delta m \frac{L}{2} + mh + \Delta m h - mL}{L\left(\frac{L}{2}+h\right)} =$

$L\frac{dI}{dt} + IR + \frac{q}{C} = 0$

$= \frac{RT}{\mu S L \left(\frac{L}{2}+h\right)} \cdot \left(\Delta m\left(\frac{L}{2}+h\right) + m\left(h - \frac{L}{2}\right)\right)$

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

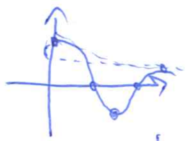
$\ddot{q} + \frac{R}{L}\dot{q} + \frac{1}{CL}q = 0$

$\Delta m = \frac{\rho_0 g h \mu S L}{RT} - m\frac{h - \frac{L}{2}}{h + \frac{L}{2}}$

$\omega_0^2 = \frac{1}{CL}$, $\quad 2\gamma = \frac{R}{L}$

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

$m + \Delta m = \frac{\rho_0 g h \mu S L}{RT} + m\frac{L}{h + \frac{L}{2}}$



$p_0 - p_m = \frac{RT}{\mu L S} \cdot (m + \Delta m) = \rho_0 g h + \frac{mRT}{\mu L S} \cdot \frac{L}{h + \frac{L}{2}} =$

$= \rho_0 g h + \frac{L}{h + \frac{L}{2}}\left(p_0 + \rho_0 g h - p_m\right) \cdot \frac{\cancel{\left(\frac{L}{2}+h\right)S}}{LS}$

$q = \cos(\ldots) \cdot A$

$I = -\sin(\ldots) \cdot A \cdot \omega$

$U = -\cos(\ldots) \cdot A\omega^2$

$p_0 - p_m = \rho_0 g h + L p_0 + \rho_0 g h - p_m L$

$p_m(L - 1) = \rho_0 g h(L + 1) + p_0(L - 1)$

$p_m = p_0 + \rho_0 g h \frac{L+1}{L-1}$

$I = -\frac{L}{R}\left(\ddot{q} + \frac{q}{CL}\right)$

$I^2 R \cdot \Delta t$ – потери

$\frac{LI^2}{2} + I^2 R t + \frac{Cu^2}{2} = const$

за $\Delta t \to 0$

$Q_R = \int I_R^2 R\, dt = \int R\, d\left(\frac{1}{3} I_R^3\right) = \frac{1}{3} I_R^3 R - \int \frac{1}{3} I_R^3\, dR =$

$= \frac{1}{3} I_R^3 R - \frac{1}{3} I_R^3 R = 0$

$q_{max} \Rightarrow \dot{q} = 0$

$\ddot{q} < 0$

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

$u = \frac{q}{C}$

$q = uC$

I_R – max

$\dot{I} = 0$, $I_{max} = \frac{u}{R}$

I_{max} при $\dot{I} = 0$