0 748350 650000

74-83-50-65
(5.10)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников „олимпиада Ломоносов"
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Артемова Романа Артемовича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«09» февраля 2024 года

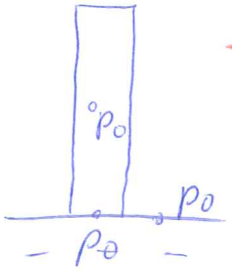
Подпись участника

Чистовик

Задача 2.5.3

Влажный воздух (вв) = сухой воздух (св) + водяной пар (п)

1) До:



$p_{вв1} = p_0$

$p_{п1} = p_{нас}$ +

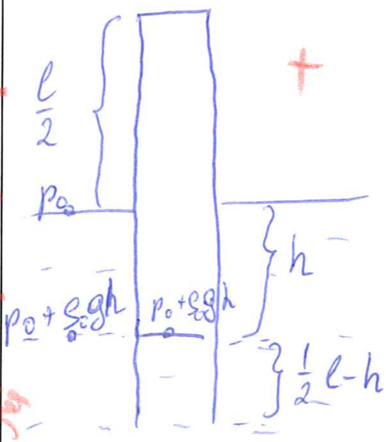
по з. Дальтона: $p_{вв1} = p_{п1} + p_{св1}$ +

$p_{св1} = p_0 - p_{нас}$ +

Для СВ ур-е Менделеева-Клапейрона:

$p_{св1} \cdot lS = \nu RT$ (*), где S – площадь сечения трубки, ν – кол-во СВ;

2) После:



$p_{вв2} = p_0 + \rho_0 gh$ +

объём ↓, температура = const, поэтому часть водяного пара сконденсировалась и $p_{п2} = p_{нас}$

По з. Дальтона: $p_{вв2} = p_{п2} + p_{св2}$

$p_{св2} = p_0 + \rho_0 gh - p_{нас}$

Менделеев-Клапейрон для СВ:

$p_{св2} S \left(\frac{l}{2}+h\right) = \nu RT$ (**)

3) (*) = (**)

$$p_{св1}\, lS = p_{св2}\left(\frac{l}{2}+h\right)\cdot S$$

$$(p_0 - p_{нас})\cdot l = (p_0 + \rho_0 gh - p_{нас})\cdot\left(\frac{l}{2}+h\right)$$

$$p_0 l - p_{нас} l = \frac{1}{2}p_0 l + \frac{1}{2}\rho_0 ghl - \frac{1}{2}p_{нас} l + p_0 h + \rho_0 gh^2 - p_{нас} h$$

$$l\left(p_0 - p_{нас} - \frac{1}{2}p_0 - \frac{1}{2}\rho_0 gh + \frac{1}{2}p_{нас}\right) = h(p_0 + \rho_0 gh - p_{нас})$$

$$+\ l = h\cdot\frac{p_0+\rho_0 gh - p_{нас}}{\frac{1}{2}p_0 - \frac{1}{2}p_{нас} - \frac{1}{2}\rho_0 gh} = 0{,}45\cdot\frac{10^5 + 10^3\cdot 10\cdot 0{,}45 - 14{,}5\cdot 10^3}{\frac{1}{2}\left(10^5 - 14{,}5\cdot 10^3 - 10^3\cdot 10\cdot 0{,}45\right)} =$$

$$= 0{,}45\cdot\frac{1+0{,}045-0{,}145}{1-0{,}145-0{,}045}\cdot 2 = 0{,}9\cdot\frac{0{,}9}{0{,}81} = 1\,(м)$$

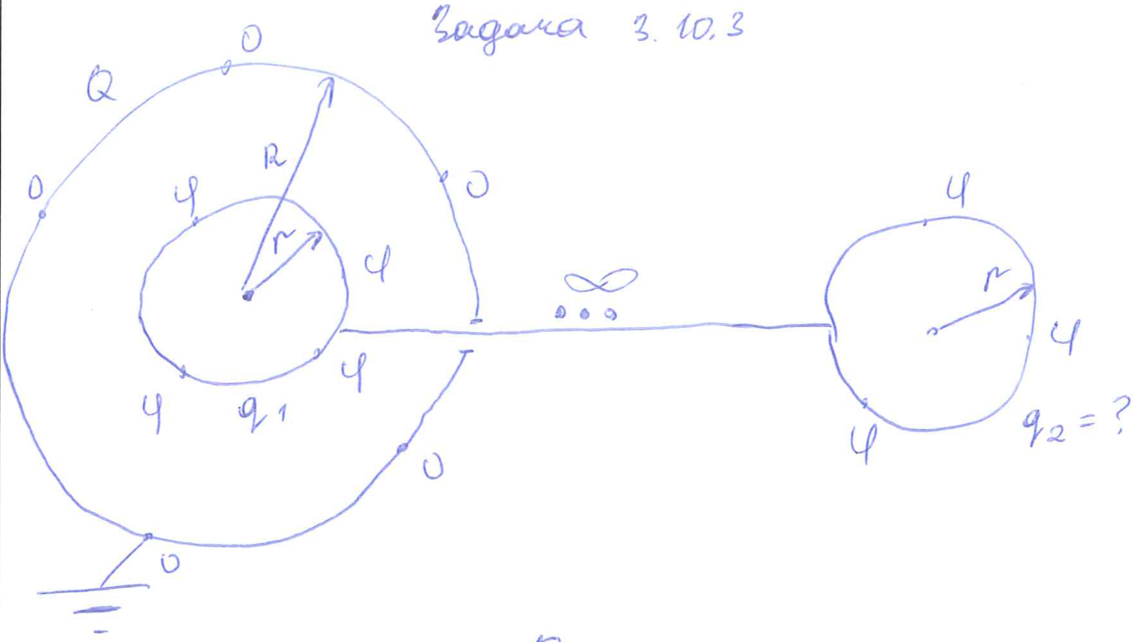
Ответ: $l = 1$ м +

1	2	3	4	5	Σ
18	20	20	20	9	87
Потапкин	потапкина	Гибнер	Дерюга	Белоусова	

восемьдесят семь

Чистовик

Задача 3.10.3



о) Пусть заряд сферы Q;

Потенциал на бесконечности выберем 0. Сфера заземлена, поэтому можно считать, что потенциал сферы 0. (+) Шарики расположены далеко друг от друга, поэтому их влиянием друг на друга можно пренебречь. Пусть потенциал левого шара φ; шары соединены (так же состояние установилось), поэтому ~~заряд~~ потенциал правого шара тоже φ.

Распишем потенциалы: Что за буква?

1) Сфера: $0 = \frac{kQ}{R} + \frac{kq_1}{R}$

3) правый шар: $\varphi = \frac{kq_2}{r}$

2) левый шар: $\varphi = \frac{kQ}{R} + \frac{kq_1}{r}$

Вычтем из 2) − 1): $\varphi = \frac{kq_1}{r} - \frac{kq_1}{R}$

$$\frac{kq_2}{r} = \frac{kq_1}{r} - \frac{kq_1}{R} \rightarrow q_2 = q_1\left(1 - \frac{r}{R}\right)$$ (+)

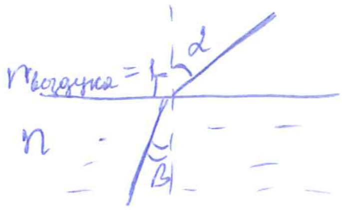
$$q_2 = 6 \cdot 10^{-10} \cdot \left(1 - \frac{2}{3}\right) = 2 \cdot 10^{-10} \text{ (Кл)}$$

Ответ: $q_2 = 2 \cdot 10^{-10}$ Кл (+)

Чистовик

Задача 4.10.3

1) Отверстие маленькое, поэтому его можно считать точечным. Рассмотрим „крайний" луч.

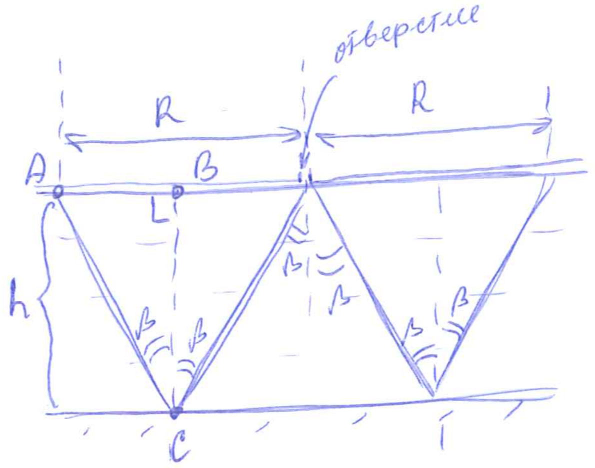


По з. Снеллиуса: $n_{воздуха} \cdot \sin\alpha = n \cdot \sin\beta$

луч будет „крайним", если $\alpha \to 90°$, тогда:

$$\sin\beta = \frac{1}{n}$$

2) ~~Все~~ Угол падения равен углу отражения (про зеркало), поэтому верно следующее:



$\triangle ABC$: • $AB = \frac{1}{2}R$

• $BC = h$

• $\angle ABC = 90°$

• $\angle ACB = \beta$

• $\sin\angle ACB = \frac{AB}{AC}$

• $$\sin\beta = \frac{R}{2 \cdot \sqrt{h^2 + \frac{1}{4}R^2}}$$

3) Объединим п.1 и п.2:

$$\frac{1}{n} = \frac{R}{2 \cdot \sqrt{h^2 + \frac{1}{4}R^2}}$$

$$n = \frac{2\sqrt{h^2 + \frac{1}{4}R^2}}{R} = \frac{2 \cdot \sqrt{16 + 16}}{8} = \frac{2 \cdot 4 \cdot \sqrt{2}}{8} = \sqrt{2} \approx 1,4$$

Ответ: $n = 1,4$

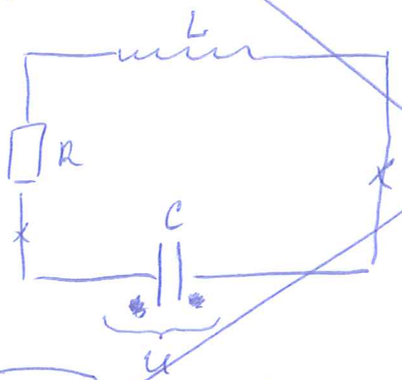
Чистовик

~~Задача~~

Задача 5.4.3

Пусть t_1 – момент, когда напряжение на конденсаторе было максимальным: $u_c(t_1) = u_{c\,max} = u$

Цепь в этот момент:



$I_c(t_1) = C \cdot u_c'(t_1)$

Напряжение на конденсаторе в этот момент максимально, поэтому: $u_c'(t_1) = 0$, т.е.

$I_c(t_1) = 0$, т.е. тока нет и во всей цепи.

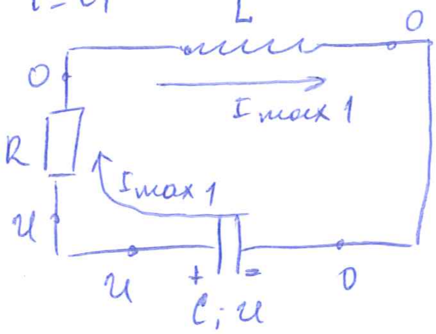
$W(t_1) = \frac{1}{2} C u_c^2(t_1) + \frac{1}{2} L \cdot I_L^2(t_1) = \frac{1}{2} C u^2$

1) Пусть t_1 – момент, когда сила тока максимальна и $u_c(t_1) = u$ ($u_c(t)$ – напряжение конденсатора в момент t).

9

метод потенциалов:

$t = t_1$



Для определенности: ток течет по часовой.

$I_L(t_1) = I_{max1} \to I_L'(t_1) = 0 \to$

$\to u_L(t_1) = L \cdot I_L'(t_1) \to u_L(t_1) = 0$

По закону Ома: $I_{max1} = \frac{u - 0}{R} = \frac{u}{R}$

$W(t_1) = \frac{1}{2} C \cdot u_c^2(t_1) + \frac{1}{2} L \cdot I_L^2(t_1) = \frac{1}{2} C u^2 + \frac{1}{2} L I_{max\,1}^2$

2) Рассмотрим момент $t_2 = t_1 + T$, где T – период.
Спустя период ток будет направлен в ту же сторону и принимать максимальные значение.

метод потенциалов:

Аналогично $u_L(t_2) = 0$

Пусть $u_c(t_2) = u_2$

Закон Ома: $I_{max\,2} = \frac{u_2}{R}$

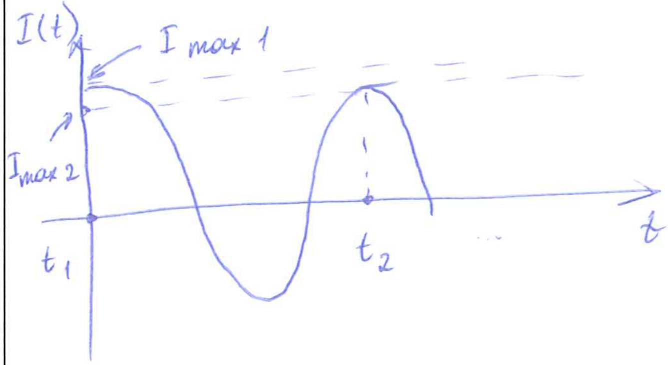
$W(t_2) = \frac{1}{2} C u^2(t_2) + \frac{1}{2} L I_L^2(t_2) = \frac{1}{2} C u_2^2 + \frac{1}{2} L I_{max\,2}^2$

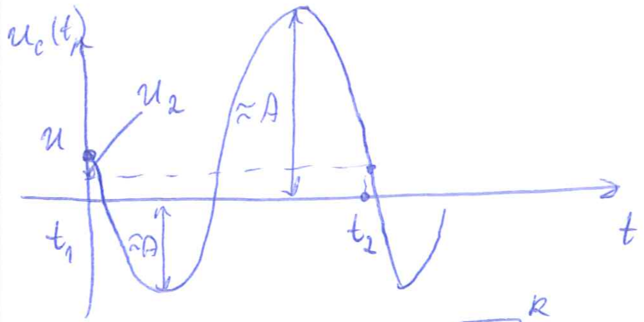
Чистовик

По условию: $W(t_1) = Q + W(t_2)$

$$\frac{1}{2}Cu^2 + \frac{1}{2}L\cdot\frac{u^2}{R^2} = Q + \frac{1}{2}Cu_2^2 + \frac{1}{2}L\cdot\frac{u_2^2}{R^2}$$

$$C(u^2 - u_2^2) + \frac{L}{R^2}\cdot(u^2 - u_2^2) = 2Q$$





Теплота на R:

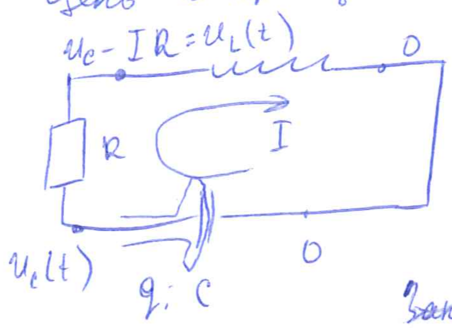
$Q = \cancel{\Sigma} A_R = \Sigma\, \delta A_R = \Sigma\, u_R \cdot \Delta q$; где u_R - напряжение на резисторе и Δq - протекший заряд за $\Delta t \to 0$.

$$Q = \Sigma\, u_R \cdot \Delta q = \Sigma\, I \cdot R \cdot I \cdot \Delta t = R \cdot \Sigma I^2 \cdot \Delta t$$

Надо найти зависимость $I^2(t)$, площадь под графиком и будет $\Sigma I^2 \cdot \Delta t$.

Пусть колеблющейся величиной будет ~~[illegible]~~ заряд левой обкладки конденсатора. (равен q)

Цепь в произвольный момент:



$\cancel{q' = \frac{\Delta I}{\Delta t}}$ $q' = I$

$u_c(t) = \frac{q}{C}$; $u_L(t) = I'(t)\cdot L$

~~Закон Ома~~

Закон Ома: $I = \frac{u_c(t) - u_L(t)}{R}$

(продолжение ч/з несколько страниц)

Чистовик

Задача 1.4.3

1) $|\vec{v}_1| = const$ и $|\vec{v}_2| = const$ (иначе нет смысла говорить о периодичности)

Поэтому: $a_{1\tau} = 0$ и $a_{2\tau} = 0 \to$

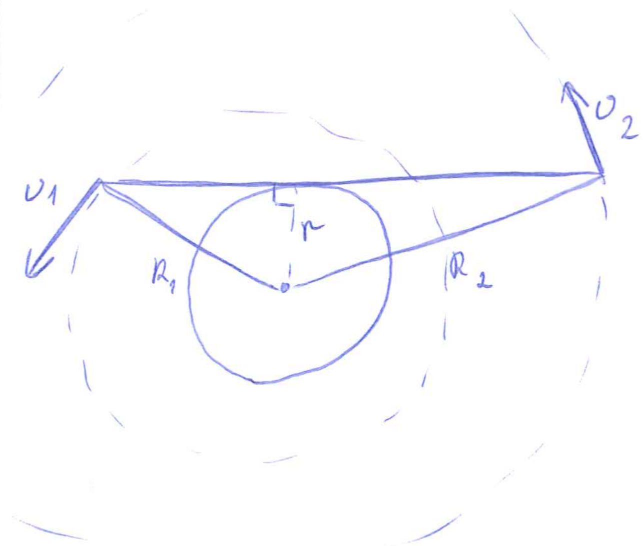
$$\to a_1 = a_{1n} = \frac{v_1^2}{R_1} \quad и \quad a_2 = a_{2n} = \frac{v_2^2}{R_2}$$

помимо этого: $a_1 = g_1 = G \cdot \frac{M}{R_1^2}$ и $a_2 = g_2 = G \cdot \frac{M}{R_2^2}$

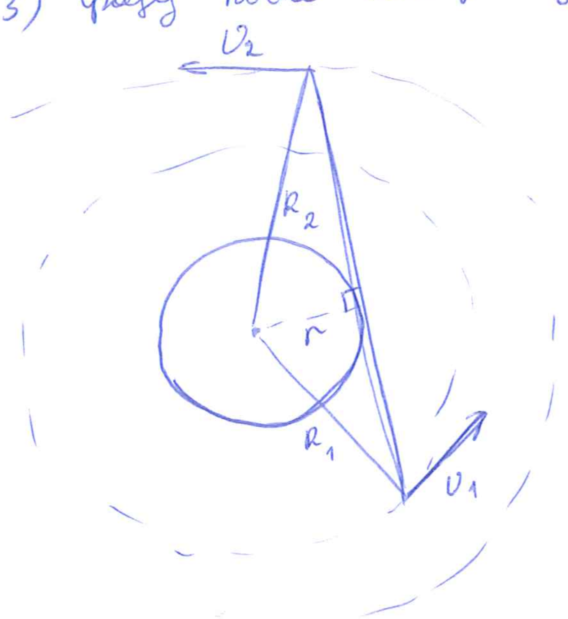
Объединив факты:

$$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R_1}} \qquad v_2 = \sqrt{\frac{GM}{R_2}} \qquad R_1 < R_2 \to v_1 > v_2$$

2) За мгновение до слепой зоны:



3) Сразу после выхода из слепой:

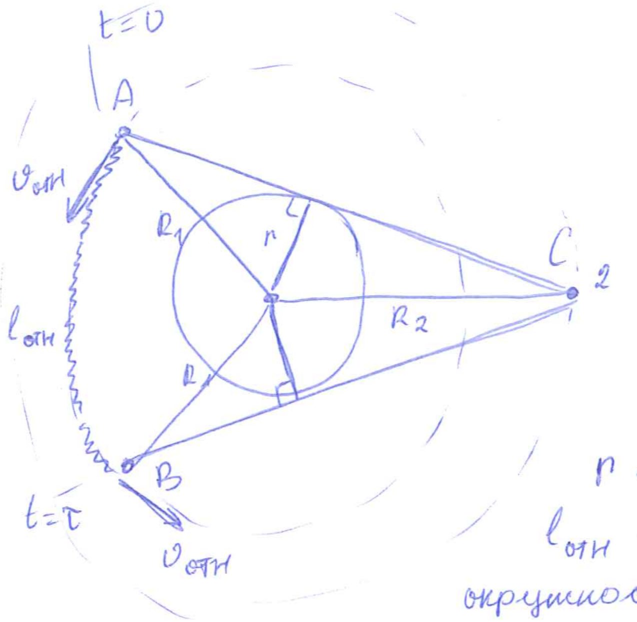


Чистовик

4) $\vartheta_1 = R_1\omega_1$ и $\vartheta_2 = R_2\omega_2$

Для удобства расчетов перейдём во вращающуюся СО. (центр – центр Земли; скорость вращения ω_2)

5) Спутник два стоит на месте:



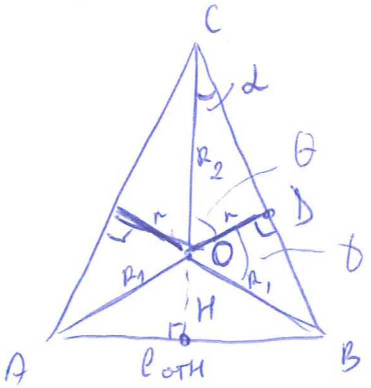
~~$v_{отн} = v_1 - \omega_2 R_1 =$~~

~~$v_{отн} = v_1 - v_2 \cdot \frac{R_2}{R_1}$~~

$$v_{отн} = v_1 - R_1 \cdot \omega_2 = v_1 - v_2 \cdot \frac{R_1}{R_2}$$

$r << R_1$ и $r << R_2$, поэтому $l_{отн}$ – можно считать не длиной окружности, а отрезком AB.

тогда имеем:



~~за малости можно считать, что $OH = R_1$~~

~~Т.к. Пифагора в HCB:~~

~~$CH^2 + HB^2 = CB^2$~~

~~$(R_1+R_2)^2 + \frac{1}{4} l_{отн}^2 = \left(\sqrt{R_2^2 - r^2} + \sqrt{R_1^2 - r^2}\right)^2$~~

$\triangle COD \sim \triangle HCB$:

$$\frac{OD}{HB} = \frac{CO}{CB} \to \frac{1}{2} l_{отн} = HB = \frac{CB \cdot OD}{CO}$$

$S_{\triangle COB} = \frac{1}{2} \cdot CO \cdot OB \cdot \sin\beta = \frac{1}{2} \cdot CB \cdot OD \to CB \cdot OD = CO \cdot OB \cdot \sin\beta$

~~$l_{отн} = 2 \cdot OB \cdot \sin\beta = 2 OB \cdot \sin(\theta + \gamma) = 2 \cdot OB \cdot (\sin\theta \cdot \cos\gamma + \sin\gamma \cdot \cos\theta) =$~~
~~$= 2 \cdot OB($~~

Тогда $\tau = \frac{l_{отн}}{v_{отн}} = \frac{2 \cdot CB \cdot OD}{CO \cdot v_{отн}} =$

Чистовик

Продолжение задачи 5.4.3

$$\cancel{I = \frac{\frac{q}{C} - I'L}{R}}$$

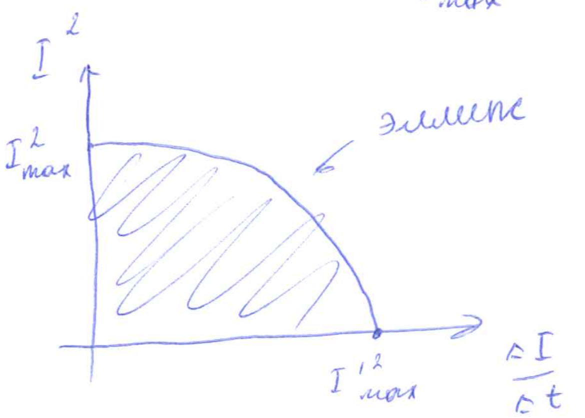
$$\cancel{Rq' = \frac{q}{C} - q''L}$$

Контур — колебательный. Для любых колебаний верно, что: $\frac{x'^2}{x'^2_{max}} + \frac{x^2}{x^2_{max}} = 1$

Пусть колеблющейся величиной будет заряд конденсатора, тогда первая производная — сила тока

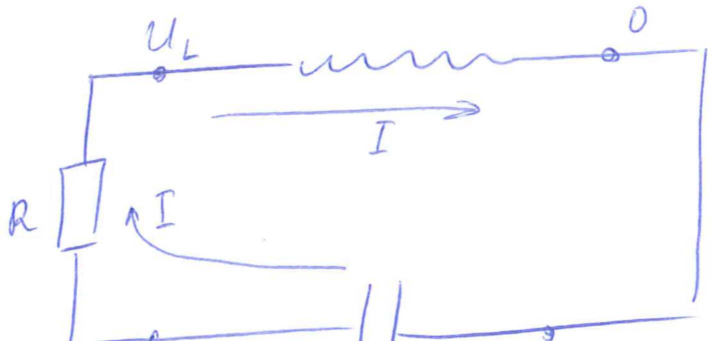
$$\frac{q^2}{q^2_{max}} + \frac{I^2}{I^2_{max}} = 1$$

если x'' и x': $\frac{I^2}{I^2_{max}} + \frac{I'^2}{I'^2_{max}} = 1$



$S_{гр} = \frac{1}{4} \cdot I^2_{max} \cdot I'^2_{max} \cdot \pi$

Произв. момент:



$IR = U_C + U_L$

$U_L = I'L$

$I = -q' = U_C' C \rightarrow$

$\rightarrow U_C = +\frac{q}{C}$

$IR = \frac{q}{C} + I'L$

~~1.2. $CB = CD + DB = \sqrt{R_2^2 - r^2} + \sqrt{R_1^2 - r^2} = \sqrt{10^{10} - 6{,}4^2 \cdot 10^6} +$~~

~~$+ \sqrt{6{,}4^2 \cdot 10^8 - 6{,}4^2 \cdot 10^6} = 10^5 + 6{,}4 \cdot 10^3 \cdot 10 = 10^5 + 6{,}4 \cdot 10^4$ (км)~~

$CB \approx R_1 + R_2$; $OD \approx r$; $CO = R_2$

$$\tau = \frac{2(R_1+R_2)\cdot r}{R_2 \cdot \left(v_1 - v_2 \frac{R_1}{R_2}\right)} = \frac{2(R_1+R_2)\cdot r}{v_1 R_2 - v_2 R_1} = \frac{2(R_1+R_2)\cdot r}{\sqrt{\frac{GM}{R_1}}\cdot R_2 - \sqrt{\frac{GM}{R_2}}\cdot R_1} =$$

$$= \frac{2(R_1+R_2)\cdot r}{\sqrt{GM}\cdot\left(\frac{R_2}{\sqrt{R_1}} - \frac{R_1}{\sqrt{R_2}}\right)} = \frac{2(6{,}4+10)\cdot 10^4 \cdot 6{,}4 \cdot 10^3 \cdot 10^6}{\sqrt{6 \cdot 10^{24} \cdot 6{,}7 \cdot 10^{-11}} \cdot \left(\frac{10^8}{\sqrt{6{,}4 \cdot 10^7}} - \frac{6{,}4 \cdot 10^7}{\sqrt{10^8}}\right)}$$

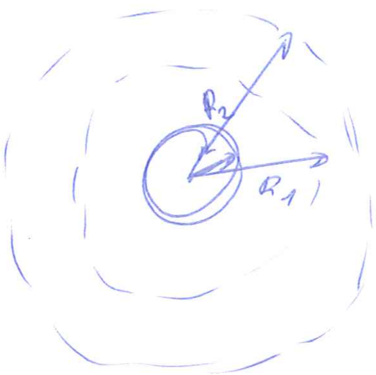
$$\approx \frac{2 \cdot \cancel{6{,}4} \cdot 16{,}4 \cdot 10^{13}}{\cancel{6{,}4} \cdot 10^{+6} \cdot \sqrt{10} \cdot \left(\frac{10^8}{8 \cdot 10^3} - \frac{64 \cdot 10^6}{10^4}\right)} = \frac{32{,}8 \cdot 10^{13}}{10^6 \sqrt{10} \cdot (10^4 - 6400)} \approx$$

$$\approx \frac{3280 \cdot 10^{11}}{10^6 \cdot \sqrt{10} \cdot 3600} \approx \frac{10^5}{\sqrt{10}} \approx \frac{10^5}{3} \approx 0{,}3 \cdot 10^5 \text{ (с)}$$

Ответ: $0{,}3 \cdot 10^5$ с

Черновик:

$g = м/с^2$



$g = \frac{H}{r}\cdot G = \frac{кг}{м^2}\cdot Н\cdot м^2\cdot кг^{-1} =$

$F = Н = кг\cdot м/с^2$

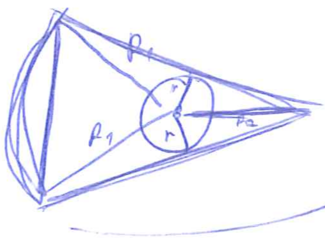
$= м/с^2 =$

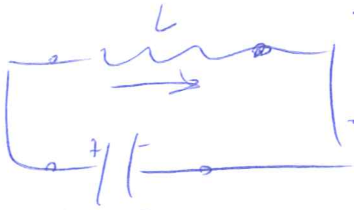
$\frac{м}{с^2} = \frac{кг}{x}\cdot Н\cdot м^2\cdot кг^{-1}$ $x = \frac{Н\cdot м}{с^2} =$

$mg = G\cdot\frac{M\cdot m}{R}$ $= \frac{кг\cdot м}{с^4}\, м$ $x = c^2\cdot Н\cdot м = м^2\cdot кг$

$Н = Н\cdot м^2\cdot кг^{-1}\cdot\frac{кг\cdot m}{x}$

$\sqrt{\frac{Н\cdot м^2\cdot кг^{-1}\cdot кг}{м}} = \sqrt{Н\cdot м} =$





$-U_c = U_L$

$-\frac{q}{C} = q'' L$

$q ; C$ $q + LC\cdot q'' = 0$

$x = A\cdot\sin(\omega t)$

$\sin^2 = \frac{x^2}{A^2}$

$\cos^2 = \left(\frac{x'}{A\omega}\right)^2$