0 266875 340003

26-68-75-34
(4.4)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Петрова Артёма Владимировича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

выход 15:20 Цимб.
вход 15:22 ~~Кон~~

Дата

«9» февраля 2024 года

Подпись участника

26-68-75-34 (4.4)

1	2	3	4	5	Σ
12	20	20	14	20	86

Восемьдесят шесть

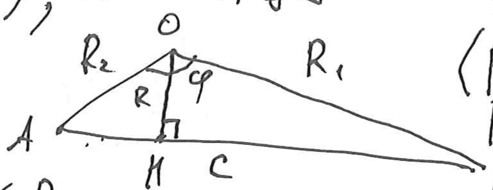
Чистовик
№ 1.4.2

Пусть корабли находятся в положении, когда связь начинает прерываться:

Корабли находятся в точках A и B, точка O – центр планеты.

Заметим, что лазер касается планеты.

(AB - касательная к "окружности среды планеты", H - точка касания, $OH \perp AB$); $OH = R$ (радиус планеты)



(рисунок схематичен, размеры могут быть отражены неверно)

Площадь $S_{\triangle AOB} = \frac{1}{2} Rc$, с другой стороны $S_{\triangle AOB} = S = R_1 R_2 \sin\varphi_0$

$\Rightarrow Rc = R_1 R_2 \sin\varphi_0$; $c = \sqrt{R_1^2 + R_2^2 - 2R_1R_2\cos\varphi_0}$ (теорема косинусов) $\Rightarrow$

$$R = \frac{R_1 R_2 \sin\varphi_0}{\sqrt{R_1^2 + R_2^2 - 2R_1R_2\cos\varphi_0}}.$$

Т.к. R_1 и R_2 - величины на порядок больше R можно сказать, что φ_0 близок к 180°.

Тогда $\cos\varphi_0$ можно принять $= -1$. $\Rightarrow$

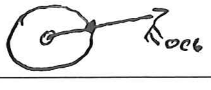
$$R = \frac{R_1R_2\sin\varphi_0}{\sqrt{R_1^2+R_2^2+2R_1R_2}} = \frac{R_1R_2\sin\varphi_0}{R_1+R_2} \Rightarrow \sin\varphi_0 = \frac{R(R_1+R_2)}{R_1R_2}$$

$\sin\varphi_0 = \sin(\pi - \varphi_0)$; $\pi - \varphi_0$ - близок к 0 $\Rightarrow \pi - \varphi_0 = \frac{R(R_1+R_2)}{R_1R_2}$

$$\varphi_0 = \pi - \frac{R(R_1+R_2)}{R_1R_2};$$

Так как корабли движутся по круговой орбите их угловые скорости постоянны, найдем их!

II Закон Ньютона на радиальную ось, 1 корабль:



$\frac{\gamma m M}{R_1^2} = m\omega_1^2 R_1 \Rightarrow \omega_1 = \sqrt{\frac{\gamma M}{R_1^3}}$; M – масса планеты

$\omega_2 = \sqrt{\frac{\gamma M}{R_2^3}}$ (по аналогии) ($\omega_1^2 R_1$ и $\omega_2^2 R_2$ – центростремительные ускорения)

Тогда $\Delta\varphi = (\omega_1 - \omega_2)t$ $\Delta\varphi$ – изменение угла между 1 кораблём, центром планеты, 2 кораблём.

$\Rightarrow$

$\cancel{2\pi}\ 2\pi - 2\varphi_0 = (\omega_1 - \omega_2)\tau$ (окружность, за исключением дуги, где "видят" друг друга!

$\Rightarrow$

$$2(\pi - \varphi_0) = \sqrt{\gamma M}\left(\sqrt{\frac{1}{R_1^3}} - \sqrt{\frac{1}{R_2^3}}\right)\tau$$

$$\frac{2R(R_1+R_2)}{R_1R_2} = \sqrt{\gamma M}\left(\sqrt{\frac{1}{R_1^3}} - \sqrt{\frac{1}{R_2^3}}\right)\tau$$

ускорение свободного падения на поверхности

$$g = \frac{\gamma M}{R^2} \Rightarrow \sqrt{\gamma M} = \sqrt{g}R \Rightarrow$$

$$\frac{2R(R_1+R_2)}{R_1R_2} = \sqrt{g}R\left(\sqrt{\frac{1}{R_1^3}} - \sqrt{\frac{1}{R_2^3}}\right)\tau$$

$$\Rightarrow \tau = \frac{2(R_1+R_2)}{\sqrt{g}R_1R_2\left(\sqrt{\frac{1}{R_1^3}} - \sqrt{\frac{1}{R_2^3}}\right)} = \frac{328\cdot\sqrt{10^5}}{186}\cdot\sqrt{10^3} =$$

$$= \frac{3280000}{186} \approx 17581$$

чистовик

№2.5.2

Давление в трубке в начале = p_0 (атмосферное) если бы давление было больше воздух выходил бы из трубки (натяжением поверхн. воды пренебрегаем)

p_a – давление воздуха в трубке (парциальное)

пусть $k = \frac{l_2 + h}{l}$ Прим. согласно Закону Дальтона парциальные давления можно рассматривать независимо)

$$\begin{cases} p_a S l = \cancel{p_a} \nu_a RT \\ p_a' S (l_2 + h) = \nu_a RT \end{cases} \Rightarrow \quad p_a' k = p_a$$

(у. Менделеева-Клайперона для воздуха)

$$\begin{cases} p_0 = p_н + p_a \\ p' = p_н + p_a' \text{ (парциальное)} \\ p' = p_0 + \rho g h \text{ (атмосфера и вода)} \\ p_a' = p_a / k \end{cases}$$

p' – давление после опускания.

; $p_н$ не изменилось т.к., температура не изменилась, лишний пар сконденсировался)

$\Rightarrow$

$$p_н + p_a + \rho g h = p_н + p_a / k$$

$\Rightarrow$

$$\rho g h = \left(\frac{1}{k} - 1\right) \cancel{\rho g} p_a$$

$$p_a = \frac{\rho g h}{\left(\frac{1}{k} - 1\right)} \Rightarrow p_0 = p_н + \rho g h \left(\frac{k}{1 - k}\right) \Rightarrow$$

$$p_0 = p_н + \rho g h \cancel{\left(\frac{l}{l_2 + h} - 1\right)} = \cancel{14{,}5 \cdot 10^3 + 10^3 \cdot 10 \cdot 0{,}45 \cdot}$$

$$\cancel{\cdot \left(\frac{1}{0{,}5 + 0{,}45} - 1\right) = 14{,}5 \cdot 10^3 + 10^4 \cdot 0{,}45 \cdot \frac{0{,}05}{0{,}95}} =$$

$$= \cancel{14{,}5 \cdot 10^3 \; 4500 \cdot \frac{1}{19} = 14500 + 237 = 14737 \text{ Па} \approx 14{,}7 \text{ кПа}}$$

$$p_0 = p_н + \rho g h \left(\frac{l_2 + h}{l_2 - h}\right) = 14{,}5 + 85{,}5 = 100 \text{ кПа}$$

Гаспович

№ 3.10.2

Т.к. шары проводящие, весь заряд находится на поверхности, поля внутри нет, потенциал постоянен по шару.

Пусть q – заряд шара с оболочкой, q' – без нее.
Потенциалы шаров равны:

1. $\frac{kq}{r} + \frac{kq_0}{R} = \frac{kq'}{r}$ + (считаем потенциалы в центре)

q_0 – заряд оболочки

Рассмотрим точку вдали от шара без оболочки и в небольшом отдалении от шара с оболочкой
потенциал в этой точке $\varphi_A = \frac{q+q_0}{x}$, где x – расстояние до точки O:

($\varphi_0 = 0$ т.к. оболочка заземлена)

потенциал в этой точке заключен между 0 и потенциалом оболочки (напряженность либо заставляет расти потенциал либо падать, но не все вместе (на отрезке OA)) (0 – потенциал на бесконечности отдалении)
но $\varphi_0 = 0 \Rightarrow \varphi_A = 0 \Rightarrow q + q_0 = 0 \Rightarrow q_0 = -q$ +

тогда, $q_0 < 0$; $q > q' \Rightarrow q = q_1$, $q' = q_2$; $q_0 = -q_1$

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

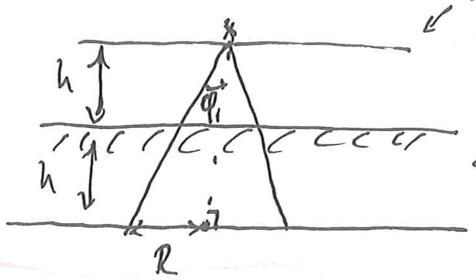
$\frac{k(q_1 - q_2)}{r} = \frac{kq_1}{R} \Rightarrow r = \left(1 - \frac{q_2}{q_1}\right)R$ + $=$

$= \left(1 - \frac{1}{3}\right)R = \frac{2}{3}R = \boxed{2 см}$

26-68-75-34 (4.4)

черновик

№ 4.10.2



экран — (Вместо того, чтобы отражать луч, отразим картинку относительно плоскости зеркала)

← зеркало

← отраженный экран

$$\boxed{tg\varphi = \frac{R}{2h}}$$, φ - максимальный угол преломления.

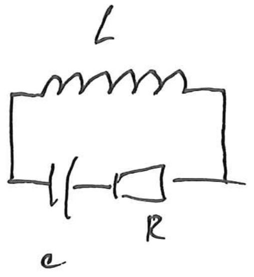
$\frac{\sin 90}{\sin\varphi} = 3/2$ (Закон преломления, ~~угол~~ луч, идущий под углом φ в среде попадает в нее под углом близким к 90°)

14

$$\frac{1}{\sin\varphi} = 3/2 \Rightarrow \sin\varphi = 2/3 \Rightarrow tg\varphi = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow$$

$$\frac{R}{2h} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow h = \frac{R\sqrt{2}}{2} = 4\sqrt{2} \approx 4\cdot 1{,}4 = \boxed{5{,}6\text{ см}}$$

№ 5.4.2 (+1)



Мощность, выделяющаяся на резисторе: (средняя)

(+4) $W = \overline{J^2}R$, где $\overline{J^2}$ - средний квадрат силы тока.

В колебательном контуре сила тока меняется по гармоническому закону: $J = J_{max}\cos\omega t$ (Рассматриваем колебание указанное в условии, затуханием пренебрегаем.)

$\Rightarrow J^2 = J_{max}^2\cos^2\omega t \Rightarrow \overline{J^2} = \frac{J_{max}^2}{T}\int_0^T \cos^2\omega t$, где

T - период $\Rightarrow \overline{J^2} = \frac{J_{max}^2}{2}$

чистовик

$$W = \frac{I_{max}^2 R}{2} \Rightarrow Q = WT = \cancel{\ldots} = W 2\pi\sqrt{LC}$$ +4

$$\Rightarrow Q = \frac{I_{max}^2 R}{2} 2\pi\sqrt{LC} = \pi I_{max}^2 R\sqrt{LC}.$$

В описанной в условии ситуации напряжение (или $\mathcal{E}_i$) катушки $=0$ (значение тока максимально) $\Rightarrow$ падение напряжения на резисторе $U_R = U$ напряжению на конденсаторе; в то же время $U_R = I_{max} R \Rightarrow$ +4

$$Q = \pi \frac{U^2}{R^2} R\sqrt{LC} \Rightarrow R = \frac{\pi U^2\sqrt{LC}}{Q} = \frac{3{,}14\cdot(0{,}2)^2\cdot\sqrt{0{,}3\cdot 30\cdot 10^{-6}}}{0{,}38\cdot 10^{-3}}$$

$$= \frac{3{,}14\cdot 4\cdot 10^{-2}\cdot 3\cdot 10^{-3}}{0{,}38\cdot 10^{-3}} = \frac{12\cdot 3{,}14\cdot 10^{-2}}{0{,}38} = \frac{12\cdot 3{,}14}{38} = \frac{18{,}84}{19}\ \text{Ом} \approx$$

≈ 1 Ом

Черновик

$\sqrt{\frac{m}{k}} = \sqrt{\frac{LC}{1}}$ $\frac{q}{C} = \varepsilon$

$\cancel{\frac{2 \cdot 164 \cdot 10^4}{64}}$

$F = xk \Rightarrow$

$k = \frac{1}{C} \Rightarrow \frac{1}{k} = C$

$140 - 7 = 133$

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

$4500 : 19 = 236 \approx 237$

-38, 70, -57, 130

$$= \frac{328 \cdot 10^3}{\frac{64 \cdot 10^8}{\sqrt{10^9}}\left(\frac{1}{256} - \frac{1}{1000}\right)} =$$

$\frac{1}{\sqrt{10^3}}$

19

$$= \frac{328 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{10^9}}{64 \cdot 10^8 \; \frac{1000 - 256}{256000}} =$$

$45 \cdot 10 = 900 - 36$ $= 8500$

$38 = 2 \cdot 19$

$186 \times 7 = 1302$

$$= \frac{328}{64 \cdot \left(\frac{1000}{256} - 1\right)} \cdot \sqrt{10^5} =$$

936

$$= \frac{328}{250 - 64} \cdot \sqrt{10^5} =$$

$3280000 : 186 = 17580{,}7...$

-186, 1420, -1302, 1080, -930, 1500, -1488, 1200

$$= \boxed{\frac{328}{186} \cdot \sqrt{10^5}} =$$

$2 \cdot \sqrt{10^5} =$

200

$L\ddot{Q} + \frac{Q}{C} = 0$

$$\frac{12 \cdot 3{,}14}{2 \cdot 19} = 6 \cdot \frac{3{,}14}{19} \quad Q$$

$$= \frac{18 + 0{,}6 + 0{,}24}{19} = \frac{18 + 0{,}84}{19} =$$

$$= \frac{18{,}84}{19}$$

2 физовики

$L, C, U, Q; \quad R = ?$

$\frac{U^2}{2R} \cdot 2\pi\sqrt{L/C}$

$Q = \frac{U^2\sqrt{L/C}}{R} \Rightarrow \boxed{R = \frac{U^2\sqrt{L/C}}{Q}}$

$Q = \frac{J_m^2 R}{2} T$

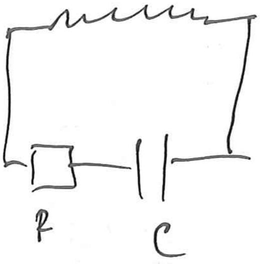
$Q = \frac{U^2}{R^2}\frac{R}{2}\frac{2\pi}{\omega}$

$U = J_m R$

$\frac{U}{R} = J_m \qquad J = J_m \cos\omega t$

$W = \overline{J^2} R = \frac{J_m^2 R}{2} =$

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



1. $U = JR$

$\cancel{\frac{q}{C} - \ddot{q}L - \dot{q}R = 0}$

$Q = \int U_R dq \qquad U_R = U_C - U_L$

$\frac{q}{C} - \ddot{q}L$

период

$Q = \int_0^T J^2 R\,dt = R\int_0^T J^2 dt$

$J(t) = \dot{q}(t) = (q_{max}\cos\omega t)'$

$Q = R\int_0^T \dot{q}\,dq$

$(q\omega \sin\omega t)$

$(q_{max}\omega)^2 R \int_0^T \sin^2\omega t\,dt$ ($= \frac{1}{2}$)

$Q = \frac{q^2\omega^2 R}{2} \quad \cancel{R = \frac{2Q}{q\omega R}} \quad \frac{q\omega R}{2} = Q$

$Q = \frac{q^2 R}{2R^2C^2} \Rightarrow$

$\Rightarrow Q = \frac{q^2}{2C^2 R} \Rightarrow \cancel{R = \frac{2Q}{q\frac{1}{RC}} = \frac{2Q}{q_{max}}RC = R} \quad \cancel{2Q = \frac{q_{max}}{C}}$

$R = \frac{q_{max}^2}{2C^2 Q}$

Черновик

$\cancel{q_0} R$

$$\frac{kq_0}{R} + \frac{kq}{r} = \varphi;$$

$$\frac{kq'}{r} = \varphi \Rightarrow \frac{kq_0}{R} + \frac{kq}{r} = \frac{kq'}{r}$$

$$\frac{kq_0}{R} = \frac{k\Delta q}{r}$$

$$\frac{q_2 - q_1}{-q_1} R = \quad r = \frac{k\Delta q R}{kq_0} = \frac{\Delta q}{q_0} R$$

$$r = \frac{q_1 - q_2}{q_1} R = \left(1 - \frac{q_2}{q_1}\right) R = \frac{2}{3} R \text{ норм}$$

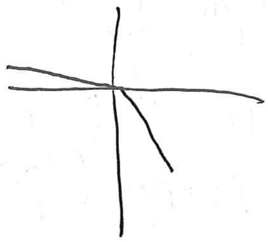
$$q + q_0 = 0 \Rightarrow q_0 = -q$$

$$q_0 < 0$$

$$q > q'$$

$$q = q_1$$

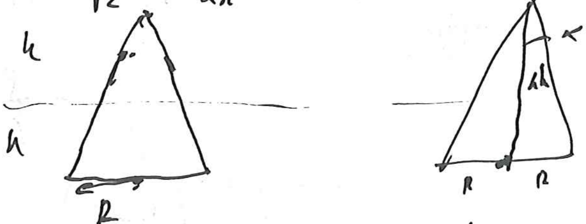
$$q' = q_2$$



$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{R}{2h} \qquad \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{R}{2h} \Rightarrow \cancel{2h} =$$

$$\frac{\sin 90}{\sin\alpha} = 1{,}5$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\sin\alpha} = \frac{3}{2}$$



$$h = \frac{R}{2}\sqrt{2} = \frac{R}{\sqrt{2}}$$

$$\sin\alpha = \frac{2}{3} \Rightarrow \operatorname{tg}\alpha = \frac{2/3}{\frac{2\sqrt{2}}{3}} = \frac{\cancel{2\cdot 3}}{\cancel{3}\cdot 2\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} < 1$$

черновик

$k = \frac{(\ell_k + h)}{\ell}$ (отв)

$p_0 = p_н + p_a$ (отв)

$(p_a,\ p',\ S,\ V)$

$\cancel{p_0 S\ell = (\nu_s + \nu_a) RT}$

$p' = p_0 + \rho g h$ (отв)

$p' = p_н + k p_a$ (неотв)

$\cancel{p' S \ell k = (\nu_s k + \nu_a) RT}$

1. $p_0 + \rho g h = p_н + p_a$

$\cancel{p_0 + \rho \quad p_н + kp_a = p_н + kp_a}$

2. $\rho g h + p_н + p_a = p_н + \cancel{k}p_a/k$ → $\rho g h = p_a\left(\frac{1}{k} - 1\right)$

$p_a = \frac{k\rho g h}{(1-k)}$

3. $p_0 S\ell = (\nu_s + \nu_a) RT$

4. $(p_0 + \rho g h) S\ell k = (\nu_s k + \nu_a) RT$

$p_0 + \rho g h = p_н + \rho g h\left(\frac{k}{1-k}\right) \Rightarrow p_0 = p_н + \rho g h\left(\frac{k}{1-k} - 1\right)$

$p_н + \rho g h\left(\frac{k - (1-k)}{1-k}\right)$

$p_н + \rho g h\left(\frac{2k-1}{1-k}\right)$?

доказ. $\begin{cases} p_0 S\ell = (\nu_s + \nu_a) RT \\ (p_0 + \rho g h) S\ell k = (\nu_s k + \nu_a) RT \end{cases}$

$\begin{cases} p_0 = p_н + p_a \\ p' = p_0 + \rho g h \\ p' = p_н + \cancel{k}p_a/k \end{cases}$

$\cancel{p_н} + p_a + \rho g h = \cancel{p_н} + kp_a$

$\cancel{\rho g h = (k+1) p_a}$

$\rho g h = p_a\left(\frac{1}{k} - 1\right)$

$p_a = \frac{\rho g h}{\left(\frac{1}{k} - 1\right)}$

$p_0 = p_н + \frac{\rho g h}{\left(\frac{1}{k} + 1\right)}$

$p_0 = p_н + \rho g h\left(\frac{k}{1-k}\right)$? иначе

Черновик

$\sqrt{24} \approx 4{,}9$

16

$89 \mid 800$

9

$\sin x = \ldots$

$l \to l/2$; k; l;

$p_н$; S_0 ; g;

$V = 0$

↓

газ не выходит

↓

p_0

$p_0 \to p_0 + \rho g h$

$V_0 \to V_0/2 + Sh$

$x^2 + y^2 = 1$

$y = \sqrt{1 - (1/5)^2}$

$\sqrt{\frac{24}{25}} =$

$= \frac{\sqrt{24}}{5} = 4,$

$\frac{9{,}4}{10} = 0{,}94$?

$\frac{ab\,\varphi}{\sqrt{a^2+b^2-2ab\sqrt{1-\varphi^2}}}$

$\cancel{p_0}+$

1. $p_0 = p_н + p_a$
2. $p_0 S l = (\nu_S + \nu_a) RT$
3. $p' = p_0 + \rho g h$
4. $p' = p_н + p_a'$
5. $p' S (l/2 + h) = \left(\nu_s \frac{l/2 + h}{l} + \nu_a\right) RT$
6. $p_a' = \left(\frac{l}{l/2 + h}\right) p_a$

1, 2

3, 4, 5

6 ← 3 (− разд.)

7

(4, 3, 6) $p_0 + \rho g h = p_н + \left(\frac{l}{l/2 + h}\right) p_a$

$\frac{l/2 + h}{l} = k$

1. $p_0 = p_н + p_a$
2. $p_0 S l = (\nu_s + \nu_a) RT$
3. $p' S (l/2 + h) = \left(\nu_s \frac{l/2 + h}{l} + \nu_a\right) RT$

$\frac{p_0 + \rho g h}{p_0} k = \frac{\nu_s k + \nu_a}{\nu_s + \nu_a}$

$\rho g h + \cancel{p_н} + p_a = \cancel{p_н} + k p_a$

$\rho g h + p_a = k p_a \Rightarrow \quad k - 1 = \frac{\rho g h}{p_a}$

Черновик

$g = \frac{\gamma M}{R^2}$

$\alpha = \gamma M$

$\omega^2 = \frac{\alpha}{R^3}$

$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{R^3}{\alpha}}$

6400

$4096 + 10000 \approx 14100$

$= \frac{6500 \sin}{\sqrt{14000 - 6500 \cos}}$

$\frac{1}{5000} \sim \frac{\sin}{\sqrt{14000 - 6500\cos}}$

20000

141

$\frac{141}{5000} \approx \frac{1}{35}$

α - мил

$T^2 \sim R^3$

$\varphi_1(t)$

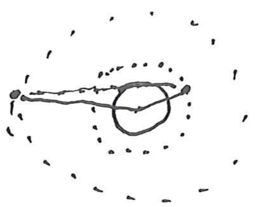
$\varphi_2(t)$

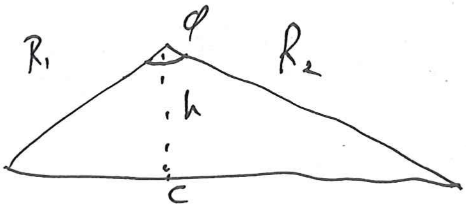
$\varphi(t)$

$J(t) \to t$

1. $g = \frac{\alpha}{R^2}$
2. $\omega_1 = \sqrt{\frac{\alpha}{R_1^3}}$
3. $\omega_2 = \sqrt{\frac{\alpha}{R_2^3}}$
4. $\varphi = (\omega_1 - \omega_2)t$
5. $\varphi_{кр} = \pm\varphi_0 + 2\pi n$
6. $R = \frac{R_1R_2\sin\varphi}{\sqrt{R_1^2 + R_2^2 - 2R_1R_2\cos\varphi}}$

$\cancel{\frac{\alpha}{g} = \frac{R_1^2R_2^2\sin^2\varphi}{R_1^2+R_2^2-2R_1R_2\cos\varphi}}$





7:

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

$\omega_1 = \sqrt{\frac{\alpha}{R_1^3}}$

$\omega_2 = \sqrt{\frac{\alpha}{R_2^3}}$

$\varphi = (\omega_1 - \omega_2)t$

$\varphi_{кр} = \pm\varphi_0 + \cancel{2\pi n}$ φ_0

$\varphi_0 = \frac{R\sqrt{(R_1-R_2)^2}}{R_1R_2} = \frac{R|R_1-R_2|}{R_1R_2} = \frac{R(R_2-R_1)}{R_1R_2}$

$\frac{1}{2}hc = S = \frac{1}{2}R_1R_2\sin\varphi$

$h\sqrt{R_1^2+R_2^2-2R_1R_2\cos\varphi} = R_1R_2\sin\varphi$

$\Rightarrow h = \frac{R_1R_2\sin\varphi}{\sqrt{R_1^2+R_2^2-2R_1R_2\cos\varphi}} \Rightarrow \varphi$

$$\begin{cases} (\omega_1 - \omega_2)\tau = \frac{2R(R_2-R_1)}{R_1R_2} \\ \omega_1 = \sqrt{\frac{\alpha}{R_1^3}} \\ \omega_2 = \sqrt{\frac{\alpha}{R_2^3}} \\ g = \frac{\alpha}{R^2} \Rightarrow \sqrt{\alpha} = \sqrt{g}R \end{cases}$$

$\tau\sqrt{g}R\left(\sqrt{\frac{1}{R_1^3}} - \sqrt{\frac{1}{R_2^3}}\right) = \frac{2R(R_2-R_1)}{R_1R_2}$

$\tau = \frac{2(R_2-R_1)}{\sqrt{g}R_1R_2\left(\sqrt{\frac{1}{R_1^3}} - \sqrt{\frac{1}{R_2^3}}\right)}$ ✓