Место для скобы

003699

Шифр

ОТКРЫТАЯ РЕГИОНАЛЬНАЯ МЕЖВУЗОВСКАЯ ОЛИМПИАДА ВУЗОВ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ «ОРМО»

ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ
заключительного этапа

1.	Предмет	Физика
2.	Вариант	2
3.	Класс	11
4.	Фамилия	БАЛБАЕ
	Имя	ЭДУАРД
	Отчество	ЕВГЕНЬЕВИЧ
5.	Дата рождения	Число: 05; Месяц: 07; Год: 2003
6.	Страна	Россия
7.	Регион *(пр: Томская обл., Алтайский край)*	Кемеровская обл.
8.	Вид муниципального образования *(пр: село, город, пгт, деревня)*	город
9.	Населенный пункт *(пр: Томск, Кемерово, Псков)*	Новокузнецк
10.	Полное наименование образовательного учреждения, в котором Вы обучаетесь	МБНОУ Гимназия №44

Даю согласие на обработку моих персональных данных и информирование меня посредством sms и e–mail о моих результатах и всех дальнейших мероприятиях, связанных с олимпиадой

Личная подпись ____________

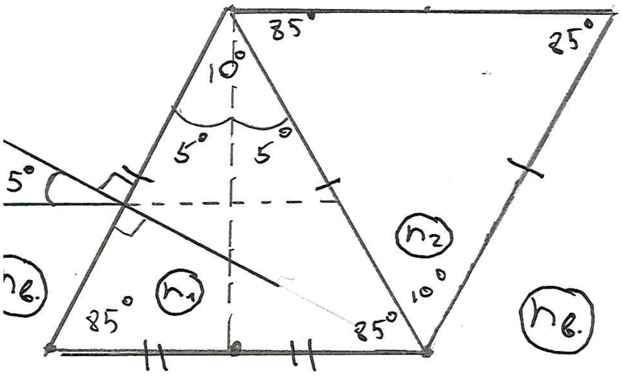
Место для скобы

Шифр 003699

Открытая региональная межвузовская олимпиада вузов Томской области (ОРМО)

Общий балл	Дата	Ф.И.О. членов жюри	Подписи членов жюри
57б.		Червинская А.С.	[signature]

№ 4

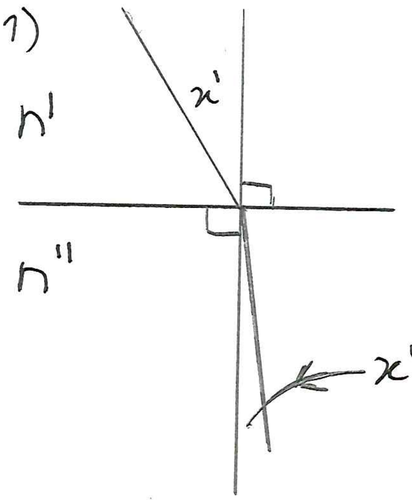


В какую сторону отклонится луч? Чему равен угол отклонения луча

$n_2 = n_1 + \Delta n$

$\Delta n = 0{,}2$

1)



Закон преломления, когда $n' < n''$:

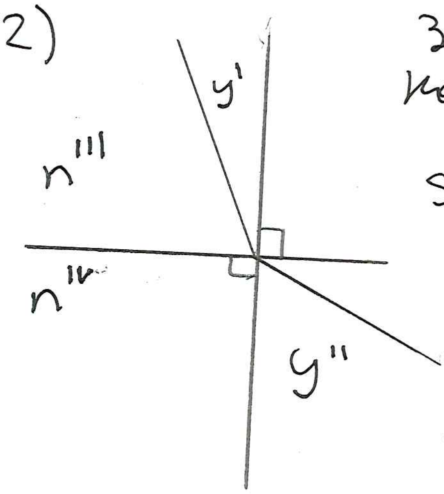
$\sin x' \cdot n' = \sin x'' \cdot n''$

$\sin x'' = \dfrac{\sin x' \cdot n'}{n''} \Rightarrow$

$x'' \Rightarrow \sin x'' < \sin x' \Rightarrow$

$\Rightarrow \angle x'' < \angle x'$

2)



Закон преломления, когда $n''' > n^{IV}$:

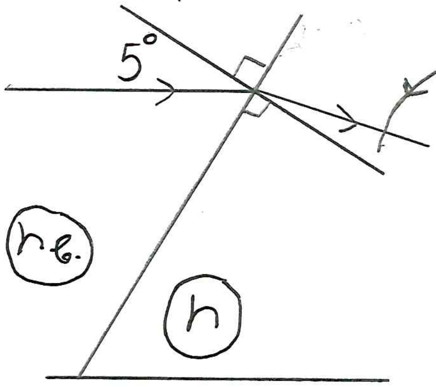
$\sin y' \cdot n''' = \sin y'' \cdot n^{IV}$

$\sin y'' = \dfrac{\sin y' \cdot n'''}{n^{IV}} \Rightarrow$

$\Rightarrow \sin y'' > \sin y' \Rightarrow$

$\Rightarrow \angle y'' > \angle y'$

Т.к. сначала луч идёт в среде с $n_в = 1$ и потом входит в среду с коэф. преломления n $(n > 1)$, то применяется 1): $\sin \alpha \cdot n = \sin 5 \cdot n_в \Rightarrow \sin \alpha =$

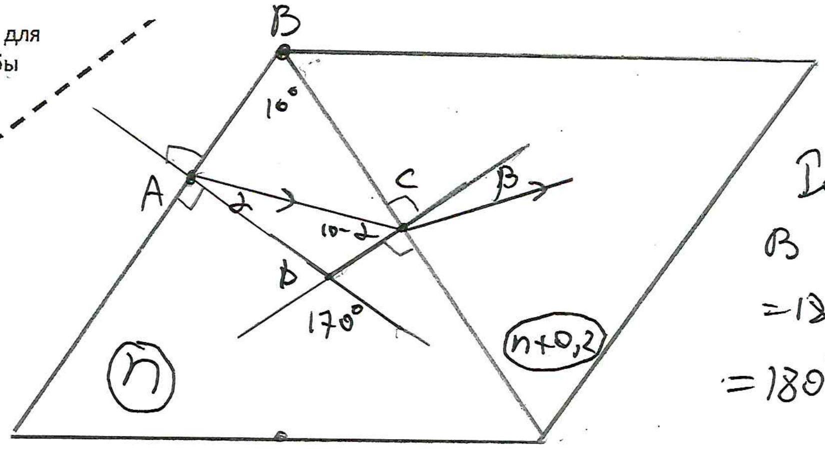


$\alpha = \dfrac{\sin 5}{n}$; $\angle \alpha = \arcsin\left(\dfrac{\sin 5}{n}\right)$.

Луч опускается.

Место для скобы

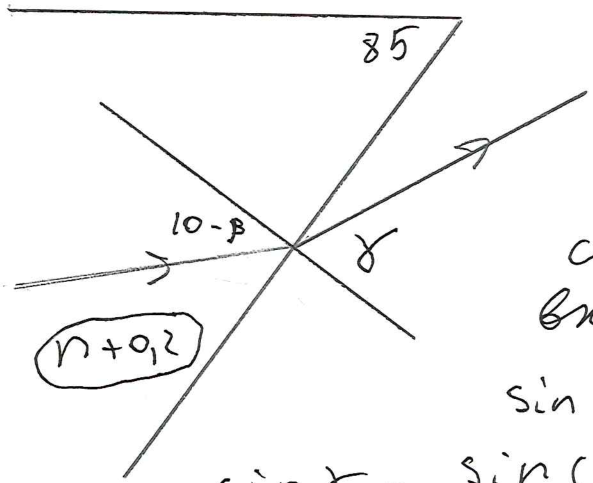
Шифр 003699



Рассмотрим фигуру ABCD: В ней $\angle BAD + \angle DCB = 180° \Rightarrow \angle ABC + \angle ADC = 180°$, $\angle ABC = 10° \Rightarrow \angle ADC = 170°$;

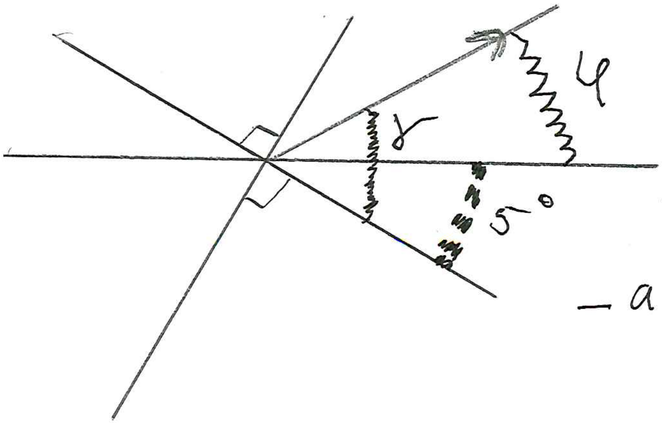
$\triangle ACD$: $\angle CAD + \angle ADC + \angle DCA = 180°$; $\angle DAC = \alpha$, $\angle ADC = 170° \Rightarrow \angle DCA = 10° - \alpha$;

Т.к. сначала луч идёт в среде с n и потом входит в среду с $n+0,2 \Rightarrow$ случай 1): $\sin(10-\alpha)\cdot n = \sin\beta\cdot(n+0,2) \Rightarrow \sin\beta = \frac{\sin(10-\alpha)}{n+0,2}$; $\angle\beta = \arcsin\left(\frac{\sin(10-\alpha)}{n+0,2}\right)$. Луч поднимается.



Аналогично верхнему случаю получаем, что луч идёт под углом в $10-\beta$ к перпендикуляру и поверхности. Т.к. луч идёт сначала в среде с $n+0,2$ и потом входит в среду с $n_в = 1 \Rightarrow$ случай 2): $\sin(10-\beta)\cdot(n+0,2) = \sin\gamma\cdot n_в \Rightarrow$

$\sin\gamma = \sin(10-\beta)\cdot(n+0,2)$; $\angle\gamma = \arcsin((n+0,2)\cdot(\sin(10-\beta)))$. Луч поднимается.



$\angle\varphi$ – угол отклонения от первоначального хода (горизонтали)

$\angle\varphi = \angle\gamma - 5°$

$$\angle\gamma = \arcsin\left((n+0,2)\sin\left(10 - \arcsin\left(\frac{\sin\left(10 - \arcsin\left(\frac{\sin 5}{n}\right)\right)\cdot n}{(n+0,2)}\right)\right)\right)$$

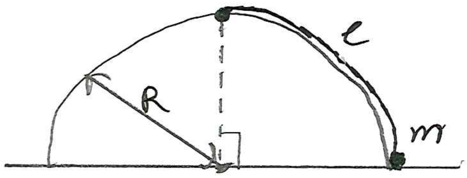
При подставлении различных коэф. преломления $n>1$, получилось, что $\angle\gamma \approx 7{,}01^\circ \Rightarrow \angle\varphi \approx 7{,}01-5 \approx 2{,}01^\circ \Rightarrow$ луч после прохождения призмы поднялся вверх на $\approx 2{,}01^\circ$ по сравнению с изначальной траекторией (горизонтом.)

Ответ: поднялся на $2{,}01^\circ$. ✓ 20б.

№ 2.

m – масса шарика

l – длина нити



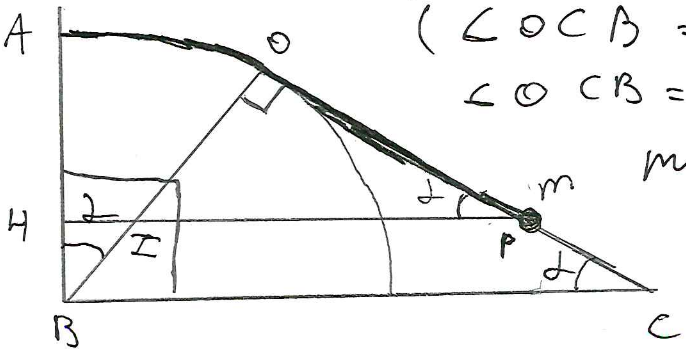
ω – ?

При раскручивании полусферы шарик начинает подниматься вверх и касаться только определённой частью η.

$l = 2\pi R\cdot\frac{1}{4} = \frac{\pi R}{2}$; Пусть та часть нити, которая в воздухе будет $l_{возд.}$ и другая часть нит, которая лежит на шаре будет $l_{леж.}$; $l = l_{леж} + l_{возд.}$, $l_{леж} =$

$= l\eta = \frac{\pi R\eta}{2} \Rightarrow l_{возд.} = \frac{\pi R}{2}(1-\eta)$.

Рассмотрим момент времени, когда полусфера кружится с угловой скоростью ω: Пусть угол $\angle OCB = \angle\alpha$



($\angle OCB = \angle$ между горизонтом и нитью)

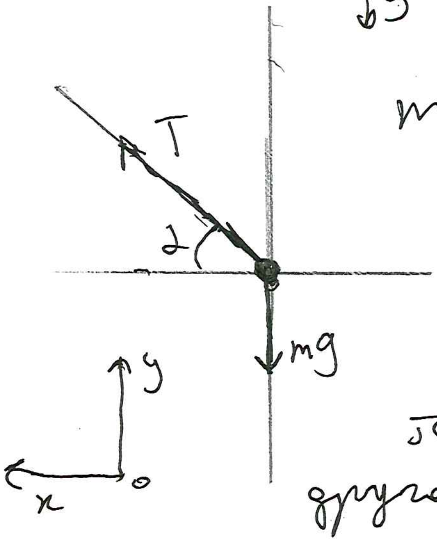
$\angle OCB = \angle OPH$; $l_{леж} = \frac{\pi R\eta}{2}$, но

также $l_{леж} = \pi R\cdot\frac{\angle OBA}{180^\circ}$, но т.к. $\angle OCB = \angle ABO \Rightarrow \angle OBA = \angle\alpha = 90^\circ\eta$.

Рассмотрим какие силы действуют на шарик m:

Место для скобы

$a_{ц.с.}$



19 По 2 з. Ньютона:

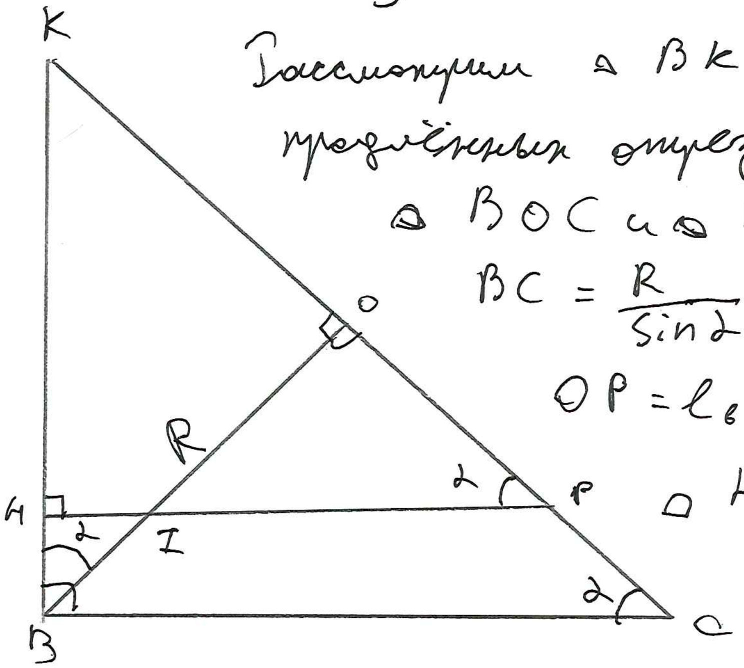
$m\vec{a}_{ц.с} = \vec{T} + m\vec{g}$; Рассмотрим его на осях x, Y:

На ось Ox: $T \cdot \cos\alpha = m a_{ц.с}$

На ось Oy: $T \cdot \sin\alpha = mg$

Поделим эти 2 выражения друг на друга $\frac{\cos\alpha}{\sin\alpha} = ctg\,\alpha = \frac{a_{ц.с}}{g}$; $a_{ц.с} = \omega^2 R \Rightarrow$

$\Rightarrow ctg\,\alpha = \frac{\omega^2 R}{g} \Rightarrow \omega^2 = \frac{g\,ctg\,\alpha}{R'} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g\,ctg\,\alpha}{R'}}$ ✓



Рассмотрим $\triangle BKC$ (точка K это пересечение продлённых отрезков CO и BA): $BO = R$,

$\triangle BOC$ и $\triangle BOK$ — прямоуг.; Тогда

$BC = \frac{R}{\sin\alpha}$; $OC = R \cdot ctg\,\alpha$; $KO = R \cdot tg\,\alpha$;

$OP = l_{в\,возд.} = \frac{\pi R}{2}(1-\eta)$; $HP = R'$;

$\triangle HPK$ и $\triangle BKC$ подобны $\Rightarrow$

$\frac{KP}{KC} = \frac{HP}{BC} \Rightarrow \frac{R'}{\frac{R}{\sin\alpha}} =$

$= \frac{R\,tg\,\alpha + \frac{\pi R}{2}(1-\eta)}{R \cdot tg\,\alpha + R \cdot ctg\,\alpha} \Rightarrow R' = \frac{R(tg\,\alpha + \frac{\pi}{2}(1-\eta))}{\sin\alpha(tg\,\alpha + ctg\,\alpha)}$

Тогда $\omega = \sqrt{\frac{g \cdot ctg\,90°\eta \cdot \sin 90°\eta\,(tg\,90°\eta + ctg\,90°\eta)}{R \cdot (tg\,90°\eta + \frac{\pi}{2}(1-\eta))}}$

Ответ:

$\omega = \sqrt{\frac{g \cdot ctg\,90°\eta \cdot \sin 90°\eta\,(tg\,90°\eta + ctg\,90°\eta)}{R \cdot (tg\,90°\eta + \frac{\pi}{2}(1-\eta))}}$ —

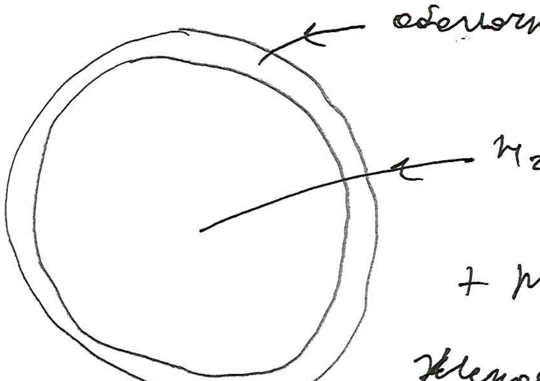
8б.

№3

Дано: $\rho(h) = \rho_0 \cdot e^{-ah}$; $\rho_0 = 1,29$ кг/м³; $P_0 = 10^5$ Па; $T_0 = 273$ K; $a = 1,25 \cdot 10^{-4}$ м$^{-1}$; $h = 4830$ м; $\mu_{He} = 4 \cdot 10^{-3} \frac{кг}{моль}$

Найти: $\frac{m_{He}}{m_{об.}}$ — ? (такое отн., при котором $V = max$)

Решение: $\rho(h) = 1,29 \cdot e^{-1,25 \cdot 10^{-4} \cdot 4830} \approx 0,705$ кг/м³



Чтобы V было max, нужно чтобы $F_{T сум.} = F_{Арх.}$ (где $F_{T сум.} = F_{T He} + F_{T об.}$), $F_{T сум} = g \cdot (m_{об.} + m_{He})$ и $F_{Арх} = \rho(h) \cdot V \cdot g$. Из закона Менделеева-Клапейрона $P_0 V = \frac{m_{He}}{\mu_{He}} \cdot R \cdot T_0 \Rightarrow$

$\Rightarrow V = \frac{m_{He} \cdot R \cdot T_0}{\mu_{He} \cdot P_0}$; подставим V в равенство сил:

$$\rho(h) \cdot g \cdot \frac{m_{He} \cdot R \cdot T_0}{\mu_{He} \cdot P_0} = g(m_{He} + m_{об.});$$

т.к. нам нужно найти отношение $\frac{m_{He}}{m_{об.}}$, то разделим всё на $m_{об.}$:

$$\frac{\rho(h) R T_0}{\mu_{He} \cdot P_0} \cdot \frac{m_{He}}{m_{об}} = \frac{m_{He}}{m_{об}} + 1 \Rightarrow \frac{m_{He}}{m_{об.}} = \frac{1}{\left(\frac{\rho(h) R T_0}{\mu_{He} P_0} - 1\right)} =$$

$$= \frac{1}{\left(\frac{0,705 \cdot 8,31 \cdot 273}{10^5 \cdot 4 \cdot 10^{-3}} - 1\right)} \approx 0,333330457 \approx 0,333$$

Ответ: $\frac{m_{He}}{m_{об.}} = 0,333$

10б.

Место для скобы

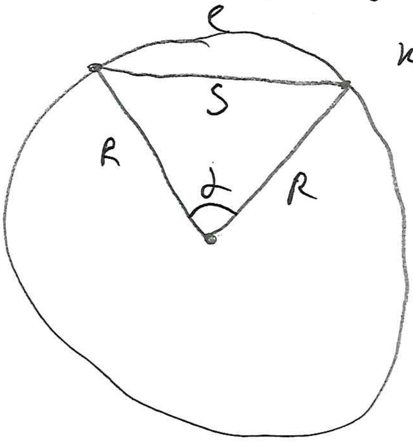
Шифр

№5

Дано: $F_{тяг} = 1000\,Н$; $a_{ц.с.} = 30\,м/с^2$; $m = 250\,кг$; $S = 100\,м$

Найти: R - ?

Решение:



S - перемещение; l - длина дуги, соединяющая конец и начало S. S по т. косинусов равна: $S^2 = 2R^2 - 2R^2 \cdot \cos\alpha$; $l = \pi R \cdot \frac{\alpha}{180°}$; $a_{ц.с} = \frac{v^2}{R}$; т.к. по условию мотоциклист стартовал с $v_0 = 0\,м/с \Rightarrow$ $v = a_т \cdot t$, где $a_т$ - это тангенсальное ускорение; также $F_{тяг} = ma_т \Rightarrow a_т = \frac{F_{тяг}}{m} = 4\,м/с^2 \Rightarrow v = 4t \Rightarrow a_{ц.с} = \frac{16t^2}{R} = 30\,м/с^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow 30R = 16t^2$, $t^2 = \frac{30R}{16}$; $l = \pi R \cdot \frac{\alpha}{180°}$, но также

$l = v_0 t + \frac{a_т t^2}{2} = \frac{4t^2}{2} \Rightarrow 2 \cdot \frac{30R}{16} = \pi R \cdot \frac{\alpha}{180} \Rightarrow \alpha = \frac{2 \cdot 30 \cdot 180}{16} =$

$= 675$. Теперь подставим α в т. косинусов с S:

$S^2 = 2R^2 - 2R^2 \cdot \cos 675 \Rightarrow 2R^2(1 - \cos 675) = S^2 \Rightarrow$

$R^2 = \frac{S^2}{2(1-\cos 675)} \Rightarrow R = \frac{S}{\sqrt{2(1-\cos 675)}} = \frac{100}{\sqrt{2(1-\cos 675)}} \approx$

$\approx 86{,}6\,м$.

13б

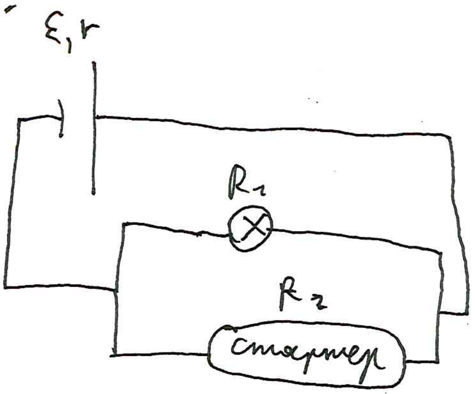
Ответ: $86{,}6\,м$.

№1.

Дано: $\mathcal{E} = 12\,В$; $r = 1\,Ом$; $P_1 = 1\,Вт$; $U_н = 12\,В$

Найти: $P_н$ - ? ($P_н$ при $U_н$)

Решение:



Чтобы стартер работал в режиме потребления max мощности, нужно чтобы ток на нём был равен $\frac{\varepsilon}{2R_2}$; $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$; $I_{общ.} = \frac{\varepsilon}{r+R} = I_1 + I_2$; $R = \frac{R_1R_2}{R_1+R_2} \Rightarrow I_{общ.} = \frac{\varepsilon}{r + \frac{R_1R_2}{R_1+R_2}}$;

$I_1 = \frac{R_1}{R_1+R_2} \cdot I_{общ.} = \frac{R_1}{R_1+R_2} \cdot \frac{\varepsilon}{r + \frac{R_1R_2}{R_1+R_2}}$; $I_2 = \frac{R_2}{R_1+R_2} \cdot I_{общ.} = \frac{R_2}{R_1+R_2} \cdot \frac{\varepsilon}{r + \frac{R_1R_2}{R_1+R_2}}$; По условию лампочка потребляла $P_1 = 1\ Вт \Rightarrow P_1 = 1\ Вт = I_1^2 R_1 = \left(\frac{\varepsilon R_1}{r(R_1+R_2) + R_1R_2}\right)^2 \cdot R_1$; $I_2 = \frac{\varepsilon}{2R_2} = \frac{\varepsilon R_2}{r(R_1+R_2)+R_1R_2}$

Тогда получаем систему из 2 ур-ний с 2 неизв.:

$$\begin{cases} 1 = \left(\frac{12R_1}{2(R_1+R_2)+R_1R_2}\right)^2 \cdot R_1 \\ \frac{1}{2R_2} = \frac{R_2}{2(R_1+R_2)+R_1R_2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 12R_1^3 = (2(R_1+R_2)+R_1R_2)^2 \\ 2R_2^2 = 2(R_1+R_2)+R_1R_2 \end{cases}$$

Подставляя 2-ое ур-ние в 1-ое получаем:

$12R_1^3 = 4R_2^4 \Rightarrow R_1 = \sqrt[3]{\frac{R_2^4}{3}}$. Подставим данное значение R_1 в ур-ние: $12 \cdot \frac{R_2^4}{3} = \left(2\cdot\left(\sqrt[3]{\frac{R_2^4}{3}} + R_2\right) + R_2 \cdot \sqrt[3]{\frac{R_2^4}{3}}\right)^2$

Место для скобы

Шифр

$$4R_2^4=\left(2\left(\sqrt[3]{\frac{R_2^4}{3}}+R_2\right)+R_2\cdot\sqrt[3]{\frac{R_2^4}{3}}\right)^2,$$ т.к.

обе части ур-ния ≥ 0, то возведём обе части в $\frac{1}{2}$:

$$2R_2^2=2R_2+2\sqrt[3]{\frac{R_2^4}{3}}+R_2\cdot\sqrt[3]{\frac{R_2^4}{3}};$$

$$2R_2(R_2-1)=\sqrt[3]{\frac{R_2^4}{3}}(2+R_2),$$ возведём обе части в 3:

$$8\cancel{R_2^3}(R_2-1)^3=\frac{R_2^4}{3}(2+R_2)^3\Rightarrow 24(R_2-1)^3=(R_2+2)^3\Rightarrow$$

$23R_2^3-78R_2^2+60R_2-32=0$, решая это кубическое ур-ние получаем, что $R_2\approx 2{,}59\Rightarrow R_1=\sqrt[3]{\frac{2{,}59^4}{3}}\approx$

$\approx 2{,}466$. $$P_н=\frac{U_н\cdot((R_1+R_2)\cdot 2+R_1R_2)}{R_1^2\cdot\mathcal{E}}=\frac{12\cdot((2{,}466+2{,}59)\cdot 2+2{,}59\cdot 2{,}466)}{2{,}466^2\cdot 12}\approx 2{,}713\ Вт$$ —

Ответ: $P_н=2{,}713$ Вт

6б.