Часть 1

Олимпиада: **Физика, 10 класс (1 часть)**

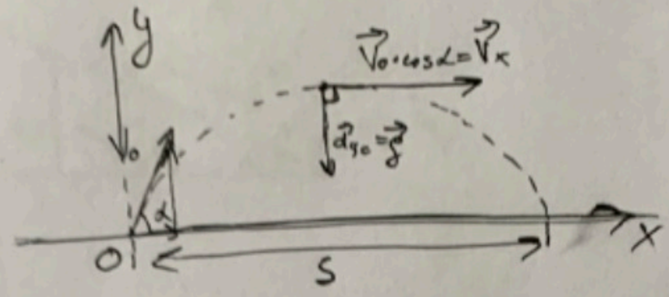
Шифр: **21205759**

ID профиля: **380747**

Вариант 3

Чистовик (1)

Задача № 1.



Дано:
$\alpha = 60°$;
1) $S = 17$ м.
V_0 - ?
2) $V = \frac{V_0}{4}$; $m = 1$ кг
F(вертик.) - ?

Как известно, (это можно показать из уравнения траектории), траектория камня — это парабола.
Для камня горизонт. сост. скорости $V_x = const$.
$V_x = V_0 \cdot \cos(\alpha)$.
$S = V_x \cdot t$, где t - время полёта, также его можно посчитать: $-v_y = v_y - gt \Rightarrow t = \frac{2v_y}{g}$, где $v_y = v_0 \cdot \sin(\alpha)$. Тогда $S = V_0 \cdot \cos\alpha \cdot \frac{2v_0 \cdot \sin\alpha}{g} \Rightarrow$
$\Rightarrow \frac{Sg}{\cos\alpha \cdot \sin\alpha \cdot 2} = v_0^2 \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{Sg}{\cos(\alpha) \cdot \sin(\alpha) \cdot 2}}$.

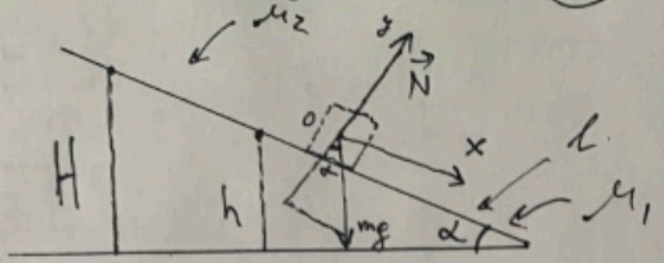
Также можно найти радиус кривизны в верхней точке, т.к. полное центростремит. ускорение для камня там равно g. $g = \frac{V_x^2}{R_{кр}} \Rightarrow R_{кр} = \frac{V_x^2}{g} = \frac{V_0^2 \cdot \cos^2\alpha}{g}$.
Если самолёт летит по такой же траектории, то его радиус кривизны в той же точке будет таким же.
Значит, его центростремит. ускор. $a_{цс} = \frac{V^2}{R_{кр}} = \frac{\cancel{V_0^2}}{16} \frac{g}{\cancel{V_0^2} \cdot \cos^2\alpha}$
Тогда для самолёта в верхней точке $ma_{цс} = mg - F \Rightarrow$
$\Rightarrow F = m(g - a_{цс}) = m\left(g - \frac{g}{16 \cdot \cos^2\alpha}\right) = mg\left(1 - \frac{1}{\cancel{4} \cdot \cancel{16} 4}\right) = mg\left(1 - \frac{1}{4}\right)$
$F = mg\left(\frac{4-1}{4}\right) = \frac{3}{4}mg$

Ответ: $v_0 = \sqrt{\frac{Sg}{\sin\alpha \cdot \cos\alpha \cdot 2}} = 14$ м/с; $F = \frac{3}{4}mg = 7{,}5$ Н.

Задача №2. Чистовик: 2

Дано:
$\alpha = 30^\circ$
$\mu_1 = 0{,}81$
$\mu_2 = 0{,}11$
$h = 2$ м

T – ?;
H – ?.



$\vec{g}\downarrow$

Решение:

Если данное движение возможно, то на первом участке (выше h) коробка разгонялась, а затем тормозила. Причём её тормозной путь l составил $\frac{h}{\sin\alpha}$.

Сила трения, действующая на коробку $F_{тр} = \mu N$ по закону Амонт.-Кулона. На ось Oy второй закон Ньютона:

$N = mg \cdot \cos(\alpha)$; $\Rightarrow F_{тр} = \mu mg \cdot \cos\alpha$. Тогда

$F_{тр_1} = \mu_1 mg \cdot \cos\alpha$; $F_{тр_2} = \mu_2 mg \cdot \cos\alpha$.

Запишем кинематические формулы для участка торможения в предположении, что коробка разогналась до какой-то скорости V_0. Также запишем второй закон Н. в проекции на Ox: $\cancel{m}a = \cancel{m}g \cdot \sin\alpha - \mu \cancel{m}g \cdot \cos(\alpha)$

$$a = g\,(\sin\alpha - \mu \cdot \cos\alpha)$$

$$0 = V_0 + a_1 T \;\Big|\; \Rightarrow T = \frac{-V_0}{a_1}; \quad \Rightarrow V_0 = -a_1 T$$

Для облегчения расчётов найдём численно a_1 и a_2.

$a_1 = g \cdot (\sin\alpha - \mu_1 \cdot \cos\alpha) = 10\left(\frac{1}{2} - 0{,}81 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}\right) = 5\left(1 - 0{,}81 \cdot \sqrt{3}\right) =$
$= 5\,(1 - 1{,}403) = -2$ м/с^2.

$a_2 = g \cdot (\sin\alpha - \mu_2 \cdot \cos\alpha) = 5\left(1 - 0{,}11 \cdot \sqrt{3}\right) = 4{,}05$ м/с^2.

$l = V_0 T + \frac{a_1 T^2}{2} = -a_1 T^2 + \frac{a_1 T^2}{2} = \frac{-a_1 T^2}{2} \Big| \Rightarrow$ Чистовик

3

$\Rightarrow T^2 = \frac{-2l}{a_1} \Big| \Rightarrow T = \sqrt{\frac{-2l}{a_1}}$

$T = \sqrt{\frac{\cancel{-2} \cdot 2 \cdot 2}{\cancel{-2} \cdot 1}} = 2\,c.$

Зная время, найдём $V_0 = -a_1 T = 2 \frac{м}{c^2} \cdot 2\cancel{c} = 4$ м/с.

Тогда, если тело скатывалось с высоты H,

$V_0 = a_2 \cdot t_2$; и $l_2 = \frac{H-h}{\sin\alpha} = \frac{a_2 t_2^2}{2}$, отсюда

$H = \frac{1}{2} a_2 t_2^2 \cdot \sin\alpha + h$

$H = \frac{1}{2} \cancel{a_2} \frac{V_0^2}{a_2^{\cancel{2}}} \cdot \sin\alpha + h$

$H = \frac{1}{2} \cdot \sin\alpha \frac{V_0^2}{a_2} + h$

$H = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{16}{4} + 2 = \frac{1}{\cancel{4}} \cdot \frac{1}{\cancel{4}} \cdot \cancel{16}^{1} + 2 = 3$ м.

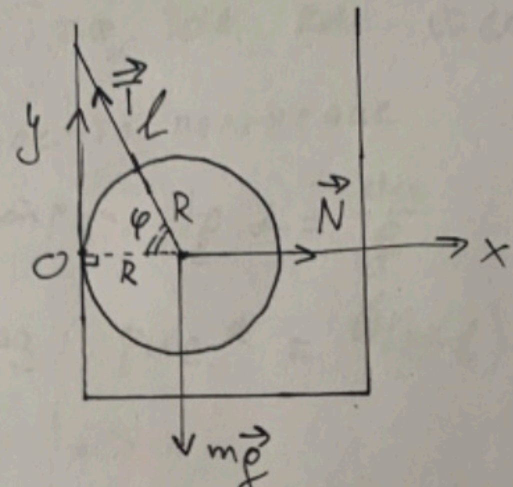
Ответ: 1) $T = 2$ с; 2) $H = 3$ м.

21205759 (U380747 M1282318)

Чистовик ~~[illegible]~~ 4

Задача № 3.

Пункт 1



Решение:

Простите, что без дано, времени мало ‼

~~[illegible]~~ Продолжение прямой, по которой действует сила T, будет проходить через центр шара, иначе, по правилу моментов, он бы вращался.

2-ой закон Ньютона на ось Ox:

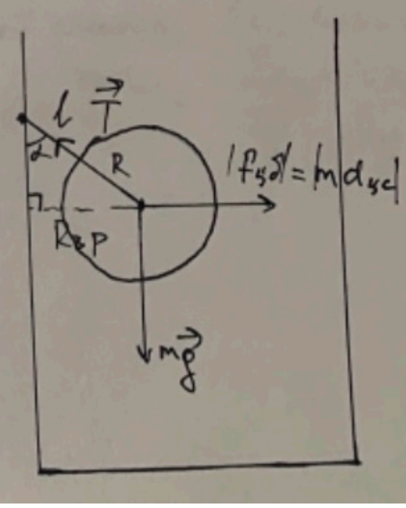
$N = T \cdot \cos\varphi$, где $\cos\varphi = \frac{R}{R+l} = \frac{5\,см}{20\,см} = \frac{1}{4}$.

$\sin\varphi = \sqrt{1 - \frac{1}{16}} = \frac{\sqrt{15}}{4}$.

~~[illegible]~~ В проекции на ось O_y: $T \cdot \sin\varphi = mg$, тогда $T = \frac{mg}{\sin\varphi}$, а $N = mg\frac{\cos\varphi}{\sin\varphi} = 0{,}8 \cdot 10 \cdot \frac{1}{\cancel{4}} \cdot \frac{\cancel{4}}{\sqrt{15}} =$

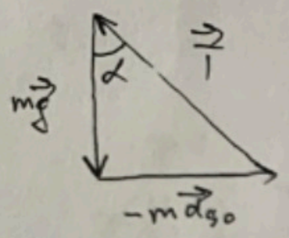
$= \frac{8}{\sqrt{15}} \approx 2{,}066$ Н.

Рис.*



Пункт 2.

Чистовик (5)



$m\vec{g}+(-m\vec{a}_{цс})+\vec{T}=0$, так как тело займёт какое-то положение.

Из геометрии $tg\,\alpha = \frac{a_{цс}}{g}$.

$a_{цс}=\omega^2 R_{вр}$, где $R_{вр}$ из рис.* $= (R+l)\cdot\sin(\alpha)$, тогда

$$\frac{\cancel{\sin\alpha}}{\cos\alpha} = \frac{\omega^2(R+l)\cdot\cancel{\sin\alpha}}{g} \quad \Big| \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \cos(\alpha) = \frac{g}{\omega^2(R+l)}$$

$$\alpha = \arccos\frac{g}{\omega^2(R+l)} = \arccos\frac{\cancel{10}}{10\cancel{0}\cdot 0{,}2}$$

$$\alpha = \arccos\frac{1}{10\cdot 0{,}2} = \arccos\frac{1}{2} = 60^\circ.$$

Ответ: 1) $N\approx 2{,}1$ Н; 2) $\alpha = 60^\circ$.

Примечание: стоит сказать, что, конечно, на тело в воде будет действовать сила Архимеда, но 1: Она очень мала, т.к. $V=\frac{4}{3}\pi R^3$, а $R=0{,}05$ м, а $F_A=\rho V g$; 2: Но даже если учитывать её, то ничего не изменится, т.к. просто-напросто каждый из векторов $m\vec{g}$ и $-m\vec{a}_{цс}$ изменит свой модуль (уменьшит) на $\rho V g$ или $\rho V a$. Таким образом $tg\,\alpha = \frac{ma_{цс}}{mg} = \frac{ma_{цс}-\rho V a_{цс}}{mg-\rho V g} = const$.
$tg\,\alpha = const \Rightarrow \alpha = const$.

21205759 (U380747 M1282318)

Черновик. ①

$$\frac{170}{\frac{1}{\cancel{2}}\cdot\cancel{x}\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{2\cdot 170}{\sqrt{3}}$$

$$\frac{170}{2\cdot\frac{1}{\cancel{2}}\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{2\cdot 170}{\sqrt{3}} =$$

$$\sin\alpha = \frac{h}{l}; \Rightarrow l = \frac{h}{\sin\alpha} \qquad \cos\varphi = \frac{R}{R+l}$$

$$\cos\varphi = \frac{91}{364} = \frac{1}{4}.$$

$$\sin\varphi = \sqrt{1-\frac{1}{16}} = \sqrt{\frac{15}{16}} = \frac{\sqrt{15}}{4}$$

21205759 (U380747 M1282318)

Часть 2

Олимпиада: **Физика, 10 класс (2 часть)**

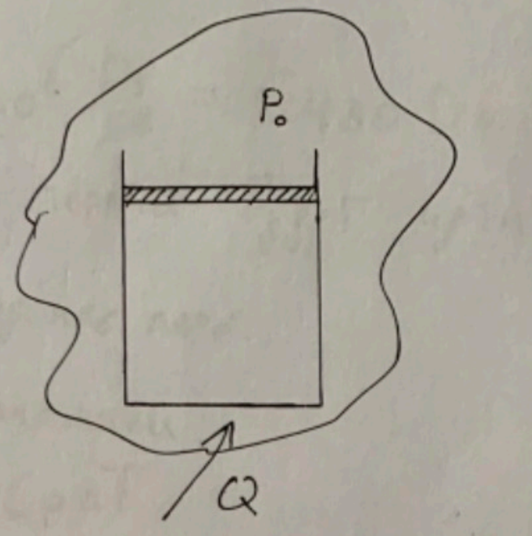
Шифр: **21205759**

ID профиля: **380747**

Вариант 3

Чистовик (1)

Задача №4.



Дано:

$m = 5{,}5$ г

$t_0 = 0°C$

$S = 500 см^2$

$P_0 = 10^5$ Па

1) Q_1 – ?

2) H – ?

Решение:

1) Так как поршень лёгкий и почти не оказывает давления своим весом на содержимое сосуда, вода закипит, когда давление насыщенного пара достигнет внешнего (атмосферного) давления. Значит, при 100°C.

Чтобы довести воду до кипения, её надо нагреть до $t_к = 100°C$. Пока вода не выкипит вся и пар не начнёт нагреваться, поршень не сможет сдвинуться вверх, т.к. как. $P_{внеш} \geq P_{внутр}$. (а вода несжимаема, поэтому сможет компенсировать внешнее давление).

Из уравнения теплового балланса:

$$Q_1 = cm\Delta t = cm(t_к - t_0)$$

$$Q_1 = 0{,}0055\,\text{кг} \cdot 4180\,\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot°C} \cdot 100°C = \underline{2299\,\text{Дж}}.$$

2) Далее, теплота, которая будет подводится, пойдёт на испарение воды и изобарный нагрев вод. пара, т.к. внешнее давление постоянно.

Чистовик ②

Найдём, сколько нужно подвести теплоты Q_3, чтобы полностью испарить m воды.

$$Q_3 = rm = 0{,}0055\ \cancel{кг} \cdot 2{,}26 \cdot 10^6 \frac{Дж}{\cancel{кг}} = 12430\ Дж$$

$Q_3 < Q_1$, значит, дальнейшая теплота будет идти на изобарное расширение вод. нас. пара.

Запишем 1-ое начало термодинамики:

$$Q_1 - Q_3 = P_0 \cdot \Delta V + \nu C_v \Delta T = \nu C_p \Delta T$$

Заменим молярные теплоёмкости на удельные:

$$Q_1 - Q_3 = m C_{p_{уд}} \Delta T = P_0 \cdot \Delta V + m C_{v_{уд}} \Delta T \Bigg| \Rightarrow \Delta V = \frac{m \Delta T (C_{p_{уд}} - C_{v_{уд}})}{P_0}$$

По формуле Майера $C_p = C_v + R$ для молярных теплоёмкостей.

Молярные и удельные теплоёмкости связаны:

$C_{уд} = C_{мол.} \cdot \frac{1}{\mu}$, где μ — молярная масса.

$$(m C_{p_{уд}} \Delta T = Q_1 - Q_3) \quad \Delta V = \frac{m \Delta T (C_p - C_v)}{\mu P_0} = \frac{m \Delta T \cdot R}{\mu P_0} = S \cdot H \Bigg| \Rightarrow$$

$$\Downarrow$$

$$\Delta T = \frac{Q_1 - Q_3}{m C_{p_{уд}}} = \frac{5000}{0{,}0055 \cdot 2200}\ °K$$

$$\Rightarrow H = \frac{m \Delta T \cdot R}{\mu P_0 \cdot S} = \frac{(Q_1 - Q_3) R}{\mu P_0 S C_{p_{уд}}} \approx 0{,}21\ м.$$

Ответ: 1) $Q_1 = 2299$ Дж; 2) $H = 21$ см.

21205759 (U380747 M1282319)

Чистовик (3)

Задача №5.

$\alpha = 30^\circ = \frac{\pi}{6}$

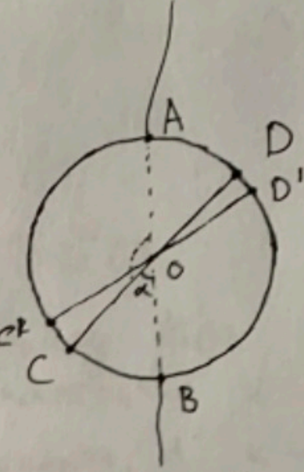
$R = 24$ Ом

$U = 6$ В

$P_{об_1}$ – ?

h – ?

$P_{об_2}$ – ?



Решение:

1) Так как сопротивление проводника $R = \rho\frac{l}{S}$, а ρ и S для проволоки постоянны, то $R \sim l$. Если всё сопротивление проволоки R, то $R = \rho\frac{l}{S}$, где $l = 2\pi r$, где r – радиус кольца, с которым мы работаем. $R = \frac{2\pi\rho r}{S}$.

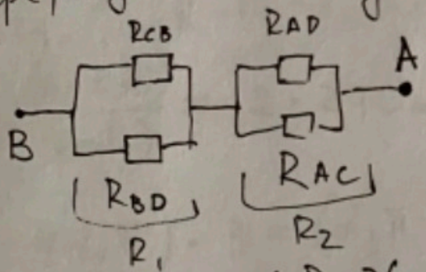
Расставим точки C и D для удобства.

$$R_{BC} = \frac{\rho}{S}\cdot l_{CB} = \frac{\rho}{S}\cdot r\cdot\alpha = \frac{\rho r}{S}\cdot\frac{\pi}{6} = R\cdot\frac{1}{12}$$

Из симметрии $R_{AD} = R_{CB}$. $R_{BD} = R_{AC} = \frac{\rho l}{S} = \frac{\rho r}{S}\cdot\frac{5}{6}\pi$

$R_{BD} = R_{AC} = R\frac{5}{12}$.

Перерисуем схему:



$$R_{об} = R_1 + R_2$$

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{R_{CB}} + \frac{1}{R_{BD}} = \frac{1}{R_2} = \frac{12}{5R} + \frac{12^{\,5}}{R} = \frac{72}{5R}$$

$$R_{об} = \frac{5}{72}R\cdot 2 = \frac{5}{36}R$$

$$I_{об} = \frac{U_{AB}}{R_{об}} = \frac{6\text{ В}\cdot 36}{5\cdot 24\text{ Ом}} = 1{,}8\text{ А}.$$

$$I_{CB}\cdot R_{CB} = I_{BD}\cdot R_{BD} \Rightarrow I_{CB} = \frac{R_{BD}}{R_{CB}}\cdot I_{BD} = \frac{5\cancel{R}\cdot\cancel{12}}{\cancel{12}\cdot\cancel{R}}I_{BD}$$

$$I_{CB} + I_{BD} = I_{об} = 1{,}8\text{А} = 5I_{BD} + I_{BD} \Rightarrow I_{BD} = \frac{1{,}8\text{А}}{6} = 0{,}3\text{ А}$$

$I_{CB} = 1{,}5$ А.

$P_{об} = P_{11} + P_{12}$, $P_{11} = P_{12}$ из симметрии | Чистовик (4)

$P_{11} = P_{BC} + P_{BD} = I_{CB}^2 \cdot R_{CB} + I_{BD}^2 \cdot R_{BD} = 4{,}5\ Вт + 0{,}9\ Вт = 5{,}4\ Вт$

$P_{об_1} = P_{11} \cdot 2 = 5{,}4\ Вт \cdot 2 = \underline{10{,}8\ Вт}$.

2) Ток через перемычку определяется

$I_{пр} = I_{BC} - I_{CA}$ по первому правилу Кир..

Важно понимать, что схема всегда симметрична и $R_1 = R_2$, т.к. $R \sim l$, а $l \sim \varphi$ углу центральному, а $\angle COB$ и $\angle AOD$ всегда вертикальны так же, как вертикальны $\angle AOC$ и $\angle DOB$.

Это значит, что до перемычки падает $\frac{U}{2}$ и после $\frac{U}{2}$.

$I_{BC} = \frac{U}{2 \cdot R_{BC}}$ $\quad I_{CA} = \frac{U}{2 \cdot R_{AC}}$

$I_{пр} = \frac{U}{2}\left(\frac{1}{R_{BC}} - \frac{1}{R_{AC}}\right)$ $\quad \alpha_2 = \pi - \alpha_1$

~~Расчет~~ $R_{BC} = \frac{9r}{5} \cdot \alpha_1$; $R_{AC} = \frac{9r}{5} \cdot \alpha_2$, а $\alpha_1 + \alpha_2 = \pi$.

$$\frac{2 I_{пр}}{U} = \frac{\cancel{\frac{9r}{5}}(\alpha_2 - \alpha_1)}{\cancel{\frac{9r}{5}} \cdot \frac{9r}{5} \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2} = \frac{\pi - 2\alpha_1}{\frac{9r}{5}(\pi - \alpha_1)\alpha_1}$$

$$\frac{2 I_{пр}}{U} = \frac{(\pi - 2\alpha_1) \cdot 2\pi}{R\,(\pi - \alpha_1)\alpha_1} \;\Big|\; \Rightarrow \frac{2\pi(\pi - 2\alpha_1)}{\alpha_1(\pi - \alpha_1)} = \frac{2 I_{пр} R}{U}$$

$$\frac{2\pi(\pi - 2\alpha_1)}{\alpha_1(\pi - \alpha_1)} = 2 \cdot 24\,Ом \cdot \frac{2}{3}\,А \cdot \frac{1}{6\,В} = \frac{4 \cdot \cancel{24}^{8}}{\cancel{3} \cdot 6} = \frac{4 \cdot 8}{6}\frac{4}{3} = \frac{16}{3}$$

$$(2\pi^2 - 4\alpha_1\pi) \cdot 3 = (\alpha_1\pi - \alpha_1^2) \cdot 16$$

~~$16\alpha_1^2 - 4\alpha_1\pi - 16\alpha_1\pi$~~

$$16\alpha_1^2 - 12\alpha_1\pi - 16\alpha_1\pi + 6\pi^2 = 0$$

$$16\alpha_1^2 - 28\alpha_1\pi + 6\pi^2 = 0$$

$$8\alpha_1^2 - 14\alpha_1\pi + 3\pi^2 = 0$$

Чистовик 5

$$D = 196\pi^2 - 96\pi^2 = 100\pi^2$$

$$\sqrt{D} = 10\pi$$

$$\alpha_1 = \frac{14\pi + 10\pi}{16} = \frac{\cancel{24}^{3}\pi}{\cancel{16}_{2}} = \frac{3}{2}\pi$$

$$\alpha_2 = \frac{14\pi - 10\pi}{16} = \frac{\cancel{4}\pi}{\cancel{16}_{4}} = \frac{\pi}{4}.$$

$\alpha_1 \in [0; \pi]$, поэтому $\alpha_1 = \frac{\pi}{4}$.

$$\alpha_2 = \pi - \alpha_1 = \pi - \frac{\pi}{4} = \frac{3}{4}\pi.$$

$$\frac{l_2 = \alpha_2 \cdot \cancel{r}}{l_1 = \alpha_1 \cdot \cancel{r}} = n = \frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \frac{3\cancel{\pi}}{\cancel{4}} \cdot \frac{\cancel{4}}{\cancel{\pi}} = \frac{3}{1}.$$

3) Аналогично с первым пунктом посчитаем мощность:

$P_{об_2} = P_{21} + P_{22}$; $P_{21} = P_{22}$; $P_{об} = 2P_{21}$; $P_{21} = P_{BC} + P_{AC}$, но точки C и D, разумеется, поменяли своё положение. Обозначу их на рисунке как C' и D'. $\angle BOC' = \alpha_1 = \frac{\pi}{4}$.

$$R_{BC'} = \frac{8}{5} r \cdot \frac{\pi}{4} = R \cdot \frac{1}{8} \quad \Bigg| \quad I_{BC'} = \frac{4 \cdot 8}{2 \cdot R} = \frac{6 \cdot 8 \text{ В}}{2 \cdot 24 \text{ Ом}} = 1 \text{ А}$$

$$R_{AC'} = \frac{8r}{5} \cdot \frac{3}{4}\pi = R \cdot \frac{3}{8} \quad \Bigg| \quad I_{AC'} = \frac{4 \cdot 8}{2 \cdot 3 \cdot R} = \frac{1}{3} \text{ А}$$

$$P_{BC'} = I_{BC'}^2 \cdot R_{BC'} = 1 \cdot 1 \cdot \frac{24}{8} = 3 \text{ Вт}$$

$$P_{AC'} = I_{AC'}^2 \cdot R_{AC'} = \frac{1}{9} \cdot \frac{24 \cdot 3}{8} = \frac{\cancel{3} \cdot \cancel{8} \cdot \cancel{3}}{\cancel{8}} \cdot \frac{1}{\cancel{9}} = 1 \text{ Вт}.$$

$P_{21} = 3 \text{ Вт} + 1 \text{ Вт} = 4 \text{ Вт}$. $P_{об_2} = 4 \text{ Вт} \cdot 2 = 8 \text{ Вт}$.

Ответ: 1) $P_{об_1} = 10{,}8$ Вт; 2) $n = \frac{3}{1}$; 3) $P_{об_2} = 8$ Вт.

Черновик 1

$$\frac{Дж}{моль \cdot {}^\circ K} \cdot \frac{моль}{кг} = \frac{Дж}{кг \cdot {}^\circ K}$$

$\mu \gamma =$

$\mu = \frac{кг}{моль}$

$1\ м^2 = 100 \cdot 100\ см^2$

$1\ м^2 = 10000\ см^2$

$x\ м^2 \quad 500\ см^2$

$x = \frac{500}{10000} = \frac{5}{100} = \frac{1}{20}\ м^2$

$0{,}09 \cdot \frac{24 \cdot 5}{12} = 10 \cdot 0{,}09 = 0{,}9$

$2{,}25 \cdot \frac{24}{2} = 2{,}25 \cdot 2 = 4{,}5$

$5{,}4 \cdot 2 = 10{,}8$

$$\frac{Дж}{моль \cdot {}^\circ C} \cdot \frac{моль}{кг}$$

$C_{мол} \cdot \frac{1}{\mu} = \underline{C_{уд}}$