Часть 1

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

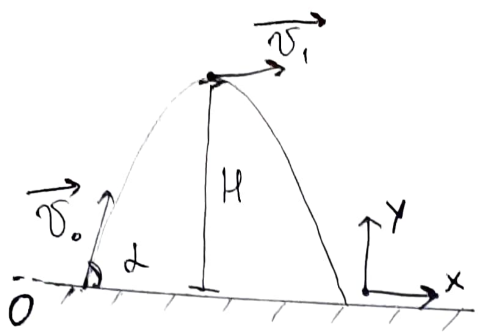
Шифр: **21205041**

ID профиля: **204065**

Вариант 4

Чистовик

№1



m - масса камня

На камень не действуют никакие непотенциальные силы. Пусть нулевой уровень потенциальной энергии - точка старта.

Тогда по ЗСЭ для камня:

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgH + \frac{mv_1^2}{2}$$

H - максимальная высота =>

=> $v_{1y} = 0$ $\quad v_1 = v_{1x} = v_{0x} = v_0 \cos\alpha$

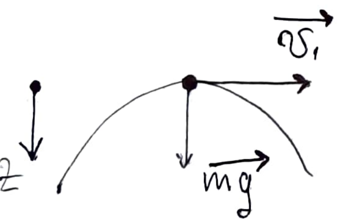
$$\frac{\cancel{m}}{2}(v_0^2 - v_1^2) = \cancel{m}gH$$

$$\frac{v_0^2}{2}(1 - \cos^2\alpha) = gH$$

$$v_0^2 \sin^2\alpha = 2gH$$

$$(1) \quad v_0 = \frac{\sqrt{2gH}}{\sin\alpha}$$

$$v_0 = \frac{\sqrt{2gH}}{\sin\alpha} = \frac{\sqrt{2\cdot 10\,\frac{м}{с^2}\cdot 10\,м}}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{10\cancel{\sqrt{2}}\,\frac{м}{с}\cdot 2}{\cancel{\sqrt{2}}} = 20\,\frac{м}{с}$$



Найдём радиус кривизны траектории камня в наивысшей точке полёта:

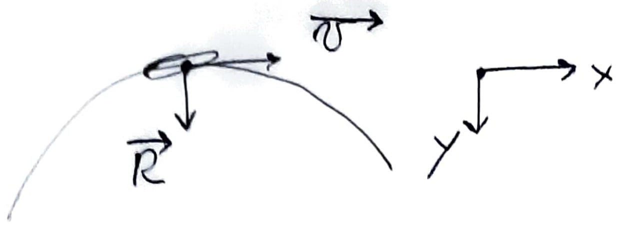
Oz: $ma = mg$ $\qquad v_1 = v_0\cos\alpha$

$a = g$

$$R = \frac{v_1^2}{a} = \frac{v_0^2\cos^2\alpha}{g} \quad (2)$$

Радиус кривизны - это свойство траектории движения. Значит, для самолёта, летящего по траектории камня, в высшей его точке полёта, так же справедливо, что $R = \frac{v_0^2\cos^2\alpha}{g}$

$$R = \frac{v_0^2\cos^2\alpha}{g} = \frac{(20\,\frac{м}{с})^2\cdot(\frac{\sqrt{2}}{2})^2}{10\,\frac{м}{с^2}} = 20\,м$$



$|\vec{v}| = const \Rightarrow \vec{R} \perp \vec{v}$

В наивысшей точке траектории $\vec{v} \uparrow\uparrow Ox \Rightarrow$
$\Rightarrow \vec{R} \uparrow\uparrow Oy$

M – масса самолёта

$Oy: Ma = R = \frac{Mg}{2}$

$a = \frac{1}{2} g$

$R = \frac{v^2}{a} \Rightarrow v = \sqrt{aR}$

$v = \sqrt{\frac{1}{2} g R}$ (3)

$v = \sqrt{\frac{1}{2} g R} = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot 10 \frac{м}{с^2} \cdot 20 м} = 10 \frac{м}{с}$

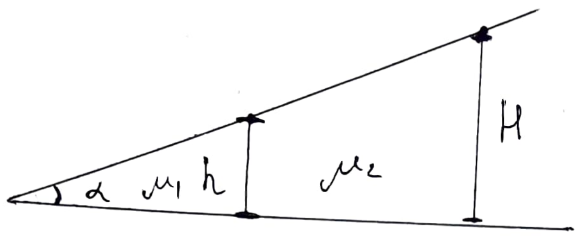
Ответ: 1) $v_0 = 20 \frac{м}{с}$; 2) $v = 10 \frac{м}{с}$.

Чистовик

Чистовик

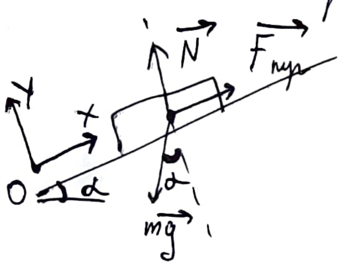
№2

m – масса коробки
H – точка старта

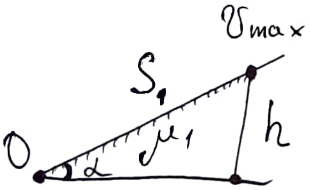


Начальная и конечные скорости коробки равны 0 => на участке μ_2 коробка разгонялась, а на участке μ_1 тормозила. Значит, коробка имела наибольшую скорость V_{max} когда закончился разгон, т.е. на высоте h над землёй.

В течение всего времени движения коробка имела какую-то скорость => на неё всегда действует сила трения скольжения.



$$Oy: N - mg\cos\alpha = 0$$
$$N = mg\cos\alpha$$
$$F_{тр} = \mu N = \mu mg\cos\alpha$$



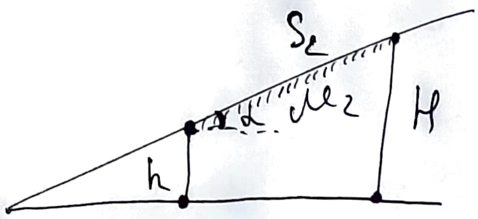
На участке μ_1:
По теореме об изменении кинетической энергии:

$$\Delta K = \Sigma A$$
$$\left(0 - \frac{\cancel{m}v_{max}^2}{2}\right) = +\cancel{m}gh - \mu\cancel{m}g\cos\alpha \cdot S_1$$
$$-\frac{v_{max}^2}{2} = gh - \mu g S_1\cos\alpha$$
$$S_1 = \frac{h}{\sin\alpha} = \frac{h}{\sqrt{1-\cos^2\alpha}} = \frac{1{,}4\text{ м}}{\sqrt{1-\left(\frac{24}{25}\right)^2}} = \frac{1{,}4\text{ м}}{0{,}28} = 5\text{ м}$$
$$v_{max}^2 = 2\mu g S_1\cos\alpha - 2gh$$
$$v_{max}^2 = 2g(\mu S_1\cos\alpha - h)$$
$$(1)\quad v_{max} = \sqrt{2g(\mu S_1\cos\alpha - h)}$$
$$v_{max} = \sqrt{2g(\mu S_1\cos\alpha - h)} = \sqrt{2\cdot 10\tfrac{м}{с^2}\left(0{,}5\cdot 5\text{ м}\cdot\tfrac{24}{25} - 1{,}4\text{ м}\right)} \approx 4{,}5\ \tfrac{м}{с}$$

3

Двигаясь по участку μ_2, коробка разогналась от 0 до v_{max}:

По теореме о кинетической энергии:



$\Delta h = H - h$

$$\Delta K = \sum A$$

$$\left(\frac{\cancel{m} v_{max}^2}{2} - 0\right) = \cancel{m} g \Delta h - \mu \cancel{m} g \cos\alpha \, S_2$$

$$v_{max}^2 = 2g\Delta h - 2\mu g \cos\alpha \cdot S_2$$

$$\sin\alpha = \frac{\Delta h}{S_2} \Rightarrow \Delta h = S_2 \sin\alpha$$

$$v_{max}^2 = 2g S_2 \sin\alpha - 2\mu g S_2 \cos\alpha$$

$$v_{max}^2 = 2g S_2 (\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$$

$$S_2 = \frac{v_{max}^2}{2g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)} \quad (2)$$

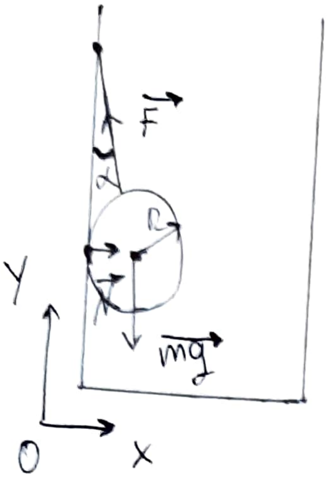
$$S_2 = \frac{v_{max}^2}{2g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)} = \frac{20 \frac{м^2}{с^2}}{2 \cdot 10 \frac{м}{с^2}\left(0{,}28 - \frac{24}{25} \cdot 0{,}06\right)} \approx 4{,}5 \text{ м}$$

$$S = S_1 + S_2 = 9{,}5 \text{ м}$$

Ответ: 1) $v_{max} = 4{,}5 \frac{м}{с}$; 2) $S = 9{,}5$ м.

Чистовик

№3 Чистовик



Шарик покоится => $\Sigma \vec{F} = 0$

$$\sin\alpha = \frac{R}{l+R} = \frac{8\text{ см}}{8\text{ см} + 8\text{ см}} = \frac{1}{2}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

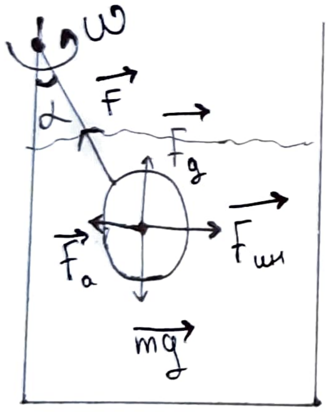
(прямая вдоль нити проходит через центр шара, т.к. в противном случае $\Sigma \vec{M}$ отн. центра $\neq 0$)

$$Oy: F\cos\alpha - mg = 0$$

$$F\cos\alpha = mg$$

$$(1) \quad F = mg \cdot \frac{1}{\cos\alpha}$$

$$F = \frac{mg}{\cos\alpha} = \frac{5{,}2\text{ кг} \cdot 10\,\frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = 60\text{ Н}$$

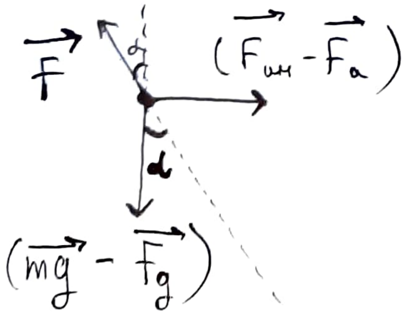


$$F_g = F_{архg} = \rho_ж g V$$

$$F_a = F_{арх\,a} = \rho_ж a V$$

$$F_{ин} - F_a = \rho V a - \rho_ж a V = aV(\rho - \rho_ж)$$

$$mg - F_g = \rho V g - \rho_ж g V = gV(\rho - \rho_ж)$$



$$\Sigma \vec{F} = 0 \Rightarrow \frac{F_{ин} - F_a}{mg - F_g} = \operatorname{tg}\alpha$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{a\cancel{V(\rho - \rho_ж)}}{g\cancel{V(\rho - \rho_ж)}} = \frac{a}{g}$$

$$a = g\operatorname{tg}\alpha$$

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

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

$$(2) \quad \omega = \sqrt{\frac{g}{(l+R)\cos\alpha}} = \sqrt{\frac{10\,\frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{0{,}16\text{ м} \cdot \frac{1}{2}}} = 11{,}2\text{ с}^{-1}$$

5

Чистовик

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{(L+R)\cos\alpha}} = \sqrt{\frac{10\,\frac{м}{с^2}}{(0{,}08+0{,}08)\,м\cdot\frac{1}{2})}} = 11{,}2\ \frac{рад}{с}$$

~~Ответ: 1) F = 60 Н,~~

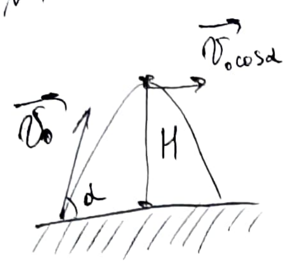
$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\cdot 3{,}14\ рад}{11{,}2\ \frac{рад}{с}} = 0{,}56\ с.$$

Ответ: 1) F = 60 Н ; 2) T = 0,56 с.

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{g}{(L+R)\cos\alpha)}}} = \sqrt{\frac{4\pi^2(L+R)\cos\alpha}{g}}.$$

Черновик

№1



$$\frac{\cancel{m}v_0^2}{2} = \cancel{m}gH + \frac{\cancel{m}v_0^2\cos^2\alpha}{2}$$

$$\frac{v_0^2}{2}(1-\cos^2\alpha) = gH$$

$$v_0^2 \sin^2\alpha = 2gH$$

$$v_0^2 = \frac{2gH}{\sin^2\alpha}$$

$$v_0 = \frac{\sqrt{2gH}}{\sin\alpha} = \frac{\sqrt{2\cdot 10\frac{м}{с^2}\cdot 10\,м}}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{10\cancel{\sqrt{2}}\cdot 2}{\cancel{\sqrt{2}}} = 20\frac{м}{с}$$

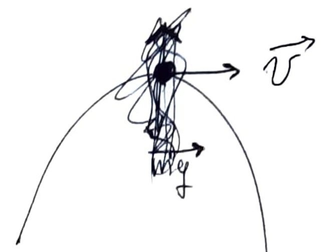
$$H = v_0\sin\alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$v_0\sin\alpha - gt = 0$$

$$gt = v_0\sin\alpha$$

$$H = v_0\sin\alpha t - \frac{v_0\sin\alpha t}{2} = \frac{v_0\sin\alpha t}{2}$$

$$t = \frac{2H}{v_0\sin\alpha} = \frac{20}{v_0\frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{40}{\sqrt{2}v_0}$$

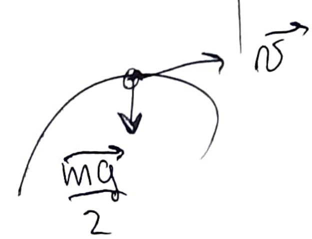


$$H = \frac{gt^2}{2} = \frac{g}{2}\cdot\frac{1600}{2v_0^2} = \frac{4000}{v_0^2} \qquad v_0^2 = 400$$

c

$$R = \frac{(v_0\cos\alpha)^2}{g}$$

$\cancel{\frac{м^2}{с^2}}$
$\cancel{\frac{м}{с^2}}$



$$\frac{\cancel{m}g}{2} = \frac{\cancel{m}v^2}{R}$$

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

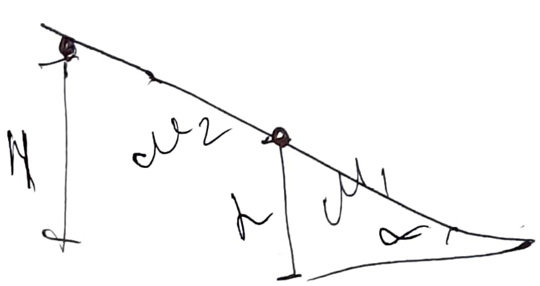
$$5 = \frac{v^2}{20}$$

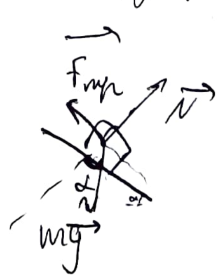
$$v^2 = 100$$

$$v = 10$$

$$\cancel{m}g = \cancel{m}\frac{v^2}{R}$$

$$R = \frac{v^2}{g} = (v$$





$\cancel{F_{тр}}$

$N = mg\cos\alpha$

$F_{тр} = \mu mg\cos\alpha$

$A_{Fтр} = F_{тр}S = \mu mg\cos\alpha\, S = \mu mg\, l$

$\Delta K = 0$

$mgH =$

$$\frac{6{,}18}{11{,}2} = \frac{3{,}14}{5{,}\cancel{06}} \approx 0{,}6$$

Часть 2

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

Шифр: **21205041**

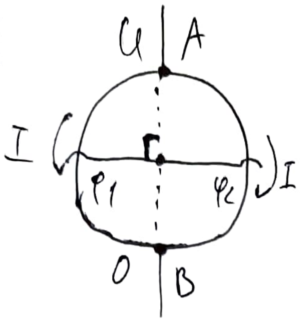
ID профиля: **204065**

Вариант 4

Чистовик

№5

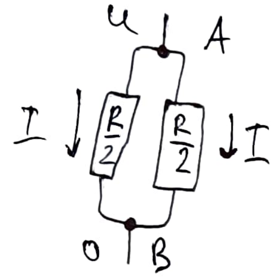
1)



При таком расположении перемычки схема симметрична отн. оси AB. Тогда через обе полуокружности течёт одинаковый ток I. Пусть φ_1, φ_2 - потенциалы точек касания с перемычкой

$$\varphi_1 = U - I\cdot\frac{R}{4} = U - \frac{IR}{4} \qquad \varphi_2 = U - I\cdot\frac{R}{4} = U - \frac{IR}{4}$$

$\varphi_1 = \varphi_2 \Rightarrow$ ток по перемычке не течёт. Тогда схему можно перерисовать как:



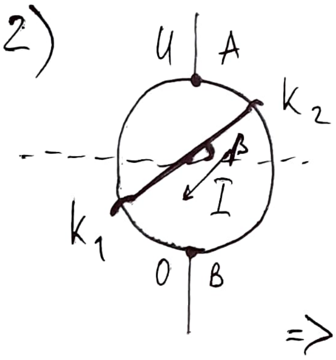
$$P = I^2\frac{R}{2} + I^2\frac{R}{2} = I^2R$$

$$U - 0 = I\cdot\frac{R}{2} \Rightarrow U = \frac{IR}{2}$$

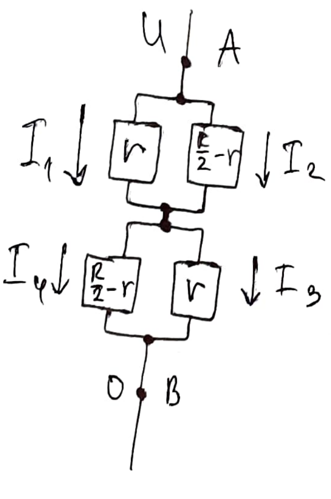
$$I = \frac{2U}{R}$$

$$(1)\quad P = I^2R = \left(\frac{2U}{R}\right)^2R = \frac{4U^2}{R} = \frac{4\cdot(24\text{В})^2}{72\text{ Ом}} = 32\text{ Вт}$$

2)



сопротивление перемычки $R_{перем} \approx 0 \Rightarrow$
$\Rightarrow U_{перем} \approx 0$, т.е. точки касания перемычкой кольца имеют одинаковый потенциал. Пусть эти точки - K_1 и K_2. Проволка однородная $\Rightarrow$
$\Rightarrow$ если $R_{AK_1} = r$, то $R_{K_2B} = r$,
а $R_{AK_2} = R_{K_1B} = \frac{R}{2} - r$.



I - ток через перемычку. Тогда

$$\begin{cases} I_2 = I + I_3 \\ I_4 = I + I_1 \end{cases}$$

$$I_2 - I_4 = I_3 - I_1$$

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4$$

$$U = I_2\left(\frac{R}{2} - r\right) + I_3 r = I_2\frac{R}{2} - I_2 r + I_3 r = I_2\frac{R}{2} + (I_3 - I_2)r = \frac{I_2R}{2} - Ir$$

1

Чистовик

$$U = I_1 r + I_4\left(\frac{R}{2} - r\right) = \frac{I_4 R}{2} + (I_1 - I_4) r = \frac{I_4 R}{2} - Ir$$

$$U = \frac{I_4 R}{2} - Ir$$
$$U = \frac{I_2 R}{2} - Ir$$

$$0 = \frac{R}{2}(I_4 - I_2) \Rightarrow I_2 = I_4$$

$$I_2 - I_4 = I_3 - I_1 \Rightarrow I_3 - I_1 = 0$$
$$I_1 = I_3$$

$$U = I_1 r + I_3 r = [I_1 = I_3] = 2I_1 r$$
$$U = I_2\left(\frac{R}{2} - r\right) + I_4\left(\frac{R}{2} - r\right) = [I_2 = I_4] = I_4(R - 2r)$$

$$2I_1 r = I_4 R - 2I_4 r$$
$$2r(I_1 + I_4) = I_4 R$$

$$U = 2I_1 r \Rightarrow I_1 = \frac{U}{2r}$$
$$U = I_4(R - 2r) \Rightarrow I_4 = \frac{U}{R - 2r}$$

$$I = I_4 - I_1 = \frac{U}{R-2r} - \frac{U}{2r} = \frac{U \cdot 2r - U \cdot R + U \cdot 2r}{2r(R-2r)} =$$
$$= \frac{4Ur - UR}{2r(R-2r)} = \frac{U(4r - R)}{2r(R-2r)} = 0{,}5\,A$$

$$\frac{U(4r - R)}{2r(R-2r)} = I \Rightarrow \frac{U}{I} = \frac{2r(R-2r)}{4r - R}$$

$$\frac{2r(R-2r)}{4r - R} = 48$$

$$2rR - 4r^2 = 192r - 48R \quad | R = 72\text{ Ом}$$
$$\cancel{144r} - \cancel{4r^2} = \cancel{192r} - 3456$$
$$4r^2 + 48r - 3456 = 0$$

$$r^2 + 12r - 864 = 0$$

$$r = \frac{-12 + \sqrt{144 + 4 \cdot 864}}{2} = 24\text{ Ом}$$

2

Проволка однородная =>

$$\Rightarrow \frac{90^\circ+\beta}{90^\circ-\beta} = \frac{r}{\frac{R}{2}-r} = \frac{24}{36-24} = \frac{24}{12} = 2$$

$$90^\circ+\beta = 180^\circ - 2\beta$$

$$3\beta = 90^\circ$$

$$\beta = 30^\circ$$

$R_{\text{перем}} = 0 \Rightarrow P_{\text{перем}} = 0$

$$P_2 = I_1^2 r + I_2^2\left(\frac{R}{2}-r\right) + I_4^2\left(\frac{R}{2}-r\right) + I_3^2 r =$$

$$= 2I_1^2 r + 2I_4^2\left(\frac{R}{2}-r\right) = \frac{2\cdot U^2 r}{4r^2} + \frac{2\cdot U^2\left(\frac{R}{2}-r\right)}{\left(R-2r\right)^2} =$$

$$= \frac{U^2}{2r} + \frac{U^2}{R-2r} = \frac{U^2}{2r} + \frac{U^2}{R-2r} \quad (3)$$

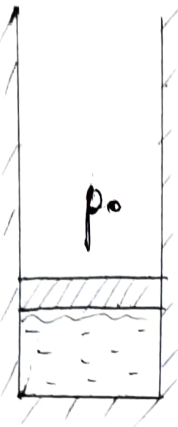
$$P_2 = \frac{U^2}{2r} + \frac{U^2}{R-2r} = \frac{(24\,В)^2}{2\cdot 24\,Ом} + \frac{(24\,В)^2}{24\,Ом} = 36\ Вт$$

Ответ: 1) $P = 32$ Вт ; 2) $\beta = 30^\circ$; 3) $P_2 = 36$ Вт.

Чистовик

Чистовик

№4



Изначально $t_0 = 20°C$
$p_{нп}(t_0) << p_0$ => поршень лежит на воде, объём воды мал => начальным объёмом под поршнем можно пренебречь. В процессе нагрева будет испаряться какое-то количество воды, но пока вода нагревается до 100°C
$p_{нп} < p_0$ => поршень всё ещё практически "лежит" на воде => объём пара в цилиндре $V \approx 0$: $p_{нп} \overset{\approx 0}{V} = \nu RT$ => $\nu \approx 0$, т.е. испарением воды во время нагревания до 100°C можно пренебречь. Таким образом, сначала мы нагреваем воду от 20°C до 100°C:

(1) $Q_1 = mc_в \Delta t = 10^{-2}кг \cdot 4180 \frac{Дж}{кг \cdot К} \cdot 80К = 3344 Дж \approx$
$\approx 3,3$ кДж

Далее вода начнёт испаряться, и температура содержимого цилиндра не будет повышаться, пока не выкипит вся вода. После того, как вся вода выкипит, водяной пар займёт объём V ($V_0 \approx 0$). Также заметим, что процесс изобарический (с помощью легкого поршня) и давление пара всегда равно $p_0 = 10^5$ Па, а температура не меняется и равна $T_1 = 373$ К.

Q_2 – теплота, затрачиваемая для того, чтобы перевести всю воду в водяной пар.
$Q_2 = rm = 10^{-2}кг \cdot 2,26 \cdot 10^6 \frac{Дж}{кг} = 22,6$ кДж

Чистовик

Для водяного пара после окончания испарения:

$$p_0 \cdot V = \nu RT$$

$$p_0 V = \frac{m}{M} RT$$

(2) $V = \frac{mRT}{Mp_0} = \frac{mRT}{p_0 M}$

$$V = \frac{mRT}{p_0 M} = \frac{10^{-2}\text{кг} \cdot 8{,}31\frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{К}} \cdot 373\text{К}}{10^5\text{Па} \cdot 18 \cdot 10^{-3}\frac{\text{кг}}{\text{моль}}} = 0{,}017\text{ м}^3$$

$$Q_3 = A' = p_0 V = 10^5\text{Па} \cdot 0{,}017\text{м}^3 = 1700\text{ Дж} = 1{,}7\text{ кДж}$$

$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 27{,}6\text{ кДж} < Q \Rightarrow$

предположение о том, что испарилась вся вода, верно.

Оставшееся тепло пойдёт на увеличение температуры и совершение работы водяным паром.

H_2O - трёхатомный газ

$$Q_4 = Q - (Q_1 + Q_2 + Q_3)$$

$$Q_4 = \frac{6}{2}\nu R\Delta T + p_0\Delta V = 3\nu R\Delta T + p_0 \Delta V =$$

$$= 3(p_0V_2 - p_0V_1) + p_0\Delta V = 3p_0\Delta V + p_0\Delta V = 4p_0\Delta V$$

$$\Delta V = \frac{Q_4}{4p_0} = \frac{Q - (Q_1 + Q_2 + Q_3)}{4p_0} \quad (3)$$

$$\Delta V = \frac{Q - (Q_1 + Q_2 + Q_3)}{4p_0} = \frac{6{,}3\text{ кДж}}{4 \cdot 10^5\text{Па}} = 0{,}01575\text{ м}^3$$

Конечный объём $V_1 = V + \Delta V = 0{,}033\text{м}^3$

Ответ: 1) $Q_1 = 3344$ Дж; 2) $V_1 = 0{,}033\text{м}^3$.

5

Черновик

при t_0 $p_{нп} \ll p_0$ => можно считать, что пуз на воде => $V_0 \ll V_{норм.}$

$3{,}3 \cdot 10^4$

$2{,}26 \cdot 10^4$

$0{,}4 \cdot 10^4$

1) нагрев до 100°C

2) изобар. нагрев

$pV = \nu RT$

$\nu \approx$ [redacted]