Часть 1

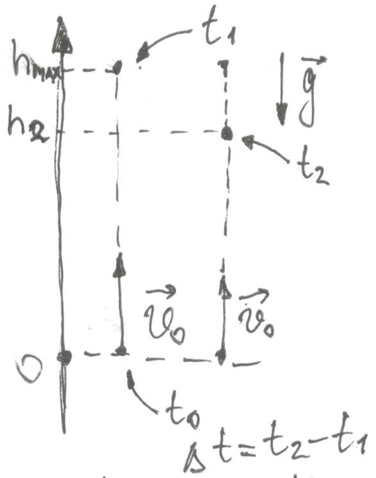
Олимпиада: **Физика, 10 класс (1 часть)**

Шифр: **21204465**

ID профиля: **854811**

Вариант 2

Черновик



$h_{max} = v_0 t_1 - \frac{g t_1^2}{2}$ $\qquad h_{max} = \frac{v_0^2}{2g}$

$\frac{v_0^2}{2g} = v_0 t_1 - \frac{g t_1^2}{2} \quad |\cdot 2g$

$v_0^2 = 2 v_0 g t_1 - g^2 t_1^2$

$v_0^2 - 2 v_0 g t_1 + g^2 t_1^2 = 0 \Rightarrow (v_0 - g t_1)^2 = 0 \Rightarrow v_0 = g t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0}{g}$

$\Delta t = t_2 - t_1$

$h_2 = h_1 - \frac{g \Delta t^2}{2}$ $\qquad h_2 = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{g \Delta t^2}{2}$

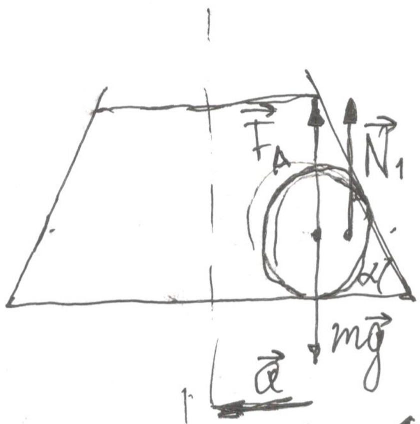
$h_1 = \frac{v_0^2}{2g}$ $\qquad h_2 = v_0 \Delta t - \frac{g \Delta t^2}{2}$

$\Rightarrow v_0 \Delta t - \frac{g \Delta t^2}{2} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{g \Delta t^2}{2}$

$\cancel{v_0} \Delta t = \frac{v_0^{\cancel{2}}}{2g} = t_2 - t_1$

$t_2 = \Delta t + t_1 = \frac{v_0}{2g} + \frac{v_0}{g} = \frac{3 v_0}{2g}$ $\qquad \frac{м}{с} \cdot \frac{с^2}{м}$ $\qquad \frac{м^2}{с^2} \cdot \frac{с^2}{м}$

$\frac{t_2}{\Delta t} = \frac{3}{2} \cdot \frac{v_0}{g} \cdot \frac{2g}{v_0} = 3$ $\qquad h_2 = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{g \cdot v_0^2}{8 g^2} = \frac{3 v_0^2}{8g}$

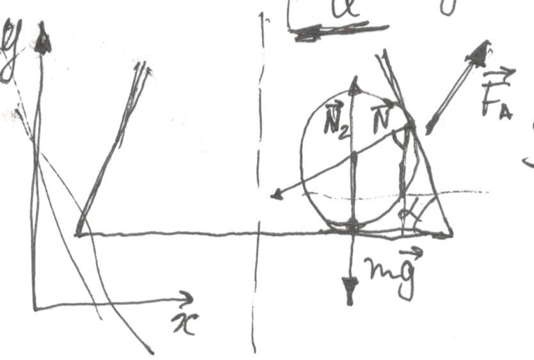


1) $N_1 + F_A - mg = 0$ $\qquad N_1 = mg - F_A = 8\rho V g + \rho V g =$

$= 7 \rho V g = 7 \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 g$

$8 - \frac{4}{3} = \frac{24 - 4}{3} = \frac{20}{3}$

$F_{A1} = \rho g V$ — верт. $\quad F_{A2} = \rho a V$ — гор.



y: $N_2 + F_{A1} - mg - N\cos\alpha = 0$

x: $N\sin\alpha - \rho a V = ma$

$N\sin\alpha = ma + \rho a V$

$N\cos\alpha = N_2 + \rho g V - mg$

$\frac{ma + \rho a V}{N_2 + \rho g V - mg} = tg\alpha$ $\qquad ma + \rho a V = tg\alpha N_2 + tg\alpha \rho g V - tg\alpha mg$

$N_2 = \frac{ma + \rho a V}{tg\alpha} + mg\,tg\alpha - \rho g V tg\alpha$

черновик

$T = 81°C = const$ $81°C = 354K$

$V_1 = 7V_2$ $V_2 = 1{,}7$ л

$$\begin{array}{r} 81 \\ +273 \\ \hline 354 \end{array}$$

$3{,}6 p_1 = p_2$

$$\begin{array}{r} 36 \\ \times\ 7 \\ \hline 252 \end{array}$$

$$p_1 = \frac{\nu_1 R \cancel{V}}{7V_2} \qquad 3{,}6 p_1 = \frac{\nu_2 RT}{V_2}$$

$p_1 V_1 = p_2 V_2$

$$\frac{3{,}6 p_1}{p_1} = \frac{\nu_2}{7\nu_1} \Rightarrow \nu_2 = 25{,}2 \nu_1$$

$\cancel{\frac{p_1}{p}}$ $\cancel{\frac{p_2}{p_1}}$

$$p_1 = \frac{\nu_1 RT}{7V_2} \qquad p_2 = \frac{25{,}2 \nu_1 RT}{7V_2}$$

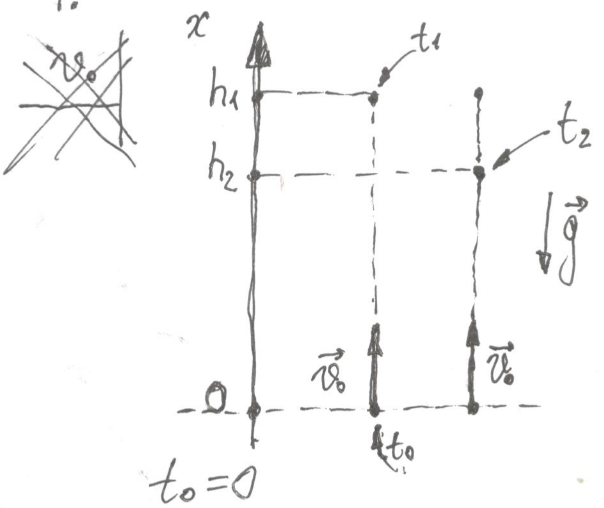
$$p \sim \cancel{\frac{\nu}{V_2}} \frac{m}{\mu V}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \cancel{3{,}6}\ \cancel{3{,}6}\ \frac{1}{3{,}6} \cdot \frac{\cancel{M_1}}{7V_1} \cdot \frac{V_1}{25{,}2}$$

$$\begin{array}{c} 167 : 0{,}18 \\ \hline 2941 \end{array}$$

Чистовик

1.



Пусть t_1 - момент времени, когда первый мяч находится на макс. высоте

$0-v_0=-gt_1 \Rightarrow t_1=\frac{v_0}{g}$.

Пусть t_2 - момент вр., когда мячи столкнулись на ~~высо~~ высоте h_2.

$\Delta t=t_2-t_1$, тогда уравнение координаты для I мяча: $h_2=h_1-\frac{g\Delta t^2}{2}$

Для II мяча: $h_2=v_0\Delta t-\frac{g\Delta t^2}{2}$, т.к. t_1 - момент времени остановки I мяча, и начала движения второго.

$h_1=\frac{0-v_0^2}{-2g}=\frac{v_0^2}{2g}$ по формуле перемещения без времени

Приравняем h_2: $\frac{v_0^2}{2g}-\frac{g\Delta t^2}{2}=v_0\Delta t-\frac{g\Delta t^2}{2} \Rightarrow \frac{v_0^2}{2g}=v_0\Delta t \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta t=\frac{v_0}{2g}$ $\quad t_2=\Delta t+t_1=\frac{v_0}{2g}+\frac{v_0}{g}=\frac{3v_0}{2g}$ - вр. полёта I мяча до столкновения.

Δt - вр. полёта II мяча до столкновения, тогда

$\frac{t_2}{\Delta t}=\frac{3v_0}{2g}\cdot\frac{2g}{v_0}=3$

3) h_2 - высота столкновения $h_2=h_1-\frac{g\Delta t^2}{2}=\frac{v_0^2}{2g}-\frac{gv_0^2}{2\cdot 4g^2}=\frac{3v_0^2}{8g}$

Ответ: 1) $\frac{3v_0}{2g}$; 2) 3 ; 3) $\frac{3v_0^2}{8g}$.

Чистовик

2

2.

ω

ρ

6ρ

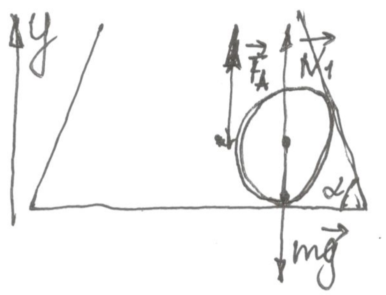
R

$1{,}5R$

$tg\alpha = \frac{3}{2}$

N_1 - ?

N_2 - ?

1) 

$\vec{F_A}$ - сила архимеда

Система покоится $\Rightarrow a = 0$, тогда по II з-ну Ньютона:

$Oy: N_{1y} + F_{Ay} + mg_y = 0$

$F_A = \rho g V$ V - объём шара $N_1 + F_A - mg = 0$

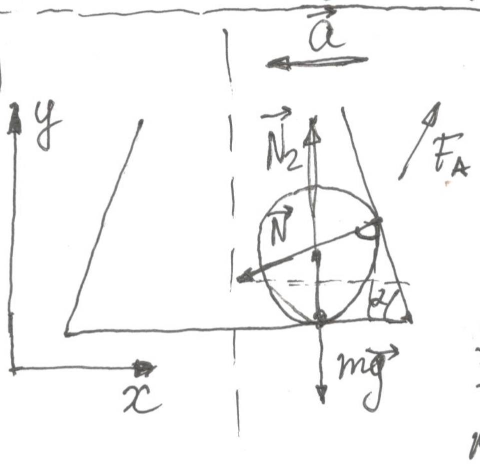
$m = 6\rho V$ $V = \frac{4}{3}\pi R^3$

Шар погружён полностью $\Rightarrow$ его объём совпадает с объёмом его погружённой части.

$$N_1 = mg - F_A = 6\rho g V - \rho g V = 5\rho g V = 5\rho \frac{4}{3}\pi R^3 g$$

$N_1 = \frac{20}{3}\pi R^3 \rho g$. N_1 - сила реакции дна, шар давит на дно с такой же по модулю силой.

---

2) 

$\vec{a}$ - центростремительное ускор-е

$\vec{a}$ горизонтально, $a = \omega^2 \cdot 1{,}5R$

(1,5R - радиус вращения)

$\vec{N}$ - сила реакции стенки сосуда

$\vec{N} \perp$ стенке.

$\vec{F_A}$ в данном случае имеет и вертикальную составляющую, и горизонтальную.

Стенки и дно гладкие $\Rightarrow$ сил трения не возникает.

$|F_{Ay}| = \rho g V$, $\cancel{F_{Ax} = \rho a V}$ $|F_{Ax}| = \rho a V$ F_{Ax} направлена против $\vec{a}$

~~II з-н Ньютона: Oy~~ $N_x = N\sin\alpha$, $N_y = N\cos\alpha$

II з-н Ньютона:

$Ox: N\sin\alpha - \rho a V = ma$ $Oy: N_2 + \rho g V - mg - N\cos\alpha = 0$

$$\left.\begin{aligned} N\sin\alpha &= ma + \rho a V \\ N\cos\alpha &= N_2 + \rho g V - mg \end{aligned}\right| \Rightarrow \frac{N_2 + \rho g V - mg}{ma + \rho a V} = ctg\alpha$$

Чистовик

3

2. (продолжение)

$$\frac{N_2+\rho gV-mg}{ma+\rho aV}=ctg\alpha \Rightarrow N_2=mg-\rho gV+mactg\alpha+\rho aVctg\alpha$$

$$N_2=m(g+actg\alpha)-\rho V(g-actg\alpha), \quad V=\frac{4}{3}\pi R^3 \quad \cancel{m=\frac{4}{3}\pi R^3\rho}$$

$$m=6\rho V=\frac{4\cdot 6}{3}\pi R^3\rho=8\pi R^3\rho, \quad a=1{,}5\omega^2R, \quad ctg\alpha=\frac{1}{tg\alpha}=\frac{2}{3}$$

$$N_2=8\pi R^3\rho\left(g+\frac{2}{3}\cdot 1{,}5\omega^2R\right)-\frac{4}{3}\pi R^3\rho\left(g-\frac{2}{3}\cdot 1{,}5\omega^2R\right)$$

$$N_2=\pi R^3\rho\left(8g+8\omega^2R-\frac{4}{3}g+\frac{4}{3}\omega^2R\right)=\frac{20}{3}\pi R^3 g\rho+\frac{28}{3}\pi R^4\omega^2\rho$$

N_2 – сила реакции дна, шар действует на дно с такой же по модулю силой.

Ответ: 1) $N_1=\frac{20}{3}\pi R^3\rho g$; 2) $N_2=\frac{20}{3}\pi R^3\rho g+\frac{28}{3}\pi R^4\omega^2\rho$.

Чистовик

4

3.

$V_1 = 7V_2$

$p_1 = \frac{p_2}{3,6}$

$T = 81°C = 354\,K$

$\mu = 18$ г/моль

$R = 8,31$

$p_{нп} = 0,5\cdot10^5$ Па

$V_2 = 1,7$ л

---

p_1 - ?

m_1 - ?

$V_2 = 1,7$ л $= 1,7\cdot10^{-3}$ м^3

1) При постоянной T и ν (количестве), ~~для~~ $pV = const$, но $\frac{7V_2\cdot p_2}{3,6} \neq V_2\cdot p_2$, $T = const \Rightarrow$

$\Rightarrow$ кол-во изменяется.

В данном случае p растёт, из-за этого пар конденсируется, а конденсация происходит из-за того, что давление достигает $p_{нп}$, и ~~нел~~ давление не может превысить $p_{нп} \Rightarrow p_2$ (конеч. давление) $= p_{нп} \Rightarrow$

$\Rightarrow p_1 = \frac{p_{нп}}{3,6} \approx 1,4\cdot10^4$ Па.

2) из уравнения Кл.-Менделеева:

$pV = \nu RT$, $RT = const \Rightarrow \frac{pV}{\nu} = const \Rightarrow$

$\cancel{\nu_1\ \frac{p_1V_1}{\nu_1} = \frac{p_2V_2}{\nu_2}} \Rightarrow \frac{p_1V_1}{\nu_1} = \frac{p_2V_2}{\nu_2} \Rightarrow \nu_1 = \frac{p_1V_1}{p_2V_2}\nu_2 = \frac{7}{3,6}\nu_2 \approx 2\nu_2$

$pV = \nu RT = \frac{m}{\mu}RT \Rightarrow m = \frac{pV\mu}{RT}$, $\cancel{\nu_1 = \frac{m_1}{\mu} = 2\frac{m_2}{\mu} \Rightarrow m_1 = 2m_2}$

$\cancel{2m_2 = \frac{p_1V_1\mu}{RT},\ m_2 = p_1V_1}$

$m_1 = \frac{p_1V_1\mu}{RT} = \frac{1,4\cdot10^4\cdot7\cdot1,7\cdot10^{-3}\cdot0,018}{8,31\cdot354} \approx \frac{167\cdot0,018}{8,31\cdot354} \approx 0,001$ кг —

— начальная масса газа

Ответ: 1) $1,4\cdot10^4$ Па; 2) 0,001 кг.

Часть 2

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

Шифр: **21204465**

ID профиля: **854811**

Вариант 2

Черновик

$p_2=0,99p_1 \qquad V_2=1,02V_1$

$$\frac{p_1V_1}{T_1}=\frac{p_2V_2}{T_2} \qquad \frac{T_2}{p_2V_2}=\frac{T_1}{p_1V_1} \Rightarrow T_2=\frac{p_2V_2}{p_1V_1}T_1=0,99\cdot1,02T_1\approx1,001T_1$$

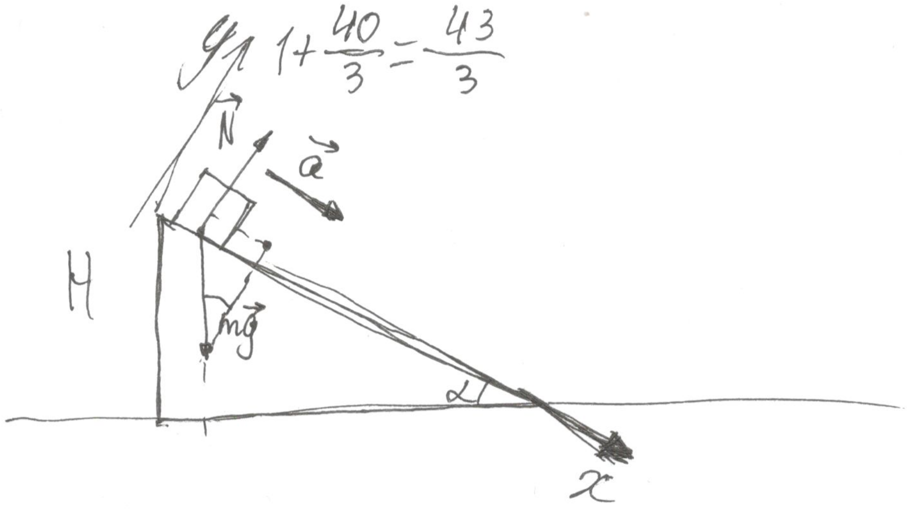
$\cancel{Q=A+dU}\ \delta Q=dU+\delta A$

$pV=\nu RT$

$$\frac{\delta Q}{dU}=1+\frac{\delta A}{dU}=1+\frac{pdV}{\frac{3}{2}\nu RdT}=1+\frac{TdV}{\frac{3}{2}VdT}=$$

$$=1+\frac{T_1\cdot0,02V_1}{\frac{3}{2}V_1\cdot0,001T_1}=\cancel{21}$$

$1+\frac{40}{3}=\frac{43}{3}$

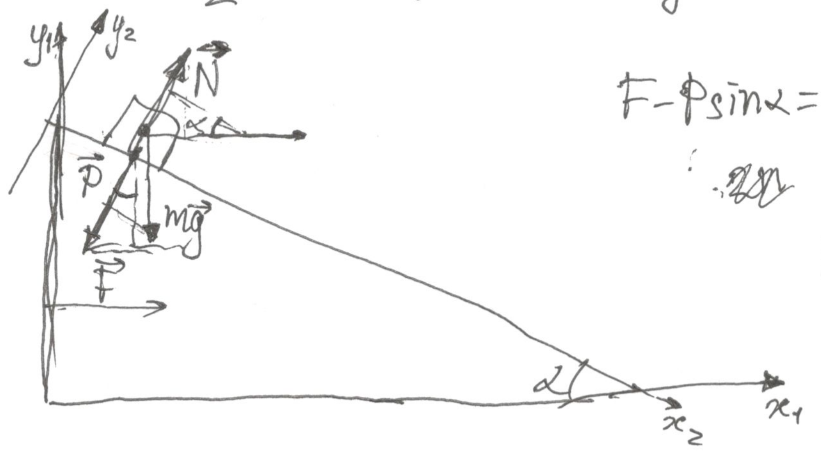


$mg\sin\alpha=ma$

$a=g\sin\alpha$

$l=\cancel{H\sin\alpha}=\frac{H}{\sin\alpha}$

$$l=\frac{g\sin\alpha t^2}{2}=\frac{H}{\sin\alpha} \Rightarrow t=\sqrt{\frac{2H}{g\sin^2\alpha}}$$



$F-P\sin\alpha=F-N\sin\alpha=2ma_{кл}$

$N-mg\cos\alpha=ma_{кл}\sin\alpha$

$N=mg\cos\alpha+ma_{кл}\sin\alpha$

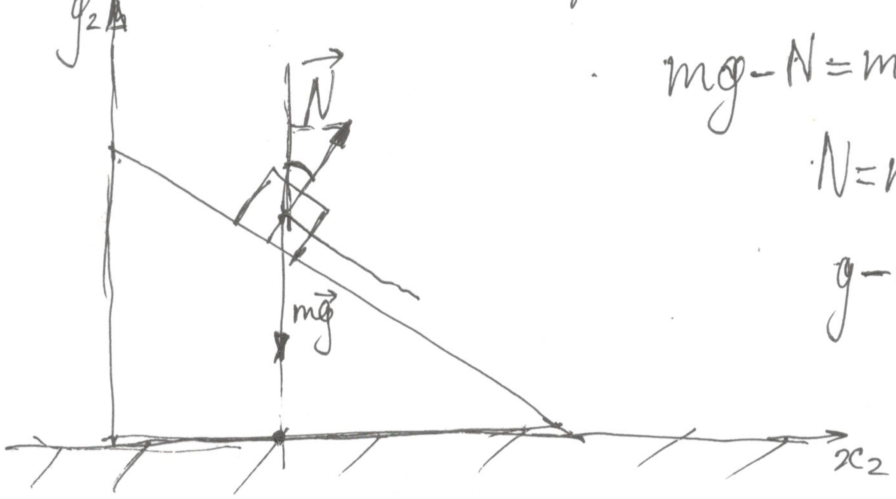
$F=mg$

$mg-mg\cos\alpha\sin\alpha+ma_{кл}\sin^2\alpha=$
$=ma_{кл}$

$mg-mg\cos\alpha\sin\alpha=ma_{кл}\cos\alpha$

$a_{кл}=\frac{g}{\cos\alpha}-g\sin\alpha$

Черновик



$$mg - N = ma_{y_2}$$

$$N = m(a_{кл}\sin\alpha + g\cos\alpha)$$

$$g - a_{кл}\sin\alpha - g\cos\alpha = \cancel{m}a_{y_2}$$

$$\cancel{g\ldots}\; g\left(1 - \frac{13}{66}\sin\alpha - \cos\alpha\right) = a_{y_2}$$

$$a_{y_2} = g\,\frac{330 - (39 + 198)}{330} =$$

$$= \frac{93}{330}g = \frac{31}{110}g$$

$$H = \frac{a_{y_2} t^2}{2} \qquad t = \sqrt{\frac{2H}{a_{y_2}}} = \sqrt{\frac{2H}{g(}}$$

$$\frac{13}{66}\sin\alpha = \frac{39}{330}$$

$$\cos\alpha = \frac{3}{5} = \frac{198}{330}$$

$$\begin{array}{r} 198 \\ +\ 39 \\ \hline 237 \end{array}$$

$$a_{кл}\sin\alpha\cos\alpha = \frac{13}{66}\cdot\frac{12}{25}g = \frac{156}{1650}g$$

$$\begin{array}{r} \times\ 66 \\ 3 \\ \hline 198 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 330 \\ -\ 237 \\ \hline 93 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 13 \\ \times\ 12 \\ \hline 26 \\ +\ 13\ \ \\ \hline 156 \end{array}$$

$$\cancel{\times\,66\ 25} \quad 66 \cdot 25 = \frac{6600}{4} =$$

$$6600 \,\lfloor\, 4$$

Чистовик

5.

$p_2=0{,}99p_1$

$V_2=1{,}02V_1$

$\Delta T - ?$

$\dfrac{Q}{\Delta U} - ?$

(1)

Величины с индексом 1 – начальные значения, с идексом 2 – конечные.

По закону Клапейрона: $\dfrac{p_1V_1}{T_1}=\dfrac{p_2V_2}{T_2} \Longrightarrow$

$\Longrightarrow T_2=\dfrac{p_2V_2}{p_1V_1}T_1=\dfrac{0{,}99p_1\cdot 1{,}02V_1}{p_1V_1}T_1\approx 1{,}001T_1$

$\Delta T=T_2-T_1=1{,}001T_1-T_1=0{,}001T_1>0 \Longrightarrow$ температура увеличилась на 0,1%.

Первое начало термодинамики: $\delta Q=dU+\delta A$.

δQ, δA – элементарная теплота и работа,

dU – изменение энергии

$\dfrac{\delta Q}{dU}=1+\dfrac{\delta A}{dU}$. $\delta A=pdV$, $dU=\dfrac{i}{2}\nu RdT$,

газ одноатомный $\Longrightarrow i=3 \Longrightarrow dU=\dfrac{3}{2}\nu RdT$

$\dfrac{\delta Q}{dU}=1+\dfrac{pdV}{\frac{3}{2}\nu RdT}$ $\dfrac{p}{\nu R}=\dfrac{T}{V} \Longrightarrow \dfrac{\delta Q}{dU}=1+\dfrac{2}{3}\cdot\dfrac{TdV}{VdT}$

Изменения параметров очень малы $\Longrightarrow$ можно с высокой точностью сказать: $\dfrac{Q}{\Delta U}=1+\dfrac{2}{3}\cdot\dfrac{T_1\Delta V}{V_1\Delta T}$

Q – теплота за весь процесс, ΔU – изм. энергии за весь процесс

$\Delta V=V_2-V_1=0{,}02V_1$ $\Delta T=0{,}001T_1 \Longrightarrow$

$\Longrightarrow \dfrac{Q}{\Delta U}=1+\dfrac{2}{3}\cdot\dfrac{0{,}02}{0{,}001}=\dfrac{43}{3}$

Ответ: 1) температура увеличилась на 0,1%;

2) $\dfrac{43}{3}$.

Чистовик

4.

$\cos\alpha = \frac{3}{5}$

H

m

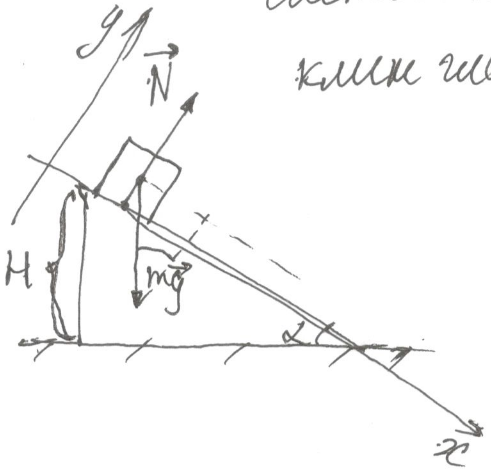
$t_1 - ?$

$a_{кл} - ?$

$t_2 - ?$

клин гладкий $\Rightarrow$ трения нет (2)

1)



По Oy: mg, N уравновешены

По Ox: $N=0$, $mg\sin\alpha = ma_x$

$a_x = g\sin\alpha$ – ускорение бруска, с к-рым он едет по клину.

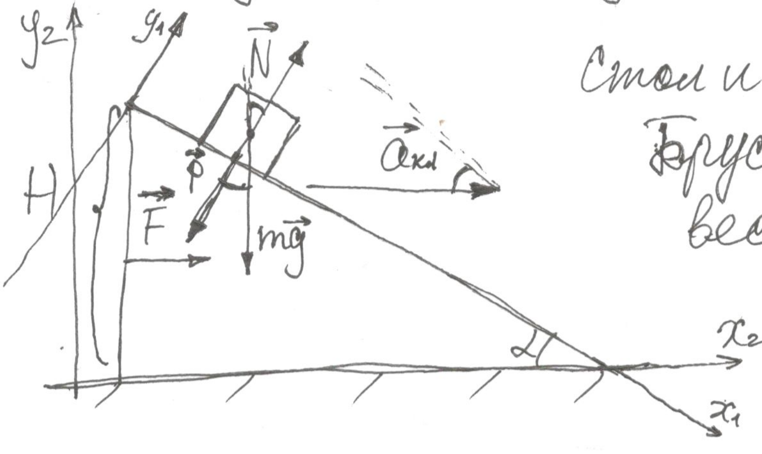
$l = \frac{H}{\sin\alpha}$ – длина поверхности клина

начальная скорость бруска равна нулю $\Rightarrow$ ~~$l = \frac{gt_1^2}{2}$~~

$\Rightarrow l = \frac{g\sin\alpha t_1^2}{2} = \frac{H}{\sin\alpha} \Rightarrow t_1^2 = \frac{2H}{g\sin^2\alpha}$, $\sin^2\alpha = 1-\cos^2\alpha = 1-\frac{9}{25} = \frac{16}{25}$

$t_1^2 = \frac{25\cdot 2H}{16\cdot g} \Rightarrow t_1 = \frac{5}{4}\sqrt{\frac{2H}{g}}$

2)



Стол и клин гладкие $\Rightarrow$ трения нет

Брусок действует на клин весом $P=N$

В координатах $y_1 x_1$ брусок не движется относительно клина.

$y_1 \Rightarrow$ по y_1 брусок движется с ускорением $a_{кл}\sin\alpha \Rightarrow$

$\Rightarrow N - mg\cos\alpha = ma_{кл}\sin\alpha \Rightarrow N = m(a_{кл}\sin\alpha + g\cos\alpha)$.

Теперь запишем II з-н Ньютона для клина в координатах $x_2 y_2$: ~~$F - P\sin\alpha = 2ma_{кл}$~~

$Ox_2: F - P\sin\alpha = 2ma_{кл}$ $P=N$, $F=mg \Rightarrow$

$\Rightarrow \cancel{m}g - \cancel{m}a_{кл}\sin^2\alpha - \cancel{m}g\sin\alpha\cos\alpha = 2\cancel{m}a_{кл}$

$a_{кл}(2+\sin^2\alpha) = g(1-\sin\alpha\cos\alpha) \Rightarrow a_{кл} = \frac{1-\sin\alpha\cos\alpha}{2+\sin^2\alpha}g$

Чистовик

3

4. (продолжение)

$$a_{кл} = \frac{1-\sin\alpha\cos\alpha}{2+\sin^2\alpha} g \qquad \cos\alpha = \frac{3}{5} \quad \sin\alpha = \sqrt{1-\cos^2\alpha} = \frac{4}{5}$$

$$a_{кл} = \frac{1-\frac{12}{25}}{2+\frac{16}{25}} g = \frac{\frac{13}{25}}{\frac{66}{25}} g = \frac{13}{66} g$$

3) ~~Брусок~~ Ускорение клина не действует на брусок по оси y_2, в ней брусок движется с ускорением a_{y2}, по II з-ну Ньютона: $mg - N\cos\alpha = ma_{y2}$

$$N = m(a_{кл}\sin\alpha + g\cos\alpha) \Rightarrow g - a_{кл}\sin\alpha\cos\alpha - g\cos^2\alpha = a_{y2}$$

$$g - g\cos^2\alpha = g\sin^2\alpha \Rightarrow g\sin^2\alpha - a_{кл}\sin\alpha\cos\alpha = a_{y2}$$

$$g\sin^2\alpha - a_{кл}\sin\alpha\cos\alpha = \left(\frac{16}{25} - \frac{156}{1650}\right) g = \frac{900}{1650} g = \frac{3}{55} g = a_{y2} -$$

— с таким ускорением брусок без начальной скорости проходит длину H:

$$H = \frac{a_{y2} t_2^2}{2} \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2H}{a_{y2}}} = \sqrt{\frac{110H}{3g}}$$

Ответ: 1) $\frac{5}{4}\sqrt{\frac{2H}{g}}$; 2) $\frac{13}{66} g$; 3) $\sqrt{\frac{110H}{3g}}$.