

# Часть 1

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

Шифр: **21205163**

ID профиля: **295672**

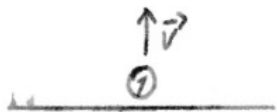
Вариант 2

# Чистовик

Задача №1

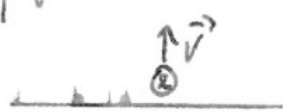
Время: 0

↑ y



Время: T

↑ y



1) Пусть мальчик бросит мяч номер 2 в момент T.

Но в это время первый мяч на максимальной высоте, то есть его скорость равна 0, то есть:  $v_0 - gT = 0$ , тогда  $T = \frac{v_0}{g}$

2) Запишем функции координаты от времени:

$$y_1 = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$$

$$y_2 = v_0 (t - T) - \frac{g (t - T)^2}{2}, \text{ у второго мяча я вычитаю } T, \text{ т.к. его бросили через время } T$$

Когда мячи столкнутся их координаты будут равны:

$$y_1 = y_2; \quad v_0 t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = v_0 (t_1 - T) - \frac{g (t_1^2 - 2t_1 T + T^2)}{2}$$

3) Подставим T:

$$\underline{v_0 t_1} - \frac{g t_1^2}{2} = \underline{v_0 t_1} - v_0 \frac{v_0}{g} - \frac{g t_1^2}{2} + \frac{2 t_1 \cdot \frac{v_0}{g} \cdot g}{2} - \frac{g \frac{v_0^2}{g^2}}{2}, \text{ имеем:}$$

$$0 = -v_0 \frac{v_0}{g} + 2v_0 - \frac{v_0^2}{2g} \Rightarrow t_1 = \frac{v_0}{g} + \frac{v_0}{2g} = \frac{3}{2} \frac{v_0}{g} - \text{время полёта первого мяча}$$

4) Время полёта второго мяча:  $t - T = \frac{1}{2} \frac{v_0}{g} = t_2$

$$\text{Тогда отношение времени: } \frac{t_1}{t_2} = \frac{\frac{3}{2} \frac{v_0}{g}}{\frac{1}{2} \frac{v_0}{g}} = 3.$$

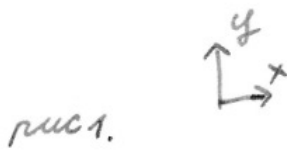
5) Подставим время в закон движения найдем координату встречи:

$$y = v_0 t - \frac{g t^2}{2}, \text{ тогда } y_в = v_0 \cdot \frac{3}{2} \frac{v_0}{g} - \frac{g \frac{9}{4} \frac{v_0^2}{g^2}}{2} = \frac{3}{2} \frac{v_0^2}{g} - \frac{9}{8} \frac{v_0^2}{g} = 0,375 \frac{v_0^2}{g}.$$

Ответ: время полёта первого мяча  $t_1 = \frac{3}{2} \frac{v_0}{g}$ ,

Отношение времени полёта первого и второго мячей  $\frac{t_1}{t_2} = 3$ , Высота столкновения мячей  $0,375 \frac{v_0^2}{g} = \frac{3}{8} \frac{v_0^2}{g}$

Задача №2



1) (рис.1) Если сосуд не вращается:

Распишем действующие силы по осям:

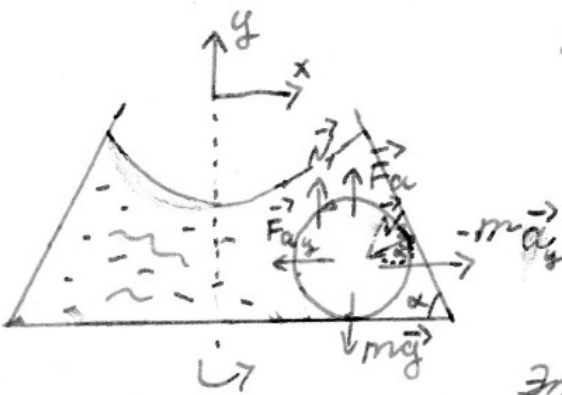
По оси  $x$  на шар могут действовать только стенки, однако других сил по этой оси нет и шарик покоится, тогда сил со стороны стенки нет.

$Ox: -mg + N_1 + Fa = 0$  - шар покоится

По объему шара  $V = \frac{4}{3}\pi R^3$ , тогда:

$Ox: -\frac{4}{3}\pi R^3 \cdot \rho \cdot g + N_1 + \frac{4}{3}\pi R^3 \cdot \rho \cdot g = 0$

$N_1 = \frac{4}{3}\pi R^3 g (\rho - \rho) = \frac{4}{3}\pi R^3 g \cdot 0$ . По третьему закону Ньютона, если сосуд действует на шар с силой  $N_1$ , то шар действует на сосуд с силой  $-N_1$ .



2) (рис.2) Если сосуд вращается:

Поскольку тело вместе с сосудом вращается, то тело есть центрирующее ускорение  $a_y$ . Тогда введем силу  $-ma_y$  и будем считать, что тело покоится.

Но вода так же движется с ускорением. Это порождает горизонтальную силу Архимеда  $F_{ay} = \rho V \cdot a_y$ .

Силы по осям:  $Ox: ma_y - F_{ay} - N_2 \sin \alpha = 0$   
 $Oy: -mg + N_1 + Fa - N_2 \cos \alpha = 0$

Тогда:  $N_2 = \frac{ma_y - F_{ay}}{\sin \alpha}$ , тогда  $-mg + N_1 + Fa - \left(\frac{ma_y - F_{ay}}{\sin \alpha}\right) \cos \alpha = 0$

Тогда  $N_1 = mg + \frac{ma_y - F_{ay}}{\sin \alpha} \cos \alpha - Fa$ . Но  $a_y = \omega^2 \cdot \frac{3}{2} R$ ,

тогда:  $ma_y = \rho V \cdot \omega^2 \cdot \frac{3}{2} R$ ,  $F_{ay} = \rho V \cdot \omega^2 \cdot \frac{3}{2} R$ , тогда:

$V \cdot g (\rho - \rho) + \omega^2 \cdot \frac{3}{2} R V (\rho - \rho) \cdot \cot \alpha = N_1$

$mg - Fa = ma_y - F_{ay}$   
 $N_1 = 5\rho V (g + \omega^2 \cdot \frac{3}{2} R \cdot \frac{1}{\tan \alpha}) = 5\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 (g + \omega^2 \cdot \frac{3}{2} R \cdot \frac{2}{3})$

21205163 (U295672 M1282938)

Ответ: В первом случае  $|N_1| = \frac{4}{3}\pi R^3 \cdot 5\rho \cdot g$

Во втором случае:  $|N_1| = \frac{4}{3}\pi R^3 \cdot 5\rho (g + \omega^2 R)$

Чистовик

### Задача №3

Пусть  $P$  - давление в начале,  $V$  - объем в конце.  
Тогда уравнение состояния газа в начале:

$$P \cdot 7V = \frac{m_1}{\mu} RT, \text{ в конце: } 3,6 PV = \frac{m_2}{\mu} RT$$

$$\begin{cases} P \cdot 7V = \frac{m_1}{\mu} RT \\ 3,6 PV = \frac{m_2}{\mu} RT \end{cases}, \text{ поделим одно на другое:}$$

$$\frac{7PV}{3,6PV} = \frac{\frac{m_1}{\mu} RT}{\frac{m_2}{\mu} RT} \Rightarrow \frac{7}{3,6} = \frac{m_1}{m_2}. \text{ То есть } m_1 > m_2.$$

Но это означает, что в процессе статии пар конденсировался, тогда в конечном состоянии пар является насыщенным.

Но тогда мы знаем его давление - Рн.п.

Можно найти давление в первом случае

$3,6P$  - давление в конце = Рн.п, тогда  $P = \frac{P_{н.п}}{3,6}$

$$P = \frac{0,5 \cdot 10^5}{3,6} \approx 868,06 \text{ Па.}$$

Что бы найти массу пара в первом случае:

$$m_2 = \frac{P_{н.п} \cdot V \cdot \mu}{RT}, \quad m_1 = \frac{7}{3,6} \cdot \frac{P_{н.п} \cdot V \cdot \mu}{RT} = \frac{7}{3,6} \cdot \frac{10^5 \cdot 0,5 \cdot 1,7 \cdot 10^{-3} \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 354}$$

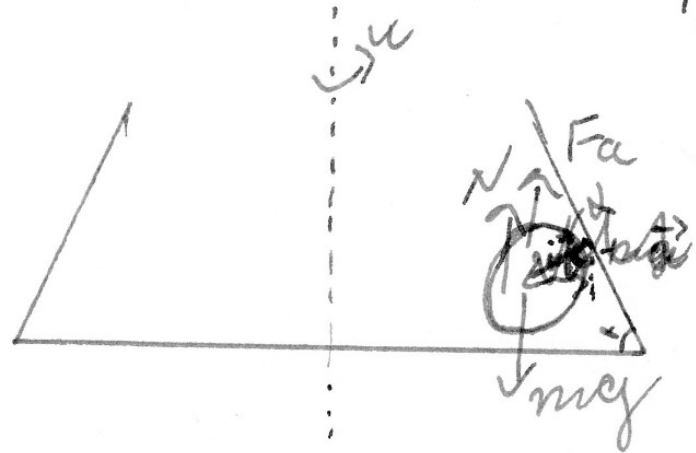
Ответ: Начальное давление  $P \approx 868,06 \text{ Па}$

$$\begin{aligned} \text{Начальная масса } m_1 &= \frac{7}{3,6} m_2 = \frac{7}{3,6} \cdot \frac{P_{н.п} \cdot V \cdot \mu}{RT} = \\ &= \frac{7}{3,6} \cdot \frac{10^5 \cdot 0,5 \cdot 1,7 \cdot 10^{-3} \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 354} \end{aligned}$$

Leptocobek

$V_{41} = \frac{7}{3} \pi R^3$

1): ~~Wasser~~

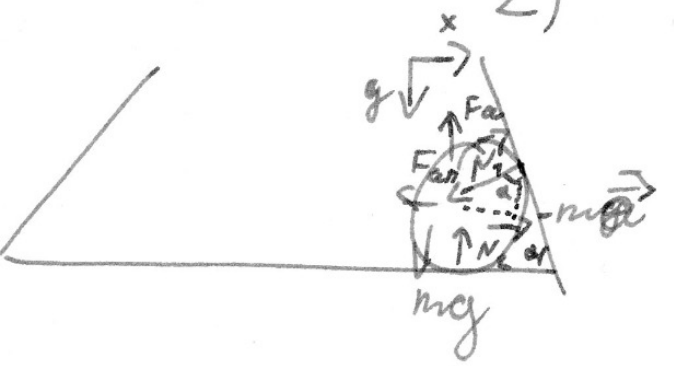


$$mg = F_{ay} + N_1$$

$$59 \frac{4}{3} \pi R^3 g = 59 \frac{4}{3} \pi R^3 g + N_1$$

$$N_1 = 59 \frac{4}{3} \pi R^3 g$$

2)



0x:  ~~$mg - N \cdot \sin \alpha = 0$~~

~~$N \sin \alpha = mg$~~   
 ~~$N = \frac{mg}{\sin \alpha}$~~

$ma - N \sin \alpha - F_{ay} = 0$   
 $59 \frac{4}{3} \pi R^3 a - N \sin \alpha - 59 \frac{4}{3} \pi R^3 g = 0$   
 $59 \frac{4}{3} \pi R^3 a = N \sin \alpha$

0y:  $mg + N_1 \cos \alpha - F_a - N_2 = 0$

$N_2 = mg + N \cos \alpha - F_a$

$N_2 = 59 \frac{4}{3} \pi R^3 g + \frac{59 \frac{4}{3} \pi R^3 a}{\sin \alpha} \cdot \cos \alpha - 59 \frac{4}{3} \pi R^3 g$

$N_2 = 59 \frac{4}{3} \pi R^3 (g + a \cot \alpha)$ , wo  $a = \omega^2 R = 2,5 \omega^2 R$ :

$N_2 = 59 \frac{4}{3} \pi R^3 (g + 2,5 \omega^2 R \cdot \frac{2}{1}) = 59 \frac{4}{3} \pi R^3 (g + \omega^2 R)$

21205163 (U295672 M1282938)

$$PV = \frac{m_1}{\mu} RT$$

$$3,6PV = \frac{m_2}{\mu} RT$$

$$\Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{7}{3,6} \Rightarrow$$

$m_1 > m_2$   
конденсация,  
молекулы пар насыщенного

$$6P = P_{н.п}; \quad P = \frac{0,5 \cdot 10^5}{3,6} \approx 868,9 \text{ Па}$$

$$m_2 = \frac{P_{н.п} \cdot V \cdot \mu}{RT}$$

$$m_1 = \frac{7}{36} m_2$$

Черновик

$$y_1 = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

$$y_2 = v_0(t-J) - \frac{g(t-J)^2}{2}$$

Чертовик

$$J = \frac{v_0}{g}$$

$$v_0 t - \frac{gt^2}{2} = v_0 \left(t - \frac{v_0}{g}\right) - \frac{g \left(t^2 - 2t \frac{v_0}{g} + \frac{v_0^2}{g^2}\right)}{2}$$

$$\cancel{v_0 t} - \frac{gt^2}{2} = \cancel{v_0 t} - \frac{v_0^2}{g} - \frac{gt^2}{2} + \frac{2v_0 t}{2} - \frac{v_0^2}{2g}$$

$$\frac{v_0 t}{g} + \frac{v_0 t}{2g} = \cancel{v_0 t}; \quad t = \frac{1,5 v_0^2}{g}$$

$$(t-J) = 0,5 \frac{v_0}{g}$$

$$\frac{t}{t-J} = \frac{1,5 \frac{v_0}{g}}{0,5 \frac{v_0}{g}} = 3$$

$$y = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

$$y = v_0 \cdot 1,5 \frac{v_0}{g} - \frac{g \cdot 2,25 \frac{v_0^2}{g^2}}{2} =$$

$$= \frac{1,5 v_0^2}{g} - \frac{2,25 v_0^2}{2g} = 0,75 \frac{v_0^2}{g}$$

$$y = v_0 \cdot 0,5 \frac{v_0}{g} - \frac{0,25 \frac{v_0^2}{g^2}}{2}$$

$$= 1 - 0,25 \frac{v_0^2}{g} = 0,75 \frac{v_0^2}{g}$$

# Черновик

72-g =  $\frac{v_0^2}{g}$

$$gt = v_0$$

$$t = \frac{v_0}{g} = J$$

$$y_1: v_0 t - \frac{gt^2}{2} = y_1$$

$$y_2: v_0(t-J) - \frac{g(t-J)^2}{2} = y_2$$

$$y_1 = y_2: v_0 t - \frac{gt^2}{2} = v_0(t - \frac{v_0}{g}) - \frac{g(t^2 - 2tJ + J^2)}{2}$$

$$v_0 t - \frac{gt^2}{2} = v_0 t - v_0 \frac{v_0}{g} - \frac{gt^2}{2} + \frac{2g \frac{v_0}{g} t}{2} - \frac{g \frac{v_0^2}{g^2}}{2}$$

$$v_0 t - \frac{gt^2}{2} = v_0 t - \frac{v_0^2}{g} - \frac{gt^2}{2} + \frac{2v_0 t}{2} - \frac{v_0^2}{g^2}$$

$$0 = -\frac{v_0^2}{g} + \frac{v_0 t}{2} - \frac{v_0^2}{2g}; \quad 1,5 \frac{v_0^2}{g} = \frac{v_0 t}{2}; \quad t_{c1} = 3 \frac{v_0}{g}$$

$$t_{c2} = (t - J) = 2 \frac{v_0}{g}$$

$$\frac{t_{c1}}{t_{c2}} = \frac{3 \frac{v_0}{g}}{2 \frac{v_0}{g}} = \frac{3}{2}$$

$$y_c = v_0 t_{c1} - \frac{gt_{c1}^2}{2} = \frac{3v_0^2}{g} - \frac{9v_0^2}{2g}$$



# Часть 2

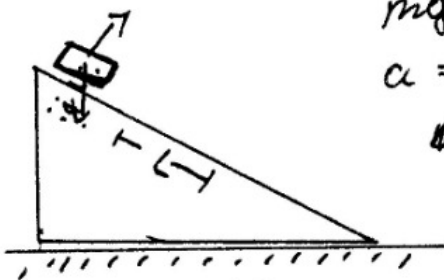
Олимпиада: **Физика, 10 класс (2 часть)**

Шифр: **21205163**

ID профиля: **295672**

Вариант 2

# Черновик



$$mg \sin \alpha = F$$

$$\alpha = g \sin \alpha$$

$$\frac{H}{L} = \sin \alpha \Rightarrow L = \frac{H}{\sin \alpha}$$

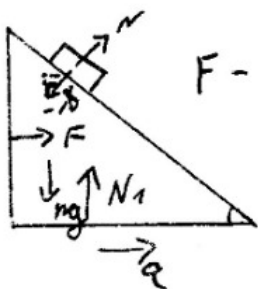
$$\cos \alpha = \frac{3}{5}$$

$$\sin \alpha = \frac{4}{5}$$

$$\frac{gt^2}{2} = \frac{H}{\sin \alpha}; \quad t = \sqrt{\frac{2H}{g \sin \alpha}}$$

$$\frac{5 \cdot 2 \cdot H}{4 \cdot g} = \frac{2H}{g}$$

$$\sin \alpha = \frac{4}{5}$$

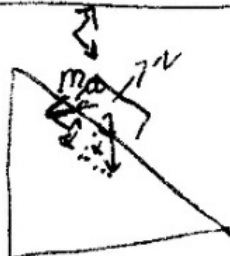
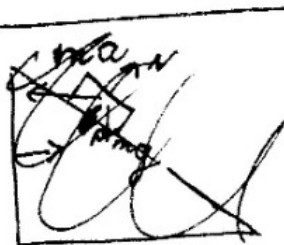
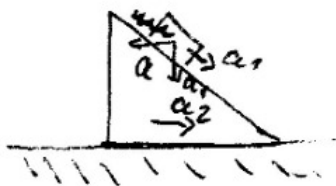


$$N = mg \cos \alpha$$

$$F - N \sin \alpha = F_p = mg - mg \cos \alpha \sin \alpha$$

$$a_k = \frac{F_p}{2m} = \frac{g - g \sin \alpha \cos \alpha}{2}$$

$$\frac{5 \cdot 2 \cdot H}{4 \cdot g} = \frac{2H}{g}$$



$$m a \cos \alpha - mg \sin \alpha = a r$$

$$N = m(a \sin \alpha + g \cos \alpha)$$

$$F - N \sin \alpha + 2ma = 0$$

$$F - m(a \sin \alpha + g \cos \alpha) \sin \alpha = 2ma$$

$$F - g \cos \alpha m = m a (\sin^2 \alpha + 2)$$

$$L = \frac{g a t^2}{2}$$

$$a = \frac{F - g \cos \alpha m}{m(\sin^2 \alpha + 2)}$$

$$\frac{F - g \cos \alpha m}{m \sin \alpha + \dots} = mg \sin \alpha = a$$

Черновик

$$PV = \nu R T$$

$$(P + \Delta P)(V + \Delta V) = \nu R (T + \Delta T)$$

$$P + \Delta P = 0,99P \Rightarrow \Delta P = -0,01P$$

$$\Delta V + V = 1,02V$$

$$\Delta V = 0,02V$$

~~Q~~

$$\frac{P + \Delta P}{P} = 0,99$$

$$\frac{V + \Delta V}{V} = 1,02$$

$$0,99 \cdot 1,02 = \frac{T + \Delta T}{T} \approx 1,0098 = 0,98\%$$

$$Q = \Delta U + A = \frac{3}{2} \nu R (T + \Delta T - T) + A$$

$$A = \Delta V \cdot P = \nu R \Delta T$$

$$0,02V \cdot P = 0,02 \nu R T$$

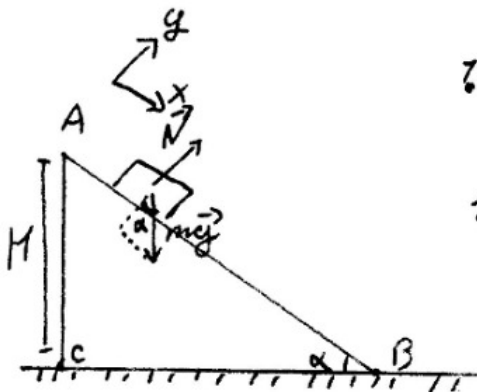
мыш

$$\frac{mv^2}{2} + \frac{m\omega^2 r^2}{2} - mgr = F \cdot S$$

~~M + m~~

# Чистовик

## Задача №4



1. Если клин покоится:

Поскольку  $|AC| = H$ , то  $|AB| = \frac{H}{\sin \alpha}$ .

1) Направим оси как показано на рисунке, тогда на груз действуют силы:

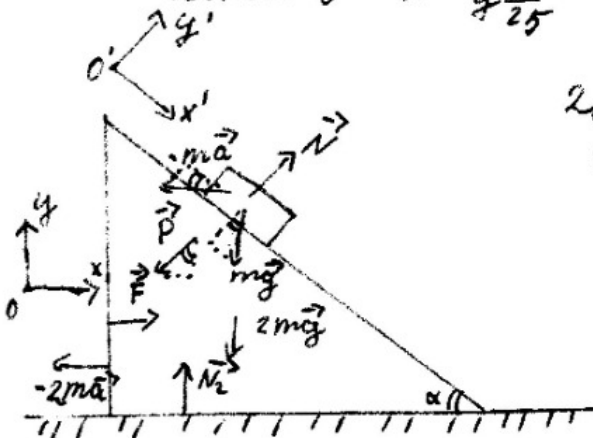
$$Oy: N - mg \cos \alpha = 0$$

$$Ox: mg \sin \alpha = ma, \text{ тогда } a = g \sin \alpha$$

Но так как начальной скорости груза нет, то уравнение движения:  $x = \frac{at^2}{2}$ , подставим  $|AB|$  и

2) найдем время:  $\frac{H}{\sin \alpha} = \frac{at^2}{2}$ .

$$t^2 = \frac{2H}{a \sin \alpha} = \frac{2H}{g \sin^2 \alpha} = \frac{2H}{g \frac{16}{25}} = \frac{25H}{8g} \quad (\sin^2 + \cos^2 = 1; \cos^2 = \frac{9}{25}, \text{ тогда } \sin^2 = \frac{16}{25})$$



2. Если клин движется:

1) Зададим две такие системы отсчета  $Ox$  и  $O'x'$ , что в них клин покоится, то есть системы движущиеся с ускорением  $\vec{a}$ , где  $\vec{a}$  - ускорение клина в лабораторной системе отсчета. ★

Тогда в этих СО на тела действует сила инерции  $-m\vec{a}$ , а клин покоится.

на груз, а на клин сила инерции равна  $-2m\vec{a}$ , т.к. масса клина  $2m$ .

2) Запишем силы на груз в  $O'x'$ :  $\begin{cases} O'y': N - mg \cos \alpha - ma \sin \alpha = 0 \\ O'x': mg \sin \alpha - ma \cos \alpha = ma_{\Gamma} \end{cases} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \begin{cases} N = mg \cos \alpha + ma \sin \alpha \\ a_{\Gamma} = g \sin \alpha - a \cos \alpha \end{cases}$$

По третьему закону Ньютона груз действует на клин с силой  $\vec{P} = -\vec{N}$ .  $|\vec{P}| = mg \cos \alpha + ma \sin \alpha$

Силы на клин в  $Ox$ :  $\begin{cases} Oy: N_2 - 2mg - P \cdot \cos \alpha = 0, \text{ подставим } P; \\ Ox: F - P \sin \alpha - 2ma = 0 \end{cases}$

$$Ox: F - mg \cos \alpha \cdot \sin \alpha - ma \sin^2 \alpha - 2ma = 0; \quad a = \frac{F - mg \sin \alpha \cos \alpha}{m(\sin^2 \alpha + 2)} = \frac{mg(1 - \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{5})}{m(\frac{16}{25} + 2)}$$

$$a = g \frac{13}{25} \cdot \frac{25}{66} = \frac{13g}{66}$$

3) Можно найти ускорение груза:  $a_{\Gamma} = g \sin \alpha - a \cos \alpha = \frac{4}{5}g - \frac{3}{5} \cdot \frac{13}{66}g$

$$a_{\Gamma} = \frac{15}{77}g = \frac{15}{22}g. \text{ Тогда, аналогично первому, } t = \frac{2H}{\sin \alpha a_{\Gamma}} = \frac{17H}{3g}$$

21205163 (U295672 M1282939)  
 Ответ: если силы нет, то время спуска  $\sqrt{\frac{25H}{8g}}$ . ①

Если сила есть, то  $a = \frac{13}{66}g$ , а время спуска  $\sqrt{\frac{17H}{3g}}$ .

## Чистовик

- ★ Так как CO  $y_0x$  и  $y_0'x'$  движатся с одинаковым ускорением  $a$ , то переходят из одной в другую не нужно добавлять никаких сил. Введем эти силы для удобства записи.

### Задача №5

Запишем уравнения Менделеева - Клапейрона для начального и конечного состояний.

- 1) Пусть  $\Delta V$  - изменение объема,  $\Delta P$  - изменение давления и  $\Delta T$  - изменение температуры.

$$\begin{cases} PV = \nu RT & (1) \\ (P + \Delta P)(V + \Delta V) = \nu R(T + \Delta T) & (2) \end{cases}$$

Но по условию:  $(P + \Delta P) = 0,99P$   
 $(V + \Delta V) = 1,02V$ , тогда:

$$\frac{P + \Delta P}{P} = 0,99; \quad \frac{V + \Delta V}{V} = 1,02.$$

Тогда поделим (2) на (1):  $\frac{P + \Delta P}{P} \cdot \frac{V + \Delta V}{V} = \frac{\nu R}{\nu R} \cdot \frac{T + \Delta T}{T}$

Подставив значения имеем:  $\frac{T + \Delta T}{T} = 0,99 \cdot 1,02 = 1,0098$ .

Тогда  $T + \Delta T = 1,0098T$ , тогда температура увеличилась на 0,98%

$$2) Q = \Delta U + A = \frac{3}{2} \nu R (T_k - T_n) + A = \frac{3}{2} \nu R (T + \Delta T - T) + A = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + A$$

$A = \int P dV$ , но так как  $\Delta P$  и  $\Delta V \ll 1$ , то  $A \approx P \Delta V$ , но

$$\Delta V = 1,02V - V = 0,02V, \text{ тогда } A \approx 0,02PV = 0,02\nu RT.$$

При этом  $\Delta T = 1,0098T - T = 0,0098T$ . Тогда:

$$Q \approx \frac{3}{2} \nu R \cdot 0,0098T + 0,02\nu RT = 0,0347\nu RT$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \cdot 0,0098T = 0,0147\nu RT.$$

$$\text{Тогда } \frac{Q}{\Delta U} = \frac{0,0347T}{0,0147T} \approx 2,36$$

Ответ: температура увеличилась на 0,98%,  
отношение полученной теплоты к изменению  
внутренней энергии газа  $\frac{Q}{\Delta U} \approx 2,36$ .

②