

Олимпиада «Физтех» по физике, 10 класс

Вариант 10-04

Класс 10

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без в.

1. Мальчик бросает железный шарик с вышки со скоростью $V_0 = 8$ м/с под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. В полете шарик все время приближался к горизонтальной поверхности Земли и упал на нее со скоростью $2,5V_0$.

- 1) Найти вертикальную компоненту скорости шарика при падении на Землю.
- 2) Найти время полета шарика.
- 3) Найти горизонтальное смещение шарика за время полета.

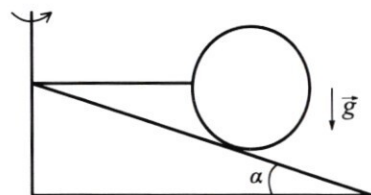
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

2. На противоположных концах тележки массы M , находящейся на гладкой горизонтальной поверхности, стоят два ученика одинаковой массы m каждый. Вначале система неподвижна. Один ученик бросает мяч, а другой ловит. Масса мяча m_1 . После броска тележка движется со скоростью V_1 . Продолжительность полета мяча T . Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

- 1) Найдите горизонтальную проекцию скорости V_0 мяча (относительно поверхности, на которой находится тележка) в процессе полета.
- 2) Найдите длину L тележки.
- 3) Найдите скорость V_2 тележки после того, как второй ученик поймает мяч.

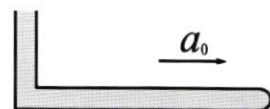
3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается горизонтально натянутой нитью, привязанной к вершине клина.

- 1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.
- 2) Найти силу натяжения нити, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина.



4. Тонкая Г-образная трубка с горизонтальным коленом, закрытым с одного конца, и вертикальным коленом высотой $H = 48$ мм, открытым в атмосферу, заполнена полностью ртутью (см. рис.). Если трубку двигать (в плоскости рисунка) с ускорением, не большим некоторого a_0 , то ртуть из трубки не выливается.

- 1) Найти давление P_1 внутри трубки в точке А, находящейся от вертикального колена на расстоянии $1/2$ длины горизонтального колена, если трубка движется с ускорением a_0 .
- 2) Найти давление P_2 в точке А, если трубка движется с ускорением $0,25a_0$.
- 3) Найти давление P_3 вблизи закрытого конца трубки, если она движется с ускорением $0,3a_0$.



Атмосферное давление $P_0 = 752$ мм рт. ст. Давлением насыщенных паров ртути в условиях опыта пренебречь. Ответы дать в «мм рт. ст.».

5. Поршень делит объем горизонтального герметичного цилиндра на две равные части, в каждой из которых находится вода и водяной пар при температуре $T = 373$ К. Масса воды в каждой части в 4 раза меньше массы пара. Поршень находится на расстоянии $L = 0,4$ м от торцов, площадь поперечного сечения поршня

$S = 25$ см². Масса M поршня такова, что $\frac{Mg}{S} = 0,02P_0$, здесь P_0 – нормальное атмосферное давление.

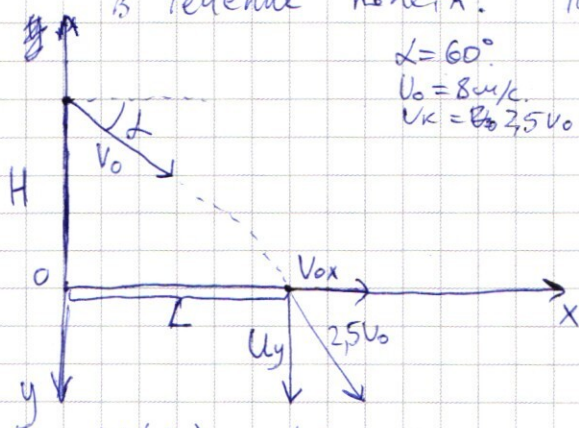
- 1) Найдите массу m воды в каждой части в начальном состоянии.
- 2) Цилиндр ставят на дно (ось цилиндра вертикальна). Найдите приращение Δm массы воды под поршнем к моменту установления равновесного состояния.

Температура в цилиндре поддерживается постоянной. Трение считайте пренебрежимо малым. Молярная масса водяного пара $\mu = 18$ г/моль, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К). Объем воды намного меньше объема пара.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1:

В условии сказано, что всё время полета шарик приближается к горизонтальной поверхности $\Rightarrow$ ~~нач~~ вертикальная составляющая скорости направлена вниз. Силы сопротивления воздуха нет $\Rightarrow$ горизонтальная составляющая скорости не меняется в течение полета. Пусть высота, на которой шарик бросают — H .



$$\alpha = 60^\circ$$

$$V_0 = 8 \text{ м/с}$$

$$V_k = 2.5 V_0$$

$$V_x(t) = \text{const} = V_{0x} = V_0 \cos \alpha$$

$$V_y(0) = V_{0y} = V_0 \sin \alpha$$

Пусть расстояние, которое шарик пролетел по горизонтали это L .

В конечный момент времени в момент со удара шарик движется со скоростью $2.5 V_0$. Пусть верт. составляющая — U_y , горизонт. — V_{0x} .

Тогда для этого момента справедливо

$$(2.5 V_0)^2 = U_y^2 + V_{0x}^2$$

$$U_y^2 = ((2.5)^2 - \cos^2 \alpha) V_0^2$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{2}$$

$$\sin \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$V_y(t) = V_y(0) + gt =$$

$$= V_0 \sin \alpha + gt$$

т.е. Пусть τ — время полета.

$$U_y(\tau) = U_y = \sqrt{(2.5)^2 - \cos^2 \alpha} V_0$$

$$U_y = V_0 \sin \alpha + g\tau$$

$$\tau = \frac{U_y - V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{V_0 (\sqrt{(2.5)^2 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)}{g}$$

$$= \frac{8 (\sqrt{6.25 - 0.25} - \frac{\sqrt{3}}{2})}{10} \approx \frac{4}{5} \left(2.45 - \frac{1.73}{2} \right) = \frac{4}{5} \cdot \frac{8}{5} = \frac{32}{25} = 1.28 \text{ с}$$

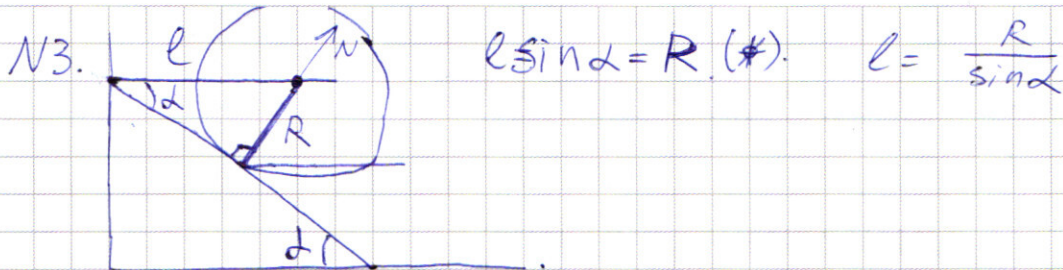
$$U_y = V_0 \sqrt{(2.5)^2 - \cos^2 \alpha} \approx 8 \cdot 2.45 = 19.6 \text{ м/с}$$

$$L = V_x \tau \quad \text{т.к. } V_x = \text{const}$$

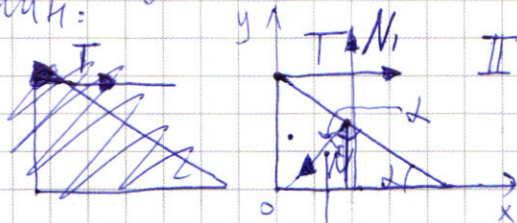
$$L = V_0 \cos \alpha \tau = 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1.28 = 5.12 \text{ м}$$

Ответ:

1. 19.6 м/с
2. 1.28 с
3. 5.12 м



Расставим силы, действующие на каждое из тел:
Книга: Пусть масса книги - M .



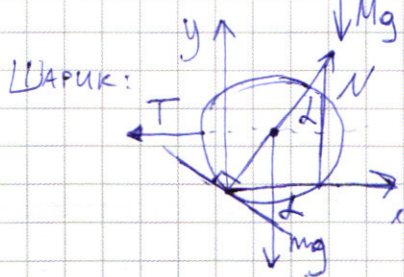
II закон Ньютона для оси OX:

$$0 = T - N \sin \alpha$$

T - сила натяжения

$$T = N \sin \alpha \quad (1)$$

T_1 - сила натяжения при вращ.



II закон Ньютона для оси OY:

$$0 = N \cos \alpha - mg \quad (2)$$

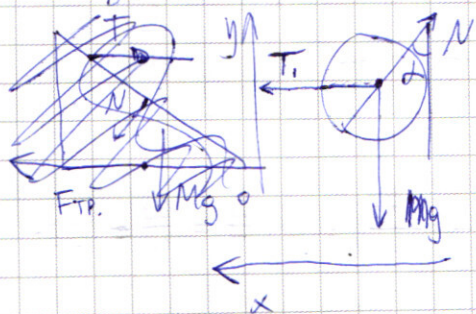
$$N = \frac{mg}{\cos \alpha}$$

$$\text{из (1) и (2) } T = mg \tan \alpha$$

Если система вращается относительно оси, прох. через вершину книги, то расстояние от оси до центра масс шарика l .

$$l = \frac{R}{\sin \alpha} \quad (*)$$

Тогда для шарика:



II закон Ньютона для OY:

$$N \cos \alpha = mg$$

$$N = \frac{mg}{\cos \alpha} \quad (3)$$

для OX:

$$ma = T_1 - N \sin \alpha = T_1 - mg \tan \alpha \quad (3)$$

а ускорение при вращательном движении равно $a = \omega^2 R \sin \alpha$.
В любом случае $a = \omega^2 l = \frac{\omega^2 R}{\sin \alpha}$

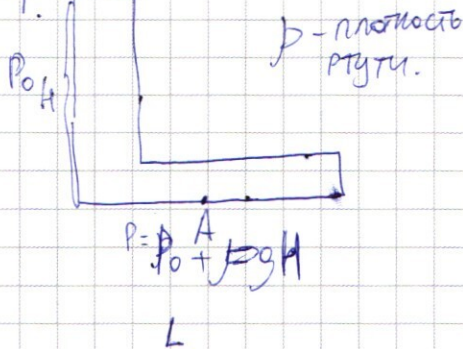
$$\text{тогда } T_1 = m \left(\frac{\omega^2 R}{\sin \alpha} + g \tan \alpha \right)$$

Ответ: 1. $T = mg \tan \alpha$

2. $T_1 = m \left(\frac{\omega^2 R}{\sin \alpha} + g \tan \alpha \right)$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

НЧ. В покое:

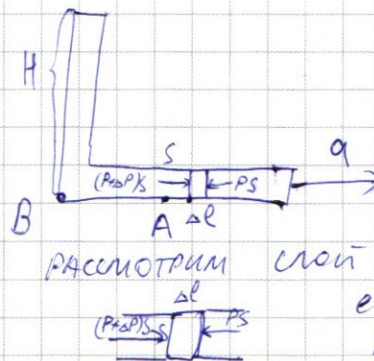


$P_0 = 752 \text{ мм. рт. столба.}$

$H = 48 \text{ мм.}$

Тогда $\rho g H = 48 \text{ мм. рт. столба.}$

При равноускоренном движении:



Пусть граница горизонт.
колена L .

Пусть сечение S .

Рассмотрим слой Δl .

его масса $\Delta m = \rho S \Delta l$.

Пусть слева давление $P + \Delta P$
справа P .

Тогда по II ЗН:

$$\Delta m a = (P + \Delta P) S - P S =$$

$$\Delta P S$$

$$a \cdot \rho S \Delta l = \Delta P S$$

$$a \cdot \rho \Delta l = \Delta P$$

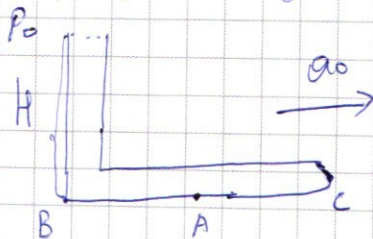
просуммируем по всей длине горизонт.
колена и получим:

$$\rho L a = P.$$

Получим

Полученное давление является необходимым в точке В,
чтобы сосуд двигался с ускорением a и ртуть не выливалась.
Если давление будет меньше, то ртуть выльется.

Тогда при движении с ускорением a_0 :



с другой стороны
давление в точке В
равно $P_B = P_0 + \rho g H$

$$\rho L a_0 = P_0 + \rho g H$$

Тогда

$$P_B = P_0 + \rho g H = \rho L \frac{a_0}{4} + P_C = \rho L a_0$$

в точке С

давление в точке С. $P_C = 0$.

давление в точке $P_B = \rho L a_0$

~~зависимость давления в точке~~
линейно

давление в точке зависит от длины
колена, которую нужно разогнать.

$$\text{Тогда в точке } A \quad P_A = \frac{P_B + P_C}{2} = \frac{P_0 + \rho g H}{2} =$$

$$\frac{752 + 48}{2} = 400 \text{ мм. рт. столба.}$$

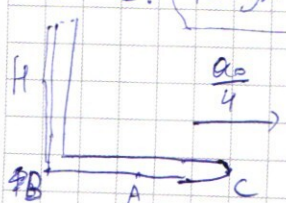
Тогда

$$P_C = \frac{3}{4} \rho L a_0$$

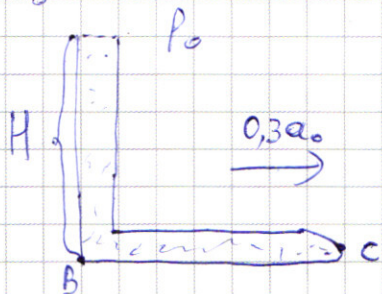
$$P_A = \frac{P_B + P_C}{2} = \frac{\frac{7}{4} \rho L a_0}{2} =$$

$$\frac{7}{8} \rho L a_0 = \frac{7}{8} (P_0 + \rho g H) = 700 \text{ мм. рт. ст.}$$

случай 2.



случай 3.



$$p_0 = p_0 + \rho g H = \rho L a_0$$

$$p_B = 0,3 \rho L a_0 + p_c$$

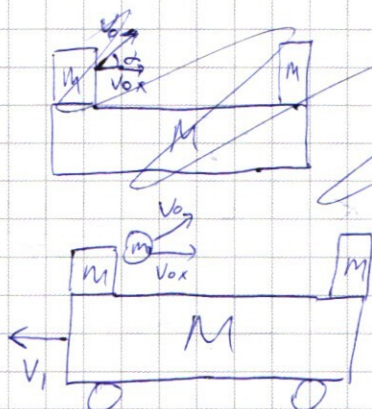
$$0,7 \rho L a_0 = p_c$$

$$p_c = 0,7 (p_0 + \rho g H) = 0,7 \cdot 800 = 560 \text{ мм. рт. ст.}$$

- Ответ: 1. ~~400~~ мм. рт. ст.
2. 700 мм. рт. ст.
3. 560 мм. рт. ст.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N2.



Рассмотрим момент броска:

~~ЗЗУ~~ ЗЗУ:

$$x: 0 = m_{0x} - m_1 - (m+M)V_1$$

и скорость мальчика, который

Рассмотрим моменты до и после броска:

ЗЗУ:

$$x: 0 = m_{0x} - (2m+M)V_1$$

Вертикальная составляющая скорости
мячика компенсируется силой реакции опоры
земля-тележка,

Тогда горизонт. сост. скорости равна.

$$V_{0x} = \frac{(2m+M)V_1}{m_1}$$

Второй мальчик поймает мячик, когда расстояние
между ним и мячиком станет близким к нулю.

Их скорость будет также равна ($V_{0x} = V_1$).

$$\text{Тогда } L = (V_{0x} + V_1)T = V_1 \frac{2m+M+m_1}{m_1} T$$

Когда он поймает шарик, то...

$$\text{ЗЗУ: } -(2m+M)V_1 + m_1 V_{0x} = (2m+M+m_1)V_2$$

$$V_2 = 0.$$

$$\text{Ответ: } 1. V_{0x} = \frac{2m+M}{m_1} V_1$$

$$2. L = V_1 T \frac{2m+M+m_1}{m_1}$$

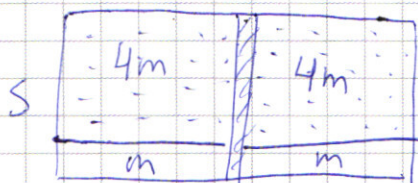
$$3. V_2 = 0$$

N5. $T = 373 \text{ K}$. $P_0 = 10^5 \text{ Па}$.

УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ПАРА

для начального момента
Времени:

$$P_0 V = \frac{4m}{\mu} RT$$



$$\frac{Mg}{S} = 0,02 P_0$$

$$V = LS \quad R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$$\mu = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$L = 0,4 \text{ м}$$

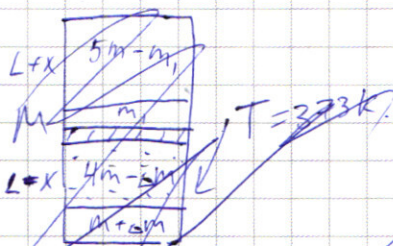
$$S = 25 \text{ см}^2 =$$

$$25 \cdot (10^{-2})^2 \text{ м}^2 =$$

$$2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$m = \frac{P_0 V \mu}{4RT} \approx 0,365 \text{ г}$$

$$M = \frac{0,02 \cdot 10^5}{10} \cdot 8,31 \cdot 10^{-3} = \frac{2 \cdot 2,5}{10} = 0,5 \text{ кг}$$



$$(L+x)SP_1 = \frac{5m-m_1}{\mu} RT$$

$$(L-x)SP_2 = \frac{4m-\Delta m}{\mu} RT$$

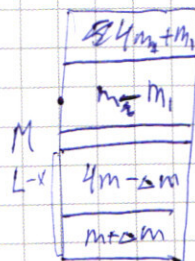
$$P_2 S - P_1 S = (m_1 + M)g$$

$$S(P_2(L-x) - P_1(L+x)) = \frac{RT}{\mu} (4m - \Delta m - 5m_1)$$

$$(P_2 - P_1)S = (m_1 + M)g$$

$$\frac{P_2(L-x) - P_1(L+x)}{P_2 - P_1} = \frac{RT}{\mu g} \frac{m_1 - m - \Delta m}{m_1 + M}$$

$$(m_1 + M) \left(L(P_2 - P_1) - x(P_1 + P_2) \right) = (P_2 - P_1) (m_1 - m - \Delta m)$$



$$P_2(L-x)S = \frac{4m - \Delta m}{\mu} RT$$

$$((m - m_1) + M)g = (P_2 - P_1)S$$

$$P_1(L+x)S = \frac{4m + m_1}{\mu} RT$$

$$P_2 = \frac{RT}{\mu S} \frac{4m - \Delta m}{L - x}$$

$$P_1 = \frac{RT}{\mu S} \frac{4m + m_1}{L + x}$$

$$\frac{P_2(L-x)}{P_1(L+x)} = \frac{4m - \Delta m}{4m + m_1}$$

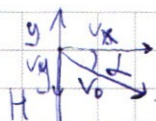
$$(P_2 - P_1)S = \frac{RT}{\mu} \left(\frac{4m - \Delta m}{L - x} - \frac{4m + m_1}{L + x} \right)$$

$$(m - m_1 + M)$$

$$\text{Ответ: } 1. 0,365 \text{ г}$$

$$P_2 (m - m_1 + M)g = \frac{RT}{\mu} \frac{(4m - \Delta m)(L + x) - (4m + m_1)(L - x)}{(L^2 - x^2)}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



N1.

$$u = 2,5V_0$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$V_x = \text{const} = V_0 \cos \alpha$$

$$V_y(t) = V_0 \sin \alpha + gt$$

$$V_x^2 + V_y^2(t) = u^2$$

$$V_y^2(t) = u^2 - V_x^2 = ((2,5)^2 - 1)V_0^2 = 5,25V_0^2$$

$$V_{y1} \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} \approx \frac{1,71}{2} \approx 0,855$$

$$1: V_y(t) = \sqrt{5,25} V_0$$

$$\cos 60^\circ = \frac{1}{2}$$

$$V_y(t) = V_0 \sin \alpha + gt = V_0 \sqrt{5,25}$$

$$\sqrt{5,25} \approx$$

$$\approx \sqrt{5,25} = 2,3^2$$

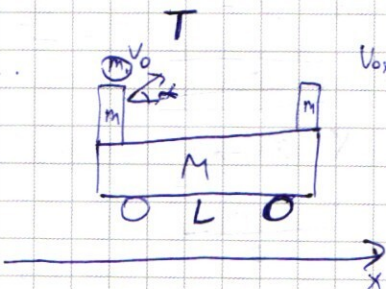
$$gt = V_0 (\sqrt{5,25} - \sin \alpha)$$

$$2: t = \frac{V_0 (\sqrt{5,25} - \sin \alpha)}{g}$$

$$\sqrt{5,25} \approx 2,3$$

$$\Delta X = V_x t = V_0 \cos \alpha t = \frac{V_0^2 \cos \alpha (\sqrt{5,25} - \sin \alpha)}{g}$$

N2.

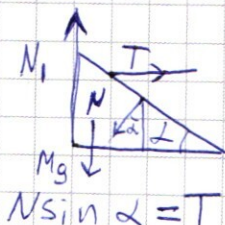
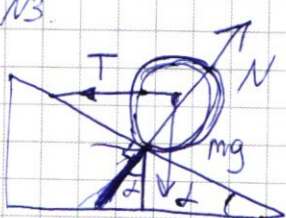


$$V_{0x} = V_0 \cos \alpha$$

$$1: 0 = m_1 V_0 \cos \alpha - (m + M) V_1 + m u$$

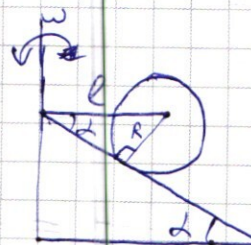
$$2: (V_0 \cos \alpha + V_1) T = L$$

N3.



$$N \sin \alpha = T$$

$$T = \frac{mg}{\cos \alpha} \sin \alpha = mg \tan \alpha$$



$$l \sin \alpha = R$$

$$l = \frac{R}{\sin \alpha}$$



$$N \cos \alpha = mg$$

$$N = \frac{mg}{\cos \alpha}$$

$$a = \frac{V^2}{l} = \frac{\omega^2 l^2}{l} = \omega^2 l$$

$$mg = N \cos \alpha$$

$$N = \frac{mg}{\cos \alpha}$$

$$a = \omega^2 l$$

$$ma = T - N \sin \alpha$$

$$m \omega^2 l = T - \sin \alpha \frac{mg}{\cos \alpha}$$

$$T = m(\omega^2 l + g \tan \alpha) = m\left(\frac{\omega^2 R}{\sin \alpha} + g \tan \alpha\right)$$

12.

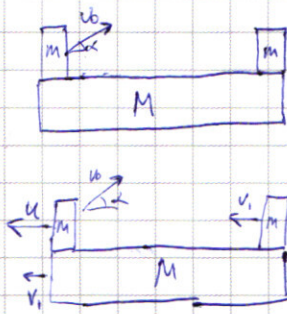
(M)

(m)

(m₁)

(V₁)

(T)



1: $0 = m_1 v_{0x} - (M+m) v_1 - m_1 u$ ~~u~~ $v_{0x} = \frac{(M+m) v_1}{m_1}$

2: ~~$v_0 \sin \alpha$~~ $(v_1 + v_{0x}) T = L$ $L = \frac{v_1 (M+m)}{m_1} T$

~~Impulse conservation~~

$-(m+M) v_1 + m_1 v_{0x} = M v_2 + (m_1+m) u_2$

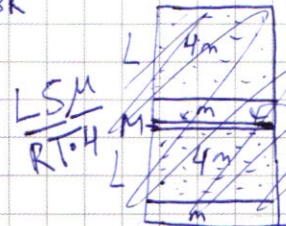
$m u = M v_2$

$L = ?$
 $v_{0x} = ?$
 $v_{2T} = ?$

15. $T = 373 K$

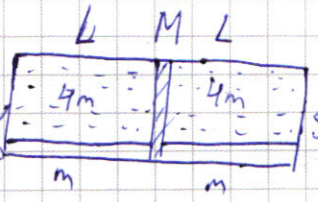
$R = 8,31 \frac{J}{mole \cdot K}$ $\mu = 18 \frac{g}{mole}$ $P_0 = 10^5 Pa$
 $S = 25 cm^2 = 25 \cdot 10^{-4} m^2 = 2,5 \cdot 10^{-3} m^2$

$\frac{32}{25} \frac{25}{10} \frac{10}{60} \frac{60}{100} \frac{m}{p} = \frac{LSM}{RT \cdot 4}$



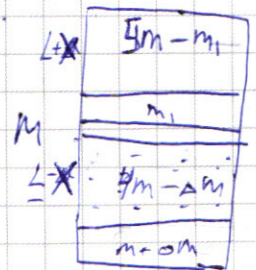
$\frac{Mg}{S} = 0,02 P_0$
 $N = P_1 S + mg$
 $N = P_1 S + Mg$
 $m = M = \frac{0,02 P_1 S}{g}$

$\frac{2,45}{21} \frac{21}{12} \frac{12}{25} \frac{25}{10} \frac{10}{99} \frac{99}{61} \frac{61}{0,02} \frac{m}{p}$



$P V = \frac{4m}{\mu} RT$

P.



$V_1 = (L+x) S$
 $V_2 = (L-x) S$

$V = LS$

$P = ?$ (T)

$m = ?$

$\frac{2,45 \times 2 - 1,71}{2}$

$P_1 V_1 = \frac{5m - m_1}{\mu} RT_1$

3 macro
 T_1
 P_1, P_2
 x

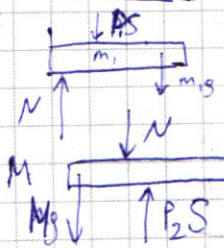
$2,45 - 0,855 = 1,595$

$P_2 V_2 = \frac{4m - 5m_1}{\mu} RT_1$

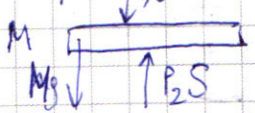
$\frac{2,45}{0,85} \frac{0,85}{1,60}$

$\frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{5m - m_1}{4m - 5m_1}$

$\frac{P_1 (L+x)}{P_2 (L-x)} = \frac{5m - m_1}{4m - 5m_1}$



$N = P_1 S + m_1 g$



$N + P_2 S + Mg = P_2 S$
 $P_1 S + m_1 g + Mg = P_2 S$
 $m_1 = \frac{S(P_2 - P_1)}{g}$

$M = \frac{0,02 P_0 S}{g}$

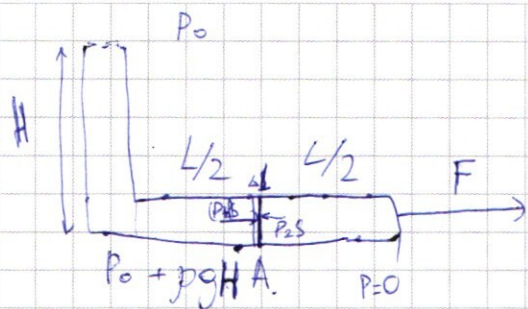
$8 \times \frac{2,45}{8} = 19,60$

$\frac{1,28}{25} \frac{25}{640} \frac{640}{520} \frac{520}{0}$

$\frac{1,28}{4} = 5,12$

$S(P_2(L-x) - P_1(L+x)) = \frac{RT_1}{\mu} (4m - 5m_1 - 5m + m_1) = \frac{RT_1}{\mu} (m_1 - 5m - m)$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$ma_0 = F$$

$$m = \frac{F}{a_0}$$

$$\Delta m = \rho S \Delta l$$

$$\Delta ma_0 = P_1 S - P_2 S$$

$$\rho S \Delta l a_0 = (P_1 - P_2) S$$

$$\rho \Delta l a_0 = \Delta P$$

$$\rho L a_0 = P$$

$$\frac{\rho V M}{4RT} =$$

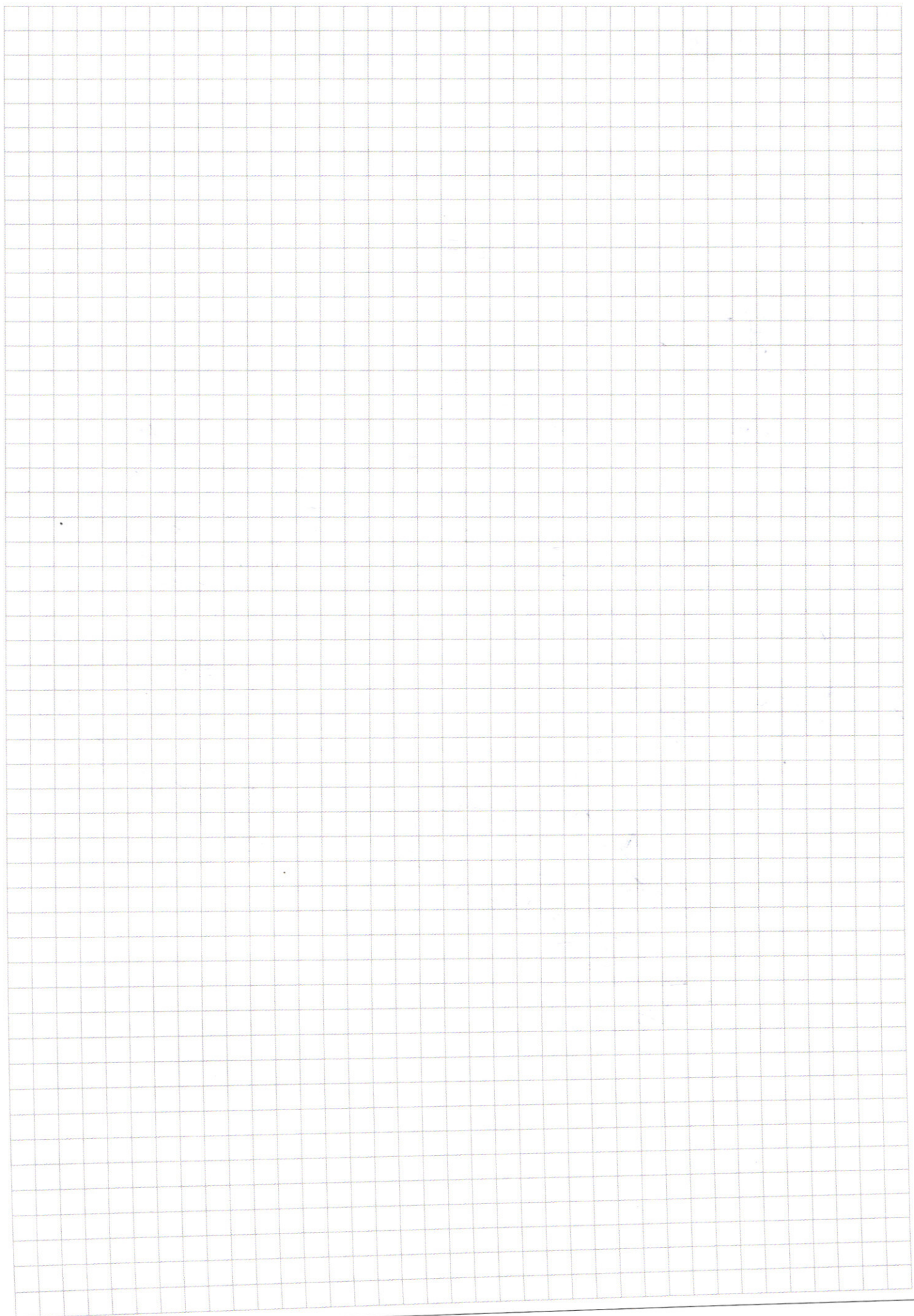
$$\frac{5 \cdot 2.5 \cdot 10 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 8.31 \cdot 373} =$$

$$\frac{3730}{625} \approx \frac{3125 + 605}{625}$$

$$\frac{5 \cdot 18 \cdot 3}{83720 \cdot 8.31} = \frac{1}{2.77} = \frac{100}{272}$$

$$8.31 = \frac{625 + 121}{12.5} = \frac{746}{12.5}$$

$$\frac{8.18 \cdot 185 \cdot 100}{746 \cdot 277} = \frac{100}{277} \approx 0.365$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)