

Олимпиада «Физтех» по физике, 10 класс

Класс 10

Вариант 10-03

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

1. Мальчик бросает стальной шарик с вышки со скоростью $V_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. В полете шарик все время приближался к горизонтальной поверхности Земли и упал на нее со скоростью $2V_0$.

1) Найти вертикальную компоненту скорости шарика при падении на Землю.

2) Найти время полета шарика.

3) С какой высоты был брошен шарик?

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. Длина тележки L . Вначале система неподвижна. Один ученик бросает мяч, а другой ловит. Масса мяча m_1 . В процессе полета горизонтальная составляющая скорости мяча относительно поверхности, на которой находится тележка, равна V_0 .

1) Найдите скорость V_1 тележки после броска.

2) Найдите продолжительность T полета мяча.

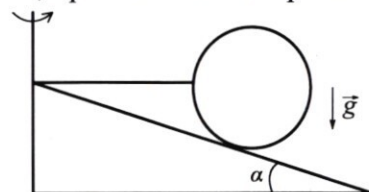
3) Найдите скорость V_2 тележки после того, как второй ученик поймает мяч.

Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

3. Однородный шар массой m находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается горизонтально натянутой нитью длиной L , 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.

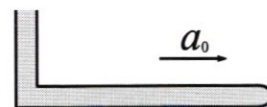


4. Тонкая Г-образная трубка с горизонтальным коленом, закрытым с одного конца, и вертикальным коленом высотой $H = 40$ мм, открытым в атмосферу, заполнена полностью ртутью (см. рис.). Если трубку двигать (в плоскости рисунка) с ускорением, не большим некоторого a_0 , то ртуть из трубки не выливается.

1) Найти давление P_1 внутри трубки в точке А, находящейся от вертикального колена на расстоянии $1/3$ длины горизонтального колена, если трубка движется с ускорением a_0 .

2) Найти давление P_2 в точке А, если трубка движется с ускорением $0,6a_0$.

3) Найти давление P_3 вблизи закрытого конца трубки, если она движется с ускорением $0,8a_0$.



Атмосферное давление $P_0 = 740$ 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 5 раз меньше массы пара. Поршень находится на расстоянии $L = 0,6$ м от торцов, площадь поперечного сечения поршня

$S = 20$ см². Масса M поршня такова, что $\frac{Mg}{S} = 0,01P_0$, здесь P_0 – нормальное атмосферное давление.

1) Найдите массу m воды в каждой части в начальном состоянии.

2) Цилиндр ставят на дно. Найдите вертикальное перемещение h поршня 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

Дано:

$$v_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$v_k = 2 v_0$$

1) v_k - ?

2) t - ?

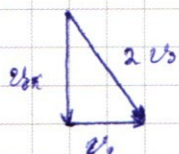
3) h - ?

Решение

Т.к. шарик в полете все время приближается к поверхности земли, то рисунок имеет вид:



1) Разобьем полную скорость на составляющие:



, где $v_x = v_0 \cdot \cos \alpha$ (горизонт. на вектор)

Поэтому: $v_k = \sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} = \frac{v_0 \cdot \sqrt{3}}{2} \approx 18 \text{ м/с}$

2) Для вертикальной составляющей скорости справедливо уравнение:

$$v_k = v_0 \sin \alpha + g t \Rightarrow t = \frac{v_k - v_0 \sin \alpha}{g} = 1,3 \text{ с}$$

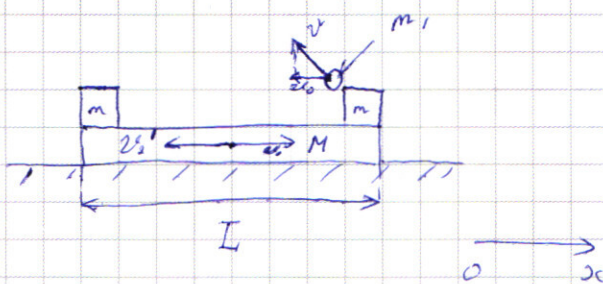
3) $h = v_0 \sin \alpha t + \frac{g t^2}{2} \approx 10 \text{ м}$

Ответ: 1) 18 м/с

2) 1,3 с

3) 10 м

N 2



1) v_1 - ?

2) T - ?

3) v_2 - ?

Решение:

1) Вертикальная составляющая скорости человека участвует в изменении скорости тележки.

Запишем ЗСИ в момент броска на ОХ:

$$v_0 \cdot m_1 = (2m + M) \cdot v_1 \Rightarrow v_1 = v_0 \cdot \frac{m_1}{2m + M}$$

2) Перейдем в систему отсчета движущегося тележки.

Тогда скорости человека и тележки:

$$v_m = (v_0 + v_1), \text{ тогда:}$$

$$L = v_m \cdot T \Rightarrow T = \frac{L}{v_m} = \frac{L}{v_0 + v_0 \frac{m_1}{2m + M}} = \frac{L}{v_0 (1 + \frac{m_1}{2m + M})}$$

3) Верно ложим его тележку сидит на месте

Тогда запишем ЗСИ в момент, когда второй человек коснулся тележки на ОХ:

$$m_1 \cdot v_0 = (2m + M + m_1) \cdot v_2' \Rightarrow v_2' = v_0 \cdot \frac{m_1}{2m + M + m_1}$$

А так как тележка имеет скорость v_1 , то:

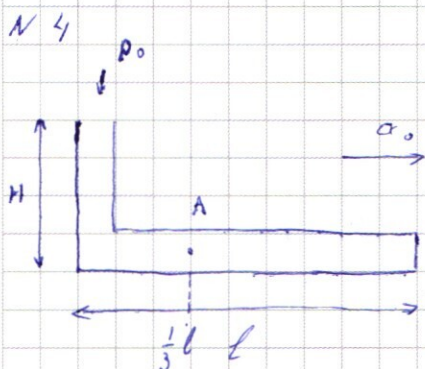
$$|v_2| = |v_2' - v_1| = v_0 \left(\frac{m_1}{2m + M} - \frac{m_1}{2m + M + m_1} \right)$$

Ответ: 1) $v_0 \cdot \frac{m_1}{2m + M}$

2) $\frac{L}{v_0 (1 + \frac{m_1}{2m + M})}$

3) $v_0 \left(\frac{m_1}{2m + M} - \frac{m_1}{2m + M + m_1} \right)$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Найти:

- 1) P_1 - ?
- 2) P_2 - ?
- 3) P_3 - ?

Решение:

- 1) Запишем равенство давлений в при ускорении a_0 :

$$P_0 + \rho g H = \rho l \cdot a_0$$

$$(P_0 = \rho g H_0, \text{ где } H_0 = 440 \text{ мм рт. ст.})$$

$$\rho g H_0 + \rho g H = \rho l a_0 \quad (1)$$

- 2) Запишем P_1 в точке H при ускорении a_0 :

$$P_1 = P_0 + \rho g H - \frac{l}{3} \rho a_0 \quad \text{из (1):}$$

$$P_1 = P_0 + \rho g H - \frac{1}{3} (\rho g H_0 + \rho g H) \quad , \text{ предположим } P_1 \text{ в мм рт. ст.};$$

$$P_1 = H_0 + H - \frac{1}{3} (H_0 + H) = 520 \text{ мм рт. ст.}$$

- 3) Найдем P_2 в точке A при ускорении $0,6 a_0$:

$$P_2 = P_0 + \rho g H - \frac{l}{3} \cdot 0,6 a_0 \rho = P_0 + \rho g H - \frac{2}{10} a_0 \rho l$$

Аналогично с 2):

$$P_2 = H_0 + H - \frac{2}{10} (H_0 + H) = 624 \text{ мм рт. ст.}$$

- 4) Найдем P_3 :

$$P_3 = \cancel{P_0 + \rho g H} \quad P_0 + \rho g H - 0,8 a_0 \rho l$$

Аналогично с 2:

$$P_3 = H_0 + H - \frac{6}{10}(H_0 + H) = 156 \text{ мм рт. ст.}$$

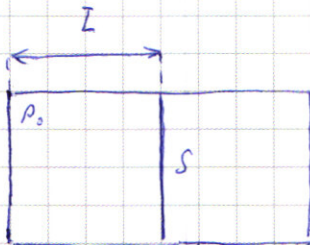
Ответ: 1) 520 мм рт. ст.

2) 624 мм рт. ст.

3) 156 мм рт. ст.

N 4

1)



Найти:

1) m - ?

2) k - ?

Запишем у-е Менделеева-Клапейрона для одной молекулы
и софизм:

$$P_0 V_0 = \nu_0 R T, \text{ (где } P_0 \text{ - атмосферное давление, т.к. } T = 373^\circ K = 100^\circ C, \\ V_0 = L \cdot S.)$$

$$P_0 \cdot L \cdot S = \frac{m_n}{\mu} R T \Rightarrow m_n = \frac{P_0 \cdot L \cdot S \cdot \mu}{R T}$$

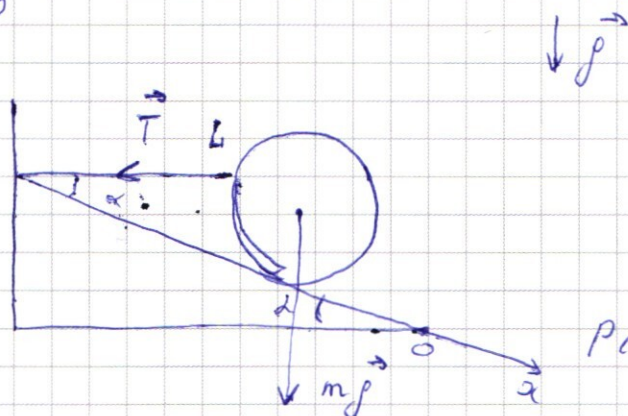
а так как $m = \frac{1}{5} m_n$; то:

$$m = \frac{P_0 \cdot L \cdot S \cdot \mu}{5 R T} \approx \frac{1}{13,3} \approx 0,082$$

масса воды движущаяся в правой и левой части.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 3



Найти:

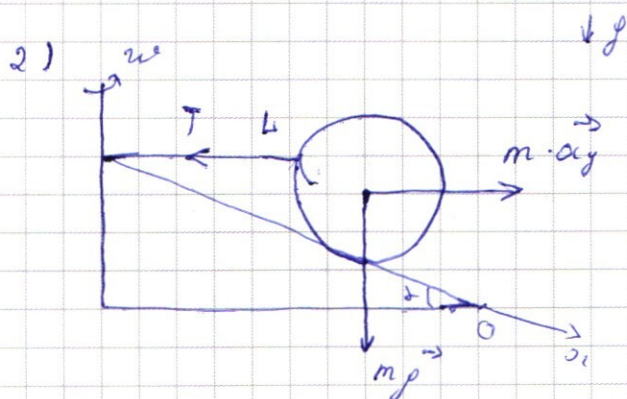
1) T_1 - ?

2) T_2 - ?

Решение:

1) Когда ~~сфера~~ находится в покое, запишем 2-ой закон Ньютона на ось Ox :

$$T_1 \cos \alpha = m g \sin \alpha \Rightarrow T_1 = m g \cdot \tan \alpha$$



$$a_x = \omega^2 L$$

Запишем 2-ой закон Ньютона на ось Ox :

$$T_2 \cos \alpha = m a_x \cos \alpha + m g \sin \alpha$$

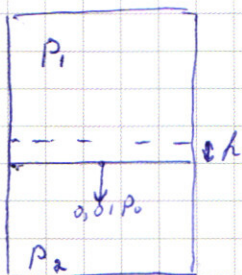
$$T_2 = \frac{m a_x \cos \alpha + m g \sin \alpha}{\cos \alpha} = m a_x + m g \tan \alpha =$$

$$= m (\omega^2 L + g \tan \alpha)$$

Ответ: 1) $m g \tan \alpha$; 2) $m (\omega^2 L + g \tan \alpha)$

N 4

2)



$$P_1 + 0,01 P_0 = P_2 \quad (1)$$

$$V_1 + V_2 = 2 V_0 \quad (2)$$

Тиск тиск рівняння по висоті рівності
попра зміна об'єму, знач

Во второму случаі зміна тиску:

$$P_1 V_1 = \nu_1 R T \quad (3)$$

$$P_2 V_2 = \nu_2 R T$$

Припустимо, що $P_2 \rightarrow P_0$,
 $P_1 < P_0$,

Тоді ~~буде~~ і буде зміна тиску
зміна на границях величин:

Тоді из (1):

$$P_0 - \Delta P + 0,01 P_0 = P_0 + \Delta P \Rightarrow 2 \Delta P = 0,01 P_0 \Rightarrow \Delta P = 0,005 P_0$$

Из (3) и (2):

$$(P_0 - \Delta P) V_1 = \frac{m_1 - \Delta m}{\mu} R T \Rightarrow \frac{\mu (P_0 - \Delta P) V_1}{R T} = m_1 - \Delta m \quad (4)$$

$$(P_0 + \Delta P) V_2 = \frac{m_1 + \Delta m}{\mu} R T \Rightarrow \frac{\mu (P_0 + \Delta P) V_2}{R T} = m_1 + \Delta m \quad (5)$$

(4) + (5):

$$2 m_1 = \frac{\mu (P_0 - \Delta P) V_1 + \mu (P_0 + \Delta P) V_2}{R T} \quad (2)$$

$$m_1 = \frac{\mu ((P_0 - \Delta P) V_1 + (P_0 + \Delta P) V_2)}{2 R T}$$

$$= \frac{\mu (P_0 V_0 + P_0 \Delta V - \Delta P V_0 - \Delta P \Delta V + P_0 V_0 + P_0 \Delta V + \Delta P V_0 - \Delta P \Delta V)}{2 R T}$$

$$= \frac{\mu (2 P_0 V_0 - 2 \Delta P \Delta V)}{2 R T} = \frac{\mu P_0 V_0 - \mu \Delta P \Delta V}{R T} \Rightarrow \Delta P \Delta V = \frac{R T m}{\mu}$$



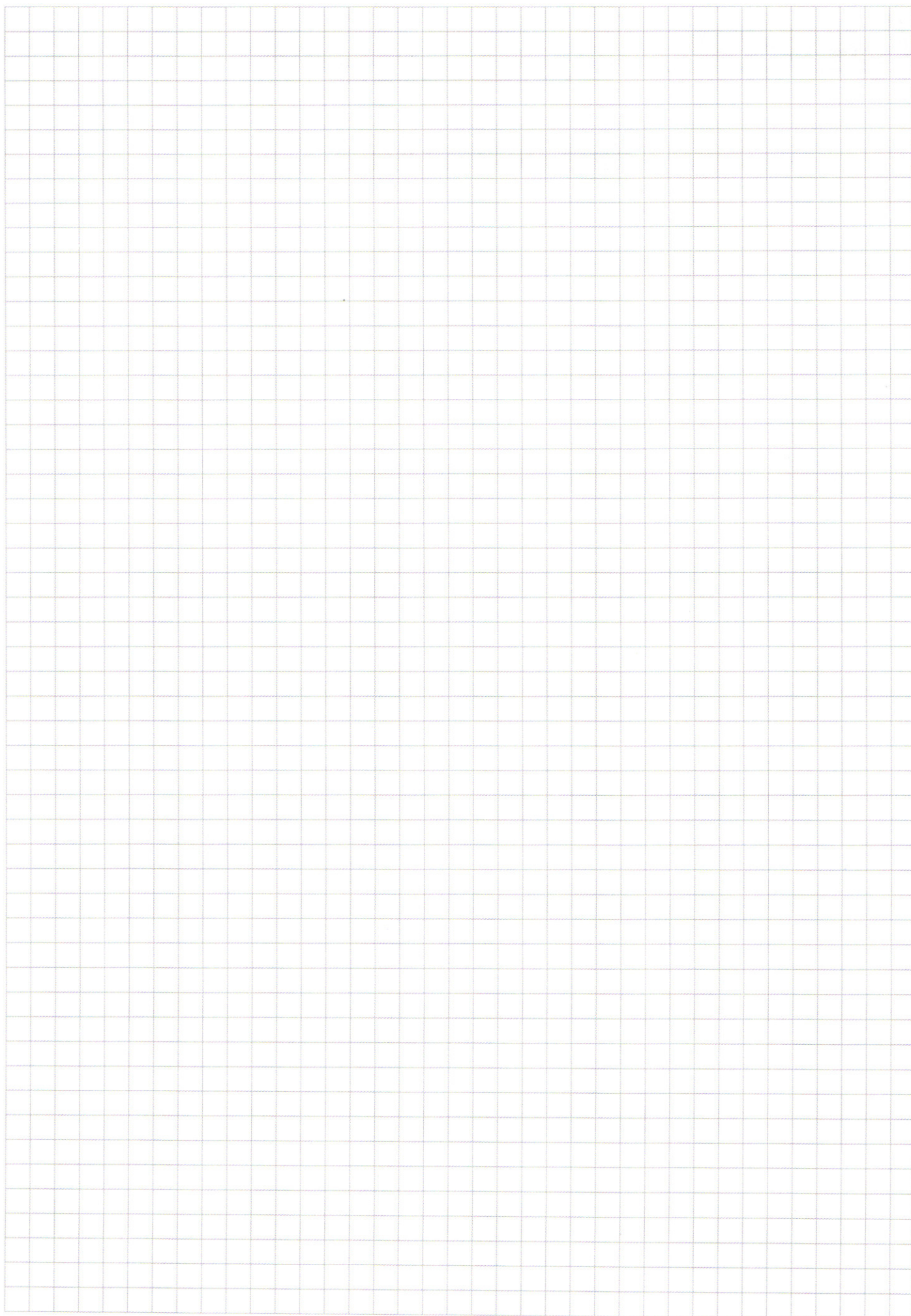
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

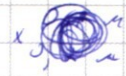
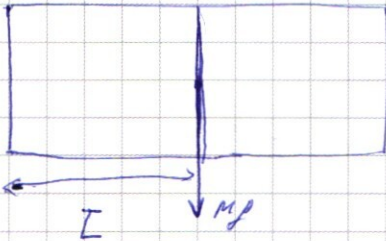
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 6

$$T = 300 \text{ K}$$

$$m_0 = \frac{1}{5} m_n$$

1) $m_0 = ?$



$$\begin{aligned} & \times 0,01 \text{ м} \\ & 0,2 \text{ м} \\ & \hline & 0,202 \text{ м} \end{aligned}$$

$$P_0 \cdot V_0 = \nu_0 R T$$

$$P_0 V_0 = \frac{m_n}{\mu} R T \Rightarrow m_n = \frac{P_0 V_0 \cdot \mu}{R T} =$$

$$m_0 = \frac{1}{5} m_n = \frac{P_0 V_0 \cdot \mu}{R T \cdot 5} = \frac{10^5 \text{ Па} \cdot 0,2 \text{ м}^3 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{8,31 \cdot 300 \text{ К} \cdot 5} =$$

$$= \frac{10 \cdot 0,2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 300 \cdot 5} = \frac{4 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 300} = \frac{232}{8,31 \cdot 300} = \frac{28}{300} = \frac{1}{10,7} \text{ кг}$$

$$\begin{array}{r} 18 \\ \times 24 \\ \hline 72 \\ 360 \\ \hline 432 \end{array}$$

$$m_2 (L + \Delta x) = 1,01 (L - \Delta x) m_1$$

$$m_2 L + m_2 \Delta x = 1,01 m_1 L - 1,01 m_1 \Delta x$$

$$m_0 L + m_0 \Delta x = m_1 L - m_1 \Delta x$$

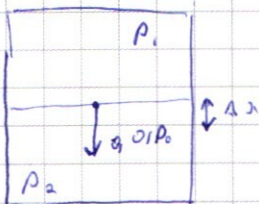
$$\begin{array}{r} 2320 \overline{) 2320} \\ - 1660 \\ \hline 660 \\ - 664 \\ \hline -4 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 375 \overline{) 28} \\ - 28 \\ \hline 93 \\ - 84 \\ \hline 9 \end{array}$$

$$\frac{28}{3} = 9,33$$

$$\begin{array}{r} 13 \overline{) 104} \\ - 104 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 83 \overline{) 166} \\ - 166 \\ \hline 0 \end{array}$$



$$P_0 + 0,01 P_0 = P_2$$

$$P_0 V_1' = \nu_1 R T$$

$$P_2 \cdot V_2' = \nu_2 R T$$

$$P_0 \cdot V_1' = \frac{m_1}{\mu} R T$$

$$1,01 P_0 \cdot V_2 = \frac{m_2}{\mu} R T$$

$$\frac{V_1'}{1,01 V_2} = \frac{m_1}{m_2}$$

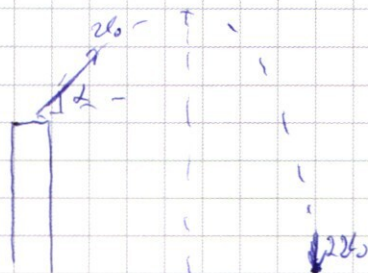
$$V_1' + V_2' = V$$

$$0,01 P_0 \cdot \Delta V = \frac{\Delta m_2}{\mu} R T$$

$$\frac{L + \Delta x}{1,01(L - \Delta x)} = \frac{m_1}{m_2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 1



$$16 = 4^2$$

$$9 = 3^2$$

$$3,7$$

$$\frac{4}{2}$$

$$\frac{3}{2}$$

$$\frac{4}{4,9}$$

$$v_0 - ?$$

$$t - ?$$

$$h - ?$$

$$x = 0,14 \cdot \frac{4}{5} = 0,112$$

$$v_0 = \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2} = \sqrt{0,14^2 + 0,18^2} = 0,23$$

$$v_{kx} = v_{0x} + g t$$

$$v_{ky} = v_{0y} \sin \alpha + g t$$

$$v_k = v_0 \cdot \cos \alpha$$

$$v_0 = \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2}$$

$$v_{kx}^2 + v_{ky}^2 = v_k^2$$

$$v_{0k} = \sqrt{v_{kx}^2 + v_{ky}^2} = \sqrt{4 v_0^2 + v_0^2 \cos^2 \alpha} = v_0 \sqrt{4 + \cos^2 \alpha} =$$

$$= v_0 \sqrt{4 + 0,25} = 10 \cdot \sqrt{4,25} = 10 \cdot 2,06 = 20,6$$

$$= 10 \text{ м/с} \cdot \sqrt{4 + \frac{9}{4}} = 10 \text{ м/с} \cdot \sqrt{\frac{25}{4}} = 10 \text{ м/с} \cdot \frac{5}{2} = 25 \text{ м/с}$$

$$v_{ky} = v_0 \sin \alpha + g t$$

$$g t = v_{ky} - v_0 \sin \alpha$$

$$t = \frac{v_{ky} - v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$h = v_0 \sin \alpha t + \frac{g t^2}{2}$$

$$18$$

$$\frac{10 \sqrt{9}}{2} = 5 \sqrt{9} = 15$$

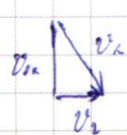
$$t = \frac{18 - 5}{10} = \frac{13}{10} \approx 1,3 \text{ с}$$

$$m_2 \vec{L} = 1,01 \text{ м}, \vec{L} = -m_1 \Delta x - m_2 \Delta x$$

$$L = 5 \cdot 1,3 + \frac{10 \cdot 1,3}{2} = 10,25$$

$$\vec{L} (m_2 = 0,01 \text{ м}) = -\Delta x (0,01 \text{ м} + m_2)$$

$$= 5(1,3 + 1,3) = 10,25$$

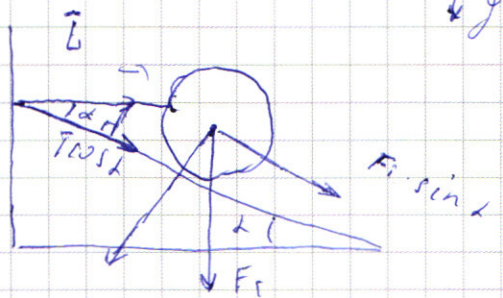


$$v_{0k} = \sqrt{v_{kx}^2 + v_{ky}^2} = \sqrt{4 v_0^2 + v_0^2 \cos^2 \alpha} = v_0 \sqrt{4 + \cos^2 \alpha} =$$

$$= v_0 \sqrt{4 + \frac{9}{4}} = v_0 \sqrt{\frac{25}{4}} = \frac{v_0 \cdot 5}{2} = \frac{10 \text{ м/с} \cdot 5}{2} = 25 \text{ м/с}$$

$$\approx 18 \text{ м/с}$$

N3

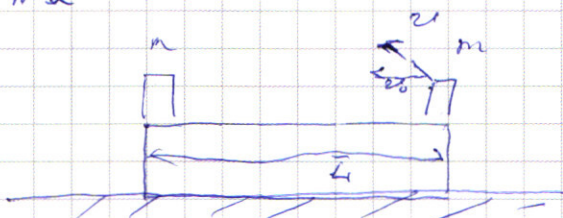


$$T \cdot \cos \alpha = F \cdot \sin \alpha$$

$$① T = m g \tan \alpha$$

$$② \text{ } \cancel{F \cos \alpha} \Rightarrow \text{ } \cancel{m g \sin \alpha}$$

N2



$$V_1 = ?$$

$$2) T = ?$$

$$3) V_2 = ?$$

1) ЗСЧ по ОХ:

$$v_0 m_1 = (2m + M) v_1$$

$$v_1 = v_0 \cdot \frac{m_1}{2m + M}$$

② Теорема импульсов до соприкоса v_1 :

$$v_m = (v_0 + v_1) \quad \bar{L} = (v_0 + v_1) \cdot T$$

$$T = \frac{\bar{L}}{v_0 + v_1} = \frac{\bar{L}}{v_0 + v_0 \frac{m_1}{2m + M}} = \frac{\bar{L}}{v_0 \left(1 + \frac{m_1}{2m + M}\right)}$$

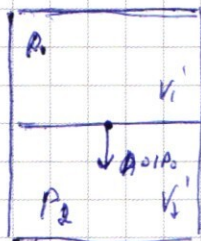
$$③ m_1 \cdot v_0 = (2m + M + m_1) \cdot v_2'$$

$$v_2' = v_0 \cdot \frac{m_1}{2m + M + m_1}$$

$$|v_2| = |v_2' - v_1| = \left| \frac{m_1}{2m + M + m_1} - \frac{m_1}{2m + M} \right| = m_1 \left(\frac{1}{2m + M + m_1} - \frac{1}{2m + M} \right)$$

$$= m_1 \left(\frac{1}{2m + M + m_1} - \frac{1}{2m + M} \right)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$P_1 + 0,01 P_0 = P_2$$

$$V_1' + V_2' = 2 V_0$$

$$P_1 V_1' = \frac{m_1}{\mu} R T$$

$$P_0 V = \frac{m_0}{\mu} R T$$

$$P_2 V_2' = \frac{m_2}{\mu} R T$$

$$P_0 (V_2 - V_1) = \frac{R T}{\mu} (m_2 - m_1)$$

$$P_0 \Delta V = \frac{(m - m_1)}{\mu} R T$$

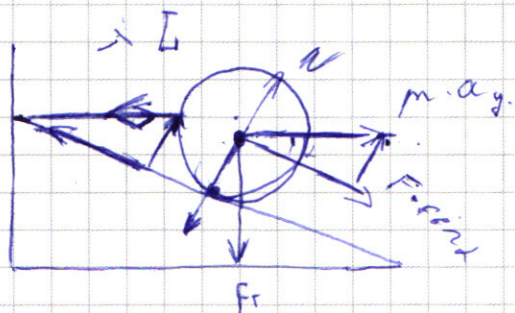
$$P_0 \Delta V = \frac{m_2 - m}{\mu} R T$$

$$m - m_1 = m_2 - m$$

$$m_1 - m_2 = 2 m$$

$$P_0 \Delta V =$$

№ 3



$$T \cdot \cos \alpha = F \cdot \sin \alpha$$

$$T = F \cdot \tan \alpha = m g \cdot \tan \alpha$$

$$a_y = \frac{v_y^2}{r} = \frac{v_0^2}{R} = \omega^2 R$$

$$\omega^2 R = a_y$$

$$a_y = \frac{v_0^2}{R} = \frac{\omega^2 R^2}{R} = \omega^2 R$$

$$T \cdot \cos \alpha = m \cdot a_y + m g \sin \alpha$$

$$-m g \cdot \cos \alpha + T \sin \alpha + m \cdot a_y \cdot \sin \alpha = 0$$

$$T = \frac{m g \cos \alpha - m a_y \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha} = m g (\cos \alpha - \frac{a_y}{g} \cos \alpha)$$

$$T = \frac{m (a_y \cdot \cos \alpha + g \sin \alpha)}{\sin \alpha} = \frac{m (\omega^2 L \cos \alpha + g \sin \alpha)}{\sin \alpha}$$

$$= m a_y \cos \alpha + g m = m (\omega^2 L \cos \alpha + g)$$

$$T \cos \alpha = m \cdot a_y + m g \sin \alpha$$

$$T \sin \alpha + m a_y \sin \alpha = m g \cos \alpha$$