

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 10-04

Класс 10

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

- ✓ 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.

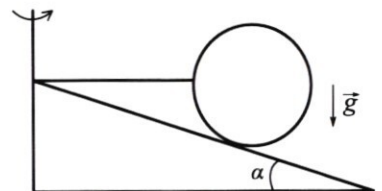
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

- ✓ 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.

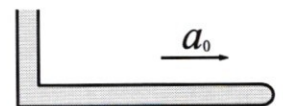
- ✓ 3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается горизонтально натянутой нитью, привязанной к вершине клина.

- 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

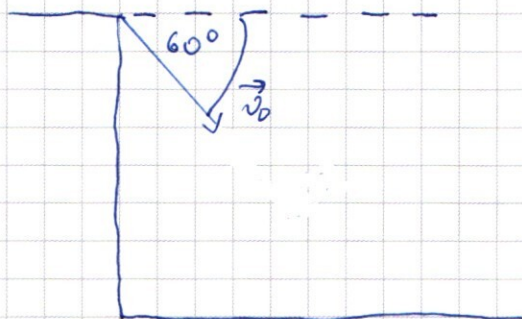
$S = 25$ см². Масса M поршня такова, что $\frac{Mg}{S} = 0,02P_0$, здесь P_0 – нормальное атмосферное давление.

- 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



Решение.

1) $v_x = \text{const};$

$$v_x = v_0 \cos \alpha;$$

$$v_{yx} = \sqrt{v_y^2 - v_x^2} = \sqrt{400 - 16} = \sqrt{384} = 8\sqrt{6} \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad \underline{\underline{1 \text{ балл}}}$$

2) $v_{y1} = v_0 \sin \alpha;$

$$v_{y2} = v_0 \sin \alpha + g t;$$

$$8\sqrt{6} = 4\sqrt{3} + g t;$$

$$t = \frac{8\sqrt{6} - 4\sqrt{3}}{10} = \frac{4\sqrt{3}(2\sqrt{2} - 1)}{10} \quad \underline{\underline{2 \text{ балла}}}$$

$$3) S_x = v_0 \cos \alpha \cdot t = 4 \cdot \frac{4\sqrt{3}(2\sqrt{2} - 1)}{10} = \frac{8\sqrt{3}(2\sqrt{2} - 1)}{5};$$

3 балла

$$\alpha = 60^\circ; \quad v_0 = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_k = 2,5 v_0 = 20$$

т.к. мяч вё

время приближался

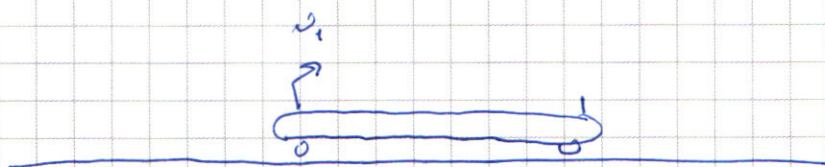
к п-ти земли, то

он брошен вниз под

углом (как показано
на рисунке).

√2

$$M; m; m_1; v_1; \\ T;$$



1) v_0 - скорость центра масс.

полюс

З.С.У.

$$m_1 v_{0x} = v_1 (2m + M);$$

$$v_{0x} = \frac{v_1 (2m + M)}{m_1} - \underline{1 \text{ балл}}$$

2) $T = \frac{L}{v_{0xy}};$

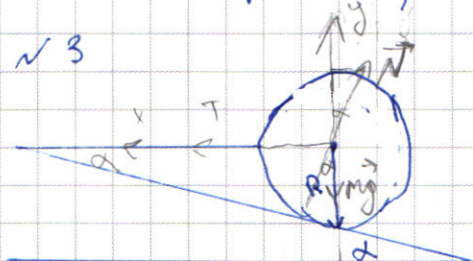
$$v_{0xy} = v_{0x} + v_1 = \frac{v_1 m_1 + v_1 (2m + M)}{m_1} = \frac{v_1 (2m + m_1 + M)}{m_1};$$

$$L = T \cdot \frac{v_1 (2m + m_1 + M)}{m_1} - \underline{2 \text{ балла}}$$

3) м.к. v_y часть по З.С.У. не сохраняется, (м.к. планка не падает вниз), то часть энергии теряется. $\Rightarrow$

скорость, когда 2 найдут равна 0. - 3 балла

√3



$$m; R; \alpha; \omega$$

$$\sum \vec{F} = m \vec{a}$$

$$m \vec{a} = \vec{N} + \vec{T} + m \vec{g};$$

1) $0y: mg = N \cos \alpha$

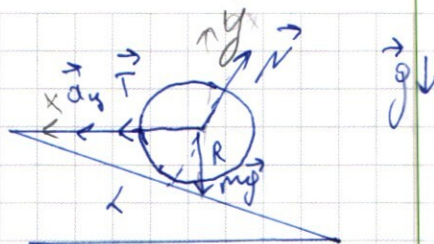
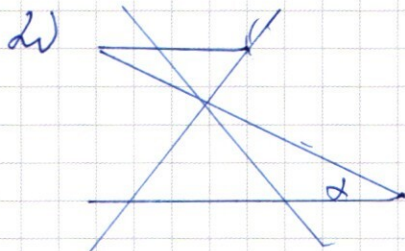
~~$mg \cos \alpha$~~

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

$0x: T = N \sin \alpha;$

$$T = mg \cdot \tan \alpha - \underline{1 \text{ балл}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\begin{aligned} O_y: mg &= N \cdot \cos \alpha; \quad N = \frac{mg}{\cos \alpha}; \\ O_x: m a_y &= T - N \sin \alpha \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_y &= \frac{v^2}{R} = \omega^2 R; \\ \omega &= \frac{2\pi}{T}; \\ \omega &= \frac{v}{R}; \\ v &= \omega R; \end{aligned}$$

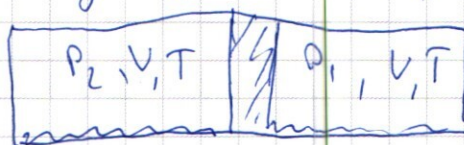
$$m \omega^2 l = T - mg \cdot \sin \alpha;$$

$$\begin{aligned} R &= L \cdot \sin \alpha; \quad L = \frac{R}{\sin \alpha}; \quad T = m \omega^2 l + mg \cdot \sin \alpha; \quad - \text{20 баллов} \\ l &= R \cdot \cos \alpha; \quad l = R \cdot \cos \alpha; \quad m \omega^2 R \cdot \cos \alpha + mg \cdot \sin \alpha. \end{aligned}$$

5) $T = 373 \text{ K}; \quad m_n = 4 \text{ мб}; \quad L = 0,4 \text{ м}; \quad S = 25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$

$p_2 = p_1 = p_0$, м.к. есть вода и $T = 373 \text{ K}$, $pV = \nu RT$;

$V = L \cdot S;$ $p_0 V_0 = \frac{m_n}{\mu} RT;$
 $m_n = \frac{p_0 V_0 \mu}{RT};$



$$\begin{aligned} m_b &= \frac{1}{4} m_n = \frac{10^5 \cdot 25 \cdot 10^{-4} \cdot 0,4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 8,31 \cdot 373} = \frac{18 \cdot 10^{-1}}{4 \cdot 8,31 \cdot 373} = \frac{0,54 \cdot 10^{-1}}{373} \\ &\approx 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \quad - \text{1 балл} \end{aligned}$$

2) когда цилиндр перевернут пар станет
по нас. (сверху) и вся вода перейдет
в пар.

$$\begin{aligned} p_1 + 0,01 p_0 &= p_0; \\ p_1 &= 0,99 p_0; \\ \text{сверху} \end{aligned}$$

$$P_1 (V + \Delta V) = \frac{1,25 m_n}{\mu} RT;$$

~~Реш~~

$$0,98 P_0 \cdot (V_0 + \Delta V) = \frac{1,25 m_n}{\mu} RT;$$

$$\Delta V = \frac{1,25 m_n}{\mu \cdot P_0 \cdot 0,98} - V_0;$$

для нижней лампы:

$$P_0 \cdot (V_0 - \Delta V) = \frac{(m_n + m)}{\mu} RT;$$

$$m_n - m = \frac{\mu P_0 V_0 - \mu P_0 \Delta V}{RT}$$

$$\Delta m = m_n - \frac{\mu P_0 V_0}{RT} + \frac{1,25 m_n}{0,98} - \frac{\mu P_0 V_0}{RT} =$$

$$= m_n - 2m_n + \frac{1,25 m_n}{0,98} = \frac{1,25 m_n}{0,98} - m_n = 0,27 m_n =$$

$$\approx 0,27 \cdot 6 \cdot 10^{-4} \approx 1,62 \cdot 10^{-4} \text{ кг};$$

2 Ответ.

14

1 Ответ - $752 + 48 = 800$ мм. рт. ст. - 1 Ответ.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$v_0 = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$v_1 = 2,5 v_0;$$

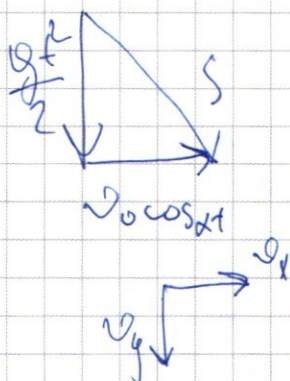
$$\alpha = 60^\circ;$$

$$v_y = v_0 \cos \alpha; \text{ т.к. } v_y = \text{const};$$

$$v_{y1} = v_1 - v_0 \cos \alpha = v_0 (2,5 - \cos \alpha) =$$

$$= v_0 \cdot 2 = v_0 = 16 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

анкетно.



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

$$16 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 8 \sqrt{3} + g t;$$

$$\frac{16 - 8\sqrt{3}}{10} = t;$$

$$16 - 0,4\sqrt{3} = t;$$

$$S_x = v_0 \cos \alpha \cdot t = (16 - 0,4\sqrt{3}) \cdot 4 =$$

$$=$$

записано.

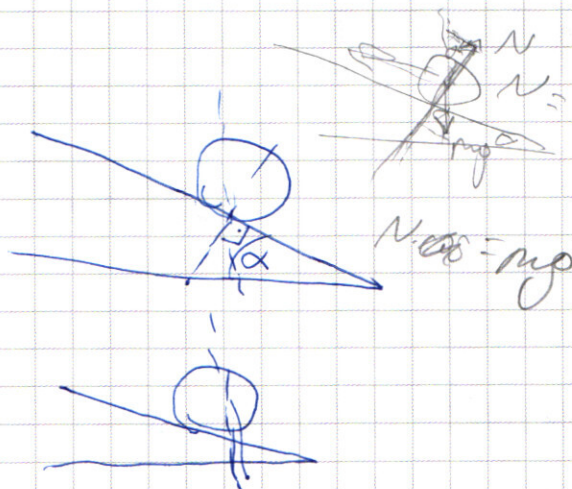
$$584 = 4 \cdot 191 = 2 \cdot 3 \cdot 64 =$$

$$= 2 \cdot 3 \cdot 8^2$$

$$64 \cdot \frac{1}{4} + 64 \cdot \frac{3}{4} = 64 \cdot 1;$$

√3

R;
α;
m;
ω;



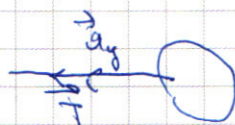
$$\sum \vec{F} = m\vec{a};$$

2

α = 0; $N = mg \cos \alpha;$

① $T = N \sin \alpha = \underline{mg \sin \alpha \cos \alpha}$, ответ.

α = 0;



$$\omega = \frac{2\pi}{T}; \quad v = \frac{2\pi R}{T};$$

$$\omega = \frac{v}{R};$$

$$v = \omega R;$$

$$a_y = \frac{v^2}{R};$$

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

$$m a_y = T - mg \sin \alpha;$$

α - unknown.

l;

$$R = l \sin \alpha;$$

$$l = R \cos \alpha;$$

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

l - unknown;

$$l = R \cot \alpha;$$

② $m\vec{a}_y = \vec{N} + \vec{T};$

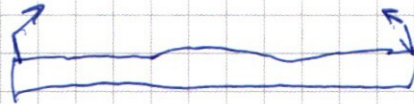
$$m \omega^2 l = N \sin \alpha + T;$$

$$T = m \omega^2 R \cot \alpha + mg \sin \alpha \cos \alpha = m \omega^2 R \cot \alpha + \frac{1}{2} mg \sin 2\alpha;$$

ответ.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\sqrt{2}$
 M ;
 m ; m
 $m_1 - \text{мш}$;
 v_1 ;
 T ;



пусть v_0 - скорость мш в конце
тогда $m_1 v_{0x} = (2m + M) v_1$ по ОХ:

$$① \quad v_{0x} = \frac{v_1 (2m + M)}{m_1};$$

$$T = \frac{L}{v_{0\text{ш}}}; \quad v_{0\text{ш}} = v_{0x} + v_1 = \frac{v_1 m_1 + v_1 (2m + M)}{m_1};$$

$$② \quad L = T \cdot \frac{v_1 (m_1 + 2m + M)}{m_1}$$

$$③ \quad \frac{m v_0^2}{2} = \frac{(2m + M) v_1^2}{2}$$

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

$$m_1 v_0^2 = v_1^2 (2m + M); \quad v_0 = v_1 \sqrt{\frac{2m + M}{m_1}}$$

$$v_{0x} \cdot m_1 - (2m + M) \cdot v_1 = (2m + m_1 + M) v_2; \quad v_0 = v_1 \sqrt{\frac{2m + M}{m_1}}$$

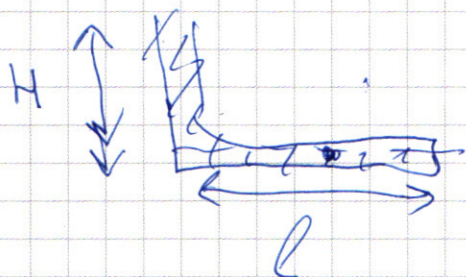
$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{(2m + M) v_1^2}{2}$ на часть
энергии, которая соот. равна $\frac{v_0^2 m_1}{2}$
теряется, т.к. пеленка не движется
вниз

→ скорость, когда 2-ой шаг,
равно ③

№4

если давление p_0 , то давление не измен.

①



$H = h_{\text{в.ч.}}$; $H = h_{\text{в.ч.}}$ - давление в мм рт.ст.; т.к. затортуют

① $P_1 = P_0 + P_{\text{рт.}} = P_0 + H$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$m_B = \frac{1}{4} m_A;$$

$$T = 373 \text{ K};$$

$$L = 94 \text{ м};$$

$$S = 25 \text{ см}^2 = 25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$



$$P_1 = P_2;$$

$$\text{м.к. } V_B \ll V_A;$$

$$0,54 / 373$$

~~уравнение Менделеева~~

$$pV = \nu RT;$$

$$\nu = \frac{m}{\mu}; \quad 0,54 / 373$$

м.к. есть вода, то паркоиспарения:

решить P и m при 373 K .

м.к. $T = 373 \text{ K}$, то P выходящего
 $= P_0$;

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

$$P \cdot L \cdot S = \frac{m}{\mu} RT;$$

$$m_A = \frac{P \cdot L \cdot S}{RT}; \quad m_B = \frac{1}{2} m_A;$$

$$H_g = 0,02 P_0 \cdot S;$$

м.к. T не знаем, то P_0 тоже.

$$\frac{4500}{4555} / 0,54$$

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

$$184 / 164,5$$

$$P_0 \cdot S + 0,02 P_0 \cdot S = P_L S;$$

$$1,5 / 183$$

$$4,88 / 1$$

$$P_0 = 10^5 \text{ Pa};$$

$$P_1 V_{\text{до HF}} = \frac{1,25 m_n}{\mu} RT;$$

$$P_0 (V_0 - \Delta V) = \frac{m_n + \Delta m}{\mu}$$

$$P_0 V_0 = \frac{m}{\mu} RT;$$

$$P_1 = P_0 \approx 0,02 P_0;$$

$$(P_0 - 0,02 P_0) \cdot (V_0 + \Delta V) = \frac{1,25 m_n}{\mu} RT;$$

$$\Delta V = \frac{1,25 m_n}{\mu \cdot (0,98 P_0)} RT - V_0;$$

$$P_0 (V_0 - \Delta V) = \frac{m_n - \Delta m}{\mu} RT;$$

$$P_0 V_0 - \frac{1,25 m_n RT}{\mu \cdot 0,98} + V_0 P_0 = \frac{m_n - \Delta m}{\mu} RT;$$

$$(m_n - \Delta m) RT = 2 P_0 V_0 \cdot \mu - \frac{1,25 m_n RT}{0,98}$$

$$\Delta m = \frac{2 P_0 V_0}{RT} \mu - \frac{1,25 m_n}{0,98} = 2 m_n - \frac{1,25 m_n}{0,98} =$$

$$\Delta m = -\frac{2 P_0 V_0}{RT} \mu + m_n + \frac{1,25 m_n}{0,98} =$$

$$= -2 \cdot m_n + m_n + \frac{1,25 m_n}{0,98}$$

$$\begin{array}{r} 27 \\ 6 \\ \hline 162 \\ 18 \end{array}$$