

Олимпиада «Физтех» по физике, 9

Вариант 10-01

Класс 10

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

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

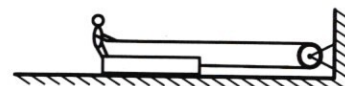
1) Найти вертикальную компоненту скорости камня при падении на Землю.

2) Найти время полета камня.

3) Найти горизонтальное смещение камня за время полета.

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

2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 5m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в оси блока можно пренебречь. Коэффициент трения между ящиком и полом μ .



1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?

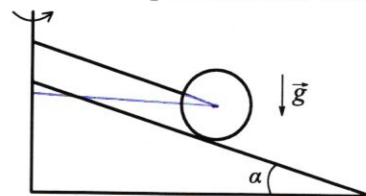
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

3) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности 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, а шар не отрывается от клина.

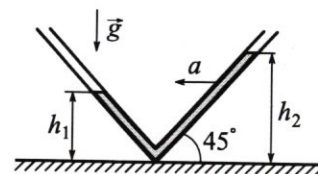


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

1) Найдите ускорение a трубки.

2) С какой максимальной скоростью V будет двигаться жидкость относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет»)?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.



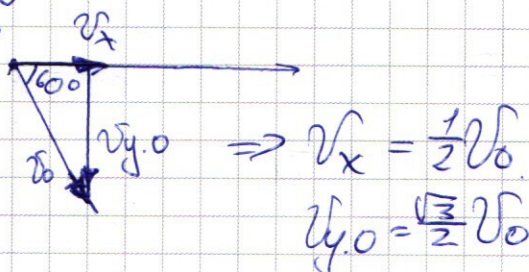
5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.

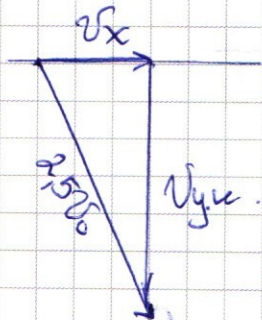
2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 4,7$ раза. Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

- ① Так как камень все время приближается к Земле $\Rightarrow$ его траектория под углом 60° вниз к горизонту $\Rightarrow$ скорости в начальный момент:



при приземлении же скорость горизонтальная совпадает со скоростью и не меняется. $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ скорость в момент приземления:



$$\Rightarrow v_x^2 + v_{y,k}^2 = 6,25 v_0^2$$

$$\frac{1}{4} v_0^2 + v_{y,k}^2 = 6,25 v_0^2$$

$$v_{y,k}^2 = 6 v_0^2$$

$$v_{y,k} = \sqrt{6} \cdot v_0 = 8,48 \frac{м}{с} \approx 19,44 \frac{м}{с}$$

Рассмотрим полет камня, тогда.

$$v_{y,0} + gt = v_{y,k}$$

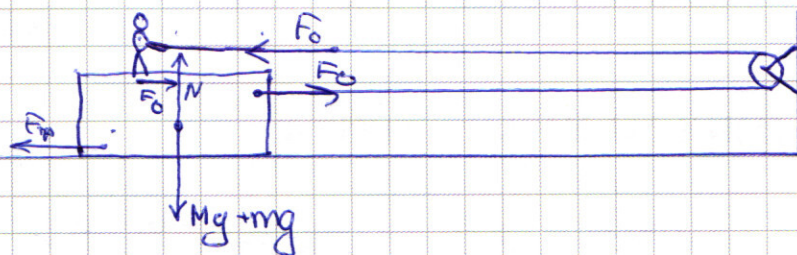
$$\frac{\sqrt{3}}{2} v_0 + gt = \sqrt{6} \cdot v_0 \Rightarrow t = \frac{(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2}) v_0}{g} = 1,256 \text{ с.} \approx 1,26 \text{ с}$$

тогда путь по горизонтали это: $S_x = v_x \cdot t =$

$$= \frac{v_0^2 \cdot (\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2})}{2g} \approx 5,024 \text{ м.} \approx 5 \text{ м}$$

Ответ: $v_{y,k} = 19,44 \frac{м}{с}$; $t = 1,26 \text{ с}$; $S_x = 5 \text{ м}$

2



сила
трения
между
человеком
и тележкой

$$P = (M + m)g = 6mg$$

$$F_{\text{тр}} = P \cdot \mu = 6mg\mu$$

$$2F_0 = P\mu \quad (\text{на шасси действуют и человек и тележка})$$

$$F_0 = 3mg\mu$$

при $F > F_0$

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

$$S = \frac{v^2}{2a}$$

$$a = \frac{(F - F_0) \cdot 2}{6m}$$

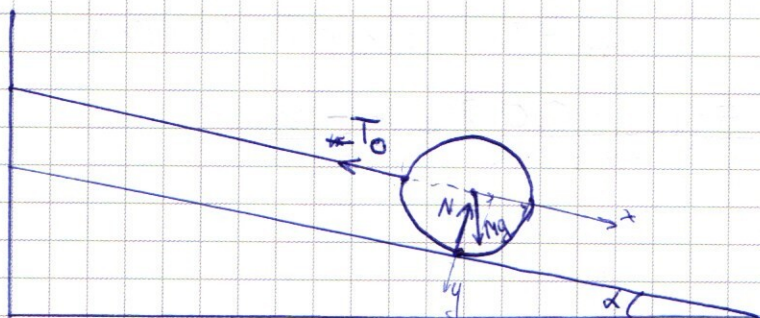
$$S = \frac{v^2}{\frac{(F - F_0) \cdot 2 \cdot 2}{6m}} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{4(F - F_0) \cdot S}{6m}}$$

$$= \sqrt{\frac{2(F - F_0) \cdot S}{3m}} = \sqrt{\frac{2(F - 3mg\mu) \cdot S}{3m}}$$

$$\text{Ответ: } P = 6mg; F_0 = 3mg\mu; v = \sqrt{\frac{2(F - 3mg\mu) \cdot S}{3m}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

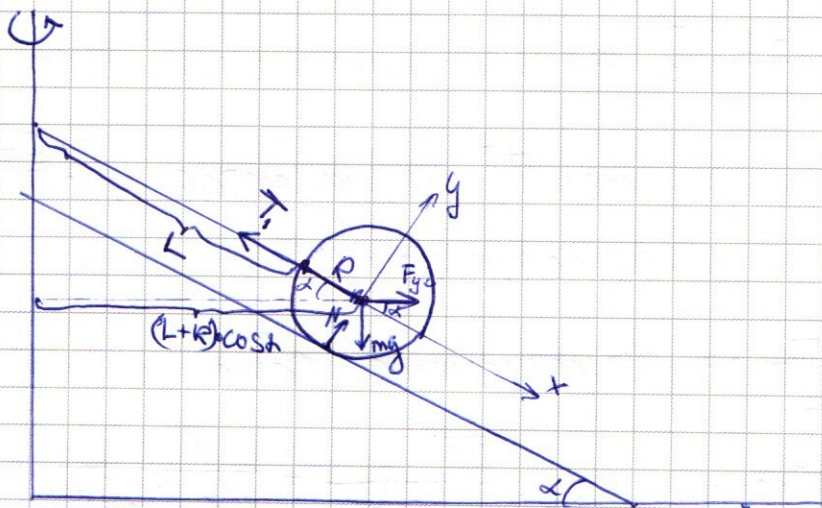
3



$$\text{ЗК: } \vec{T}_0 + m\vec{g} + \vec{N} = 0$$

$$Oy: N = mg \cdot \cos \alpha$$

$$Ox: T_0 = mg \cdot \sin \alpha$$



$$\text{ЗК: } \vec{T}_1 + m\vec{g} + \vec{F}_{yc} + \vec{N} = 0$$

$$Oy: N + F_{yc} \cdot \sin \alpha = mg \cdot \cos \alpha$$

$$Ox: T_1 = mg \cdot \sin \alpha + F_{yc} \cdot \cos \alpha$$

$$T_1 = mg \cdot \sin \alpha + \frac{\omega^2 \cdot r^2}{r} \cdot m \cdot \cos \alpha$$

$$T_1 = mgs \sin \alpha + \omega^2 (L+r) \cdot m \cdot \cos^2 \alpha =$$

$$= m(g \cdot \sin \alpha + \omega^2 (L+r) \cdot \cos^2 \alpha)$$

$$\text{Ответ: } T_0 = mg \cdot \sin \alpha; T_1 = m(g \cdot \sin \alpha + \omega^2 (L+r) \cdot \cos^2 \alpha);$$

$$\textcircled{5} \quad P \cdot V_0 = \nu RT$$

$$P \cdot V_0 = \frac{\nu RT \cdot \mu}{\mu} \quad \left(\begin{array}{l} V_0 - \text{начальный объем} \\ \mu - \text{масса} \\ T - \text{температура пара} \\ \nu - \text{кол-во пара} \end{array} \right)$$

$$P = \frac{\nu RT \mu}{\mu V_0}$$

$$P = \frac{\rho_n RT}{\mu} \quad (\rho_n - \text{плотность пара})$$

$$\rho_n = \frac{P \mu}{RT} = \frac{85 \cdot 10^4 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 368^\circ \text{K}} = 0,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_B = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\frac{\rho_n}{\rho_B} = \frac{0,5}{1000} = 0,0005$$

когда V_n увеличился в γ раз $\Rightarrow$

$$\Rightarrow V_n = \frac{V_0}{\gamma} \Rightarrow \text{сжато пар } V_0 - V_n \text{ пара} =$$

$$= V_0 - \frac{V_0}{\gamma} = \frac{\gamma - 1}{\gamma} V_0 \Rightarrow \text{при переходе в воду}$$

объема пара равного V получается $V \cdot \frac{\rho_n}{\rho_B}$

воды $\Rightarrow$ при конденсации из

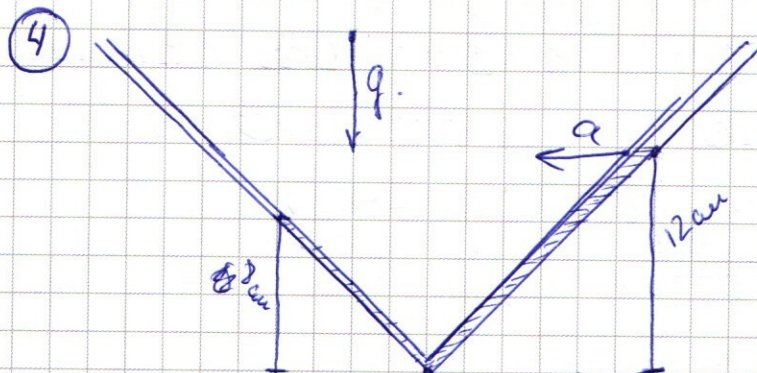
$$\frac{\gamma - 1}{\gamma} \cdot V_0 \cdot \frac{\rho_n}{\rho_B} \Rightarrow \text{отделение объема пара}$$

$$\text{и объему воды} = \frac{V_0 \cdot \frac{1}{\gamma}}{\frac{\gamma - 1}{\gamma} \cdot V_0 \cdot \frac{\rho_n}{\rho_B}} = \frac{1}{(\gamma - 1) \cdot \frac{\rho_n}{\rho_B}} =$$

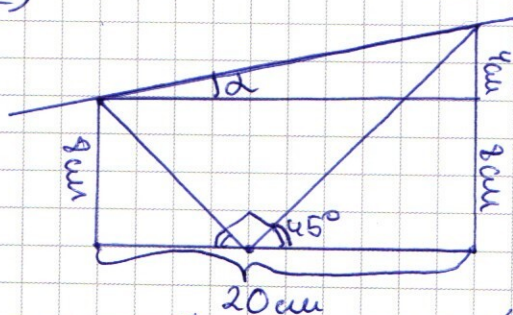
$$= \frac{\rho_B}{(\gamma - 1) \rho_n} \approx 2000 \cdot \frac{1}{3,7} \approx 540,5$$

$$\text{Ответ: } \frac{\rho_n}{\rho_B} \approx 0,0005; \quad \frac{V_n}{V_B} \approx 540,5;$$

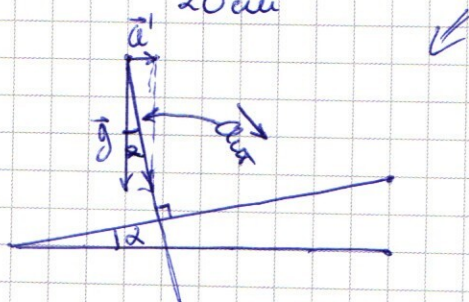
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Поверхность воды будет перпендикулярно
действующему на ~~воду~~ ^{поверхности воды} ускорению $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$



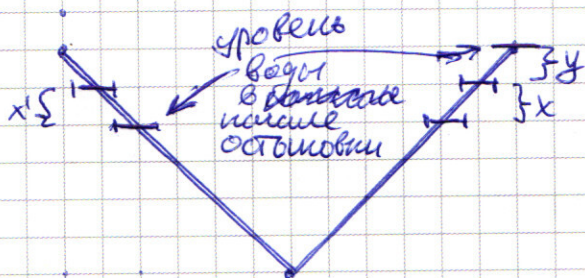
$$\Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{4}{20} = \frac{1}{5}$$



$\vec{a}'$ - ускорение действующее
на ~~воду~~ ^{на воду} $\vec{g}$ и $\vec{a}'$
 $|\vec{a}'| = |\vec{g}|$ и противоположно
ей $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{|\vec{a}'|}{|\vec{g}|} = \operatorname{tg} \alpha \Rightarrow \frac{a}{g} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{5} \Rightarrow a = \frac{g}{5} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

при ~~стационарном~~ ^{равномерном} движении
выясним ускорение $\vec{a}'$ действующее на воду
мгновенно $\Rightarrow$ рассмотрим ~~продольно~~ ^{поперек} трубу
в этот момент



"кусоч" воды $x \rightarrow$
 $\rightarrow$ переходит в на место
 x' без изменения энергии,
 так как она не имеет

уровня и потерь на трение нет $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ затаем "кусоч" воды $y \rightarrow x \Rightarrow$

$$\Rightarrow \text{по ЗСЭ: } mgh = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v_{\max} = \sqrt{2gh} =$$

$$= \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,02 \text{ м}} = \sqrt{0,4} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 0,62 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

максимальная
 скорость движения
 воды.

Ответ: $a = 2 \text{ м/с}^2$; $v_{\max} \approx 0,62 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

①

Diagram showing a projectile launched at an angle of 60° from a height H . The initial velocity is v_0 . The trajectory is a parabola. The horizontal distance is x and the vertical distance is y .

Calculations for the height H :

$$H = \frac{v_0^2 \sin^2(60^\circ)}{2g} = \frac{v_0^2 \cdot \frac{3}{4}}{2g} = \frac{3v_0^2}{8g}$$

Calculations for the horizontal distance x :

$$x = \frac{v_0^2 \sin(2\theta)}{g} = \frac{v_0^2 \sin(120^\circ)}{g} = \frac{v_0^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{g} = \frac{\sqrt{3}v_0^2}{2g}$$

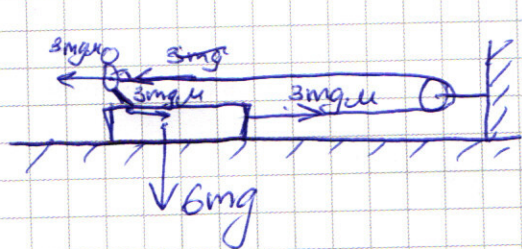
Diagram showing the velocity components at the end of the trajectory:

Horizontal component: $v_x = v_0 \cos(60^\circ) = \frac{v_0}{2}$

Vertical component: $v_y = v_0 \sin(60^\circ) = \frac{\sqrt{3}v_0}{2}$

Diagram showing the trajectory of a projectile launched from a height h_1 and landing at a height h_2 . The initial velocity is v_0 and the angle is 60° . The horizontal distance is x .

Diagram showing the trajectory of a projectile launched from a height h_1 and landing at a height h_2 . The initial velocity is v_0 and the angle is 60° . The horizontal distance is x .



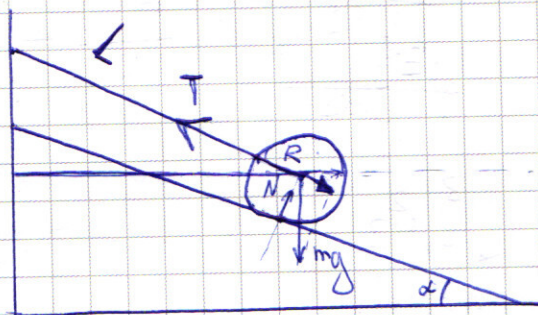
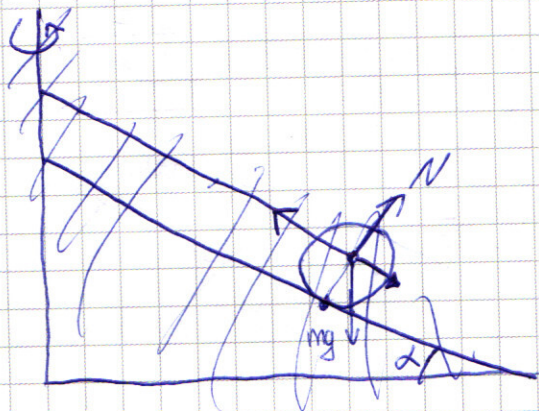
$$6mg\mu$$

$$6mg$$

$$3mg\mu$$

F

$$T_0 = mg \cdot \sin \alpha$$



$$T_1 = mg \cdot \sin \alpha + (L+R) \cdot \omega^2 \cdot m \cdot \cos^2 \alpha$$

$$= m(g \sin \alpha + \omega^2 (L+R) \cdot \cos^2 \alpha)$$

$$\frac{(F-F_0) \cdot 2}{6m} = a \cdot (F-F_0) \cdot 2 \cdot S = \frac{6m V_0^2}{2}$$

$$\sqrt{\frac{4(F-F_0) \cdot S}{6m}} \quad S = \frac{gt^2}{2} = \frac{V^2}{g \alpha^2}$$

368.

$$95 + 273 = 288$$

$$P V = \dots$$

$$P = \frac{JRT}{V}$$

$$P = \frac{JRT \cdot \mu}{\mu V}$$

$$P = \frac{S}{\mu} RT \Rightarrow S_P = \frac{P \cdot \mu}{RT}$$

$$v^2 = \frac{a \cdot 2 \cdot S}{g}$$

$$v = \sqrt{\frac{4(F-F_0) \cdot S}{6m}}$$

$$P_{T_{max}} = \frac{V_0}{\gamma}$$

$$V_{acc} = V_0 - \frac{V_0}{\gamma} = \left[\frac{\gamma-1}{\gamma} V_0 \right] \cdot \frac{S_{\pi}}{S_B}$$

$$\frac{Q_r}{S_B} = \frac{\frac{P \cdot \mu}{RT}}{S_B}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{85 \cdot 18}{8,31 \cdot 368}$$

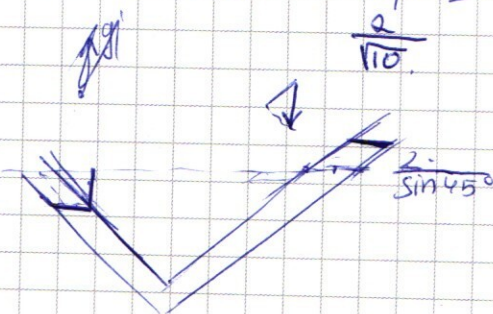
$$85 \cdot 18$$

$$\begin{array}{r} 85 \\ \times 18 \\ \hline 680 \\ 850 \\ \hline 1530 \end{array}$$

$$1530 \overline{) 3071} \approx 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$2000 \overline{) 37}$$

$$\begin{array}{r} 2000 \overline{) 37} \\ 185 \\ \hline 150 \\ 148 \\ \hline 20 \end{array}$$

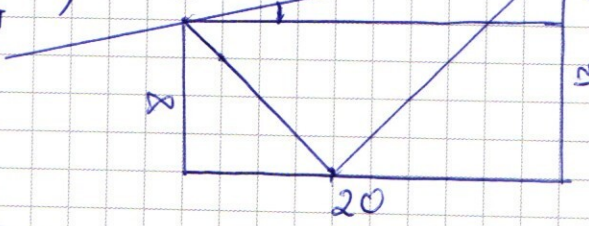


$$S = \frac{v^2}{2g}$$

$$\sqrt{S \cdot 2g} = v$$

$$\sqrt{\frac{20,02}{\sin 45^\circ} \cdot 2 \cdot 10 \cdot \sin 45^\circ} =$$

$$\sqrt{1002 \cdot 2 \cdot 10}$$



$$\frac{4}{20} \approx \frac{1}{5}$$

$$a = \frac{1}{5}g = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

