# Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

## Вариант 10-02

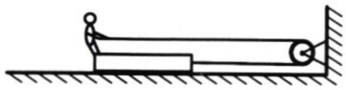
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

**1.** Гайку бросают с вышки со скоростью $V_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 30^0$ к горизонту. В полете гайка все время приближалась к горизонтальной поверхности Земли и упала на нее со скоростью $2V_0$.

1) Найти вертикальную компоненту скорости гайки при падении на Землю.
2) Найти время полета гайки.
3) С какой высоты была брошена гайка?

Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с$^2$. Сопротивление воздуха не учитывать.

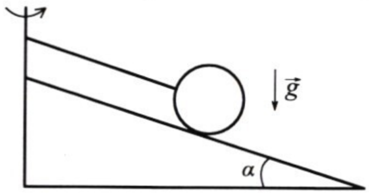
**2.** Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние $S$ к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно $m$ и $M = 2m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением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



1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
2) С какой минимальной постоянной силой $F_0$ надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
3) За какое время 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 $\alpha$ к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной $L$, привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.

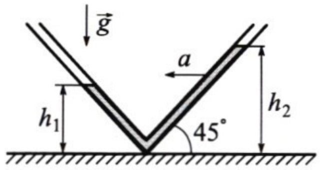
1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью $\omega$ вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.




**4**. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^0$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с$^2$ уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

1) На какой высоте $h_2$ установится уровень масла в другом колене?
2) С какой скоростью $V$ будет двигаться жидкость в трубке относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет») и когда уровни масла будут находиться на одинаковой высоте?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с$^2$. Действие сил трения пренебрежимо мало.




**5.** В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27 $^0$C и давлении $P = 3{,}55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

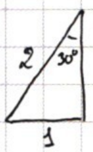
1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.
2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 5{,}6$ раза.

Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см$^3$, $\mu = 18$ г/моль.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1




$\sin 30 = \frac{1}{2}$

$$\left.\begin{aligned} &v_x = v_0\cos\alpha \\ &v_{yn} = v_0\sin\alpha - gt \\ &-H = v_0\sin\alpha t - \frac{gt^2}{2} \end{aligned}\right\}$$

$(2v_0)^2 = v_x^2 + (v_{yn})^2$

$4v_0^2 = v_0^2\cos^2\alpha + v_0^2\sin^2\alpha - 2v_0\sin\alpha g t + g^2t^2$

$4v_0^2 = v_0^2(\underbrace{\cos^2\alpha + \sin^2\alpha}_{=1}) + g^2t^2 - 2v_0\sin\alpha g t$

$3v_0^2 = g^2t^2 - 2v_0\sin\alpha g t$

$g^2t^2 - 2v_0\sin\alpha g t - 3v_0^2 = 0$

$D = 4v_0^2\sin^2\alpha g^2 + 4\cdot 3v_0^2\cdot g^2 = 4v_0^2\sin^2\alpha g^2 + 12v_0^2g^2 = 4v_0^2g^2(\sin^2\alpha + 3)$

$\sqrt{D} = 2v_0 g\sqrt{\sin^2\alpha + 3}$

$v_0\sin\alpha \overset{<}{\vee} v_0\sqrt{\sin^2\alpha + 3}$

$\sin^2\alpha \vee \sin^2\alpha + 3$

$0 \vee 3$

$t = \dfrac{2v_0\sin\alpha g \pm 2v_0 g\sqrt{\sin^2\alpha+3}}{2g^2} = \dfrac{v_0\sin\alpha \pm v_0\sqrt{\sin^2\alpha+3}}{g}$

$t = \dfrac{v_0\sin\alpha + v_0\sqrt{\sin^2\alpha+3}}{g} = \dfrac{v_0}{g}\left(\sin\alpha + \sqrt{\sin^2\alpha+3}\right) =$

$= \dfrac{v_0}{g}\left(\dfrac{1}{2} + \sqrt{\dfrac{1}{4}+3}\right) = \dfrac{v_0}{g}\left(\dfrac{1}{2} + \dfrac{\sqrt{13}}{2}\right) = \dfrac{v_0(1+\sqrt{13})}{2\cdot g} = \dfrac{10\frac{м}{с}(1+\sqrt{13})}{2\cdot 10\frac{м}{с^2}} = \dfrac{1+\sqrt{13}}{2}\ с. = t.$

$v_{yn} = v_0\sin\alpha - gt = v_0\sin\alpha - g\left(\dfrac{v_0\sin\alpha + v_0\sqrt{\sin^2\alpha+3}}{g}\right) = \cancel{v_0\sin\alpha} - \cancel{v_0\sin\alpha} - v_0\sqrt{\sin^2\alpha+3} =$

$v_{yn} = -v_0\sqrt{\sin^2\alpha+3} = -10\frac{м}{с}\cdot\sqrt{\frac{1}{4}+3} = -10\frac{м}{с}\cdot\frac{\sqrt{13}}{2} = -5\sqrt{13}\ \frac{м}{с}$

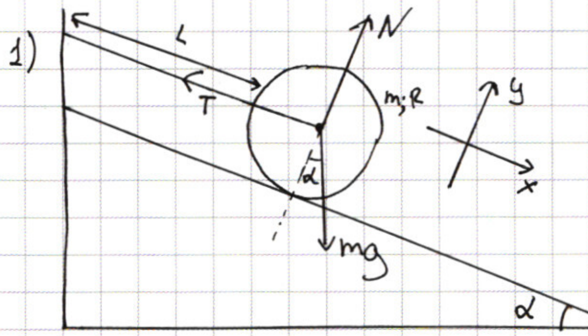
$-H = v_0\sin\alpha t - \dfrac{gt^2}{2} = 10\frac{м}{с}\cdot\dfrac{1}{2}\cdot\left(\dfrac{1+\sqrt{13}}{2}с\right) - \dfrac{10\frac{м}{с^2}\left(\frac{1+\sqrt{13}}{2}\right)^2 с^2}{2} = \dfrac{5}{2}(1+\sqrt{13}) - 5\cdot\dfrac{1}{4}(1+\sqrt{13})^2 =$

$= \dfrac{5}{2}(1+\sqrt{13}) - \dfrac{5}{4}(1+13+2\sqrt{13}) = \dfrac{5}{2}(1+\sqrt{13}) - \dfrac{5}{4}(14+2\sqrt{13}) = \dfrac{5}{2}(1+\sqrt{13}) - \dfrac{5}{2}(7+\sqrt{13}) =$

$= \dfrac{5}{2}(1+\cancel{\sqrt{13}} - 7 - \cancel{\sqrt{13}}) = \dfrac{5}{2}(-6) = -5\cdot 3 = -15м$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

№3.

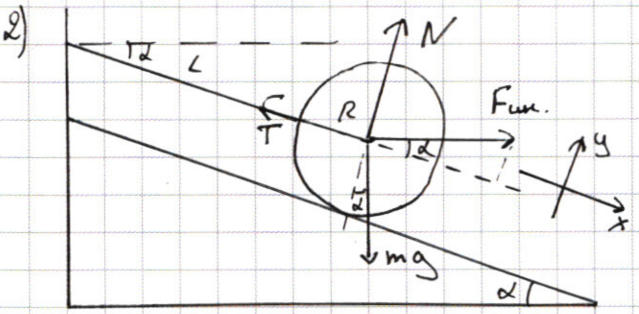



Сила давления шара на клин равна по 3 закону Ньютона силе давления клина на шар - силу реакции опоры ($N$).

2 Закон Ньютона:

$$Oy:\ N - mg\cos\alpha = 0 \quad (N_y + (mg)_y = 0)$$

$$\boxed{N = mg\cos\alpha} \quad (N_y = -(mg)_y)$$




При вращении появляется сила инерции, равная $\omega^2 l$, где $l$ - расстояние от центра масс тела до оси вращения

$$l = (L+R)\cos\alpha \Rightarrow F_{ин} = \omega^2(L+R)\cos\alpha$$

2 Закон Ньютона:

$$Oy:\ N + F_{ин}\cdot\sin\alpha - mg\cos\alpha = 0 \quad (N_y + F_{ин\,y} + (mg)_y) = 0$$

$$N = mg\cos\alpha - F_{ин}\sin\alpha = mg\cos\alpha - \omega^2(L+R)\cos\alpha\sin\alpha = \cos\alpha(mg - \omega^2\sin\alpha(L+R))$$

$$\boxed{N = \cos\alpha(mg - \omega^2(L+R)\sin\alpha)} \quad (N_y = -F_{ин\,y} - (mg)_y)$$

Условие, что шар не отрывается от клина, значит $N>0$. В полученном выражении есть ограничения: ~~$\cos\alpha < 90°$~~ $\alpha < 90°$ ($\cos\alpha > 0$)

$$mg - \omega^2(L+R)\sin\alpha > 0$$

$$mg > \omega^2(L+R)\sin\alpha$$

Ответ: 1) при покоящейся системе сила давления равна $mg\cos\alpha$; 2) при вращающейся системе сила давления равна $\cos\alpha(mg - \omega^2(L+R)\sin\alpha)$, при условии, что $mg > \omega^2(L+R)\sin\alpha$, иначе шар оторвётся от поверхности.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

Дано:

$v_0 = 10$ м/с

$\alpha = 30^\circ$

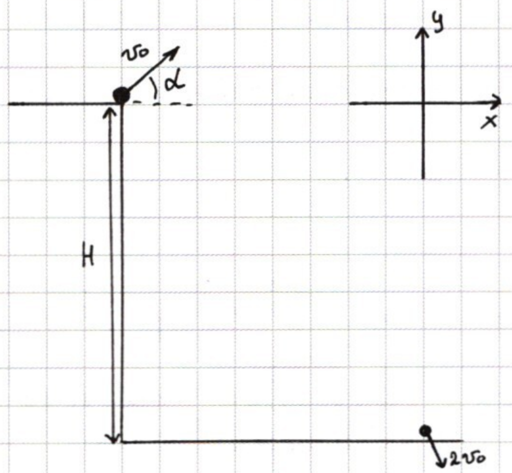
$2v_0$

$g = 10$ м/с²

$v_{yn}$ - ?

$t$ - ?

$H$ - ?




$v_0$ - начальная скорость гайки

$2v_0$ - конечная скорость гайки

$v_{yn}$ - вертикальная компонента скорости при падении

$t$ - время полёта

$H$ - высота, с которой бросили гайку.

$v_x$ - горизонтальная проекция скорости

$$\begin{cases} v_x = v_0\cos\alpha \\ v_{yn} = v_0\sin\alpha - gt \\ -H = v_0\sin\alpha\, t - \frac{gt^2}{2} \\ (2v_0)^2 = v_x^2 + v_{yn}^2 \end{cases}$$

$$(2v_0)^2 = v_x^2 + v_{yn}^2 \Rightarrow 4v_0^2 = v_0^2\cos^2\alpha + (v_0\sin\alpha - gt)^2 \Rightarrow 4v_0^2 = v_0^2\cos^2\alpha + v_0^2\sin^2\alpha + g^2t^2 - 2v_0gt\sin\alpha$$

$$4v_0^2 = v_0^2(\overbrace{\cos^2\alpha + \sin^2\alpha}^{1}) + g^2t^2 - 2v_0gt\sin\alpha \Rightarrow 3v_0^2 = g^2t^2 - 2v_0gt\sin\alpha$$

$$g^2t^2 - 2v_0gt\sin\alpha - 3v_0^2 = 0$$

$$D = 4v_0^2g^2\sin^2\alpha + 4\cdot 3v_0^2\cdot g^2 = 4v_0^2g^2(\sin^2\alpha + 3) \Rightarrow \sqrt{D} = 2v_0g\sqrt{\sin^2\alpha + 3}$$

$$t = \frac{2v_0g\sin\alpha \pm 2v_0g\sqrt{\sin^2\alpha+3}}{2g^2} = \frac{v_0\sin\alpha \pm v_0\sqrt{\sin^2\alpha+3}}{g}; \quad t > 0 \quad v_0\sqrt{\sin^2\alpha+3} > v_0\sin\alpha$$

$$t = \frac{v_0\sin\alpha + v_0\sqrt{\sin^2\alpha+3}}{g} = \frac{v_0}{g}\left(\sin\alpha + \sqrt{\sin^2\alpha+3}\right) = \frac{10\text{ м/с}}{10\text{ м/с}^2}\left(\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4}+3}\right) = \frac{1+\sqrt{13}}{2}\text{ с}$$

$\sin 30^\circ = \frac{1}{2}$ $\quad\boxed{t = \frac{1+\sqrt{13}}{2}\text{ с}}$

$$v_{yn} = v_0\sin\alpha - gt = v_0\sin\alpha - g\left(\frac{v_0\sin\alpha + v_0\sqrt{\sin^2\alpha+3}}{g}\right) = -v_0\sqrt{\sin^2\alpha+3} = -10\tfrac{\text{м}}{\text{с}}\sqrt{\tfrac{1}{4}+3} = -5\sqrt{13}\tfrac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\boxed{v_{yn} = -5\sqrt{13}\ \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad |v_{yn}| = 5\sqrt{13}\ \frac{\text{м}}{\text{с}}}$$

$$-H = v_0 \sin\alpha t - \frac{gt^2}{2} = 10\frac{м}{с}\cdot\frac{1}{2}\cdot\left(\frac{1+\sqrt{13}}{2}\right)с - \frac{10\frac{м}{с^2}\cdot\left(\frac{1+\sqrt{13}}{2}\right)^2 с^2}{2} = \frac{5}{2}(1+\sqrt{13})м - \frac{5}{4}(1+\sqrt{13})^2 м =$$

$$= \frac{5}{2}(1+\sqrt{13})м - \frac{5}{4}(1+2\sqrt{13}+13)м = \frac{5}{2}(1+\sqrt{13})м - \frac{5}{2}(7+\sqrt{13})м = \frac{5}{2}(-6)м = -15м$$

$-H = -15м$

$\boxed{H = 15м}$

Ответ: 1) вертикальная компонента скорости при падении на Землю равна по модулю $5\sqrt{13}\frac{м}{с}$; 2) время полёта гайки равно $\frac{1+\sqrt{13}}{2}$ с; 3) гайка была брошена с высоты 15м

№5.

Дано:
$\mu = 18\frac{г}{моль}$
$T = 27°C$; $\rho_{вод} = 1 г/см^3$
$\gamma = 5,6$ раз
$P = 3,55\cdot10^3$ Па

$\frac{\rho_{пара}}{\rho_{вод}}$ — ?

$\frac{V_{пар1}}{V_{вод1}}$ — ?

$\rho_{пара}$ — плотность пара; $V_{пар1}$ — объем пара, когда уменьшился в $\gamma$ раз

$\rho_{вод}$ — плотность воды; $V_{вод1}$ — объем воды, когда объем пара уменьшился в $\gamma$ раз.

$PV = \nu RT$ (в начальный момент), где $\nu = \frac{m_{пара}}{\mu_{вод}} = \frac{\rho_{пара}\cdot V}{\mu_{вод}}$.

$$P\cancel{V} = \frac{\rho_{пара}\cdot\cancel{V}}{\mu_{вод}}RT$$

$$\rho_{пара} = \frac{P\mu_{вод}}{RT} = \frac{3,55\cdot10^3 Па\cdot18\cdot10^{-3}\frac{кг}{моль}}{8,31\frac{Дж}{моль\cdot К}\cdot(27+273)К} = \frac{3,55\cdot18}{8,31\cdot300}\frac{кг}{м^3} = \frac{3,55\cdot6}{831}\frac{кг}{м^3} =$$

$$= \frac{3,55\cdot2}{277}\frac{кг}{м^3} = \frac{7,1}{277}\frac{кг}{м^3}.$$

$\rho_{вод} = 1 г/см^3 = 1000\frac{кг}{м^3}$ => $\boxed{\frac{\rho_{пара}}{\rho_{вод}} = \frac{7,1}{277\cdot1000} = \frac{7,1}{277}\cdot10^{-3}}$.

В момент, когда объем пара уменьшился в $\gamma$ раз:

$V_п$ — объем пара изначально. $\rho_{пара} = \frac{m_п}{V_п}$ $m_п$ — изначальная масса пара

$V_{пара1} = \frac{V_п}{\gamma}$ $\rho_{пара} = \frac{m_п - \Delta m}{V_{пара1}}$. $\Delta m$ — сконденсировавшаяся часть пара

$$\begin{cases} \rho_{пара} = \frac{(m_п - \Delta m)\gamma}{V_п} \\ \rho_{вод} = \frac{\Delta m}{V_{вод1}} \\ m_п = \rho_{пара}V_п \end{cases}$$

$$=> \Delta m = m_п - \frac{\rho_{пара}\cdot V_п}{\gamma} = \rho_{пара}V_п\left(1-\frac{1}{\gamma}\right)$$

$$\rho_{вод} = \frac{\rho_{пара}V_п(1-\frac{1}{\gamma})}{V_{вод1}} => V_{вод1} = \frac{\rho_{пара}}{\rho_{вод}}V_п\left(\frac{\gamma-1}{\gamma}\right)$$

$$\frac{V_{пар1}}{V_{вод1}} = \frac{\gamma V_п\rho_{вод}\gamma}{\rho_{пара}V_п(\gamma-1)} = \frac{\gamma^2}{\gamma-1}\frac{\rho_{вод}}{\rho_{пара}} = \frac{5,6^2}{4,6}\cdot\frac{277}{7,1}\cdot10^3 =$$

$$= \frac{31,36\cdot277}{4,6\cdot7,1}\cdot10^3 = \frac{31,36\cdot277}{28,86}\cdot10^3$$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{V_{пара\,1}}{V_{вод\,1}} = \frac{3136\cdot 277}{2,886}$$

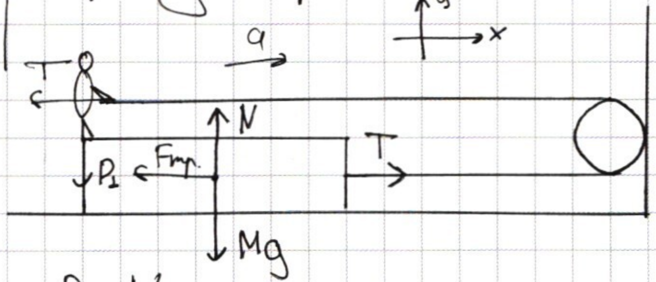
Ответ: $\frac{\rho_{пара}}{\rho_{вод}} = \frac{7,1}{277}\cdot 10^{-3}$; $\frac{V_{пара\,1}}{V_{вод\,1}} = \frac{3136\cdot 277}{2,886} = \frac{\gamma^2}{\gamma-1}\frac{\rho_{вод}}{\rho_{пара}}$

№2

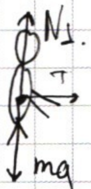
Дано:
$S$
$m;\ M=2m$
$\mu$

$\cancel{N}\ P_0$ - ?
$F_0$ - ?
$t$ - ?

$P_0$ – сила, с которой человек с ящиком давят на пол. по 3 закону Ньютона она равна силе реакции опоры ($N$)
$t$ – время, за которое человек сможет переместить коробку на расстояние $S$ к стене.




$P_1$ – сила, с которой человек давит на ящик (по 3 закону Ньютона равна $N_1$ – силе реакции ящика на человека)




$$\begin{cases} P_0 = N \\ N - Mg - P_1 = 0 \\ N_1 - mg = 0 \\ P_1 = N_1 \end{cases} \Rightarrow N = Mg + mg = 3mg$$

$$\boxed{P_0 = 3mg = N}$$

$T$ – сила натяжения каната, равна силе, ~~с~~ с которой человек тянет ($F$); $a$ – ускорение с которым поедет ящик (сила постоянна)

2 Закон Ньютона на ось $x$: (ящик + человек)

$T - F_{тр} = (Mg + \cancel{P_1}^{mg})\,a.$

$F - \mu\cdot\cancel{N} = 3mg\,a$

$F - 3mg\mu = 3mg\,a$, чтобы ящик поехал минимальная сила должна быть чуть больше $3mg\mu$.

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$a = \frac{F - 3\mu mg}{3mg}$$

$$S = \overset{0}{v_0 t} + \frac{at^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2S \cdot 3mg}{F - 3\mu mg}} = \sqrt{\frac{6Smg}{F - 3\mu mg}}$$

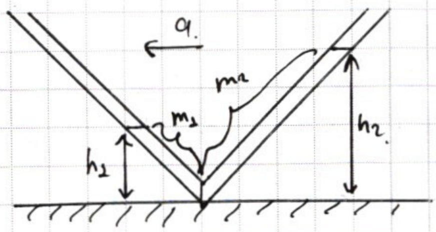
Ответ: 1) с силой равной $3mg$; 2) с силой чуть большей $3\mu mg$; 3) $\sqrt{\frac{6Smg}{F-3\mu mg}}$ с – время за которое человек сможет перетащить ящик на расстояние $S$.

## №4.

Дано:
$\alpha = 45°$
$a = 4 м/с^2$
$h_1 = 10 см$

$h_2$ – ?
$v$ – ?
когда на одной высоте?

Найдём на какой высоте будет находиться центр масс жидкости при расной ~~высоте~~ $\frac{?}{?}$ уровня жидкости в коленях

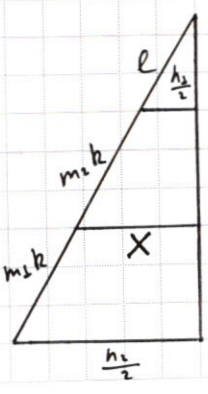



$m_1$ – масса жидкости в первом колене ($h_1$)
$m_2$ – масса жидкости во втором колене ($h_2$)
$\rho$ – линейная плотность жидкости
$X$ – высота центра масс.

$$m_1 = \frac{\rho \cdot h_1}{\sin 45} = \rho h_1 \sqrt{2};\quad m_2 = \frac{\rho h_2}{\sin 45} = \rho h_2 \sqrt{2}$$

Центр масс каждого из колена на половине высоты.

Вспомогательная задача:




подобия:

$$\begin{cases} \frac{l}{l + m_2 k} = \frac{h_1}{2x} \\ \frac{l}{l + m_2 k + m_1 k} = \frac{h_1}{h_2} \\ \frac{l + m_2 k}{l + m_2 k + m_1 k} = \frac{2x}{h_2} \end{cases}$$

$$2l = h_1 + l + m_2 k h \Rightarrow l(2x - h_1) = 2m_2 k h_1 \Rightarrow l = \frac{m_2 k h_1}{2x - h_1}$$

$$l h_2 = l h_1 + m_2 k h_1 + m_1 k h_1 \Rightarrow l(h_2 - h_1) = m_2 k h_1 + m_1 k h_1$$

$$\frac{m_2 \cancel{k} h_1}{2x - h_1}(h_2 - h_1) = \cancel{k} h_1 (m_2 + m_1) \Rightarrow 2x(m_2 + m_1) - \cancel{h_1 m_1} - h_1 m_2 = m_2 h_2 - \cancel{m_2 h_1}$$

$$X = \frac{m_2 h_2 + m_1 h_1}{2(m_2 + m_1)}$$

Закон сохранения энергии:

$A_{ст.сил} + E_н = E_к$.

На трубку действует сила инерции $= ma$, которая совершает работу по перемещению центра масс по горизонтали на $x$, т.к. $\alpha = 45°$. Изменяется потенциальная энергия, т.к. изначально высота центра масс была на уровне $\frac{h_1+h_2}{2}$, а стала на $x$.

$$-F_{ин} \cdot x = mg\left(x - \frac{h_1+h_2}{2}\right) \qquad x = \frac{m_2h_2+m_1h_1}{2(m_2+m_1)} = \frac{\rho h_2^2 S_2 + \rho h_1^2 S_2}{2(\rho h_1 S_2 + \rho h_2 S_2)} = \frac{h_1^2+h_2^2}{2(h_1+h_2)}$$

$$-\cancel{m}ax = \cancel{m}g\left(x - \frac{h_1+h_2}{2}\right)$$

$$-ax = g\left(x - \frac{h_1+h_2}{2}\right)$$

$$-ax = gx - \frac{h_1+h_2}{2}g$$

$$x(g+a) = \frac{h_1+h_2}{2}g.$$

$$\frac{h_1^2+h_2^2}{2(h_1+h_2)}(g+a) = \frac{h_1+h_2}{2}g$$

$$(h_1^2+h_2^2)(g+a) = (h_1+h_2)^2 g$$

$$\cancel{h_1^2 g} + \cancel{h_2^2 g} + h_1^2 a + h_2^2 a = \cancel{h_1^2 g} + \cancel{h_2^2 g} + 2h_1h_2 g$$

$$h_1^2 a - 2h_1h_2 g + h_2^2 a = 0$$

$$D = 4h_1^2g^2 - 4 \cdot h_1^2a^2 = 4h_1^2(g^2-a^2) \quad \sqrt{D} = 2h_1\sqrt{g^2-a^2}$$

$$h_2 = \frac{+2h_1g \pm 2h_1\sqrt{g^2-a^2}}{2a}$$, т.к. $h_2>0$, ~~то $h_2 = \frac{2h_1\sqrt{g^2-a^2} - 2h_1g}{}$~~ и $h_2 > h_1$,

$g - \sqrt{g^2-a^2} < 1$, то $h_2 = \frac{2h_1g + 2h_1\sqrt{g^2-a^2}}{2a} = h_1\left(\frac{g+\sqrt{g^2-a^2}}{a}\right)$

$$h_2 = h_1\left(\frac{g+\sqrt{g^2-a^2}}{a}\right) = 10\,см\left(\frac{10\frac{м}{с^2} + \sqrt{100\frac{м^2}{с^4} - 16\frac{м^2}{с^4}}}{4\frac{м}{с^2}}\right) = 5\left(5 + \frac{\sqrt{84}}{2}\right) см =$$

$$= 25 + \frac{5}{2}\sqrt{84}\ см.$$

Ответ: $h_2 = h_1\left(\frac{g+\sqrt{g^2-a^2}}{a}\right) = 25 + \frac{5}{2}\sqrt{84}$ см.

Уровни масла будут находиться на одинаковой высоте после установления равновесия (когда скорость воды относительно стенок будет равна 0)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

x – высота центра масс при разных высотах столбов жидкости.

$\boxed{H = \frac{h_1+h_2}{2}}$

$A_{\text{ст.сил}} + E_к = E_к$

$F_{ин} \cdot x = mg\left(x - \frac{H}{2}\right)$

$\cancel{m} \cdot a \cdot x = \cancel{m}g\left(x - \frac{H}{2}\right)$

$ax = gx - \frac{H}{2}g$

$\frac{Hg}{2} = x(g-a)$

$\frac{(h_1+h_2)g}{4} = \frac{(m_2h_2+m_1h_1)}{2(m_2+m_1)}(g-a)$

$\frac{(h_1+h_2)g}{2} = \frac{(m_2h_2+m_1h_1)}{(m_2+m_1)}(g-a)$

$m = \frac{\rho \cdot 2H}{\sin 45} = \rho \cdot (h_1+h_2) \cdot \sqrt{2}$

$m_1 = \rho h_1 \sqrt{2}$ ; $m_2 = \rho \cdot h_2 \cdot \sqrt{2}$

$F_{ин} = m \cdot a$

$h_2 = h_1\left(\frac{g \pm 2\sqrt{a(g-a)}}{(g-2a)}\right)$ → $h_1\left(\frac{10+2\sqrt{4\cdot 6}}{10-2\cdot 4}\right) = h_1\left(\frac{10+4\sqrt{6}}{2}\right) = h_1(5+2\sqrt{6})$ ; → $h_1\left(\frac{10-2\sqrt{4\cdot6}}{10-2\cdot4}\right) = h_1(5-2\sqrt{6})$

$5 \vee 2\sqrt{6}$

$25 \vee 4 \cdot 6$

$(h_1+h_2)g(m_2+m_1) = 2m_2h_2(g-a) + 2m_1h_1(g-a)$

$h_1g(m_2+m_1) + h_2g(m_2+m_1) = 2m_2h_2(g-a) + 2m_1h_1(g-a)$

$h_1g(m_2+m_1) - 2m_1h_1(g-a) = 2m_2h_2(g-a) - h_2g(m_2+m_1)$

$h_1\frac{g(m_2-m_1) - 2m_1h_1(g-a)}{2m_2(g-a) - g(m_2+m_1)} = h_2$

$h_1 g \vee 2h_1\sqrt{a(g-a)}$

$g \vee 2\sqrt{a(g-a)}$

$g^2 \vee 4a(g-a)$

$g^2 \vee 4ag - 4a^2$

$100 \vee \cancel{4 \cdot 4 \cdot 10 - 4 \cdot 16}$ $16 \cdot 6$

$25 \vee 24$

$\frac{(h_1+h_2)g}{2} = \frac{(\sqrt{2}\rho h_2^2 + \sqrt{2}\rho h_1^2)(g-a)}{(\rho h_2\sqrt{2} + \sqrt{2}h_1\rho)}$

$(h_1+h_2)g(h_1+h_2) = 2(h_2^2+h_1^2)(g-a)$

$(h_1^2+h_2^2+2h_1h_2)g = 2h_2^2g + 2h_1^2g - 2h_2^2a - 2h_1^2a$

$\cancel{h_1^2g} + \cancel{h_2^2g} + 2h_1h_2g = \cancel{2}h_2^2g + \cancel{2}h_1^2g - 2h_2^2a - 2h_1^2a$

$h_2^2(g-2a) - 2h_1h_2g + h_1^2(g-2a) = 0$

$h_2 = \frac{2h_1g \pm 4h_1\sqrt{a(g-a)}}{2(g-2a)} = \frac{h_1g \pm 2h_1\sqrt{a(g-a)}}{(g-2a)}$

$D = 4h_1^2g^2 - 4(g-2a)h_1^2(g-2a) = 4h_1^2g^2 - 4h_1^2(g^2+4a^2-4ga) = 4h_1^2g^2 - 4h_1^2g^2 - 16h_1^2a^2 + 16h_1^2ga = 16h_1^2ga - 16h_1^2a^2 = 16h_1^2a(g-a)$ $\sqrt{D} = 4h_1\sqrt{a(g-a)}$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

~~ЗСЭ, когда ускорение исчезнет:~~

~~$mg\left(x-\frac{h_1+h_2}{2}\right) = A_{ст.сил}+E_{к1}-E_{к}$~~

ЗСЭ, когда ускорение исчезнет:

$F_{дав}\cdot(x+h_1)$.

$mg\left(x-\frac{h_1+h_2}{2}\right)+\frac{mv_n^2}{2}=\frac{mu^2}{2}$

$u$ - скость движения самой трубки

$v_n$ - полная скорость движения жидкости (вектор скорости движения трубки и ~~до~~ вектор скорости движения самой жидкости)

$F_{дав}$ - сила давления жидкости большей высоты (колена) на жидкость в меньшем колене.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5.

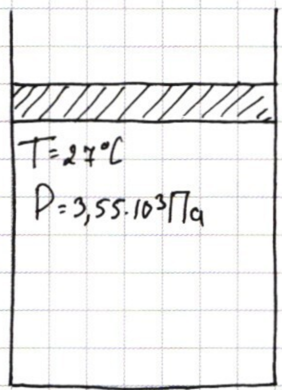
$\cancel{\frac{H}{M^2} \cdot M^3} = \quad 1000 \frac{кг}{м^3}$

$\frac{1000 \cdot 1000 г}{100 \cdot 100 \cdot 100 см^3} = 1.$

м = 100 см

T=const (изотермический)

$V\downarrow$




$\frac{\rho_{пара}}{\rho_{вод}} - ?$

$\cancel{PV = \nu RT}$; $\cancel{\nu = \frac{m}{\mu} = \frac{\rho V}{\mu}}$

$\cancel{\nu = \frac{m_{вод}}{\mu_{вод}} + \frac{m_{пара}}{\mu_{пара}}}$

$\frac{H}{м} \cdot м^3 = \frac{кг \cdot моль}{кг} \cdot \frac{H \cdot м}{моль \cdot K} \cdot K$

$PV = \nu RT$, где $\nu = \frac{m_{пара}}{\mu_{пара}} = \frac{\rho_{пара} \cdot V}{\mu_{пара}}$

$P\cancel{V} = \frac{\rho_{пара} \cdot \cancel{V}}{\mu_{пара}} RT$

$P = \frac{\rho_{пара}}{\mu_{пара}} RT$

$\rho_{пара} = \frac{P \cdot \mu_{пара}}{RT} = \frac{3{,}55 \cdot 10^3 Па \cdot 18 \frac{г}{моль} \cdot 10^{-3}}{8{,}31 \cdot (27+273)} = \frac{3{,}55 \cdot 18}{8{,}31 \cdot 300} = \frac{3{,}55 \cdot 18}{831 \cdot 3} = \frac{63{,}9}{\cancel{2493}} \cancel{\frac{кг}{м^3}} = $

$= \frac{3{,}55 \cdot 6}{831}$

$= \cancel{\frac{63{,}9 \cdot 1000}{1000000 \cdot 2493}} = \cancel{\frac{63{,}9}{2493 \cdot 1000}}$

$\frac{3{,}55 \cdot 2}{277} = \frac{7{,}1}{277}$

$\frac{H}{M^2} \cdot M^3 = \frac{кг \cdot моль}{кг} \cdot \frac{H \cdot м}{моль \cdot K} \cdot K$

$PV = \nu RT$

$P\cancel{V} = \frac{\rho_{пара} \cancel{V}}{\mu_{пара}} RT$

$P = \frac{\rho_{пара}}{\mu_{пара}} RT$

$\frac{H}{M^2} = \frac{кг \cdot моль}{м^3 \cdot кг} \cdot \frac{H \cdot м}{моль \cdot \cancel{K}} \cdot \cancel{K}$

$\rho_{пара} = \frac{P \cdot \mu_{пара}}{RT}$

$\frac{кг}{м^3} = \frac{\frac{H}{м^2} \cdot \frac{кг}{моль}}{\frac{H \cdot м}{моль \cdot K} \cdot K} = \frac{H \cdot кг \cdot моль}{м^2 \cdot моль \cdot K \cdot м} = \frac{кг}{м^3}$

Вычисления на полях:

$3{,}55 \cdot 18$: 2840 + 355 = 63,90

$831 \cdot 3 = 2493$

$3{,}55 \cdot 2 = 7{,}10$

---

$\frac{V_п}{V_в} - ?$ $\quad V_п \downarrow \quad \gamma = 5{,}6 \quad \cancel{25} \; \gamma V_п$

$\rho_{пара} = \frac{m_п - \Delta m}{\gamma V_п}$

$m_п - \rho_{пара} \frac{1}{\gamma} V_п = \Delta m$

$m_п = \rho_{пара} V_п$

$\Delta m = \rho_{пара} V_п \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)$

$\rho_{пара} = \frac{m_п}{V}$ $\quad \rho_{вод} = \frac{m_в}{V}$

$\rho_{вод} = \frac{\Delta m}{V}$

$V = \frac{\Delta m}{\rho_{вод}} = \frac{\rho_{пара} V_п \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)}{\rho_{вод}}$ - объем воды

$\frac{V_п}{V_в} = \frac{\gamma V_п \rho_{вод}}{\rho_{пара} \cdot V_п \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)} = \frac{\gamma^2}{(\gamma - 1)} \cdot \frac{\rho_{вод}}{\rho_{пара}}$

$5{,}6 \cdot 5{,}6$: 336 + 280 = 31,36

$4{,}6 \cdot 7{,}3$: 46 + 282 = 28,86

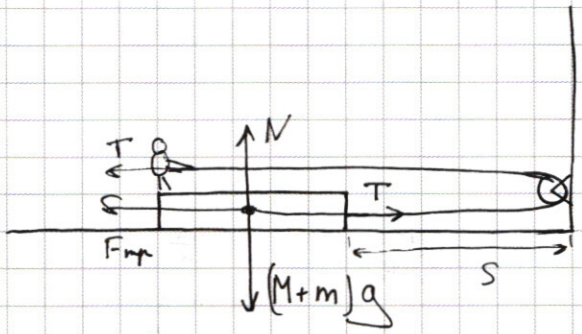
☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

№2.




$N=(M+m)g.$

$F_0$ – минимальная постоянная сила

$T-F_{тр}=(M+m)a.$

$T-\mu(M+m)=(M+m)a$

$F_0-\mu(M+m)=(M+m)a$

$S=\cancel{v_0 t}+\frac{at^2}{2}$

$S=\frac{at^2}{2}$

$\sqrt{\frac{2S}{a}}=t.$

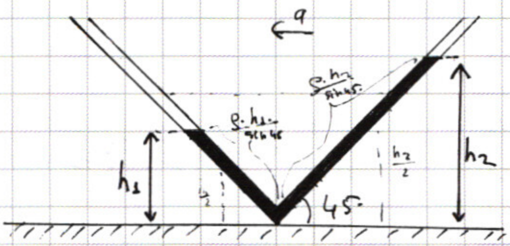
$F_0$ должно быть немного больше силы трения, чтобы человек с ящиком поехали.

$F-\mu(M+m)=(M+m)a$

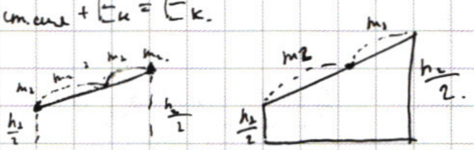
$a=\frac{F-\mu(M+m)}{M+m}$

$t=\sqrt{\frac{2S}{a}}=\sqrt{\frac{2S(M+m)}{F-\mu(M+m)}}$

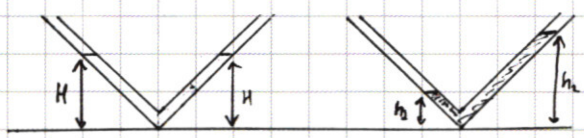
№4.

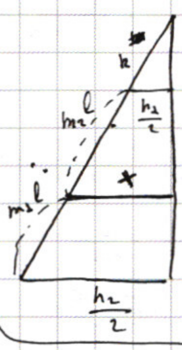



$A_{стсил}+E_н=E_к.$




$\cancel{\sin(45)=\frac{\sqrt{2}}{2}}$ $\sin(45)=\frac{1}{\sqrt{2}}=\frac{H}{\ell}$



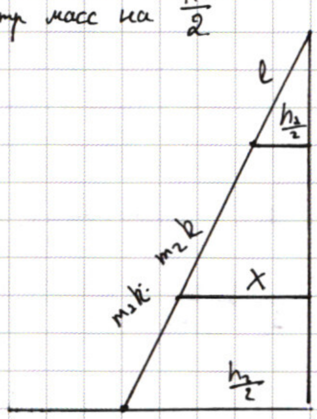

$\frac{k}{k+m_2\ell}=\frac{h_1}{2x}$

$\frac{k+m_2\ell}{k+m_2\ell+m_1\ell}=\frac{2x}{h_2}$

$\frac{k}{k+m_2\ell+m_1\ell}=\frac{h_1}{h_2}$

$k\cdot 2x=kh_1+h_1m_2\ell$

Центр масс на $\frac{H}{2}$




$\frac{\ell}{\ell+m_2k}=\frac{h_1}{2x}$

$\frac{\ell}{\ell+m_2k+m_1k}=\frac{h_1}{h_2}$

$\frac{\ell+m_2k}{\ell+m_2k+m_1k}=\frac{2x}{h_2}$

$2x\ell=h_1\ell+m_2kh_1$

$\ell(2x-h_1)=m_2kh_1$

$\ell=\frac{m_2kh_1}{2x-h_1}$

$\ell h_2=\ell h_1+m_2kh_1+m_1kh_1$

$\ell(h_2-h_1)=m_2kh_1+m_1kh_1$

$\frac{m_2\cancel{k}h_1}{2x-h_1}(h_2-h_1)=\cancel{k}(m_2h_1+m_1h_1)$

$\frac{m_2(h_2-h_1)}{2x-h_1}=m_2+m_1$

$m_2(h_2-h_1)=2x(m_2+m_1)-h_1(m_2+m_1)$

$m_2h_2-m_2h_1+m_2h_1+m_1h_1=$
$=2x(m_2+m_1)$

$\boxed{\frac{m_2h_2+m_1h_1}{2(m_2+m_1)}=x}$

$100-16=84$

$\frac{9-\sqrt{g^2-a^2}}{10-\sqrt{84}}$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)