

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

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

1. Гайку бросают с вышки со скоростью $V_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 30^\circ$ 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?

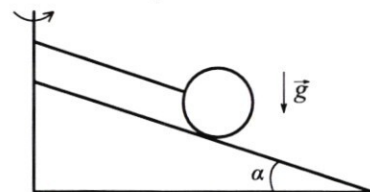
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 $M = 2m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в оси блока можно пренебречь. Коэффициент трения между ящиком и полом 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) 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 α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.

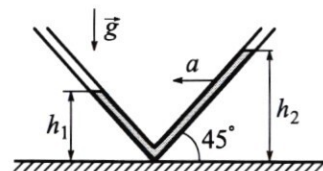


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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 с ускорением $a = 4$ м/с² 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/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.



5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°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/см³, $\mu = 18$ г/моль.

№2. Дано:

$L; m;$

$M = 2m;$

μ

1) $P - ?$

2) $F_0 - ?$

3) $t - ?$

Решение:

По II закону

Ньютона:

$$\begin{cases} y: 0 = N - mg - Mg \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_1: 0 = T - F_{\text{тр}} \end{cases}$$

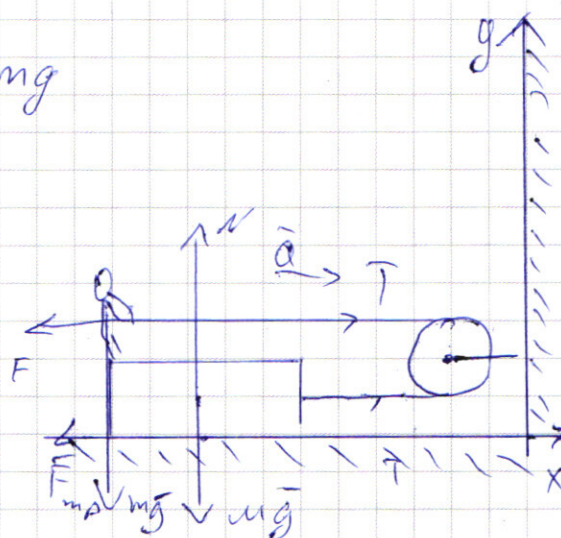
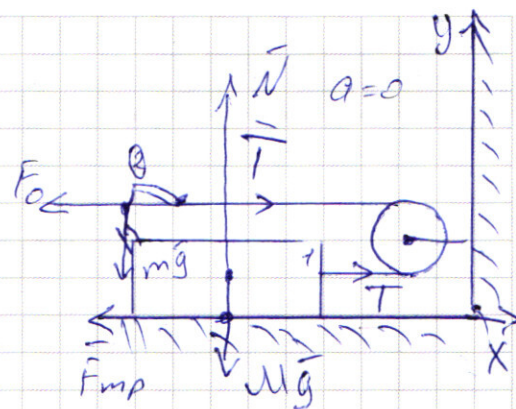
$$\begin{cases} x_2: 0 = T - F_0 \end{cases}$$

$$1) N = g(m + M) = g(m + 2m) = 3mg$$

$$2) T = F_0$$

$$F_0 = F_{\text{тр}} = \mu N = 3\mu mg$$

3)



Ответ: 1) $N = 3mg$; 2) $F_0 = 3\mu mg$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) $m = \text{const}$

до сжатия: $m = \rho_n \cdot 5,6 V_1$

после сжатия: $m = \rho_n \cdot V_1 + \rho_b \cdot V_2$

$$\rho_n \cdot 5,6 V_1 = \rho_n \cdot V_1 + \rho_b \cdot V_2$$

$$4,6 V_1 \cdot \rho_n = \rho_b \cdot V_2$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\rho_b}{\rho_n \cdot 4,6} = \frac{1000}{0,000252 \cdot 4,6} = 8620$$

Ответ: 1) $\frac{\rho_n}{\rho_b} = 0,0000252$; 2) $\frac{V_1}{V_2} = 8620$.

~4. Дано:

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$a = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$h_1 = 0,1 \text{ м}$$

1) $h_2 = ?$

2) $\vec{v} = ?$

Решение:

1) т.к. жидкость более
не изменяет свое положение
то давление в жидкости в
точке А по горизонтали и
по вертикали равно.

$$\rho g (h_2 - h_1) = \rho a (h_1 + h_2)$$

$$g h_2 - g h_1 = a h_1 + a h_2$$

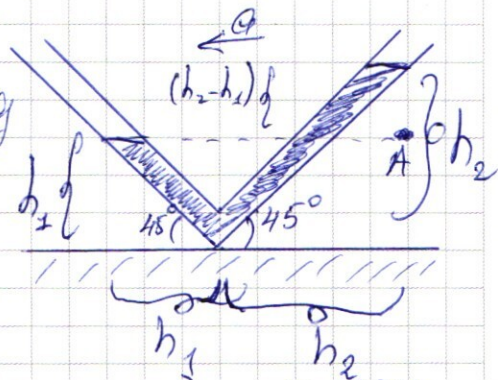
$$g h_2 - a h_2 = a h_1 + g h_1$$

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

$$h_2 = \frac{h_1 (a + g)}{(g - a)} = \frac{0,1 (4 + 10)}{(10 - 4)} = \frac{1,4}{6} \approx 0,23 \text{ м.}$$

2) т.к. нет ускорения горизонтального, то
относительно ~~жидкости~~ трубки жидкость не будет
двигаться, значит $\vec{v} = 0$.

Ответ: 1) $h_2 \approx 0,23 \text{ м}$; 2) $\vec{v} = 0$.



(т.к. угол по 45°
то высота равна
одному плечу)

$$\frac{pV}{T} = \frac{m}{M} R$$

$$m = 0.01$$

$$R = 8.31$$

$$m = 5.6 \text{ V}_1 \cdot \rho_1 = V_1 \rho_1 + V_2 \rho_2$$

$$\rho g (h_2 - h_1) = \rho a (h_1 + h_2)$$

$$g h_2 - g h_1 = a h_1 + a h_2$$

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

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

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

$$= \frac{0.1 (10 + 4)}{10 - 4} = \frac{1.4}{6} = 0.23 \text{ м.}$$

$$\begin{array}{r} 1.416 \\ 6 \overline{) 20.23} \\ \underline{20} \\ 18 \\ \underline{18} \\ 2 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) $V_{n1} = V_0$ $V_{b1} = 0$

2) $V_{n2} = \frac{V_0}{5.6}$ $V_{b2} =$

$PV = \frac{m}{T} R$
 $m = 5.6 V_{b2} \cdot S_n$

$m = V_{b2} \cdot S_n + V_{b3} \cdot S_b$

$\frac{P}{T} = \frac{S \cdot R}{V}$

$f = \frac{P \cdot M}{T \cdot R}$

$\frac{355 R \cdot 0.018}{30 R \cdot 8.3}$

$18.335 R$
 $30 R \cdot 8.3$

11.8
 8.3

355
 30
 5
 30
 $250 R$
 240
 100

$0.025 R$
 4.6

355
 $100 R$
 2840
 355
 6890
 130

355
 249
 1080

1000000
 928
 720

0.018
 1.4
 $7 R$

0.116

0.0252
 1000

0.000000
 240
 1000000

11.8
 11.8
 944
 118
 2124
 106
 460
 456
 45

0.0252
 18
 4.6

$355 R$
 $30 R \cdot 8.3$

$0.0252 \cdot 4.6$

$4.6 V_{b2} \cdot S_n = V_{b2} \cdot S_n + V_{b3} \cdot S_b$
 $4.6 V_{b2} \cdot S_n = V_{b3} \cdot S_b$

$\frac{V_{b2}}{V_{b3}} = \frac{S_b}{S_n \cdot 4.6}$

$\frac{1000}{0.0000252 \cdot 4.6}$

1000000
 $0.0252 \cdot 4.6$

$$mg \cdot \cos \alpha = N_1 \cdot \sin^2 \alpha + N_1 \cdot \cos^2 \alpha$$

$$N_1 (\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha) = mg \cdot \cos \alpha$$

$$N_1 = mg \cdot \cos \alpha$$

2) По II закону Ньютона:

$$\begin{cases} x: & ma_y = T \cdot \cos \alpha - N_2 \cdot \sin \alpha \\ y: & 0 = mg - N_2 \cdot \cos \alpha - T \cdot \sin \alpha \end{cases}$$

$$T = \frac{mg - N_2 \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$ma_y = mg - N_2 \cdot \cos \alpha - (mg - N_2 \cdot \cos \alpha) \cdot \sin \alpha$$

$$ma_y = \frac{(mg - N_2 \cdot \cos \alpha) \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha} - N_2 \cdot \sin \alpha \quad | \cdot \sin \alpha$$

$$ma_y \cdot \sin \alpha = mg \cdot \cos \alpha - N_2 \cdot \cos^2 \alpha - N_2 \cdot \sin^2 \alpha$$

$$N_2 (\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha) = mg \cdot \cos \alpha - ma_y \cdot \sin \alpha$$

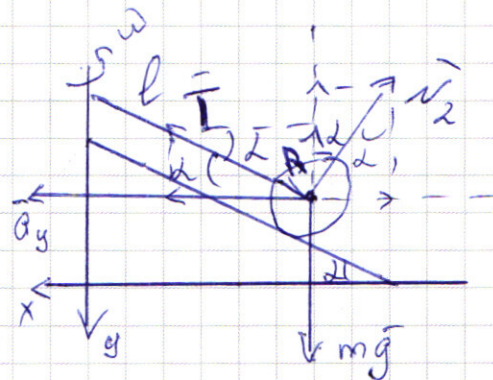
$$N_2 = m(g \cdot \cos \alpha - a_y \cdot \sin \alpha)$$

$$a_y = \omega^2 r$$

$$r = (l + R) \cdot \cos \alpha$$

$$a_y = \omega^2 (l + R) \cdot \cos \alpha$$

$$N_2 = m(g \cdot \cos \alpha - \omega^2 (l + R) \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha) = m \cdot \cos \alpha (g - \omega^2 (l + R) \cdot \sin \alpha)$$



Ответ: 1) $N_1 = mg \cdot \cos \alpha$; 2) $N_2 = m \cdot \cos \alpha (g - \omega^2 (l + R) \cdot \sin \alpha)$

2) $m \cdot \cos \alpha (g - \omega^2 (l + R) \cdot \sin \alpha)$

5 Дано:

$$P = 3550 \text{ Вт}$$

$$\tau = 5,6 \text{ мс}$$

$$T = 300 \text{ Н}$$

Решение:

$$1) \frac{P}{T} = \frac{f_n R}{T} ; f_n = \frac{MP}{TR} = \frac{0,018 \cdot 3550}{300 \cdot 8,3} = 0,0252 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$1) \frac{f_n}{\rho_b}$$

$$\frac{f_n}{\rho_b} = \frac{0,0252}{1000} = 0,0000252$$

$$2) \frac{V_1}{V_2} = ?$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1 Дано:

$$v_0 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$v_k = 2v_0$$

1) v_{y1} - ?

2) t - ?

3) h - ?

Решение:

1) $v_{x0} = v_0 \cdot \cos \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 10 = 5\sqrt{3} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$v_{y0} = v_0 \cdot \sin \alpha = \frac{1}{2} \cdot 10 = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$$v_k^2 = v_{x0}^2 + v_{y1}^2$$

$$v_{y1}^2 = 4v_0^2 - v_{x0}^2 = \sqrt{4 \cdot 100 - 25 \cdot 3} = \sqrt{325}$$

$$\sqrt{325} = \sqrt{13 \cdot 25} = 5\sqrt{13} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2) $v_{y1} = v_{y0} + gt$

$$t = \frac{v_{y1} - v_{y0}}{g} = \frac{5\sqrt{13} - 5}{10} = \frac{5(\sqrt{13} - 1)}{10} = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} \text{ с}$$

3) $h = v_{y0} \cdot t + \frac{gt^2}{2} = \frac{5(\sqrt{13} - 1)}{2} + \frac{5(\sqrt{13} - 1)^2}{2} =$

$$\frac{5\sqrt{13} - 5}{2} + \frac{14 - 2\sqrt{13} + 1}{4} = \frac{5\sqrt{13} - 5}{2} + \frac{14 - 2\sqrt{13}}{4} = \frac{5\sqrt{13} - 5}{2} + \frac{7 - \sqrt{13}}{2} = \frac{5\sqrt{13} - 5 + 7 - \sqrt{13}}{2} = \frac{4\sqrt{13} + 2}{2} = 2\sqrt{13} + 1 \text{ м}$$

$$2\sqrt{13} + 1 \text{ м}$$

Ответ: 1) $v_{y1} = 5\sqrt{13} \frac{\text{м}}{\text{с}}$; 2) $t = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} \text{ с}$; 3) $h = 2\sqrt{13} + 1 \text{ м}$

№3 Дано:

$$m; R; \alpha; l$$

$$\omega$$

1) N_1 - ?

2) N_2 - ?

Решение:

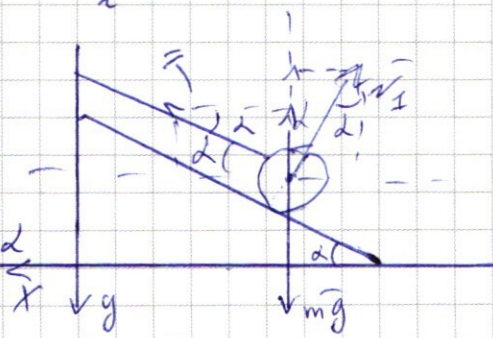
1) По II закону Ньютона:

x: $0 = T \cdot \cos \alpha - N_1 \cdot \sin \alpha$

y: $0 = mg - T \cdot \sin \alpha - N_1 \cdot \cos \alpha$

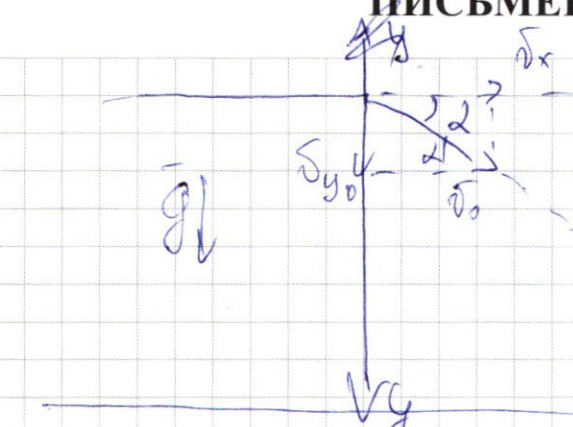
$$T = \frac{N_1 \cdot \sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$0 = mg - \frac{N_1 \cdot \sin^2 \alpha}{\cos} - N_1 \cdot \cos \alpha \quad | \cdot \cos \alpha$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~1.



$$v_x = v_0 \cdot \cos 30 = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 10 = 5\sqrt{3} \frac{m}{c}$$

$$v_{y0} = v_0 \cdot \sin 30 = \frac{1}{2} \cdot 10 = 5 \frac{m}{c}$$

$$v_{y1} = v_{y0} + gt$$

$$2v_0 = \sqrt{v_x^2 + (v_{y0} + gt)^2}$$

$$4v_0^2 = v_x^2 + v_{y0}^2 + 2v_{y0}gt + g^2t^2$$

$$4 \cdot 100 = 25 \cdot 3 + 25 + 2 \cdot 5 \cdot 10t + 100t^2$$

$$400 = 75 + 25 + 100t + 100t^2$$

$$100t^2 + 100t - 300 = 0 \quad | :100$$

$$t^2 + t - 3 = 0$$

$$D = b^2 - 4ac = 1 + 12 = 13$$

$$t_1 = \frac{-1 + \sqrt{13}}{2}$$

$$5 + \frac{10(\sqrt{13} - 1)}{2} = \frac{10 + 10\sqrt{13} - 10}{2} = 5\sqrt{13}$$

$$x_0 = v_x t = 5\sqrt{3} \cdot \frac{-1 + \sqrt{13}}{2} = \frac{5\sqrt{3}(\sqrt{13} - 1)}{2}$$

$$h = \frac{gt^2}{2} + v_{y0}t = \frac{10(14 - 2\sqrt{13})}{2} + \frac{5\sqrt{13} + 5}{2}$$

$$\frac{10(\sqrt{13} - 1)^2}{8} + \frac{5(\sqrt{13} - 1)}{2} =$$

$$\frac{10(13 + 2\sqrt{13} + 1)}{8} + \frac{5\sqrt{13} + 5}{2} =$$

$$\sin \beta = \frac{v_x}{2v_0} = \frac{5\sqrt{3}}{20} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{3}{16}} =$$

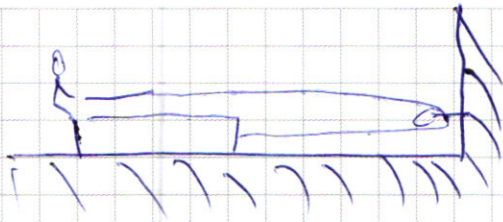
$$\sqrt{\frac{16 - 3}{16}} = \frac{\sqrt{13}}{4}$$

$$\cos \beta = \frac{v_{y1}}{2v_0} =$$

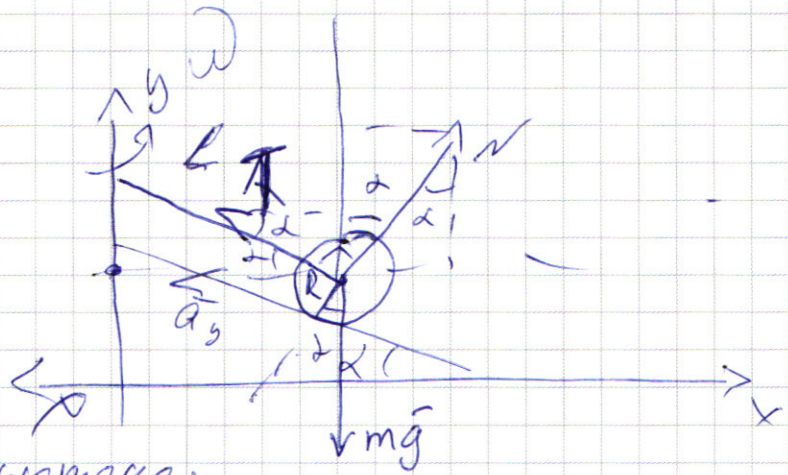
$$v_{y1} = 2v_0 \cdot \cos \beta = 2 \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4} = 5\sqrt{13} \frac{m}{c}$$

$$v_{y1} = v_{y0} + gt; t = \frac{v_{y1} - v_{y0}}{g} = \frac{5\sqrt{13} - 5}{10}$$

$$\frac{\sqrt{13} - 1}{2}$$



р3.



По II закону Ньютона:

$$x: 0 = v \cdot \sin \alpha - T \cdot \cos \alpha$$

$$y: 0 = v \cdot \cos \alpha + T \cdot \sin \alpha - mg$$

$$\cos \alpha = \frac{v \cdot \sin \alpha}{T}$$

$$0 = \frac{v \cdot v \cdot \sin \alpha}{T} + T \cdot \sin \alpha - mg$$

$$T = v \cdot \tan \alpha$$

$$v = mg \cdot \cos \alpha$$

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

$$0 = v \cdot \cos \alpha + v \cdot \tan \alpha \cdot \sin \alpha - mg$$

$$0 = v (\cos \alpha + \tan \alpha \cdot \sin \alpha) - mg$$

$$v = \frac{mg \cdot \cos \alpha}{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} = mg \cdot \cos \alpha$$

$$v (\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha) =$$

$$mg \cdot \cos \alpha - m a \sin \alpha$$

По II закону Ньютона:

$$v = m (g \cdot \cos \alpha - \omega^2 r \sin \alpha)$$

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

$$x: m a_y = T \cdot \cos \alpha - v \cdot \sin \alpha$$

$$y: 0 = T \cdot \sin \alpha - v \cdot \cos \alpha - mg \cdot (l \cdot \cos \alpha + r) \cdot \cos \alpha$$

$$T = \frac{mg - v \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$m a_y = \frac{(mg - v \cdot \cos \alpha) \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha} - v \cdot \sin \alpha \cdot \frac{1}{\sin \alpha}$$

$$m a_y \cdot \sin \alpha = mg \cdot \cos^2 \alpha - v \cdot \cos^2 \alpha - v \cdot \sin^2 \alpha$$



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)