

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\sqrt{(2v_0)^2 - (v_0 \cos \alpha)^2} = v_0 \frac{\sqrt{13}}{2} = \sqrt{13} \cdot 5 \text{ м/с.}$$

$$t = \frac{-v_0 \sin \alpha + v_0 \frac{\sqrt{13}}{2}}{2g} = \frac{v_0}{2g} (\sqrt{13} - 1) = (\sqrt{13} - 1) \cdot 0.5 \text{ с.}$$

$$\left(\frac{m(2v_0)^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2} \right) / mg = \frac{13 v_0^2}{2g} = 15 \text{ м}$$

$$3 \text{ м.г}$$

$$15 \text{ м.г}$$

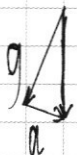
$$2(F - F_0) = 3 \text{ м.г}$$

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

$$t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{3 \text{ м.г}}{F - F_0}} = \sqrt{\frac{3 \text{ м.г}}{F - 15 \text{ м.г}}}$$

$$\vec{T} + \vec{N} + m \vec{g} = 0$$

$$N = m g \cos \alpha$$



$$\sqrt{13} = 3.6$$

$$3.55 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 18.2 \text{ м.г}$$

$$\frac{3.55 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 18.2 \text{ м.г}}{10^3 \text{ кг/м}^3 \cdot 8.314 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К} \cdot 300 \text{ К}} = \frac{3.55 \cdot 18.2 \cdot \text{Па} \cdot \text{м.г}}{8.314 \cdot 300 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}} = \frac{3.55 \cdot 18}{8.314 \cdot 3 \cdot 10^5} = 2.56 \cdot 10^{-5}$$

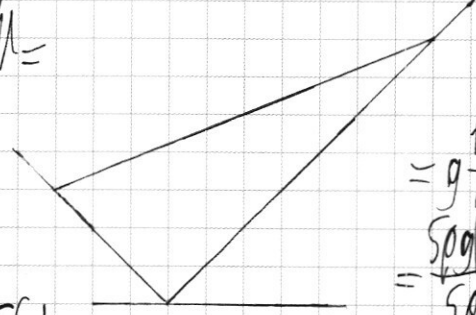
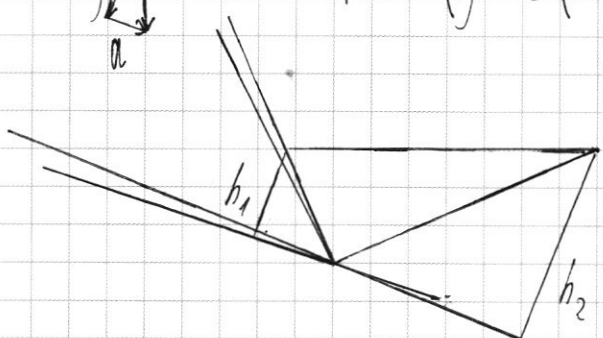
$$\vec{T} + \vec{N} + m \vec{g} = m \vec{a}$$

$$N = m g \cos \alpha + m a \sin \alpha$$

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

$$\frac{8.314 \cdot 10^5}{4.6 \cdot 213} = \frac{4.157 \cdot 10^4}{23.213} = \frac{4.157 \cdot 10^3}{4.899} = 8.36 \cdot 10^3$$

$$\frac{8.314 \cdot 10^5}{4.6 \cdot 213} = \frac{4.157 \cdot 10^4}{23.213} = \frac{4.157 \cdot 10^3}{4.899} = 8.36 \cdot 10^3$$



$$a = \frac{\Delta F}{m} = \frac{S \rho g (h_2 + p_0) - S \rho g (h_1 + p_0)}{m}$$

$$a = \frac{\Delta F}{m} = \frac{S \rho g (h_2 + p_0) - S \rho g (h_1 + p_0)}{m} = g \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = \frac{S \rho g (h_2 - h_1)}{S \rho (h_2 + h_1)} = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1}$$

$$T_n = \frac{6,2832}{3,88} \cdot c = \frac{1,5708c}{0,97} = \sqrt{15} = 3,88 \quad 5,4^2 = 29,16 \quad 3,88^2 = 15,2104 - 2 \cdot 3,9 \cdot 0,02 = 15,0544$$

$$V_{\max} = \frac{40 \text{ см}}{3} \cdot \sqrt{30/c^2} = \frac{0,4 \cdot 5,48}{3} \mu/c = (2,192/3) \mu/c = 0,731 \mu/c \quad 5,48^2 = 30,2504 - 0,22 = 30,0304$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1

Дано:

$$v_0 = 10 \text{ м/с.}$$

$$v_k = 2v_0$$

$$\alpha = 30^\circ$$

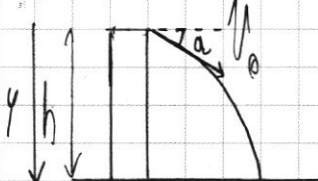
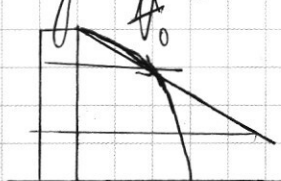
$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$v_{k,y} = ?$$

$$t_n = ?$$

$$h = ?$$

Задача. Решение:



Поскольку шайка всё время приближалась к земле, изначально её вертикальная составляющая скорости была направлена вниз.

$$1) v_{k,y} = \sqrt{v_k^2 - v_{k,x}^2} = \sqrt{(2v_0)^2 - (v_0 \cos \alpha)^2} = v_0 \frac{\sqrt{13}}{2} = 18 \text{ м/с.}$$

$$2) t_n = \frac{v_{k,y} - v_{0,y}}{g} = \frac{\frac{\sqrt{13}}{2} v_0 - \sin \alpha v_0}{g} = (\sqrt{13} - 1) \cdot 0.5 \text{ с.} = 1.3 \text{ с.}$$

$$3) h = \frac{\Delta E_n}{mg} = \frac{\Delta E_k}{mg} = \left(\frac{m(2v_0)^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} \right) : mg = \frac{3v_0^2}{2g} = 15 \text{ м.}$$

Ответ: $v_{k,y} = 18 \text{ м/с.}, t_n = 1.3 \text{ с.}, h = 15 \text{ м.}$

Задача 2.

Дано:

$$S, m, \mu$$

$$M = 2m$$

$$F_{н.ш.} = ?$$

$$F_0 = ?$$

$$t = ?$$

Решение:

$$1) F_{н.ш.} = mg + \mu g = 3mg$$

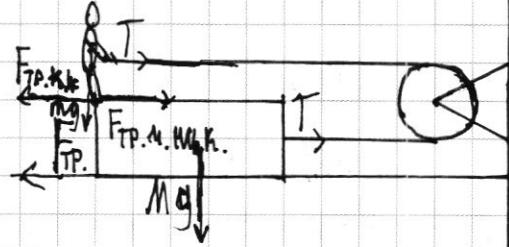
(на тело, человек и коробка дейст. силы: N и $g(m+M)$)

$$2) F_0 = 0.5 F_{тр} = 0.5 \mu N = 0.5 \mu \cdot 3mg = 1.5 \mu mg$$

на тело, чел. и кор. дейст. 3) гориз. силы: $F_{тр.}$ и две силы T (рав. F)

$$3) t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2S(m+M)}{2F_0 - F_{тр.}}} = \sqrt{\frac{6mS}{2F_0 - 3\mu mg}}$$

Ответ: $F_{н.ш.} = 3mg, F_0 = 1.5 \mu mg, t = \sqrt{\frac{6mS}{2F_0 - 3\mu mg}}$



Задача 3.

Дано:

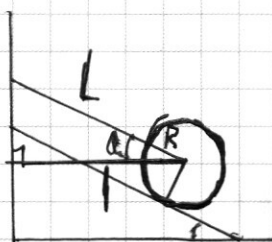
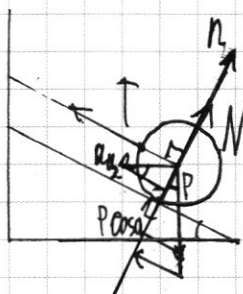
m, R, a, L, ω
 $F_{\text{тр}} N_0 = ?$
 $N = ?$

Решение:

$$1) \vec{T} + \vec{N}_0 + \vec{P} = 0 \quad (\text{проект. на ось } n)$$

$$N_0 - \cos \alpha \cdot mg = 0$$

$$N_0 = \cos \alpha \cdot mg$$



$$2) \vec{T} + \vec{N} + \vec{P} = m \vec{a}_{\text{ц.}}$$

$$N - \cos \alpha \cdot P = m a_{\text{ц.}} \sin \alpha \quad (\text{проект. на ось } n)$$

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

Ответ: $N_0 = \cos \alpha \cdot mg, N = m \cos \alpha (g - \sin \alpha \cdot \omega^2 (L+R))$.

Задача 5.

Дано:

$T = 300^\circ \text{K}$
 $P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Pa}$

Решение:

$$\frac{\rho_n}{\rho_b} = \frac{m_n}{\rho_b V_n} = \frac{m_n P}{\rho_b R T} = \frac{P M(\text{H}_2\text{O})}{\rho_b R T} = 2,56 \cdot 10^{-5}$$

$\rho_n / \rho_b = ?$

$\delta = 5,6$

$$\frac{V_n}{V_b} = \frac{V_n \rho_b}{V_b \rho_n} = \frac{V_n \cdot \frac{1}{\delta} \rho_b}{V_b (1 - \frac{1}{\delta}) \rho_n} = \frac{\rho_b}{(\delta - 1) \rho_n} = 8,36 \cdot 10^3$$

$V_n / V_b = ?$

Ответ: $\rho_n / \rho_b = 2,56 \cdot 10^{-5}, V_n / V_b = 8,36 \cdot 10^3$.

Задача 4.

Дано:

$\alpha = 45^\circ$
 $a = 4 \text{ м/с}^2$
 $h_1 = 10 \text{ см}$
 $h_2 = ?$
 $t = ?$

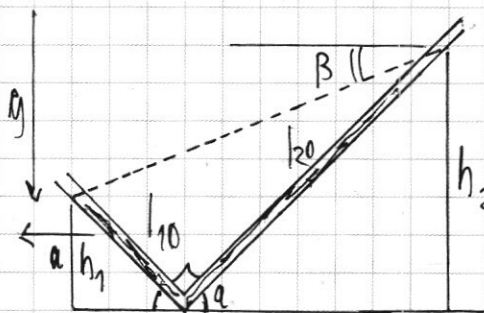
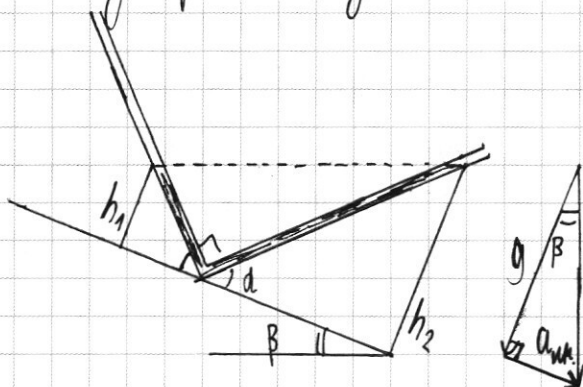
Решение:

1) Перейдём в неинерциальную систему отсчёта, в которой трубка покоится, но присутствует сила инерции, и при этом сумма ускорения свободного падения и ускорения от силы инерции направлена вертикально вниз.

В этой системе уровень воды будет одинаковым в обоих коленах.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

нак, т.к. единственным откликом от обтекания системы отсчёта будет
сильное ускорение вниз" (в 1,5-2 балла). условий



Полным образом можно найти h_2 :

$$h_2 = l_2 \cos \alpha = l_2 \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} = l_2 \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{a^2}{g^2}}} = l_2 \cdot \frac{g}{\sqrt{g^2 + a^2}} = 23,3 \text{ см}$$

$$2) \begin{cases} p_0 S + l_2 \rho g \cos \alpha - p_1 S = m_2 a \\ -p_0 S + p_1 S - l_1 \rho g \cos \alpha = -m_1 a \end{cases}$$

$$\begin{cases} p_0 S + l_2 \rho g \cos \alpha - p_1 S = l_2 \rho S a \\ p_1 S - p_0 S - l_1 \rho g \cos \alpha = -l_1 \rho S a \end{cases}$$

$$\begin{cases} p_0 S + l_2 \rho g \cos \alpha - p_1 S = l_2 \rho S a \\ p_1 S - p_0 S - l_1 \rho g \cos \alpha = -l_1 \rho S a \end{cases}$$

$$l_2 \rho g +$$

$$(p_0 S + l_2 \rho g \cos \alpha - p_1 S) + (p_1 S - p_0 S - l_1 \rho g \cos \alpha) = l_2 \rho S a + l_1 \rho S a$$

$$\rho g \cos \alpha (l_2 - l_1) = \rho S a (l_2 + l_1)$$

$$a = \frac{\cos \alpha (l_2 - l_1) g}{l_2 + l_1} = g \cdot \frac{l_2 - l_1}{l_2 + l_1} \quad (= g \cdot \frac{h_2 - h_1}{l_2 + l_1})$$

$$a = (l_2 - l_1) \cdot \frac{g}{\sqrt{2}(l_2 + l_1)} = \frac{g}{\sqrt{2}(l_2 + l_1)} = \text{const (не изменяется во времени)} \quad \frac{g}{\sqrt{2}(l_2 + l_1)} = \frac{g}{\sqrt{2}(l_2 + l_1)} = \frac{g}{2(h_2 + h_1)} = 15 \text{ м/с}^2$$

Поскольку изменение воды в разности высот $h_2 - h_1$ в трубе прямо пропорционально скорости v в трубах, а изменение скорости

та ~~вода~~ ^{масла} по времени пропорционально разности высот ($\Delta h = \frac{h_2 - h_1}{\sqrt{2}}$), то и то, и другое меняется по синусоидальному закону:

$$\Delta h = \Delta h_{\max} \cos \frac{2\pi\tau}{T_n} \quad \Delta h_{\max} = h_2 - h_1 \quad (\text{т.к. изнач. скорость воды относ. труб. 0})$$

$$v = v_{\max} \sin \frac{2\pi\tau}{T_n} \quad \tau - \text{время после окончания равноускоренного движения}$$

$$\Delta h' = \frac{v}{\sqrt{2}} \quad v' = \Delta h \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{2} \cdot 15 \text{ м/с} \quad v' = \Delta h \cdot \sqrt{2} \cdot 15 \text{ м/с}^2$$

$$\left(\Delta h_{\max} \cos \frac{2\pi\tau}{T_n} \right)' = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(v_{\max} \sin \frac{2\pi\tau}{T_n} \right) \quad \left(v_{\max} \sin \frac{2\pi\tau}{T_n} \right)' = \left(\Delta h_{\max} \cos \frac{2\pi\tau}{T_n} \right)' \cdot \sqrt{2} \cdot 15 \text{ м/с}^2$$

$$\frac{2\pi}{T_n} \cdot \Delta h_{\max} \left(-\sin \frac{2\pi\tau}{T_n} \right) = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot v_{\max} \sin \frac{2\pi\tau}{T_n} \quad \frac{2\pi}{T_n} \cdot v_{\max} \cos \frac{2\pi\tau}{T_n} = \Delta h_{\max} \cos \frac{2\pi\tau}{T_n} \cdot \sqrt{2} \cdot 15 \text{ м/с}^2$$

$$\Delta h_{\max} = \frac{T_n}{\sqrt{2} \cdot 2\pi} \cdot \frac{v_{\max}}{T_n} \quad v_{\max} \Delta h_{\max} = \frac{T_n \cdot 15 \text{ м/с}^2}{\sqrt{2} \cdot 2\pi}$$

$$\Delta h_{\max} = v_{\max} \frac{T_n}{\sqrt{2} \cdot 2\pi}$$

$$v_{\max} \Delta h_{\max} = \frac{T_n \cdot 15 \text{ м/с}^2}{\sqrt{2} \cdot 2\pi}$$

$$\begin{cases} v_{\max} \Delta h_{\max} = \Delta h_{\max} \cdot \frac{T_n \cdot 15 \text{ м/с}^2}{\sqrt{2} \cdot 2\pi} \cdot \frac{T_n}{\sqrt{2} \cdot 2\pi} \\ v_{\max} \frac{T_n}{\sqrt{2} \cdot 2\pi} = \Delta h_{\max} \frac{T_n \cdot 15 \text{ м/с}^2}{\sqrt{2} \cdot 2\pi} \cdot \Delta h_{\max} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 1 = \frac{T_n^2 \cdot 15 \text{ м/с}^2}{4\pi^2} \\ v_{\max}^2 = \Delta h_{\max}^2 \cdot 30 \text{ м/с}^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} T_n = \frac{2\pi}{\sqrt{15 \text{ м/с}^2}} \\ v_{\max} = (h_2 - h_1) \cdot \sqrt{30 \text{ м/с}^2} \end{cases}$$

$$T_n = 1.62 \text{ с.} \quad v_{\max} = 0.731 \text{ м/с.}$$

$$t_{\text{ог. в. н.}} = T_n / 4 = 0.405 \text{ с.}$$

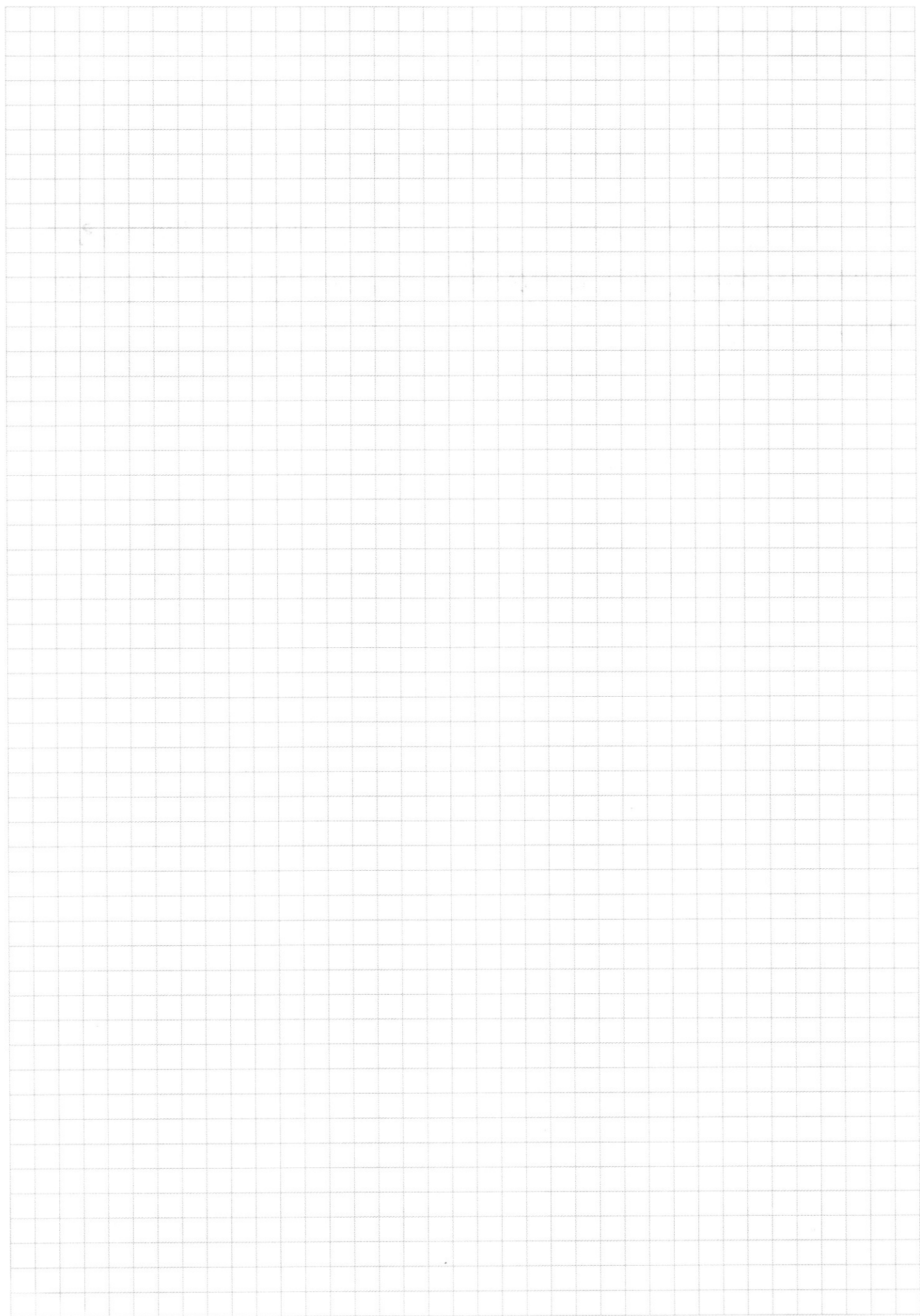
$$\Delta h = \Delta h_{\max} \cos \frac{2\pi(T_n/4)}{T_n} = \Delta h_{\max} \cos \frac{\pi}{2} = 0$$

Ответ: $h_2 = 0.233 \text{ м}$, $v_0 = 0 \text{ м/с.}$ (сразу после остановки), $v_{\text{ог. в. н.}} = 0.731$ (скорость во



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

В момент равенства высот, $t_{\text{ог. вы.}} = 0,40 \text{ с}$. (Время после окончания ускоренного движения, через которое ~~будет~~ ^{будет} в первый раз будет иметь одинаковую высоту).





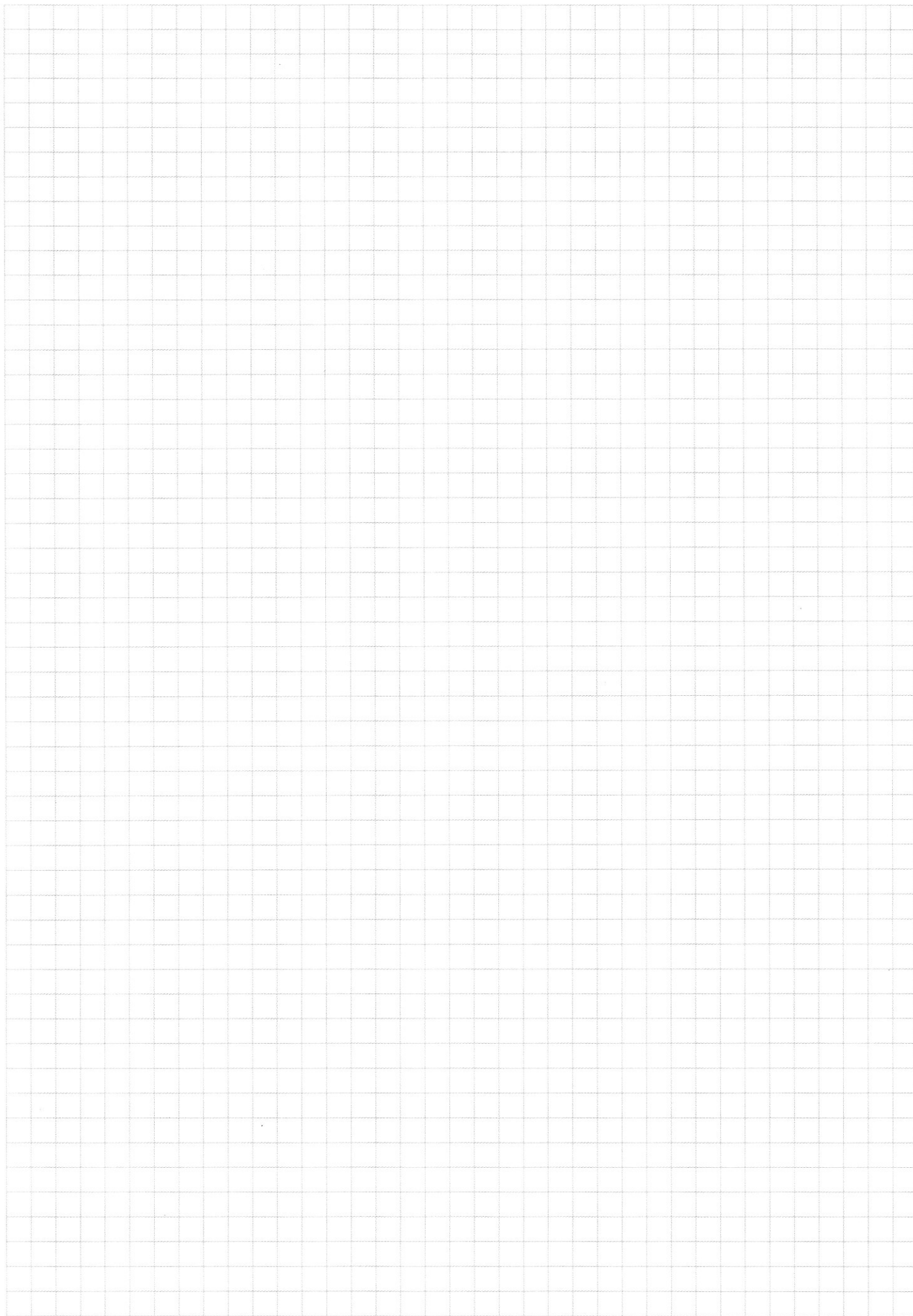
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2020

Класс 10

Вариант 10-02

Шифр 5.1

(заполняется секретарём)

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вложенного задания не проверяются.

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.

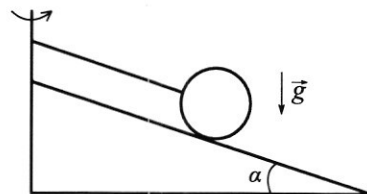
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 2m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в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

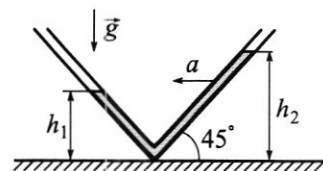
- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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.

