

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-01

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

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.

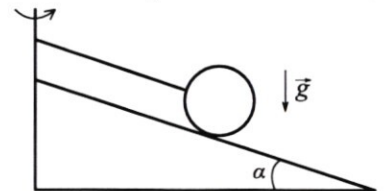
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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?

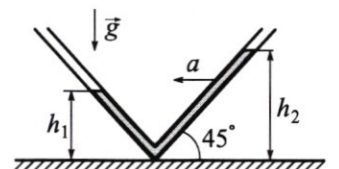
3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.



- 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

Задача 1.

Т.к. в полете камень все время приближался к Земле, то горизонтальная составляющая скорости изначально была направлена вниз. Зная, что вектор скорости составлял 60° с горизонтом, найдем начальные проекции скорости: $v_{0x} = 4 \frac{м}{с}$ и $v_{0y} = 4\sqrt{3} \frac{м}{с}$ (oy – вертикальная ось, ox – горизонтальная). Конечная скорость $v = 2,5v_0 = 20 \frac{м}{с}$. При падении горизонтальная составляющая скорости не менялась, значит по теореме Пифагора найдем вертикальную $v_y = 8\sqrt{6} \frac{м}{с}$.

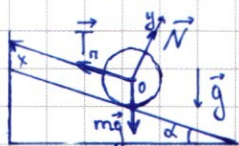
Запишем закон изменения скорости в проекции на oy :
 $v_y = v_{0y} + a_y t$. $a_y = g$, тогда $v_y - v_{0y} = gt$, $t = \frac{v_y - v_{0y}}{g} = (0,8\sqrt{6} - 0,4\sqrt{3})с$.

Запишем закон движения в проекции на ox :
 $\Delta x = v_{0x} t = 4(0,8\sqrt{6} - 0,4\sqrt{3}) = (3,2\sqrt{6} - 1,6\sqrt{3}) м$.

Ответ: $v_y = 8\sqrt{6} \frac{м}{с}$; $t = (0,8\sqrt{6} - 0,4\sqrt{3}) с$; $\Delta x = (3,2\sqrt{6} - 1,6\sqrt{3}) м$.

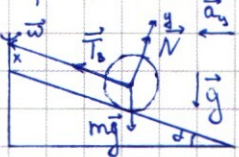
Задача 3.

Покой:



|| З.Н. на ox : $T_n = mg \sin \alpha$

Вращение:



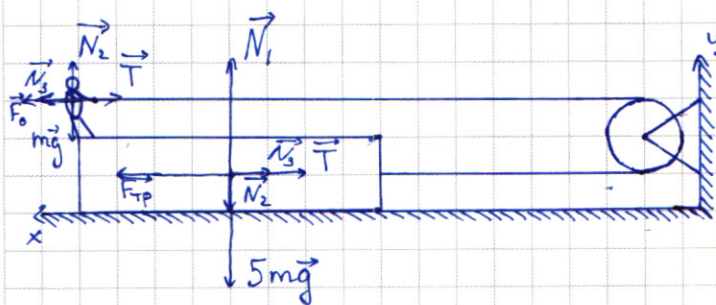
|| З.Н. на ox : $T_b - mg \sin \alpha = m a_y \cos \alpha$

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

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

Ответ: $T_n = mg \sin \alpha$; $T_b = mg \sin \alpha + m \omega^2 (L + R) \cos^2 \alpha$.

Задача 2.



По III З.Н. $\vec{F}_0 = -\vec{T}$

II З.Н. на ох для человека:

$$T = N_3 = F_0$$

II З.Н. на оу для человека:

$$mg = N_2$$

II З.Н. на оу для ящика: $N_1 = N_2 + 5mg = 6mg$, то есть ящик с человеком давит на пол с силой $N_1 = 6mg$.

II З.Н. на ох для ящика: $N_3 + T = 6\mu mg$, $2F_0 + 6\mu mg$, $F_0 = 3\mu mg$.

Если человек приложит силу F :

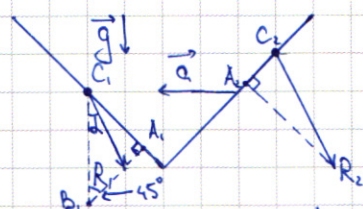
II З.Н. на ох для ящика: $6ma = 2F - 6\mu mg$, $a = \frac{F}{3m} - \mu g$

$$2aS = v^2 - v_0^2, v_0 = 0, 2aS = v^2, v = \sqrt{2aS}$$

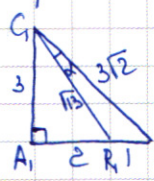
$$v = \sqrt{\frac{2FS}{3m} - 2\mu gS}$$

Ответ: $N_1 = 6mg$; $F_0 = 3\mu mg$; $v = \sqrt{\frac{2FS}{3m} - 2\mu gS}$.

Задача 4.



В горле, в котором меньше масла, его будет $0,4m$, а в другом — $0,6m$ (из отношения высот). Тогда равнодействующие будут $0,4m(-\vec{a} + \vec{g})$ и $0,6m(-\vec{a} + \vec{g})$ соответственно. Они будут параллельны. Тогда так как колена трубки перпендикулярны, то $\triangle A_1C_1B_1 \sim \triangle A_2C_2B_2$. Также, чтобы масло находилось в равновесии, проекции равнодействующих на колена трубки должны быть равны и направлены друг к другу, то есть $A_1C_1 \perp A_2C_2$; т.к. треугольники подобны, узнаем $\tan \angle C_2B_2A_2$; он равен $\frac{1}{3}$.



α - угол между равнодействующей и вертикалью; по теореме косинусов найдем его косинус: $\cos \alpha = \frac{5^2 + 6^2 - 6^2}{2 \cdot 5 \cdot 6}$, из косинуса по формуле найдем тангенс: $\frac{1}{\cos^2 \alpha} = \tan^2 \alpha + 1$; $\tan \alpha = 0,2$. Тогда $a = g \tan \alpha =$

До исчезновения ускорения центр масс ~~воды~~ масла будет на высоте $h_1 = 5,2cm$, самое нижнее его возможное положение — $h_2 = 5cm$ (когда в обоих коленах одинаковое кол-во масла). $gh = \frac{v^2}{2}$, $v = \sqrt{2g\Delta h} = 0,2 \frac{m}{c}$.

Ответ: $a = 2 \frac{m}{c^2}$; $v = 0,2 \frac{m}{c}$.

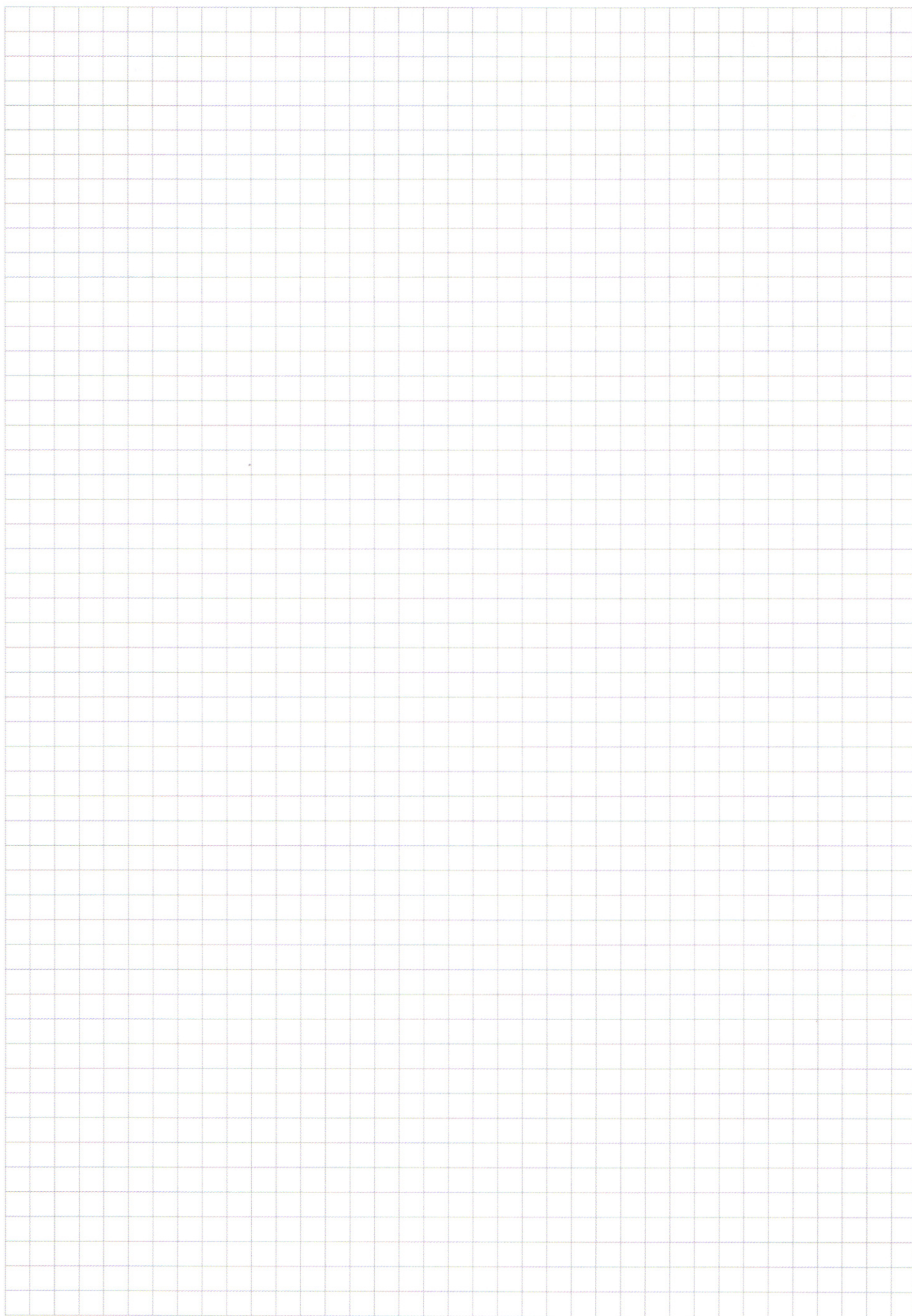
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 5.

Ур-е Менделеева-Клапейрона: $P = \frac{\rho_r}{\mu} RT$, откуда $\rho_r = \frac{P \mu}{RT} = 0,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

$$k = \frac{\rho_r}{\rho_v} = \frac{0,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = 0,0005.$$

Ответ: $k = 0,0005$.



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1. $4\sqrt{3} \frac{m}{c}$ $8\sqrt{6} \frac{m}{c}$ $20 \frac{m}{c}$ $4 \frac{m}{c}$ $64 - 16 = 48$ $4\sqrt{3} \frac{m}{c}$ $400 - 16 = 384 = 2\sqrt{96} = 4\sqrt{24} = 8\sqrt{6}$ $\frac{384}{16} = 24$ $\frac{24}{16} = 1.5$ $\frac{96}{16} = 6$

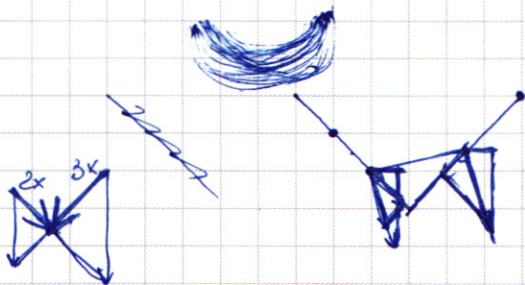
$8\sqrt{6} = 4\sqrt{3} + \frac{v}{g}t$ $\frac{v}{g}t = 8\sqrt{6} - 4\sqrt{3}$ $t = \frac{4\sqrt{3}(4\sqrt{2}-1)}{g} = 0,4\sqrt{3}(4\sqrt{2}-1) [c] = 0,8\sqrt{6} - 0,4\sqrt{3}$ $4t = 1,6\sqrt{3}(4\sqrt{2}-1) [m]$ $8\sqrt{6} [\frac{m}{c}]$ $\frac{8\sqrt{6} - 4\sqrt{3}}{g} = \frac{4\sqrt{3}(2\sqrt{2}-1)}{g}$

2. $F_0 = 6 \mu mg$ $F_{TP} = 6 \mu mg$

3. $T = mg \sin \alpha$ $T = 6 \mu mg$ $F_0 = 6 \mu mg$ $T = F_0$

4. $a = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$ $m\omega^2(R+L) \cos^2 \alpha + mg \sin \alpha$ $\sin(\alpha+\beta) = \sin \alpha \cos \beta + \sin \beta \cos \alpha$

5. $95^\circ C$ $P = 8,5 \cdot 10^4 Pa$ $\frac{2}{\sqrt{13}}$ $\frac{3}{\sqrt{13}}$

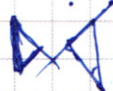
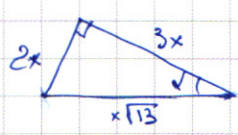


$$\frac{1}{\cos^2 \beta} = \operatorname{tg}^2 \beta + 1$$

$$\operatorname{tg}^2 \beta = \frac{26}{25} - 1 = \frac{1}{25}$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{1}{5}$$

$$a = \frac{1}{5}g = 2 \frac{m}{s^2}$$



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2}{3}$$

$$45^\circ - \arctan\left(\frac{2}{3}\right)$$

5,2

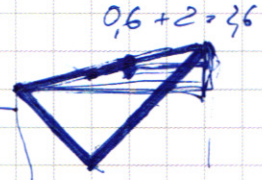
$$\frac{\sqrt{12}}{2} = \frac{2}{\sqrt{13}} \cos \alpha + \frac{3}{\sqrt{13}} \sin \alpha$$

$$\frac{\sqrt{126}}{2} = 2 \cos \alpha + 3 \sin \alpha$$

$$\frac{\sqrt{126}}{2} = \cos \alpha (2 + 3 \operatorname{tg} \alpha)$$

$$\frac{1}{\cos^2 \alpha} = \operatorname{tg}^2 \alpha + 1$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha + 1}}$$



$$0,6 + 2 = 3,6$$

$$m_1 g + m_2 = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2}$$

$$1 \cdot 13 + 18 = 2 \cdot 3 \sqrt{26} \cos \beta$$

$$5 = \sqrt{26} \cos \beta$$

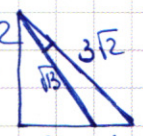
$$\frac{5 \sqrt{26}}{26} = \cos \beta$$

$$8 + \frac{4 \cdot 4 \cdot 6}{18 \cdot 26}$$

$$\frac{4 \cdot 2 + 6 \cdot 3}{5} = 5,2$$

$$1 = \frac{4}{13} + 2 - 2 \sqrt{26} \cos \beta$$

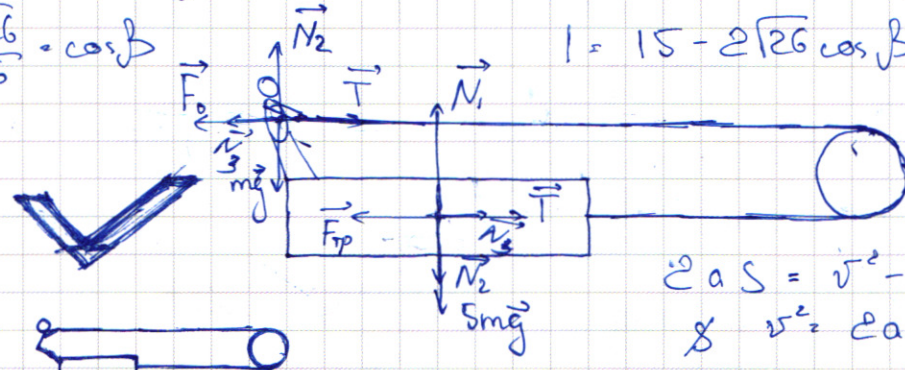
$$1 = 15 - 2 \sqrt{26} \cos \beta$$



$$0,2 \text{ cm}$$

$$\frac{7 \sqrt{26}}{26} = \cos \beta$$

$$0,002 \text{ m}$$



$$2as = v^2 - v_0^2$$

$$v^2 = 2as, v = \sqrt{2as}$$

$$gh = \frac{v^2}{2}, v^2 = 2gh$$

$$T = 6 \mu mg - N_3 = F_0 + N_3, 6ma = F_0$$

$$a = \frac{F_0}{6m}$$

$$2N_3 = 6 \mu mg - F_0$$

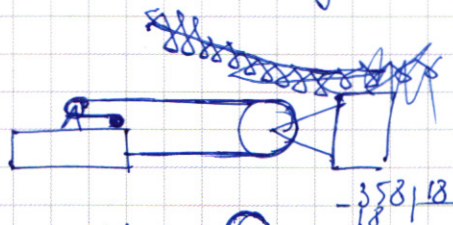
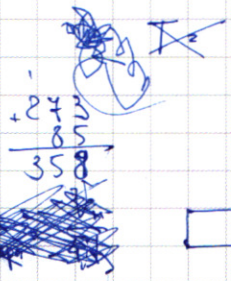
$$v = \sqrt{\frac{F_0 s}{3m}}$$

$$F_0 = 6 \mu mg - 3 \mu mg + 0,5 F_0$$

$$S = \frac{P_{CM}}{RT}$$

$$N_3 = T = F_0$$

$$2F_0 = F_{tp} = F_0 + 3 \mu mg$$



$$378$$

$$0,0005$$

$$S = P = \frac{8RT}{\mu}$$

$$8,5 \cdot 10^4 = \frac{8 \cdot 31 \cdot 358}{18}$$

$$P_{CM} = 8RT$$

$$S = \frac{P_{CM}}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 8}{8,31 \cdot 0,018 \cdot 358} \approx 0,0005$$

$$P_a = \frac{H}{M^2}$$

$$\Delta m = H \cdot M$$



$$8,5 \cdot 10^4 \cdot 8 \cdot 0,31 \cdot 358$$

$$0,018$$

$$0,5 \frac{KJ}{M^3}$$

$$\frac{H}{M^2} \cdot \frac{KJ}{M^3} \cdot K \cdot M^3$$



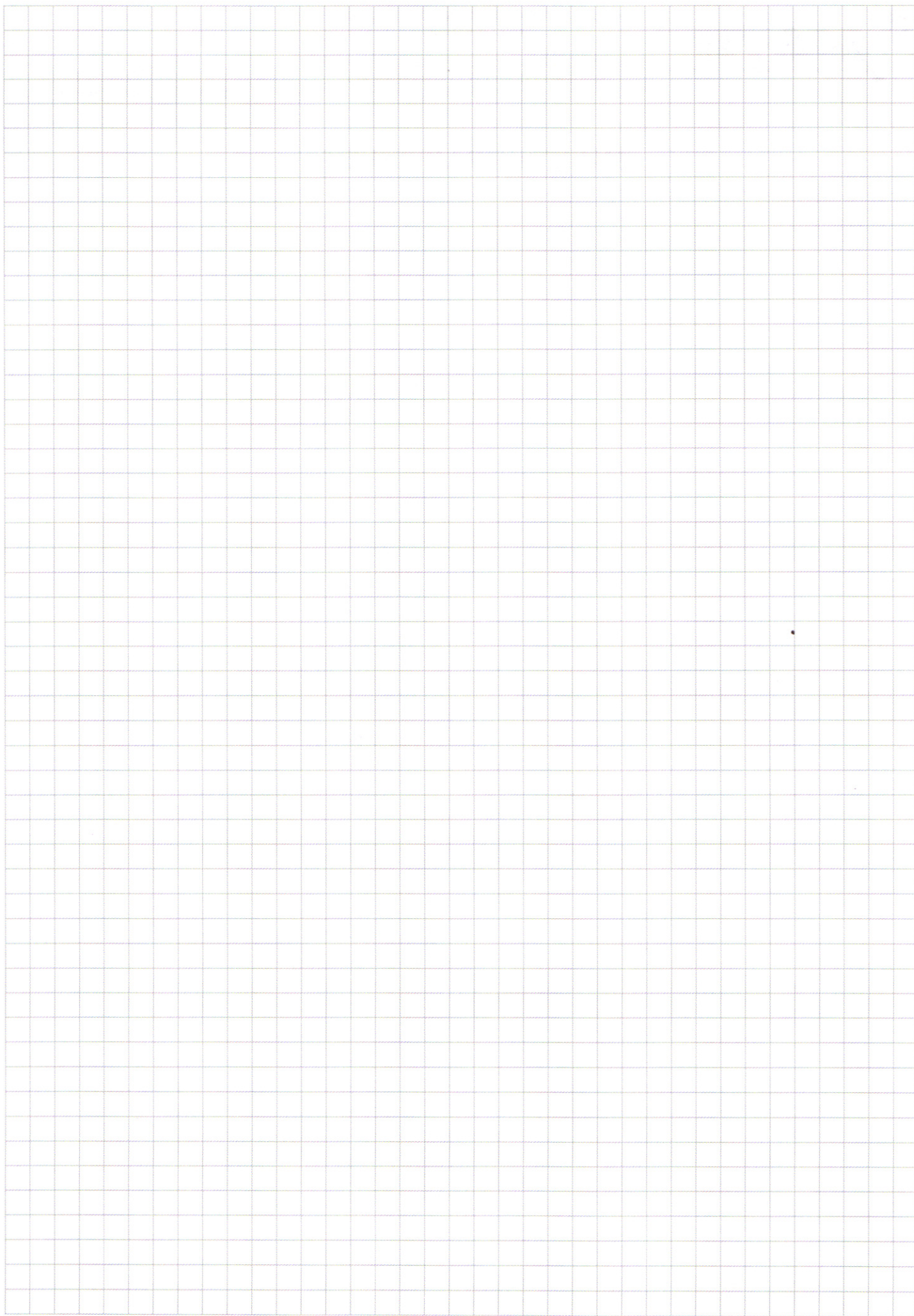
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)



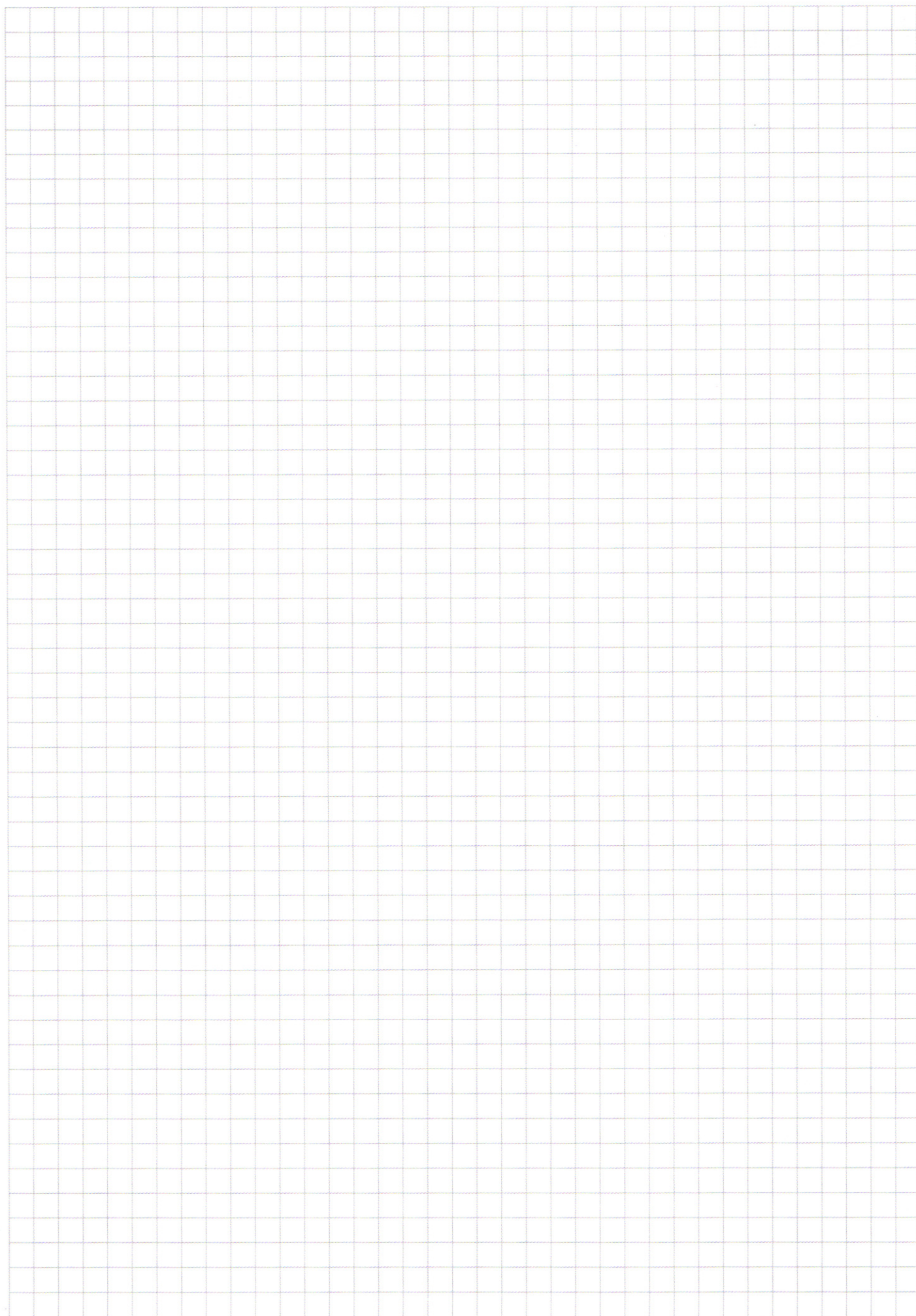
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)