

Олимпиада «Физтех» по физике, 10 класс

Вариант 10-03

Класс 10

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

1. Мальчик бросает стальной шарик с вышки со скоростью $V_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. В полете шарик все время приближался к горизонтальной поверхности Земли и упал на нее со скоростью $2V_0$.

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

2) Найти время полета шарика.

3) С какой высоты был брошен шарик?

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

2. На противоположных концах тележки массы M , находящейся на гладкой горизонтальной поверхности, стоят два ученика одинаковой массы m каждый. Длина тележки L . Вначале система неподвижна. Один ученик бросает мяч, а другой ловит. Масса мяча m_1 . В процессе полета горизонтальная составляющая скорости мяча относительно поверхности, на которой находится тележка, равна V_0 .

1) Найдите скорость V_1 тележки после броска.

2) Найдите продолжительность T полета мяча.

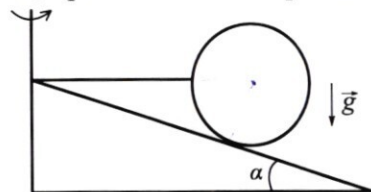
3) Найдите скорость V_2 тележки после того, как второй ученик поймает мяч.

Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

3. Однородный шар массой m находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается горизонтально натянутой нитью длиной L , привязанной к вершине 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.



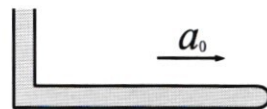
4. Тонкая Г-образная трубка с горизонтальным коленом, закрытым с одного конца, и вертикальным коленом высотой $H = 40$ мм, открытым в атмосферу, заполнена полностью ртутью (см. рис.). Если трубку двигать (в плоскости рисунка) с ускорением, не большим некоторого a_0 , то ртуть из трубки не выливается.

1) Найти давление P_1 внутри трубки в точке А, находящейся от вертикального колена на расстоянии $1/3$ длины горизонтального колена, если трубка движется с ускорением a_0 .

2) Найти давление P_2 в точке А, если трубка движется с ускорением $0,6a_0$.

3) Найти давление P_3 вблизи закрытого конца трубки, если она движется с ускорением $0,8a_0$.

Атмосферное давление $P_0 = 740$ мм рт. ст. Давлением насыщенных паров ртути в условиях опыта пренебречь. Ответы дать в «мм рт. ст.».



5. Поршень делит объем горизонтального герметичного цилиндра на две равные части, в каждой из которых находится вода и водяной пар при температуре $T = 373$ К. Масса воды в каждой части в 5 раз меньше массы пара. Поршень находится на расстоянии $L = 0,6$ м от торцов, площадь поперечного сечения поршня

$S = 20$ см². Масса M поршня такова, что $\frac{Mg}{S} = 0,01P_0$, здесь P_0 – нормальное атмосферное давление.

1) Найдите массу m воды в каждой части в начальном состоянии.

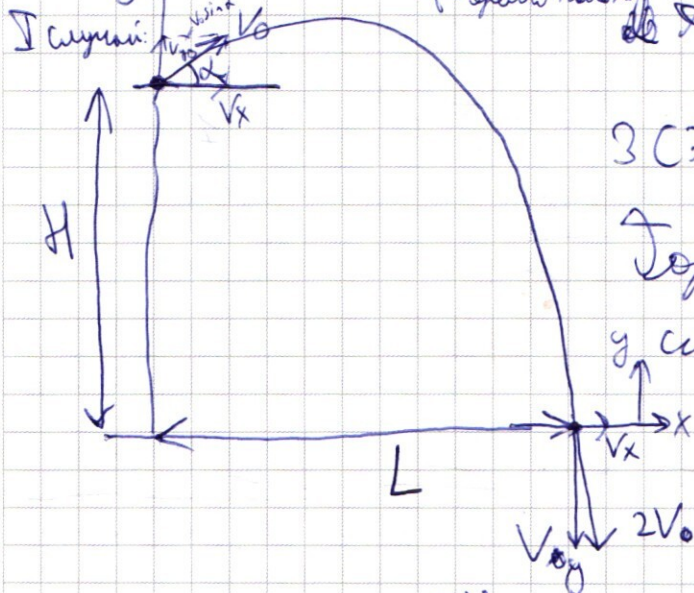
2) Цилиндр ставят на дно. Найдите вертикальное перемещение h поршня к моменту установления равновесного состояния.

Температура в цилиндре поддерживается постоянной. Трение считайте пренебрежимо малым. Молярная масса водяного пара $\mu = 18$ г/моль, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К). Объем воды намного меньше объема пара.

$P_1 = 105 \text{ Па}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1



V_x - горизонт. скорость; V_y - верт. сост. скорости
при падении, т.е. после
повертывания
Марки летят вверх

$$3C7: mgyH + \frac{mV_0^2}{2} = \frac{m \cdot 4V_0^2}{2}$$

Горизонт. составляющая
у скорости $(V_x) = \text{const}$

$$V_x = V_0 \cos \alpha$$

$$V_x^2 + V_y^2 = 4V_0^2 \quad \text{— сумма} \\ \text{— скорости в} \\ \text{мгн. падения} \\ (V_x + V_y = 2V_0)$$

$$V_y^2 = (4 - \cos^2 \alpha) V_0^2$$

$$V_y = V_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} = V_0 \sqrt{4 - \frac{3}{4}}$$

$$V_y = V_0 \cdot \frac{\sqrt{13}}{2}$$

$$V_y \approx \frac{3 \cdot 6V_0}{2} \approx 1,8V_0 \approx 18 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$H = \frac{3V_0^2}{2g} = \frac{3 \cdot 100 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 15 \text{ м}$$

~~$V_0 \sin \alpha + g t = -V_y$~~
Уменьшение скорости по Oy:

$$Oy: V_0 \sin \alpha - g t = -V_y$$

$$t = \frac{V_0 \sin \alpha + V_y}{g}$$

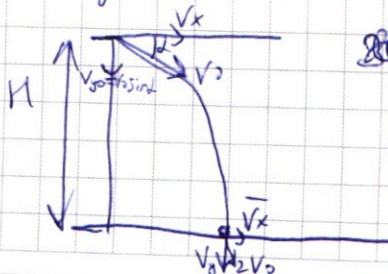
$$t \approx \frac{5 \frac{\text{м}}{\text{с}} + 18 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} \approx 2,3 \text{ с}$$

Ответ: 1) $V_y \approx 18 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2) $t \approx 2,3 \text{ с}$

3) $H = 15 \text{ м}$

II случай:



Марки летят вниз

~~уравнение 3C7~~ ~~также не~~ $\Rightarrow$

$\Rightarrow H = 15 \text{ м}$; Горизонт. сост. скорости

такая же $\Rightarrow V_y \approx 18 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; (сост. скорости в т. падения
такая же; $V_x + V_y = 2V_0$)

Изменение скорости по Oy: $V_0 \sin \alpha + gt = V_y$

Ответ: 1) $V_y \approx 18 \frac{м}{с}$

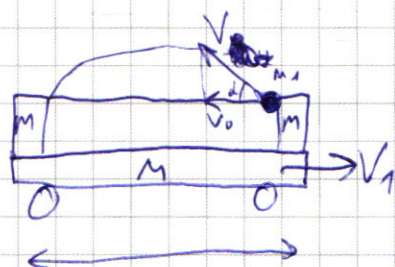
2) $t \approx 1,3 с$

3) $H = 15 м$

$$t = \frac{V_y - V_0 \sin \alpha}{g}$$

$$t \approx \frac{18 \frac{м}{с} - 5 \frac{м}{с}}{10 \frac{м}{с^2}} \approx 1,3 с$$

Задача 2



Бросок,
ЗСМ, ОХ: $m_1 V_0 - (M + m_1) V_1 = 0$

$$V_1 = \frac{m_1 V_0}{M + 2m}$$

т.к. горизонтальная
связь шаров/колес
не меняется = 0.

В С.О. не меняется V_{cm} (скорость центра) $= V_0 + V_1$

$$\Rightarrow L = V_{cm} T \Rightarrow T = \frac{L}{V_0 + V_1} = \frac{L}{V_0 (1 + \frac{m_1}{M + m_1})} = \frac{L(M + 2m)}{V_0(M + 2m + m_1)}$$

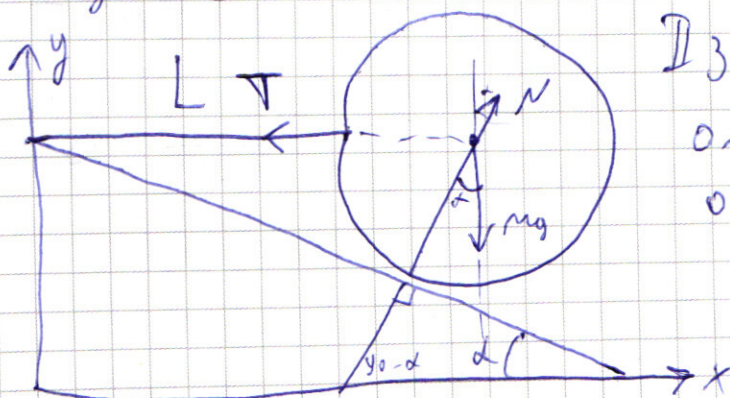
2 закон Ньютона,

ЗСМ, ОХ: $(M + 2m) V_1 + m_1 V_0 = -(M + 2m + m_1) V_2$

$$V_2 = \frac{0}{M + 2m + m_1} = 0$$

Ответ: 1) $V_1 = \frac{m_1 V_0}{M + 2m}$; 2) $T = \frac{L(M + 2m)}{V_0(M + 2m + m_1)}$; 3) $V_2 = 0$

Задача 3



ДЗН. для статистики:

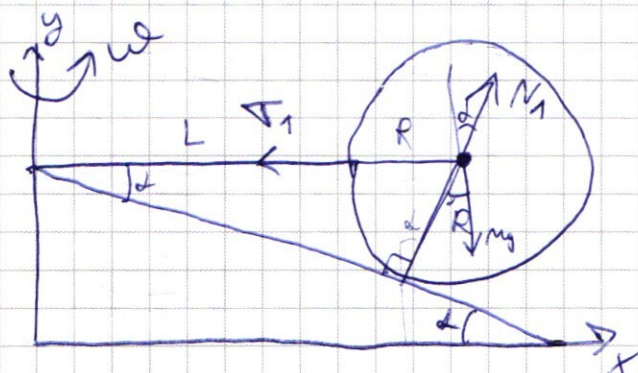
$$\begin{aligned} \text{ОХ: } T &= N \sin \alpha \\ \text{ОУ: } mg &= N \cos \alpha \end{aligned} \Rightarrow \frac{T}{mg} = \tan \alpha$$

$$T = mg \tan \alpha$$

N_1, N - сила реакции опоры

R - радиус шара

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\sin \alpha = \frac{R}{L+R}$$

$$L \sin \alpha + R \sin \alpha = R \Rightarrow R = \frac{L \sin \alpha}{1 - \sin \alpha}$$

$$a_y = \omega^2 x, \text{ где } \omega - \text{угл. скорость,}$$

x - радиус-вектор вращению,

a_g - центростремительная,

$$\text{по IIЗН: } m a_y = \Sigma F$$

IIЗН:

$$Oy: m g = N_1 \cos \alpha$$

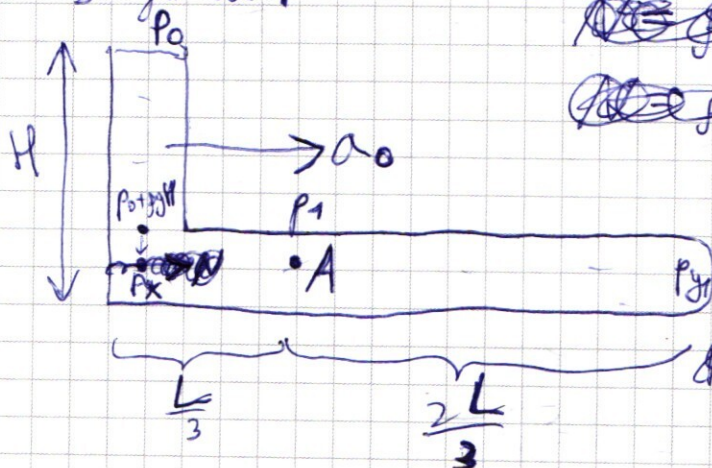
$$Ox: T_1 - N_1 \sin \alpha = m \cdot \omega^2 \cdot (L+R) = m \omega^2 \left(L + \frac{L \sin \alpha}{1 - \sin \alpha} \right) = m \omega^2 \frac{L}{1 - \sin \alpha}$$

$$T_1 = \frac{m \omega^2 L}{1 - \sin \alpha} + m g \tan \alpha$$

Ответ: 1) $T = m g \tan \alpha$

2) $T_1 = \frac{m \omega^2 L}{1 - \sin \alpha} + m g \tan \alpha$

Задача 4



Если уравнение не выполняется, то $P_0 \neq 0$ и $P_0 \neq 0$ и т.д.

$$P_x = P_0 + P_1 H = P_0 + P_1 H$$

$$P_0 + P_1 H = P_x$$

$$(1) P_{y1} + P_0 \cdot L = P_x$$

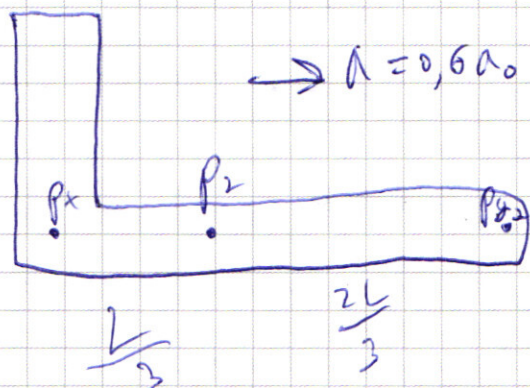
$$P_1 + P_0 \cdot \frac{L}{3} = P_x$$

T и a_0 - максимальное значение, при котором вышесказанное верно, но $P_0 = 0$ при $a > a_0 \Rightarrow P_{y1} = 0 \Rightarrow$

$$(1) p_x = \rho g a_0 L$$

$$(2) p_1 = p_x - \rho g a_0 \frac{L}{3} = \frac{2p_x}{3} = \frac{2(\rho_0 + \rho_3 H)}{3} = \frac{2 \cdot 780 \text{ мм рт.ст.}}{3} =$$

$$= 520 \text{ мм рт.ст.}$$



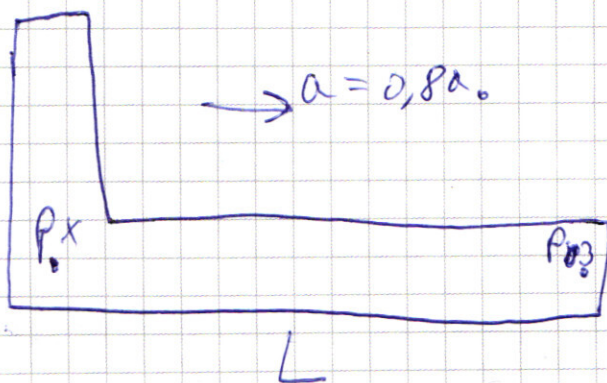
$$p_x = \rho g H + p_0 = 780 \text{ мм рт.ст.}$$

$$p_2 + \rho g a_0 L = p_x \Rightarrow p_2 = 0,4 p_x$$

$$p_2 + \rho g a_0 \frac{L}{3} = p_x$$
~~$$p_2 + \rho g a_0 L = p_x$$~~

$$p_2 = p_x - \rho g a_0 L \cdot \frac{0,5}{3} = p_x - p_x \cdot \frac{0,5}{3} = \frac{2,4 p_x}{3} = 0,8 p_x$$

$$= 0,8 \cdot 780 = 624 \text{ мм рт.ст.}$$



$$p_x = \rho g H + p_0$$

$$p_3 + \rho g a_0 L = p_x$$

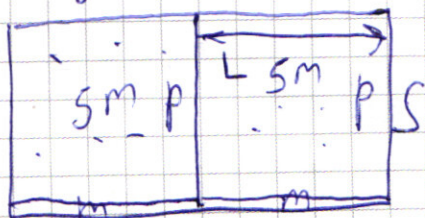
$$p_3 = 0,2 p_x$$

$$p_3 = 0,2 \cdot 780 \text{ мм рт.ст.} = 156 \text{ мм рт.ст.}$$

Ответ. 1) $p_1 = 520 \text{ мм рт.ст.}$; 2) $p_2 = 624 \text{ мм рт.ст.}$

3) $p_3 = 156 \text{ мм рт.ст.}$

Задача 5

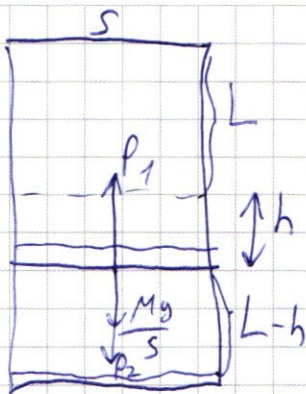


$$T = 373 \text{ K} = 100^\circ \text{C} - \text{т. кипения воды}$$

$$p_0 L S = R \frac{5m}{M} T$$

$$m = \frac{p_0 L S M}{5 R T} \approx 0,14 \text{ г}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\begin{aligned} \text{const} &\Rightarrow (L+h)Sp_1 = R V_1 T \\ (L-h)Sp_2 &= R V_2 T \\ p &= \frac{Mg}{S} + p_2 + \frac{mg}{S} \end{aligned}$$

$$\sqrt{p_2}$$

$$\frac{(L+h)p_1}{(L-h)p_2} = \frac{(L+h)(\frac{Mg}{S} + p_2 + \frac{mg}{S})}{(L-h)p_2} = \frac{(L-h)p_2}{p_2} = p_0 L$$

$$p_2 = \frac{p_0 L}{L-h}$$

$$(L+h)(0,01p_0 + \frac{p_0 L}{L-h} + \frac{p_0 L mg}{SRT}) = p_0 L$$

$$(L+h)(0,01 + \frac{L}{L-h}) = L$$

$$(L+h)(0,01L - 0,01h + L) = L(L-h)$$

$$1,01L^2 + 1,01Lh - 0,01Lh - 0,01h^2 = L^2 - Lh$$

$$0,01L^2 + 2Lh - 0,01h^2 = 0$$

$$(L+h)(0,01p_0 + \frac{p_0 L}{L-h} + \frac{p_0 L mg}{SRT}) = p_0 L$$

$$(L+h)(0,01 + \frac{L}{L-h}) = L$$

$$(L+h)(1,01L - 0,01h) = L(L-h)$$

$$1,04L^2 + 1,01Lh - 0,01h^2 - 0,01Lh = L^2 - Lh$$

$$(L+h)Sp_1 = R \frac{m_1}{\mu} T$$

$$(L-h)Sp_2 = R \frac{m_2}{\mu} T$$

$$p_1 = \frac{Mg}{S} + p_2 + \frac{(m-m_1)g}{S}$$

$$p_0 SL = R \frac{sm}{\mu} T$$





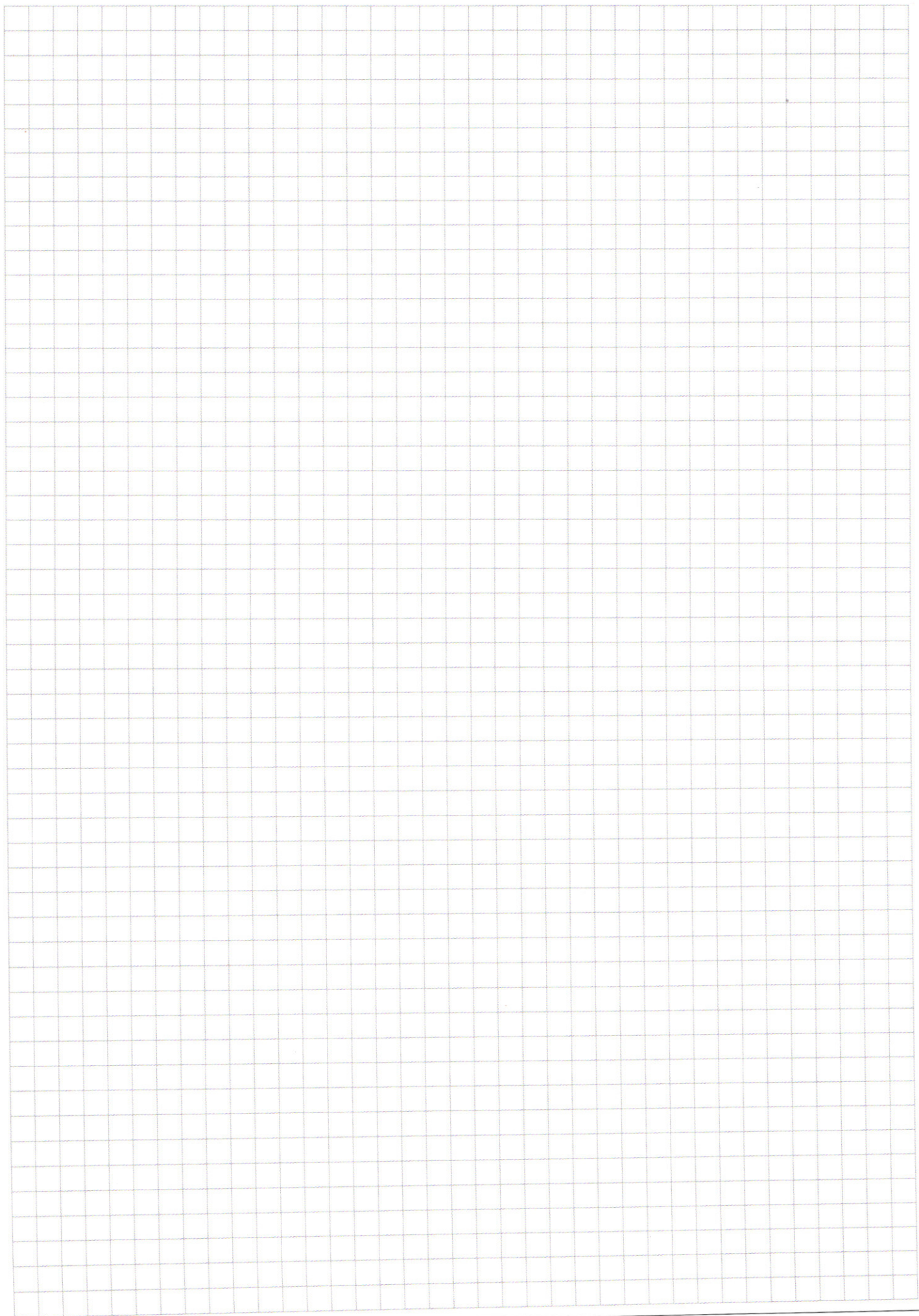
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} 2 \\ 3 \overline{) 55} \\ \underline{60} \\ 105 \\ \underline{105} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 326 \\ \times 36 \\ \hline 1956 \\ 9780 \\ \hline 11736 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 216 \\ + 1080 \\ \hline 1296 \end{array}$$

~~0,0014~~ $0,0014 \text{ m}$
 $\frac{0,014 \cdot 10^4}{20}$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 83 \\ \times 0,75 \\ \hline 415 \\ 591 \\ \hline 6225 \end{array}$$

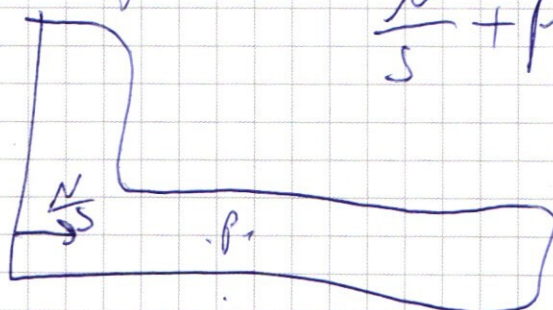
$$\begin{array}{r} 6 \\ 78 \\ \times 8 \\ \hline 624 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,000 \\ 0,14 \\ \hline 20 \end{array}$$

$$\frac{14}{20} \approx$$

$$\frac{0,014 \cdot 100^2}{20} =$$

$$\frac{\mu}{s} + p_x = \text{total}$$



$$\frac{N}{S} + p_x = p_1 + p_{a0} \frac{L}{3}$$

$$P_L S = R \cdot \frac{SM}{M} T$$

$$p_1 \cdot S(L+h) = R \cdot \frac{\rho \cdot S \cdot L}{\mu} \cdot \nabla$$

$$P_2 S(L-h) = R \frac{\dot{m}_2}{\mu} T$$

$$P_1 = 0,01 P_0 + P_2 + \frac{6^{m-m_1}}{5}$$

$$\frac{105 \cdot 8 \cdot 18}{5 \cdot 10^4 \cdot 8 \cdot 31 \cdot 373}$$

$$S = \frac{1}{5m \sim p}$$
$$= \frac{18}{124} = \frac{6}{41} = \frac{1}{7} \approx 0,145$$

$$\frac{L_{\text{Mg}}}{SRT} = \frac{6 \cdot 18 \cdot 10^2}{8 \cdot 8,31 \cdot 3230} = \frac{6}{8,31} = 0,72$$

$$p_1 = f \alpha_0 \frac{2L}{3}$$

$$\frac{60}{80} \approx 0.8$$



$$\frac{1}{12} \cdot 12 \cdot \frac{2}{1000}$$

$$\frac{11}{11} \quad \frac{11}{11}$$

$$\frac{0,6 \cdot 0,018 \cdot 10^2}{8,31 \cdot 373} = \frac{6 \cdot 18 \cdot 2}{8 \cdot 100 \cdot 10^4} = 10^{-5}$$

$$\frac{10 \cdot 10^5 \cdot 6 \cdot 10 \cdot 18}{5 \cdot 10^4 \cdot 8,31 \cdot 373 \cdot 10} = \frac{6}{50}$$

$$\frac{20}{100^2} = \frac{20}{10000} = 0,002$$

$$0,6 \cdot 0,018$$

$$0,00001$$

$$0,075$$

$$1,01L^2 + 2Lh - 0,01h^2 = 0$$

$$0,01h^2 - 2Lh + 1,01L^2 = 0$$

$$h = \frac{2L \pm \sqrt{4L^2 + 0,04L^2}}{0,02} =$$

$$= \frac{2L - 1,95L}{0,02} = \frac{0,05L}{0,02}$$

$$\begin{array}{r} 8 \\ \times 19 \\ \hline 15 \\ 171 \\ \hline 151 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 101 \\ \times 0,04 \\ \hline 0,0404 \\ 0,12 \\ \hline 3,96 \end{array}$$

$$\frac{0,0005}{0,002} = \frac{0,15}{2}$$

$$\frac{15}{200} = \frac{7,5}{100}$$