

Олимпиада «Физтех» по физике, (

Вариант 10-01

Класс 10

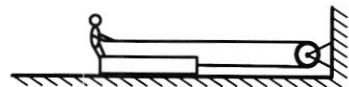
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без в

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.

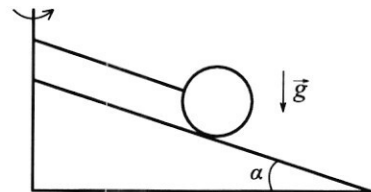
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 5m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в 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.

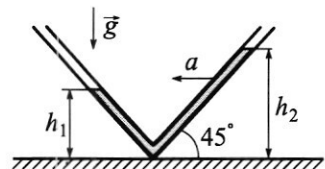
- 1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.
- 2) Найти силу натяжения нити, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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

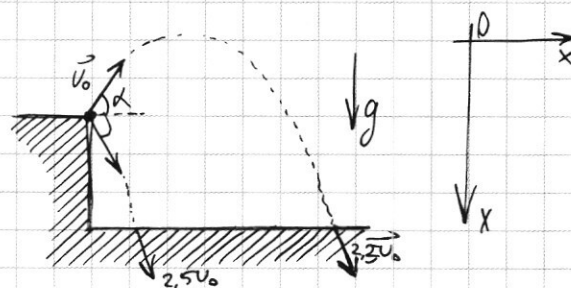
№1.

1. Вертикальная компонента = ?

Рассмотрим силы, которые действуют
на камень: $m\vec{a} = m\vec{g} \Rightarrow a = g$, т.е.

по оси Ox на тело не действуют

никакие силы, а значит нет ускорения $\Rightarrow$ горизонтальная скорость = const.



Камень под углом α мы можем кинуть двумя способами: вверх
и вниз. Так сказано, что он все время приближался к поверхности,
то рассматриваем в задаче только случай, когда мы кидаем вниз.

Будет скорость горизонтальная

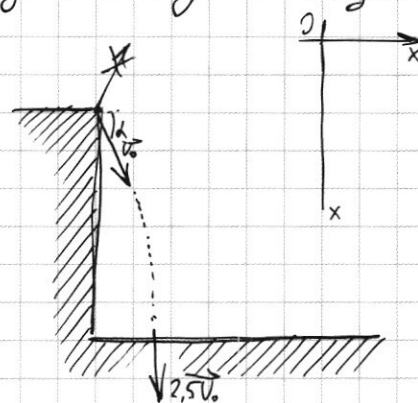
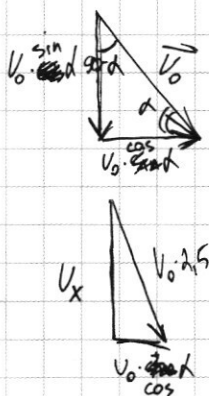
$$= v_0 \cdot \cos \alpha$$

Тогда, чтобы найти

v_x применим Теорему Пифагора:

$$v_x = \sqrt{v_0^2 \cdot 2,5^2 - v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha}$$

$$= v_0 \cdot \sqrt{2,5^2 - \cos^2 \alpha}$$



Подставим числа: $v_x = 8 \text{ м/с} \cdot \sqrt{2,5^2 - \cos^2 60^\circ} = 8 \text{ м/с} \cdot \sqrt{2,5^2 - 0,5^2} =$
 $= 8 \cdot \sqrt{3 \cdot 2} = 8\sqrt{6} \text{ м/с} \approx 8 \cdot 1,7 \text{ м/с} \approx 13,6 \text{ м/с}$

Ответ: ~~13,6 м/с~~ 19 м/с

$$\begin{array}{r} \times 2,38 \\ 19,05 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 1,7 \\ 1,7 \\ \times 1,7 \\ 1,7 \\ \times 1,7 \\ 1,7 \\ \times 1,7 \\ 1,7 \\ \times 1,7 \\ 1,7 \end{array}$$

2. Время полета камня: За время t скорость вертикальная изменилась

с $v_0 \cdot \sin \alpha$ на $v_x = v_0 \sqrt{2,5^2 - \cos^2 \alpha}$:

$$v_x = v_0 \cdot \sin \alpha + g t = v_0 \sqrt{2,5^2 - \cos^2 \alpha} \Rightarrow t = \frac{v_0}{g} (\sqrt{2,5^2 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)$$

Подставим числа:

$$t = \frac{8 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} \cdot \left(\sqrt{3 \cdot 2} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = \frac{4}{5} \cdot \sqrt{3} \cdot \left(\sqrt{2} - \frac{1}{2} \right) \text{ с} \approx \frac{4}{5} \cdot 1,7 \cdot (1,4 - 0,5) \text{ с}$$

$$= 0,8 \cdot 1,7 \cdot 0,9 \text{ с} = 1,2 \cdot 0,92 \text{ с} = 1,224 \text{ с} \approx 1,2 \text{ с}$$

Ответ: 1,2 с

$$\begin{array}{r} 1,7 \\ 0,92 \\ \hline 1,564 \\ + 36 \\ \hline 1,224 \end{array}$$

3. Горизонтальное смещение будет $s = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t$:

$$s = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot \frac{v_0}{g} \cdot \left(\sqrt{2,5^2 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha \right) = \frac{\cos \alpha \cdot v_0^2}{g} \left(\sqrt{2,5^2 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha \right)$$

Подставим числа:

$$s = 8 \text{ м/с} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,224 \text{ с} = 4 \cdot 1,224 \text{ м} = 4,896 \text{ м} \approx 4,9 \text{ м}$$

$$\begin{array}{r} 1,224 \\ \times 4 \\ \hline 4,896 \end{array}$$

Ответ: 4,9 м

2.

1. Человек действует на ящик с силой $m\vec{g} + \vec{F}_0$, F_0 — горизонтальная сила, с помощью которой человек толкает ящик.

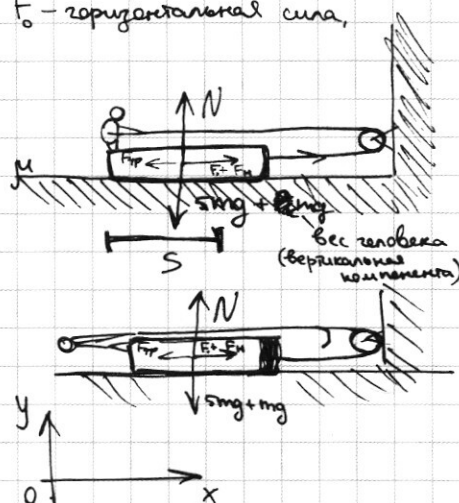
То есть, на ящик действует:

$$M\vec{a} = \vec{0} = M\vec{g} + m\vec{g} + \vec{F}_0 + \vec{F}_{\text{каната}} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}}$$

Спроецируем на ось:

$$Oy: 0 = N - Mg - mg \Rightarrow N = Mg + mg = 6mg$$

Ответ: 6mg



$$Ox: 0 = F_0 + F_{\text{каната}} - F_{\text{тр}} \Rightarrow F_0 + F_{\text{каната}} = F_{\text{тр}}$$

Заметим, что так как канат считаем нерастяжимым, невесомым, то

$$F_H = F_0, \text{ значит } 2F_0 = F_{\text{тр}} = \mu N = \mu \cdot 6mg$$

$$F_0 = \frac{\mu 6mg}{2} = 3\mu mg$$

Ответ: 3μmg

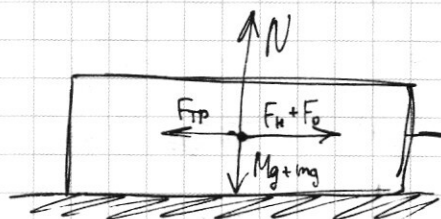
$$3. \text{ Будет } Ox: Ma = F + F_{\text{каната}} - F_{\text{тр}} =$$

$$= 2F - \mu N = 2F - 6\mu mg \Rightarrow a = \frac{2F - 6\mu mg}{5m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a = \frac{2F}{5m} - \frac{6}{5}\mu g$$

Чтобы пройти расстояние S нужно ~~идти~~ такое количество времени t :

$$S = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t^2 = \frac{2S}{a} = \frac{2 \cdot S \cdot 5}{2F - 6\mu mg} \Rightarrow$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$t = \sqrt{\frac{5S}{F/m - 3mg}}, \text{ значит } v = a \cdot t = \frac{2}{5} (F/m - 3mg) \cdot \sqrt{\frac{5S}{F/m - 3mg}} = 2 \sqrt{\frac{S \cdot (F/m - 3mg)}{5}}$$

Ответ: $2 \cdot \sqrt{\frac{S \cdot (F/m - 3mg)}{5}}$

1. Если система покоится, то на шар действуют

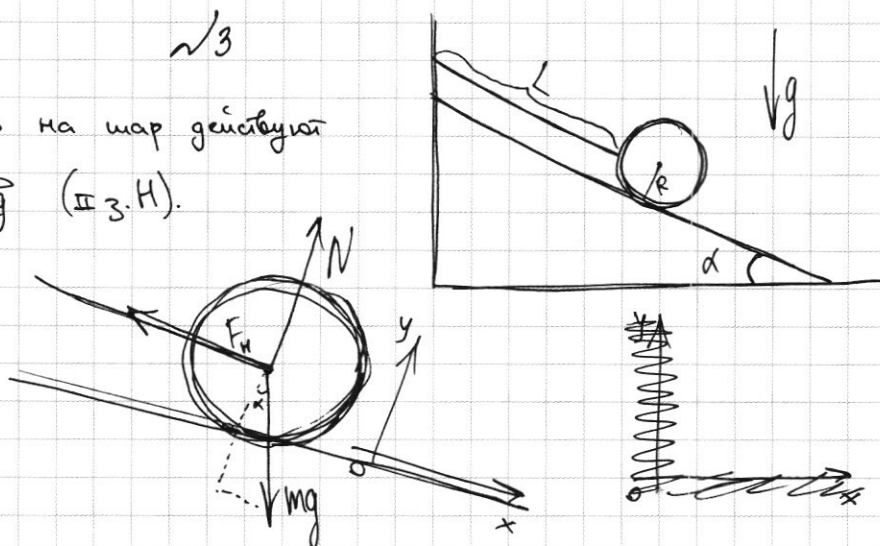
силы: $m\vec{a} = \vec{0} = \vec{F}_H + \vec{N} + m\vec{g}$ (в 3.Н).

Проецируем на ось:

$$OX \Rightarrow ma = 0 = mg \cdot \sin \alpha - F_H$$

$$\Rightarrow F_H = mg \cdot \sin \alpha$$

Ответ: $mg \cdot \sin \alpha$



2. Если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, то теперь ~~на шар~~ у шара не нулевое ускорение, а

центростремительное, и равно $a_y = \omega^2 \cdot R_0$, где $R_0 = L \cdot \cos \alpha + R \cdot \cos \alpha$

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

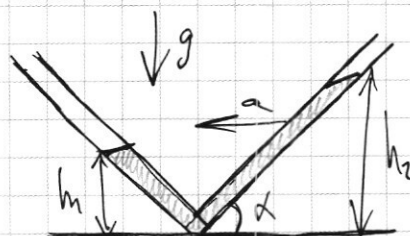
$$OX: ma_y = mg \cdot \sin \alpha - F_H \Rightarrow F_H = mg \cdot \sin \alpha - ma_y = m(g \cdot \sin \alpha - a_y) = m \cdot (g \cdot \sin \alpha - \omega^2 (L + R) \cdot \cos \alpha)$$

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

✓4.

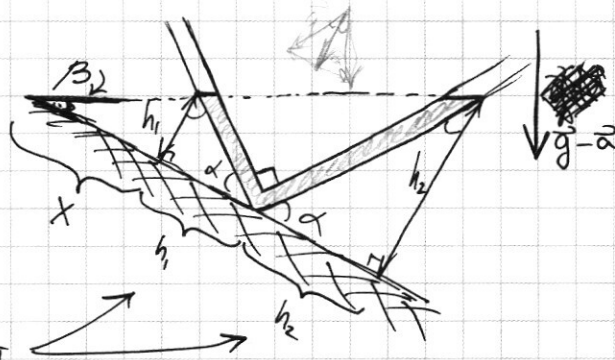
1. Мы можем слабо повернуть картинку.

Представим, что у нас теперь ускорение свободного падения не просто $\vec{g}$, а $(\vec{g} - \vec{a})$



В таком случае у нас ~~вода~~ ^{масло} будет расположена как на рисунке.

Итак. При зем ^{у нас} будет угол β . Т.к. $\alpha = 45^\circ$, то по рисунку проекции трубок с маслом на землю будут



При зем $\text{tg } \beta = \frac{h_1}{x} = \frac{h_2}{x+h_1+h_2}$, где x - неизвестная величина.

Найдем ее: $\frac{h_1}{x} = \frac{h_2}{x+h_1+h_2} \Rightarrow x \cdot h_1 + h_1^2 + h_1 h_2 = x \cdot h_2 \Rightarrow$

$$x = \frac{h_1(h_1+h_2)}{(h_2-h_1)}. \quad \text{То есть} \quad \text{tg } \beta = \frac{h_1}{x} = \frac{h_1}{h_1 \frac{(h_1+h_2)}{(h_2-h_1)}} = \frac{h_2-h_1}{h_1+h_2}$$

При этом $\text{tg } \beta = \frac{a}{g}$. Отсюда:

$$a = g \cdot \text{tg } \beta = g \cdot \frac{h_2-h_1}{h_1+h_2}$$

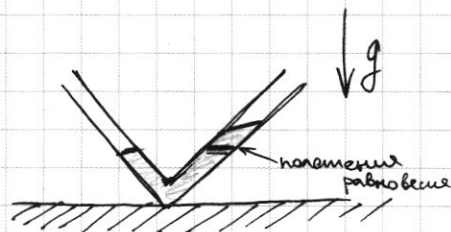
Подставляем числа: $a = 10 \text{ м/с}^2 \cdot \frac{(12 \text{ см} - 8 \text{ см})}{(12 \text{ см} + 8 \text{ см})} = \frac{4}{20} \cdot 10 \text{ м/с}^2 = 2 \text{ м/с}^2$

Ответ: 2 м/с^2

2. $U_{\text{max}} = ?$

Представим, что ускорения $\vec{a}$ не исчезло, а просто появилось еще одно ускорение, компенсирующее его. В таком случае на нашу систему действует ускорение $-\vec{a}$

~~Учитывая разницу высот будет скорость не 0.~~



После того, как ускорение "исчезло", уровень

в левой части будет подниматься, т.к. есть разность давлений. А потом, когда в левой части станет давление больше, то начнет подниматься в правой $\Rightarrow$ есть колебание, значит ~~максимальная~~ максимальная скорость будет при прохождении положения равновесия. То есть на отметке в

$$\frac{(12+8) \text{ см}}{2} = 10 \text{ см.}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

При прохождении сетки в 10 см с высотой 12 см $g_{\text{сет}}$
скорость: $s = \frac{g t^2}{2}$ ~~$v = g t = g \sqrt{\frac{2s}{g}} = \sqrt{2sg}$~~
 $\Rightarrow v = \sqrt{2 \cdot g \cdot \left(h_2 - \frac{h_1 + h_2}{2} \right)}$

Подставим числа:

$$v = \sqrt{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot \left(12 \text{ см} - \frac{12 \text{ см} + 0 \text{ см}}{2} \right)} = \sqrt{20 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}} = 2 \cdot 10^{-1} \cdot \sqrt{10} \text{ м/с} \approx$$

$$\approx 0,2 \cdot 3,15 \text{ м/с} \approx \frac{1}{5} \cdot 3,15 \text{ м/с} \approx 0,63 \text{ м/с}$$

Ответ: 0,63 м/с.

$\sqrt{10} \approx 3,15$

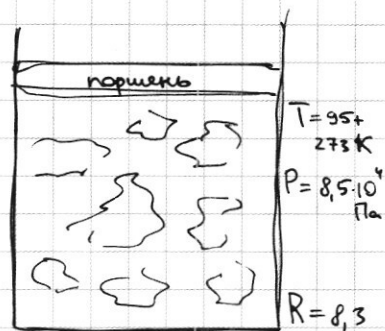
$$\begin{array}{r} \times 3,1 \\ \hline 931 \\ + 931 \\ \hline 961 \end{array} \quad \begin{array}{r} \times 3,2 \\ \hline 32 \\ + 64 \\ \hline 96 \end{array} \quad \begin{array}{r} \times 3,15 \\ \hline 315 \\ + 1575 \\ \hline 1575 \\ + 945 \\ \hline 99225 \end{array}$$

1. По началу запишем закон Клапейрона - Менделеева:

$$pV = \eta RT = \frac{m}{M_{\text{H}_2\text{O}}} RT \Rightarrow \frac{m}{V} = \frac{M_{\text{H}_2\text{O}} p}{RT}$$

При тем $m/V = \rho$ воденая пара

$$\rho = \frac{M_{\text{H}_2\text{O}} p}{R \cdot T} \quad \text{Тогда } k = \frac{p}{p_{\text{регн}}} = \frac{M_{\text{H}_2\text{O}} p}{R \cdot T \cdot p_{\text{регн}}}$$



Подставим числа:

$$k = \frac{M_{\text{H}_2\text{O}} \cdot p}{R \cdot T \cdot p_{\text{регн}}} = \frac{18 \text{ г/моль} \cdot 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}}{8,3 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К} \cdot (95 + 273) \text{ К} \cdot 0,1 \text{ м}} =$$

$$= \frac{18 \cdot 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot \text{м}}{8,3 \cdot 368 \cdot 1 \text{ Дж}} = \frac{18 \cdot 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot \text{м}^3 \cdot 10^{-6}}{8,3 \cdot 368 \text{ Дж}} = \frac{18 \cdot 8,5 \cdot 10^{-2}}{8,3 \cdot 368} \approx \frac{18}{368} \approx \frac{1}{20} \cdot 10^{-2}$$

$$= 0,5 \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-4}$$

Ответ: $\approx 5 \cdot 10^{-4}$

2. Учитывая то, что плотность воденая пара очень мала по сравнению с водой, можем считать, что объемом воды (конденсированной) можно пренебречь. Тогда:

было: $p_1 V_1 = \frac{m_1}{M_{\text{H}_2\text{O}}} RT$ стало: $p_2 V_2 = \frac{m_2}{M_{\text{H}_2\text{O}}} RT$, где $V_1 = 4,7 V_2$

И $m_2 = m_1 - \Delta m$, $\Delta m = \rho_{\text{взгн}} \cdot V_{\text{взгн}}$, Δm - кол-во взгн.

Нужно найти $\frac{V_2}{V_{\text{взгн}}}$ по условию. Чтом:

$$\frac{V_2}{V_{\text{взгн}}} = \frac{V_2 \rho_{\text{взгн}}}{\Delta m} = \frac{m_2 RT \cdot \rho_{\text{взгн}}}{M_{\text{H}_2\text{O}} \cdot P_2 \cdot (m_1 - m_2)} = \frac{RT \rho_{\text{взгн}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} \cdot \frac{1}{P_2 \left(\frac{m_1}{m_2} - 1 \right)}$$

Найдем, что такое $\frac{1}{P_2 \left(\frac{m_1}{m_2} - 1 \right)}$:

~~$P_2 \left(\frac{m_1}{m_2} - 1 \right)$~~ Т.к. $\frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{m_1 RT}{m_2 RT}$, то $\frac{m_1}{m_2} = \frac{P_1}{P_2} \cdot 4,7$, то

$$\frac{1}{P_2 \left(\frac{m_1}{m_2} - 1 \right)} = \frac{1}{P_2 \left(\frac{P_1}{P_2} \cdot 4,7 - 1 \right)} = \frac{1}{(P_1 \cdot 4,7 - P_2)}$$
, т.к. $P_2 = P_1$ при одном и

том же ~~да~~ парении, то

$$\frac{V_2}{V_{\text{взгн}}} = \frac{RT \rho_{\text{взгн}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} \cdot \frac{1}{P_2 \left(\frac{m_1}{m_2} - 1 \right)} = \frac{RT \rho_{\text{взгн}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} \cdot \frac{1}{P_1 \cdot 3,7}$$

Подставим числа:

$$\frac{V_2}{V_{\text{взгн}}} = \frac{8,3 \cdot 368 \cdot 1000}{9,018 \cdot 8,5 \cdot 10^4 \cdot 3,7} = \frac{83 \cdot 368}{9,018 \cdot 85 \cdot 37} = \frac{83 \cdot 368}{85 \cdot 37 \cdot 18} \cdot 10^3 =$$

$$= \frac{30544}{56610} \cdot 10^3 = \frac{30544}{5661} \cdot 10^2 = \frac{3054400}{5661} \approx 539,55...$$

≈ 540

Ответ: 540

Умножение

$$\begin{array}{r} \times 368 \\ 83 \\ \hline + 1104 \\ 2944 \\ \hline 30544 \end{array}$$

Умножение

$$\begin{array}{r} \times 37 \\ 85 \\ \hline + 595 \\ 255 \\ \hline 3145 \end{array}$$

Умножение

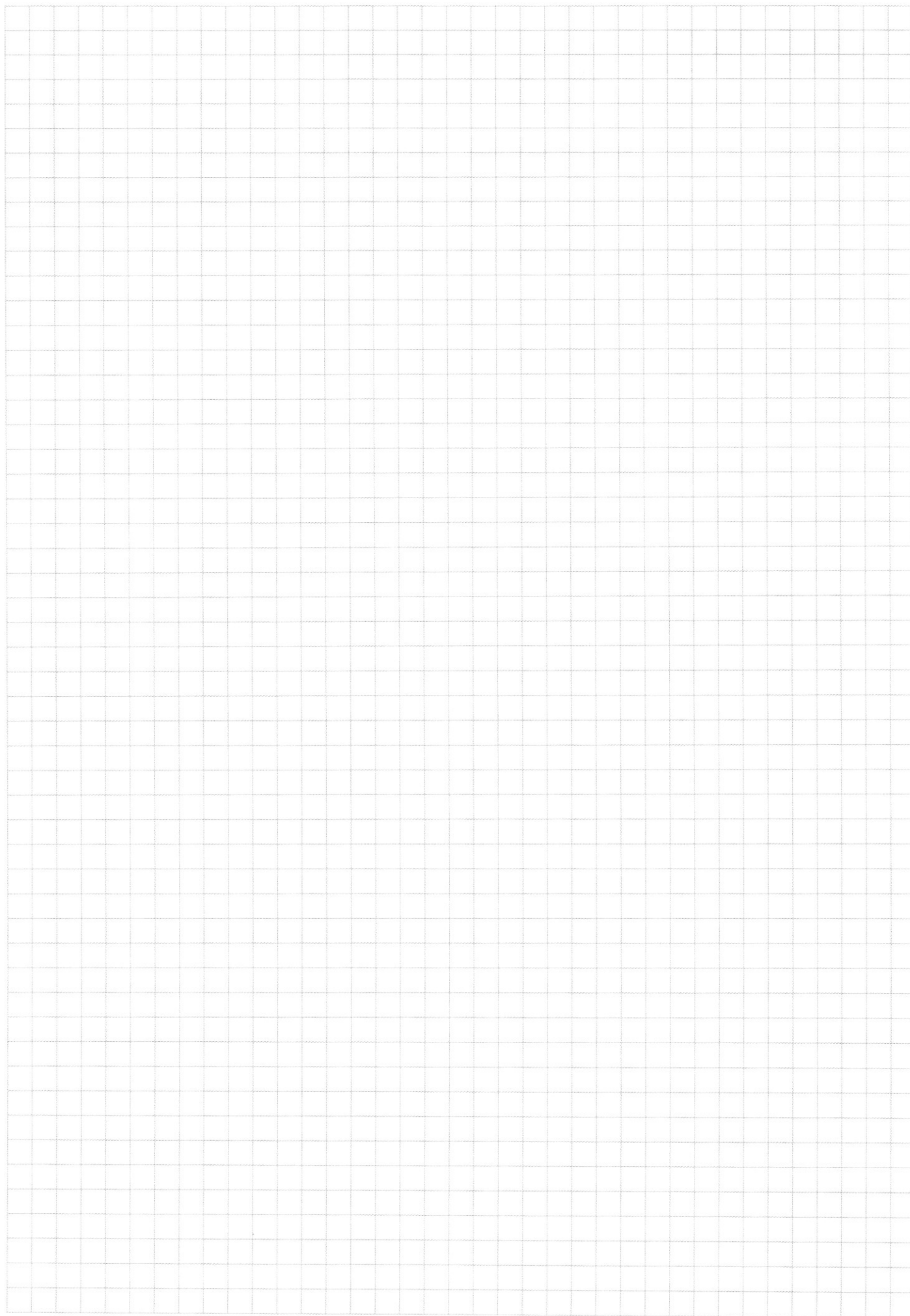
$$\begin{array}{r} \times 3145 \\ 18 \\ \hline + 25160 \\ 3145 \\ \hline 56610 \end{array}$$

Деление

$$\begin{array}{r} 10 \\ 3054400 : 5661 \\ \underline{28505} \\ 22390 \\ \underline{16983} \\ 54070 \\ \underline{50949} \\ 31210 \\ \underline{28305} \\ 29050 \\ \dots \end{array}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



☐ 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)

