

Олимпиада «Физтех» по физике, (

Вариант 10-01

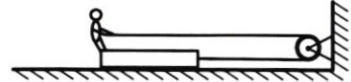
Класс 10

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 $2,5V_0$.

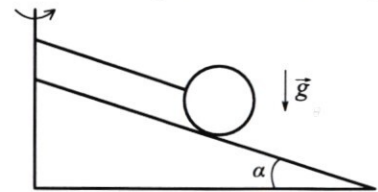
- 1) Найти вертикальную компоненту скорости камня при падении на Землю.
 - 2) Найти время полета камня.
 - 3) Найти горизонтальное смещение камня за время полета.
- Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 .



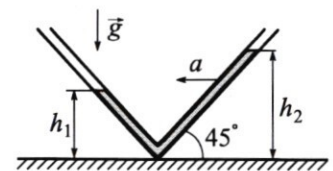
- 1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
- 2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

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

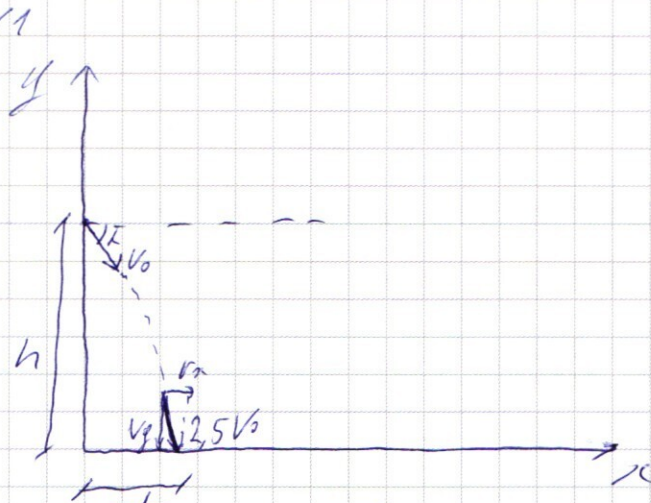
Пусть h - высота броска

ЗСЭ:

$$mgh + \frac{mV_0^2}{2} = \frac{m(2,5V_0)^2}{2}$$

$$h = \frac{V_0^2(2,5^2 - 1)}{2g} = \frac{64 \cdot 5,25}{20} = h$$

$$= 16,8 \text{ м}$$



уравнение движения по Oy:

(t - время движения
до падения)

$$0 = h - V_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} \quad (1)$$

уравнение движения по Ox:

(L - горизонтальное
смещение до
падения)

$$L = V_0 \cos \alpha t \quad (2)$$

Найдем скорости при падении по гориз. и вертик.
компонентам (V_x и V_y соотв.).

$V_x = V_0 \cos \alpha$ (она не меняется со временем т.к. на
шарик ничто не действует в гориз. направлении).

$$V_x = 4 \text{ м/с}$$

$$(2,5V_0)^2 = V_x^2 + V_y^2$$

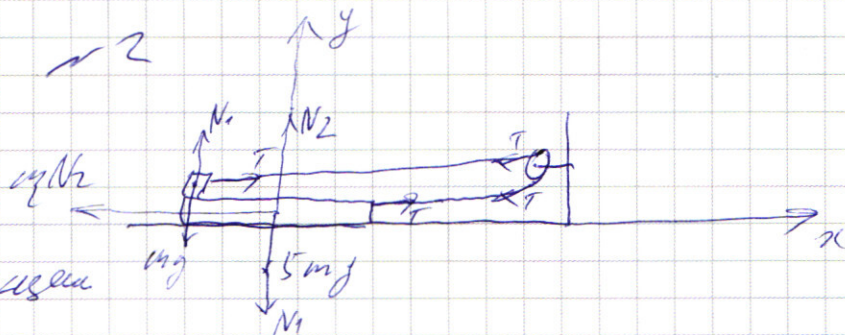
$$V_y = \sqrt{6,25V_0^2 - V_0^2 \cos^2 \alpha} = V_0 \sqrt{6} = 8\sqrt{6}$$

По Oy:

$$V_y = V_0 \sin \alpha + gt \Rightarrow t = \frac{V_y - V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{V_0 \sqrt{3}(2\sqrt{2} - 1)}{2g} \quad (\text{из уравнения (1)})$$

$$L = V_0 \cos \alpha t = \frac{V_0^2 \sqrt{3}(2\sqrt{2} - 1)}{40} = \frac{8\sqrt{3}(2\sqrt{2} - 1)}{5}$$

$$\text{Ответ: } V_y = 8\sqrt{6} \text{ м/с}; t = \frac{2\sqrt{3}(2\sqrt{2} - 1)}{5}; L = \frac{8\sqrt{3}(2\sqrt{2} - 1)}{5}$$



Путь N_1 - сила реакции
земли, N_2 - сила реакции
стола

П.к. человек находится в равновесии с силой F_0 , которая
параллельна горизонту, но она не выводит на
вертикаль центр.

Оу для человека:

$$0 = N_1 - mg \Rightarrow N_1 = mg$$

Оу для земли:

$$N_2 = 5mg + N_1 = 5mg + mg = 6mg \quad (N_2 - \text{сила реакции пола равна силе с которой человек давит на пол}).$$

П.к. человек находится в равновесии с силой F_0 и силой
тяжения равномерно, то $F_0 = T$ (T - сила натяжения
нити).

По Ох для всей системы:

$$0 = 2T - F_{\text{тя}} = 2T - \mu N_2 = 2F_0 - \mu 6mg$$

$$F_0 = 3\mu mg$$

Если человек идет с силой $F_0 > F_0$:

В.к.

$$6ma = 2T' - \mu N = 2F - 6\mu mg$$

$$a = \frac{F}{3m} - \mu g \quad (a - \text{ускорение}), \quad (V_k - \text{конечная скорость})$$

$$S = 0 + \frac{a t^2}{2} = \frac{V_k^2}{2a} \Rightarrow V_k = \sqrt{2Sa} = \sqrt{2S \left(\frac{F}{3m} - \mu g \right)}$$

$$\text{Ответ: } N_2 = 6mg; F_0 = 3\mu mg; V_k = \sqrt{2S \left(\frac{F}{3m} - \mu g \right)}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Когда шмелек не
вращается:

По Ох:

$$0 = mg \sin \alpha - T$$

$$T = mg \sin \alpha$$

(T — сила натяж. нити, когда
шмелек неподвижен)

При вращ. шмелек:

Пускай T' — сила натяж.

нити, когда она вращ. ~~вокруг~~

Векторы ее силы сонаправлены с вектором T , но отнесены
по ~~другой~~ осе; N' также как и T' сонаправлены
с N и отн. по ~~той же~~ осе.

По Ох':

$$m \omega^2 (L+R) \cos \alpha = T' \cos \alpha - N' \sin \alpha$$

$$m \omega^2 (L+R) \cos \alpha = T' \cos \alpha - N' \sin \alpha \quad | : \cos \alpha$$

$$m \omega^2 (L+R) = T' - N' \tan \alpha \quad (1)$$

По Oy':

$$mg = T' \sin \alpha + N' \cos \alpha \Rightarrow N' = \frac{mg}{\cos \alpha} - T' \tan \alpha \quad (\text{подставим в (1)}):$$

$$T' = m \omega^2 (L+R) + \frac{mg \tan \alpha}{\cos \alpha} - T' \tan^2 \alpha$$

$$T' (1 + \tan^2 \alpha) = m \omega^2 (L+R) + \frac{mg \sin \alpha}{\cos^2 \alpha}$$

$$T' = m \omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha + mg \sin \alpha$$

Ответ: $T = mg \sin \alpha$; $T' = m \omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha + mg \sin \alpha$

П.к. до изотермического умены. объема смеси
до ~~до~~ ~~исходного~~ состояния была равновесна
и ~~до~~ при том состоянии, но при уменышении
всего объема он будет повышенным $\Rightarrow$ не будет
состоять равновесия. Поэтому уменышение:

$$PV = \nu RT \quad (V - \text{каждый объем газа})$$

$$p_{\text{общ}} V = \frac{m}{M} RT \quad (T - \text{температура, одинаковая})$$

$$p = \frac{m}{V} \cdot \frac{RT}{M} \quad (V - \text{каждый газ})$$

$$p = p_{\text{H}} \cdot \frac{RT}{M} \Rightarrow p_{\text{H}} = \frac{pM}{RT}$$

$$\frac{p_{\text{H}}}{p_{\text{B}}} = \frac{p_{\text{H}} M}{RT p_{\text{B}}} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 1273 + 55 \cdot 1000} = 0,0005$$

Пар не упрощался $\Rightarrow$ масса изотермического не
менялась:

$$p_{\text{H}} V = p_{\text{H}} \frac{V}{4,7} + p_{\text{B}} \cdot V$$

(общий объем, когда объем
паров равен $\frac{V}{4,7}$)

$$p_{\text{H}} V \left(1 - \frac{1}{4,7}\right) = p_{\text{B}} V$$

$$\frac{V}{4,7} \cdot p_{\text{H}} \cdot 18 - 11 = p_{\text{B}} V$$

$$\frac{V}{4,7} = \frac{p_{\text{B}}}{p_{\text{H}} (18 - 11)} = \frac{1000}{0,0005 \cdot 7} = 540540,5$$

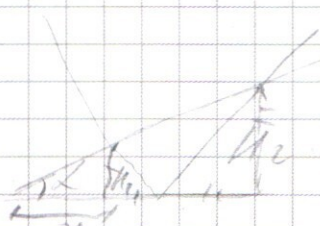
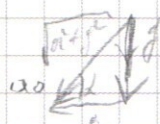
Ответ: $\frac{p_{\text{H}}}{p_{\text{B}}} = 0,0005$; $\frac{V_{\text{H}}}{V_{\text{B}}} = 540540,5$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} 51101936 \\ - 000005 \\ \hline 510 \\ - 0 \\ \hline 5100 \\ - 0 \\ \hline 51000 \\ - 0 \\ \hline 510000 \\ - 500680 \\ \hline 32020 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 368 \\ 277 \\ \hline 2546 \\ + 2576 \\ \hline 736 \\ \hline 101936 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 20000000032 \\ - 185 \\ \hline 150 \\ - 148 \\ \hline 200 \\ - 155 \\ \hline 150 \\ - 148 \\ \hline 20 \end{array}$$



$$\frac{H_1}{x} = \frac{H_2}{x + H_1 + H_2}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{H_1}{x} = \frac{H_2}{x + H_1 + H_2}$$

$$x = \frac{H_1 H_2}{H_2 - H_1}$$

$$\frac{H_2}{x} = \frac{H_2}{\frac{H_1 H_2}{H_2 - H_1} + H_1 + H_2}$$

$$a H_2 = H_1 a + H_1 g + H_2 g$$

$$a (H_2 - H_1) = g (H_1 + H_2)$$

$$a = \frac{g (H_1 + H_2)}{H_2 - H_1} = \frac{10 \cdot 20}{4} = 50$$

A diagram illustrating a parabolic trajectory over a horizontal distance x . The trajectory is divided into two segments by a point at horizontal distance x_1 and height h_1 . The second segment ends at horizontal distance x_2 and height h_2 . The horizontal distance x is the sum of x_1 and x_2 . The trajectory is a smooth curve, and the points are marked with dots. The horizontal axis is labeled x , x_1 , and x_2 . The vertical axis is labeled h_1 and h_2 . The trajectory is a smooth curve, and the points are marked with dots.

$$\frac{f}{a} = \frac{b_2}{\frac{ab}{g} + b_1 + b_2}$$



$$a_{k2} = a_{k1} + (k_1 + k_2) / 0$$

$$a(h_2 - h_1) = V_{\text{rot}} h_2 / g$$

$$a = \frac{(v_1 + v_2)g}{(v_2 - v_1)} = \frac{20 \cdot 10}{4} = 50 \text{ m/s}^2$$

2/ Число одновременно убранных бузов максимальное
когда левый и правый брызг бузы на одинаковом уровне,
т.е. из-за отсутствия разн. уровней брызг в брызг
камере камере равномерно перемещаются в левый и
когда уровень верховьями, брызг почти не замечается
перемещая в левый канал вверх, т.е. на этом раз
граница убранных δ - пропорциональна количеству.

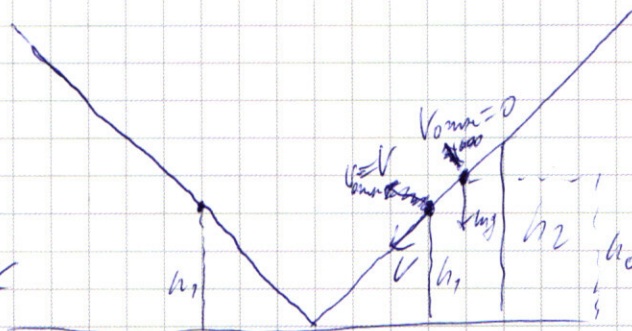
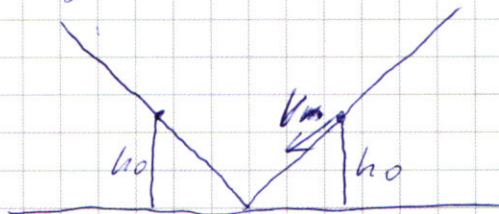
$$h_0 = \frac{h_1 + h_2}{2} = 10 \text{ cm}$$

3C 27

$$\text{erg } h_0 = \text{erg } h_1 + \frac{mV^2}{2}$$

$$\begin{aligned} V &= \sqrt{2g(h_0 - h_2)} = \\ &= \sqrt{2g\left(\frac{h_2 - h_1}{2}\right)} = \sqrt{g(h_2 - h_1)} = \\ &= \sqrt{10 \cdot 0,04} = 0,2\sqrt{10} \text{ m/c} \end{aligned}$$

Omberem: $a = 50 \text{ m/s}^2$; $V = 0,2 \sqrt{10} \text{ m/s}$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

~~2-й полет~~

$$mgh + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{m(2,5v_0)^2}{2}$$

$$h = \frac{v_0^2(2,5^2 - 1)}{2g} = \frac{64 \cdot 5,25}{20} =$$

$$= 32 \cdot 0,525 = 16,8 \text{ м}$$

$v_x = v_0 \cos \alpha$

$$2,5v_0^2 = v_x^2 + v_y^2$$

$$v_y = \sqrt{6,25v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} =$$

$$= \sqrt{6,25v_0^2 - 0,25v_0^2} = \sqrt{6v_0^2} = v_0 \sqrt{6}$$

$v_y = v_0 \sin \alpha + gt$

$$v_0 \sqrt{6} = v_0 \frac{\sqrt{3}}{2} + gt$$

$$t = \frac{v_0 \sqrt{3} (2\sqrt{2} - 1)}{2g}$$

$L = v_0 \cos \alpha \cdot t = v_0 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{v_0 \sqrt{3} (2\sqrt{2} - 1)}{20} = \frac{v_0^2 \sqrt{3} (2\sqrt{2} - 1)}{40} = 8$

Handwritten calculations on the right side of the page:

$$\begin{array}{r} \times 2,5 \\ 2,5 \\ \hline 12,5 \\ + 50 \\ \hline 6,25 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 0,525 \\ 32 \\ \hline 10,50 \\ + 15,30 \\ \hline 16,800 \end{array}$$

$$1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

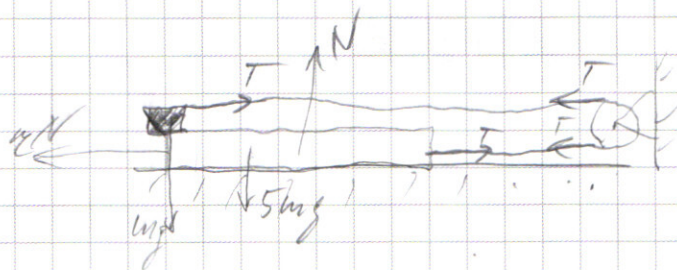
§ 31

22

$$F' = 6mg$$

$$2T = \mu N$$

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



$$6ma = 2F - \mu N = 2F - \mu \cdot 6mg$$

$$a = \frac{F}{3m} - \mu g$$

$$S = 0 + \frac{a t^2}{2} = \frac{v_k^2}{2a} \Rightarrow v_k = \sqrt{2Sa} = \sqrt{\frac{2FS}{3m} - 25\mu g}$$

$$v_k = 0 + at$$

$$t = \frac{v_k}{a}$$

23

$$TK = R \sin \theta$$

$$T = mg \sin \theta$$

$$m\omega^2(R+L) = T' \cos \theta - N' \sin \theta$$

$$m\omega^2(R+L) \cos \theta = T' \cos \theta - N' \sin \theta$$

$$m\omega^2(R+L) = T' - N' \tan \theta$$

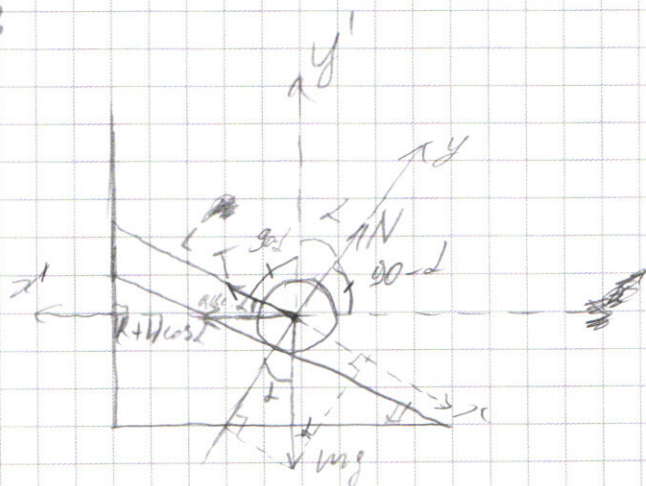
$$mg = T' \cos \theta - N' \sin \theta = T' \sin \theta + N' \cos \theta$$

$$N' = \frac{mg}{\cos \theta} - T' \tan \theta$$

$$T' = m\omega^2(R+L) + N' \tan \theta = m\omega^2(R+L) + \frac{mg \sin \theta}{\cos^2 \theta} - T' \tan \theta$$

$$\sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1$$

$$\tan^2 \theta + 1 = \frac{1}{\cos^2 \theta}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

15

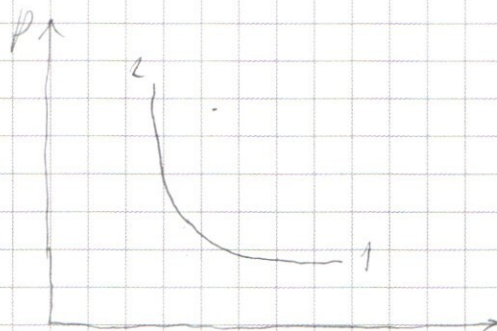
$$PV = \nu RT$$

$$PV = \frac{m}{M} RT$$

$$P = \frac{m}{V} \frac{RT}{M} = \rho \frac{RT}{M}$$

$$\rho_{H_2} = \frac{P_{H_2}}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 0,018}{8,31 \cdot (273 + 55)} = \frac{85,18}{8,31 \cdot 328}$$

$$\rho = \frac{85,18}{8,31 \cdot 328 \cdot 1000} = \frac{85,18}{2727,28} \approx 0,00052 \text{ кг/м}^3$$



$$\rho_{H_2} V = \rho_{H_2} \frac{V}{4,7} + \rho \cdot V_6$$

$$\rho_{H_2} \frac{3,7V}{4,7} = \rho V_6$$

$$\frac{V}{4,7 V_6} = \frac{\rho}{\rho_{H_2} \cdot 3,7} =$$

$$= \frac{1000}{9005 \cdot 3,7} = \frac{1000}{33318,5} \approx 0,00003$$

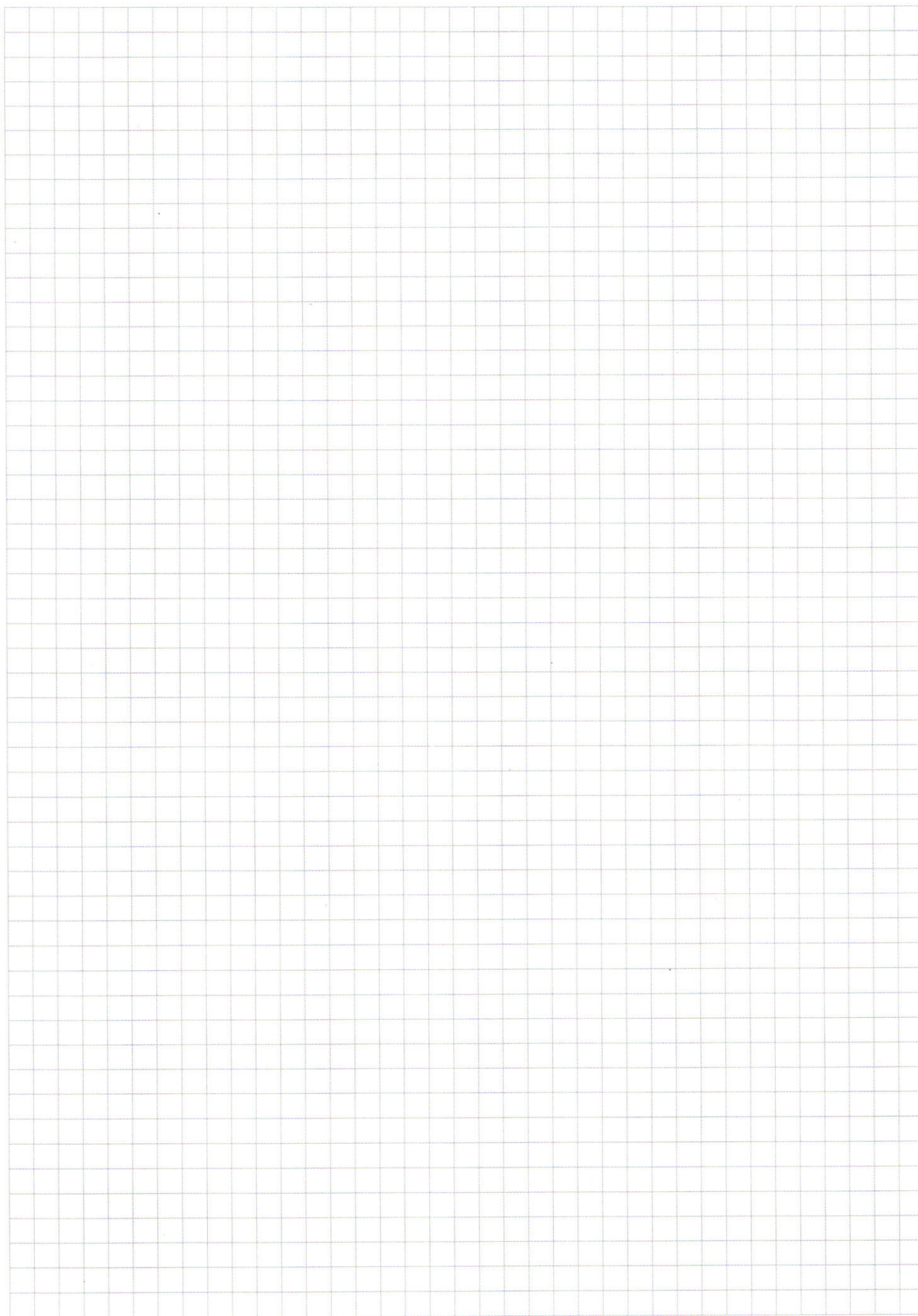
$$= \frac{10000000000 - 2000000000}{5,32 \cdot 32} =$$

$$\begin{array}{r} 1732752 \\ - 0000052 \\ \hline 1732700 \\ - 1700 \\ \hline 173000 \\ - 163160 \\ \hline 98840 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1000000000 \\ - 9620 \\ \hline 999990380 \\ - 1924 \\ \hline 999990188 \\ - 14316 \\ \hline 999975872 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 521 \times 37 \\ \hline 18377 \\ + 185 \\ \hline 19224 \end{array}$$



☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)