

Олимпиада «Физтех» по физике, с

Вариант 10-01

Класс 10

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

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?

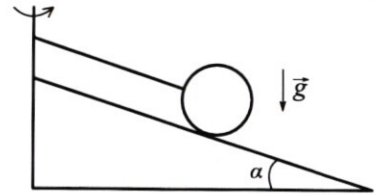
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

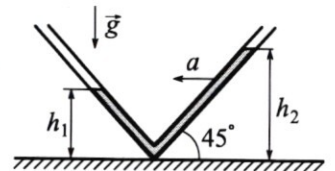


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

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.



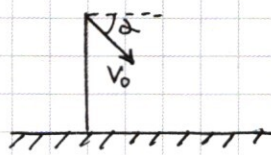
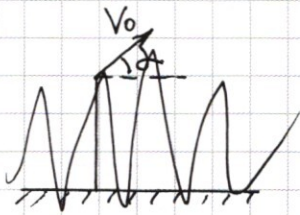
5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

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



Хакель летит вниз с
самого начала.

Дано:

$$V_0 = 8 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$V_1 = 2,5 V_0$$

$$V_y$$

$$t_n$$

$$S$$

1) Хакель горизонтально составляющую, которая не меняется

$$V_x = V_0 \cos \alpha = 8 \text{ м/с} \cdot \frac{1}{2} = 4 \text{ м/с}$$

По т. Пифагора находим:

$$6,25 V_0^2 = \frac{1}{4} V_0^2 + V_y^2$$

$$6 V_0^2 = V_y^2 \Rightarrow V_y = \sqrt{6} V_0 \approx 19,6 \text{ м/с}$$

2)

$$g = \frac{\Delta V}{t_n}; \Delta V - \text{изменение вертикальной скорости}$$

$$\Delta V = V_y - V_{y0} = 19,6 \text{ м/с} - 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} =$$

$$= 19,6 \text{ м/с} - 6,8 \text{ м/с} =$$

$$= 12,8 \text{ м/с}$$

$$t_n = \frac{\Delta V}{g} =$$

$$= \frac{12,8}{10} \text{ с} = 1,28 \text{ с}$$

$$3) S = t_n \cdot V_x = 4 \text{ м/с} \cdot 1,28 \text{ с} = 5,12 \text{ м}$$

Ответ: 1) $V_y = 19,6 \text{ м/с}$ 2) $t_n = 1,28 \text{ с}$ 3) $S = 5,12 \text{ м}$

~ 2

Дано:

$$S$$

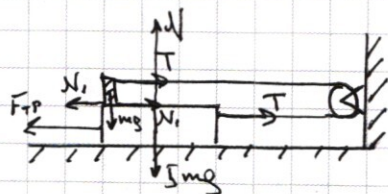
$$m$$

$$\mu = 5 \text{ м}$$

$$N$$

$$T_{\min}$$

$$V$$



Запишем 2-ой закон Ньютона

$$\begin{cases} ma = T - N_1 \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} 5ma = T + N_1 - \mu(5mg + mg) \end{cases} \quad (2)$$

1) Отсюда видно, что они давят на пол с силой $N = 6mg$

2) Сложим (1) и (2) при $a = 0$:

$$0 = 2 T_{\min} - 6mg$$

$$T_{\min} = 3mg$$

3) Сложим (1) и (2) при $T=F$

$$6ma = 2F + 6\mu mg$$

$$a = \frac{F + 3\mu mg}{3m}$$

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

$$V = \sqrt{2aS} = \sqrt{\frac{2F + 6\mu mg}{3m} S}$$

Ответ: 1) $N = 6mg$ 2) $T_{\min} = 3\mu mg$ 3) $V = \sqrt{\frac{2F + 6\mu mg}{3m} S}$

→ 3

Дано:

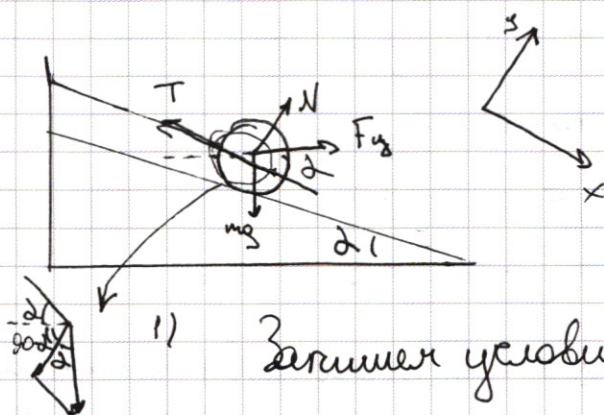
m

R

α

$L; \omega$

F, T_1
 T_2



1) Запишем условие равновесия:

$$T_1 = mg \sin \alpha$$

2) ~~Условие~~ Уравнение равновесия является только уравнением центростремительной силы (в.с.о. шара)

$$T_2 = mg \sin \alpha + a_z m \cos \alpha =$$

$$= mg \sin \alpha + \omega^2 R_1 m \cos \alpha \Rightarrow$$

$$R_1 = (L + R) \cos \alpha$$

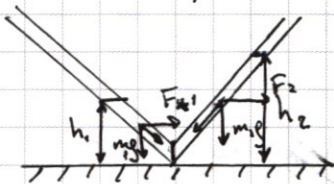
$$\Rightarrow T_2 = mg \sin \alpha + \omega^2 m (L + R) \cos^2 \alpha$$

~~Ответ: $T_1 = mg \sin \alpha$~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:
 $\alpha = 45^\circ$
 $h_1 = 8 \text{ см}$
 $h_2 = 12 \text{ см}$

Условие равновесия жидкостей в трубке является равенство давлений в левой и правой части. Пл.к. площади приложения силы равна из соображений симметрии, то есть достаточно равенства проекций сил на направление трубы:



Найдем отношение масс воды в обеих частях:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\frac{h_1}{\sin 45}}{\frac{h_2}{\sin 45}} = \frac{h_1}{h_2} = \frac{2}{3}$$

$$m_1 = \frac{2}{3} m_2$$

$$1) \quad \frac{2}{3} m_2 a \cos 45 + \frac{2}{3} m_2 g \cos 45 = -m_2 a \cos 45 + m_2 g \cos 45$$

где $m_2 a$ и $m_2 g$ — центростремительные силы к левой и правой частям соотв.

$$\frac{5}{3} a \cos 45 = \frac{1}{3} g \cos 45$$

$$a = \frac{g}{5}$$

2) Запишем закон сохранения энергии: $(V_{\text{max}} \text{ достигается в точке равновесия})$

$$\frac{h_1 + h_2}{2} - \frac{2}{3} m_2 g \frac{1}{2} h_1 + m_2 g \frac{1}{2} h_2 = \frac{(h_1 + h_2)}{2} m g + m v^2$$

высота воды при равновесии

m — масса в каждой ч. при равновесии

$$\frac{m_2}{m} = \frac{h_2 \cdot 2}{h_1 + h_2} = \frac{6}{5}$$

$$m_1 = \frac{5}{6} m_2$$

$$\frac{1}{3} m_2 g h_1 + \frac{1}{2} m_2 g h_2 = \frac{h_1 + h_2}{2} \frac{5}{6} g m_2 + \frac{5}{6} m_2 v^2$$

$$g \left(\frac{1}{3} \cdot 8 + \frac{1}{2} \cdot 12 - \frac{10 \cdot 5}{6} \right) =$$

Ответ: 1) $a = \frac{g}{5}$

2) $v = 0,2 \text{ м/с}$

$$10^{-2} \left(\frac{2}{6} \right) = \frac{5}{6} v^2 \quad v^2 = \frac{0,2}{5} = 0,04 \Rightarrow v = 0,2 \text{ м/с}$$

~5

Дано:
 $P_0 = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$

$T = 368 \text{ К}$

$\gamma = 4,7$

$\Theta = \frac{P_0}{P_b}$

$\alpha = \frac{V_n}{V_b}$

1) Запишем ур-ие состояния:

$PV = \Delta RT$

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

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

$\rho = \frac{P \mu}{RT}$

$= \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,5 \cdot 368} = \frac{180}{360} =$

$= 0,489$

$\Theta = \frac{\rho}{\rho_b} = 0,489 \cdot 10^{-3} = 4,89 \cdot 10^{-4}$

2) Для двух случаев запишем ур-ие состояния

$PV_1 = \Delta_1 RT$

$PV_2 = \frac{PV_1}{\gamma} = \Delta_2 RT$ (давление насыщенного пара не меняется)

$PV_1 \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right) = RT(\Delta_1 - \Delta_2) = RT \Delta_{\text{взг}}$

$\Delta_{\text{взг}} = \frac{PV_1 \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)}{RT}$

$V_{\text{взг}} = \frac{PV_1 \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right) \mu}{RT \rho_b}$

$V_n = \frac{V_1}{\gamma}$

$\Rightarrow \alpha = \frac{V_1 RT \rho_b}{\gamma \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right) PV_1 \mu}$
 $= \frac{8,5 \cdot 368 \cdot 1000}{(4,7 - 1) \cdot 8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}$

$= \frac{100000}{48} = 555$

Ответ: 1) $\Theta = 4,89 \cdot 10^{-4}$ 2) $\alpha = 555$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2.1



$$V_x = V_0 \cos \alpha = 4 \text{ м/с}$$

$$2,5 V_0 = \sqrt{\frac{1}{4} V_0^2 + V_y^2}$$

$$6,25 V_0^2 = \frac{1}{4} V_0^2 + V_y^2$$

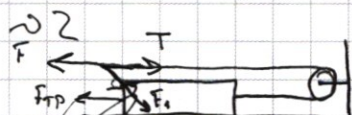
$$V_y = \sqrt{6} V_0 = \frac{450}{9,0625}$$

$$= 2,45 \cdot 8 = 19,6 \text{ м/с} \quad (a)$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} V_0 + V_y = 1,7 \cdot 8 + 19,6 = 13,6 + 19,6 = 33,2 \text{ м/с}$$

$$t_n = \frac{33,2 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} = 3,32 \text{ с} \quad (b)$$

$$S = V_x t_n = 4 \cdot 3,32 = 13,28 \text{ м} \quad (b)$$



$$T = F \cos \alpha$$

$$F \cos \alpha = \mu (mg + F \sin \alpha) + Mg$$

$$F \cos \alpha = \mu (6mg + F \sin \alpha)$$

$$N = 6mg + F \sin \alpha$$

$$T = \mu (mg + F \sin \alpha + Mg)$$

$$ma = T - F \cos \alpha$$

$$5ma = T + F \cos \alpha - \mu (F \sin \alpha + 5mg + mg)$$

$$ma = T - N$$

$$5ma = T + N + \mu (6mg)$$

$$1) N = 6mg \quad 2) \begin{cases} 6ma = T + 6mg \\ a = 0 \\ T = 3\mu mg \end{cases}$$

$$3) \begin{cases} T = F \\ 6ma = 2F + 6mg \\ a = \frac{2F + 6mg}{6m} = \frac{F + 3\mu mg}{3m} \end{cases}$$

25

$$P_0 = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$\rho = \frac{P}{P_0}$$

$$PV = \Delta RT = \frac{m}{\mu} RT$$

$$\mu = \frac{m}{\nu}$$

$$\rho = \frac{m RT}{\mu V} = \rho \frac{RT}{\mu}$$

$$\rho = \frac{P \mu}{RT} = 8,5$$

$$= \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,314 \cdot 368} = \frac{85 \cdot 18}{8,314 \cdot 368}$$

$$= \frac{180}{368}$$

$$\begin{array}{r} 273 \\ \times 95 \\ \hline 368 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 85 \quad 4 \\ \times 18 \\ \hline 680 \\ 85 \\ \hline 1530 \end{array}$$

3253,42

$$\begin{array}{r} 8,84 \quad 3 \\ \times 368 \quad 6 \\ \hline 7072 \\ 5304 \\ 2652 \\ \hline 3253,12 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1530000325312 \\ 1301248 \overline{) 0,4} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 325312 \\ \times 4 \\ \hline 1301248 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1530000 \\ 1301248 \overline{) 2287520} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 180368 \\ 1517210,989 \overline{) 3280} \\ 2944 \\ \hline 3360 \\ 3312 \\ \hline 48 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 368 \quad 3 \\ \times 4 \quad 2 \\ \hline 1472 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 368 \quad 6 \\ \times 8 \quad 5 \\ \hline 2944 \end{array}$$

$$\rho = \frac{0,18}{1000} = 0,18 \cdot 10^{-4}$$

$$\begin{array}{r} 10000 \overline{) 18} \\ 90 \\ \hline 1555 \\ 400 \\ 90 \\ \hline 100 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 368 \quad 7 \\ \times 9 \quad 6 \\ \hline 3312 \end{array}$$

$$0,18 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho = \frac{m_1}{V_1} \quad \rho_1 = \frac{m_1}{\mu}$$

$$P V_1 = \Delta_1 RT$$

$$P \frac{V_1}{\gamma} = \Delta_2 RT$$

$$\gamma = \frac{\Delta_1}{\Delta_2} \quad \Delta_1 = \gamma \Delta_2$$

$$P(V_1 - \frac{V_1}{\gamma}) = RT(\Delta_1 - \Delta_2)$$

$$\Delta_2 RT = P V_1 (1 - \frac{1}{\gamma})$$

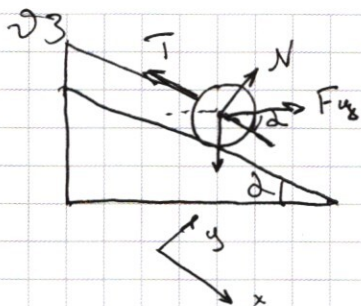
$$V_{\text{дог}} = \frac{P V_1 (1 - \frac{1}{\gamma}) \mu}{RT \rho}$$

$$V_n = V_1 \cdot \frac{1}{\gamma}$$

$$\frac{\sqrt{RT \rho}}{\gamma (1 - \frac{1}{\gamma}) P V_1 \mu} =$$

$$= \frac{8,5 \cdot 368 \cdot 1000}{(4,7 - 1) \cdot 8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}} \quad \text{③}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$T = mg \sin \alpha$$

$$N = mg \cos \alpha$$

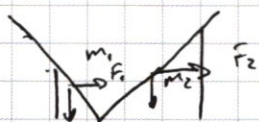
$$T = mg \sin \alpha + \omega^2 R m \cos \alpha$$

$$N = mg \cos \alpha - \omega^2 R m \sin \alpha$$

$$\omega^2 R m \sin \alpha < mg \cos \alpha$$



3.4



$$F_1 \cos 45 + mg \sin 45 = F_2 \cos 45 + mg \cos 45$$

$$\frac{2}{3} m_1 a \cos 45 + \frac{2}{3} m_1 g \cos 45 = \frac{2}{3} m_2 a \cos 45 + m_2 g \cos 45$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{8}{12} = \frac{2}{3}$$

$$\frac{1}{3} a \cos 45 = \frac{1}{3} g \cos 45$$

$$g \sin 45 = a \cos 45$$

$$\frac{5}{3} a \cos 45 = \frac{1}{3} g \cos 45$$

$$g \sin 45 = a \cos 45$$

$$a = \frac{g}{5}$$

$$\frac{2}{3} m_2 g \frac{1}{2} h_1 + m_2 g \frac{1}{2} h_2 = \frac{1}{2} m v^2$$

$$\frac{\frac{h_2}{\sin 45} + \frac{h_1}{\sin 45}}{2} \sin 45$$

$$= \frac{(h_1 + h_2)}{2} mg + mv^2$$

$$\frac{m_2}{m} = \frac{12 \cdot 2}{36 \cdot 2} = 1.2 = \frac{6}{5}$$

$$m = \frac{5}{6} m_2$$

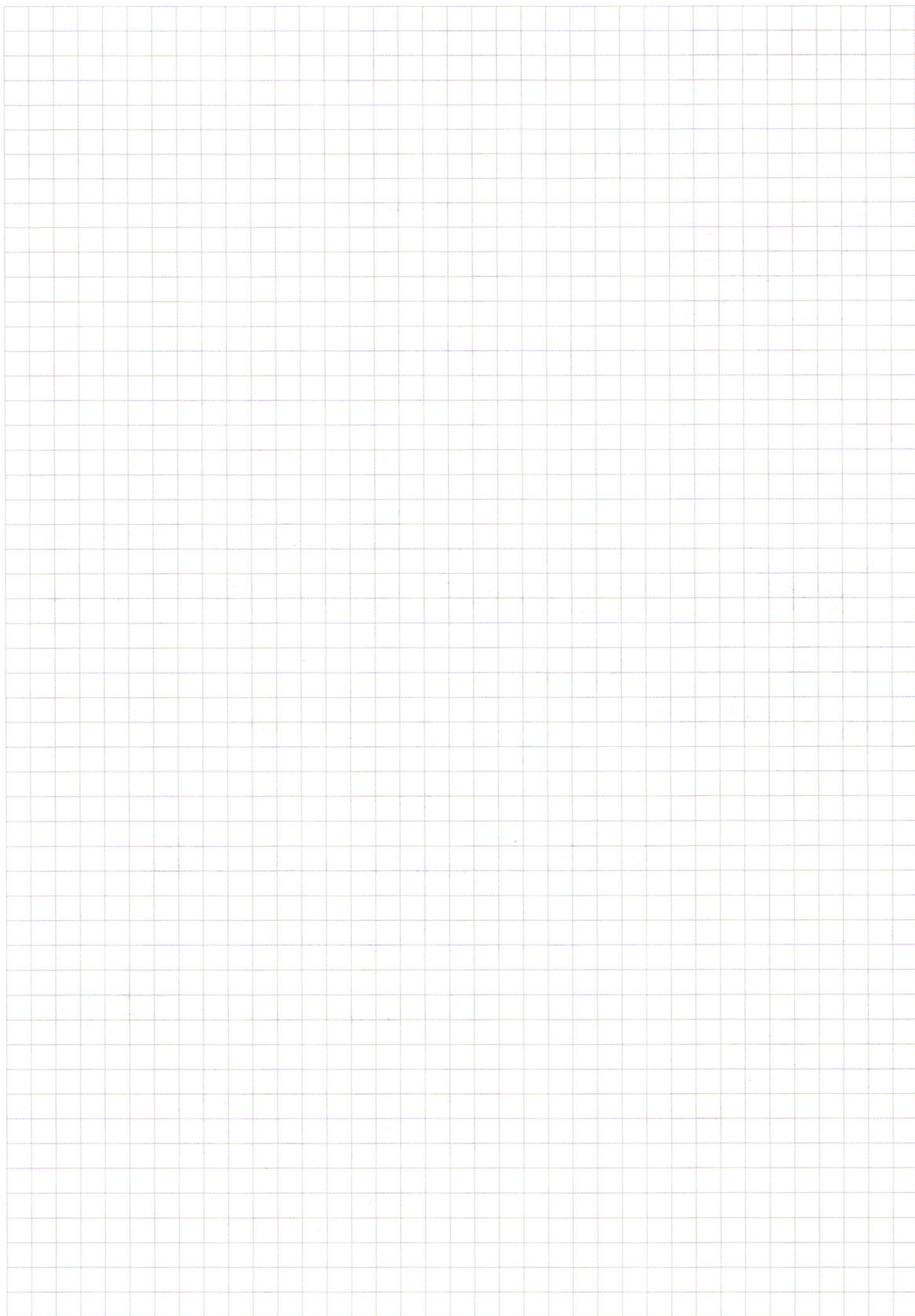
$$\frac{1}{3} m_1 g h_1 + \frac{1}{2} m_2 g h_2 = \frac{(h_1 + h_2)}{2} \frac{5}{6} g m_2$$

$$g \left(\frac{1}{3} \cdot 8 + \frac{1}{2} \cdot 12 - \frac{10 \cdot 5}{6} \right) = \frac{5}{6} V^2$$

$$10 \left(\frac{16 + 36 - 50}{6} \right) = \frac{5}{6} V^2$$

$$20 = 5 V^2$$

$$V = 2 \text{ m/s}$$





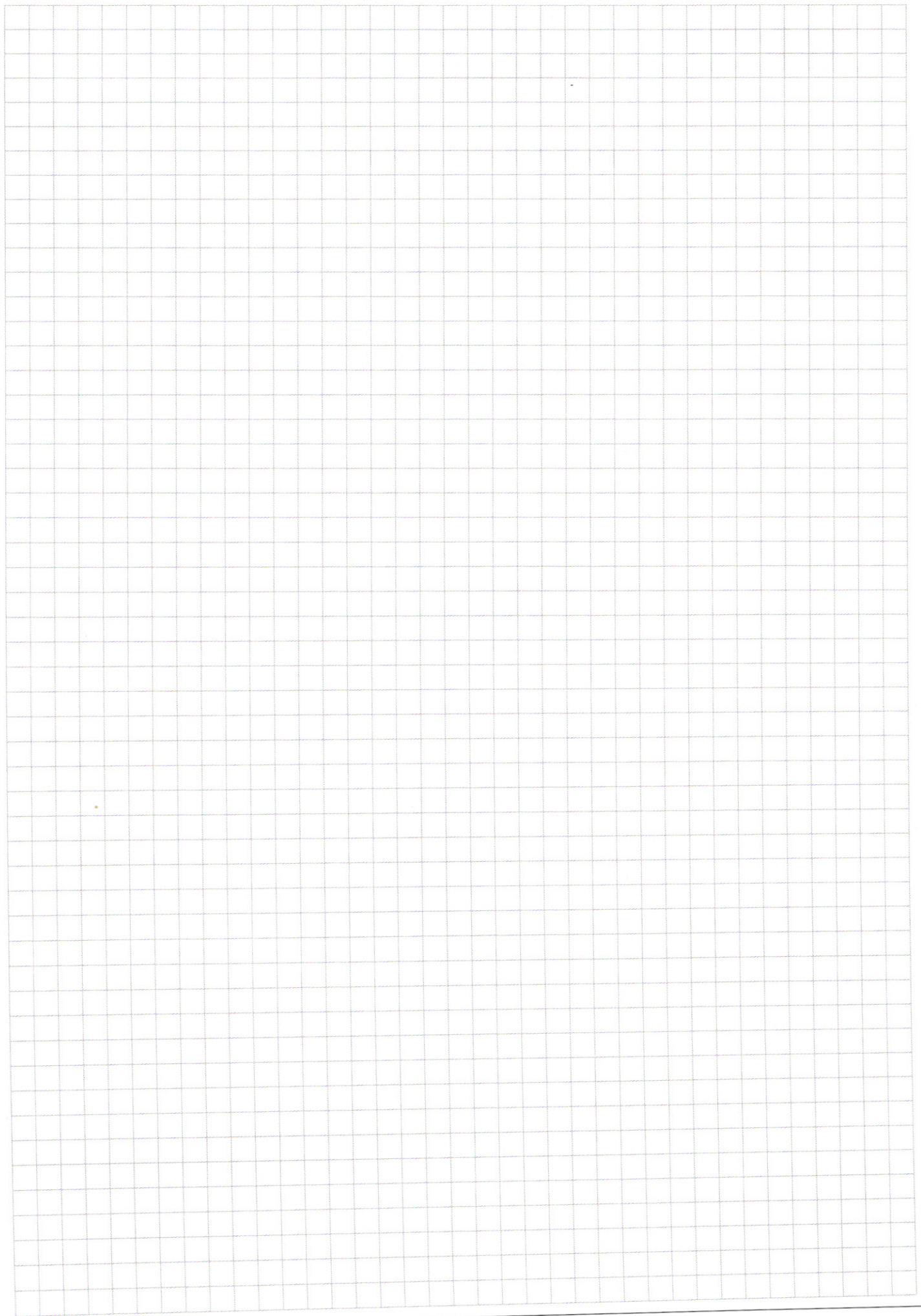
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)