

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 09-04

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

1. Велосипедное колесо радиуса $R = 0,5$ м катится без проскальзывания по горизонтальной поверхности. Каждая спица за время $\tau = 0,2$ с поворачивается на угол $\alpha = 30^\circ$. Скорость точки А на ободе колеса $V_A = 1,2 \cdot V_0$. АВ – диаметр колеса.

1) Найдите скорость V_0 оси колеса.

2) С какой по величине скоростью V_B движется точка В на ободе колеса?

Все скорости измерены в лабораторной системе отсчета. Ось колеса движется равномерно.

2. Мяч, отбитый теннисистом на высоте $h = 0,75$ м, поднимается на максимальную высоту $H = 3,2$ м и за оставшееся время полета перемещается по горизонтали на $S = 16$ м.

1) Через какое время T после прохождения высшей точки траектории мяч упадет на площадку?

2) Найдите $\operatorname{tg} \alpha$ здесь α — угол, который вектор скорости мяча составляет с горизонтальной плоскостью сразу после удара.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

3. Чтобы спускать брусок равномерно по наклонной плоскости, следует приложить силу F_1 , направленную вверх вдоль наклонной плоскости, а чтобы равномерно втаскивать брусок вверх, следует приложить такую же по направлению силу $F_2 = 1,5 \cdot F_1$. Коэффициент трения скольжения бруска по плоскости $\mu = 0,2$. Наклонная плоскость образует с горизонтальной плоскостью угол α .

1) Найдите $\operatorname{tg} \alpha$.

2) Какую по величине V_0 начальную скорость, направленную вверх вдоль наклонной плоскости, следует сообщить бруску, чтобы через $T = 0,5$ с брусок остановился?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

4. На гладкой горизонтальной плоскости расположены два бруска массами $m_1 = 1$ кг и $m_2 = 2$ кг. Бруски связаны нитью, между ними находится легкая сжатая пружина. Коэффициент жесткости пружины $k = 150$ Н/м. Нить пережигают. В момент перехода пружины в недеформированное состояние скорость первого бруска $V_1 = 2$ м/с.

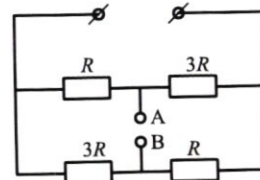
1) Найдите упругую энергию E , запасенную в пружине.

2) Найдите перемещение S_1 первого бруска за время от старта до момента перехода пружины в недеформированное состояние.

5. Электрическая цепь состоит из идеального источника постоянного напряжения $U_0 = 27$ В и четырех резисторов (см. схему на рис.). Если к клеммам А и В подключить идеальный амперметр, то он покажет силу тока $I = 45$ мА. Амперметр заменяют идеальным вольтметром.

1) Какое напряжение U покажет вольтметр?

2) Какая мощность P будет рассеиваться в цепи при включенном амперметре?



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 2

$$h = 0,75 \text{ м.}$$

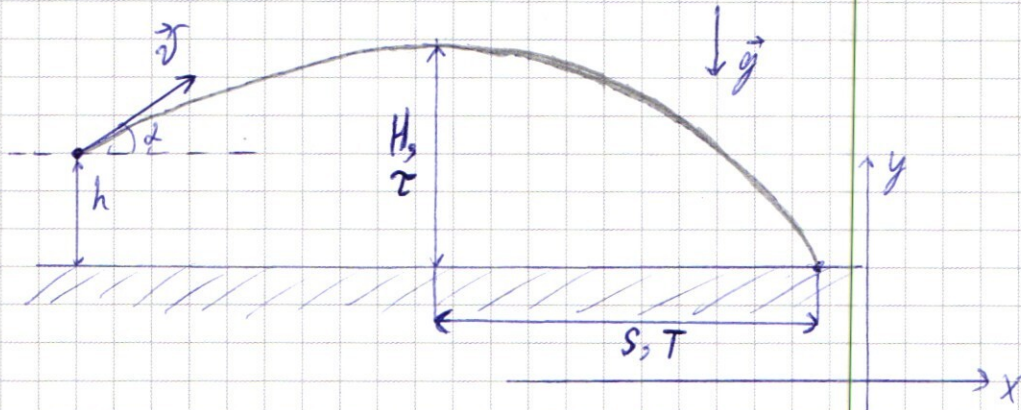
$$H = 3,2 \text{ м}$$

$$S = 16 \text{ м.}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$T = ?$$

$$\text{tg } \alpha = ?$$

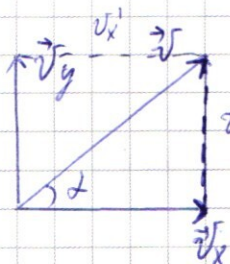


Скорость по оси y в наив. точке $= 0$, далее она меняется равномерно с ускорением g ;

$$\text{на } y: H = \frac{gT^2}{2} \Rightarrow T = \sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,2}{10}} = \sqrt{\frac{6,4}{10}} = \sqrt{\frac{64}{100}} = \frac{8}{10} = 0,8 \text{ с.}$$

в ответ ↑

$$\text{на } x: S = v_x \cdot T \rightarrow v_x = \frac{S}{T} \text{ (1)}$$



v_x, v_y — проекции скорости v на оси x и y соответственно

$$\text{tg } \alpha = \frac{v_y}{v_x}$$

$$\text{на } y: H - h = v_y \cdot \tau - \frac{g\tau^2}{2}$$

$$\text{на } y: v_y = g \cdot \tau \text{ (т.к. скорость в наивысш. точке = 0)}$$

$$\rightarrow H - h = g\tau^2 - \frac{g\tau^2}{2} = \frac{g\tau^2}{2} \rightarrow \tau = \sqrt{\frac{(H-h) \cdot 2}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2,45}{10}} = \sqrt{\frac{4,9}{10}} =$$

$$= 0,7 \text{ с.} \rightarrow v_y = g \cdot \tau = 7 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad | \quad \text{из (1): } v_x = \frac{16}{0,8} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \rightarrow$$

$$\rightarrow \text{tg } \alpha = \frac{v_y}{v_x} = \frac{7}{20}$$

$$\text{Ответ: } T = 0,8 \text{ с.}; \text{tg } \alpha = \frac{7}{20}$$

№ 3

$$F_2 = 1,5 F_1$$

$$\mu = 0,2$$

$$g = 10 \frac{m}{c^2}$$

$$T = 0,5 c$$

tg α - ?

v_0 - ?

пренебрежим размерами груза.

I

по y : $F_1 + F_{TP} = mg \sin \alpha \rightarrow$ (II з-н Ньютона)

по x : $mg \cos \alpha = N$

$$F_{TP} = \mu N \text{ т.к. брусок скользит}$$

II: по y : $F_2 = mg \sin \alpha + F_{TP}$
по x : $mg \cos \alpha = N$

$$F_2 = 1,5 F_1$$

$$F_1 + \mu mg \cos \alpha = mg \sin \alpha \quad | \cdot 1,5 \text{ и выравняем}$$

$$1,5 F_1 = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

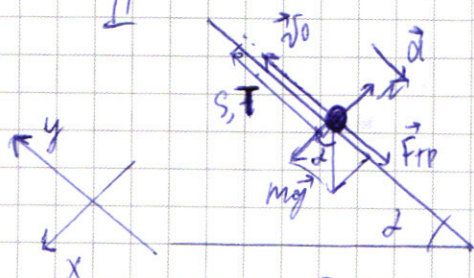
$$1,5 F_1 = \mu mg \sin \alpha - 1,5 \mu mg \cos \alpha = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

$$1,5 \sin \alpha - 1,5 \cos \alpha = \mu \cos \alpha + \sin \alpha$$

$$\cancel{2,5 \sin \alpha - 0,5 \cos \alpha = \cos \alpha (1,5 + \mu)} \rightarrow \cancel{\sin \alpha + \mu \cos \alpha = 1,5 + \mu} \rightarrow \cancel{\cos \alpha = 0,5} \rightarrow \cancel{\sin \alpha = 0,5}$$

$$0,5 \sin \alpha = 1,5 \mu \cos \alpha \rightarrow \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \text{tg } \alpha = 5 \mu = 5 \cdot 0,2 = 1 \leftarrow \text{ответ}$$

II



по y : $-m\alpha = -F_{TP} - mg \sin \alpha$
по x : $mg \cos \alpha = N \Rightarrow \mu \alpha = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$
 $\alpha = (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) g$

$$v_0 = \alpha \cdot T \text{ (т.к. скорость в начале = 0)}$$

продолжение
на стр. 3

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 3 (продолжение)

$$v_0 = \alpha \cdot T = gT \cdot (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

из предыдущего пункта: $\tan \alpha = 1 \rightarrow \sin \alpha = \cos \alpha$, так как возможно при $\alpha = \frac{\pi}{4}$ ($= 45^\circ$)

$$\rightarrow \sin \alpha = \cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{2}} \rightarrow v_0 = 10 \cdot 0,5 \cdot \left(0,2 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = 1 \text{ мс (и } \alpha = 45^\circ)$$

$$= 5 \cdot \left(\frac{1+5}{5\sqrt{2}} \right) = \frac{6}{\sqrt{2}} = 3\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $3\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

№ 4

$$m_1 = 1 \text{ кг};$$

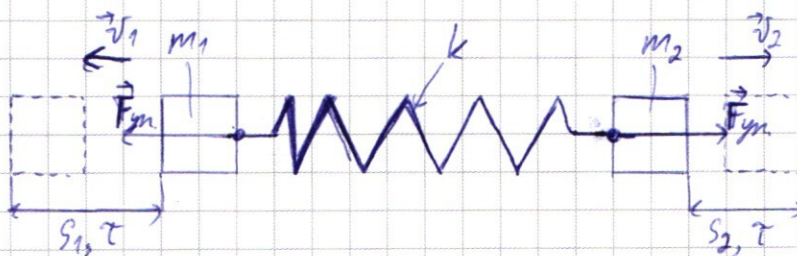
$$m_2 = 2 \text{ кг};$$

$$k = 150 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

$$v_1 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

E - ?

s_1 - ?



$$E = \Delta E_{k1} + \Delta E_{k2}$$

$$\Delta E_{k1} = \frac{m_1 v_1^2}{2} - 0$$

$$\Delta E_{k2} = \frac{m_2 v_2^2}{2} - 0$$

$$\rightarrow E = \frac{m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2}{2}$$

$$F_{\text{уп}} \tau = m_1 v_1$$

$$F_{\text{уп}} \tau = m_2 v_2$$

импульсы ($p = mv$)
($p = F \cdot \tau$)

$$p.s. \quad v_2 = \frac{1 \cdot 2}{2} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\Rightarrow m_1 v_1 = m_2 v_2 \rightarrow v_2 = \frac{m_1 v_1}{m_2} \rightarrow$$

ответ!

$$\rightarrow E = \frac{m_1 v_1^2 + \frac{m_1^2 \cdot v_1^2}{m_2}}{2} = \frac{m_1 v_1^2}{2 m_2} \cdot (m_1 + m_2) = \frac{1 \cdot 2^2}{2 \cdot 2} \cdot (1 + 2) = 3 \text{ Дж}$$

продолжение на стр. 4

14

продолжение:

$$S_1 = v_1 \cdot \tau ; S_2 = v_2 \cdot \tau$$

Суммарно приложена растягивающая до излучательного состава сила $(S_1 + S_2)$

$$F_{\text{ym}} = k(S_1 + S_2)$$

$$F_{\text{ym}} \cdot \tau = m_1 v_1$$

$$\textcircled{1} \tau \cdot k(S_1 + S_2) = m_1 v_1 \rightarrow$$

подставим в $\textcircled{1}$ S_1 и S_2 из выше:

$$\tau \cdot k \cdot \tau (v_1 + v_2) = m_1 v_1 \rightarrow \tau = \sqrt{\frac{m_1 v_1}{k(v_1 + v_2)}} \rightarrow$$

$$\rightarrow S_1 = v_1 \cdot \sqrt{\frac{m_1 v_1}{k(v_1 + v_2)}} =$$

$$[H] = \left[\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} \right]$$

$$= 2 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sqrt{\frac{1 \text{ кг} \cdot 2 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \text{м}}{150 \frac{\text{Н}}{\text{м}} (1 + 2) \frac{\text{м}}{\text{с}}}} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sqrt{\frac{1 \cdot 2 \cdot \text{м} \cdot \text{с}}{150 \cdot 3}} =$$

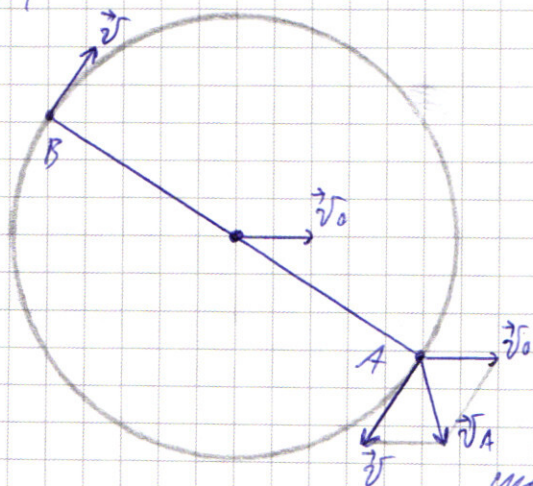
$$= 2 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{450}} \text{ с} = \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{450}} \text{ м} = \frac{2}{\sqrt{225}} = \frac{2}{\sqrt{5^2 \cdot 3^2}} =$$

$$= \frac{2}{15} \text{ м}$$

Ответ: $E = 3 \text{ Дж}$

$$S_1 = \frac{2}{15} \text{ м}$$

14



$$R = 0,5 \text{ м} ; \angle = 30^\circ ; \tau = 0,2 \text{ с} ; v_A = 2,2 \text{ м/с}$$

$$v_O = ?$$

$$v_B = ?$$

Если колесо не проскальзывает, то скорость центра (оси) колеса равна скорости точки отн. этой оси. То есть:

$$v_O = v$$

(продолжение на 5 стр.)

☐ черновик ☒ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 4

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1 (продолжение)

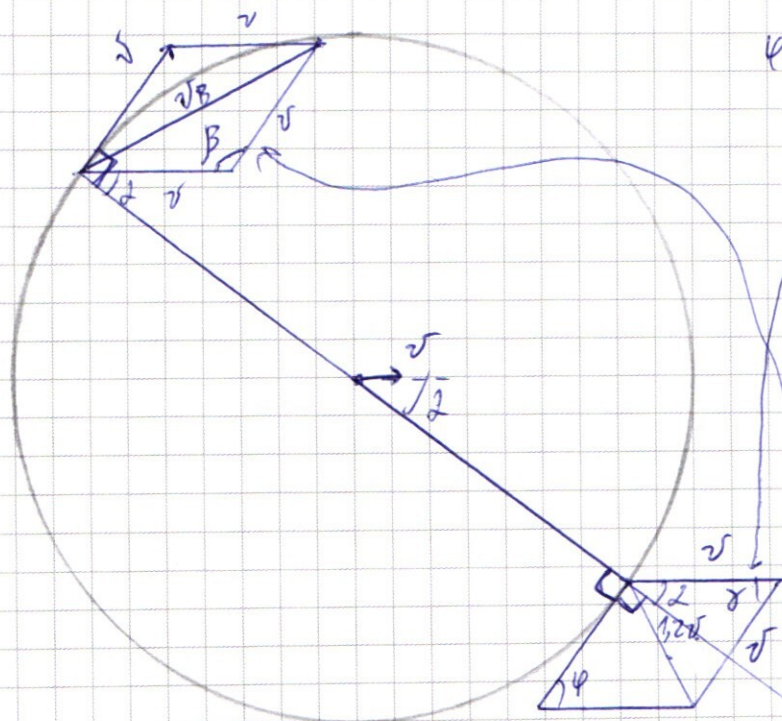
$$v_0 = v$$

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{L}{\tau} = \frac{\frac{\pi}{6}}{0,2 \frac{\text{мс}}{c}} = \frac{5\pi}{6} \frac{\text{рад}}{c}$$

$$v = \omega \cdot R = \frac{5\pi}{6c} \cdot 0,5 \text{ м} = \frac{5\pi}{12} \frac{\text{м}}{c} = v_0$$

ответ

с точки зрения B,



$$\varphi + 90 + \alpha = 180 \rightarrow$$

$$\rightarrow \varphi = 90 - \alpha = \gamma$$

~~Th. cos'ab:~~ Th. cos'ab:

$$(1,2)^2 v^2 = 2v^2 - 2v^2 \cdot \cos \gamma$$

$$\beta = 180 - (90 - \alpha) =$$

$$= 90 + \alpha$$

вторая Th. cos'ab:

$$(v_B)^2 = 2v^2 - 2v^2 \cdot \cos \beta$$

$$1,44 v^2 = 2v^2 - 2v^2 \cdot \cos(90 - \alpha) \quad \text{sin} \alpha$$

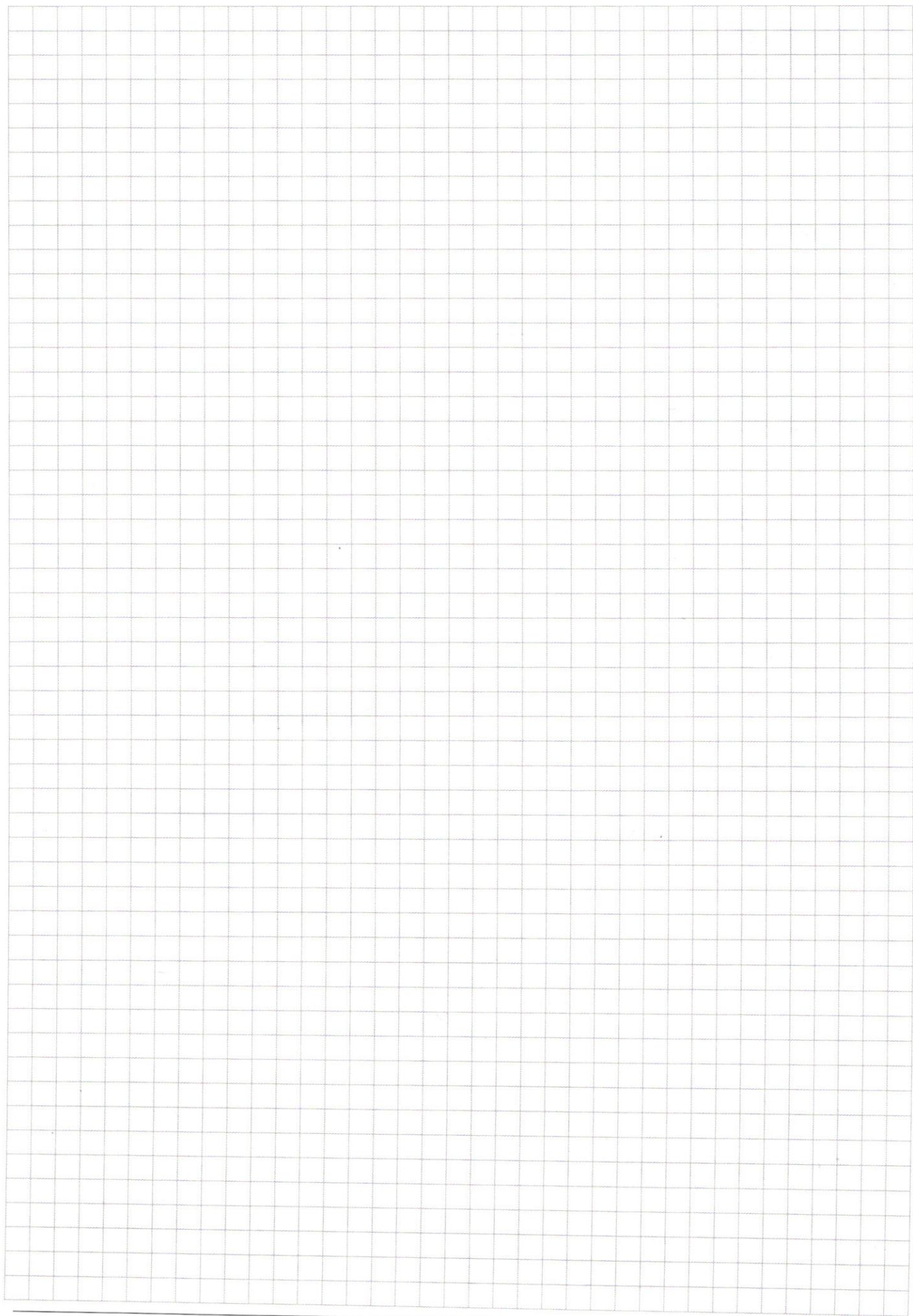
$$v_B^2 = 2v^2 - 2v^2 \cdot \cos(90 + \alpha) = \text{sin} \alpha$$

$$\Rightarrow 2v^2 \sin \alpha = 2v^2 - 1,44v^2$$

$$2v^2 \sin \alpha = v_B^2 - 2v^2$$

$$\rightarrow v_B^2 = 4v^2 - 1,44v^2 \rightarrow v_B = v \cdot \sqrt{4 - 1,44} = 1,6v = \frac{5\pi}{12} \cdot \frac{0,4}{3} = \frac{2}{3} \pi \frac{\text{м}}{c}$$

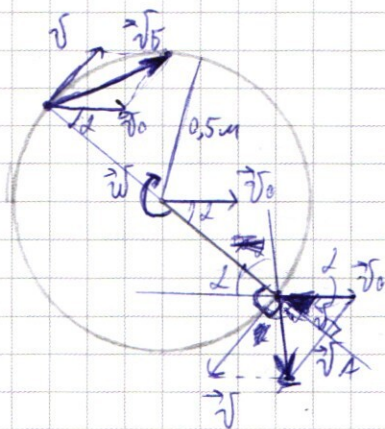
ответ: $v_0 = \frac{5\pi}{12} \frac{\text{м}}{c}$; $v_B = \frac{2}{3} \pi \frac{\text{м}}{c}$



☐ черновик ☒ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

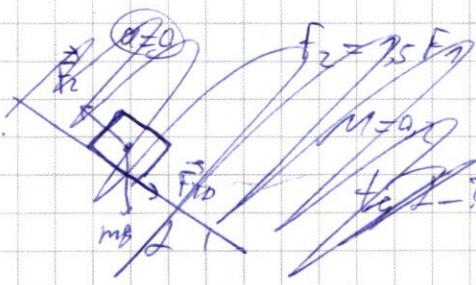
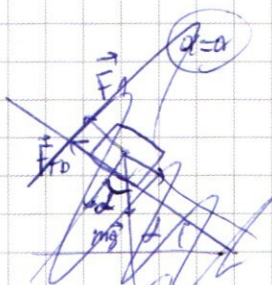
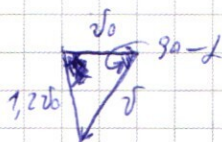
Страница № 6
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$w = \frac{d\varphi}{dt} = \frac{30}{0.2\pi} \frac{\pi}{6.02} = \frac{\pi}{1.2} \text{ рад/с} \rightarrow$$

$$\rightarrow v = v_0 = w \cdot R = \frac{\pi}{6} \cdot \frac{m}{c}$$



$$F_1 + mg \sin \alpha = mg \cos \alpha$$

$$F_2 = mg \sin \alpha + mg \cos \alpha$$

$$1.5 F_1 = 1.5 mg \sin \alpha + 1.5 mg \cos \alpha$$

$$1.5 F_1 = mg \sin \alpha + mg \cos \alpha$$

$$1.5 mg \sin \alpha = mg \sin \alpha + mg \cos \alpha + 1.5 mg \cos \alpha$$

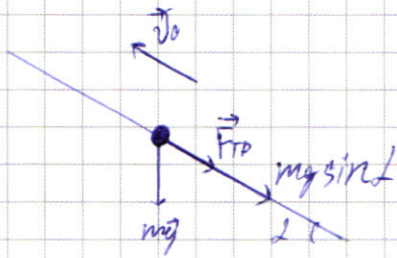
$$1.5 \sin \alpha = 0.5 \cos \alpha + \sin \alpha$$

$$2.5 \sin \alpha = 0.5 \cos \alpha$$

$$5 \sin \alpha = \cos \alpha \rightarrow \tan \alpha = 0.2$$

$$\alpha = 0.5 \sin \alpha - 2.5 \cos \alpha$$

$$\sin \alpha = 5 \cos \alpha \rightarrow \tan \alpha = 5$$



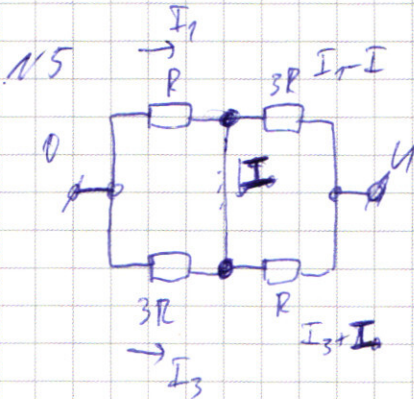
$$T = 0.5G$$

$$v_0 = T \cdot d$$

$$ma = F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

$$a = \mu g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

$$v_0 = 0.5 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}} (5.2 \cos \alpha + \sin \alpha) = 26 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \cos(\arctg 5)$$



$$RI_1 = U - 3R(I_1 + I_2)$$

$$3RI_3 = U - R(I_1 + I_2)$$

$$I_1 + I_2 = I_3 = 0$$

$$I_1 + I_2 = I_3$$

$$RI_1 = U - 3R(I_1 + I_2)$$

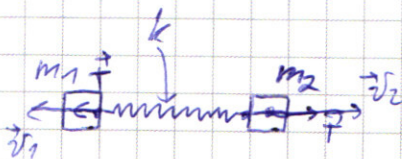
$$3R(I_1 + I_2) = U - R(I_1 + I_2)$$

$$R(4I_1 + 3I_2) = U$$

$$R(4I_1 + 3I_2) = U$$

$$1.5F_1 = 1.5 mg \sin \alpha - 1.5 mg \mu \cos \alpha$$

$$0.5F_1 = mg \mu \cos \alpha + mg \sin \alpha$$



$$E = E_{k1} + E_{k2} = \frac{m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2}{2}$$

$$T \cdot r = m_1 v_1$$

$$T \cdot r = m_2 v_2$$

$$m_1 v_1 = m_2 v_2 \rightarrow v_2 = \frac{m_1 v_1}{m_2}$$

$$E = \frac{m_1 v_1^2 + \frac{m_1^2 v_1^2}{m_2}}{2} =$$

$$= \frac{m_1 v_1^2 (m_1 + m_2)}{2 m_2} = \frac{1 \cdot 2^2 \cdot (1 + 2)}{2 \cdot 2} = 3 \text{ Дж}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$s_1 = v_1 \cdot \tau$$

~~$$s_1 = v_1 \cdot \tau$$~~

$$s_2 = v_2 \cdot \tau$$

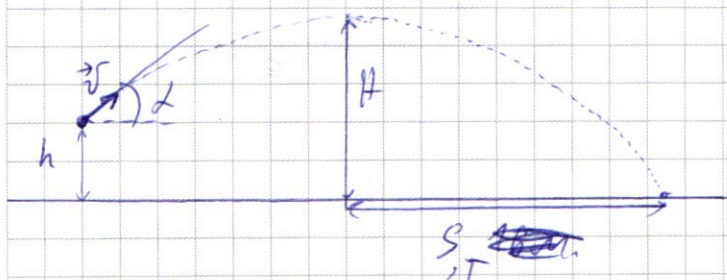
$$\tau \cdot k(v_1 + v_2) = m_1 v_1 \rightarrow \tau = \sqrt{\frac{m_1 v_1}{k(v_1 + v_2)}}$$

~~$$s_1 = \frac{m_1 v_1^2}{k(v_1 + v_2)}$$~~

~~$$s_1 = v_1 \cdot \tau = \frac{m_1 v_1^2}{k(v_1 + v_2)} = 2 \cdot \frac{m_1 v_1^2}{k(v_1 + v_2)}$$~~

~~$$= \frac{2 \cdot 15 \cdot 10^3}{15 \cdot 10^3} = 2$$~~

12



$$h = 0,75 \text{ м}$$

$$H = 3,2 \text{ м}$$

$$S = 16 \text{ м}$$

$$T = ?$$

$$2,45$$

$$\begin{array}{r} 10 \quad 10 \\ 3,20 \\ - 0,75 \\ \hline 2,45 \end{array}$$

$$H = \frac{gT^2}{2} \rightarrow T = \sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{\frac{6,4}{10}} = \sqrt{\frac{64}{100}} = \frac{8}{10} = 0,8 \text{ с}$$

$$S = v_x \cdot T \rightarrow v_x = \frac{160}{8} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

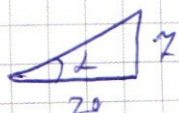
$$H - h = v_y \cdot \tau - \frac{g\tau^2}{2}$$

$$v_y = g \cdot \tau$$

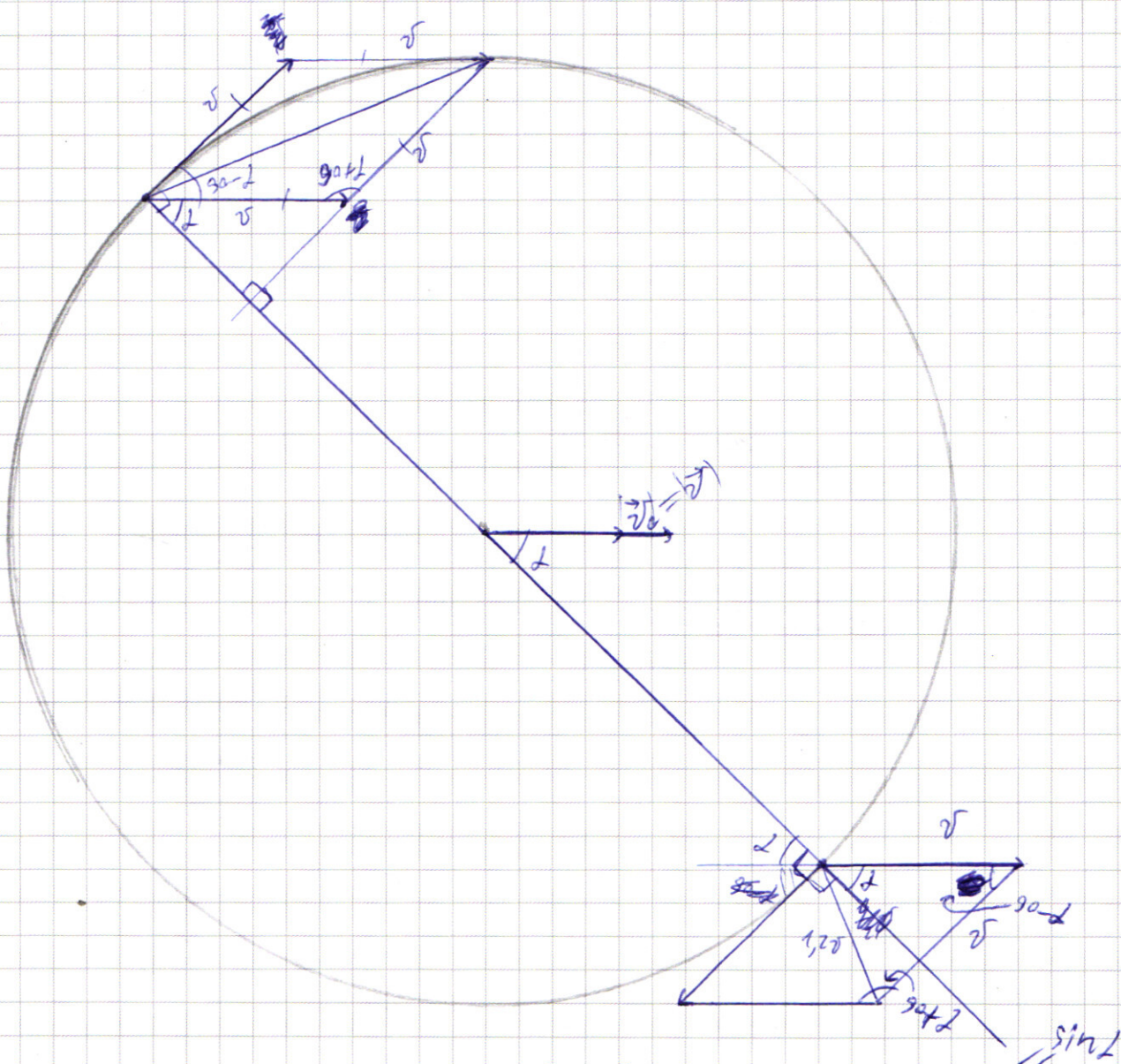
$$H - h = \frac{g\tau^2}{2} \rightarrow \tau = \sqrt{\frac{2(H - h)}{g}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 4,45}{10}} = 0,94 \text{ с} \rightarrow$$

$$\rightarrow v_y = 7 \frac{\text{м}}{\text{с}} \rightarrow v = \sqrt{20^2 + 7^2} = \sqrt{449}$$



$$\tan \alpha = \frac{7}{20}$$



$$\frac{5A}{34} \cdot 16 = \frac{20A}{34} = \frac{2A}{3}$$

$$(1,2v)^2 = v^2 + v^2 - 2v^2 \cdot \cos(30-1)$$

$$(v_B)^2 = v^2 + v^2 - 2v^2 \cdot \cos(30+1)$$

" - sin 1

$$-(1,2v)^2 + 2v^2 = 2v^2 \cdot \sin 1$$

$$(v_B)^2 - 2v^2 = 2v^2 \cdot \sin 1$$

$$(v_B)^2 = 4v^2 - (1,2v)^2$$

$$\begin{array}{r} 1,2 \\ \times 1,2 \\ \hline 2,4 \\ 24 \\ \hline 1,44 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ \times 7,6 \\ \hline 18 \\ 256 \end{array}$$

$$\begin{aligned} v_B &= v \cdot \sqrt{4 - 1,2^2} = v \cdot \sqrt{4 - 1,44} = \\ &= v \cdot \sqrt{2,56} = 1,6v \end{aligned}$$



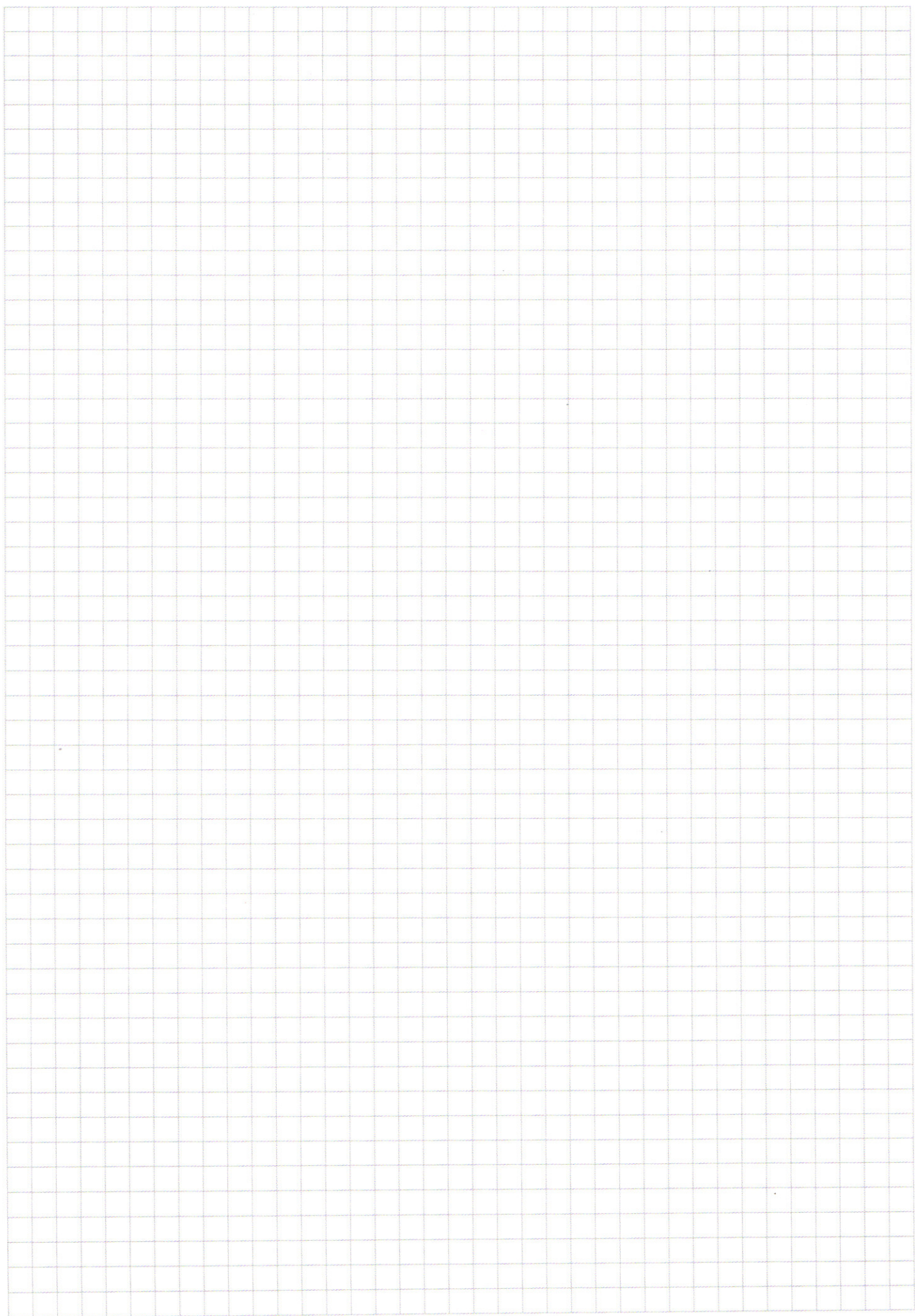
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)