

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 09-01

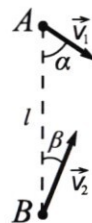
Класс 09

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

1. Корабль A и торпеда B в некоторый момент времени находятся на расстоянии $l = 1$ км друг от друга (см. рис. 1) Скорость корабля $V_1 = 10$ м/с, угол $\alpha = 60^\circ$. Скорость торпеды $V_2 = 20$ м/с. Угол β таков, что торпеда попадет в цель.

1) Найдите $\sin \beta$.

2) Через какое время T расстояние между кораблем и торпедой составит $S = 770$ м?



2. Плоский склон горы образует с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. Из миномета, расположенного на склоне, производят выстрел, под таким углом φ к поверхности склона, что продолжительность полета мины наибольшая. Мина падает на склон на расстоянии $S = 0,8$ км от точки старта.

1) Под каким углом φ к поверхности склона произведен выстрел?

2) Найдите величину V_0 начальной скорости мины.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

3. Вниз по шероховатой наклонной плоскости равнозамедленно движется брусок. В тот момент, когда скорость бруска равна $V_1 = 1$ м/с, на брусок падает пластилиновый шарик и прилипает к нему, а брусок останавливается. Движение шарика до соударения – свободное падение с высоты $h = 0,8$ м с нулевой начальной скоростью.

1) Найдите скорость V_2 шарика перед соударением.

2) Найдите величину a ускорения бруска перед соударением.

Массы бруска и шарика одинаковы.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Быстрые процессы торможения бруска и деформации пластилина заканчиваются одновременно. В этих процессах действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.

4. Два свинцовых шарика одинаковой массы, летящие со скоростями $V_1 = 60$ м/с и $V_2 = 80$ м/с, слипаются в результате абсолютно неупругого удара. Скорости шариков перед слипанием взаимно перпендикулярны.

1) С какой по величине скоростью V движутся слипшиеся шарики?

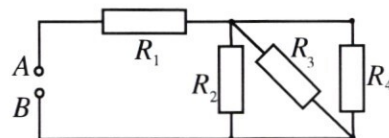
2) На сколько Δt ($^\circ\text{C}$) повысится температура шариков?

Удельная теплоемкость свинца $c = 130$ Дж/(кг $\cdot^\circ\text{C}$). Температуры шариков перед слипанием одинаковы.

5. Четыре резистора соединены как показано на рисунке. Сопротивления резисторов $R_1 = 3 \cdot r$, $R_2 = R_3 = 2 \cdot r$, $R_4 = 4 \cdot r$. На вход АВ схемы подают напряжение $U = 38$ В.

1) Найдите эквивалентное сопротивление R_{AB} цепи.

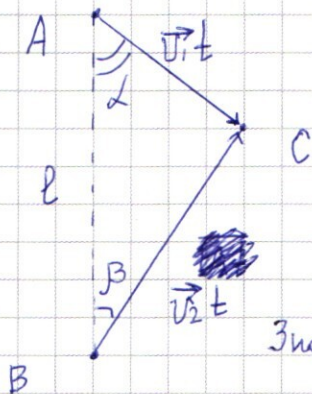
2) Какой силы I ток будет течь через резистор R_4 при $r = 10$ Ом?



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 51

1) Пусть корабль и торпеда „встретятся“ в точке C. Тогда:



Запишем теорему синусов для треугольника ABC:

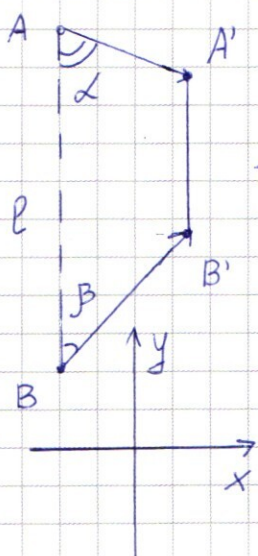
$$\frac{v_1 t}{\sin \beta} = \frac{v_2 t}{\sin \alpha} \Rightarrow \sin \beta = \frac{v_1 \cdot \sin \alpha}{v_2} \approx \frac{\sqrt{3}}{4}$$

~~Зная синус сразу выразим и косинус:~~

Зная синус сразу выразим и косинус: $\cos \beta = \frac{\sqrt{13}}{4}$

2) Пусть корабль в момент времени T находится в точке A', торпеда - в B'.

Тогда:



~~Выведем зависимость расстояния между кораблем и торпедой от времени; для этого сначала выведем зависимость по осям.~~

Выведем зависимость расстояния между кораблем и торпедой от времени; для этого сначала выведем зависимость по осям. По оси OY: $l - (\cos \alpha v_1 + \cos \beta v_2) T$

По оси OX: $|(\sin \beta v_2 - \sin \alpha v_1) T|$

Тогда зависимость расстояния между ~~кораблем и торпедой~~ кораблем и торпедой ~~от времени~~ от времени имеет следующий вид:

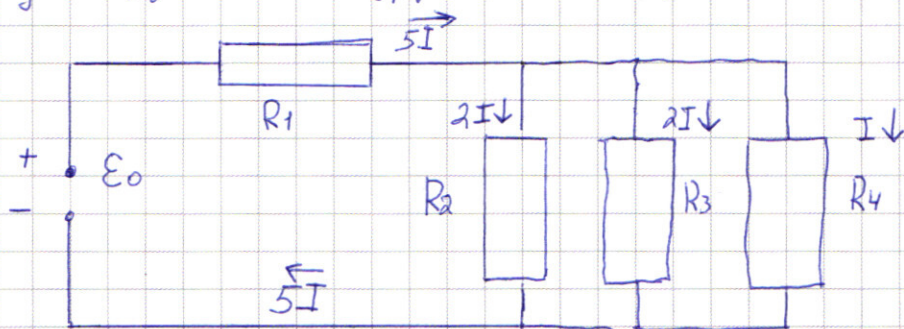
$$A'B'(T) = \sqrt{(l - (\cos \alpha v_1 + \cos \beta v_2) T)^2 + ((\sin \beta v_2 - \sin \alpha v_1) T)^2}$$

Зная расстояние между кораблем и торпедой теперь найдем время $\Rightarrow$
 $\Rightarrow T \approx 10$ (сек)

(Найти время можно и проще, т.к. A'B' будет всегда || AB иначе торп. и корабль не сойдутся)

Задача ~~55~~ 55

1) Перерисуем схему поставив резистор R_3 "вертикально" (мы можем это сделать, ведь от этого другой не станет)



Теперь, опираясь на правила Кирхгофа и з-н Ома расставим токи в цепи. Пусть через R_1 идет ток $5I$.

$$\text{Тогда общее сопротивление } R_0 = \frac{U_0}{I_0} = \frac{19Ir}{5} \approx 3,8r$$

2) Найдем ток I при $r = 10 \text{ Ом}$ Зная, что $19Ir = E_0$
(это следует из расстановки токов и закона Ома) получаем, что

$$I = \frac{E_0}{19 \cdot r} = \frac{2}{10} = 0,2 \text{ (А)}$$

Ответ: $0,2 \text{ А}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №4

- 1) Для нахождения скорости сплюснутых шариков запишем закон сохранения импульса:

$$m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = 2m\vec{v}_3$$

$$\frac{\vec{v}_1 + \vec{v}_2}{2} = \vec{v}_3$$

Как известно, скорости $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_2$ перпендикулярны $\Rightarrow \vec{v}_1 + \vec{v}_2 = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} \Rightarrow v_3 = \frac{\sqrt{v_1^2 + v_2^2}}{2} = 50 \text{ (м/с)}$

- 2) Запишем закон сохранения энергии:

$$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = \frac{2mv_3^2}{2} + Q, \text{ где } Q - \text{выделившаяся теплота.}$$

$Q = 2mc\Delta t$ так температуры шариков перед спл. одинаковы. Имеем:

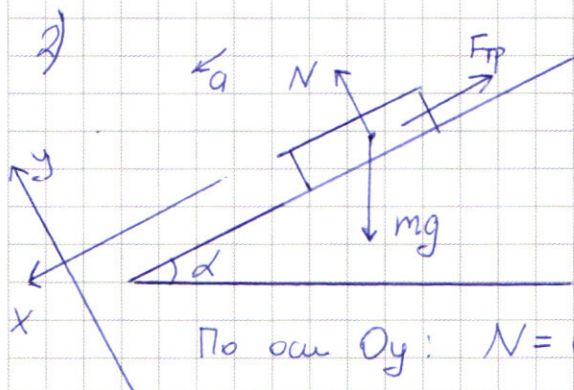
$$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = mv_3^2 + 2mc \cdot \Delta t \Rightarrow \frac{v_1^2 + v_2^2 - 2v_3^2}{2 \cdot 2 \cdot c} = \Delta t$$

$$\Delta t \approx \frac{20}{2} \text{ } ^\circ\text{C} = 10^\circ\text{C}$$

Задача 53

1) Запишем закон сохр. энергии для шарика:

$$mgh = \frac{mv_2^2}{2} \Rightarrow v_2 = \sqrt{2gh}, \quad v_2 \approx 4 \text{ (м/с)}$$



Запишем 2-й Ньютон для бруска, когда он ехал до соударения.

По оси OX:

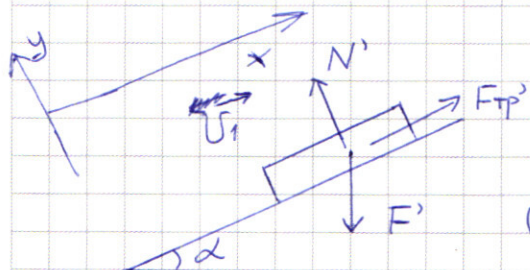
$$ma = \sin \alpha \cdot mg - F_{\text{тр}}$$

По оси OY: $N = \cos \alpha \cdot mg$

Так же, ~~очевидно~~ очевидно, $F_{\text{тр}} = \mu N \Rightarrow F_{\text{тр}} = \mu \cdot \cos \alpha \cdot mg$.

Из этих ~~выражений~~ выражений получим, что $a = (\sin \alpha - \mu \cdot \cos \alpha)g$

Теперь вернемся к моменту удара. Брусок остановил шарик (т.к. сам брусок тоже в этот момент покоился); пусть брусок действовал на шарик с силой F . Тогда по ЗСИ имеем: $F \cdot \Delta t = mv_2$ (пусть Δt - некое малое время, которое происходит удар) Но по 3-му 3-му Ньютону тогда сила $F' = F$ подействовала и на брусок (см. рисунок)



Тогда увеличится и сила реакции опоры и как следствие, и сила трения.

Запишем теперь ЗСИ для бруска: (моментами или тяжести пренебрежем)

~~Вот так и получается, что сила реакции опоры и сила трения увеличиваются в момент удара. Это значит, что брусок будет двигаться вверх по наклонной плоскости. Но это противоречит условию задачи, где сказано, что брусок остановился. Поэтому, видимо, в условии задачи есть опечатка или неточность. Возможно, имелось в виду, что шарик ударил брусок, и брусок начал двигаться вверх. Тогда все сходило бы на лад.~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~Второй закон Ньютона в проекции на ось OX:~~
~~Тогда мы получим:~~

~~мы получим:~~

~~мы получим:~~

По оси OX: $(F_{\text{тр}}' - \sin \alpha F') \Delta t = -mV_1$

По оси OY: $(N' - \cos \alpha F') \Delta t = 0$

В итоге мы получаем систему:

$$\begin{cases} (\sin \alpha F' - F_{\text{тр}}') \Delta t = mV_1 \\ N' = \cos \alpha F' \\ F = F'; F_{\text{тр}}' = \mu N' \\ F \cdot \Delta t = \cancel{mV_1} = mV_2 \end{cases}$$

Откуда мы получаем, что: $V_2 (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = V_1 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \sin \alpha - \mu \cos \alpha = \frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{4}$$

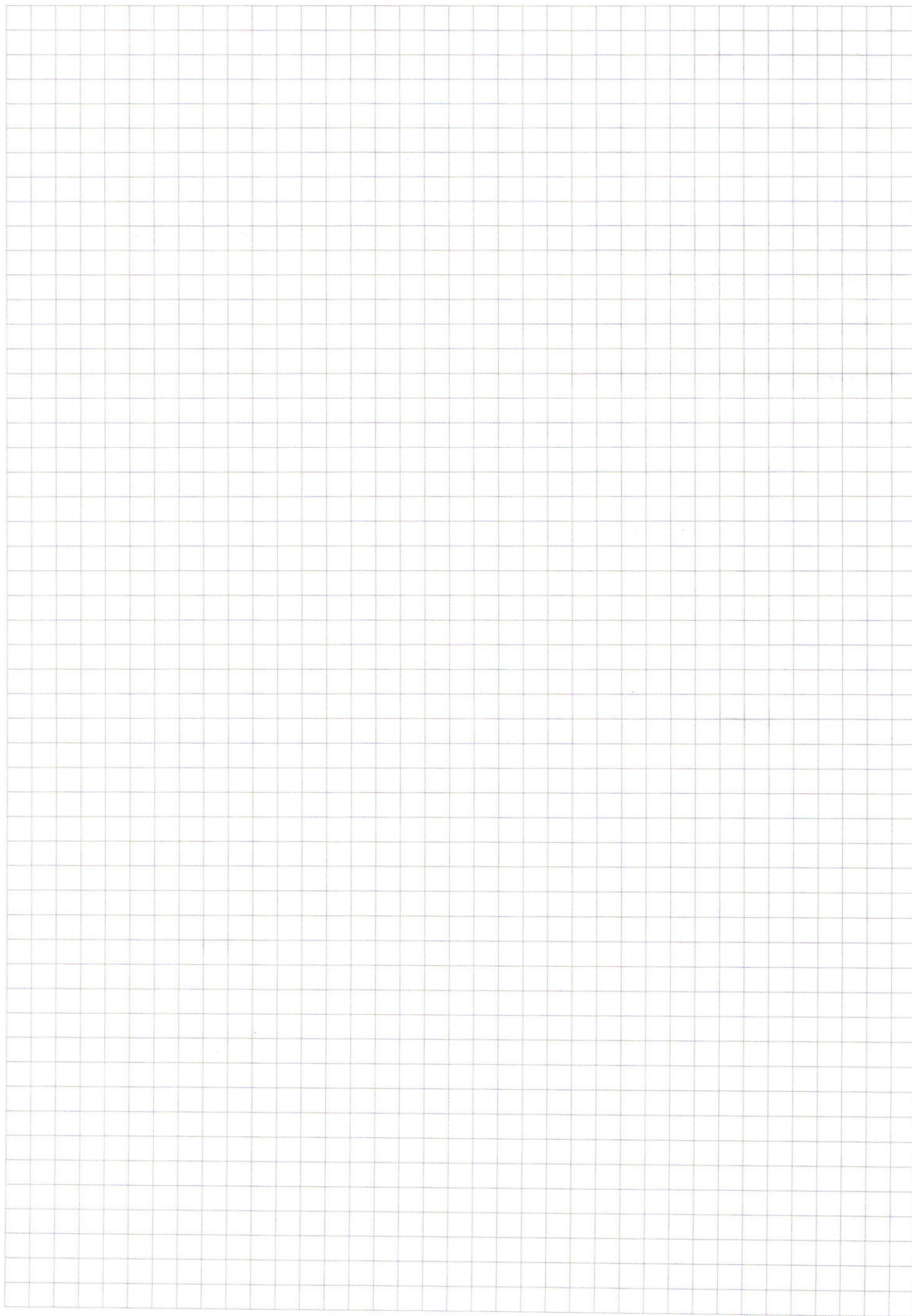
Вернемся в начало пункта 2 решения и выполним, что $a = (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)g$

Подставим туда полученное нами значение и получим, ~~что~~ что

$$a = 2,5 \text{ (м/с}^2\text{)}$$

Примечание: в решении используется масса m — это масса бруска.

По условию она еще равна массе шарика.

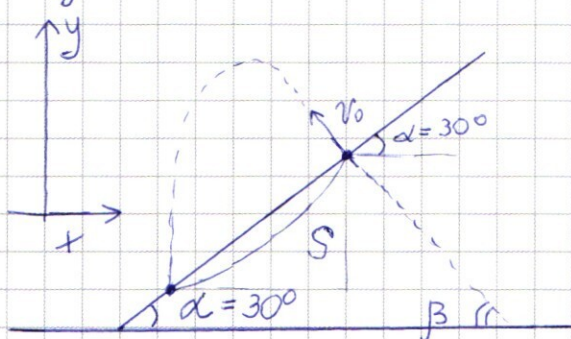


☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача S2



1) Миномет находится на склоне.

Очевидно, что он ~~не~~ может стрелять как в сторону вершины, так и в сторону подножия горы. Вариант со стрельбой в сторону вершины горы можно сразу откинуть,

т.к. не даст макс. времени. Снаряд из-за „роста“ горы упадет на нее раньше, чем если бы он под таким же углом летел в сторону подножия. Значит, мина упала как схематично показано на рисунке.

Пусть миномет кидает мины под углом β к земле. Найдя $\angle \beta$ мы легко найдем и φ . Запишем y -тия движения по осям:

По оси x : $-\cos \beta \cdot v_0 t = x$

По оси y : $\sin \beta \cdot v_0 t - \frac{gt^2}{2} = y$

Подставим данные из условия:

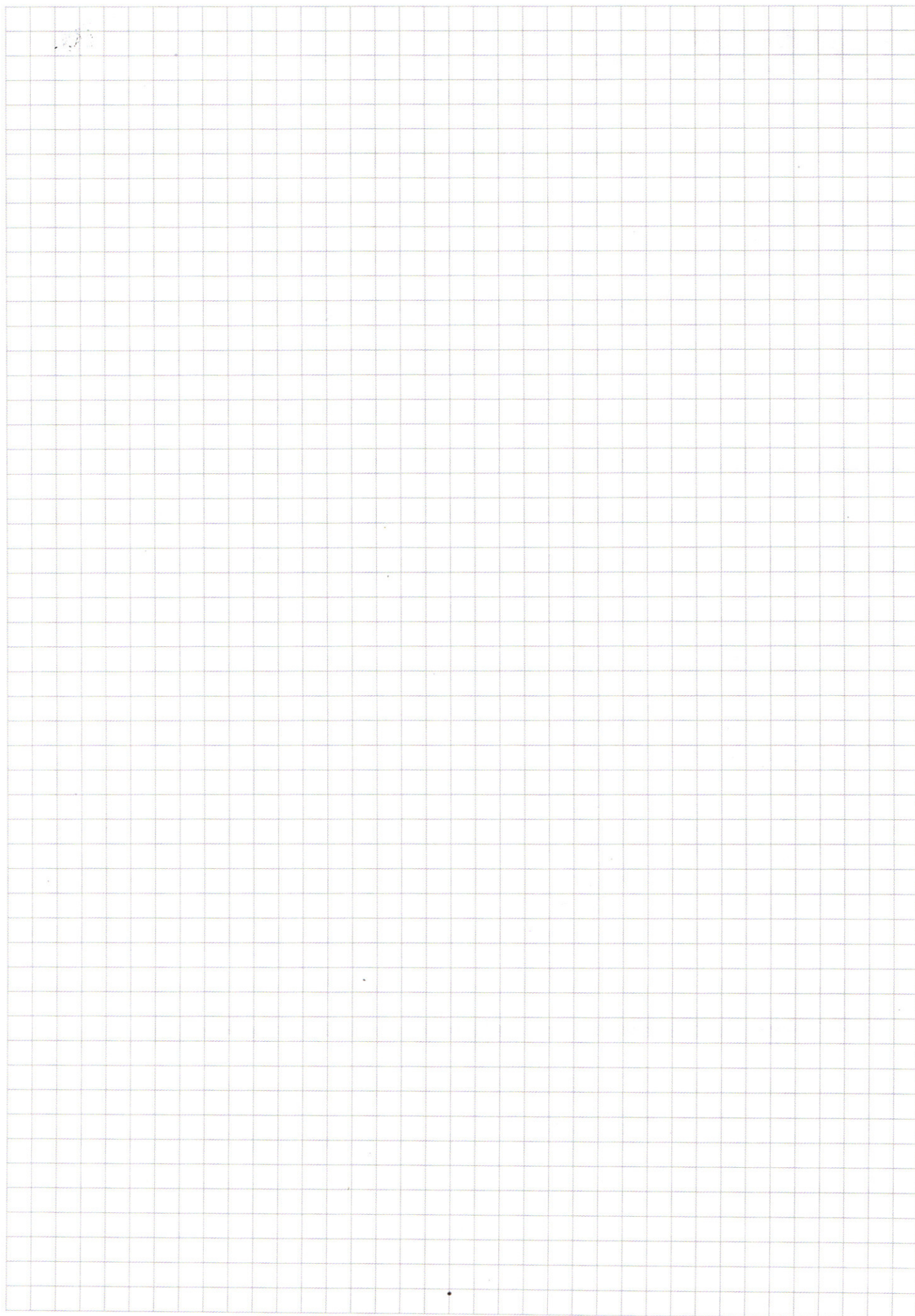
$$\cos 30^\circ S = \cos \beta \cdot v_0 t$$

$$-\sin 30^\circ S = \sin \beta \cdot v_0 t - \frac{gt^2}{2} \Rightarrow 2 \sin \beta \cdot v_0 t - \frac{gt^2}{2} + \sin 30^\circ S = 0$$

~~Время будет максимумом при дискриминанте равном 0~~

Время будет максимумом при дискриминанте равном 0

$$D = 4 \cdot \sin^2 \beta \cdot v_0^2 - 4 \frac{g}{2} (\sin 30^\circ S)$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

У4

$$m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = 2m\vec{v}_3$$

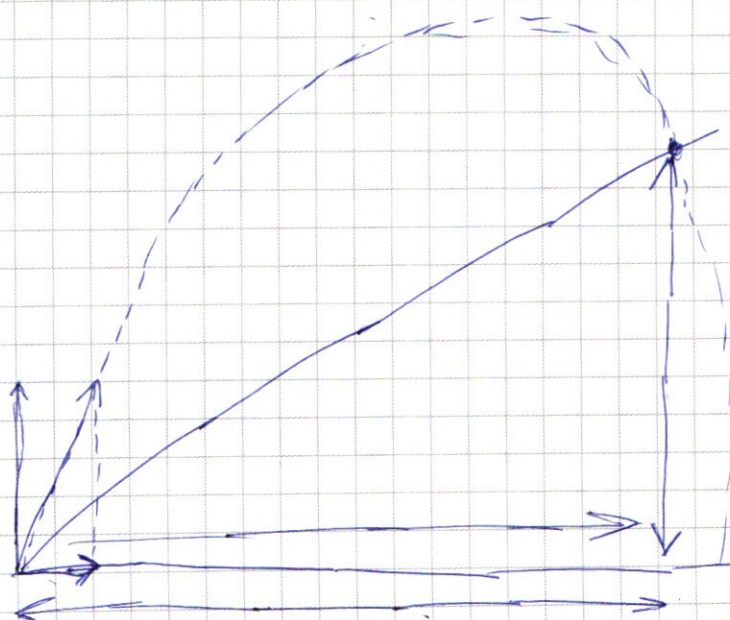
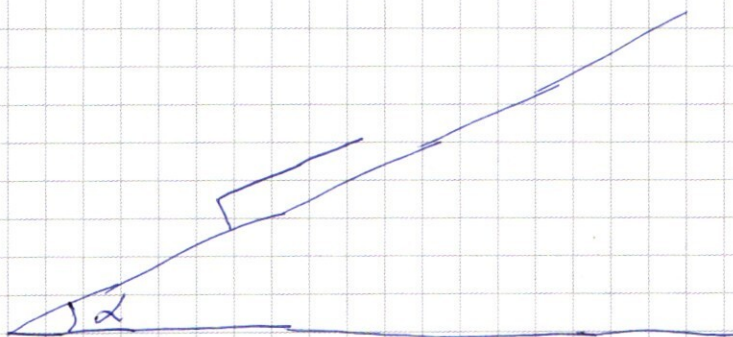
$$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = \frac{2mv_3^2}{2} + Q$$

$$v_1^2 + v_2^2 = 2v_3^2 + \frac{Q}{m}$$

$$Q = 2mc \Delta t$$



У2

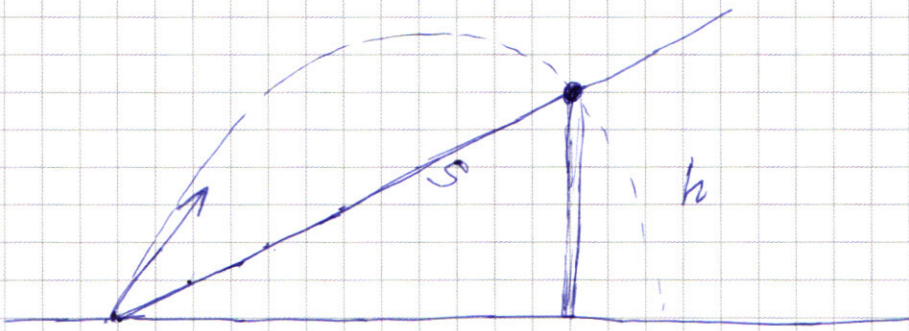


$$\sin(\alpha + \phi) v_0 = v_{\text{верт}}$$

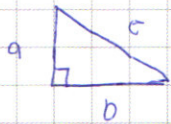
$$v_{\text{верт}} t = l_{\text{перем}}$$

$$v_y t - \frac{gt^2}{2} = h_{\text{перем}}$$

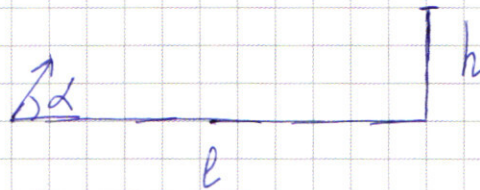
52



$\angle \text{накл} = 30^\circ$



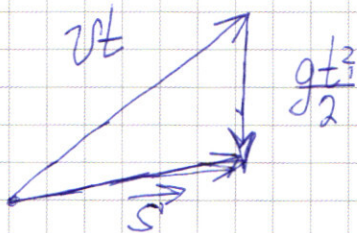
$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos 90^\circ = a^2 + b^2$$



$\angle \alpha > 30^\circ$

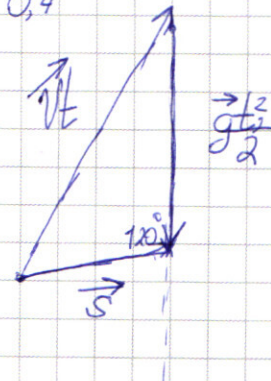
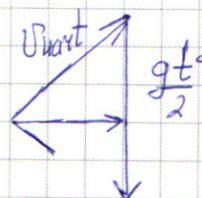
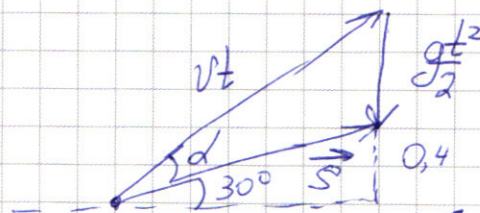
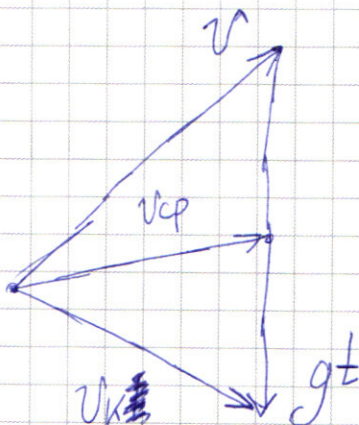
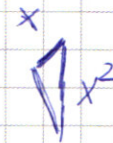
$t_{\max}, \alpha - ?$

$\alpha - 30^\circ - \text{искали}$



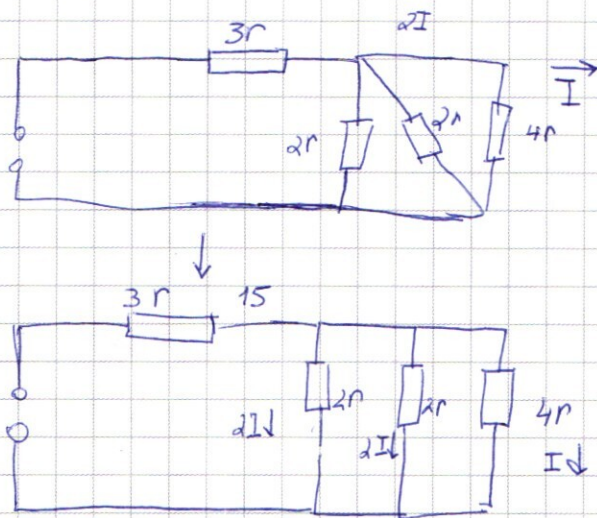
$$S + \frac{gt^2}{2} = Vt$$

$$\vec{Vt} + \vec{\frac{gt^2}{2}} = S$$

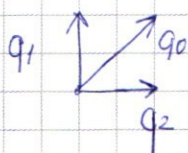


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5



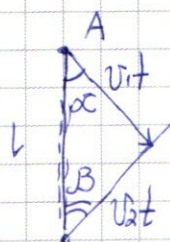
4



$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2) v_3^2}{2} + Q$$



1



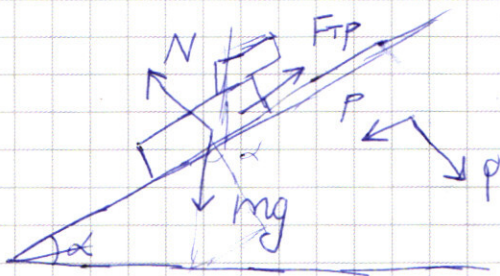
$$\alpha = 60^\circ$$

$$\frac{v_{1t}}{\sin 60^\circ} = \frac{v_{2t}}{\sin \beta}$$

$$\begin{array}{cccccc} & & 5000 & 2500 & 2600 & 20 \\ & & & 1300 & 1300 & \\ 3600 + 6400 & & & & & \\ 10000 & 2500 & & & & \end{array}$$

S3

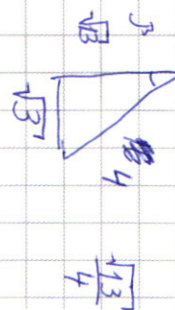
$$1) mgh = \frac{mv^2}{2} \rightarrow v$$



$$ma = \sin \alpha \cdot mg - F_{\text{тр}}$$

$$N = \cos \alpha \cdot mg$$

$$a = \sin \alpha \cdot g - \mu \cos \alpha \cdot g$$



(M)

$$M v_{\text{mag}} = F \cdot \Delta t$$



$$q = m v_1$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ + 3,6 \\ \hline 10,8 \end{array}$$

$$\frac{46}{1+\sqrt{13}} \approx T$$

$$\begin{aligned} 5(T + \sqrt{13}) &= \\ L - 5(T + \sqrt{13}) &= 720 \\ 100 - T(1 + \sqrt{13}) &= 154 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L - (5 + \frac{\sqrt{13}}{4} \cdot 20) T \\ \frac{1}{2} \cdot T \cdot 10 \text{ m/c} \end{aligned}$$

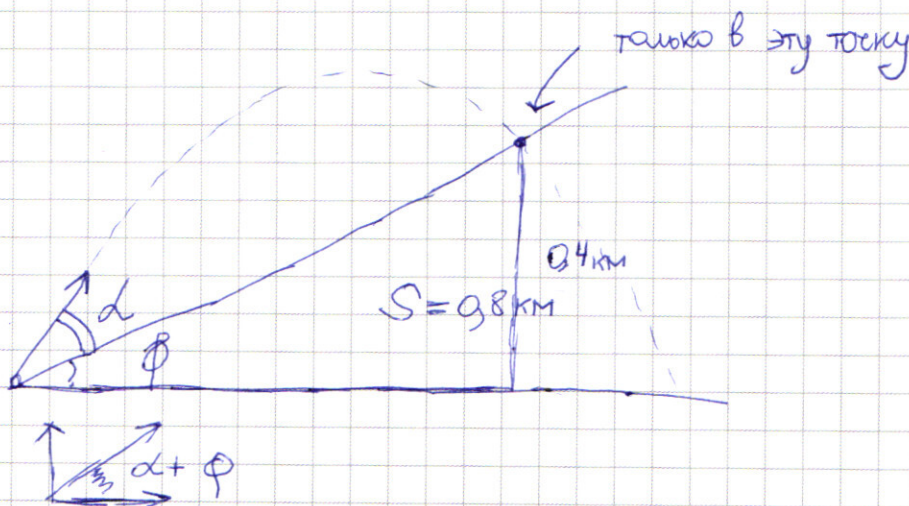
$$\frac{\sqrt{13}}{4} \cdot 5 \sqrt{13} \cdot T$$

$$\frac{\sqrt{13}}{2} \cdot 10$$

$$L + \frac{\sqrt{13}}{4} \cdot 20$$

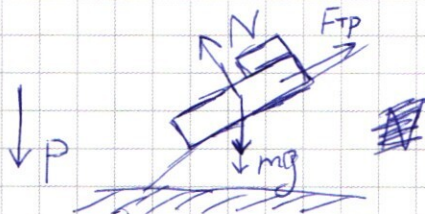
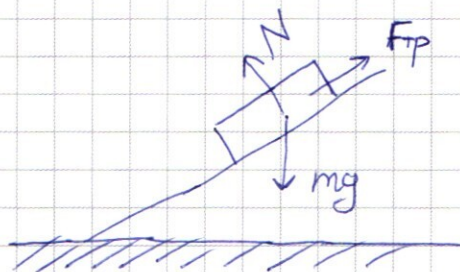
$$L - 5 - 5\sqrt{13}$$

S4

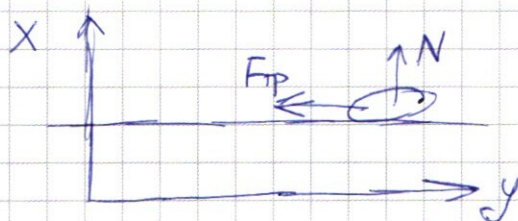


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3



$$F_{\text{ат}} = \Delta \vec{U} m$$



5 м/с
6 м/с

$$\mu \cdot \cos \alpha \cdot F - \sin \alpha \cdot F$$

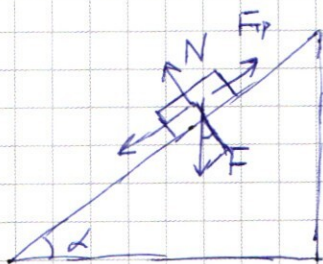
$$N \cdot \Delta t = v_i \cdot m$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N_i$$

$$F_{\text{тр}} \cdot \Delta t = m (v_k - v_{\text{нач}}) = \mu N_i \cdot \Delta t$$

$$\begin{aligned} \frac{v_1}{2} + \frac{v_2}{2} + \frac{v_3}{2} &= \Delta m \cdot \Delta t \\ v_1 + v_2 + v_3 &= \Delta m \cdot \Delta t \end{aligned}$$

Так как мы не знаем времени, которое каретка будет двигаться, то импульсами сил тяжести пренебрегаем.



$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

$$F \cdot \Delta t = m v_{\text{нач}} \cdot v_{\text{пад}} = v_{\text{пад}} \cdot m$$

$$(\mu N - \sin \alpha \cdot F) \cdot \Delta t = m v_i$$

$$N \cdot \Delta t = \cos \alpha \cdot F \cdot \Delta t = \cos \alpha \cdot v_{\text{пад}} m$$

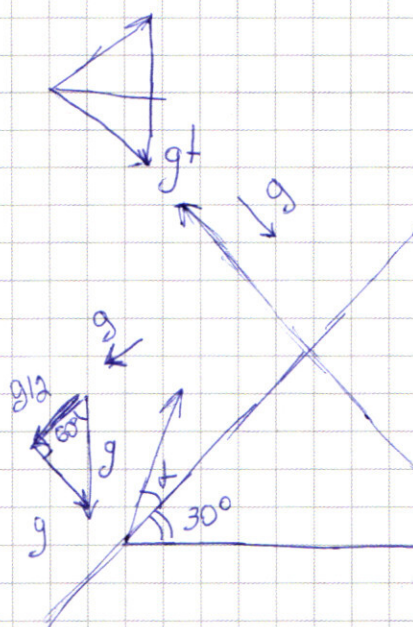
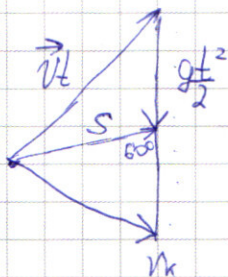
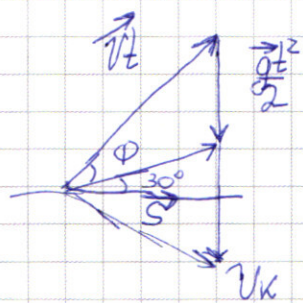
$$\mu N \Delta t - \sin \alpha \cdot F \cdot \Delta t = m v_i$$

$$\mu \cos \alpha \cdot F \cdot \Delta t - F \sin \alpha \cdot \Delta t = m v_i$$

$$v_{\text{пад}} (\mu \cos \alpha - \sin \alpha) = v_i$$

$$N = \cos \alpha \cdot m \cdot v_{\text{пад}}$$

52



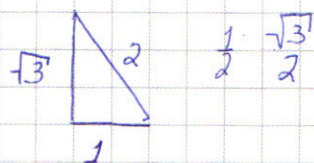
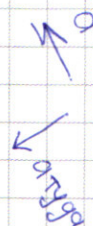
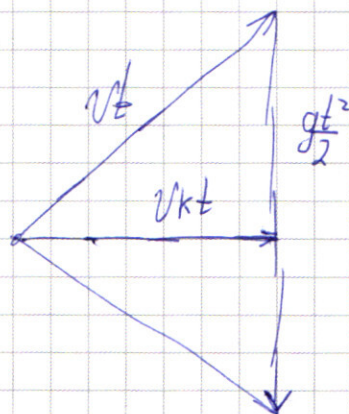
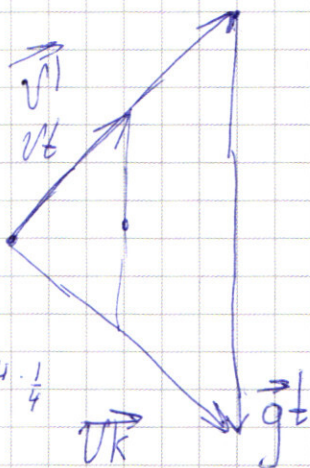
А корень t то, всего 1

$$Oy: -\frac{g_y t^2}{2} + v_{y0} t = 0$$

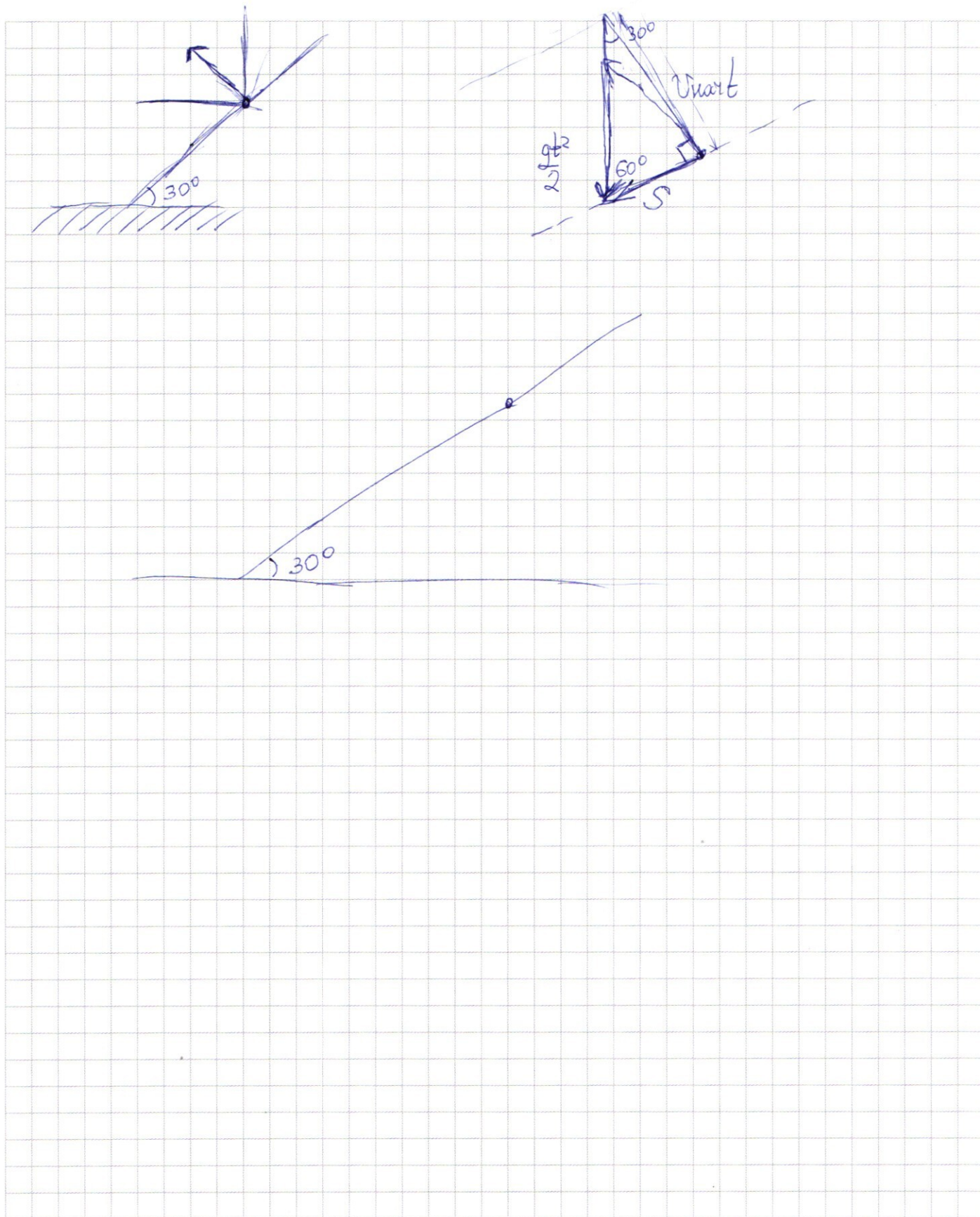
$$Ox: v_{x0} t - \frac{g_x t^2}{2}$$

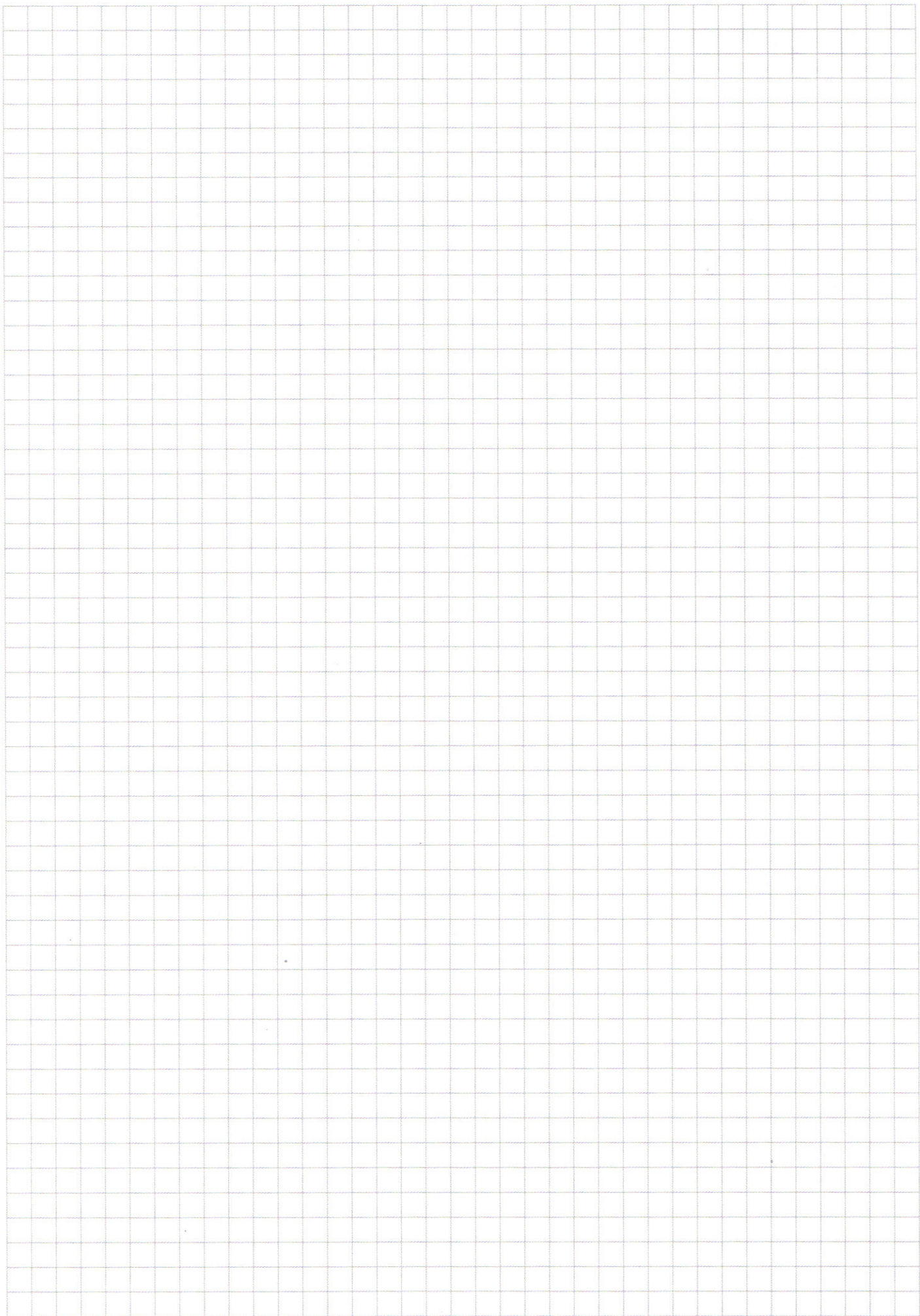
$-2 \sin 30^\circ v_0$
 $2 \sin 30^\circ S$

$\frac{3}{4} 4 - 4 \cdot 0.64 \cdot \frac{1}{4}$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА





☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)