

Олимпиада «Физтех» по физике, фс

Вариант 09-01

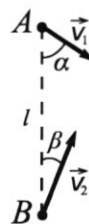
Класс 09

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

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?

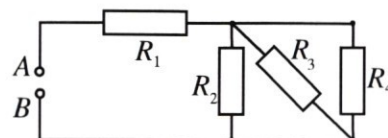
2) На сколько Δt ($^\circ\text{C}$) повысится температура шариков?

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

Дано:

$$U = 38 \text{ В}$$

$$R_1 = 3r$$

$$R_2 = R_3 = 2r$$

$$R_4 = 4r$$

$$r = 10 \text{ Ом}$$

$$R_{AB} = ?$$

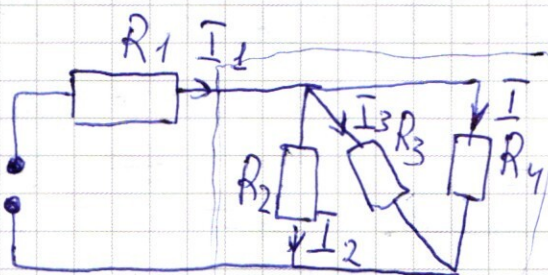
$$I = ?$$

$$\frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = A$$

$$= \frac{R_4 R_3 + R_2 R_4 + R_2 R_3}{R_2 R_3 R_4}$$

$$R_0 = \frac{R_2 R_3 R_4}{R_2 R_3 + R_2 R_4 + R_3 R_4}$$

~5.



пусть
сопротивление
этого участка = R_0

$$R_{AB} = R_1 + R_0 = R_1 + \frac{R_2 R_3 R_4}{R_2 R_3 + R_2 R_4 + R_3 R_4} = 3r + \frac{2 \cdot 2 \cdot 4r^3}{4r^2 + 8r^2 + 8r^2} =$$

$$= 3r + \frac{16}{20}r = 3,8r = \underline{38 \text{ Ом}}$$

I_1, I_2, I_3 — токи, текущие через резисторы 1, 2 с
сопротивлениями R_1, R_2 и R_3 соотв.

$$\begin{cases} I_1 = I_2 + I_3 + I \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 = \frac{U}{R_{AB}} = \frac{38}{38} = 1 \text{ А} \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_2 R_2 = I_3 R_3 = I \cdot R_4 (*) \end{cases}$$

$$(*) \quad I = \frac{I_3 \cdot R_3}{R_4} = \frac{I_2 R_2}{R_4}$$

$$I_3 = \frac{I \cdot R_4}{R_3} \quad I_2 = \frac{I \cdot R_4}{R_2}$$

$$I_1 = \frac{I \cdot R_4}{R_2} + \frac{I \cdot R_4}{R_3} + I \Rightarrow I = \frac{I_1}{\frac{R_4}{R_2} + \frac{R_4}{R_3} + 1} = \frac{1}{2+2+1} = \underline{0,2 \text{ А}}$$

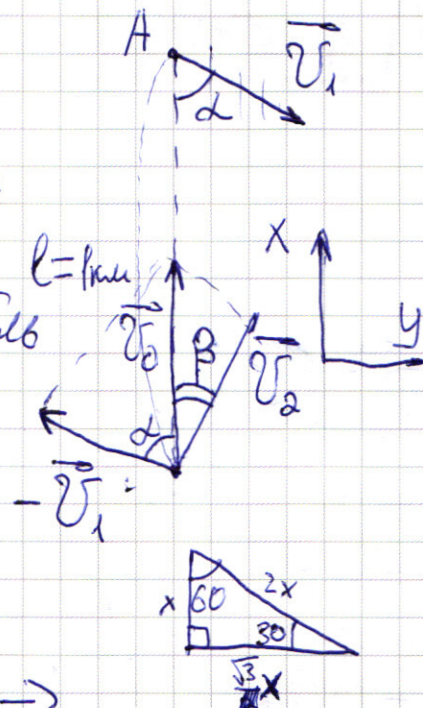
Ответ: $R_{AB} = 38 \text{ Ом}$, $I = 0,2 \text{ А}$

Дано:
 $S = 770 \text{ м}$
 $l = 1 \text{ км}$
 $v_1 = 10 \text{ м/с}$
 $\alpha = 60^\circ$
 $v_2 = 20 \text{ м/с}$

1) $\sin \beta = ?$
 2) $T = ?$

Перейдём в СО корабля.
 В ней корабль находится
 на месте, а торпеда
 движётся прямо на корабль
 со скоростью v_0

$$\vec{v}_0 = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$$



$$x: v_{0x} = v_2 \cdot \cos \beta + v_1 \cdot \cos \alpha$$

$$y: v_{0y} = v_2 \cdot \sin \beta - v_1 \cdot \sin \alpha = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_2 \cdot \sin \beta = v_1 \cdot \sin \alpha \Rightarrow \sin \beta = \frac{v_1 \cdot \sin \alpha}{v_2} =$$

$$= \frac{10 \cdot \sin 60}{20} = \frac{10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{20} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$\Delta x = l - S = 230 \text{ м}$$

$$v_{0x} = v_2 \cdot \cos \beta + v_1 \cdot \cos \alpha = v_2 \cdot \sqrt{1 - \sin^2 \beta} + v_1 \cdot \cos \alpha =$$

$$= 20 \cdot \sqrt{1 - \frac{3}{16}} + 10 \cdot \cos 60 = 20 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4} + 10 \cdot \frac{1}{2} =$$

$$= 5\sqrt{13} + 5$$

$$T = \frac{\Delta x}{v_{0x}} = \frac{230}{5(1 + \sqrt{13})} = \frac{46}{1 + \sqrt{13}} = \frac{46(1 - \sqrt{13})}{13 - 1} =$$

$$= \frac{46(\sqrt{13} - 1)}{12} = \frac{23(\sqrt{13} - 1)}{6} \text{ с}$$

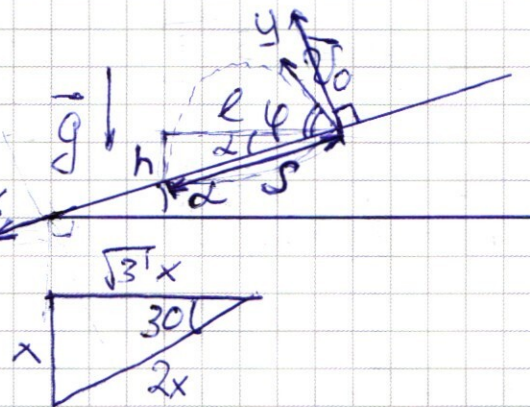
Ответ: 1) $\sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{4}$; 2) $T = \frac{23(\sqrt{13} - 1)}{6} \text{ с}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:
 $\angle = 30^\circ$
 $S = 0,8 \text{ км}$
 $\angle \varphi = ?$
 $2V_0 = ?$

$$\begin{aligned} x: t 2V_0 \cdot \cos \varphi + g \cdot \sin \frac{t^2}{2} &= S \\ y: t 2V_0 \cdot \sin \varphi - g \cdot \cos \frac{t^2}{2} &= 0 \end{aligned}$$

$$g \cos t = 2V_0 \sin \varphi$$



$$2V_0 \cdot \sin \varphi = \frac{g \cdot \cos t}{2}$$

$$2V_0 \cdot \sin \varphi = g \cdot \cos t \cdot t \Rightarrow t = \frac{2V_0 \cdot \sin \varphi}{g \cdot \cos t} = \frac{2V_0}{g \cdot \cos t} \cdot \sin \varphi \quad \text{Const}$$

t - максимальное, $\frac{2V_0}{g \cdot \cos t} = \text{Const} \Rightarrow \sin \varphi - \text{макс} \Rightarrow$
 $\Rightarrow \angle \varphi = 90^\circ$

$$2V_0 t \cdot \cos \varphi + \frac{g t^2 \sin \varphi}{2} = S \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{g \cdot \sin \varphi}}$$

$$2V_0 \cdot \sin \varphi = \frac{g \cdot \cos t}{2}$$

$$2V_0 = \frac{g \cdot \cos t}{2} \cdot t = \frac{g \cdot \cos t}{2} \cdot \sqrt{\frac{2S}{g \cdot \sin \varphi}} = 2,58$$

$$= \frac{10 \cdot \cos 30}{2} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 0,8}{10 \cdot \sin 30}} = \frac{10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{2} \cdot \sqrt{\frac{1,6}{10 \cdot \frac{1}{2}}} =$$

$$= 2,5 \sqrt{3} \cdot \sqrt{0,32} = 2,5 \cdot 0,4 \cdot \sqrt{6} = \sqrt{6} \approx \sqrt{2} \cdot \sqrt{3} \approx 1,7 \cdot 1,4 \approx 2,38 \text{ м/с}$$

2 (продолжение)

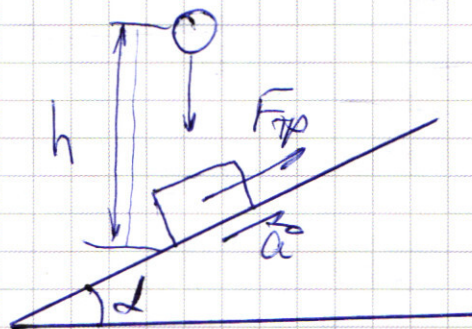
$$S = 0,8 \text{ км} = 800 \text{ м}$$

$$v_0 = \frac{g \cdot \cos \alpha \cdot t}{2} = \frac{g \cdot \cos \alpha}{2} \cdot \sqrt{\frac{2S}{g \cdot \sin \alpha}} = \frac{10 \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot 2} \cdot \sqrt{\frac{1600}{10 \cdot \frac{1}{2}}} =$$

$$= \cancel{2,1} \frac{5\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{40}{\sqrt{5}} = \underline{20\sqrt{15} \text{ м/с}}$$

Ответ: 1) $\angle \varphi = 90^\circ$; 2) $v_0 = 20\sqrt{15} \text{ м/с}$

~3.



Дано:
 $v_1 = 1 \text{ м/с}$
 $h = 0,8 \text{ м}$
 $v_2 = ?$
 $a = ?$

$$h = \frac{gt^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

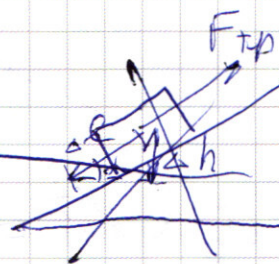
$$v_2 = gt = g \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,8} =$$

$$= \underline{4 \text{ м/с}}$$

$$E_k = \frac{mv_2^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2}$$

$$E_k = E_k + A_{F_{тр}} \quad E_k \text{ со}$$

$$\frac{mv_2^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2} = F_{тр} \cdot \Delta l = \Delta l \cdot ma$$



v_0 - мгновенная скорость бруска сразу же после столкновения
 Тогда

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}$$

$$v_0 = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = \sqrt{17} \text{ м/с}$$

$$\cancel{v_0 = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = \sqrt{17} \text{ м/с}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~3 (продолжение)

$$\frac{m v_2^2}{2} + \frac{m v_1^2}{2} = \Delta l \cdot m a$$

$$\Delta l = v_0 \Delta t - \frac{a \Delta t^2}{2}$$

$$v_0 \Delta t = a \Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{v_0}{a}$$

$$\Delta l = \frac{v_0^2}{a} - \frac{v_0^2}{2a} = \frac{v_0^2}{2a}$$

~~$$m v_0^2 - 2 m g \Delta l \cos \alpha$$~~

~~$$\frac{m v_2^2}{2} + \frac{m v_1^2}{2}$$~~

$$\dot{L}_x = v_1 m + v_{2x} \cdot m$$

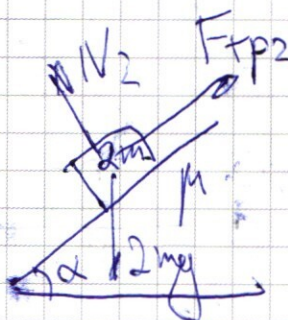
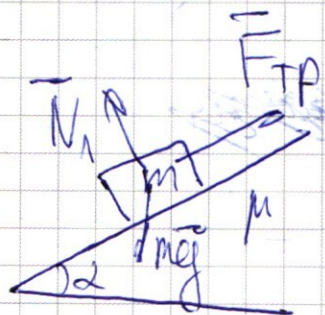
$$\dot{L}_{xk} = v_0 \cdot 2m$$

$$\dot{L}_x = \dot{L}_{xk}$$

$$v_1 m + v_{2x} \cdot m = 2m \cdot v_0$$

$$v_{2x} = 2v_0 - v_1 = 2\sqrt{17} - 1$$

$$v_{2y} = \sqrt{v_2^2 - v_{2x}^2} = \sqrt{16 - 4 \cdot 17 - 1 + 4 \cdot 17}$$



$$F_{тр1} = mg \sin \alpha + mg \mu \cos \alpha \quad F_{тр2} = 2 F_{тр1}$$



черновик



чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 101

(Нумеровать только чистовики)

3 (продолжение)

$$x: i_{x0} = m v_1 + v_{2x} \cdot m = m v_1 + m v_2 \sin \alpha$$

$$y: i_{y0} = v_{2y} m = m v_2 \cos \alpha$$

v_0 - скорость бруска после столкновения.

$$x: i_x = 2m v_0$$

$$y: i_y = \Delta N \cdot \Delta t$$

$$2m v_0 = m v_1 + m v_2 \sin \alpha$$

$$\Delta N \cdot \Delta t = m v_2 \cos \alpha$$

$$\frac{\Delta N}{m} = \frac{v_2 \cos \alpha}{\Delta t}$$

$$a_0 = \left(\frac{N}{m} + \frac{v_2 \cos \alpha}{\Delta t} \right) \mu$$

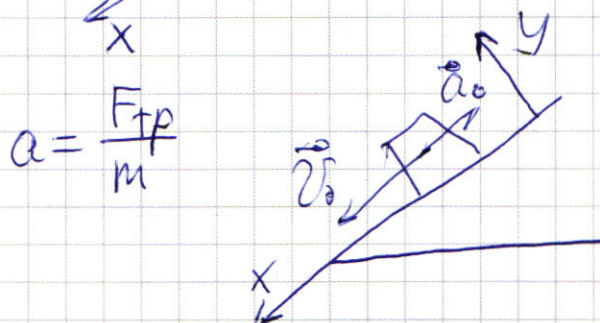
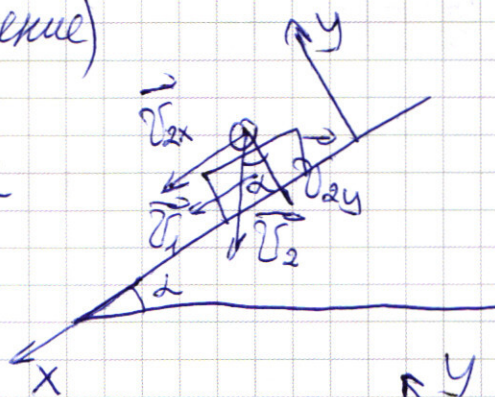
$$g \cos \alpha \Delta t^2 + (\mu - 1) v_2 \Delta t - v_1 \Delta t + 2 \Delta l = 0$$

$$D = v_1^2 + 2 v_1 v_2 \sin \alpha + v_2^2 \sin^2 \alpha - 8 \Delta l a_0$$

$$a_0 \frac{N}{m} \Delta t^2 + (\mu v_2 \cos \alpha - v_1 - v_2) \Delta t + 2 \Delta l = 0$$

$$a = \frac{v_1}{v_2 + v_1} \cdot g = \frac{1}{5} \cdot 10 = 2 \text{ м/с}^2$$

Ответ: 1) $v_2 = 4 \text{ м/с}$; 2) $a = 2 \text{ м/с}^2$



$$a_0 = \frac{F_{тр} + 0 F_{тр}}{m} = \frac{(N + \Delta N) \mu}{m}$$

$$\Delta l = v_0 \Delta t - \frac{a_0 \Delta t^2}{2}$$

$$a_0 \Delta t^2 - v_1 \Delta t - v_2 \sin \alpha \Delta t + 2 \Delta l = 0$$

$$D = v_1^2 + 2 v_1 v_2 \sin \alpha + v_2^2 \sin^2 \alpha - 8 \Delta l a_0$$

$$a_0 \frac{N}{m} \Delta t^2 + (\mu v_2 \cos \alpha - v_1 - v_2) \Delta t + 2 \Delta l = 0$$

$$a = \frac{v_1}{v_2 + v_1} \cdot g = \frac{1}{5} \cdot 10 = 2 \text{ м/с}^2$$

Ответ: 1) $v_2 = 4 \text{ м/с}$; 2) $a = 2 \text{ м/с}^2$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\Delta c = 136 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $m_1 = m_2 = m$
 $v_1 = 60 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $v_2 = 80 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $v = ?$
 $\Delta t = ?$

i - импульс после удара
 i_0 - импульс до удара
 i_1 и i_2 - импульсы второго и первого тел

$\vec{i}_0 = \vec{i}_{01} + \vec{i}_{02}$, при этом $i_{01} = i_{0y}$; $i_{02} = i_{0x}$
 $\vec{i} = i_x + i_y$

v_x и v_y - составляющие скорости v по осям x и y соответств.

По закону сохранения импульса $\vec{i}_0 = \vec{i}$, но импульс также сохраняется в проекциях на оси:

$x: i_{02} = i_x \Rightarrow v_2 \cdot m = v_x \cdot 2m \Rightarrow v_x = \frac{v_2}{2}$
 $y: i_{01} = i_y \Rightarrow v_1 \cdot m = v_y \cdot 2m \Rightarrow v_y = \frac{v_1}{2}$
 $\vec{v} = \vec{v}_x + \vec{v}_y \Rightarrow v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{\frac{v_2^2}{4} + \frac{v_1^2}{4}} =$
 $= \frac{\sqrt{v_2^2 + v_1^2}}{2} = \frac{\sqrt{3600 + 6400}}{2} = \frac{100}{2} = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

E_0 - полная энергия системы до столкновения
 E_k - полная энергия системы после столкновения
 Q - тепло выделившееся при столкновении

~4 (прогнозирование)

$$E_0 = E_k + Q \Rightarrow Q = E_0 - E_k \cdot v^2 \quad Q = 2m \cdot c \cdot \Delta t$$

$$E_0 = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} \quad E_k = \frac{2m \cdot v^2}{2}$$

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

$$2mc \cdot \Delta t = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} - \frac{2mv^2}{2}$$

$$\begin{array}{r} 125 \quad 113 \\ - 117 \quad 9,614 \\ \hline - 80 \\ - 98 \\ \hline - 20 \\ - 131 \\ \hline - 60 \\ - 52 \end{array}$$

$$\Delta t = \frac{v_1^2}{4c} + \frac{v_2^2}{4c} - \frac{v^2}{2c} = \frac{3600}{4 \cdot 130} + \frac{6400}{4 \cdot 130} - \frac{2500}{2 \cdot 130} =$$

$$= \frac{900 + 1600 - 1250}{130} = \frac{1250}{130} = \frac{125}{13} \approx 9,6^\circ\text{C}$$

Ответ: 1) $v = 50 \text{ м/с}$; 2) $\Delta t = 9,6^\circ\text{C}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

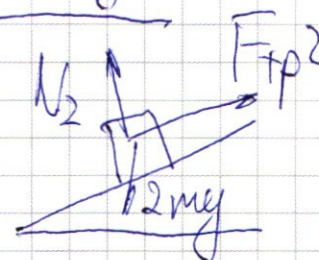
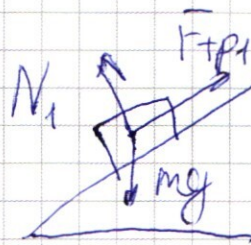
$$i_m = m v_2$$

$$i_0 = m v_1$$

u

ω

$$t_{\text{осл}} \rightarrow 0$$



$$mgh + \frac{v_1^2 m}{2} = A_{\text{тр}} = \Delta l \cdot F_{\text{тр}} = \Delta l \cdot ma$$

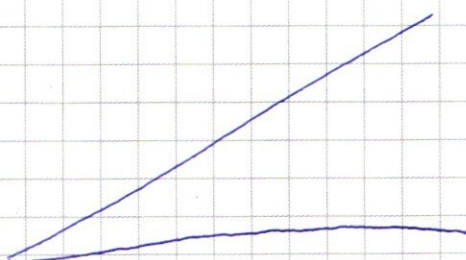
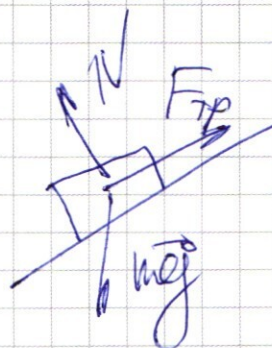
$$a = \frac{2gh + v_1^2}{2\Delta l}$$

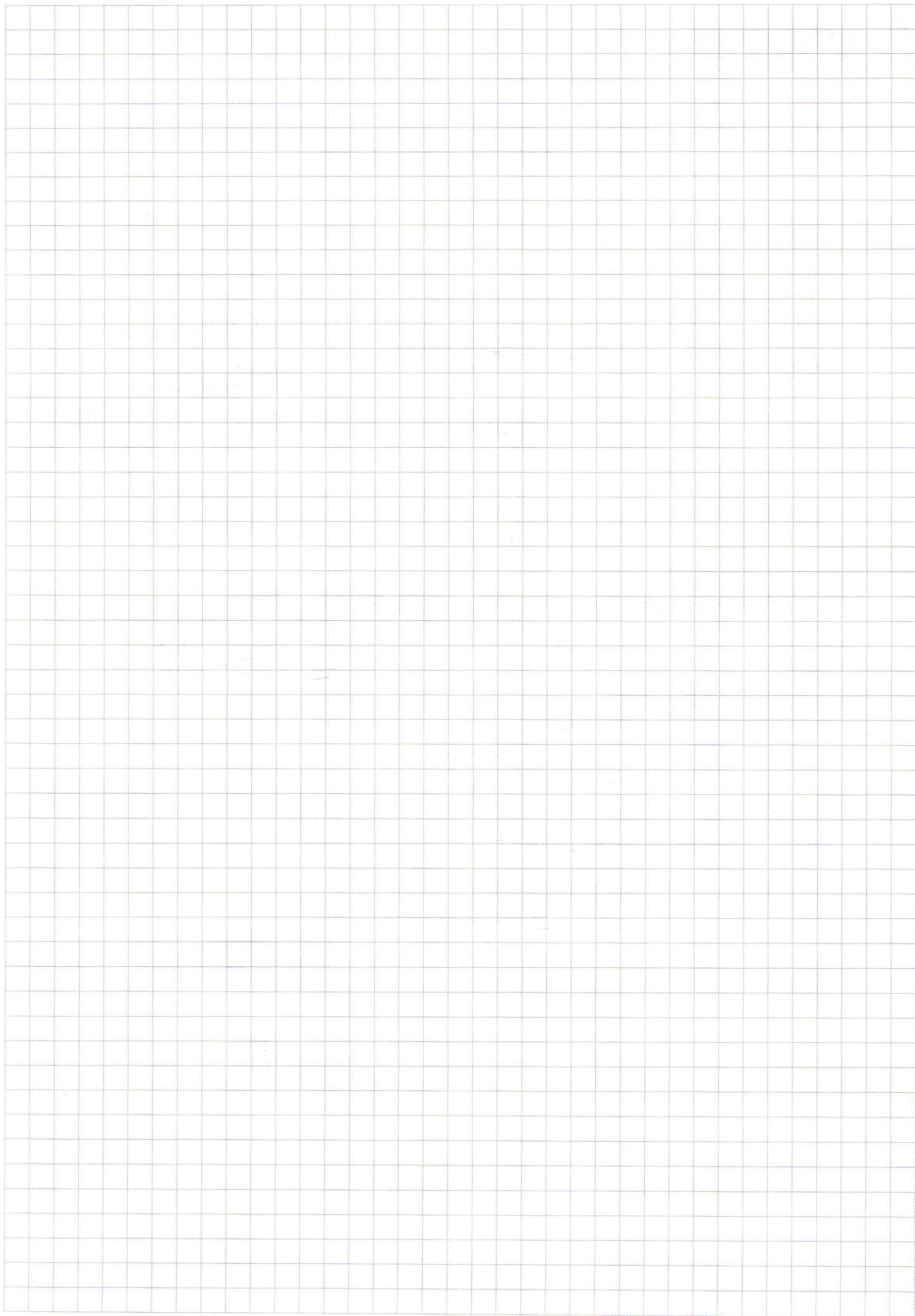
$$\Delta l = v_1 t - \frac{at^2}{2}$$

$$2a\Delta l = 2gh + v_1^2$$

$$2av_1 t - at^2 = 2gh + v_1^2$$

$$\Delta t = \frac{v_1}{a}$$





☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)