

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 09

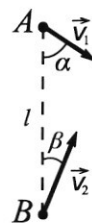
Вариант 09-01

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

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?

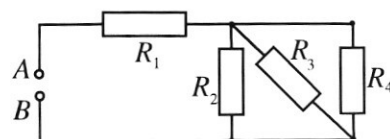
2) На сколько Δt ($^\circ\text{C}$) повысится температура шариков?

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.

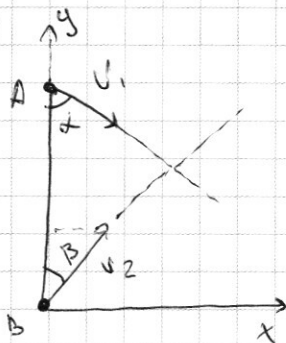
1) Найдите эквивалентное сопротивление R_{AB} цепи.

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



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1



Введем оси Ox и Oy и рассмотрим движение по этим осям:

Чтобы они встретились, нужно чтобы они всегда находились на одной координате x . (движутся навстречу по оси x)

$$Ox: v_2 \sin \beta \cdot t = v_1 \sin \alpha \cdot t \quad t - \text{произвольная (любая) время,}$$

$$\sin \beta = \frac{v_1 \sin \alpha}{v_2} = \frac{10 \text{ м/с} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{20 \text{ м/с} \cdot 2} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

Рассмотрим ось Oy . Если расстояние между ними S , то оно имеет проекции только на эту ось, потому что по оси Ox они всегда находятся на одной координате.

T - время, которое нужно

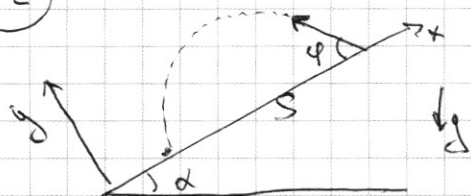
$$Oy: S = l - v_2 \cos \beta T - v_1 \cos \alpha T$$

$$T = \frac{l - S}{(v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta)} = \frac{1000 \text{ м} - 770 \text{ м}}{10 \text{ м/с} \cdot \frac{1}{2} + 20 \text{ м/с} \cdot \frac{\sqrt{3}}{4}} =$$

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{3}{16}} = \frac{\sqrt{13}}{4} = \frac{230}{5 + 5\sqrt{13}} \text{ с} \approx 10 \text{ с}$$

Ответ: 1) $\sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{4}$; 2) $T \approx 10 \text{ с}$

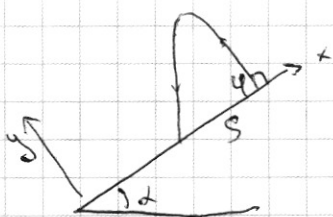
№2



В условии сказано, что выстрел таким образом, что время полета было максимальным;

Рассмотрим ось y (по вертикали, где y — максимальное время полета)

по Oy : $V_0 \sin \varphi \cdot t = \frac{g \cos \alpha \cdot t^2}{2}$ t — время полета



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

, если $t = \text{max}$, то
и выражение $\frac{2V_0 \sin \varphi}{g \cos \alpha}$
должно быть максимальным.

Значит $\sin \varphi = \text{max}$, т.е. $\sin \varphi = 1$

$\varphi = 90^\circ$

Зная, что $\varphi = 90^\circ$, рассмотрим ось Ox :

Ox : $S = \frac{g \sin \alpha \cdot t^2}{2}$, т.к. нач. скорости на проекцию Ox нет.

$$S = \frac{g \sin \alpha \cdot 4V_0^2}{g^2 \cos^2 \alpha} = \frac{4V_0^2 \sin \alpha}{g \cos^2 \alpha} \Rightarrow V_0 = \sqrt{\frac{S \cdot g \cos^2 \alpha}{4 \sin \alpha}} =$$

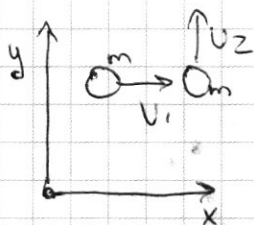
$$= \sqrt{\frac{800 \text{ м} \cdot 10^4 \text{ м/с}^2 \cdot 3}{4 \cdot \frac{1}{2} \cdot 4}} = \sqrt{30000 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} \approx 55 \text{ м/с}$$

Ответ: 1) $\varphi = 90^\circ$ 2) $V_0 \approx 55 \text{ м/с}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4

Шарик:



В данной задаче воспользуемся
законом сохранения импульса на обе
оси:

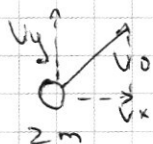
$$0_x: mV_1 = 2mV_x$$

$$0_y: mV_2 = 2mV_y$$

V_x и V_y —
проекции
скоростей
сближающихся
шариков
на ось

$$V_x = \frac{V_1}{2}$$

$$V_y = \frac{V_2}{2}$$



Значит шарик поедет

со скоростью $V_0 = \sqrt{\frac{V_1^2}{4} + \frac{V_2^2}{4}}$ (теорема Пифагора)

$$V_0 = \sqrt{\frac{60^2 + 80^2}{4}} = \sqrt{\frac{10000}{4}} = \sqrt{2500} = 50 \text{ м/с}$$

Запишем ЗСЭ:

$$1) \frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} = Q + \frac{mV_0^2}{2}$$

Q — выделившаяся теплота,
которая идет на нагрев.

Q — из теплового баланса:

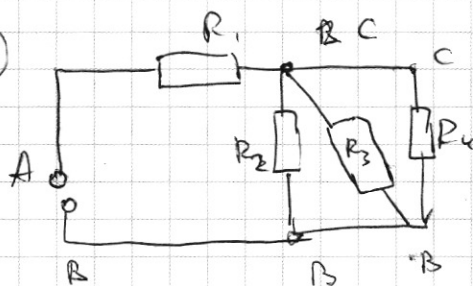
$$\Rightarrow V_1^2 + V_2^2 = 4c\Delta t + V_0^2$$

$$2) Q = 2mc\Delta t$$

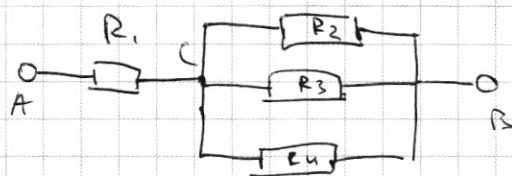
$$\Delta t = \frac{V_1^2 + V_2^2 - V_0^2}{4c} \approx 14,5^\circ\text{C}$$

Ответ: 1) $V_0 = 50 \text{ м/с}$; 2) $\Delta t = 14,5^\circ\text{C}$

№5

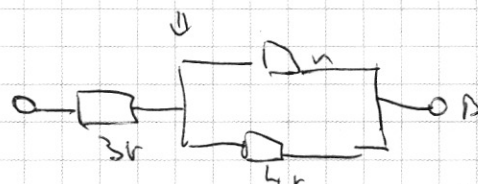
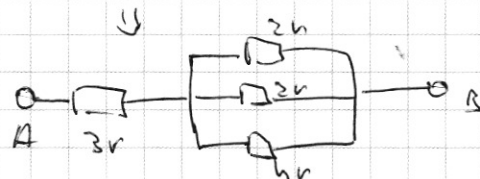


=>



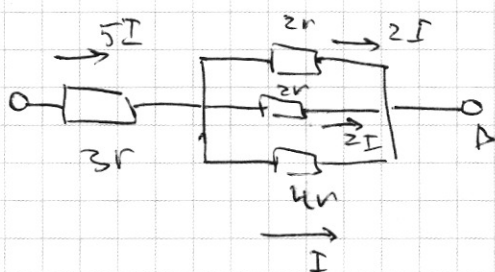
$$R_{AB} = R_1 +$$

2r параллельно 2r
идёт n.



$$R_{AB} = 3r + \frac{4}{5}r = \boxed{3,8r} \quad (\text{При } r=0\text{m} : R_{AB} = 3,80\text{m})$$

Расставим токи:



Параллельное соединение:

$$R_{xy} = \frac{R_x \cdot R_y}{R_x + R_y}$$

$$I_0 = 5I \quad - \text{общий ток}$$

$$I_0 = \frac{U}{R_{AB}} \quad - \text{общее напряжение на общий ток}$$

$$\text{Тогда } I = \frac{I_0}{5} = \frac{U}{5R_{AB}} = \frac{U}{5 \cdot 3,8 \cdot r} = \frac{3,8B}{5 \cdot 3,8 \cdot 10\text{m}} = \boxed{0,2A}$$

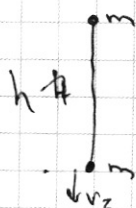
Ответ: 1) $R_{AB} = 3,8r (3,80\text{m})$; 2) $I = 0,2A$

№3

пластинка летит с высоты h без нач. скорости

$$\text{Запишем ЗС: } mgh = \frac{mv_z^2}{2}$$

m - масса пластинки



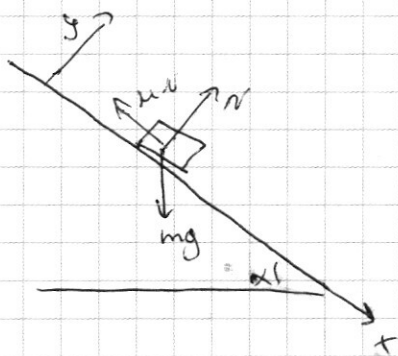
$$v_z = \sqrt{2gh} = \boxed{4\text{м/с}} \quad - \text{скорость пластинки в момент соударения.}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

Профайлинг

В условии сказано, что брусок останавливается, значит и прилипнет к нему машинка тоже останавливается относительно земли.



Введем α - угол наклонной плоскостью

N - сила реакции опоры

μ - коэф. трения ($F_{тр} = \mu N$)
(скольжение)

II закон Ньютона

$$Oy: mg \cos \alpha = N$$

$$Ox: ma = \mu N - mg \sin \alpha$$

a - ускорение против оси Ox .

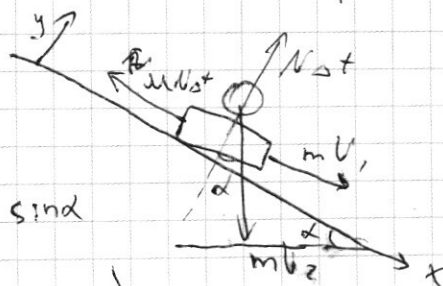
$$ma = \mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha$$

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

Чтобы узнать a , нужно знать значение $(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)$

Рассмотрим момент столкновения. Весь импульс машины за время Δt превратится в импульс внешней сил N и $F_{тр} (\mu N)$ - внешних со стороны накл. плоскости:

ЗСУ: $Oy: N \Delta t = m v_2 \cos \alpha$
(закон сохр. импульса) $Ox: \mu N \Delta t = m v_1 + m v_2 \sin \alpha$



Δt - малое время процесса соударения.

~~№2~~ - продолжение

№3 $\frac{0_y}{0_x} \Rightarrow \frac{1}{\mu} = \frac{V_2 \cos \alpha}{V_1 + V_2 \sin \alpha}$

$$\mu V_2 \cos \alpha = V_1 + V_2 \sin \alpha$$

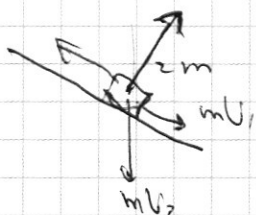
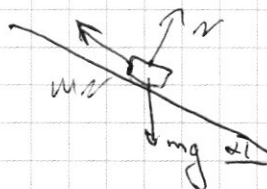
$$V_2 (\mu \cos \alpha - \sin \alpha) = V_1$$

$$(\mu \cos \alpha - \sin \alpha) = \frac{V_1}{V_2} - \text{как раз то, что нужно для нахождения ускорения } a.$$

$$a = g(\mu \cos \alpha - \sin \alpha) = g \frac{V_1}{V_2} = 2,5 \text{ м/с}^2$$

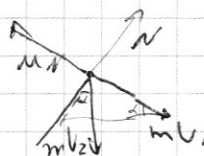
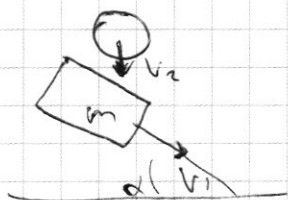
Ответ: 1) $V_2 = 4 \text{ м/с}$; 2) $a = 2,5 \text{ м/с}^2$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\mu mg \cos \alpha = mg \sin \alpha - \mu a$$

$$2\mu mg \cos \alpha = 2mg \sin \alpha$$



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

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

$$N_{\alpha} = m v_2 \cos \alpha$$

$$\mu v_2 \sin \alpha = m v_1 + m v_2 \sin \alpha$$

$$a = g \frac{v_1}{v_2}$$

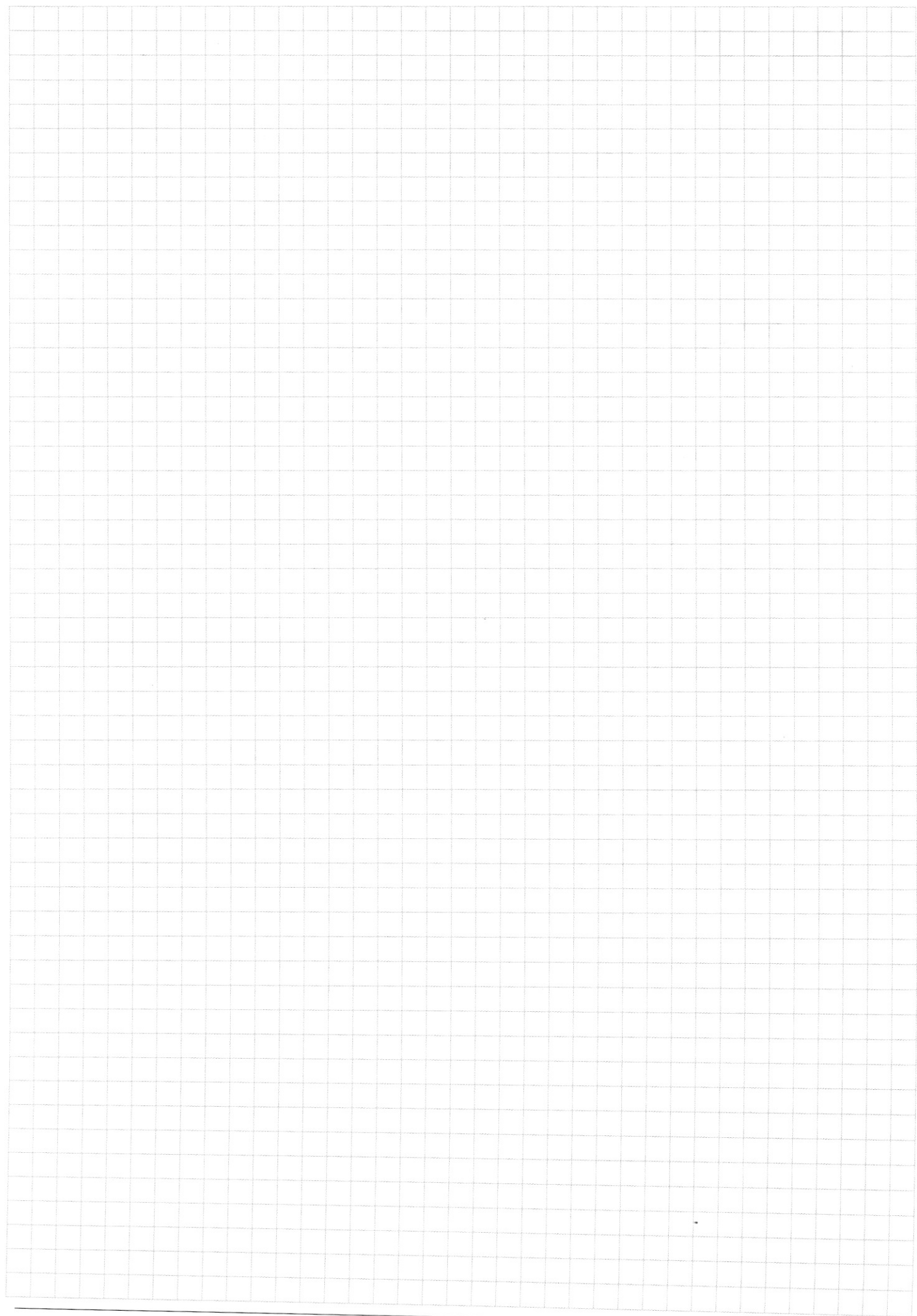
$$\mu = \frac{v_1 + v_2 \sin \alpha}{v_2 \cos \alpha}$$

$$\mu v_2 \cos \alpha = v_1 + v_2 \sin \alpha$$

$$(\mu \cos \alpha - \sin \alpha) v_2 = v_1$$

$$v_2 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 9.8} =$$

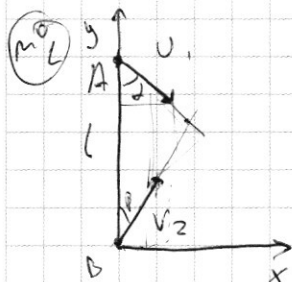
$$4 \text{ m/s}$$



☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$O_y: L - V_1 \cos \alpha t = V_2 \cos \beta t$$

$$O_x: V_1 \sin \alpha t = V_2 \sin \beta t$$

$$\sin(60^\circ) = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\sin \beta = \frac{V_1}{V_2} \sin \alpha = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$S = L - V_2 \cos \beta t - V_1 \cos \alpha t$$

$$L - S = (V_1 + V_2) \cos \beta t$$

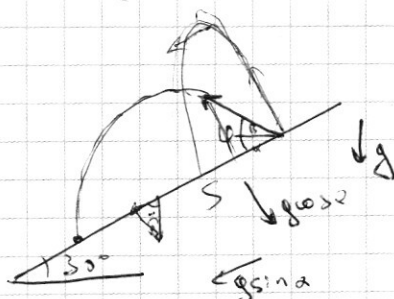
$$t = \frac{L - S}{(V_1 + V_2) \cos \beta}$$

$$\frac{230}{5(4 + \sqrt{3})} =$$

$$\frac{46}{1 + \sqrt{3}} = \frac{46}{1 + 1.73} = \frac{46}{2.73} = 16.8$$

10с

№2



$$S = V_0 \cos(\alpha + \beta) t + \frac{g \sin \alpha t^2}{2}$$

$$V_0 \sin(\alpha + \beta) t = \frac{g \cos \alpha t^2}{2}$$

$$36 + 64 = 100$$

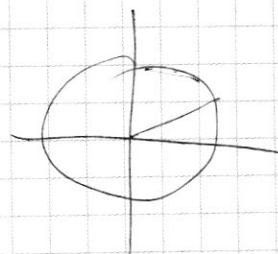
$$\frac{2V_0(\sin(\alpha + \beta))}{g \cos \alpha} = t = 2 \text{ m/s}$$

$$\sin(\alpha + \beta) = 1$$

$$\beta = 60^\circ \Rightarrow \varphi = 90^\circ$$

$$t = \frac{2V_0}{g \cos \alpha}$$

$$S = \frac{g \sin \alpha}{2} \frac{2V_0^2}{g \cos^2 \alpha} = \frac{2V_0^2 \sin \alpha}{\cos^2 \alpha}$$



$$\frac{V_0}{16} = \frac{3}{16} \Rightarrow \sqrt{\frac{13}{16}} = \frac{\sqrt{13}}{4}$$

$$\frac{1373}{16}$$

$$\sqrt{30}$$

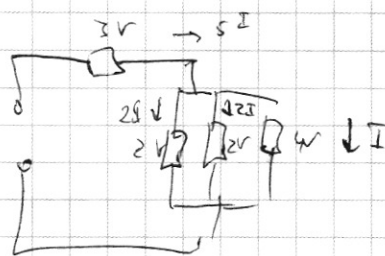
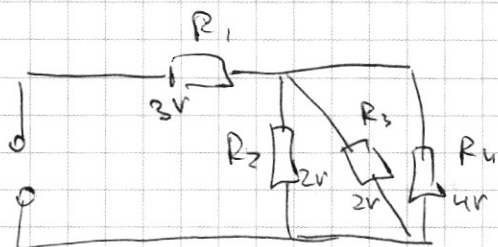
$$5.5 \cdot 10$$

$$\frac{414}{2025}$$

$$\frac{59}{55} = \frac{275}{2925}$$

$$\frac{56}{56} = \frac{398}{3136}$$

№ 3



$$R_{AB} = 3V + 0,8V = 3,8V$$

$$\begin{array}{r} 750 \text{ } \overline{) 52} \\ 230 \\ \underline{208} \\ 22 \end{array}$$

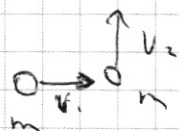
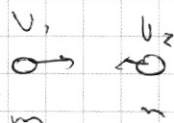
$$I_0 = \frac{U_0}{R_{AB}} = \frac{3,8V}{3,8\Omega} = 1A$$

$$\frac{11}{20} \quad \frac{22}{52}$$

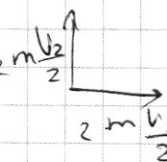
$$I_4 = \frac{I_0}{5} = 0,2A$$

$$\begin{array}{r} 750 \text{ } \overline{) 52} \\ 230 \\ \underline{208} \\ 22 \end{array}$$

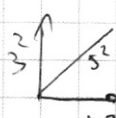
$$\begin{array}{r} 32 \\ 32 \\ \underline{64} \\ 96 \\ \underline{96} \\ 0 \end{array}$$



$$V_0 = \sqrt{\frac{V_1^2}{4} + \frac{V_2^2}{4}} = \sqrt{\frac{6^2 + 8^2}{4}} = 5$$



$$\begin{array}{r} 3600 \\ 10000 - 2500 \\ \hline 7500 \\ \overline{) 52} \end{array}$$



$$\frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} = Q + \frac{2mV_0^2}{2}$$

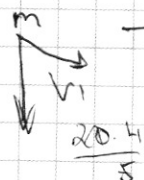
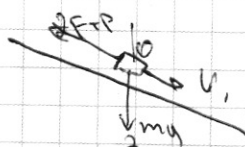
$$Q = 2mc \Delta t$$

$$Q_{me} = m \cdot \frac{v^2}{2}$$

$$mV_1^2 + mV_2^2 = 4mc \Delta t + 2mV_0^2$$

$$h = \frac{V_2^2}{2g}$$

$$V_2 = \sqrt{2gh} = 4 \text{ m/s}$$



$$\begin{array}{r} 750 \text{ } \overline{) 62} \\ 130 \\ \underline{124} \\ 6 \end{array}$$

$$\frac{6}{62}$$

$$\begin{array}{r} 14 \\ 52 \text{ } \overline{) 28} \\ 20 \\ \underline{8} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 250 \\ 52 \text{ } \overline{) 270} \\ 260 \\ \underline{10} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 62 \text{ } \overline{) 12} \\ 12 \\ \underline{0} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 225 \\ 225 \text{ } \overline{) 2025} \end{array}$$