

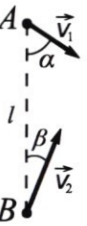
Олимпиада «Физтех» по физике,

Класс 09

Вариант 09-01

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

- † 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.

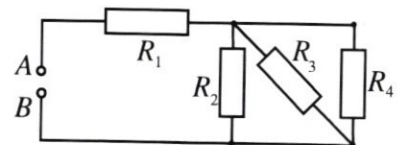
- † 4. Два свинцовых шарика одинаковой массы, летящие со скоростями $V_1 = 60$ м/с и $V_2 = 80$ м/с, слипаются в результате абсолютно неупругого удара. Скорости шариков перед слипанием взаимно перпендикулярны.

- 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?

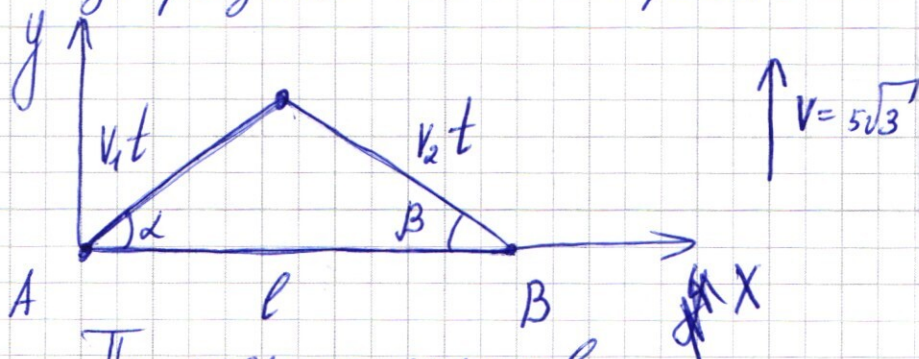


$$9,6 \cdot 13 = 96 + 24 + 1,8 = \\ = 123 + 1,8 = 124,8$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

Пусть они встретились через время t , тогда изобразим момент встречи.



По теореме синусов

$$\frac{v_2 t}{\sin \alpha} = \frac{v_1 t}{\sin \beta} ; \sin \beta = \frac{v_1}{v_2} \sin \alpha = \frac{\sqrt{3}}{4}.$$

Введем координатные оси Ox вдоль AB и Oy перпендикулярной AB с началом отсчета в точке A .

Найдем проекции скоростей первого и второго тела на Oy .

$$v_{y1} = v_1 \cdot \sin \alpha = 5\sqrt{3} \frac{м}{с} ; v_{y2} = v_2 \cdot \sin \alpha = 5\sqrt{3} \frac{м}{с}.$$

Перейдем в систему отсчета тела, который движется вдоль оси Oy со скоростью $v = 5\sqrt{3}$.

Тогда в этой системе отсчета тела движутся на встречу друг другу. Первой скоростью $V_1' = V_1 \cos \alpha$; $V_2' = V_2 \cos \beta$, тогда т.к. они движутся на встречу друг другу, то скорость сближения равна $V_{сб} = V_1' + V_2' = V_1 \cos \alpha + V_2 \cos \beta$.

По основному тригонометрическому тождеству

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \frac{\sqrt{13}}{4}, \text{ тогда т.к.}$$

через время T расстояние между ними будет S , т.е. они в сумме прошли $l - S$, то

$$l - S = T \cdot V_{сб} = T \cdot (V_1 \cos \alpha + V_2 \cos \beta)$$

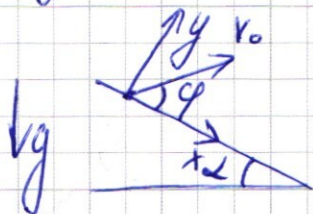
$$T = \frac{l - S}{V_1 \cos \alpha + V_2 \cos \beta} = \frac{46}{1 + \sqrt{13}} \text{ с}$$

$$\text{Ответ: } \sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{4}; T = \frac{46}{1 + \sqrt{13}} \text{ с.}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

✓ 2. ✗

Введем координатные оси, Ox направим
вдоль α склона, а Oy перпендикулярно склону.



Тогда проекция ^{начальной} скорости на Oy равна

$$v_{0y} = v_0 \sin \varphi, \text{ тогда время полета}$$

проекция ускорения на Oy и Ox равна

$$a_y = -g \cdot \cos \alpha; a_x = g \cdot \sin \alpha$$

Тогда время полета равно

$$t_{\text{пол}} = \frac{2v_{0y}}{|a_y|} = \frac{2v_0 \sin \varphi}{g \cdot \cos \alpha} \quad t_{\text{пол}} = \frac{2v_{0y}}{|a_y|} = \frac{2v_0 \sin \varphi}{g \cdot \cos \alpha}$$

Такое выражение принимает наибольшее
значение при $\varphi = 90^\circ$, т.к. $\sin 90^\circ = 1$.

Тогда

$$S = \frac{a_x t_{\text{пол}}^2}{2} \quad (\text{т.к. проекция } \text{начальной скорости} \text{ при } \varphi = 90^\circ \text{ на } Ox \text{ равна } 0)$$

$$S = \frac{g \cdot \sin \alpha \cdot 2 v_0^2}{g \cdot \cos^2 \alpha} ; v_0 = \sqrt{\frac{g \cos^2 \alpha S}{2 \sin \alpha}}$$

$$V_0 = \sqrt{6} \frac{m}{c}$$

Ответ: ~~Вариант~~ $\varphi = 90^\circ$; $V_0 = \sqrt{6} \frac{m}{c}$.

✓ 3.

$$V_{\text{из}} = gt \quad (\text{т.к. } V_{0\text{из}} = 0 \frac{m}{c})$$

$$h = \frac{gt_n^2}{2} \quad (\text{т.к. } V_{0\text{из}} = 0 \frac{m}{c}). \quad t_n = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

~~т.к.~~ $V_2 = \sqrt{2gh} = 4 \frac{m}{c}$.

$$\text{т.к.} \quad t_{\text{из}} = t_n = 0,4 \text{ с}$$

П.к. к моменту столкновения брусок остановился, то

$$0 = V_1 - at_n$$

$$a = \frac{V_1}{t_{\text{из}}} = 2,5 \frac{m}{c^2}$$

Ответ: $V_2 = 4 \frac{m}{c}$; $a = 2,5 \frac{m}{c^2}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

✓4.

Запишем закон сохранения импульса

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}$$

(где $\vec{p}_1$ - импульс первого тела, $\vec{p}_2$ - импульс второго тела, $\vec{p}$ - импульс двух столкнувшихся шариков).

$$\vec{p}_1 = \vec{v}_1 \cdot m_1; \quad \vec{p}_2 = \vec{v}_2 \cdot m_2; \quad \vec{p} = \vec{v} (m_1 + m_2)$$

$m_1 = m_2 = m$ (по условию).

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

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

Найдем $|\vec{v}_1 + \vec{v}_2|$, т.к. по условию $\vec{v}_1 \perp \vec{v}_2$, то

по теореме Пифагора

$$|\vec{v}_1 + \vec{v}_2| = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = 100 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\text{Тогда } |\vec{v}| = \frac{|\vec{v}_1 + \vec{v}_2|}{2} = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$v = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Запишем закон сохранения энергии.

$$E_1 + E_2 = E + Q$$

(где Q - выделившееся тепло).

III.к. у всех тел кинетическая энергия, то
 $E_1 = E_{k1} = \frac{mv_1^2}{2}$, $E_2 = E_{k2} = \frac{mv_2^2}{2}$, $E = E_k = \frac{2mv^2}{2} = mv^2$

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

$$Q = m \left(\frac{v_1^2 + v_2^2}{2} - v^2 \right) = 2500m$$

III.к. оба тела сделаны из свинца и их общая масса равна $2m$, то ^{и температура при смешивании} одинаковая.
 $Q = 2mc\Delta t$

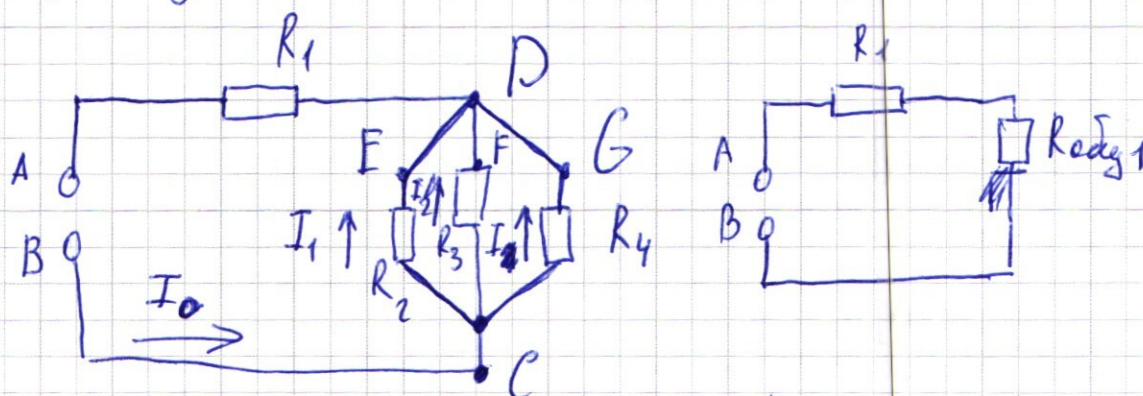
$$\Delta t = \frac{2500m}{2mc} = \frac{125}{13} \approx 9,6(^{\circ}\text{C})$$

Ответ: $v = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $\Delta t = 9,6^{\circ}\text{C}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 5.

Изобразим эквивалентную схему.



П.к. R_2, R_3 и R_4 соединены параллельно
то их можно заменить резистором
 $R_{обз1}$ в эквивалентной схеме, тогда

$$\frac{1}{R_{обз1}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}; \quad R_3 \frac{1}{R_{обз1}} = \frac{R_3 R_4 + R_2 R_4 + R_2 R_3}{R_2 R_3 R_4}$$

$$R_{обз1} = \frac{R_2 R_3 R_4}{R_3 R_4 + R_2 R_4 + R_2 R_3} = 0,8 \text{ r.}$$

П.к. П.к. R_1 и $R_{обз1}$ соединены ~~последовательно~~ ^{последовательно},
то $R_{AD} = R_1 + R_{обз1} = 3,8 \text{ r.}$

2)

Ток так течет от В к А.

Тогда по закону Ома.

$$I_0 = \frac{U}{R_{AB}} = 1 \text{ A.}$$

По первому правилу Кирхгофа для узла В

$$I_0 = I_1 + I_2 + I, \quad (1)$$

По второму правилу Кирхгофа для контуров ~~ABDC~~, $CFDGC$, $CEBGC$.

$$I_1 R_2 - I_2 R_3 = 0$$

$$\begin{cases} I_2 R_3 - I R_4 = 0 \\ I_1 R_2 - I R_4 = 0 \end{cases} \quad \begin{cases} I_2 R_3 = \frac{I R_4}{R_3} \\ I_1 R_2 = \frac{I R_4}{R_2} \end{cases}$$

подставим значения I_2 и I_1 в (1).

$$I_0 = I + \frac{I R_4}{R_3} + \frac{I R_4}{R_2} = 5I$$

$$I = 0,2 \text{ A.}$$

$$\text{Ответ: } R_{AB} = 3,8 \text{ r; } I = 0,2 \text{ A.}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$v_2 = \sqrt{2gh} = 4 \frac{m}{c}$

$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 = \vec{p}$

$m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 + M\vec{v}_0 = (2m + M)\vec{v}$

$t = 0,4 c$

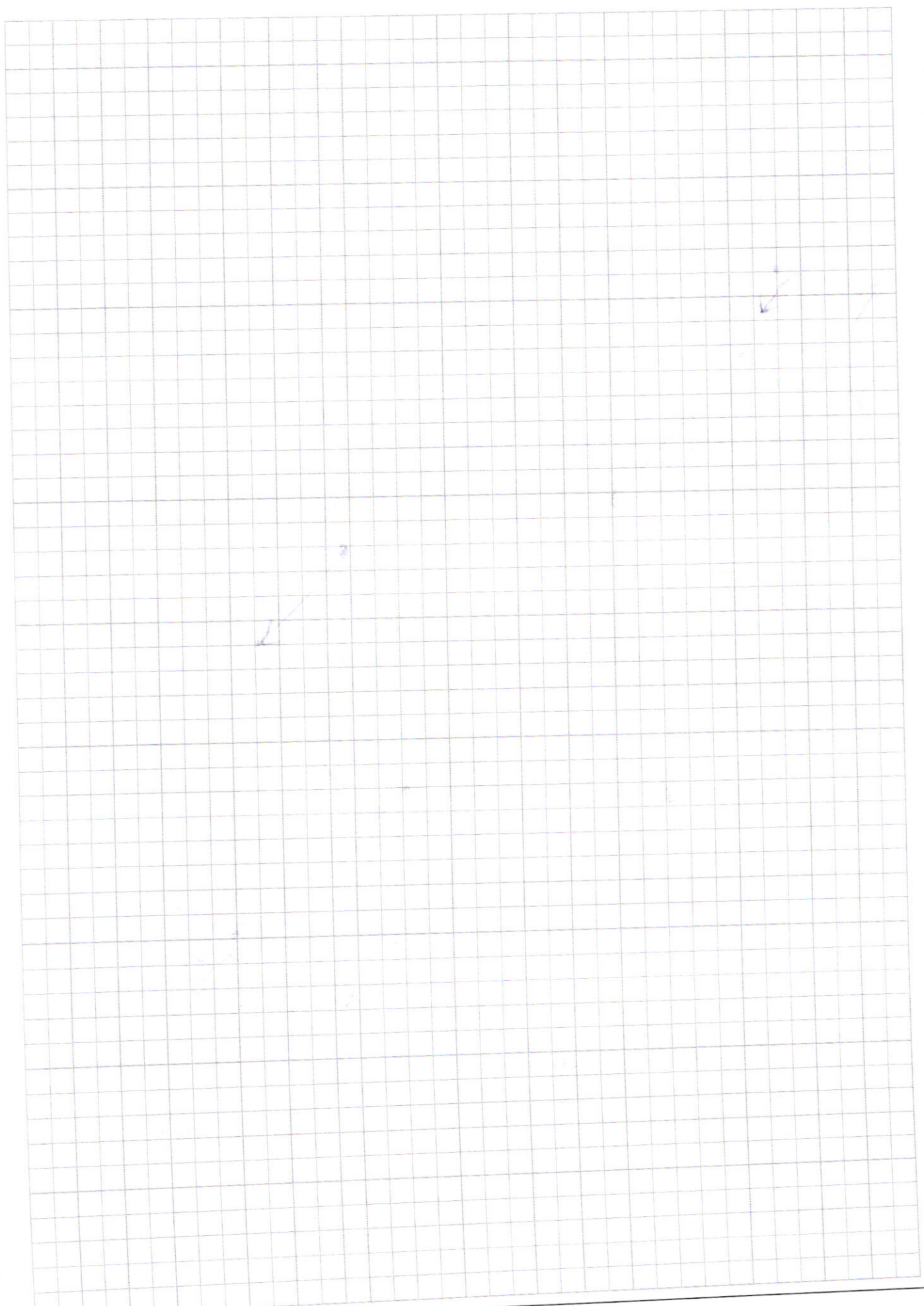
$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 = \vec{p}_{ed}$

$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = 8,5 m$

$4 \sqrt{14}$

$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 = \vec{p} ; \vec{v}_1 m_1 + \vec{v}_2 m_2 = \vec{v} (m_1 + m_2 + M)$

$\frac{2m}{2m + M} = \frac{v}{v_1 + v_2}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$v = gt$
 $\frac{gt^2}{2} = h$
 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$
 $v = \sqrt{2hg} = 4 \frac{m}{c}$

$\frac{v_0^2 \cos^2 \alpha t^2}{3} = v_0^2 \sin^2 \alpha t^2 + \frac{gt^4}{4} = 2v_0 \sin \alpha gt^3$

$v_0^2 t^2 \left(\frac{\cos^2 \alpha - 3 \sin^2 \alpha}{3} \right)$

$\frac{v_0^2 t^2}{3} - \frac{4}{3} v_0^2 \sin^2 \alpha =$

$H = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}; \quad l = v_0 \cos \alpha t$

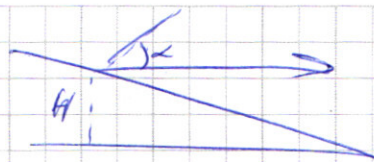
$H = l \cdot \tan 30^\circ = \frac{l}{\sqrt{3}}$

$\frac{v_0 \cos \alpha t}{\sqrt{3}} = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$

$t = \frac{2v_0 (\frac{\cos \alpha}{\sqrt{3}} - \sin \alpha)}{g}$

$\frac{gt}{2} + \frac{g}{g} \left(v_0 \left(\frac{\cos \alpha}{\sqrt{3}} - \sin \alpha \right) \right) = 0$

$t =$



$$\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\cos^2 \alpha = 1 - \sin^2 \alpha$$

$$= \frac{v_0^2}{v_0^2} + \frac{4}{3} \frac{v_0^2}{v_0^2} \sin^2 \alpha$$

$$H = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}; \quad l = v_0 \cos \alpha t; \quad H = \frac{l}{\sqrt{3}}$$

$$\sqrt{8 \cdot \frac{3}{4}} = \sqrt{6} \frac{m}{c}$$

$$\frac{v_0^2 \cos^2 \alpha t^2}{3} = v_0^2 \sin^2 \alpha t^2 + \frac{g^2 t^4}{4} - v_0 \sin \alpha g t^3$$

$$0 = \frac{g^2 t^4}{4} - v_0 g t^3 \sin \alpha + v_0^2 t^2 \left(\frac{3 \sin^2 \alpha - \cos^2 \alpha}{3} \right)$$

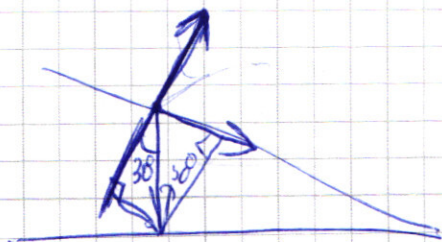
$$0 = \frac{g^2 t^2}{4} - v_0 g t \sin \alpha - v_0^2 + \frac{4}{3} v_0^2 \sin^2 \alpha$$

$$\Delta = b^2 - 4ac = v_0^2 g^2 \sin^2 \alpha + g^2 v_0^2 - \frac{4}{3} v_0^2 g^2 \sin^2 \alpha =$$

$$\sqrt{8 \cdot \frac{3}{4}} = \sqrt{6}$$

$$= g^2 v_0^2 - \frac{1}{3} v_0^2 g^2 \sin^2 \alpha$$

$$t = \frac{v_0 g \sin \alpha + \sqrt{g^2 v_0^2 - \frac{1}{3} v_0^2 g^2 \sin^2 \alpha}}{\frac{g^2}{2}}$$



$$\sqrt{\frac{10 \cdot \frac{1}{4} \cdot 0,8}{2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}} = \sqrt{\frac{42}{\sqrt{3}}}$$

$$\sqrt{\frac{\frac{1}{2} \cdot 0,8}{2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}} = \sqrt{\frac{0,4}{\sqrt{3}}} = \sqrt{\frac{2}{5\sqrt{3}}}$$

$$P = \frac{g \cdot \sin \alpha \cdot \frac{1}{2} \cdot v_0^2}{\frac{1}{2} \cdot g \cdot \cos^2 \alpha} \quad v_0 = \sqrt{\frac{P \cdot g \cdot \cos^2 \alpha}{2 \cdot \sin \alpha}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\sqrt{5} \cdot \frac{16r^3}{8r^2 + 4r^2 + 8r^2} = \frac{16r}{20} = 0,8 \cdot 10 \cdot \sqrt{5^2 + 8^2} =$$

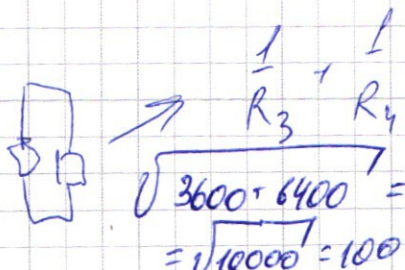
$$= \frac{36 \cdot 100}{100} = 100 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$Q = 2mc\Delta t$$

$$2500\text{м} = 2mc\Delta t$$

$$\Delta t = \frac{1250}{c} = \frac{2r \cdot \frac{4}{3}r}{2r + \frac{4}{3}r} = \frac{8r}{\frac{10}{3}r} = 0,8r$$

$$= \frac{1250}{130} \approx 9,6^\circ\text{C}$$



$$\frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = \frac{6r \cdot 8r}{6r + 8r} = \frac{4}{3}r$$

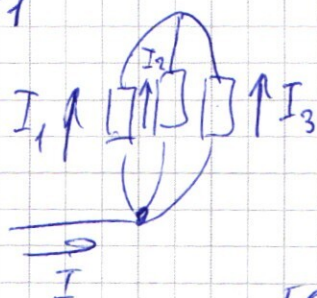


$$1) 3r + 0,8r = 3,8r$$

$$I_{\text{общ}} = \frac{U}{R_{\text{аб}}} = \frac{38\text{В}}{38\Omega} = 1\text{А}$$

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}$$

$$\begin{array}{r} 125 \overline{) 13} \\ 117 \overline{) 9,51} \\ \underline{-80} \\ 48 \end{array}$$



$$I_1 + I_2 + I_3 = I$$

$$m(\vec{V}_1 + \vec{V}_2) = 2m\vec{V}$$

$$\vec{V} = \frac{\vec{V}_1 + \vec{V}_2}{2}$$

$$50^2 = 2500$$

$$5000 - 2500 = 2500$$

$$V = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$m\vec{V}_1 + m\vec{V}_2 = 2m\vec{V}$$

$$\frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} = \frac{2mV^2}{2} + Q; Q = m\left(\frac{V_1^2 + V_2^2}{2} - V^2\right) =$$

$$\frac{60^2 + 80^2}{2} - \frac{3600 + 6400}{2} = \frac{10000}{2} = 5000 = 2500\text{м}$$



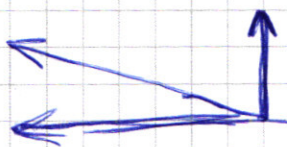
$$\frac{v_2 t}{\sin \alpha} = \frac{v_1 t}{\sin \beta}, \quad \sin \beta = \frac{v_1}{v_2} \sin \alpha = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$h = \frac{v_1 t}{\sin \alpha}; \quad h = \frac{v_2 t}{\sin \beta}$$

$$\frac{v_1 t}{\sin \alpha} = \frac{v_2 t}{\sin \beta}; \quad \sin \beta = \frac{v_2}{v_1} \cdot \sin \alpha = 2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3}$$

$\sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{4}$

$$\frac{230}{\frac{5\sqrt{3}}{2} + 5\sqrt{3}} = \frac{46}{\sqrt{3}}$$



$$\begin{array}{r} 230 \overline{) 5} \\ 20 \\ \hline 30 \\ \hline 46 \end{array}$$

$$v_{y1} = v_1 \cdot \sin \alpha = \frac{\sqrt{3}}{4} v_1$$

$$v_{y2} = v_2 \cdot \sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{4} v_2 \quad \Rightarrow \quad v_{y1} = v_{y2}$$

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{3}{16}} = \frac{\sqrt{13}}{4}$$

$$L - S = 230 \text{ м}; \quad L - S = T(v_2 \cos \beta + v_1 \cos \alpha)$$

$$T = \frac{L - S}{v_2 \cos \beta + v_1 \cos \alpha} = \frac{230}{\frac{\sqrt{3}}{4} + 1} \text{ с}$$