

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 09

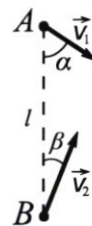
Вариант 09-01

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?

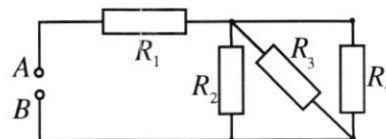
2) На сколько Δt (°C) повысится температура шариков?

Удельная теплоемкость свинца $c = 130$ Дж/(кг·°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

$$\Delta E = 4900 \text{ м}$$

$$Q = \text{см } \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{\Delta E}{\text{см}} = \frac{4900 \text{ м}}{2 \cdot 130} = \frac{4900}{260}$$

$$\begin{array}{r} 490 \overline{) 26} \\ - 26 \\ \hline 230 \\ - 208 \\ \hline 22 \end{array}$$



$$2 \text{ см } \Delta t = 2500 \text{ м}$$

$$\Delta t = \frac{2500}{2 \cdot 130} \Rightarrow \Delta t = \frac{2500}{260} = \frac{1250}{130}$$

К тому моменту
как достигли
своей скорости + что
остановились

$$\begin{array}{r} 1250 \\ - 117 \\ \hline 80 \\ - 78 \\ \hline 20 \\ - 13 \\ \hline 70 \\ - 65 \\ \hline 5 \end{array}$$

$$130 \cdot 9,615$$

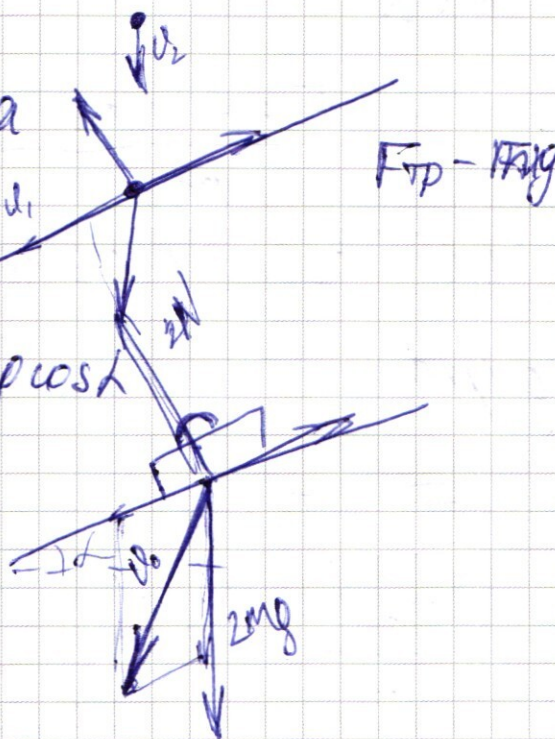
$$it = F \quad it = F_{\text{тр}}$$

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

$$a = \frac{F_{\text{тр}} - mg}{m}; \quad F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha$$

$$a = \frac{\mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha}{m}$$

$$\begin{aligned} &= \mu g \cos \alpha - g \sin \alpha = \\ &= \mu \cos \alpha - \sin \alpha \end{aligned}$$



$$\dot{i} = g \dot{x} m$$

$$i = am \Rightarrow a = \frac{i}{m} ; i =$$

$$N = \frac{kL \cdot m}{c^2}$$

$$U = \frac{kL \cdot m}{c}$$

$$\frac{\partial m}{\partial t} = F_i$$

$$\frac{i}{t} = am \Rightarrow a = \frac{i}{mt}$$

$$t = \frac{F_i}{\partial m_0}$$

$$v = at$$

$$v = a = \frac{v}{t} = \frac{i}{mt} \Rightarrow v = \frac{i}{m}$$

$$v = at$$

$$at = \frac{v}{a}$$

$$F_{\text{in}} > \sin h \, mg$$

$$M \cos h \, mg > \sin h \, mg$$

$$M \cos h > \sin h$$

$$\frac{\partial v}{\partial a} = \frac{F_{\text{in}}}{v_0 m_0}$$

$$\frac{\partial v}{\partial a} = \frac{F_i}{v_2 m_2}$$

$$a = \frac{i F_{\text{in}} - m g \sin h}{m}$$

$$F_i = m_2 g$$

$$a = \frac{M g m \cos h - m g \sin h}{m}$$

$$\frac{\partial v}{\partial a} = \frac{m_2 g}{v_2 m_2}$$

$$a = g / \mu g$$

$$a = \frac{m^2 c}{c^2 m}$$

$$F_i = F_{\text{in}}$$

$$\frac{v_2 m_2}{t} = a m_2$$

$$a = \frac{v_2}{t}$$

$$t = \frac{v_2}{a}$$

$$\dot{a} = \frac{v_2}{a} a$$

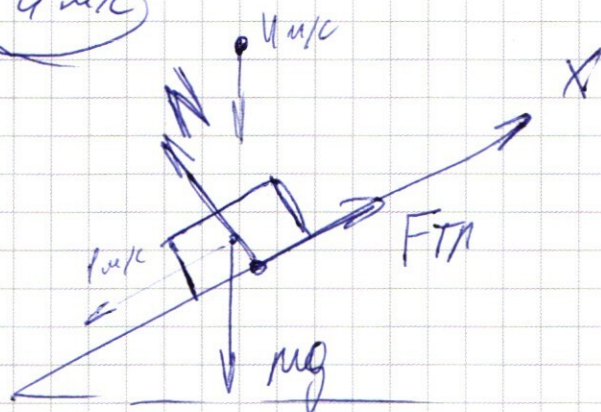
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N3

$$v_2 = gt, \quad t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad h = \frac{g t^2}{2}$$

$$v_2 = g \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{g^2 \cdot 2h}{g}} = \sqrt{g \cdot h \cdot 2} = \sqrt{10 \cdot 0,8 \cdot 2} = \sqrt{16}$$

4 м/с



OX =

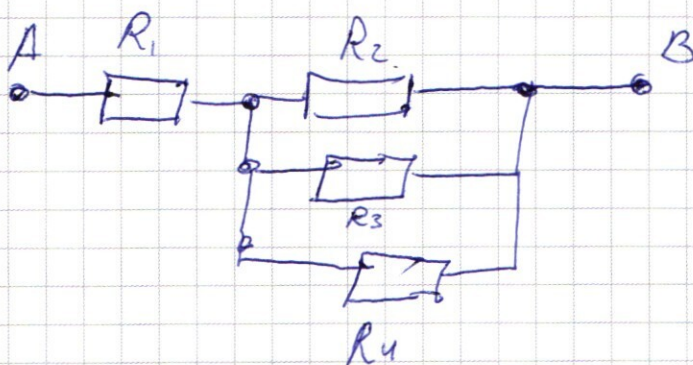
$$R_{34} = \frac{4n \cdot 2n}{4n + 2n} = \frac{8n^2}{6n} =$$

$$= \frac{4}{3}n$$

$$R_{234} = \frac{\frac{4}{3}n \cdot 2n}{\frac{4}{3}n + 2n} = \frac{\frac{8}{3}n^2}{\frac{10}{3}n} = \frac{4}{5}n$$

N5

Эквивалентная схема:

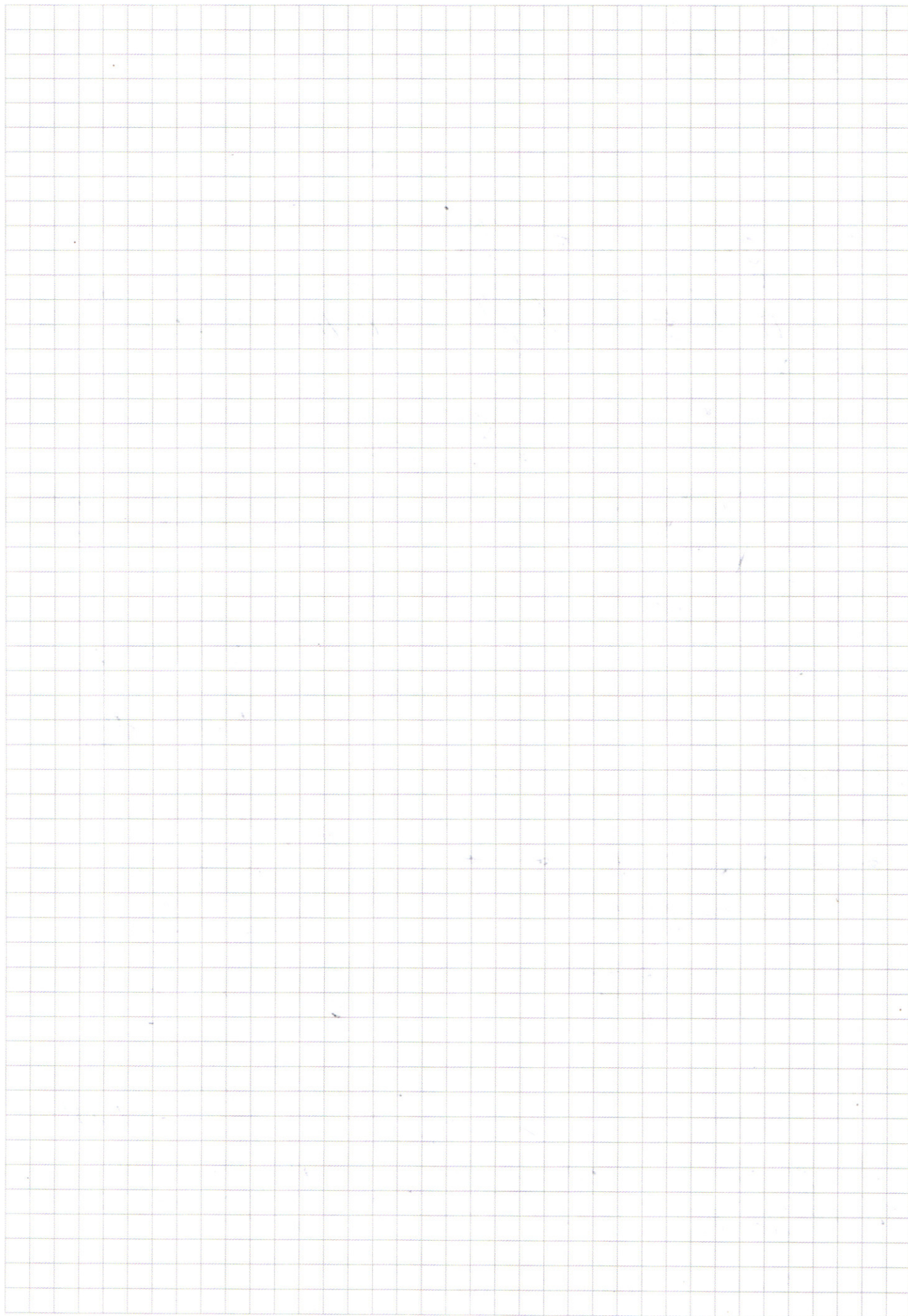


$$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{2n \cdot 2n}{2n + 2n} = \frac{4n^2}{4n} = n$$

$$R_{234} = \frac{R_{23} \cdot R_4}{R_{23} + R_4} = \frac{n \cdot 4n}{n + 4n} = \frac{4n^2}{5n} = 0,8n$$

$$\frac{R_2 \cdot R_3 \cdot R_4}{(R_2 + R_3)(R_3 + R_4)} = \frac{2n \cdot 2n \cdot 4n}{(2n + 2n)(2n + 4n)} = \frac{n^3 \cdot 16}{4n \cdot 6n} = \frac{16n^3}{24n^2} = \frac{2}{3}n$$

$$R_0 = 3n + 0,8n = \underline{3,8n}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$S = v_0 t \cdot \tan \varphi = 45^\circ + 30^\circ = 45^\circ$
 $\frac{1600}{5} = 320$
 $0,866$
 $\frac{\sqrt{3}}{2}$
 $\sin \lambda = \frac{2S}{gt^2}$
 $gt^2 \sin \lambda = 2S$
 $t^2 = \frac{2S}{g \sin \lambda}$
 $t = \sqrt{320}$

Продолжительность полёта максимальна
 при $\vec{v}_0 \perp$ вектору $\vec{g}$ т.к. приобретается
 максимальное время чтобы обрести
 скорость $\vec{v}$ $\perp$ $\vec{g}$ в момент

$$v_{ot} = \frac{gt^2}{2} \cdot \cos \alpha$$

$$v_0 = \frac{gt}{2} \cdot \cos \alpha \quad v_0 = \frac{10 \cdot \sqrt{320}}{2} = \sqrt{\frac{100 \cdot 320}{4}} = \sqrt{8000}$$

$$v_{ot} = \frac{s}{\operatorname{tg} \alpha} \Rightarrow v_0 = \frac{s}{\operatorname{tg}^2 \alpha} = \frac{800 \cdot \sqrt{3}}{\sqrt{320}}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$\sqrt{8000} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{\frac{8000 \cdot 3}{4}} = \sqrt{6000} \text{ c}$$

$$E = \frac{mv^2}{2}$$

Относительно А рассмотрим движение В прибавив к скорости v_1 обратный по направлению:

Таким образом получим скорости: $\sin \alpha = 60^\circ \approx \frac{\sqrt{3}}{2}$

$$v_2 \cdot \sin \beta = v_1 \cdot \sin \alpha$$

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

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

$$m_0 v_0 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

$$v_0 = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_0} = \frac{2m \cdot 60 + m \cdot 80}{2m} = \frac{m \cdot 200}{2m} = 100 \text{ км/ч}$$

$$\Delta E = E_1 + E_2 - E_0 = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} - \frac{2mv_0^2}{2} = \frac{m}{2} (3600 + 6400 - 2 \cdot 10000) = \frac{m}{2} (10000 - 20000) = -m \cdot 5000 = -m \cdot 9000$$

$$\frac{8}{20} + \frac{8}{20} + \frac{8}{40} = 1$$

$$0,4 + 0,4 + 0,2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2

Дано:

$$\alpha = 30^\circ$$

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

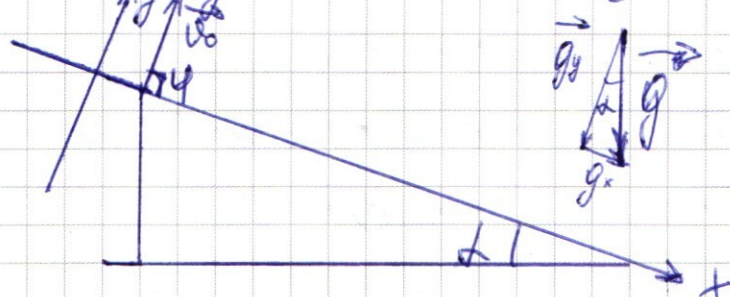
$\varphi = ?$

$v_0 = ?$

Решение:

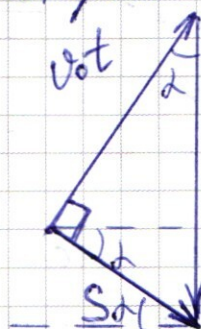
$t_n \rightarrow$ максимуму в том случае
когда скорость тела v_0 и g_y в
данной системе отсчета, т.е. по-
меробится время чтобы обрести
оставшуюся $v_0 - g_y$ в поле

В данной системе отсчета поправим
наклон



Чтобы g_y и v_0 были перпендикулярны
как видно из рисунка $\varphi = 90^\circ$

Для нахождения v_0 рассмотрим движение
в векторной форме:



$$\sin \alpha = \frac{2S}{g t^2} \Rightarrow t^2 = \frac{2S}{\sin \alpha g} \Rightarrow$$

$$t = \sqrt{\frac{2S}{\sin \alpha g}}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 800}{\sin 30^\circ \cdot 10}} = \sqrt{\frac{1600}{10 \cdot 0,5}} = \sqrt{320}$$

Из рисунка:

$$v_0 t = \frac{S}{\operatorname{tg} \alpha}; \quad \operatorname{tg} 30^\circ = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$v_0 = \frac{S}{\operatorname{tg} \alpha \cdot t}; \quad v_0 = \frac{800 \cdot \sqrt{3}}{\sqrt{320}} = \sqrt{\frac{640000 \cdot 3}{320}} = \sqrt{6000} \text{ м/с}$$

Ответ: $\varphi = 90^\circ$; $v_0 = \sqrt{6000} \text{ м/с}$

№1

Дано:

$$v_1 = 10 \text{ м/с}$$

$$v_2 = 10 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$l = 1000 \text{ м}$$

$$S = 440 \text{ м}$$

$$\sin \beta = ?$$

$$T = ?$$

Решение:

Рассмотрим относительно движущиеся торпеды относительно корабля, для этого «остановим» корабль, и прибавим его обратный по направлению вектор v_1 к торпед:

Для того чтобы торпеды попали в цель сумма проекций скоростей v_1 и v_2 на ОУ должна быть равна нулю:

$$v_1 \cdot \sin \alpha = v_2 \cdot \sin \beta \Rightarrow$$

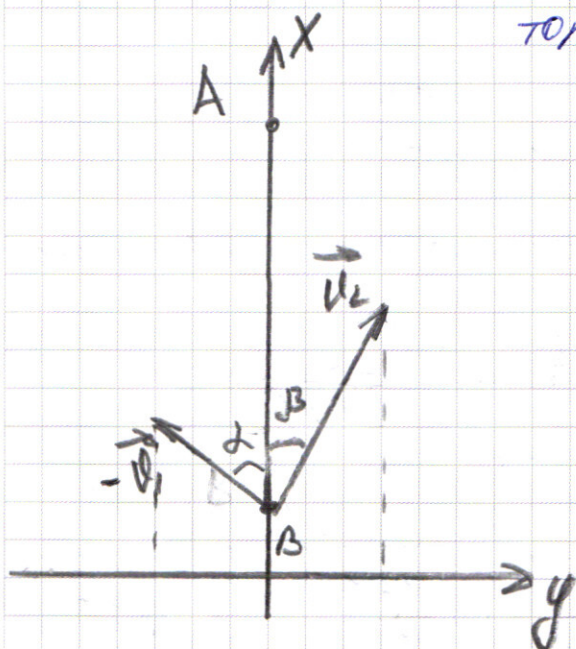
$$\sin \beta = \frac{v_1 \cdot \sin \alpha}{v_2}; \quad \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

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

Проекция скоростей на ОХ складываются $\Rightarrow$ относительная

скорость торпеды:

$$v_T = v_2 \cdot \cos \beta + v_1 \cdot \cos \alpha$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

$U_T =$

$$\cos \alpha = \cos 60^\circ = \frac{1}{2}$$

$$U_T = 20 \cdot \frac{1}{4} + 10 \cdot \frac{1}{2} = 10 \text{ мВ}$$

Отсюда по формуле скорости:

$$T = \frac{\Delta S}{U_T}; \quad \Delta S = L - S$$

$$T = \frac{L - S}{U_T}; \quad T = \frac{1000 - 770}{10} = \frac{230}{10} = 23 \text{ с}$$

Ответ: $\sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{4}; \quad T = 23 \text{ с}$

N5

Дано:

$$U_0 = 38 \text{ В}$$

$$R_1 = 3 \Omega$$

$$R_2 = R_3 = 2 \Omega$$

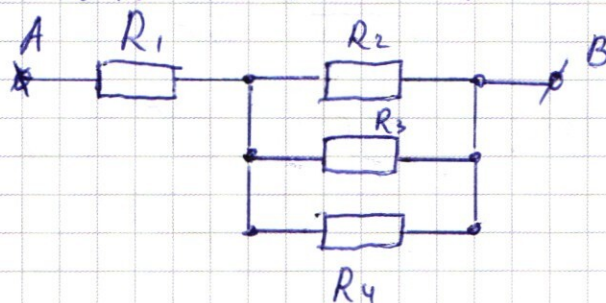
$$R_4 = 4 \Omega$$

$$R_{AB} = ?$$

$$I_4 = ?$$

Решение:

Эквивалентная схема:



При параллельном соединении:

$$R_{23} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}; \quad R_{23} = \frac{2 \Omega \cdot 2 \Omega}{2 \Omega + 2 \Omega} = \frac{4 \Omega^2}{4 \Omega} = \Omega$$

$$R_{234} = \frac{R_{23} \cdot R_4}{R_{23} + R_4} \Rightarrow R_{234} = \frac{\Omega \cdot 4 \Omega}{\Omega + 4 \Omega} = \frac{4 \Omega^2}{5 \Omega} = 0,8 \Omega$$

При последовательном соединении:

$$R_{AB} = R_1 + R_{234} \Rightarrow R_{AB} = 3 \Omega + 0,8 \Omega = 3,8 \Omega = 3,8 \cdot 10 = 38 \Omega$$

По закону Ома:

$$I_0 = \frac{U_0}{R}; I_0 = \frac{38}{38} = 1 \text{ A}$$

При последовательном соединении:

$$I_0 = I_1 = I_{234}; \text{ При параллельном: } U_0 = U_1 + U_{234}$$

$$I_{234} = I_0 = I_2 + I_3 + I_4; U_{234} = \text{const}$$

Распределение тока по резисторам обратнопропорционально их сопротивлениям.

$$U_{234} = U_0 - U_1 = U_0 - I_0 R_1 \text{ (по з. Ома)}$$

$$U_{234} = 38 - 1 \cdot 3 \cdot 10 = 8 \text{ В}$$

$$\left(\frac{U_{234}}{R_2} + \frac{U_{234}}{R_3} + \frac{U_{234}}{R_4} = I_0 \right)$$
$$R_2 = R_3 = \frac{R_4}{2} - \text{по условию}$$

По закону Ома:

$$I_4 = \frac{U_{234}}{R_4} \Rightarrow I_4 = \frac{8 \text{ В}}{4 \cdot 10 \text{ Ом}} = \frac{8}{40} = 0,2 \text{ A}$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано №4

$$v_1 = 60 \text{ м/с}$$

$$v_2 = 80 \text{ м/с}$$

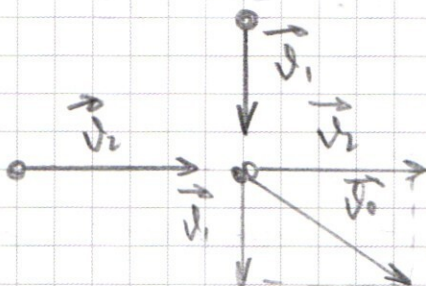
$$c = 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$m_1 = m_2$$

$$v_0 = ?$$

$$\Delta t = ?$$

Решение:



По закону сохранения импульса:

$$m_0 v_0 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

Но так столкновение произошло под прямым углом:

$$m_0 v_0 = \sqrt{m_1^2 v_1^2 + m_2^2 v_2^2}; \quad m_0 = 2m; \quad m_1 = m_2 \text{ по условию}$$

условию

$$2m v_0 = \sqrt{m^2 (v_1^2 + v_2^2)} \Rightarrow v_0 = \frac{m \sqrt{(v_1^2 + v_2^2)}}{2m};$$

$$v_0 = \frac{\sqrt{60^2 + 80^2}}{2} = \frac{\sqrt{10000}}{2} = \frac{100}{2} = 50 \text{ м/с}$$

На нагрев шариков "уйдет" кинетическая энергия обоих шаров за вычетом их потери скорости;

$$\Delta E_k = E_1 + E_2 - E_0, \quad \text{где} \quad E = \frac{mv^2}{2}$$

тогда получим

$$\Delta E_k = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} - \frac{2m v_0^2}{2} = \frac{m}{2} (v_1^2 + v_2^2 - 2v_0^2)$$

$$\Delta E_k = \frac{m}{2} (60^2 + 80^2 - 2 \cdot 50^2) = \frac{m}{2} (10000 - 2500 \cdot 2) =$$

$$= \frac{m}{2} (5000) = 2500m \text{ Дж}$$

$$\Delta E_k = Q, \text{ где } Q = c m_0 \Delta t = 2 \text{ см } \Delta t$$

$$2500 \text{ Дж} = 2 \text{ см } \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{2500}{2c}; \Delta t = \frac{2500}{2 \cdot 130} = \frac{1250}{130} \approx 9,62^\circ \text{C}$$

Ответ: $\Delta t = 9,62^\circ \text{C}$; $v_0 = 50 \text{ м/с}$

№ 3

Дано:

$$v_1 = 1 \text{ м/с}$$

$$h = 0,8 \text{ м}$$

$$v_2 = ?$$

$$a = ?$$

Решение:

Скорость шарика по формуле
ускорения:

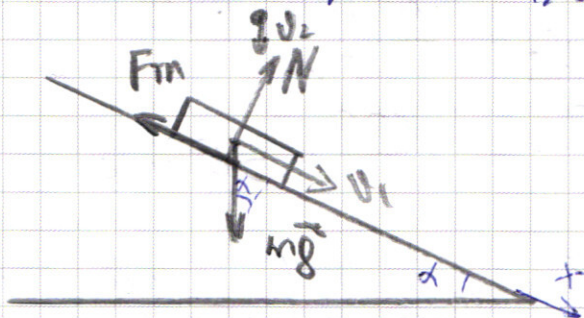
$$v_2 = gt; \text{ где } t \text{ из формулы}$$

перемещения для равноускоренного
равноускоренного движения:

$$h = \frac{gt^2}{2} \rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$v_2 = g \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{g \cdot 2h} = \sqrt{2gh} \Rightarrow$$

$$v_2 = \sqrt{2 \cdot 0,8 \cdot 10} = \sqrt{16} = 4 \text{ м/с}$$



по II з. Ньютона:

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

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

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

$$F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha \Rightarrow$$

$$a = \frac{\mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha}{m} = g(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)$$

По теореме соударения:

