

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 09

Вариант 09-02

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

Корабль A и торпеда B в некоторый момент времени находятся на расстоянии $l = 0,8$ км друг от друга (см. рис.) Скорость корабля $V_1 = 8$ м/с, угол $\alpha = 60^\circ$, угол $\beta = 30^\circ$. Скорость V_2 торпеды такова, что торпеда попадет в цель.



1) Найдите скорость V_2 торпеды.

2) На каком расстоянии S будут находиться корабль и торпеда через $T = 25$ с?

Плоский склон горы образует с горизонтом угол α , $\sin \alpha = 0,6$. Из миномета, расположенного на склоне, производят выстрел, под таким углом β к поверхности склона, что продолжительность полета мины наибольшая. Мина падает на склон на расстоянии $S = 1,8$ км от точки старта.

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

2) Найдите максимальную дальность L стрельбы из такого миномета на горизонтальной поверхности. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Вниз по шероховатой наклонной плоскости равнозамедленно движется брусок. Величина ускорения бруска $a = 2$ м/с². Пластиновый шарик, движущийся по вертикали, падает на брусок и прилипает к нему, а брусок останавливается. Продолжительность полета шарика до соударения $T = 0,2$ с. Начальная скорость шарика нулевая.

1) Найдите скорость V_1 шарика перед соударением.

2) Найдите скорость V_2 бруска перед соударением.

Движение шарика до соударения – свободное падение. Массы бруска и шарика одинаковы.

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

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

Два одинаковых шарика движутся по взаимно перпендикулярным прямым и слипаются в результате абсолютно неупругого удара. После слипания скорость шариков $V = 25$ м/с. Скорость одного из шариков перед слипанием $V_1 = 30$ м/с.

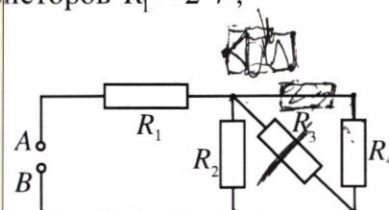
1) С какой скоростью V_2 двигался второй шарик перед слипанием?

2) Найдите удельную теплоемкость c материала, из которого изготовлены шарики, если известно, что в результате слипания температура шариков повысилась на $\Delta t = 1,35$ °C. Температуры шариков перед слипанием одинаковы.

Четыре резистора соединены как показано на рисунке. Сопротивления резисторов $R_1 = 2 \cdot r$, $R_2 = R_3 = 4 \cdot r$, $R_4 = r$. На вход АВ схемы подают напряжение $U = 8$ В.

1) Найдите эквивалентное сопротивление R_{AB} цепи.

2) Какая суммарная мощность P будет рассеиваться на резисторах R_2 , R_3 и R_4 при $r = 6$ Ом?



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1. Корабль и торпеда встретятся, когда

(*) $l^2 = (v_1 t)^2 + (v_2 t)^2$, где t - время до поражения торпедой в корабль.

П.к. $\beta = 30^\circ$, то $v_1 t = \frac{l}{2} = 0,4 \text{ км}$
 $t = \frac{0,4 \text{ км}}{8 \text{ м/с}} = 50 \text{ с.}$

Подставляем в * t , находим v_2

$$v_2^2 = \left(\frac{l}{t}\right)^2 - v_1^2 = \left(\frac{400}{50}\right)^2 - 8^2 = 192$$

$$v_2 = 8\sqrt{3}$$

Во время T корабль и торпеда будут находиться на расстоянии

$$S = \sqrt{(v_2 T)^2 + (v_1 T)^2}$$

$$S = \sqrt{25^2 (192 + 64)}$$

$$S = 400 \text{ м} = 0,4 \text{ км}$$

Ответ: $v_2 = 8\sqrt{3} \text{ м/с}$; $S = 0,4 \text{ км}$.

№4 Система замкнута, удар абсолютно неупругий, поэтому

Запишем Закон Сохранения Импульса. (m - масса шарика)

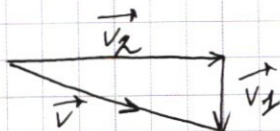
$$m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = 2m\vec{v}$$

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

Геометрически (по теореме Пифагора)

$$v_2 = \sqrt{(2v)^2 - v_1^2}$$

$$v_2 = \sqrt{4 \cdot 25^2 - 30^2} = 40 \text{ м/с}$$



Изменение внутренней энергии тела ΔU , то есть нагревание равно изменению механической энергии тела, в данном случае кинетической энергии.

$$\Delta U = \Delta E_k = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} - \frac{2mv^2}{2}$$

В свою очередь нагревание $Q = 2mc\Delta t = \Delta U$

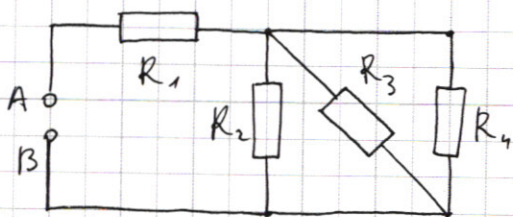
$$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} - \frac{2mv^2}{2} = 2mc\Delta t$$

$$\frac{m(v_1^2 + v_2^2 - 2v^2)}{2} = 2mc\Delta t$$

$$C = \frac{v_1^2 + v_2^2 - 2v^2}{4\Delta t} = \frac{30^2 + 40^2 - 2 \cdot 25^2}{4 \cdot 1,35} = \frac{1250}{5,4} \approx 231,48 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

Ответ: $v_2 = 40 \text{ м/с}$; $C = 231,48 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$.

№5



1) Резисторы R_3 и R_4 соединены параллельно

$$R_{34} = \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4} = \frac{4r^2}{5r} = 0,8r$$

R_{34} и R_2 — параллельно соединены

$$R_{234} = \frac{R_{34} \cdot R_2}{R_{34} + R_2} = \frac{2}{3}r$$

Резистор R_1 и эквивалентный участок R_{234} соединены последовательно!

$$R_{AB} = R_1 + R_{234} = 2r + \frac{2}{3}r = \frac{8}{3}r$$

2) По закону Ома на участке AB

$$U = I(R_{234} + R_1), \text{ где } I - \text{ток ген.}$$

$$I = \frac{U}{R_{234} + R_1} = \frac{8}{8/3 \cdot r} = 0,5 \text{ A}$$

III. к $I_1 = I_{234} = I$ и $U = U_1 + U_{234}$, то

$$U_{234} = I \cdot R_{234} = 0,5 \cdot \frac{2}{3}r = 2 \text{ В}$$

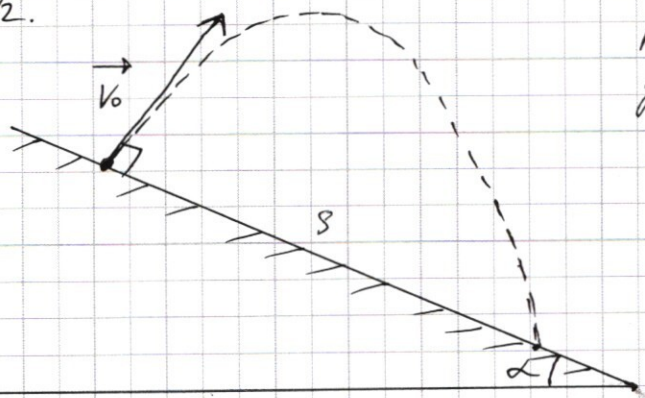
$$P_{\text{рез}} = I \cdot U_{234}$$

$$P_{\text{рез}} = 0,5 \cdot 2 = 1 \text{ Вт.}$$

Ответ: $R_{AB} = \frac{8}{3}r$; $P = 1 \text{ Вт.}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2.



Время при ballisticком
движении находится как
$$t = \frac{2v_0 \sin \beta}{g}$$

Время максимально, если

$$\sin \beta = 1, \text{ т.е. } \beta = 90^\circ$$

Если относительно склона

скорость направлена строго перпендикулярно, значит

$$S = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{2g}$$

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

$$v_0 = 100 \sqrt{10} \text{ м/с.}$$

На горизонтальной поверхности максимальная дальность
полёта достигается при стрельбе под углом 45°
к горизонту.

$$L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}, \alpha = 45^\circ$$

$$L = \frac{100^2 \cdot 10}{10} = 10 \text{ км.}$$

Ответ: $\beta = 90^\circ$; $L = 10 \text{ км.}$

№3. Скорость ^{шарика} ~~каждого~~ перед соударением

$$v_1 = v_0 + gT$$

$$v_1 = 0 + 10 \cdot 0,2 = 2 \text{ м/с.} \quad (\text{направлена вертикально вниз.})$$

III.к в момент столкновения действие сил тяжести
пренебрежимо мало, т.е. применим Закон сохранения

Умножив для проекции вертикальных составляющих
 $m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = 0$. (m - масса бруска / шарика)

$mv_1 + mv_2 \sin \alpha$, где α - угол между наклонной
плоскостью и горизонтом

$$v_1 = -v_2 \sin \alpha (*)$$

По II закону Ньютона для бруска для оси ОХ (горизонтальной)
 $-F_{\text{тр}} = mg \sin \alpha + ma$, где $F_{\text{тр}}$ - сила трения
между бруском и
поверхностью.

П.к. $F_{\text{тр}} = ma$ (потому что именно сила трения вызывает
тормозящее ускорение), по II закону Ньютона.

$$-ma = mg \sin \alpha + ma \quad | : m$$

$$g \sin \alpha = -2a$$

$$\sin \alpha = -\frac{2a}{g}$$

$\Rightarrow$ Подставив в *

$$-v_2 \cdot \left(-\frac{2a}{g}\right) = v_1$$

$$v_2 = \frac{v_1 \cdot g}{2a}$$

$$v_2 = \frac{2 \cdot 10}{2 \cdot 2} = 5 \text{ м/с.}$$

Ответ: $v_1 = 2 \text{ м/с}$; $v_2 = 5 \text{ м/с}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}$$

$$S_x = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{2g}$$

$$S_y = v_0 \sin \beta - gt$$

$$L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$t_{\max} = \frac{2v_0 \sin \beta}{g} \Rightarrow t = \frac{2v_0}{g} \text{ м/с}$$

Время наибольшее, значит,

$$\beta = 90^\circ$$

$$v_0 \sin \beta = v_0$$

$$S = \sqrt{\left(\frac{v_0^2}{2g}\right)^2 + (v_0 - 2v_0)^2}$$

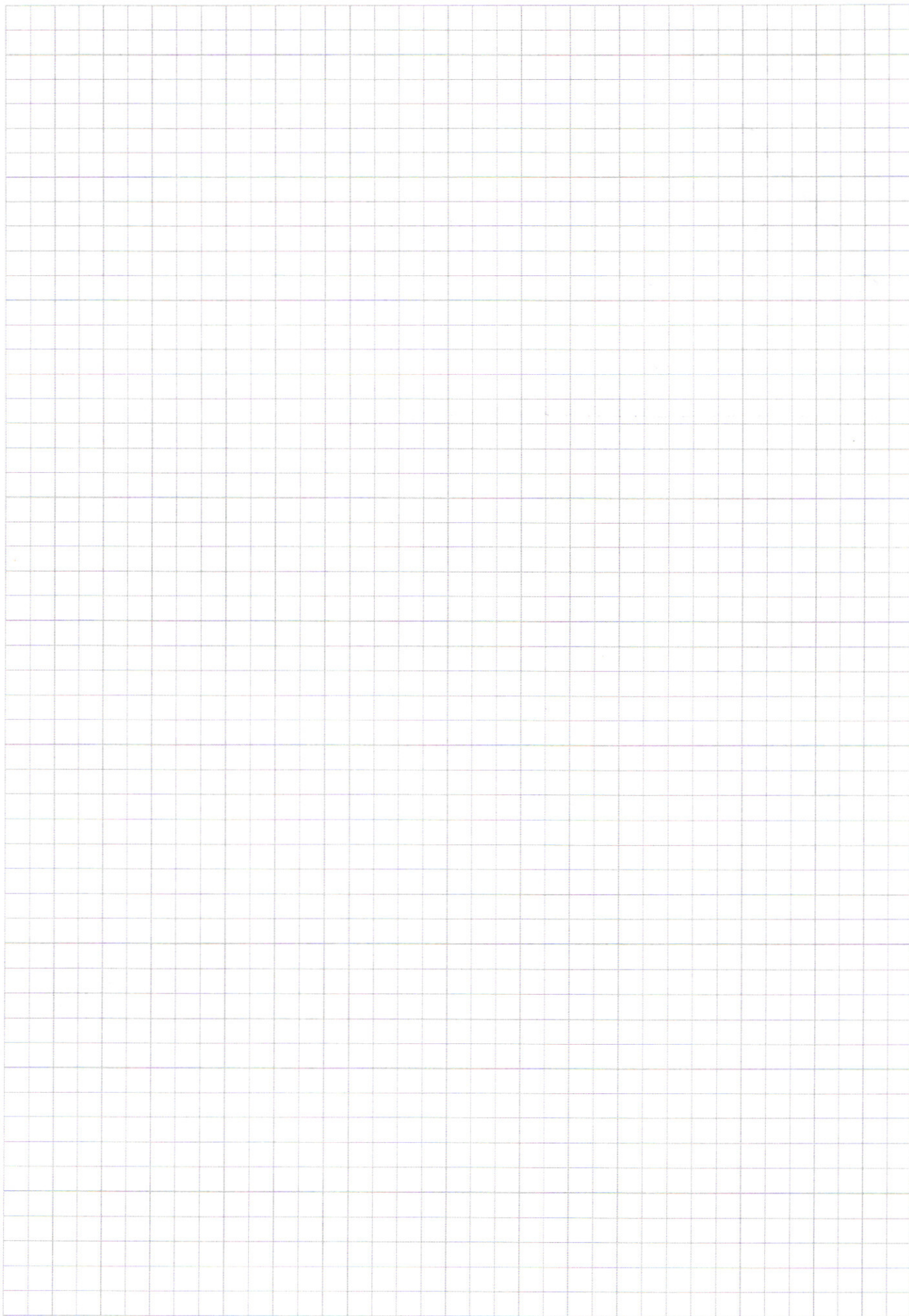
$$L = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$1,8 \cdot \frac{1800 \cdot 10 \cdot x}{0,36} = \frac{36 \cdot 10^3}{0,36} = \frac{0,36 \cdot 10^5}{0,36}$$

$$\frac{36 \cdot 10^3}{0,36} =$$

$$10 \cdot 10^3$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

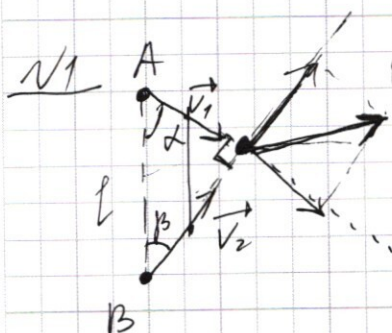
$$I(R_{234} + R_1) = U$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{8}{8/3 \text{ н}} = \frac{3 \text{ А}}{5} = 0,5 \text{ А.}$$

$$\text{т.к. } U_1 + U_{234} = U$$

$$U_{234} = I R_{234} = 0,5 \cdot \frac{2}{3} \text{ н} = \frac{5 \cdot 2 \cdot 6}{10 \cdot 3} = 2 \text{ В.}$$

$$P_{234} = I \cdot U_{234} = 0,5 \text{ А} \cdot 2 \text{ В} = 1 \text{ Вт.}$$



$$V_1 = 8 \text{ м/с}, \alpha = 60^\circ, \beta = 30^\circ, \begin{cases} V_2 = ? \\ S = ? \end{cases}$$

Они встречаются, т.е.

$$\vec{V}_1 + \vec{V}_2 = \vec{V}_{\text{вектор}}$$

$$\vec{V}_1 + \vec{V}_2 = \vec{V}_{\text{вектор}}$$

$$\vec{V}_1 + \vec{V}_2 = \vec{V}_{\text{вектор}}$$

$$V_1^2 + V_2^2 = V^2$$

Они встречаются, когда
короткая проекция

$$\vec{V}_1 + \vec{V}_2 = \vec{V}_{\text{вектор}}$$

При этом $(V_1 t)^2 + (V_2 t)^2 = L^2$
и $V_1 t = 0,4$, т.е. $t = \frac{0,4 \text{ км}}{8 \text{ м/с}} = \frac{400 \text{ м}}{8 \text{ м/с}} = 50 \text{ с.}$

$$V_2^2 t^2 = L^2 - V_1^2 t^2$$

$$V_2^2 = \left(\frac{L}{t}\right)^2 - V_1^2 = \left(\frac{800}{50}\right)^2 - 8^2 = 256 - 64 = 803$$

$$L^2 = V_2^2 T^2 + V_1^2 T^2$$

$$L^2 = 1920 \cdot 25^2 (192 + 64)$$

$$\text{или } S = 25 \cdot 16 = 400 \text{ м} = 0,4 \text{ км.}$$

Вывод

$$\frac{800}{50} = 16$$

$$256$$

$$64$$

$$192$$

$$16 \cdot 8 = 128$$

$$8 \cdot 24 = 192$$

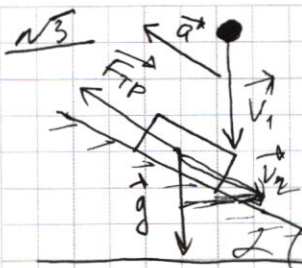
$$2/2 \cdot 7 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 3$$

$$\begin{array}{r} 25 \\ 16 \\ \hline 150 \\ 250 \\ \hline 400 \end{array}$$

$$125$$

$$T = 0,2 \text{ c}; a = 2 \text{ м/с}^2$$

Скорость шарика через соударения



$$1) v_1 = v_0 + gT$$

$$v_1 = 10 \cdot 0,2 = 2 \text{ м/с}$$

2) Второй закон Ньютона в направлении движения

Решение. Величина ускорения (замедления) пропор.

Замкнутой системы закон Ньютона

$$m g \cos \alpha = 0$$

$$m g \sin \alpha - F_{\text{тр}} = -m a$$

$$F_{\text{тр}} = m g \sin \alpha + m a$$

$$F_{\text{тр}} = m g \cos \alpha$$

$$g \cos \alpha = g \sin \alpha + a$$

Угловое, под действием

Углов по массе и ускорению

ЗСН:

Изменение массы равно по модулю

изменению импульса

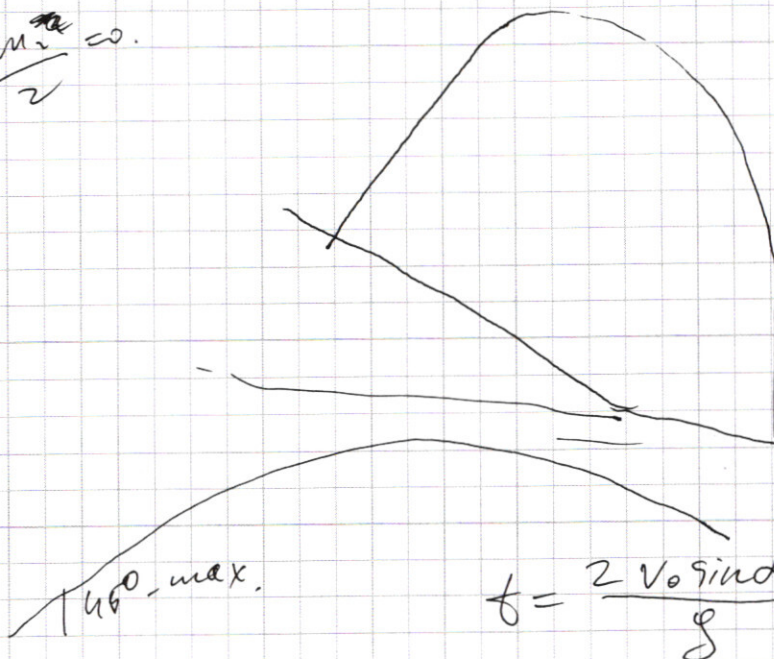
$$m \vec{v}_1 + m \vec{v}_2 = 2m \cdot 0$$

$$-m v_1 - m v_2 \cos \alpha \sin \alpha = 0$$

$$v_2 \sin \alpha = -v_1$$

$$\frac{m v_1^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2} = 0$$

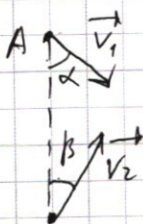
$F_{\text{тр}}$



$$t = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1
 $T = 25^\circ\text{C}$
 $\rho = 0,8 \text{ кг/см}^3$
 $V_1 = 8 \text{ м/с}$
 $\alpha = 60^\circ$
 $\beta = 30^\circ$
 $V_2 = ?$
 $S = ?$



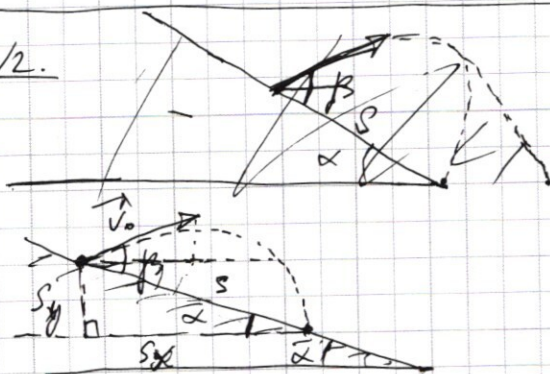
Вражем в век, зная, будем иметь
однозначное время полета.

$$t_A = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g}$$

$$t_B = \frac{2V_0 \sin \beta}{g}, \quad L_B = \frac{V_0^2 \sin 2\beta}{g}$$

$$t_A =$$

N2.



Продолжительности наибольшей, т.е.

$$t_{\max} = \frac{2V_0 \sin \alpha \cos \beta}{g}$$

$$S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}$$

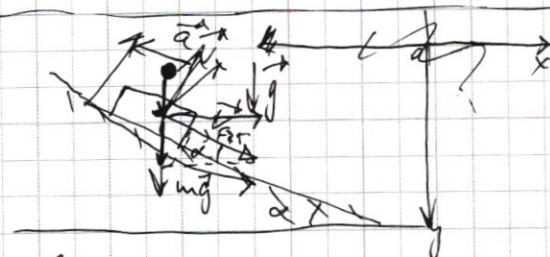
$$S_x = V_0 \cos(\beta - \alpha) t$$

$$S_y =$$

$$\sin \alpha = 0,6$$

$$\begin{array}{r} 12500 \overline{) 54} \\ -108 \\ \hline 170 \\ -162 \\ \hline 80 \\ -54 \\ \hline 260 \\ -216 \\ \hline 440 \\ -438 \\ \hline 28 \end{array}$$

N3.



$$\alpha = 24^\circ/\text{с}^2$$

$$T = 0,2 \text{ с.}$$

$$V_0 = 0$$

$$V_1 = ?$$

$$V_2 = ?$$

M - масса бр.

m - масса мш

$$V = V_0 + gT$$

$$V_1 = V_0 + gT$$

$$V_1 = 10 - 0,2 = 9,8 \text{ м/с.}$$

$$V_1 = 10 - 0,2 = 9,8 \text{ м/с.}$$

$$V_1 = 10 - 0,2 = 9,8 \text{ м/с.}$$

$$V_1 = 10 - 0,2 = 9,8 \text{ м/с.}$$

$$V_1 = 10 - 0,2 = 9,8 \text{ м/с.}$$

$$V_1 = 10 - 0,2 = 9,8 \text{ м/с.}$$

$$V_1 = 10 - 0,2 = 9,8 \text{ м/с.}$$

$$V_1 = 10 - 0,2 = 9,8 \text{ м/с.}$$

$$V_1 = 10 - 0,2 = 9,8 \text{ м/с.}$$

$$V_1 = 10 - 0,2 = 9,8 \text{ м/с.}$$

$$V_1 = 10 - 0,2 = 9,8 \text{ м/с.}$$

$$V_1 = 10 - 0,2 = 9,8 \text{ м/с.}$$

$$V_1 = 10 - 0,2 = 9,8 \text{ м/с.}$$

$$V_1 = 10 - 0,2 = 9,8 \text{ м/с.}$$

$$V_1 = 10 - 0,2 = 9,8 \text{ м/с.}$$

$$V_1 = 10 - 0,2 = 9,8 \text{ м/с.}$$

$$V_1 = 10 - 0,2 = 9,8 \text{ м/с.}$$

$$V_1 = 10 - 0,2 = 9,8 \text{ м/с.}$$

$$V_1 = 10 - 0,2 = 9,8 \text{ м/с.}$$

$$V_1 = 10 - 0,2 = 9,8 \text{ м/с.}$$

$$V_1 = 10 - 0,2 = 9,8 \text{ м/с.}$$

$$V_1 = 10 - 0,2 = 9,8 \text{ м/с.}$$

Запишем ЗСЧ, т.к. в момент столкно-
вения Грм пренебр. масса.

$$\vec{V}_1 m + \vec{V}_2 m = 2m \cdot 0.$$

$$\vec{V}_1 m = -\vec{V}_2 m$$

$$0x \quad 0 = V_2 \cos \alpha m$$

$$0y \quad m V_1 = V_2 \sin \alpha m$$

$$V_1 = V_2 \sin \alpha$$

$$V_2 = \frac{V_1}{\sin \alpha}$$

$$12500 \overline{) 27}$$

$$900 + 1600 = 2500$$

$$\begin{array}{r} 625 \\ 1250 \\ 1250 \\ \hline 2500 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 12500 \overline{) 54} \\ -108 \\ \hline 170 \\ -162 \\ \hline 80 \\ -54 \\ \hline 260 \\ -216 \\ \hline 440 \\ -438 \\ \hline 28 \end{array}$$

№ 3.4 гравитация

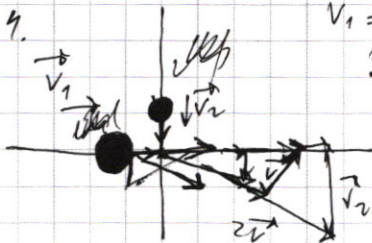
$$\vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}} = m\vec{a}$$

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

$$\text{oy} / N - mg \cos \alpha = 0.$$

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

$$m(g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha + a) = 0.$$



$$v = 25 \text{ м/с}$$

$$v_1 = 30 \text{ м/с}$$

Заменим 3 сч

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

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

из теоремы Пифагора

$$v_1^2 + v_2^2 = 4v^2$$

$$v_2^2 = 4v^2 - v_1^2$$

$$v_2 = \sqrt{4v^2 - v_1^2}$$

$$v_2 = \sqrt{1600} = 40 \text{ м/с}$$

III. К Изменение внутренней энергии равно сумм мех энергии, т.е.

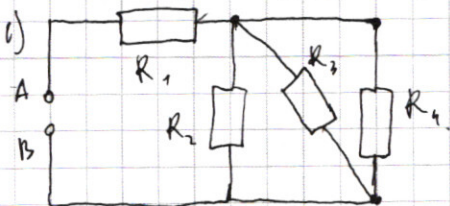
$$\Delta U = 2mc\Delta t$$

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

$$2mc\Delta t = \frac{m(2v^2 - v_1^2 - v_2^2)}{2}$$

$$c = \frac{-2v^2 + v_1^2 + v_2^2}{4\Delta t} = \frac{-2 \cdot 25^2 + 30^2 + 40^2}{4 \cdot 1,35} = \frac{250}{1,35} = 62,5$$

$$R_1 = 2r, R_2 = R_3 = 4r, R_4 = r, U = 8 \text{ В.}$$



R_3 и R_4 соед. последов. паралл.

$$R_{34} = \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4} = \frac{4r^2}{5r} = 0,8r.$$

R_{34} и R_2 - соед. паралл.

$$R_{234} = \frac{R_{34} \cdot R_2}{R_{34} + R_2} = \frac{0,8r \cdot 4r}{4,8r} = \frac{32r^2}{48r} = \frac{2}{3}r.$$

$$R_{1234} = R_1 + R_{234} = 2r + \frac{2}{3}r = \frac{8}{3}r.$$

$$v) P = UI, \text{ т.к. } I_{1234} = I_{234}$$

$$U_{234} = U - U_1$$

$$U_{234} = U - I_1 R_1$$

$$I_1 R_{234} = U - I_1 R_1$$

☒ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 2

(Нумеровать только чистовики)