

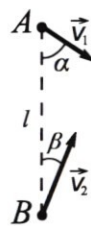
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 09

Вариант 09-02

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

1. 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?

2. 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.

3. 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.

4. 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.

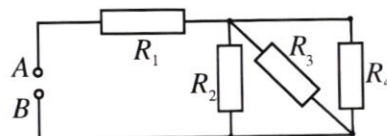
1) С какой скоростью V_2 двигался второй шарик перед слипанием?

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.

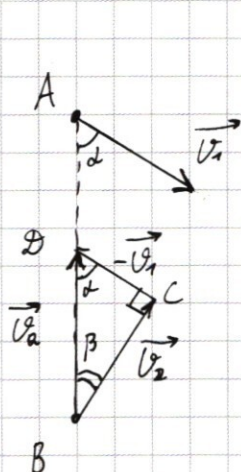
5. Четыре резистора соединены как показано на рисунке. Сопротивления резисторов $R_1 = 2 \cdot r$, $R_2 = R_3 = 4 \cdot r$, $R_4 = r$. На вход АВ схемы подают напряжение $U = 8$ В.

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

1. CO- корабль (A)

$\vec{V}_a = \vec{V}_0 + \vec{V}_n$ - закон сложения скоростей

$$\vec{V}_0 = \vec{V}_2, \quad \vec{V}_n = -\vec{V}_1$$

$$\vec{V}_a = \vec{V}_2 + (-\vec{V}_1)$$

$\vec{V}_a$ лежит на AB, т.к. по условию торпеда попадает в

цель. В $\triangle BCD$: $\angle C = 180^\circ - \angle \alpha - \angle \beta = 180^\circ - 90^\circ = 90^\circ \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{DC}{CB} = \tan \beta = \frac{1}{\sqrt{3}} \Rightarrow \frac{|\vec{V}_1|}{|\vec{V}_2|} = \frac{1}{\sqrt{3}} \Rightarrow V_2 = V_1 \sqrt{3} = 8\sqrt{3} \text{ м/с.}$$

В CO корабля они движутся со скоростью $\vec{V}_a$

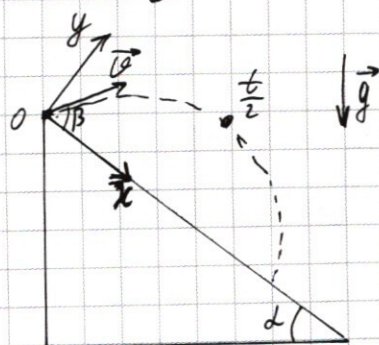
$$\frac{BD}{CD} = \sin \beta = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{CD}{BD} = \sin \beta = \frac{1}{2} \Rightarrow BD = 2CD \Rightarrow |\vec{V}_a| = 2|\vec{V}_1| \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_a = 2V_1 = 2 \cdot 8 = 16 \text{ м/с}$$

$$S = l - V_a T = 800 - 25 \cdot 16 =$$

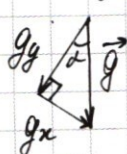
$$= 800 - 400 = 400 \text{ м.}$$

Ответ: $V_2 = 8\sqrt{3} \text{ м/с, } S = 400 \text{ м.}$



✓2

Введем сист. коор. Oxy. Тогда



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

$$g_y = g \cos \alpha = g \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0,8g.$$

$$\vec{V} = \vec{V}_0 + \vec{a}t \Rightarrow \text{на Oy: } 0 = V_y - g_y \frac{t}{2}$$

$$V_y = g_y \frac{t}{2} \Rightarrow t = \frac{2V_y}{g_y} = \frac{2V \sin \beta}{g \cos \alpha}$$

t - max при $\sin \beta = \max \Rightarrow \sin \beta = 1$, т.к. остальные величины - const. $\Rightarrow \beta = 90^\circ$

см. стр. 2

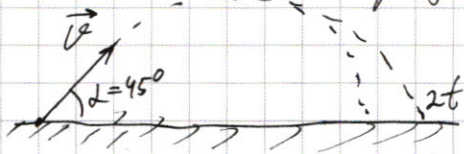
N_2 (продолжение) $0, \text{ т.к. } \cos 90^\circ = 0$

$$\vec{S} = \vec{v}_0 t + \vec{a} \frac{t^2}{2} \Rightarrow \text{на } OX: S = v_{0x} t + g_x \frac{t^2}{2} = v \cos \beta + g \frac{t^2}{2} \sin \alpha =$$

$$= \frac{4v^2 \sin^2 \beta}{2g \cos^2 \alpha} \sin \alpha = \frac{2v^2 \sin \alpha}{g \cos^2 \alpha} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{5g \cos \alpha}{2 \sin \alpha}} = \sqrt{\frac{1600 \cdot 10 \cdot 0,64}{2 \cdot 0,6}} =$$

$$= \sqrt{3000 \cdot 5 \cdot 0,64} = \sqrt{15.000 \cdot 0,64} = \sqrt{150 \cdot 64} = 8 \cdot 5 \sqrt{6} = 40 \sqrt{6} \text{ м/с.}$$

Выведем уравнение $y(x)$ для горизонтальной поверхности
Как известно, на гор. поверхности дальность максимальна если
скорость под 45° к горизонту, т.к. $\tan \alpha = 1$ при $\alpha = 45^\circ$



$$\sin \alpha = \cos \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

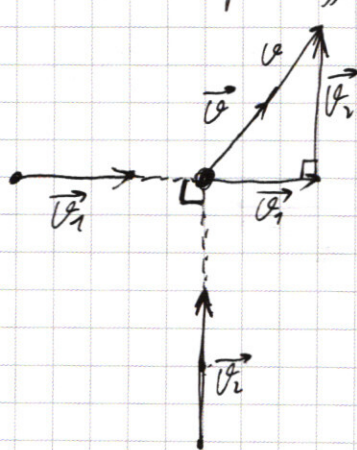
$$v \sin \alpha = gt \Rightarrow t = \frac{v \sin \alpha}{g}$$

$$L = v \cos \alpha \cdot 2t = 2 \frac{v^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} =$$

$$= 2 \frac{1600 \cdot 6 \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2}{10} = \frac{9600 \cdot \frac{1}{2} \cdot 2}{10} =$$

$$= \frac{9600}{10} = 960 \text{ м.}$$

Ответ: $\beta = 90^\circ$, $L = 960 \text{ м.}$



N_4

Удар неупругий, внешних сил нет $\Rightarrow$ работает
ЗСУ:

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

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

$$\Rightarrow v_2 = \sqrt{4v^2 - v_1^2} = \sqrt{2500 - 900} = 40 \text{ м/с}$$

Теперь запишем ЗСЭ:

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

$$2cat = 0,5v_1^2 + 0,5v_2^2 - v^2$$

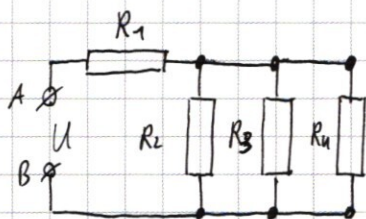
$$c = \frac{0,5v_1^2 + 0,5v_2^2 - v^2}{2at} = \frac{450 + 800 - 625}{2 \cdot 1 \cdot 7} = \frac{625}{14} = 231 \frac{1}{14} \text{ Дж/кг} \cdot \text{с.}$$

$$\begin{array}{r} 6250 \overline{) 14} \\ \underline{54} \\ 85 \\ \underline{81} \\ 40 \\ \underline{28} \\ 120 \\ \underline{108} \\ 120 \\ \underline{112} \\ 80 \end{array}$$

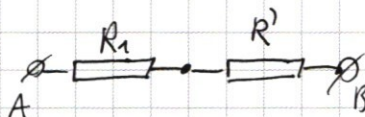
Ответ: $v_2 = 40 \text{ м/с}$, $c = 231 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{с}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N5



$\Leftrightarrow$



По зак. пар. соед.:

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \frac{1}{4r} + \frac{1}{4r} + \frac{1}{r} = \frac{6}{4r}$$

$$R' = \frac{4}{6} r = \frac{2}{3} r$$

$$R_{AB} = R_1 + R' = (2 + \frac{2}{3}) r = \frac{8}{3} r \approx 2,67 r$$

П.к. сборки $R_2 - R_3 - R_4$ можно заменить на 1 резистор с сопр. R' ,

то $\cancel{P_{R_2} + P_{R_3}} P_{R_2} + P_{R_3} + P_{R_4} = P_{R'} = P$

$$I_0 = \frac{U}{R_{AB}} = \frac{U}{\frac{8}{3} r} = \frac{8}{8 \cdot 6} = 0,5 A$$

$$R' = \frac{2}{3} r = 4 \Omega$$

$$P = P_{R'} = U_{R'} I_{R'} = I_{R'}^2 \cdot R' = I_{AB}^2 \cdot R' = 0,25 \cdot 4 = 1 B.T.$$

Ответ: $\cancel{R_{AB} = \frac{8}{3}}$ $R_{AB} = 2,67 r$, $P = 1 B.T.$

$$P = \frac{U^2}{R} \quad P = UI = I^2 R$$

$$I = \frac{U}{R} \Rightarrow U = IR$$

N3

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$

$$v_1 = gT = 2 \text{ м/с}$$

По 3CU: $mv_1 + mv_2 = 2mv_3 \Rightarrow$

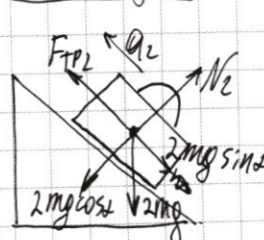
$$\Rightarrow v_3 = \frac{v_1 + v_2}{2} - \text{ск. после удара}$$

$$2at = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

$$a \cdot t = v_2 \Rightarrow at = \frac{v_1}{2}$$

$$3v_2 = v_1 \Rightarrow v_2 = \frac{v_1}{3} = 0,67 \text{ м/с}$$

Ответ: $v_1 = 2 \text{ м/с}$, $v_2 = 0,67 \text{ м/с}$



УД - Земля

по I зак. Н:

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

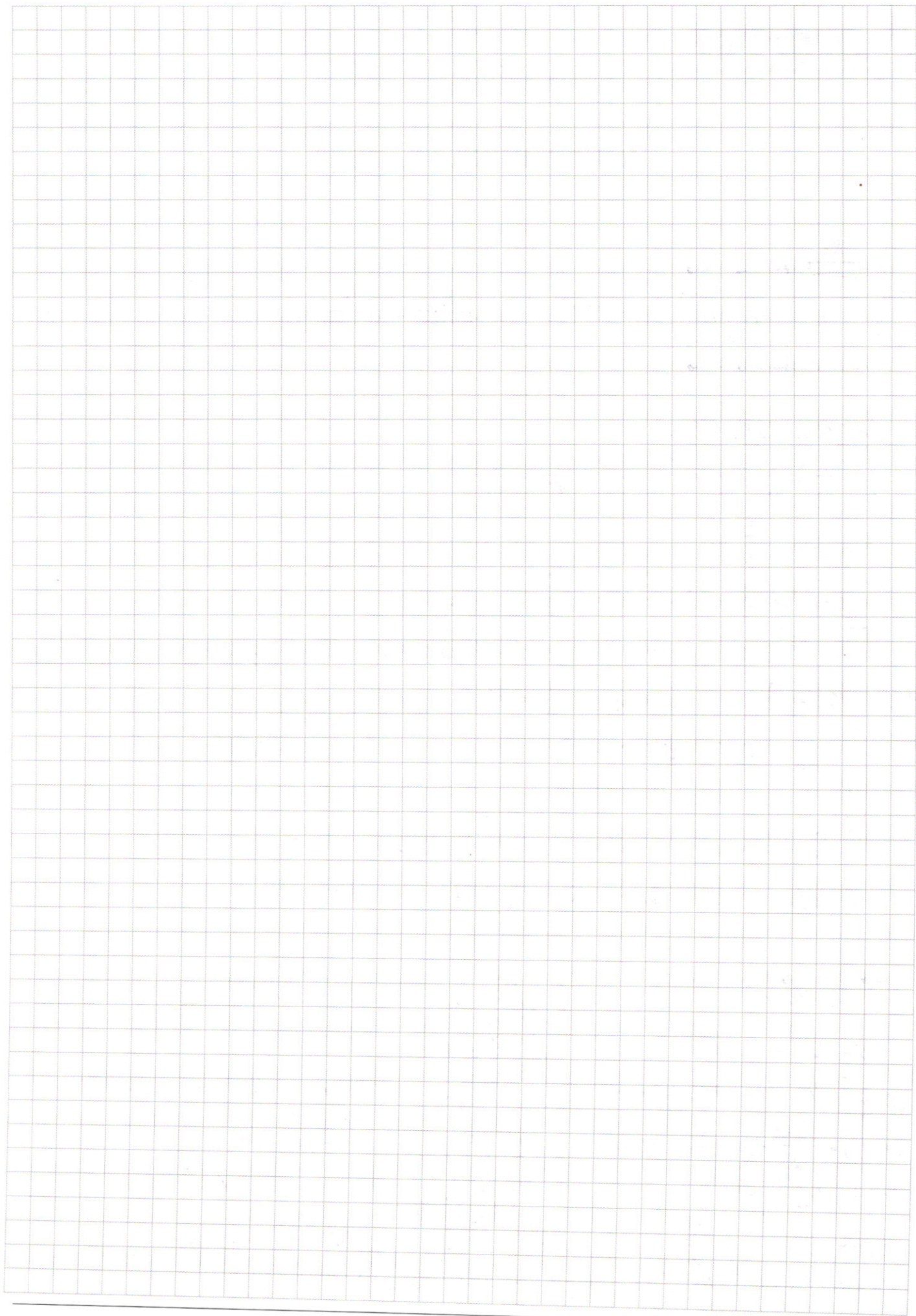
по II зак. Н:

$$ma_2 = 2\mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha$$

Значит $a_2 = 2a$

a_2 - ускорение бруска и пластины

$$\vec{F} = m\vec{a}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

ЛСО- корабли

$9v_1^2 = v_1^2 + v_2^2$

$v_2 = \sqrt{3} v_1 = 8\sqrt{3}$

Оммы. со скоростью $2v_1 = 16 \text{ км/с}$

$S = l - 2v_1 T = 800 - 2 \cdot 8 \cdot 46 = 800 - 2 \cdot 200 = 800 - 400 = 400 \text{ м}$

$gt = v \sin \alpha = t = \frac{v \sin \alpha}{g}$

$x(t) = v \cos \alpha t + \frac{gt^2}{2} = v \cos \alpha t + \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{2g}$

$L = 2v \cos \alpha \frac{v \sin \alpha}{g} + \frac{g}{2} \frac{4 \cdot v^2 \sin^2 \alpha}{g^2} =$

$= 2v \cos \alpha \sin \alpha +$

$g_y = g \cos \alpha$

$\frac{g_y}{g} = \cos \alpha$

$g_y = g \cos \alpha = 0,8g$

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

$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - 0,36} = \sqrt{0,64} = 0,8$

$S = 1,8 \text{ км}$

$S = v_x t + \frac{g_y t^2}{2} = v \cos \beta t + \frac{g \sin \beta t^2}{2} \Rightarrow S = v \cos \beta \cdot 2v \frac{\sin \beta}{g \cos \beta} + \frac{g \sin \beta}{2} \cdot 4v^2 \frac{\sin^2 \beta}{g^2 \cos^2 \beta}$

$\frac{t}{2} = \frac{v_y}{g_y} = v \frac{\sin \beta}{g \cos \beta} \Rightarrow t = 2v \frac{\sin \beta}{g \cos \beta} = \frac{2v}{g \cos \beta}$

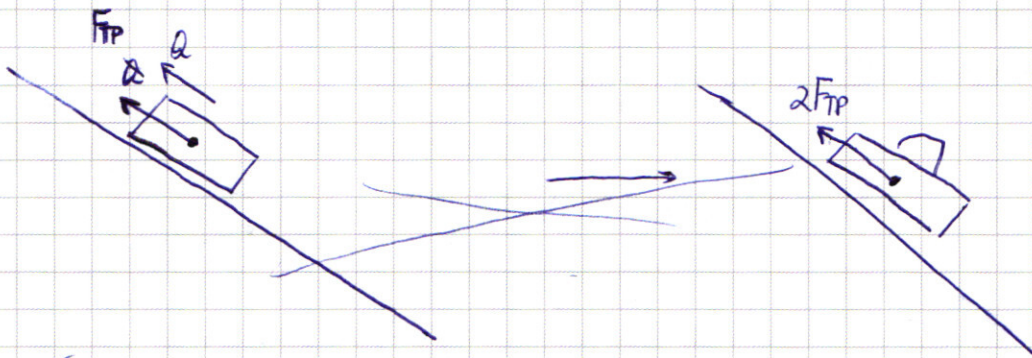
$t_{\max} \text{ при } \sin \beta - \max \Rightarrow \sin \beta = 1 \Rightarrow \beta = 90^\circ$

$\cos \beta = 0$

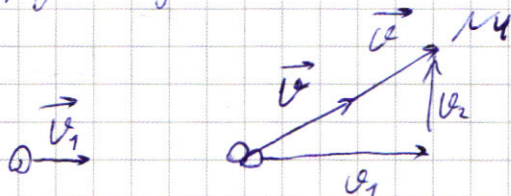
$S = v_x t + \frac{g_y t^2}{2} = v \cos \beta \cdot \frac{2v}{g \cos \beta} + \frac{g \sin \beta}{2} \cdot \frac{4v^2}{g^2 \cos^2 \beta} = \frac{4v^2 \sin \beta}{2g \cos^2 \beta} = \frac{2v^2 \sin \beta}{g \cos^2 \beta}$

$v = \sqrt{\frac{S \cdot g \cos^2 \beta}{2 \sin \beta}} = \sqrt{\frac{1800 \cdot 10 \cdot 0,64}{2 \cdot 0,6}} = \sqrt{\frac{3000 \cdot 10 \cdot 0,64}{2}} = \sqrt{1500 \cdot 10 \cdot 0,64} = \sqrt{15 \cdot 1000 \cdot 0,64} =$

$= \sqrt{150 \cdot 64} = 8,5 \cdot \sqrt{6} = 40\sqrt{6}$



Брусок идет вверх, иная сила ускорения.



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

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

$$v_2 = \sqrt{4v^2 - v_1^2} = \sqrt{50^2 - 30^2} = \sqrt{2500 - 900} = 40 \text{ м/с}$$

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

$$\frac{v_1^2}{2} + \frac{v_2^2}{2} = v^2 + 2c\Delta t$$

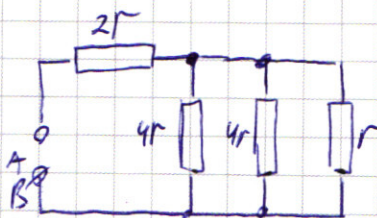
$$c = \frac{0,5v_1^2 + 0,5v_2^2 - v^2}{2\Delta t} = \frac{0,5 \cdot 900 + 0,5 \cdot 1600 - 625}{2,7} =$$

$$= \frac{450 + 800 - 625}{2,7} = \frac{1250 - 625}{2,7} = \frac{625}{2,7}$$

$$\begin{array}{r} 62500 \overline{) 135} \\ 540 \\ \hline 250 \\ 610 \\ \hline 400 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 6250 \overline{) 27} \\ 54 \\ \hline 85 \\ 901 \\ \hline 40 \end{array} \quad \begin{array}{r} 27 \\ 231,4666... \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 85 \\ 901 \\ \hline 40 \\ 27 \\ \hline 130 \\ 112 \\ \hline 180 \\ 162 \\ \hline 18 \end{array} \quad \boxed{231,47}$$



$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{R} + \frac{1}{4r} + \frac{1}{4r} = \frac{6}{4r}$$

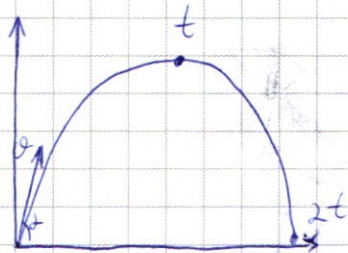
$$R' = \frac{4}{6}r$$

$$R_1 = R + R' = 2r + \frac{4}{6}r = 2\frac{2}{3}r = 2,67r$$

$$I_0 = \frac{U}{R_0} = 0,5 \text{ A} \quad R_0 = 2\frac{2}{3} \cdot 6 = \frac{8}{3} \cdot 6 = 16 \Omega$$

$$I_0^2 \cdot R = 0,25 \cdot 4 = 1 \text{ Вт} \quad R' = 4 \Omega$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$v \sin \alpha = g t \Rightarrow t = \frac{v \sin \alpha}{g}$$

$$L = v_y \cdot 2t + \frac{gt^2}{2} = 2v_y t + \frac{gt^2}{2}$$

$$L = v_y \cdot 2t = 2v \sin \alpha \cos \alpha =$$

$$y(t) = v \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$x(t) = v \cos \alpha t \Rightarrow t = \frac{x}{v \cos \alpha}$$

~~$$y(x) =$$~~
$$gt = v \sin \alpha \Rightarrow t = \frac{v \sin \alpha}{g}$$

$$2t v \cos \alpha = L$$

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

$L_{\max}$ при $\sin \alpha \cos \alpha = \max$

$$\sin \alpha \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0$$

$$y(x) = v \sin \alpha \frac{x}{v \cos \alpha} - \frac{g}{2} \frac{x^2}{v^2 \cos^2 \alpha} = x \tan \alpha - \frac{gx^2}{2v^2} (\tan^2 \alpha + 1)$$

$$y(x) = 0 \Rightarrow$$

~~$$x \tan \alpha = \frac{gx^2}{2v^2} (\tan^2 \alpha + 1)$$~~

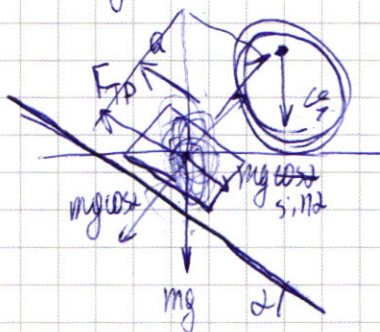
~~$$x = \frac{2v^2 \tan \alpha}{g(\tan^2 \alpha + 1)}$$~~

$$x \tan \alpha = \frac{gx^2}{2v^2 \cos^2 \alpha}$$

$$\tan \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{gx}{2v^2 \cos^2 \alpha}$$

$$x = \frac{2v^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g}$$

$$v_1 = gT = 2 \text{ м/с}$$



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

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

~~$$g(1 - \cos \alpha) - g \mu \cos \alpha = a$$~~

~~$$g - g \cos^2 \alpha = a + 2ag\mu \cos \alpha$$~~

~~$$mg \sin \alpha$$~~

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

~~$$\sin \alpha - \mu \cos \alpha = \frac{a}{g} = 0,2$$~~

~~$$1 - \cos^2 \alpha = 0,04 \mu \cos^2 \alpha$$~~

~~$$1 = 1,04 \mu \cos^2 \alpha$$~~

~~$$\cos^2 \alpha = \frac{1}{3,04 \mu}$$~~

$$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = Q_{\text{мех}}$$

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

$$0,5v_1^2 + 0,5v_2^2 = v_1^2$$

$$192 = 64 \cdot 3$$

$$384 = 128 \cdot 3 = 8^2 \cdot 6$$

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

$$\bar{g}$$

~~0,043~~

~~$$0,043 \sin \alpha - 0,04 \cos \alpha = \mu \cos^2 \alpha$$~~

~~$$0,04 = 1,04 \mu \cos^2 \alpha$$~~

$$0,2 = \mu \cos^2 \alpha - \sin \alpha$$

$$\mu \cos^2 \alpha - 0,2 = \sin \alpha$$

$$\mu^2 \cos^2 \alpha - \mu \cos^2 \alpha + 0,04 = 1 - \cos^2 \alpha$$

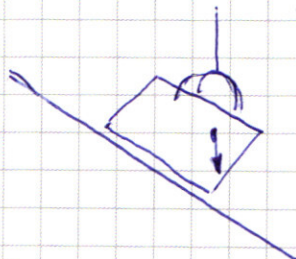
$$\cos^2 \alpha (1 + \mu^2) - 0,4 \mu \cos^2 \alpha - 0,96 = 0$$

~~$$D = \mu^4 + 2\mu^2 + 4 \cdot 0,16\mu^2 + 4 \cdot 0,96(1 + \mu^2) = 3,8 \mu^2 + 0,16\mu^2 + 3,84 + 3,84\mu^2 = 3,84 + 4\mu^2$$~~

$$\cos \alpha = \frac{0,4\mu \pm \sqrt{14\mu^2 + 3,84}}{2 + 2\mu^2}$$



~~mg cos alpha~~



$$N - mg = ma \Rightarrow a =$$

$$a = v_1 t$$

~~$$2at = v_2$$~~

~~$$2a = 2F_{\text{тр}} - mg \sin \alpha$$~~

~~$$2a \cdot t = v_2 + 0,5v_1 \frac{v_1 + v_2}{2}$$~~

$$a \cdot t = v_2$$

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

$$2v_2 = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

$$4v_2 = v_1 + v_2$$

$$3v_2 = v_1$$

$$v_2 = \frac{v_1}{3} = 0,67 \text{ м/с}$$



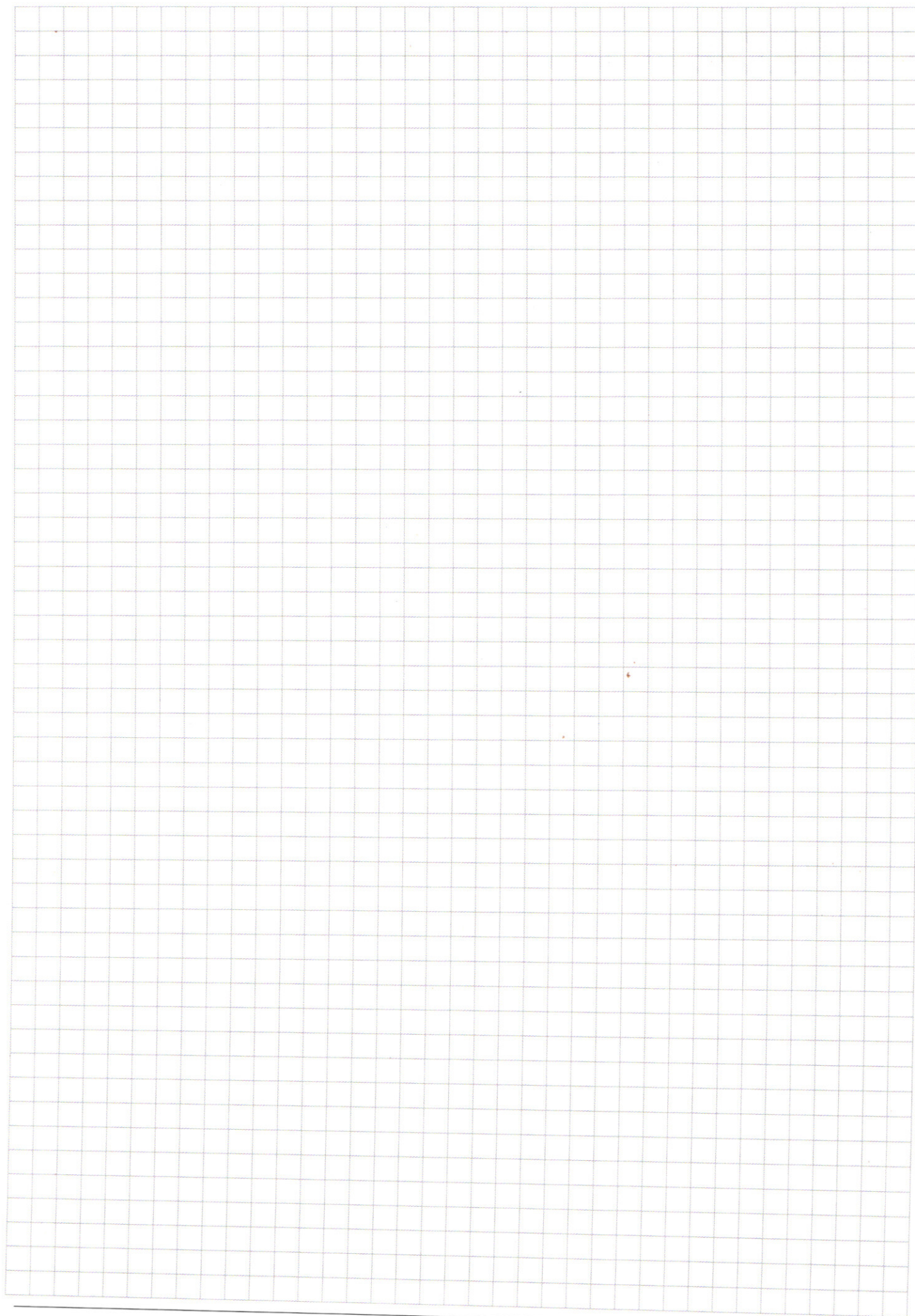
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)