

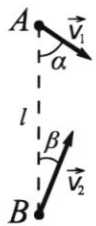
Олимпиада «Физтех» по физике, (

Вариант 09-02

Класс 09

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

1. Корабль A и торпеда B в некоторый момент времени находятся на расстоянии $l = 0,8$ 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.

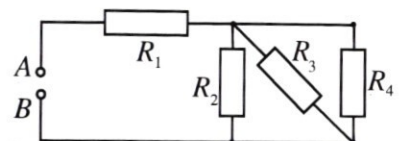
1) С какой скоростью V_2 двигался второй шарик перед слипанием?

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

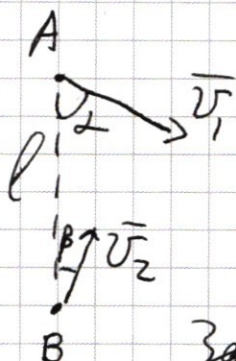
1) Найдите эквивалентное сопротивление R_{AB} цепи.

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



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1



$$l = 0,8 \text{ км}$$

$$v_1 = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

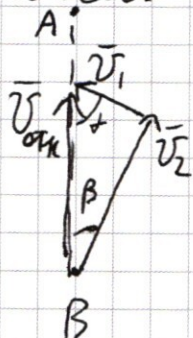
$$v_2 = ?$$

$$\alpha = \frac{\pi}{3}$$

$$\beta = \frac{\pi}{6}$$

$$T = 25 \text{ с}$$

Заметим, что в С.О. А вектор относительной скорости В $v_{\text{отн}} = v_2 + v_1$ будет направлен в т. А, т. к. корабля пошла в корабль.



По т. синусов:

$$\frac{v_1}{\sin \beta} = \frac{v_2}{\sin \alpha} \Rightarrow v_2 = v_1 \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = v_1 \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2}} =$$

$$= \sqrt{3} v_1 = \sqrt{3} \cdot 8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$S = l - v_{\text{отн}} T = l - \sqrt{v_1^2 + v_2^2} T = l - 2v_1 T =$$

$$= 400 \text{ м}$$

Ответ: $v_2 = \sqrt{3} \cdot 8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $S = 400 \text{ м}$

Задача 2

$$\text{I } v_x(t) = v_0 \cos(\beta - \alpha)$$

$$\text{II } v_y(t) = v_0 \sin(\beta - \alpha) - g t$$

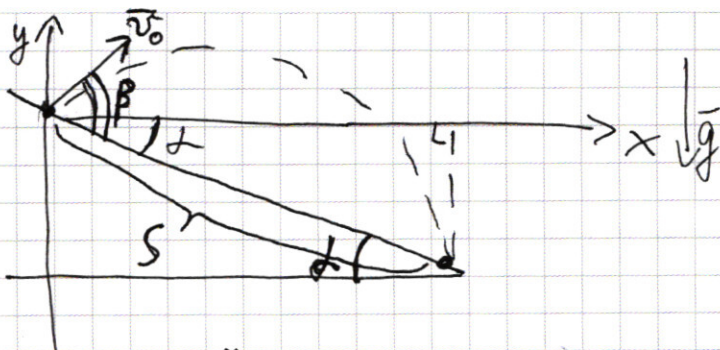
$$\text{III } x(t) = v_0 \cos(\beta - \alpha) t$$

$$\text{IV } y(t) = v_0 \sin(\beta - \alpha) t - \frac{g t^2}{2}$$

$$y(x) = -\frac{g}{2v_0^2} x^2$$

↑
ур-е ГМТ на кр-
м-тм.

уравнения движения
оси - см. рисунок



v_0 - начальная скорость.

$$\sin \alpha = 0,6 \quad S = 1800 \text{ м}$$

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

$$\tan \alpha = \frac{3}{4}$$

$$x(t_{\text{полета}}) = v_0 \cos(\beta) t_{\text{полета}} = S \cos \alpha$$

$$v_0 = \frac{S \cos \alpha}{\cos(\beta) t_{\text{полета}}}$$

Подставим III ур-е в IV:

$$y = -\frac{gt^2}{2} + v_0 \sin(\beta) t_{\text{полета}}$$

Подставим в выписанное ур-е IV:

$$v_0 \sin(\beta) t_{\text{полета}} - \frac{gt_{\text{полета}}^2}{2} = -\frac{gt_{\text{полета}}^2}{2} + v_0 \sin(\beta) t_{\text{полета}}$$

$$\frac{gt_{\text{полета}}}{2} = v_0 \sin(\beta) + \frac{gt_{\text{полета}}}{2} \cos(\beta) v_0$$

$$t_{\text{полета}} = \frac{2v_0}{g} (\sin(\beta) + \cos(\beta))$$

$$t_{\text{полета}} = \max; \quad \frac{2v_0}{g} = \text{const}$$

$$\sin(\beta) + \cos(\beta) = \max$$

$$\sqrt{1 + \left(\frac{3}{4}\right)^2} = \frac{5}{4}$$

$$\sin(\beta - \alpha) + \frac{3}{4} \cos(\beta - \alpha) = \frac{5}{4} \left(\cos(\beta) \frac{3}{5} + \sin(\beta) \frac{4}{5} \right) =$$

$$= \frac{5}{4} (\cos(\beta - \alpha) \sin \alpha + \sin(\beta - \alpha) \cos \alpha) = \frac{5}{4} \sin((\beta - \alpha) + \alpha) =$$

$$= \frac{5}{4} \sin \beta = \max \Rightarrow \sin \beta = 1 \Rightarrow \boxed{\beta = 90^\circ}$$

$$t_{\text{полета}} = \frac{5v_0}{2g}$$

$$\cos \beta - \alpha = \sin \alpha$$

$$v_0 = \frac{S \cos \alpha}{\cos(\beta - \alpha) \frac{5v_0}{2g}} \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2S \cos \alpha g}{5 \cos(\beta - \alpha)}} =$$

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 1800 \text{ м} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{4}{5}}{5 \cdot \frac{3}{5}}} = 40\sqrt{6} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 2. Продолжение.

По горизонт. пв-ту:

$$L_{\max} = \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

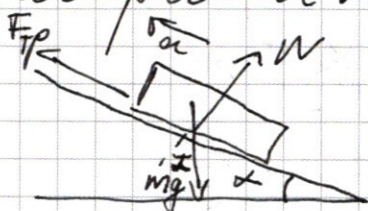
$2\alpha = 90^\circ \rightarrow \sin 2\alpha = \max$

$$= \frac{v_0^2}{g} = \frac{40^2 \cdot 6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 160 \cdot 6 \text{ м} = 960 \text{ м}$$

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

Задача 3.

Рассмотрим брусок до падения шарика:



α - угол между
накл. пл-тью и
пв-тью

По II 3 Ньютона:

$$N = mg \cos \alpha \quad (\text{на ось } \perp \text{ накл. пл-ти})$$

$$ma = \mu N - mg \sin \alpha \quad (\text{на ось } \parallel \text{ накл. пл-ти})$$

$$\mu N = mg \sin \alpha + ma$$

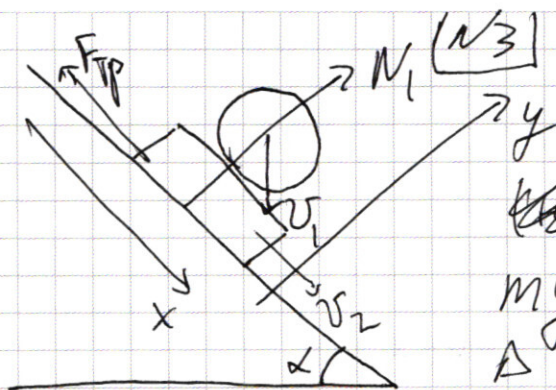
$$\mu = \tan \alpha + \frac{a}{g \cos \alpha}$$

Рассмотрим падение мяча:

$$\Delta T = 0,2 \text{ с} \quad g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$v_y = g \Delta T = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Рассмотрим соударение мяча и бруска:



Закон сохранения импульса на ось OX:

~~мг шарика~~
 $mg \Delta t$ можно пренебречь
 Δt - время удара.

$$m v_1 \sin \alpha + m v_2 = \Delta t \underbrace{m N_1}_{F_{TP}}$$

OY: (на шарик)

$$m v_1 \cos \alpha = N_1 \Delta t$$

N_1 - сила реакции опоры, возникшая при ударе N_1 между телом m -ю и бруском $\approx N_1$ между шариком и бруском

Подставим:

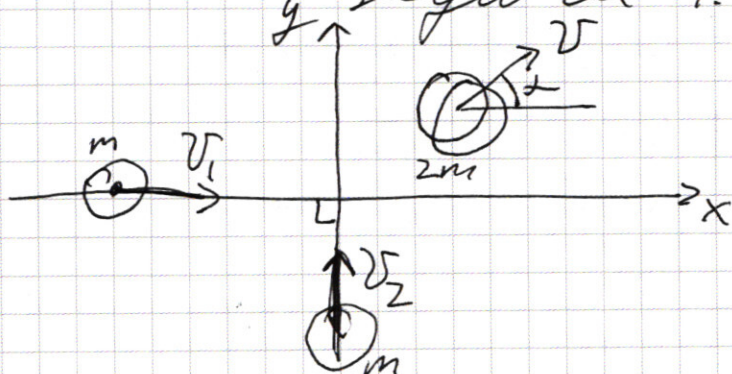
$$m v_1 \sin \alpha + m v_2 = \left(\tan \alpha + \frac{a}{g \cos \alpha} \right) m v_1 \cos \alpha$$

$$m v_1 \sin \alpha + m v_2 = m v_1 \sin \alpha + \frac{a}{g} v_1 m$$

$$v_2 = \frac{a}{g} v_1 = \frac{2 \frac{m}{c^2}}{10 \frac{m}{c^2}} \cdot 2 \frac{m}{c} = 0,8 \frac{m}{c}$$

Ответ: $v_1 = 2 \frac{m}{c}$; $v_2 = 0,8 \frac{m}{c}$

Задача 4. Начало.



$$v = 25 \frac{m}{c}$$

$$v_1 = 30 \frac{m}{c}$$

Закон сохранения импульса:

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

$$\begin{aligned} 2v \cos \alpha &= v_1 \\ 2v \sin \alpha &= v_2 \end{aligned} \quad \begin{aligned} \swarrow \text{из ЗСИ} \\ \searrow \text{на каждую из осей} \end{aligned}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 4. Продолжение.

$$\cos \alpha = \frac{v_1}{2v} = \frac{3}{5}$$

$$\sin \alpha = \frac{4}{5}$$

$$v_2 = 2v \sin \alpha = 40 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_2 = 40 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

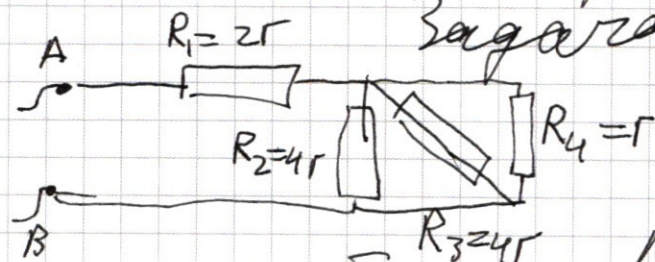
Закон сохранения энергии:

$$\frac{mv^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = \frac{2mv^2}{2} + 2cm\Delta T \quad \Delta T = 1,35^\circ\text{C}$$

$$c = \frac{v_1^2 + v_2^2 - 2v^2}{4\Delta T} = \frac{1250 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{5,4^\circ\text{C}} \approx 224 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

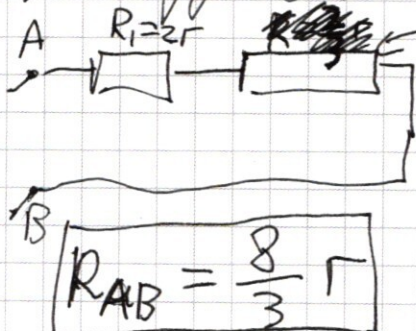
Ответ: $v_2 = 40 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $c = 224 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$

Задача 5



Заметим, что R_2, R_3 и R_4 - парал-

лельно соединены между собой и последовательно с R_1 .



$$R_{2,3,4 \text{ паралл}} = \frac{2}{3} R$$

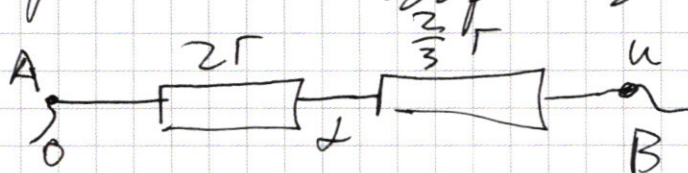
$$R_{11} = \frac{R_a R_b}{R_a + R_b}$$

$$R_{\text{полн}} = R_a + R_b$$

$$R_{AB} = \frac{8}{3} \Gamma$$

Так как подключение R_2, R_3 и R_4 - параллельно, то направление тока в них

Задача 5. Продолжение
одинаково. ~~и равно~~



$$U = 8 \text{ В}$$

$$r = 6 \text{ Ом}$$

II 3-х Кирхгофа:

$$\frac{I}{2r} = \frac{U-I}{\frac{2}{3}r} \Rightarrow I = 3(U-I)$$

$$I = \frac{3}{4}U$$

по 3 Дюуи-Ленца

$$P_i = I_i^2 R_i = U_i I_i =$$

$$P = P_2 + P_3 + P_4$$

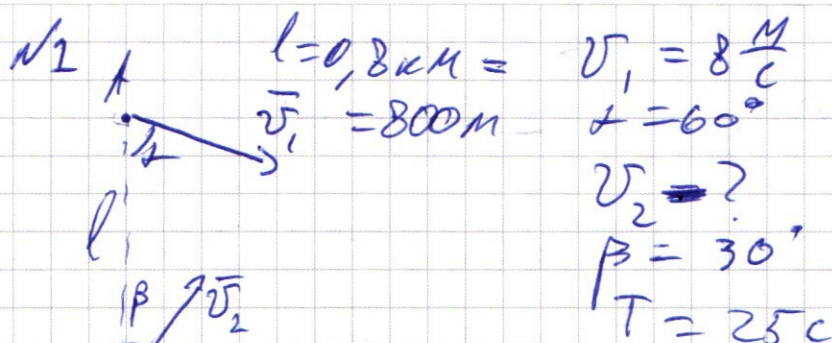
$$= \frac{U_i^2}{R_i}$$

$$P = (U-I)^2 \left(\frac{1}{4r} + \frac{1}{4r} + \frac{1}{r} \right) = \frac{U^2}{16} \cdot \frac{3}{2} =$$

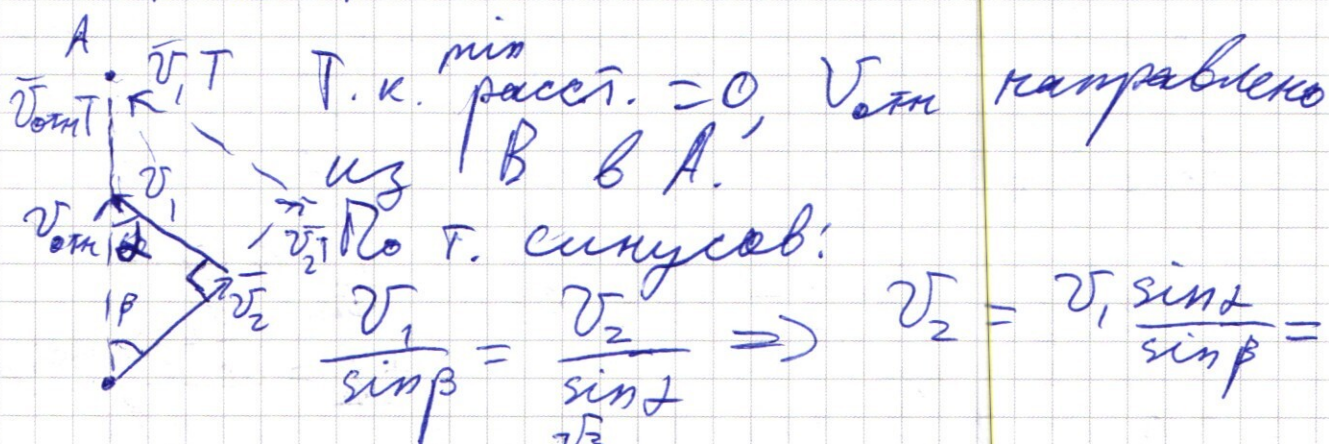
$$= \frac{64 \cdot 3}{16 \cdot 2 \cdot 6} \text{ Ватт} = 1 \text{ Ватт}$$

Ответ: $R_{AB} = \frac{8}{3} \text{ Ом}; P = 1 \text{ Ватт}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



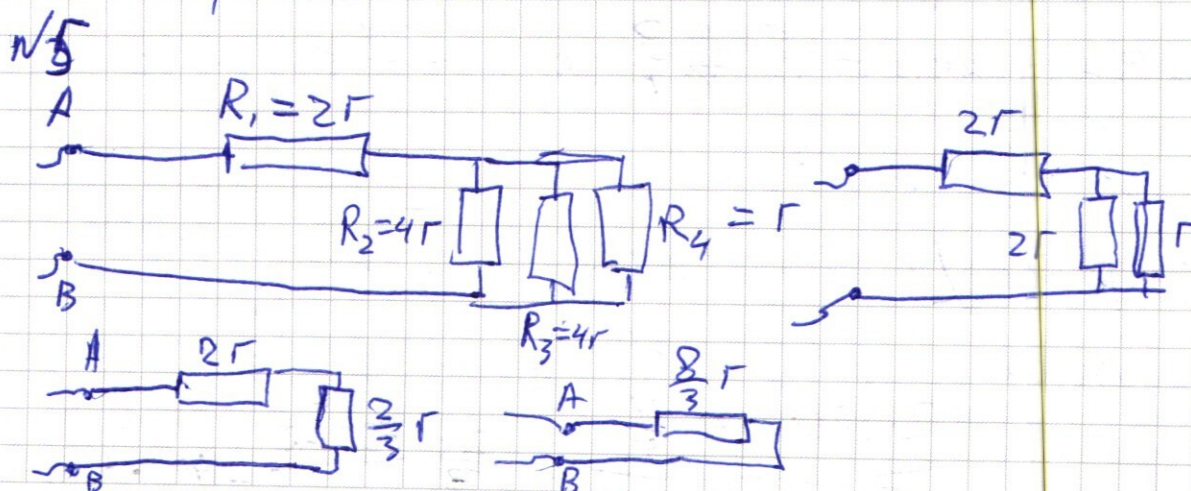
В С.О. А:

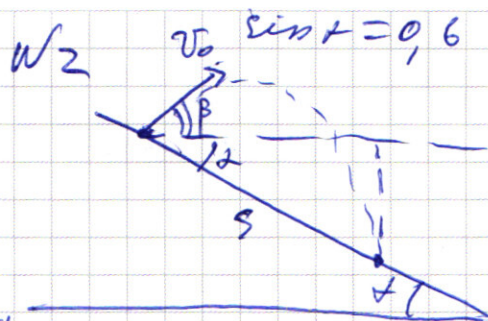


$$= v_1 \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2}} = \sqrt{3} v_1$$

$$S = l - v_{\text{отн}} T = \frac{l}{2} - \sqrt{v_1^2 + v_2^2} T = l -$$

$$- 2 v_1 T = 400 \text{ м}$$





$$I \quad x(t) = v_0 \cos \beta \left(t - \frac{v_0 \sin \beta}{g} \right)$$

$$II \quad y(t) = v_0 \sin \beta t - \frac{gt^2}{2}$$

$$III \quad x(t) = v_0 \cos \beta t$$

$$IV \quad y(t) = v_0 \sin \beta t - \frac{gt^2}{2}$$

$$y(x) = -\frac{g}{2} t^2 + x$$

$$v_0 \cos \beta t = s \cos \alpha$$

$$v_0 = \frac{s \cos \alpha}{\cos \beta t}$$

$$- \frac{gt}{2} + v_0 \cos \beta t = v_0 \sin \beta t - \frac{gt^2}{2} \quad t \neq 0:$$

$$- \frac{gt}{2} + v_0 \cos \beta = v_0 \sin \beta - \frac{gt}{2}$$

$$t = \frac{2v_0}{g} (\sin \beta + \frac{gt}{2} \cos \beta) \quad t_{\text{max}} = \frac{v_0 \sin \beta}{g}$$

$$t = \text{max}: \sin \beta + \frac{gt}{2} \cos \beta = \text{max}$$

$$1 \cdot \sin \beta + \frac{3}{4} \cos \beta = \text{max}$$

$$\cos(\beta + \alpha) = \cos \beta \cos \alpha - \sin \beta \sin \alpha$$

$$1 \cdot \sin \beta + \frac{3}{4} \cos \beta = \frac{5}{4} \left(\frac{4}{5} \cos \beta + \frac{3}{5} \sin \beta \right) = \frac{5}{4} \cos \left(\frac{\pi}{2} - \alpha - \beta \right)$$

$$\frac{5}{4} (\cos \beta \sin \alpha + \sin \beta \cos \alpha) = \frac{5}{4} \sin(\alpha + \beta)$$

$$\sin \alpha + \beta = \text{max}$$

$$t = \frac{5v_0}{2g}$$

$$2 + \beta = 90^\circ \quad \beta = 90^\circ - \alpha = 90^\circ - 11^\circ = 79^\circ$$

$$\frac{2 \cdot 1800 \cdot 10 \cdot \frac{4}{5}}{5 \cdot \frac{3}{4}} = \frac{2 \cdot 1800 \cdot \frac{\pi}{4} - \arcsin \frac{3}{5}}{3} = \frac{2 \cdot 1800 \cdot \frac{\pi}{4} - \arcsin \frac{3}{5}}{3}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\frac{1}{\sqrt{3}}$

$\mu = \tan \alpha + \frac{a}{g \cos \alpha}$

$U_1 = g \Delta T = 2 \frac{M}{c}$

ОХ:

$m U_1 \sin \alpha + m U_2 = \Delta t \mu N_1$

ОУ:

$m U_1 \cos \alpha = N_1 \Delta t$

Подставим:

$m U_1 \sin \alpha + m U_2 = \left(\tan \alpha + \frac{a}{g \cos \alpha} \right) m U_1 \cos \alpha$

$m U_1 \sin \alpha + m U_2 = m U_1 \sin \alpha + \frac{a}{g} U_1 m$

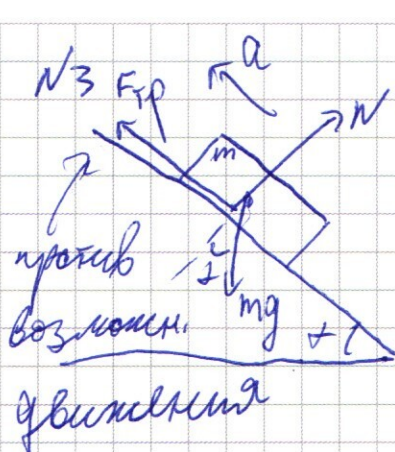
$U_2 = \frac{a}{g} U_1$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



по 234: на ось I пов-ти накл пл.-ти.
на ось II пов-ти накл пл.-ти:

$$N = mg \cos \alpha$$

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

$$\mu N = mg \sin \alpha + ma$$

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

$$\mu = \tan \alpha + \frac{a}{g \cos \alpha}$$

~~Вектор скорости~~ ко ось OX
ЗСН.

~~Вектор ускорения:~~

Время зрара

$$mV_1 + mV_2 \sin \alpha = 0 + N_1 \Delta t (\sin \alpha + \mu)$$

На ось OY: ВС. Обрубка за Δt

$$N_1 \Delta t = mV_1 \cos \alpha \quad V_2 \sim \text{const.}$$

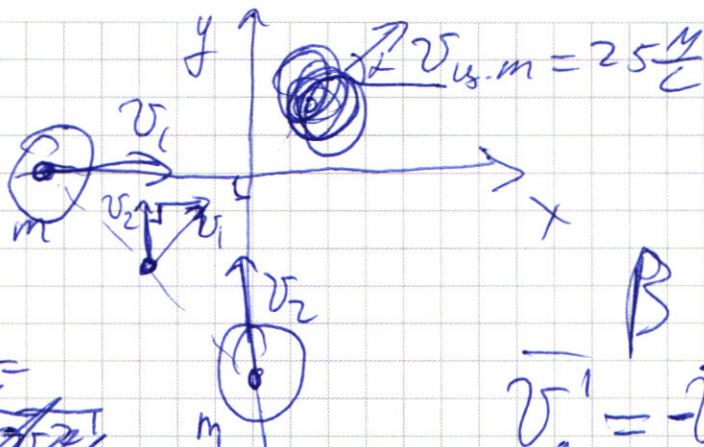
$$V_1 + V_2 \sin \alpha = \left(\tan \alpha + \frac{a}{g \cos \alpha} \right) V_1 \cos \alpha \sin \alpha$$

$$V_1 \left(1 + \sin \alpha + \frac{a}{g} \right) = V_2 \sin \alpha$$

$$V_1 + V_2 \sin \alpha = \left(\sin^2 \alpha + \frac{a \sin \alpha}{g} \right) V_1$$

$V_1 = g \Delta t = 2 \frac{m}{c}$

N4



B.C. iz. u:

$$\overline{v_1} = -\overline{v_2}$$

$$\overline{v_2} = \overline{v_1}$$

$$2m \overline{\psi} = m \overline{\psi}_1 + m \overline{\psi}_2$$

$$2 \bar{V} = \bar{V}_1 + \bar{V}_2$$

$$2V_{\text{loss}} = V_1$$

$$2V_{\text{g}} \sin \alpha = V_2$$

$$\rightarrow \cos x = \frac{\sin \frac{\pi}{2}}{\sin \frac{\pi}{2}}$$

$$\cos \theta = \frac{30 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{50 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \frac{3}{5}$$

$$v_2 = \frac{8}{5} v_{u.m} = 40 \frac{m}{s} \quad \sin \varphi = \frac{4}{5}$$

$$\sin \theta = \frac{4}{5}$$

$$\frac{m v_1^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2} = \frac{2 m v_{\text{cm}}^2}{2} + 2 C m \Delta T$$

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

$$4 + 1, 2 + 0, 2 = 5, 4$$

$$C = \frac{v_1^2 + v_2^2 - 2v_1 v_2 \cos \theta}{4 \Delta T} = \frac{1600 \frac{m^2}{s^2} + 900 \frac{m^2}{s^2} - 1250 \frac{m^2}{s^2}}{5.4^\circ C}$$

$$= \frac{1250 \frac{m^2}{s^2}}{5.4^\circ C} \approx 224 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$$

$$\begin{array}{r} 12500 \\ - 108 \\ \hline 130 \\ - 108 \\ \hline 220 \\ - 216 \\ \hline 4 \end{array}$$