

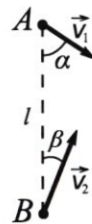
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

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. Пластилиновый 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 пластилина 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.

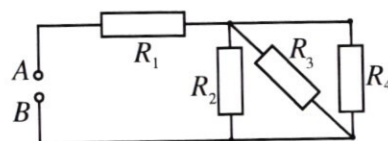
5. Четыре резистора соединены как показано на рисунке. Сопротивления резисторов $R_1 = 2 \cdot r$,

$R_2 = R_3 = 4 \cdot r$, $R_4 = r$. 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

Дано:

$$V_1 = 8 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$\beta = 30^\circ$$

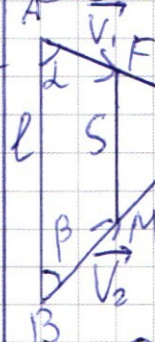
$$L = 800 \text{ м}$$

$$T = 25 \text{ с}$$

$$S = ?$$

$$V_2 = ?$$

Решение:



Пусть время за которое
торпеда и корабль встретятся
моя T , тогда из Δ -ка ABC:

$$\sin \beta = \frac{V_1 T}{L} \quad \sin \alpha = \frac{V_2 T}{L}$$

$$\frac{\sin \beta}{\sin \alpha} = \frac{V_1}{V_2} \quad ; \quad V_2 = \frac{V_1 \sin \alpha}{\sin \beta} L$$

$$V_2 = \frac{8 \text{ м/с} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{0,5} = 8\sqrt{3} \text{ м/с}$$

Найдем T :

$$T = \frac{\sin \beta \cdot L}{V_1} \quad ; \quad T = \frac{0,5 \cdot 800 \text{ м}}{8 \text{ м/с}} = 50 \text{ с}$$

$$\Delta ACB \sim \Delta FCM \Rightarrow \frac{L}{S} = \frac{V_1 T}{V_1(T-T)} \quad ; \quad \frac{L(T-T)}{V_1 T} = S$$

$$S = \frac{800 \text{ м} \cdot (50 - 25)}{50 \text{ с}} = 400 \text{ м}$$

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

Задача 5

Дано:

$$U = 8 \text{ В}$$

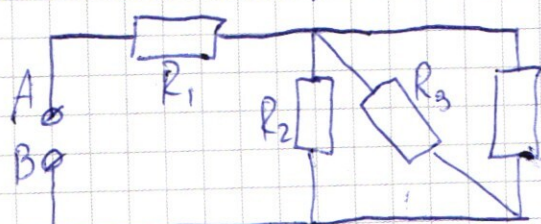
$$R_1 = 2r$$

$$R_2 = R_3 = 4r$$

$$R_4 = r$$

$$r = 6 \text{ Ом}$$

Решение:



Из схемы видно
что R_2, R_3, R_4
соединены
параллельно
последовательно

а R_1 последовательно, тогда:

$R_{AB} = ?$
 $P = ?$

$$R_{AB} = R_1 + R_0, \text{ где } \frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

$$R_0 = \frac{R_2 R_3 R_4}{R_3 R_4 + R_2 R_3 + R_2 R_4} = \frac{16r^3}{4r^2 + 16r^2 + 4r^2} = \frac{2}{3}r$$

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

По Найдугу P , при этом сопротивление R_2, R_3, R_4 можно заменить их эквивалентом R_0

$$P = I^2 R \text{ (по 3-й Джоуля-Ленца)}$$

$$I = U/R_{AB}; I = 8\text{В} : (2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 6\Omega) = 1\text{А}$$

$$P = I^2 R_0; P = (1\text{А})^2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 6\Omega = 4\text{Вт}$$

$$\text{Ответ: } P = 4\text{Вт}; R_{AB} = 2\frac{2}{3}r$$

Задача 4

Дано:

Решение:

$$V = 25\text{м/с}$$

По 3-му сохранению импульса:

$$V_1 = 30\text{м/с}$$

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

$$\Delta t = 1,35^\circ\text{C}$$

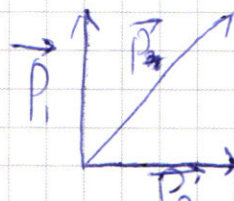
$$P = mV$$

$$V_2 = ?$$

$$P^2 = P_1^2 + P_2^2$$

$$C = ?$$

$$(2mV)^2 = (mV_1)^2 + (mV_2)^2$$



$$V_2 = \sqrt{4V^2 - V_1^2}; V_2 = \sqrt{4 \cdot (25\text{м/с})^2 - (30\text{м/с})^2} = 40\text{м/с}$$

По 3-му сохранению энергии:

$$E_1 + E_2 = E_3 + E_4; E = C m \Delta t; E = \frac{v^2 m}{2}$$

$$\frac{m V_1^2}{2} + \frac{m V_2^2}{2} = m V^2 + 2 m C \Delta t$$

$$C = \frac{1}{4 \Delta t} (V_1^2 + V_2^2) - \frac{1}{2 \Delta t} V^2$$

$$C = \frac{1}{4 \cdot 1,35^\circ\text{C}} \cdot ((30\text{м/с})^2 + (40\text{м/с})^2) - \frac{1}{2 \cdot 1,35^\circ\text{C}} (25\text{м/с})^2 \approx 23,5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ: $c = 231,5 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$; $V_2 = 40 \text{ м/с}$

Задача 3

Дано:

Решение:

$$a = 2 \text{ м/с}^2$$

$$T = 0,2 \text{ с}$$

$$V_1 = ?$$

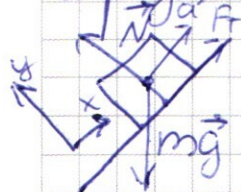
$$V_2 = ?$$

Так как начальная скорость шарика нулевая, то:

$$V_1 = \vec{v}_0 + gT; \quad V_1 = gT$$

$$V_1 = 10 \text{ м/с}^2 \cdot 0,2 \text{ с} = 2 \text{ м/с}$$

Опишем математически движение бруска с шариком идез:



$$\vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_T = m\vec{a}$$

$$OY: N \cos \alpha - mg = 0$$

$$OX: am = F_T - \sin \alpha \cdot mg$$

$$F_T = \mu N$$

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

С шариком на бруске:

$$\vec{N}_1 + 2m\vec{g} + \vec{F}_{T1} = 2m\vec{a}_1$$

$$OY: N_1 \cos \alpha - 2mg = 0$$

$$OX: 2a_1 m = F_{T1} - \sin \alpha \cdot 2mg$$

$$F_{T1} = \mu N_1$$

$$a_1 = (\mu \cos \alpha - \sin \alpha)g$$

Заметим что $a_1 = a \Rightarrow$ то что шарик упал на брусок не повлияло на

движение и скорость бруска, ну
а так как в момент столкновения
бруска с шаром брусок остановился,
то скорость равна нулю. $V_2 = 0$
Ответ: $V_2 = 0$; $V_1 = 2 \text{ м/с}$

Задача 2

Дано: Решение:

Тпол-макс Водным случаем есть два
 $S = 1800 \text{ м}$ варианта возможной
 $\sin \alpha = 0,6$ траектории камня.

$L = ?$

$\beta = ?$



При этом
верен только
второй вариант,

так как при первом варианте не
достигается максимальное время
полёта. Пусть t - время всего полёта
 $\chi = \alpha + \beta$; $\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$; $\cos \alpha = \sqrt{1 - 0,36} = 0,8$
В проекциях на оси Ox ; Oy :

$$0,6S = \cancel{2} t v_0 \cos \chi - \frac{gt^2}{2}$$

$$0,8S = v_0 \cdot \sin \chi \cdot t$$

$$1,2S = \frac{1,6S \cdot \cos \chi}{\sin \beta} - \frac{gt^2}{2}; t = \sqrt{S \left(\frac{1,6 \cos \chi}{\sin \chi} - 1,2 \right)}$$

Максимальное t достигается при

$\frac{1,6 \cos \chi}{\sin \chi} \parallel \frac{\cos \chi}{\sin \chi}$ максимальном, которое
достигается при $\chi > \alpha$, при $\chi = 60^\circ$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$t = \sqrt{1800 (1,6 \cdot \sqrt{3} - 1,2)} \text{ (с)}$$

$$V_0 = \frac{0,8 \cdot 1800}{\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \sqrt{1800 (1,6 \sqrt{3} - 1,2)}} \text{ (м/с)}$$

Максимальная дальность
стрельбы достигается при
угле наклона к горизонту 45°

$$L = \frac{0,8 \cdot 1800}{\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \sqrt{1800 (1,6 \sqrt{3} - 1,2)}} \cdot \cos 45^\circ \cdot \sqrt{1800 (1,6 \sqrt{3} - 1,2)}$$

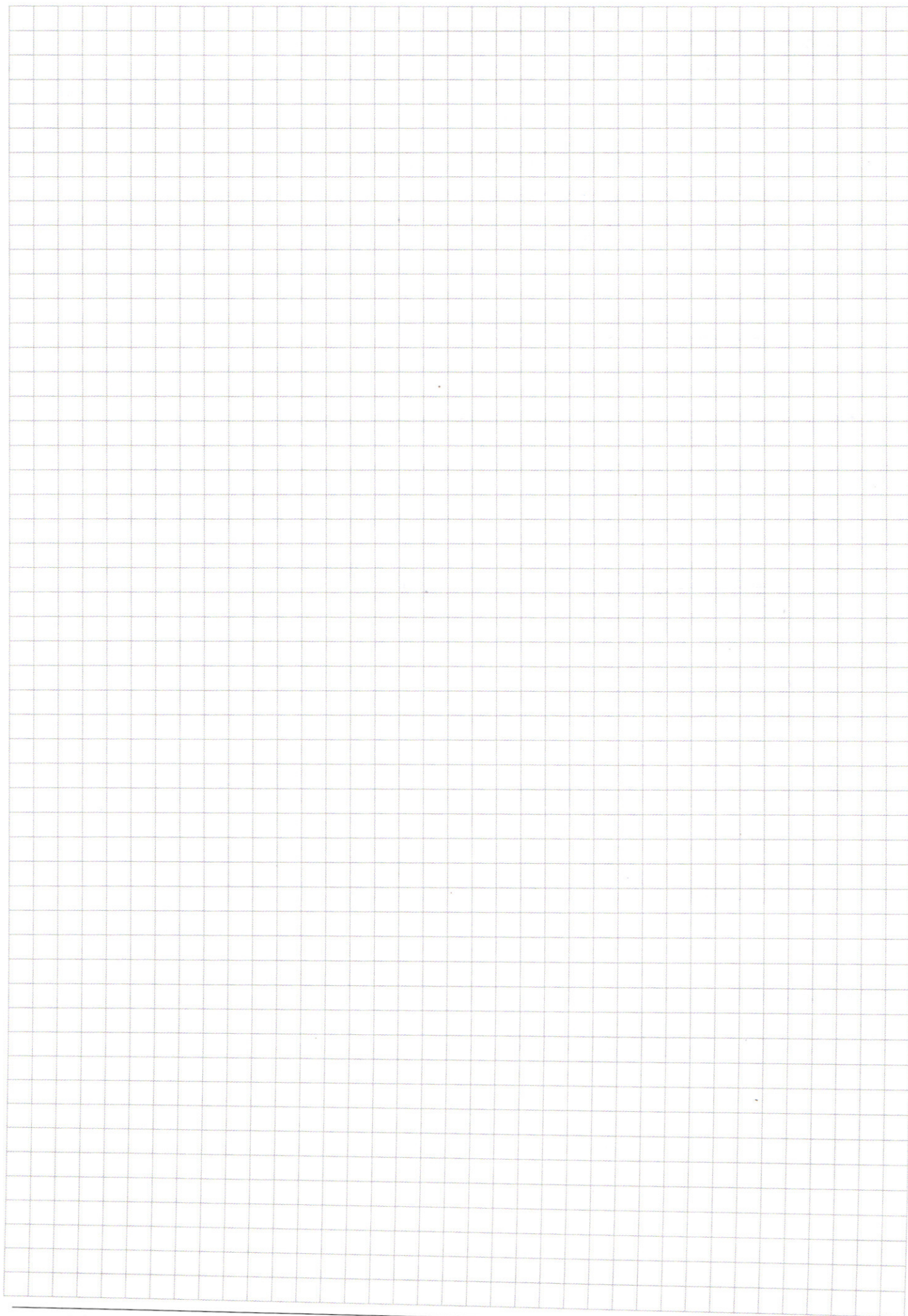
$$= \frac{16 \cdot 180}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \text{ (м)}$$

$$L = \frac{0,8 S}{\cos \alpha \cdot t} \cdot \cos 45^\circ \cdot t = \frac{0,8 S \cdot \cos 45^\circ}{\cos \alpha}$$

$$\beta = \arctg 60^\circ - \arctg(0,6)$$

Ответ: $\beta = 60^\circ - \arctg(0,6)$

$$L = \frac{16 \cdot 180}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{2}} \text{ м}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~$2V_1 + V_2 = V$~~
 ~~$2V_1 + V_2 = V$~~

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

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

$$p_0^2 = p_1^2 + p_2^2$$

$$4V^2 = V_1^2 + V_2^2 ; \quad V_2 = \sqrt{4V^2 - V_1^2} = 40$$

$$E_1 + E_2 = E_3 + E_4$$

$$V_1 = 30 \text{ м/с}; \quad V = 25 \text{ м/с}$$

$$\frac{m}{2}V_1^2 + \frac{m}{2}V_2^2 = \frac{m}{2}V^2 + 2cm\Delta t$$

$$\frac{\frac{1}{2}(V_1^2 + V_2^2) - V^2}{2\Delta t} = a = \frac{1}{4\Delta t}(V_1^2 + V_2^2) - \frac{1}{2\Delta t}V^2$$

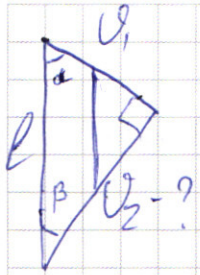
$$C = \frac{1}{4 \cdot 1,35} \cdot (30^2 + 40^2) - \frac{1}{2 \cdot 1,35} \cdot 25^2$$

$$C = \frac{1}{5,4} \cdot 2500 - \frac{1}{5,4} \cdot 625 =$$

$$= \frac{1}{5,4} \cdot 2500 - \frac{1250}{5,4} = \frac{1250}{5,4} =$$

$$= \frac{12500}{54} \approx 231,5$$

$$\begin{array}{r} 20 \\ - 54 \\ \hline 260 \end{array}$$



$$\sin \beta = \frac{U_1 L}{U_2 L}$$

$$\sin \alpha = \frac{U_2 L}{L}$$

$$\sin 60 = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\sin 60 = \frac{U_2}{L}$$

$$\frac{\sin \beta}{\sin \alpha} =$$

~~sin 60~~

$$\cos 60 = \sqrt{\frac{1}{4} + (\cos 60)^2}$$

$$\sqrt{\frac{3}{4}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\frac{\sin \beta}{\sin \alpha} = \frac{U_1 L}{U_2 L}$$

$$\frac{\sin \beta}{\sin \alpha} = \frac{U_1}{U_2} ; U_2 \sin \beta = \sin \alpha U_1$$

$$U_2 = \frac{U_1 \sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{8 \text{ Мк} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{0.5}$$

$$= \frac{4\sqrt{3}}{0.5} = 8\sqrt{3} \text{ Мк}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{8 \cdot L}{800/100} = T = 50$$

$$\frac{L}{S} = \frac{U_1 L}{U_1(T-T)} = \frac{800}{S} = \frac{50}{50-25} = \frac{2}{1}$$

$$2S = 800 ; S = 400$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$R_0 = R_1 + R_0 = \frac{2}{3}r + 2r = \boxed{2\frac{2}{3}r}$$

$$\frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

$$\frac{1}{R_0} = \frac{R_3 R_4 + R_2 R_3 + R_2 R_4}{R_2 R_3 R_4}$$

$$R_4 = r$$

$$R_1 = 2r; R_2 = R_3 = 4R_1$$

$$\frac{R_2 R_3 R_4}{R_3 R_4 + R_2 R_3 + R_2 R_4} = \frac{16r^3}{4r^2 + 16r^2 + 4r^2} = \frac{16r^3}{24r^2} = \frac{2}{3}r = \boxed{2\frac{2}{3}r}$$

$$= \boxed{2\frac{2}{3}r}$$

$$I = \frac{U}{R_0} = \frac{6}{4\frac{2}{3}} = 1 \text{ A}$$

$$P = IR = \frac{2}{3} \cdot 6 \cdot 1 = 4 \text{ Вт}$$

$$\begin{array}{r} 12500 \overline{) 54} \\ -108 \\ \hline 170 \\ -162 \\ \hline 80 \\ -54 \\ \hline 26 \end{array} \quad \begin{array}{r} 108 \\ +54 \\ \hline 162 \end{array}$$

$v = gt$
 $S = \frac{v^2}{2g}$; $S = v_0 t + \frac{gt^2}{2}$
 $\frac{gt^2}{2} = \frac{v^2}{2g}$ $v = v_0 + \frac{gt}{2}$

$am = F_T - \sin L mg$

$0 = N - \cos L mg$

$am = \mu N - \sin L mg$

$a = \mu \cos L mg - \sin L mg$

$a = \mu g (\mu \cos L - \sin L)$

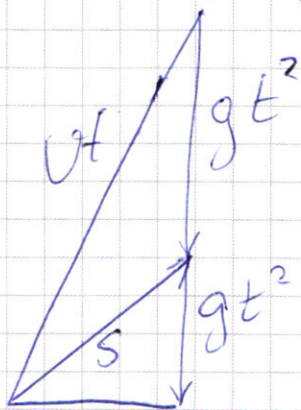
$2ma_1 = \mu N_1 - \sin L \cdot 2mg$

$0 = N_1 - \cos L m_2 g$

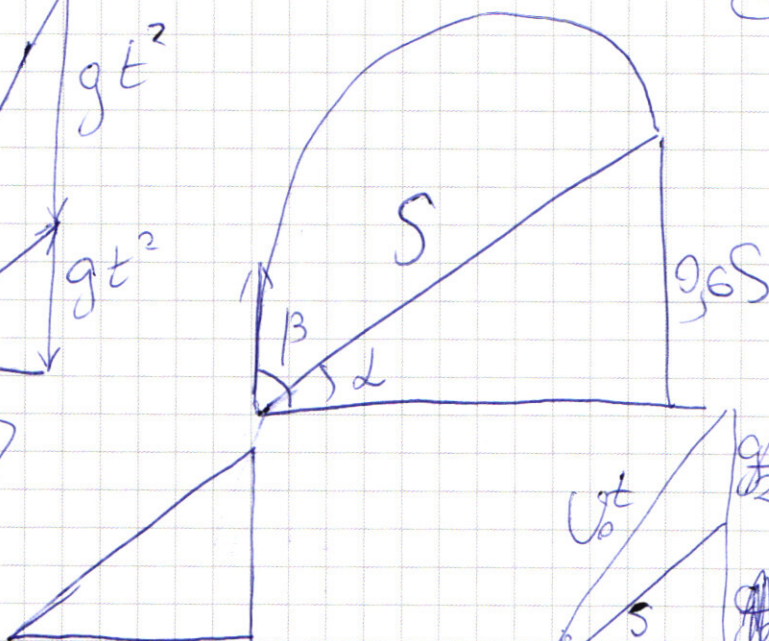
$2ma_1 = \mu \cos L m_2 g - \sin L \cdot 2mg$

$a_1 = \mu \cos L g - \sin L g$

$a_1 = (\mu \cos L - \sin L) g$

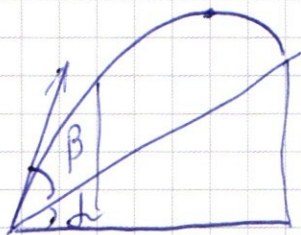


37



$\sqrt{1 - 0,36} = 0,8$
 $\frac{g^2 t^4}{4} + 0,64 S^2 = v_0^2 t^2$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$t = t_1 + 2t_2$$

$$\gamma = \alpha + \beta$$

$$0 = \sin \gamma v_0 - g t_1$$

$$g t_1 = \sin \gamma v_0$$

$$0,6S = \sin \gamma v_0 t - \frac{g t^2}{2}$$

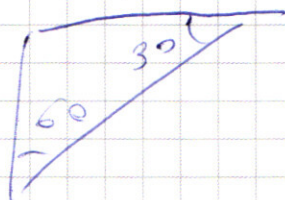
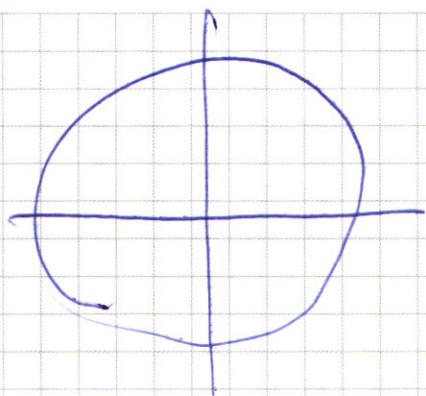
$$1,2S = 2 \sin \gamma v_0 t - g t^2$$

$$g t^2 - 2 \sin \gamma v_0 t + 1,2S = 0$$

$$D = 4 \sin^2 \gamma v_0^2 - 4,8gS$$

$$t_{1,2} = \frac{2 \sin \gamma v_0 t \pm \sqrt{\sin^2 \gamma v_0^2 - 1,2gS}}{g}$$

$$\cos \gamma v_0 t = 0,25$$



$$\operatorname{tg} 60 = \frac{\sin 60}{\cos 60}$$

$$\operatorname{tg} 30 = \frac{0,5}{\sqrt{3}}$$

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{2}{\sqrt{3}}$$

$$\operatorname{tg} 60 =$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\sin \beta = \frac{gt^2}{2v_0 t}$
 $v_0 = \frac{gt}{2 \sin \beta}$

$\cos \beta = \frac{0,85}{v_0 t}$
 $\frac{0,85}{v_0 t} = \sqrt{1 - \frac{g^2 t^2}{4v_0^2}}$

$\frac{g^2 t^4}{4} + 0,64 S^2 = v_0^2 t^2$
 $\frac{0,64 S^2}{v_0^2 t^2} = 1 - \frac{g^2 t^2}{4v_0^2}$

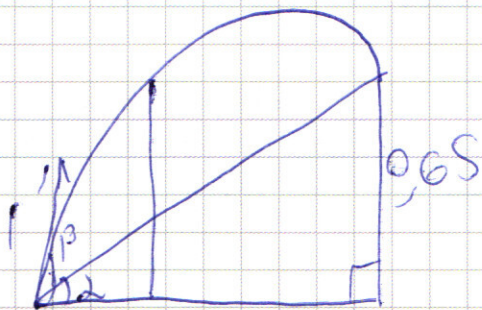
$\frac{1}{v_0^2} \left(\frac{0,64 S^2}{t^2} + \frac{g^2 t^2}{4} \right) = 1$
 $v_0^2 = \frac{0,64 S^2}{t^2} + \frac{g^2 t^2}{4}$

$\frac{g^2 t^4}{4} + 0,64 S^2 =$

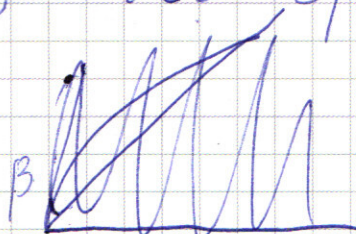
$v_0^2 t^2 = \frac{g^2 t^4}{4} + 0,64 S^2$

$\frac{\cos^2 \beta v_0^2}{2g} = \cos \beta v_0 t - \frac{gt^2}{2}$
 $\cos^2 \beta v_0^2 = 2gt v_0 \cos \beta - g^2 t^2$

$h = \cos \beta v_0 t - \frac{gt^2}{2}$
 $h = \frac{(\cos \beta v_0)^2}{2g}; v_0 \cos \beta = gt$



$$0,6S = tV_0 \cos \beta - gt^2/2$$



$$0,8S = V_0 \sin \beta t$$

$$0,8S = V_0 \sin \beta t$$

$$V_x = \cos \beta V_0 - gt$$

$$0,6S = \cos^2 \beta V_0^2 - \cos^2 \beta V_0 - gt^2 + 2gtV_0 \cos \beta$$

$$0,6S = \frac{2gtV_0 \cos \beta - gt^2}{2}$$

$$0,6S = tV_0 \cos \beta - \frac{gt^2}{2}$$

$$V_0 = \frac{0,8S}{\sin \beta t}$$

$$0,6S = \frac{0,8S \cos \beta}{\sin \beta} - gt^2/2$$

$$0,6S$$

$$0,36S^2 = \frac{0,64S^2 \cdot \cos^2 \beta}{\sin^2 \beta} - \frac{gt^2}{2}$$

$$0,72S^2 = 4,28S^2$$

$$1,2S = \frac{1,6S \cos \beta}{\sin \beta} - gt^2$$

$$t = \sqrt{\frac{1,6S \cos \beta}{\sin \beta} - 1,2S}$$

$$t = \sqrt{S \left(\frac{1,6 \cos \beta}{\sin \beta} - 1,2 \right)}$$

