

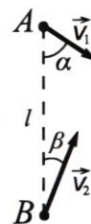
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

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.

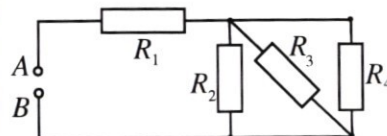
5. Четыре резистора соединены как показано на рисунке. Сопротивления резисторов $R_1 = 2 \cdot r$,

$R_2 = R_3 = 4 \cdot r$, $R_4 = r$. На вход АВ схемы подают напряжение $U = 8$ В.

1) Найдите эквивалентное сопротивление R_{AB} цепи.

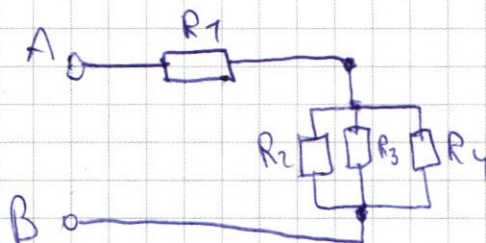
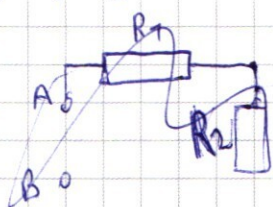
2) Какая суммарная мощность P будет рассеиваться на резисторах R_2 ,

R_3 и R_4 при $r = 6$ Ом?



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Х5) Схема эквивалентной цепи:



1) $R_{AB} = R_1 + R_{234}$, где R_{234} — сопротивление участка параллельно соединенных резисторов. $R_{234} = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}}$

$$= \frac{1}{4r} + \frac{1}{4r} + \frac{1}{r} = \frac{6}{4r}, \text{ тогда } R_{234} = \frac{2}{3} r.$$

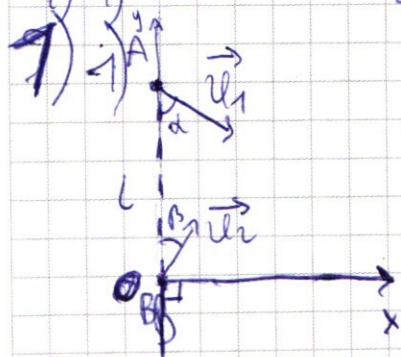
$$R_{AB} = 2r + \frac{2}{3} r = \frac{8}{3} r.$$

2) Найдём общий ток в цепи:

$$I = \frac{U}{R_{AB}} = \frac{8\text{В}}{\frac{8}{3}r} \cdot 3 = \frac{8\text{В}}{8 \cdot 6\text{ом}} \cdot 3 = 0,5 \text{ А. Тогда}$$

$$P = I^2 R_{234} = 0,25 \cdot \frac{2}{3} \cdot 6 = 0,5 \text{ Вт} = 1 \text{ Вт.}$$

1) Ответ: 1) $\frac{8}{3} r$; 2) 1 Вт.



Введём оси Ox и Oy , начало координат в точку B .

B проекции на ось Ox :

$$X_1 = u_1 \cdot \sin \alpha \cdot t - \text{координата корабля.}$$

$$X_2 = u_2 \cdot \sin \beta \cdot t - \text{координата торпеды.}$$

$$\text{Для встречи } X_1 = X_2 \Leftrightarrow u_1 \cdot \sin \alpha \cdot t = u_2 \cdot \sin \beta \cdot t \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow u_2 = \frac{u_1 \cdot \sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2}} = 8 \cdot 1,71 \approx 14 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

2) Расстояние $S = \sqrt{(y_1 - y_2)^2 + (x_1 - x_2)^2}$, где y_1 — координата корабля,

y_2 - координата материальной точки ux :

$$y_1 = l - U_1 \cdot \cos \alpha t,$$

$$y_2 = U_2 \cdot \cos \beta t, \text{ тогда}$$

$$S = \sqrt{(l - U_1 \cdot \cos \alpha t - U_2 \cdot \cos \beta t)^2 + (U_1 \sin \alpha t - U_2 \sin \beta t)^2} = \sqrt{(800 - 8 \cdot 0,5 \cdot 25 - 14 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 25)^2 + (8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 25 - 14 \cdot 0,5 \cdot 25)^2} \approx \sqrt{400^2} = 400 \text{ м.}$$

Ответ: 1) $14 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; 2) 400 м.

4) 1) Векторно сложим импульсы. По теореме Пифагора: $(2mU)^2 = (mU_1)^2 + (mU_2)^2$, где m - масса одного шарика. Тогда



$$4U^2 = U_1^2 + U_2^2$$

$$U_2 = \sqrt{4U^2 - U_1^2} = \sqrt{4 \cdot 625 - 900} = 40 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

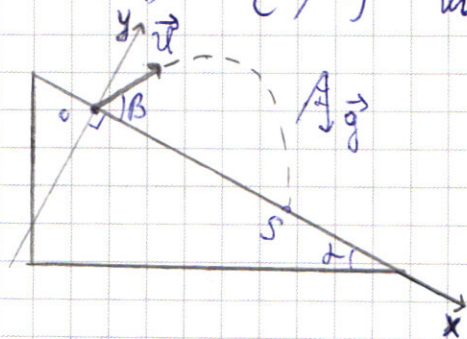
2) По ЗСЭ:

$$\frac{mU_1^2}{2} + \frac{mU_2^2}{2} = \frac{2mU^2}{2} + C m \cdot 2 \cdot \Delta t$$

$$C = \frac{U_1^2 + U_2^2 - 2U^2}{4 \Delta t} = \frac{900 + 1600 - 2 \cdot 625}{4 \cdot 1,35} = \frac{1250}{5,4} \approx 230 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{с}}$$

Ответ: 1) $40 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; 2) $230 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{с}}$.

2) 1)



Пусть мы проведем вектор со скоростью U . Введем ось Ox и Oy , центр поместим в точку выстрела.

проекции вектора B проекции на ось Oy :

$$0 = U \sin \beta t - \frac{gt^2 \cos \beta}{2}, \text{ отсюда } t = \frac{2U \sin \beta}{g \cos \beta}, \text{ все правильно}$$

значит наибольшая продолжительность полета будет при $\beta = 90^\circ$ (чем больше $\sin \beta$ тем больше продолжительность).

2) Теперь в проекции на ось Ox :

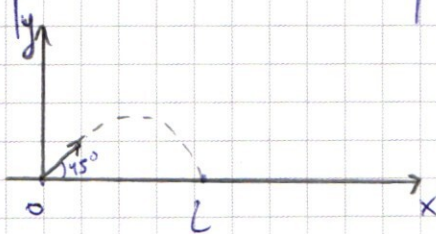
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$S = \frac{gt^2 \sin \alpha}{2}, \text{ откуда } t = \sqrt{\frac{2S}{g \sin \alpha}} = \sqrt{\frac{3600}{10 \cdot 0,8}} = \sqrt{600} \approx$$

$\approx 25 \text{ с}$. Тогда найдем скорость U :

$$U \sin 45^\circ = \frac{10 \cdot 25 \cdot 0,8}{2} \Rightarrow U = 125 \cdot 0,8 = 100 \frac{\text{м}}{\text{с}}. \text{ Максимальная}$$

дальность на горизонтальной поверхности будет при выстреле под углом 45° к горизонтальной поверхности, значит $L = U \cdot \cos 45^\circ \cdot t_1$, где t_1 - время полета, U остается прежней. В проекции на ось Oy :



$$U \sin 45^\circ t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = 0. \text{ Значит:}$$

$$t_1 = \frac{2U \sin 45^\circ}{g}, \text{ тогда}$$

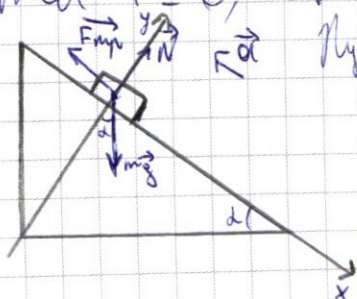
$$L = U \cdot \cos 45^\circ \cdot \frac{2U \sin 45^\circ}{g} =$$

$$= 100 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{2 \cdot 100 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}}{10} = 1000 \text{ м.}$$

Ответ: 1) $\beta = 90^\circ$; 2) 1000 м.

3) 1) По условию начальная скорость U_1 равна нулю, время $T = 0,2 \text{ с}$. Значит $U_1 = g \cdot T = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

2) Пусть угол α . Введем оси Ox и Oy . Второй закон Ньютона в проекциях на оси:



$$N = mg \cos \alpha.$$

$$F_{\text{тр}} - mg \sin \alpha = ma. \text{ По } F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha. \text{ Тогда:}$$

$Mg \cos \alpha - mg \sin \alpha = ma \Leftrightarrow Mg \cos \alpha - g \sin \alpha = a$. Когда
на спуске у нас махник стало:

$$N = mg \cos \alpha + mg, \text{ тогда}$$

$$M(mg \cos \alpha + mg) - mg \sin \alpha = 0,$$

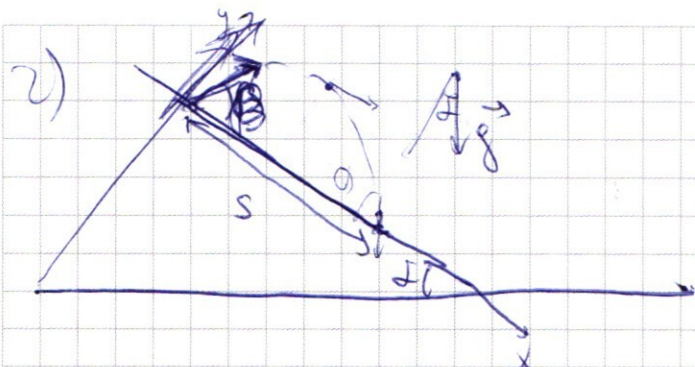
$$Mmg \cos \alpha + Mmg - mg \sin \alpha = 0, \text{ значит:}$$

$$Mg = -a.$$

$$M = 0,2.$$

$$\text{Ответ: } 1) 2 \frac{m}{c}.$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$u \cos \beta + \frac{gt^2 \sin \beta}{2} = S$$

$$S = \frac{u^2 \cos^2 \beta}{2}$$

$$u \sin \beta - \frac{gt \cos \beta}{2} = 0$$

$$u \cos \beta + \frac{gt^2 \sin \beta}{2} = S$$

$$u = \frac{gt \cos \beta}{2 \sin \beta}$$

$$\frac{gt \cos \beta \cos \beta}{2 \sin \beta} + \frac{gt^2 \sin \beta}{2} = S$$

$$\sin \beta \rightarrow \max$$

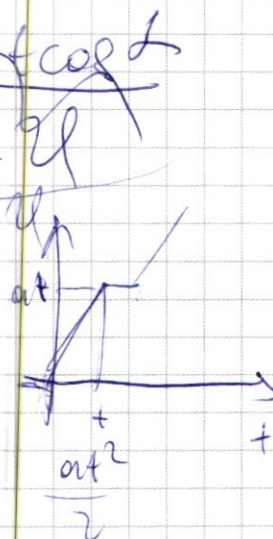
$$\sin 90^\circ$$

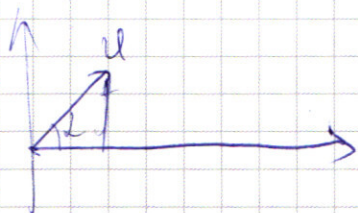
$$t = \frac{2u \sin \beta}{g \cos \beta}$$

$$S = \frac{gt^2 \sin \beta}{2} = \frac{g \sin \beta}{2} \left(\frac{2u \sin \beta}{g \cos \beta} \right)^2 = \frac{u^2 \sin^3 \beta}{\cos^2 \beta}$$

$$t = \sqrt{\frac{2S}{g \sin \beta}} = \sqrt{\frac{3600}{10 \cdot 0.66}} = \sqrt{600}$$

$$12,5 \cdot 8 = 100$$





$U \cos \alpha$

$$U = \frac{25 \cdot 10^3 \cdot 0.8}{2 \cdot 1}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1)

$$U_1 \cdot \sin \alpha t = y$$

$$U_1 \cdot \cos \alpha t = x$$

$$U_2 \cdot \sin \beta t = y$$

$$L - U_2 \cdot \cos \beta t = x$$

$$U_1 \sin \alpha t = U_2 \sin \beta t$$

$$U_1 \cos \alpha t = L - U_2 \cos \beta t$$

$$S = \sqrt{(y_1 - y_2)^2 + (x_1 - x_2)^2} = \sqrt{\dots}$$

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

800
8 - 14. $\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot t = 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot t$

$$U_1 \cos \alpha t = L - U_2 \cos \beta t$$

$$U_1 \sin \alpha t = U_2 \sin \beta t$$

$$U_2 = \frac{U_1 \sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2}} = 8\sqrt{3} \approx 14 \text{ м/с}$$

2)

$$U \cos \beta \cdot t = x + g \sin \frac{\beta}{2} \cdot t^2$$

$$U \sin \beta \cdot t = g \cos \frac{\beta}{2} \cdot t^2$$

$$\sqrt{x^2 + y^2} = S$$

$$x = S \cdot \cos \alpha, y = S \cdot \sin \alpha$$

$$U \cos \beta \cdot t + g \sin \frac{\beta}{2} \cdot t^2 = S \cdot \cos \alpha$$

$$U \sin \beta \cdot t - g \cos \frac{\beta}{2} \cdot t^2 = y, S \cdot \sin \alpha$$

$$U \cdot \cos \beta \cdot t + 3 \cdot t^2 = 1,8 \cdot 0,8$$

$$U \cdot \sin \beta \cdot t - 4 \cdot t^2 = 1,8 \cdot 0,6$$

$$6t + U \cos \beta = 3 \quad 3) \quad a = \omega / c^2$$

$$h = \frac{U^2}{2g}$$

$$h = U_1 t - \frac{gt^2}{2}$$

$$\frac{U_1}{2g} = U_1 t - \frac{gt^2}{2} \quad U_1 = gT = 2 \text{ м/с}$$

$$N = mg \cos \alpha$$

$$F_{\text{нпр}} = M mg \cos \alpha$$

$m U_1 = m U_2 \cdot \sin \alpha$

$$\cancel{mg \sin \alpha - Mg \cos \alpha = ma} \quad \cancel{Mmg \cos \alpha - mg \sin \alpha = ma}$$

$$g(\sin \alpha - M \cos \alpha) = a \quad N = mg \cos \alpha + Mg = mg(\cos \alpha + 1)$$

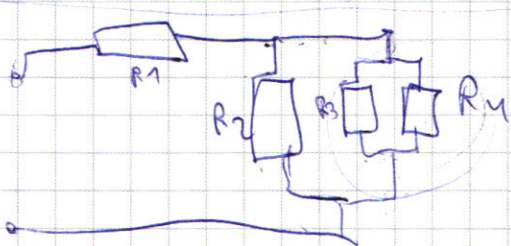
$$F_{\text{упр}} = Mmg(\cos \alpha + 1)$$

$$Mmg(\cos \alpha + 1) - mg \sin \alpha = 0.$$

$$M = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha + 1}$$

$$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha + 1} \cdot g \cdot \cos \alpha - g \cdot \sin \alpha = 0$$

5)



$$R_{1+} = \frac{R_1 \cdot R_4}{R_3 + R_4} + \frac{1}{\frac{1}{R_3 \cdot R_4} + \frac{1}{R_2}} = \frac{(R_3 + R_4)R_2 + R_3 R_4}{R_3 \cdot R_4 + R_2(R_3 + R_4)}$$

$$\frac{4r}{5} \quad \frac{3}{r} + \frac{1}{r} = \frac{4r}{6}$$

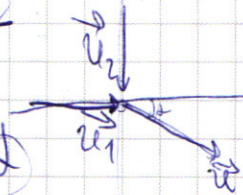
$$I = \frac{U \cdot 3}{r \cdot 8} = \frac{8 \cdot 3}{6 \cdot 8} = \frac{1}{2} \text{ A}$$

$$P = I^2 \cdot \frac{4r}{6} = 0.25 \cdot \frac{4 \cdot 8}{6} = 1 \text{ W}$$

$$4) \frac{mU_1^2}{2} + \frac{mU_2^2}{2} = \frac{2mU^2}{2}$$

$$mU_1 + mU_2 = 2mU \cos \alpha$$

$$mU_2 = 2mU \sin \alpha$$



$$17.5 \cdot 4 = 87.5 + 35 = 122.5$$

$$U_1 \cos \alpha = U_2 \cos \beta$$

$$U_1 \cos \alpha + U_2 \cos \beta = 1$$

$$U_1 \sin \alpha = U_2 \sin \beta$$

$$U_2 = \frac{1 - U_1 \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{800 - 8}{\sqrt{3}}$$

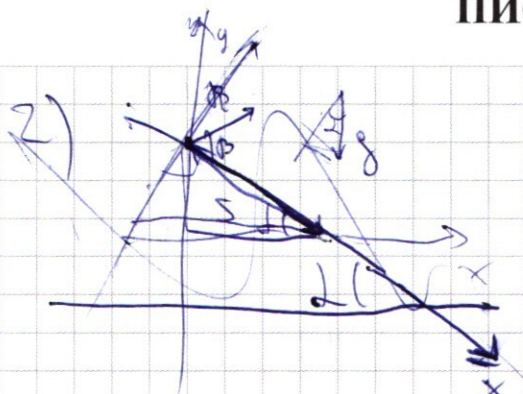
$$1500 - 175 \cdot 1.71 = 400 - 287 = 113$$

$$4 \cdot 4 - 145 - 145 = 16 - 290 = -274$$

$$0.3 \cdot 25 = 7.5$$

$$\approx 400$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$x = S \cdot \cos \alpha$$

$$S \cos \alpha = U_1$$

$$S = U_1 \cdot \cos \beta t + \frac{g t^2 \sin \alpha}{2}$$

$$mU_1 + mU_2 = 2mU$$

$$U_1 + U_2 = 2U$$

$$U_2 = 2U - U_1$$

$$U_1^2 = U_2^2$$

$$2 \cdot 25 \cdot 30 = U_2^2$$

$$U_2 = \sqrt{1500} \approx 38.7 \text{ м/с}$$

$$U^2 = U_1^2 + U_2^2$$

$$U = \sqrt{U_1^2 + U_2^2}$$

$$U = \sqrt{25^2 + 38.7^2} \approx 46.4 \text{ м/с}$$

$$(mU_1)^2 + (mU_2)^2 = (2mU)^2$$

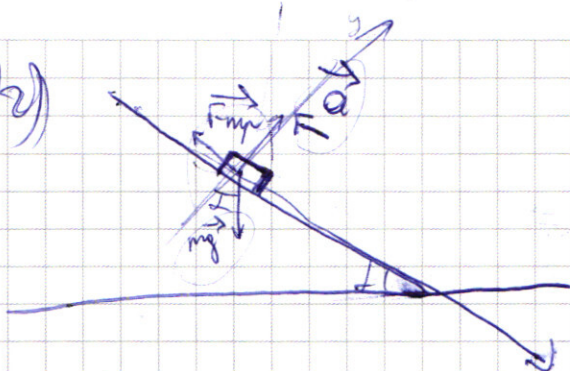
$$U_1^2 + U_2^2 = 4U^2$$

$$U_2 = \sqrt{4U^2 - U_1^2} = \sqrt{4 \cdot 625 - 800} = \sqrt{1600} = 40 \text{ м/с}$$

$$\frac{mU_1^2}{2} + \frac{mU_2^2}{2} = \frac{2mU^2}{2}$$

$$C = \frac{U_1^2 + U_2^2 - 2U^2}{4 \cdot 10^8} = \frac{800 + 1600 - 2 \cdot 625}{4 \cdot 10^8} = \frac{1250}{5.4 \cdot 10^8} = 230 \text{ КэВ}$$

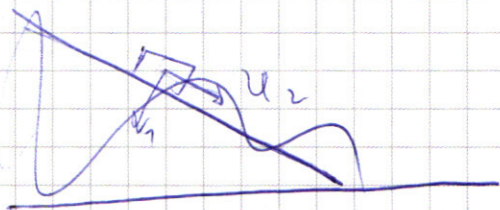
3/2)



1) $\frac{2M}{\epsilon}$

$N = mg \cos \alpha$
 $F_{tr} = \mu mg \cos \alpha$

$M \mu g \cos \alpha - mg \sin \alpha = \text{what} \Rightarrow M \mu g \cos \alpha - g \sin \alpha = a$



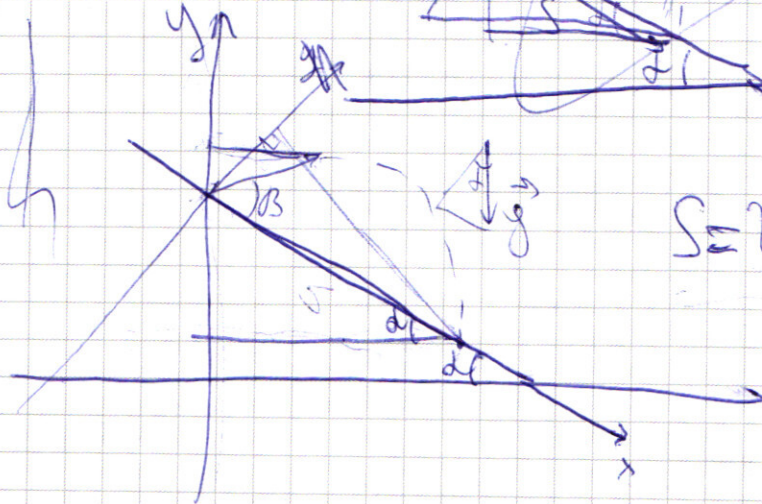
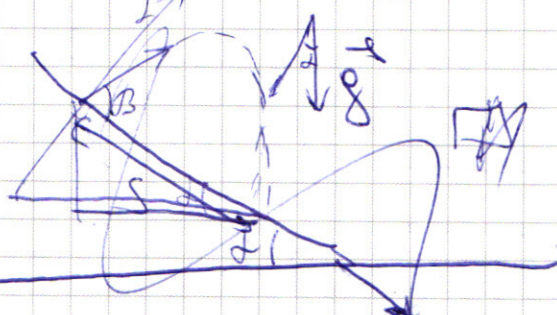
$N = mg \cdot \cos \alpha + m u_2$

$M(\mu g \cos \alpha + m u_2) - mg \sin \alpha = 0$
 $M \mu g \cos \alpha - M g - mg \sin \alpha = 0$

$a = M g$

$M = 0,2$

~~h = A g~~



$S = u_1 \cdot \cos \beta \cdot t + \frac{g t^2 \cdot \sin \alpha}{2}$

$S \sin \alpha =$