

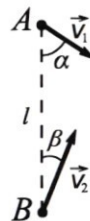
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 09-02

Класс 09

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

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.

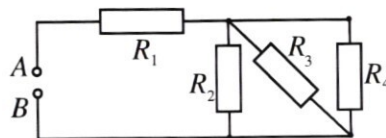
5. Четыре резистора соединены как показано на рисунке. Сопротивления резисторов $R_1 = 2 \cdot r$,

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

~1
Дано:

$$l = 800 \text{ м}$$

$$V_1 = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

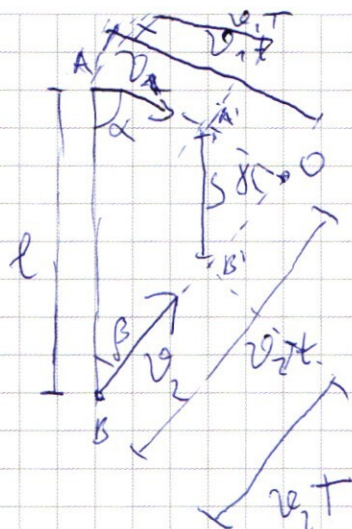
$$\alpha = 60^\circ$$

$$\beta = 30^\circ$$

$$T = 2 \text{ с}$$

$$V_2 = ?$$

$$S = ?$$



t - общее время

По теореме синусов:

$$\frac{V_1 \cdot t}{\sin \beta} = \frac{V_2 \cdot t}{\sin \alpha}$$

$$V_2 = \frac{V_1 \cdot \sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2}} =$$

$$= 8\sqrt{3} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 13,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\frac{V_1 t - V_1 T}{V_1 t} = \frac{S}{l}, \text{ т.к. } \triangle AOB \sim \triangle A'OB'$$

$$S = \frac{l(t - T)}{t}$$

$$\angle \gamma = 180 - (\alpha + \beta) = 180 - (60 + 30) = 90^\circ$$

$$\frac{V_1 t}{\sin \beta} = l$$

$$t = \frac{l \cdot \sin \beta}{V_1}$$

$$S = \frac{l \left(\frac{l \cdot \sin \beta}{V_1} - T \right)}{\frac{l \cdot \sin \beta}{V_1}} = l - \frac{T \cdot V_1}{\sin \beta} = 800 \text{ м} - \frac{2 \text{ с} \cdot 8 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\sin 30^\circ} =$$

$$= 800 \text{ м} - 200 \text{ м} \cdot 2 = 400 \text{ м}$$

Ответ: $13,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; 400 м

~5

$$P = \frac{(8 \text{ В})^2}{\left(\frac{8}{3} \Omega\right)^2 - \frac{3}{2 \Omega}} = \frac{64 \text{ В}^2}{\frac{64 \cdot 3}{9 \cdot 2} \Omega} = 6 \frac{\text{В}^2}{\Omega} = \frac{6 \text{ В}^2}{6 \Omega} = 1 \text{ Вт}$$

Ответ: 2,67 Ω ; 1 Вт

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

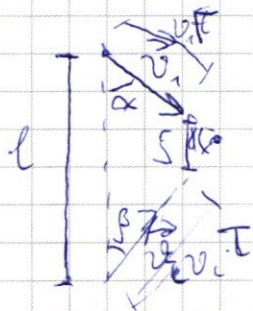
$$l = 800 \text{ м}$$

$$v_1 = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$\beta = 30^\circ$$

$$T = 25 \text{ с}$$



t - общее время.

$$\sqrt{3} \approx$$

$$16^2 = 256$$

$$77^2 = 170 + 119 = 289$$

$$18^2 = 81 \cdot 4 = 324$$

По теореме синусов:

$$\frac{v_1}{\sin \beta} = \frac{v_2}{\sin \alpha}$$

$$v_1 \sin \alpha = v_2 \sin \beta$$

$$v_2 = \frac{v_1 \sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{\frac{1}{2}} = 8\sqrt{3} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx$$

$$\approx 8 \cdot 1,73 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 13,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\frac{v_1 t - v_2 T}{v_1 t} = \frac{S}{l}$$

$$S = \frac{l \cdot (t - T)}{t}$$

$$= \frac{l \cdot \sin \beta}{\sin \alpha} \cdot \left(\frac{l \cdot \sin \beta}{v_2} - T \right) = l - \frac{T \cdot v_1}{\sin \beta} = 800 \text{ м} - \frac{25 \cdot 8 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\sin 30^\circ} =$$

$$= 800 \text{ м} - 200 \cdot 2 \text{ м} = 400 \text{ м}$$

Ответ: $13,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; 400 м

$$\angle \gamma = 180^\circ - (\alpha + \beta) = 90^\circ$$

$$v_2 \cdot t = l \cdot \sin \alpha$$

$$t = \frac{l \cdot \sin \alpha}{v_2} = \frac{l \cdot \sin \beta}{v_1}$$

1	2	3	4	5
+	+			+

~5

Дано:

$$R_1 = 2 \cdot r$$

$$R_2 = R_3 = 4 \cdot r$$

$$R_4 = r$$

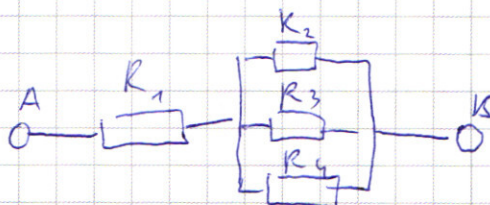
$$U = 8 \text{ В}$$

$$r = 6 \text{ Ом}$$

$$R_{AB} = ?$$

$$P = ?$$

Эквивалентная схема:



$$R_{AB} = R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} = R_1 + \frac{1}{\frac{2}{R_2} + \frac{1}{R_4}} =$$

$$= 2 \cdot r + \frac{1}{\frac{2}{4 \cdot r} + \frac{1}{r}} = 2 \cdot r + r \cdot \frac{2}{3} = \frac{2}{3} r = 2,67 r$$

общий ток
в цепи

$$I = I_1 = I_{234}$$

сила тока
в первом
резисторе

суммарная сила
тока резисторов
2, 3, 4

$$I = \frac{U}{R_{AB}}$$

$$I_{234} = \frac{U_{234}}{R_{234}}$$

напряжение на ^{части} резисторах ^{содержащих} резисторы 2, 3, 4, ^{составляющее} часть силы, ^{содержащей} резисторы 2, 3, 4

$$R_{234} = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}}$$

$$U_{234} \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right) = \frac{U}{R_{AB}}$$

$$U_{234} = \frac{U \left(\frac{2}{R_2} + \frac{1}{R_4} \right)}{R_{AB}}$$

$$\frac{U}{R_{AB} \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right)} = \frac{8 \text{ В}}{\frac{2}{3} r \cdot \left(\frac{1}{4r} + \frac{1}{4r} + \frac{1}{r} \right)}$$

$$\underline{\underline{3 \cdot 8 \text{ В}}}$$

$$P = \frac{U_{234}^2}{R_{234}} = \frac{U^2 \cdot R_{234}}{R_{AB}^2} = \frac{U^2}{\left(\frac{2}{3} r \right)^2 \cdot \left(\frac{1}{4r} + \frac{1}{4r} + \frac{1}{r} \right)^2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~3

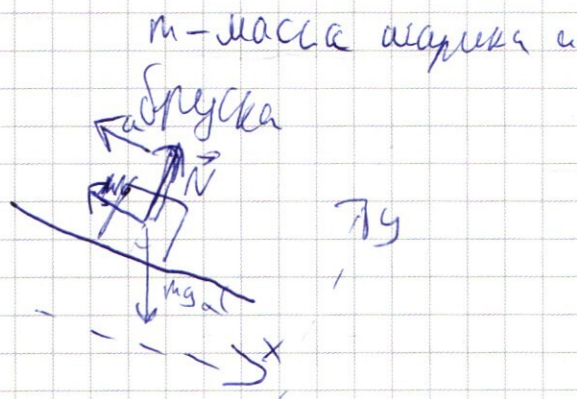
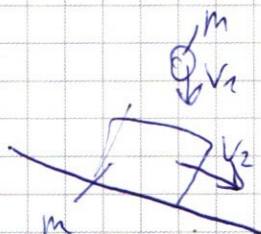
Дано:

$$\mu T = 0,20$$

$$a = 2 \text{ м/с}^2$$

$$V_1 = ?$$

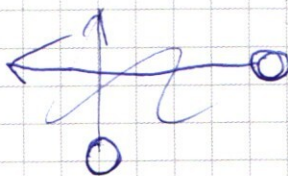
$$V_2 = ?$$



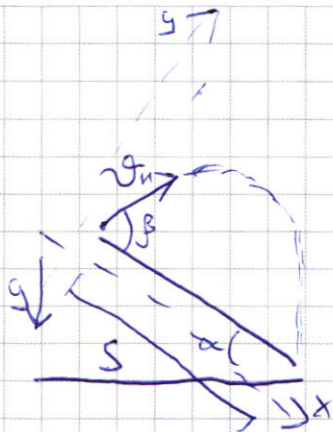
$$\begin{cases} -\mu N + mg \sin \alpha = ma \\ N - mg \cos \alpha = 0 \end{cases} \quad \begin{cases} mg(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = ma \\ N = mg \cos \alpha \end{cases}$$

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

$$V_1 = \frac{gT}{2} = 2 \text{ м/с}$$



~ 2
 Дано:
 $\sin \alpha = 0,6$
 $t = t_{\text{макс}}$
 $L = L_{\text{макс}}$
 $S = 1,8 \text{ км}$



$$v_{ny} t + \frac{g_y t^2}{2} = 0$$

$$v_{ny} = v_n \cdot \sin \beta$$

$$g_y = g \cdot \cos \alpha$$

$$v_n \sin \beta t - \frac{g \cos \alpha t^2}{2} = 0$$

$$g \cos \alpha t = 2 v_n \sin \beta$$

$$t = \frac{2 v_n}{g \cos \alpha} \cdot \sin \beta, \text{ т.к. } t = t_m$$

$$\sin \beta = 1$$

$$\beta = 90^\circ$$

$$v_{nx} t + \frac{g_x t^2}{2} = S$$

$$v_{nx} = 0, \text{ т.к. } \beta = 90^\circ$$

$$g_x = g \sin \alpha$$

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

$$\frac{4 v_n^2 \sin \alpha \cdot \sin^2 \beta}{g \cos^2 \alpha \cdot 2} = S$$

$$v_n = \sqrt{\frac{S \cdot g \cdot \cos^2 \alpha}{2 \cdot \sin \alpha}} = \sqrt{\frac{S \cdot g (1 - \sin^2 \alpha)}{2 \cdot \sin \alpha}}$$

t - общее время
 полета (на макс. вы.)

$t_{\text{макс}}$ - макс. время
 полета (на макс. вы.)

$L_{\text{макс}}$ - макс. длина

v_n - начальная скорость

угла

v_{nx} - проекция v_n на Ox (на макс. вы.)

v_{ny} - проекция v_n на Oy (на макс. вы.)

g_x - проекция g на Ox (на макс. вы.)

g_y - проекция g на Oy (на макс. вы.)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

z
 y



t_2 - время полета
(на ровной поверхности)

$$v_{x2} t_2 = L$$

$$L = \frac{L}{v_{x2}}$$

$$v_{y2} t_2 - \frac{g t_2^2}{2} = 0$$

$$\frac{g t_2}{2} = v_{y2}$$

$$g t_2 = 2 v_{y2}$$

$$t_2 = \frac{2 v_{y2}}{g}$$

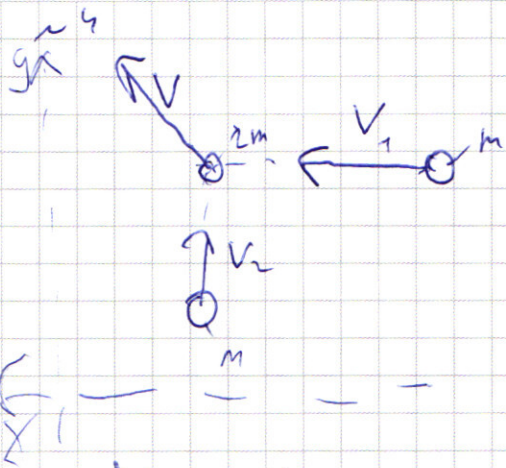
$$\frac{2 v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = L$$

$$L = \frac{S \cdot g (1 - \sin^2 \alpha) \cdot 2 \sin \alpha \cos \alpha}{2 \cdot \sin \alpha \cdot g} = S \cdot \frac{(1 - \sin^2 \alpha) \cdot \sin \alpha \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$\frac{1 - 0,64}{0,6} = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}}{0,6} = 1,8 \text{ км}$$

$$\frac{0,64}{2 \cdot 0,6} = \frac{0,32 \cdot 3}{1} \text{ км} = 0,96 \text{ км}$$

Ответ: 90° ; 0,96 км



m - масса одного шарика.

V_x - проекция V на ось ox

V_y - проекция V на ось oy

~~l - расстояние между шариками~~

$$m V_1 = 2m V_x$$

$$V_x = \frac{V_1}{2}$$

$$V_x^2 + V_y^2 = V^2$$

$$\frac{V_1^2}{4} + \frac{V_2^2}{4} = V^2$$

$$V_1^2 + V_2^2 = 4V^2$$

$$V_2^2 = 4V^2 - V_1^2$$

$$V_2 = \sqrt{4V^2 - V_1^2} = \sqrt{4 \cdot 25^2 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2 - (30 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2} = \sqrt{20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 80 \frac{\text{м}}{\text{с}}} =$$

$$= 40 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$Q = 2mc \Delta t = \Delta E_k = E_{k1} + E_{k2} - E_k = \frac{m V_1^2}{2} + \frac{m V_2^2}{2} - m V^2$$

$$\Delta t = \frac{V_1^2 + V_2^2 - 2V^2}{4c}$$

$$c = \frac{V_1^2 + V_2^2 - 2V^2}{4 \Delta t} = \frac{400 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2 + 1600 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2 - 2 \cdot (50 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2}{4 \cdot 1,35 \text{ с}}$$

$$= \frac{2500 - 50 \cdot 25}{4 \cdot 1,35} \frac{\text{м} \cdot \text{м}}{\text{с}} = \frac{25 \cdot 50}{4 \cdot 1,35} \frac{\text{м} \cdot \text{м}}{\text{с}} \approx 231,5 \frac{\text{м} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$

Ответ $231,5 \frac{\text{м} \cdot \text{м}}{\text{с}}$; $100 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

23

Дано:

$T = 0,2c$

$a = 2 \frac{m}{c}$

$V_1 = ?$

$V_2 = ?$

m - масса шарика

$\vec{g}$ - гравитация

N - реакция опоры

α

$0y: N \neq mg \cos \alpha$

$0x: N - mg \sin \alpha = ma$

$mg(\cos \alpha - \sin \alpha) = ma$

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

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

$\cos \alpha = \sin \alpha + \frac{a}{g}$

$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$

$2 \sin^2 \alpha + 2 \sin \alpha \cdot \frac{a}{g} + \frac{a^2}{g^2} - 1 = 0$

~~$2 \sin^2 \alpha + 2 \sin \alpha$~~

$\sin^2 \alpha + \sin \alpha \cdot 2 \cdot \frac{a}{g} + \frac{a^2}{g^2} - \frac{a^2}{4g^2} - \frac{a^2}{2g^2} - 1 = 0$

$\sin \alpha + \left(\frac{a}{2g}\right)^2 - \frac{a^2}{4g^2} - 1 = 0$

$\left(\sin \alpha + \frac{1}{20}\right)^2 - \frac{1}{100} - 1 = 0$

$\left(\sin \alpha + \frac{1}{10}\right)^2 - \frac{99}{100} = 0$

$\sin \alpha = \frac{3\sqrt{11} - 1}{10}$

$$\cos \alpha = \sin \alpha + \frac{1}{5} \Rightarrow \frac{3\sqrt{11}-1}{10} = \frac{1}{5} \Rightarrow \frac{3\sqrt{11}+1}{10}$$

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

$$V_{\text{из}} = g$$



Поскольку $V_{\text{из}}$ направлено в ту же сторону, что и V_2 , значит когда пластинка на брусок, он ускорится, а не замедлится, это значит, что сразу после удара брусок не замедлится.

Ответ: $2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~2

Дано:

$\sin \alpha = 0,6$

$t = t_{\text{макс}}$

$S = 1,8 \text{ км}$

$\beta = ?$

$L = ?$

$v_{Hx} = v_n \cdot \sin(\beta - \alpha)$

$v_{Hy} = v_n \cdot \cos(\beta - \alpha)$

$v_n \cdot \cos(\beta - \alpha) t = \left(-v_n \sin(\beta - \alpha) t + \frac{gt^2}{2} \right)$

1250

$4 \cdot 1,8 = \frac{2550}{5,4}$

$t \cdot g \alpha \cdot v_n \cos(\beta - \alpha) = \frac{gt}{2} - v_n (\sin \beta - \alpha)$

$1250 \mid 5,4$

$v_n (tg \alpha + \cos(\beta - \alpha) + \sin(\beta - \alpha)) = \frac{gt}{2}$

$\frac{S}{4} \cos(\beta - \alpha) + \sin(\beta - \alpha) - \text{макс}$

$3 \cos(\beta - \alpha) + 4 \sin(\beta - \alpha) - \text{макс}$

$9 \cos^2(\beta - \alpha) + 24 \sin^2(\beta - \alpha) + 24 \sin(\beta - \alpha) \cdot \cos(\beta - \alpha)$

$3 \sin^2 \gamma + 24 \sin(\gamma) \cdot \cos \gamma$

$\sin \gamma (7 \sin \gamma + 24 \cos \gamma)$

12500 | 54

108 | 231,4

120

-162

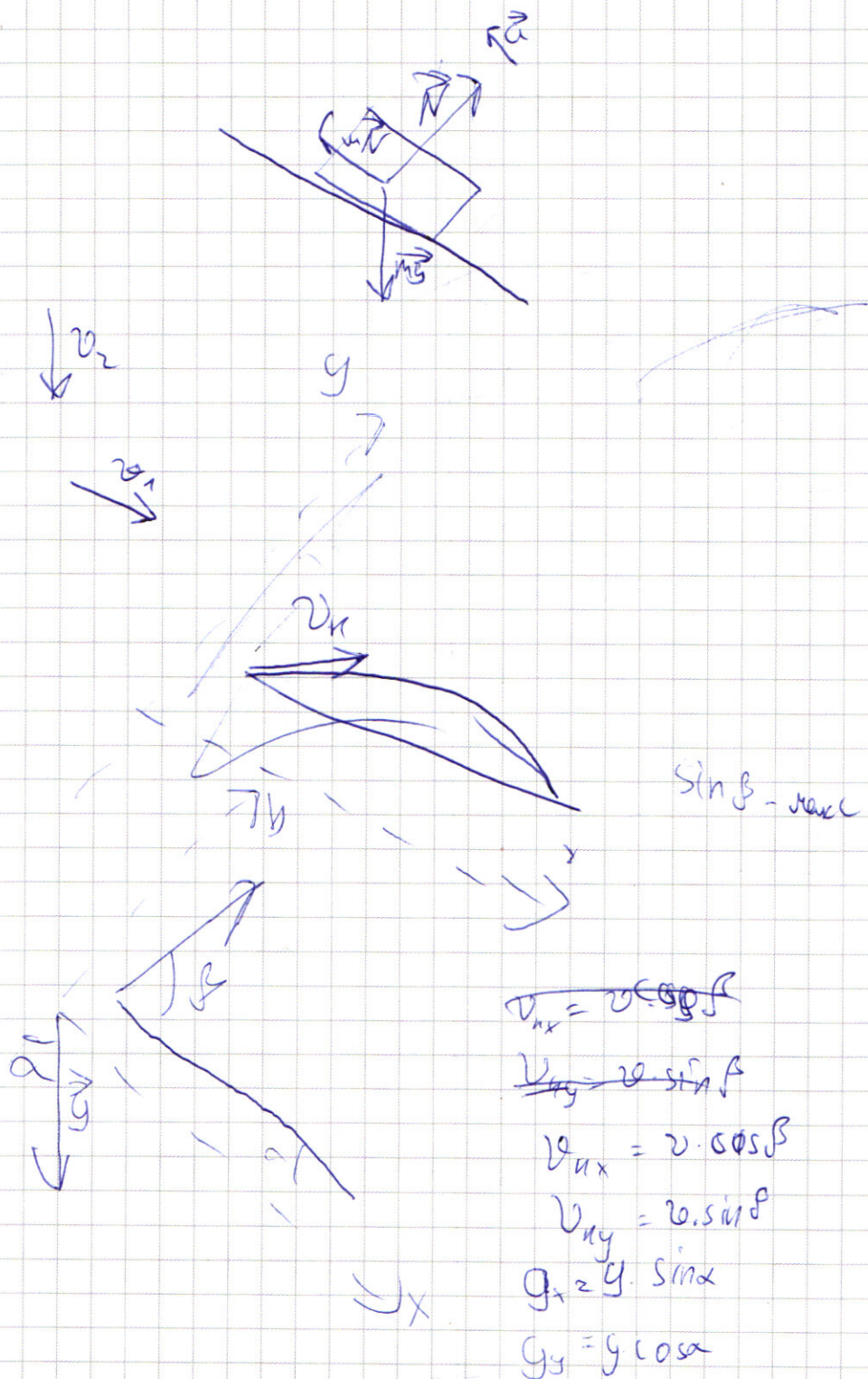
80

-54

260

-216

440



$$\begin{aligned}
 &v \cdot \sin \beta \cdot t - \frac{g \cos \alpha \cdot t^2}{2} = 0 \\
 &2v \cdot \sin \beta = g \cos \alpha \cdot t \\
 &t = \frac{2v \sin \beta}{g \cos \alpha}
 \end{aligned}$$