

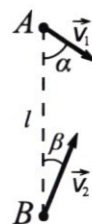
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 09

Вариант 09-02

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. Пластилинный 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?

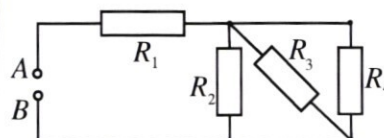
2) Найдите удельную теплоемкость c материала, из которого изготовлены шарики, если известно, что в результате слипания температура шариков повысилась на $\Delta t = 1,35$ °С. Температуры шариков перед слипанием одинаковы.

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?

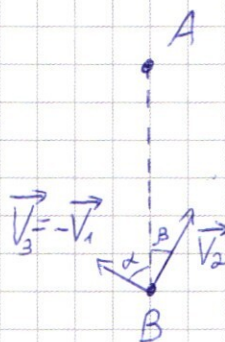


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

Рассмотрим торпеду в системе отсчёта, связанной с кораблём:

Заметим, что торпеда попадёт строго в корабль, т.е. горизонтальные составляющие скоростей



V_2 и V_3 , или $V_2 \sin \beta$ и $V_3 \sin \alpha$, компенсируют друг друга:

$$V_2 \sin \beta = V_3 \sin \alpha = V_1 \sin \alpha.$$

$$\text{Тогда } V_2 = \frac{V_1 \sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{0,5} = 8\sqrt{3} \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

$$\begin{aligned} \text{Суммарная скорость торпеды } V &= V_1 \cos \alpha + V_2 \cos \beta = \\ &= 8 \cdot 0,5 + 8\sqrt{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 4 + 12 = 16 \frac{\text{м}}{\text{с}}. \end{aligned}$$

$$\text{За время } T = 25 \text{ с она пройдёт } S' = 16 \cdot 25 = 400 \text{ м.}$$

$$\begin{aligned} \text{Тогда расстояние между лодкой и торпедой будет} \\ S = L - S' = 800 - 400 = 400 \text{ м.} \end{aligned}$$

Ответ: $8\sqrt{3} \frac{\text{м}}{\text{с}}$, 400 м.

N4.

Пусть m - масса шариков. По закону сохранения импульса

$$m \cdot \vec{V}_1 + m \cdot \vec{V}_2 = 2m \cdot \vec{V}_3$$

Получаем, что $\vec{V}_1 + \vec{V}_2 = 2\vec{V}_3$. Зная, что $\vec{V}_1$ и $\vec{V}_2$ перпендикулярны, получаем.

$$V_1^2 + V_2^2 = 4V^2 \quad 30^2 + V_2^2 = 50^2$$

$$V_2 = 40 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Рассмотрим кинетическую энергию шариков E_{k1} и E_{k2} до удара - $E_{k1} = \frac{mV_1^2}{2} = 450 \text{ м Дж}$.

$$E_{k2} = \frac{mV_2^2}{2} = 800 \text{ м Дж}$$

после удара - $E_{k1} = \frac{mV^2}{2} = 312,5 \text{ м Дж}$.

$$E_{k2} = \frac{mV^2}{2} = 312,5 \text{ м Дж}$$

Потенциальная энергия шариков равна 0.

Получаем, что после удара механ. энергия

уменьшилась на $1250 \text{ м} - 625 \text{ м} = 625 \text{ м Дж}$. Она ушла

на нагревание, Энергия $Q = cm\Delta t = 625 \text{ м Дж}$

$$c\Delta t = 625$$

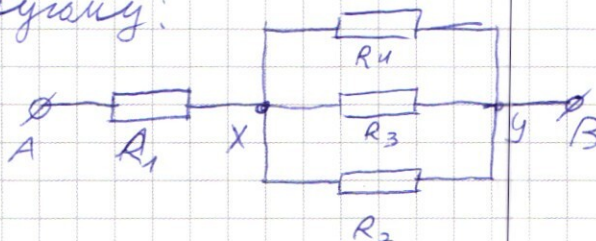
$$c = \frac{625}{\Delta t} = \frac{625}{1,35} = \frac{12500}{27} = 462 \frac{26}{27} \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \approx 463 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

Ответ: $40 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $463 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5.

Перепишем цепь по-другому:



Найдем сопротивление
участка XY (R_{xy}):

$$\frac{1}{R_{xy}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \frac{1}{4r} + \frac{1}{4r} + \frac{1}{r} = \frac{4r^2 + 4r^2 + 16r^2}{16r^3} = \frac{3}{2r}$$

$$R_{xy} = \frac{2}{3} r$$

$$R_{AB} = R_1 + R_{xy} = 2 \frac{2}{3} r.$$

Мощность вычисляется как $P = \frac{U^2}{R}$. В данном случае
 $P = P_{xy} = \frac{U_{xy}^2}{R_{xy}}$. Мы знаем, что через R_1 и XY текут
 токи с одинаковой силой, т.е. $\frac{U_1}{U_{xy}} = \frac{R_1}{R_{xy}} = \frac{2r}{\frac{2}{3}r} = 3$.

Тогда $U_{xy} = \frac{1}{3} U = 2 \text{ В}$

$$P = \frac{2^2}{\frac{2}{3}r} = \frac{6}{r} \text{ Вт. Но } r = 6 \text{ Ом, поэтому } P = 1 \text{ Вт.}$$

Ответ: $2 \frac{2}{3} r$; 1 Вт.

N3

III. к. шарик падает без начальной скорости 0,2 с, то

$$V_1 = gt = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

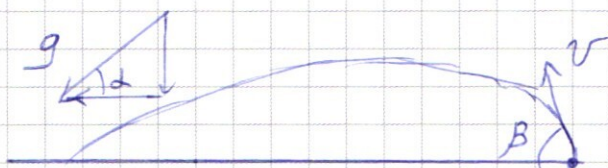
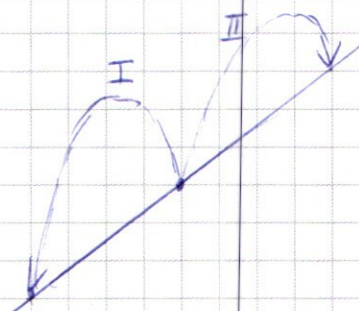
Ответ: $V_1 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N2.

Рассмотрим 2 случая (рис. 1)

I случай. Рассмотрим
движение в системе отсчета,
связанной с плоскостью.



Тогда
$$v \sin \beta \cdot t - \frac{0,6g t^2}{2} = 0$$

$$v \sin \beta = 0,3g t \quad t = \frac{v \sin \beta}{0,3g}$$

$$v \cos \beta \cdot t + \frac{0,8g t^2}{2} = L - \text{наибольшее, } \Rightarrow$$

~~Решение~~

$$\Rightarrow \beta = 90^\circ$$

$$v \cos \beta \cdot t + \frac{0,8g t^2}{2} = 1800$$

$$\frac{v^2 \sin 2\beta}{0,3g} + \frac{0,4 v^2 \sin^2 \beta}{0,3g} = 1800$$

$$v^2 (\sin 2\beta + 0,4 \sin^2 \beta) = 540g$$

$$0,4 v^2 = 5400$$

$$v^2 = 13500 = (30)^2 \cdot 15$$

$$v = 30 \sqrt{15}$$

Он летит дальше всего на

$$L = \frac{v^2}{2g} = \frac{13500}{20} = 675 \text{ м.}$$

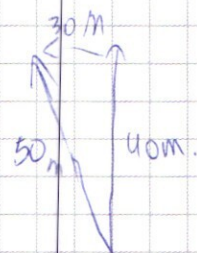
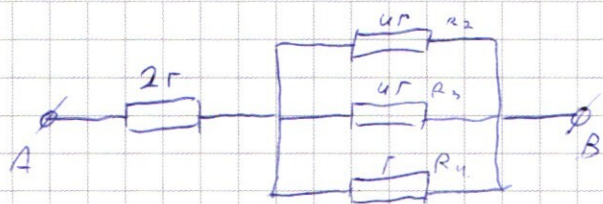
Ответ: 90° , 675 м.

Второй случай нет смысла рассматривать,
т. к. время, затраченное на полет будет
все равно меньше (это следует из того, что

$$t = \frac{v \sin \beta}{0,3g}$$

Ответ: 90° , 645 м.

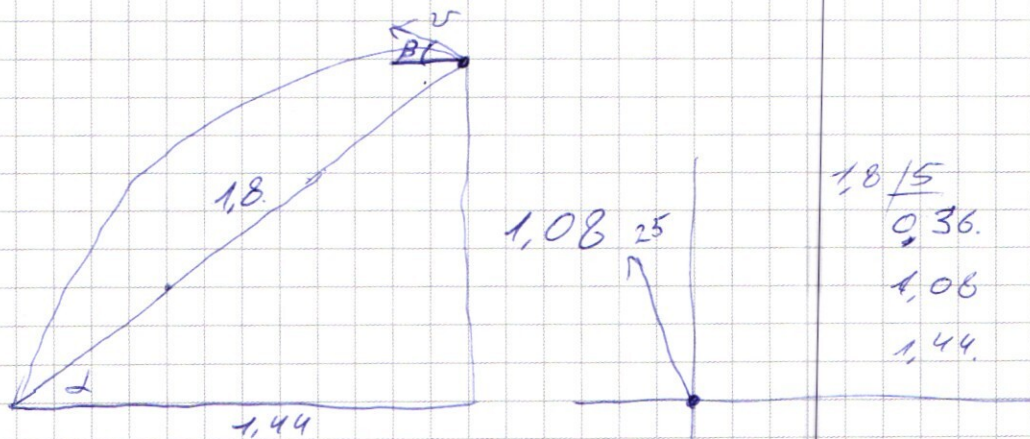
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{1}{4r} + \frac{1}{4r} + \frac{1}{r} = \frac{4r^2 + 4r^2 + 16r^2}{16r^3} = \frac{24}{16}$$

$$\frac{1}{2r} + \frac{1}{r} = \frac{r + 2r}{2r^2} = \frac{3}{2r}$$

$$R = \frac{2}{3}r + 2r = \frac{8}{3}r = 2\frac{2}{3}r$$



$$v \cdot \cos \beta \cdot t = L$$

$$v \cdot \sin \beta \cdot t - 5t^2 = \frac{3}{4}L$$

$$4v \sin \beta t - 20t^2 = 3v \cos \beta t$$

$$4v \sin \beta - 20t = 3v \cos \beta$$

$$v \sin \beta \cdot t = 1.440 \quad t = \frac{1.440}{v \cos \beta}$$

$$v \sin \beta \cdot t - 5t^2 = 1080$$

$$\frac{v \sin \beta \cdot 1440}{v \cos \beta} - \frac{52200}{v \cos^2 \beta} = 1080$$

$$v \sin \theta \cdot t - \frac{gt^2}{2} = 1080$$

$$t^2 - 15 \ln t + 1080 = 0.$$

$$D = (v_{sin})^2 - 2460g$$

$$= \frac{6}{\sqrt{5} + \sqrt{2}}$$

$$t = \frac{v \sin \theta + \sqrt{D}}{g}$$

$$\frac{725}{0,24} = \frac{12500}{24}$$

$$1,35 = 627,5$$

$$7250 - 625 = 625 \text{ m Dur}$$

3 12,5 m.

625

25

$$m \cos \alpha - \sin \alpha = 0,4$$

$$m g \cos \alpha - \cancel{m g \sin \alpha} = m a$$

$$u \cdot \sin B = \frac{9 \cos B}{5}$$

$$u \cdot \sin B = \frac{9 \cos B}{5}$$

$$u = \frac{9 \cos B}{5 \sin B}$$

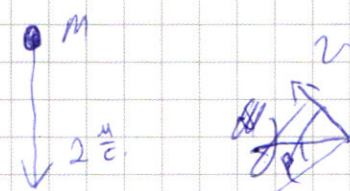
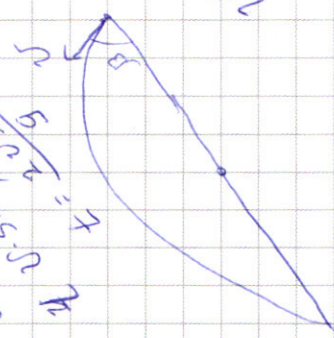
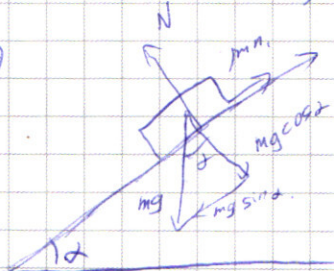
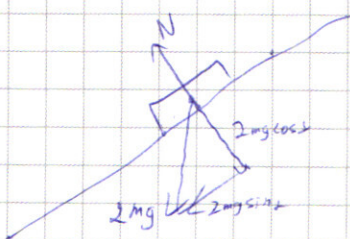
$$u = \frac{9 \cos B}{5 \sin B}$$

$$v \cdot \sin \alpha - \frac{gt}{2} = \frac{1080}{2}$$

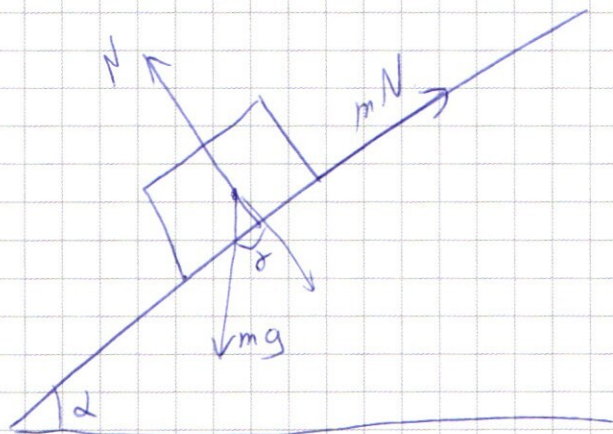
$$v \cdot \sin \alpha \cdot t = \frac{g \cdot t^2}{2} = -1,08$$

$$V \cdot \cos \delta = \frac{1.44}{t} = \frac{14.4}{t}$$

288

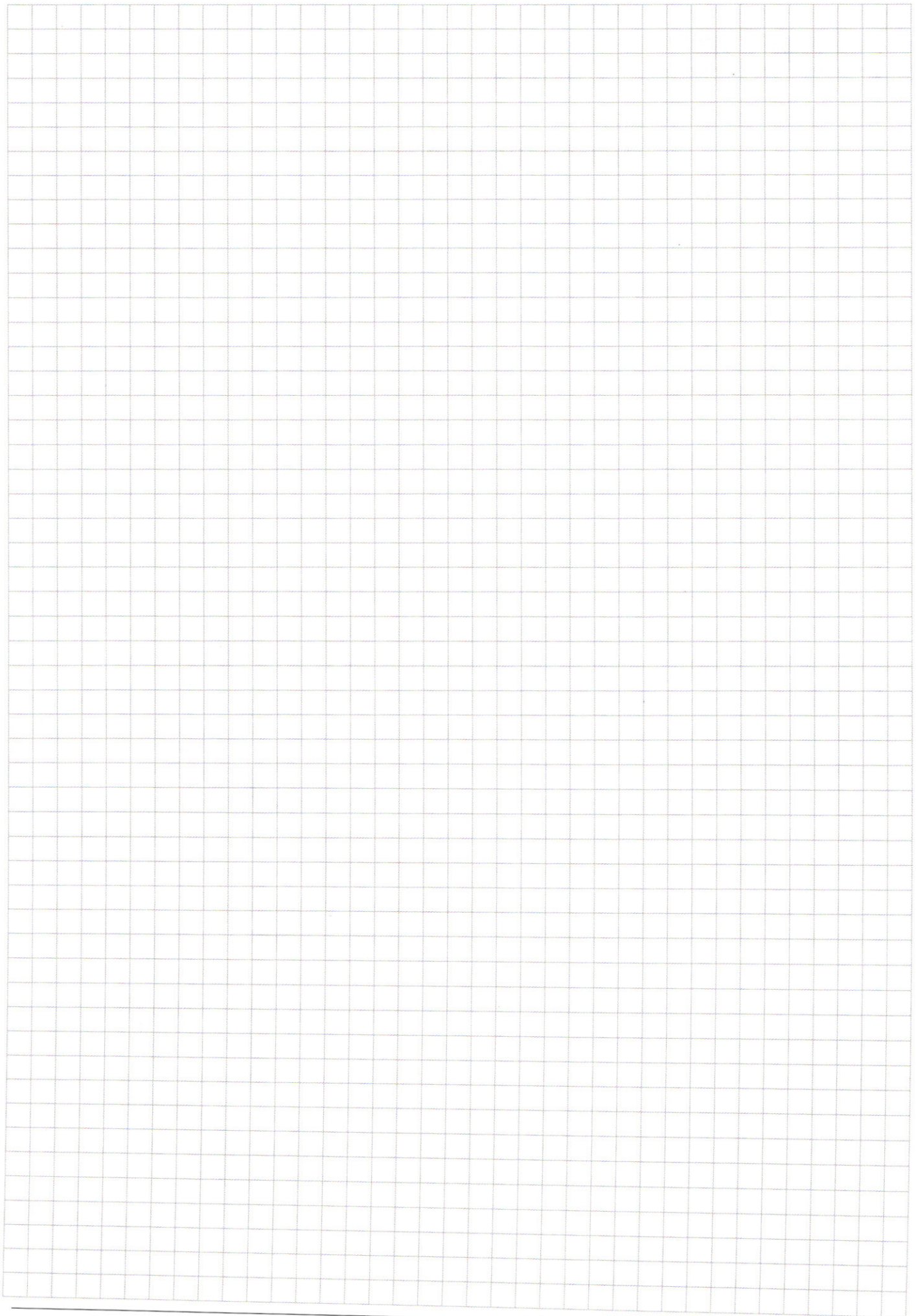


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\begin{aligned} m m g \cos \alpha - m g \sin \alpha &= 2 m \\ g(m \cos \alpha - \sin \alpha) &= 2 \\ m \cos \alpha - \sin \alpha &= 0,2 \end{aligned}$$





☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

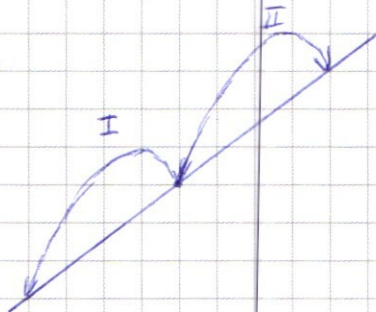
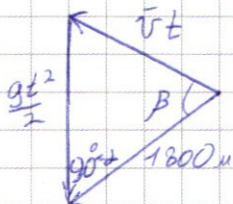
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N2.

П.к. $\sin \alpha = 0,6$, лыжи пролетела по вертикали 1080 м, по горизонтали - 1440 м.

Рассмотрим 2 случая

I случай. Построим треугольник векторов:



$$\frac{5400}{0,4} = \frac{54000}{4} = 13500$$

Получаем $\left(\frac{gt^2}{2}\right)^2 = (vt)^2 + 1800^2 - 3600vt \cos \beta$

$$25t^4 = v^2t^2 + 3600(900 - vt \cos \beta)$$

$$t^2v^2 - 3600t \cos \beta v + 1800^2 - \left(\frac{gt^2}{2}\right)^2 = 0$$

$$D = 1800^2t^2 \cdot 4\cos^2\beta - 1800^2t^2 + g^2t^6$$

$$D = 1800^2t^2(4\cos^2\beta - 1) + g^2t^6$$

$$v = \frac{3600t \cos \beta \pm \sqrt{1800^2t^2(4\cos^2\beta - 1) + g^2t^6}}{2t^2}$$

$$v = \frac{3600 \cos \beta \pm \sqrt{1800^2(4\cos^2\beta - 1) + g^2t^3}}{2t^3}$$

$$(vt)^2 = \left(\frac{gt^2}{2}\right)^2 + 1800^2 - 1800gt^2 \cos(90^\circ - \alpha)$$

$$v^2t^2 = \frac{g^2t^4}{2} + 1800^2 - 1800gt^2 \cdot \sin \alpha$$

$$\frac{g^2}{4}t^4 - (1080g + v^2)t^2 + 1800^2 = 0$$

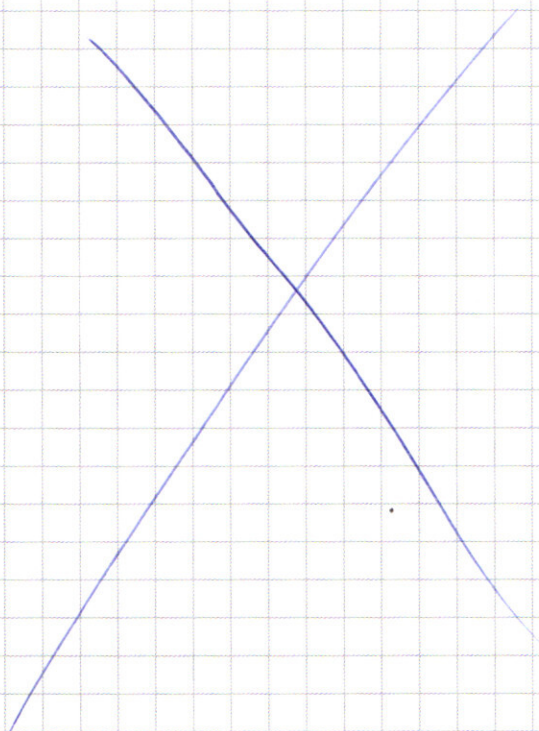
$$D = (1161600g^2 + 2160v^2g + v^4) - 3240000g^2$$

$$D = v^4 + 2160v^2g - 1440^2g^2$$

$$D = (v^2 + 2880g)(v^2 - 420g)$$

№ 2 (продолжение)

$$t^2 = \frac{10809 + v^2 + \sqrt{(v^2 + 28809)(v^2 - 4309)}}{0,5g^2}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2.

Пр. 4. $\sin \alpha = 0,6$, ~~высота~~ мины пролетела по вертикали 1080 м, по горизонтали - 1440 м.

Разберём оба случая. (рис. 1.)

1-ый случай. Рассмотрим движение мины относительно земли. Относ. земли снаряд вылетел под углом γ (рис. 2.) $\alpha + \gamma = \beta$. Тогда пусть v - скорость мины.

$$v \cdot \sin \gamma \cdot t - \frac{gt^2}{2} = -1080.$$

$$\frac{g}{2} t^2 - v \cdot \sin \gamma t - 1080 = 0.$$

$$D = v^2 \sin^2 \gamma + 2160g$$

$$t = \frac{v \cdot \sin \gamma \pm \sqrt{D}}{g}$$

Мы предполагаем, что t - наибольшее, поэтому

$$t = \frac{v \cdot \sin \gamma + \sqrt{v^2 \sin^2 \gamma + 2160g}}{g}$$

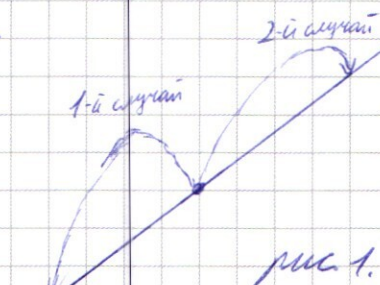
$$v \cdot \cos \gamma \cdot t = 1440.$$

$$v \cos \gamma \cdot \frac{v \sin \gamma + \sqrt{v^2 \sin^2 \gamma + 2160g}}{g} = 1440.$$

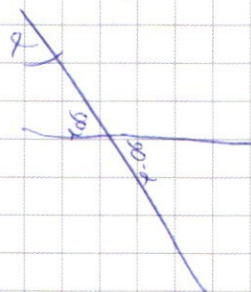
$$\frac{v^2 \sin 2\gamma}{2} + v \cos \gamma \sqrt{v^2 \sin^2 \gamma + 2160g} = 1440g.$$

$$\sqrt{v^4 \sin^2 \gamma \cos^2 \gamma + v^2 \cos^2 \gamma \cdot 2160g} = 1440g - \frac{v^2 \sin 2\gamma}{2}$$

$$\frac{v^4 \sin^2 2\gamma}{4} + v^2 \cos^2 \gamma \cdot 2160g = \frac{v^4 \sin^2 2\gamma}{4} - \frac{v^2 \sin 2\gamma \cdot 2880g}{2} +$$



$$\begin{array}{r} 3210000 \\ + 161600 \\ \hline 2048400 \end{array}$$



$$vt = \left(\frac{gt^2}{2}\right)^2 + 1800^2 - 2 \cdot 1800 \cdot 590 \cdot \alpha$$

$$\begin{array}{r} 1080 \\ \times 1080 \\ \hline 1080 \\ 8640 \\ \hline 1161600 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 118 \\ 144 \\ 324 \end{array}$$

$$+ 2073600 g^2.$$

$$v^2 \cos^2 \alpha + 2160 g = -v^2 \sin^2 \alpha \cdot 1440 g + 2073600 g^2$$

$$v^2 \cos^2 \alpha + 2160 g = -v^2 \sin^2 \alpha \cdot 2880 + 2073600 g$$

$$2880 v^2 - 720 v^2 \cos^2 \alpha = 2073600 g$$

$$720 v^2 (4 - \cos^2 \alpha) = 720 \cdot (2880 g)$$

$$v^2 (4 - \cos^2 \alpha) = 2880 g$$

$$v^2 (4 - \cos^2 \alpha) = 28800$$

$$v^2 (4 - \cos^2 \alpha) = 120^2 \cdot 2$$

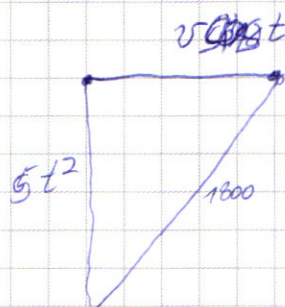
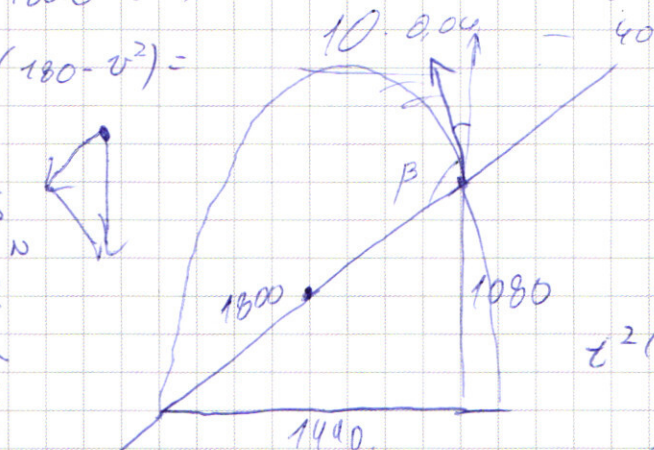
$$v^2 = v t \cos \beta + 141000$$

$$141000$$

$$3600(18000 - v^2) = 3600(900 - v t \cos \beta)$$

$$36(180 - v^2) =$$

$$t^2 - 3600 t \cos \beta + 1400^2 = 0$$



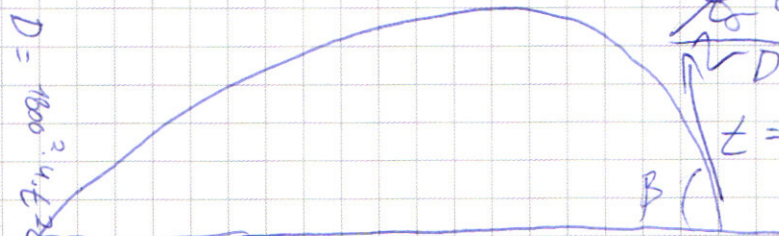
$$t^2(23t^2 - v^2)$$

$$\begin{array}{r} 1800 \div 5 \\ - 15 \\ \hline 360 \\ 00 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1360 \\ 3 \\ \hline 1080 \\ 360 \\ \hline 1440 \end{array}$$

$$\sin(a-b)(\sin a + \cos a)$$

$$(5t^2 - vt)(5t^2 + vt) = 3600(900 - vt \cos \beta)$$



$$D = 1800^2 - 4 \cdot 3600 \cdot 1400 \cos^2 \beta + 1400^2 = 0$$

$$t^2(v^2 - 5) - 1800 v \cos \beta t + 324000 = 0$$

$$D = 324000(v^2 \cos^2 \beta - 4v^2 - 20)$$

$$t = \frac{1800 v \cos \beta + 1800 \pm \sqrt{v^2 \cos^2 \beta - 4v^2 - 20}}{2v^2 - 10}$$

$$\frac{gt^2}{2} = v^2 t^2 + 3240000$$

$$5t^2 = v^2 t^2 + 3240000 - 1800 v t \cos \beta$$

$$t^2(5 - v^2) + 1800 v \cos \beta t - 3240000 = 0$$

