

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 09-01

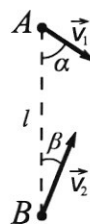
Класс 09

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

1. Корабль A и торпеда B в некоторый момент времени находятся на расстоянии $l = 1$ км друг от друга (см. рис. 1) Скорость корабля $V_1 = 10$ м/с, угол $\alpha = 60^\circ$. Скорость торпеды $V_2 = 20$ м/с. Угол β таков, что торпеда попадет в цель.

1) Найдите $\sin \beta$.

2) Через какое время T расстояние между кораблем и торпедой составит $S = 770$ м?



2. Плоский склон горы образует с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. Из миномета, расположенного на склоне, производят выстрел, под таким углом φ к поверхности склона, что продолжительность полета мины наибольшая. Мина падает на склон на расстоянии $S = 0,8$ км от точки старта.

1) Под каким углом φ к поверхности склона произведен выстрел?

2) Найдите величину V_0 начальной скорости мины.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

3. Вниз по шероховатой наклонной плоскости равнозамедленно движется брусок. В тот момент, когда скорость бруска равна $V_1 = 1$ м/с, на брусок падает пластилиновый шарик и прилипает к нему, а брусок останавливается. Движение шарика до соударения – свободное падение с высоты $h = 0,8$ м с нулевой начальной скоростью.

1) Найдите скорость V_2 шарика перед соударением.

2) Найдите величину a ускорения бруска перед соударением.

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 свинцовых шарика одинаковой массы, летящие со скоростями $V_1 = 60$ м/с и $V_2 = 80$ м/с, слипаются в результате абсолютно неупругого удара. Скорости шариков перед слипанием взаимно перпендикулярны.

1) С какой по величине скоростью V движутся слипшиеся шарики?

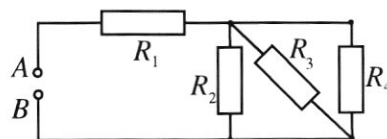
2) На сколько Δt ($^\circ\text{C}$) повысится температура шариков?

Удельная теплоемкость свинца $c = 130$ Дж/(кг $\cdot^\circ\text{C}$). Температуры шариков перед слипанием одинаковы.

5. Четыре резистора соединены как показано на рисунке. Сопротивления резисторов $R_1 = 3 \cdot r$, $R_2 = R_3 = 2 \cdot r$, $R_4 = 4 \cdot r$. На вход АВ схемы подают напряжение $U = 38$ В.

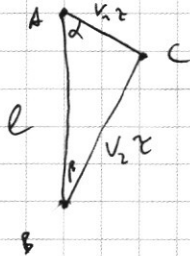
1) Найдите эквивалентное сопротивление R_{AB} цепи.

2) Какой силы I ток будет течь через резистор R_4 при $r = 10$ Ом?



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1. 1) Так как торпеда плывет в зелье, образует
преугодные
Пусть время до времени τ



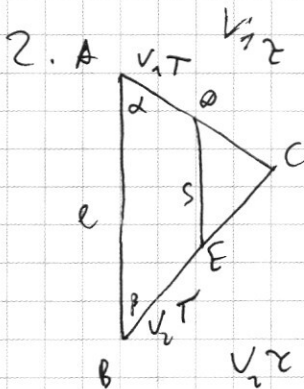
По теореме синусов

$$\frac{V_1 \tau}{\sin \beta} = \frac{V_2 \tau}{\sin \alpha} = \frac{l}{\sin(\alpha + \beta)}$$

и

$$\sin \beta = \frac{V_1}{V_2} \sin \alpha = \frac{10 \text{ м/с}}{20 \text{ м/с}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$\text{Ответ: } \frac{\sqrt{3}}{4}$$



По закону синусов и косинусов
пропорциональности сторон ($V_1 T \sim V_1 (\tau - T)$,
 $V_2 T \sim V_2 (\tau - T)$)
треугольники ABC и DEC подобны.

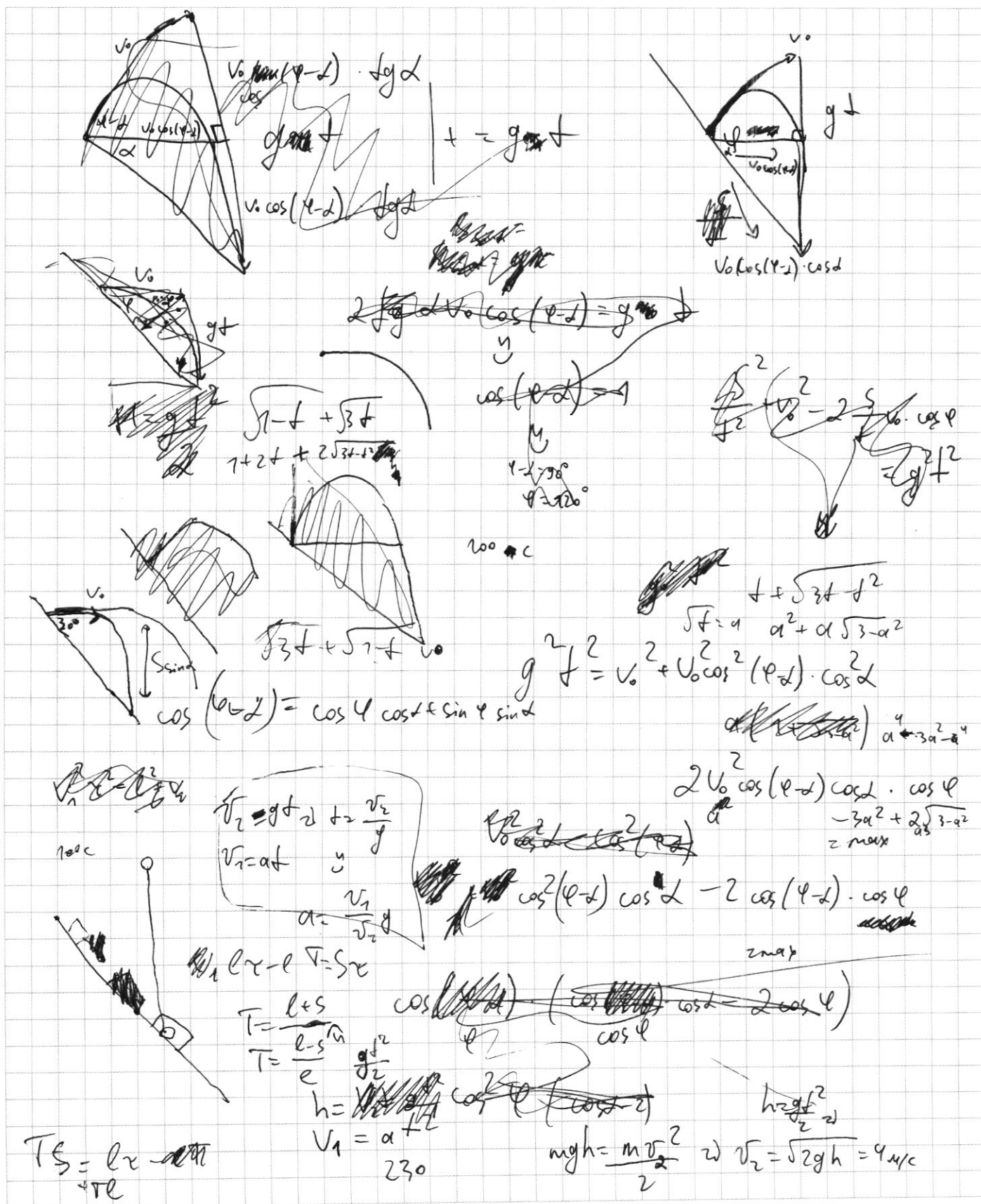
$$\frac{V_1 (\tau - T)}{V_1 T} = \frac{s}{l} \Rightarrow T = \frac{l - s}{l} \tau$$

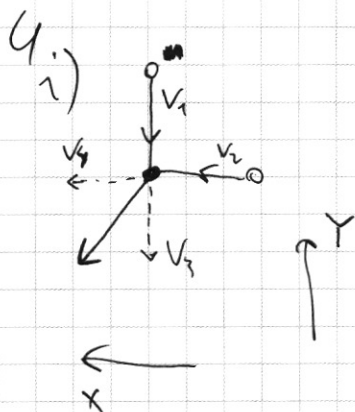
Используя теорему синусов у. н. 1

$$\tau = \frac{l}{V_1} \cdot \frac{\sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)} \Rightarrow T = \frac{l - s}{V_1} \cdot \frac{\sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)} = \frac{1000 \text{ м} - 750 \text{ м}}{20 \text{ м/с}} \cdot \frac{\sqrt{3}/4}{\frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \frac{1}{2} + \frac{1}{4} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} = 23 \text{ с}$$

Ответ: 23 с

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА





V_z — проекция скорости V на ось Z
 V_y — проекция скорости V на ось Y

Пусть у шариков масса m

По закону сохранения импульса

$$OX: mV_z = 2mV_y$$

$$OY: mV_y = 2mV_z$$

По теореме Пифагора

$$V = \sqrt{V_z^2 + V_y^2} = \sqrt{\left(\frac{V_z^2}{2}\right) + \left(\frac{V_z^2}{2}\right)} = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50 \text{ м/с}$$

Ответ: 50 м/с

2)

По закону сохранения энергии

$$\frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} = \frac{2mV^2}{2} + c2m\Delta t$$

$$\Delta t = \frac{V_1^2 + V_2^2 - 2V^2}{4c} = \frac{60^2 \text{ м}^2/\text{с}^2 + 80^2 \text{ м}^2/\text{с}^2 - 2 \cdot 50^2 \text{ м}^2/\text{с}^2}{4 \cdot 230 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}}$$

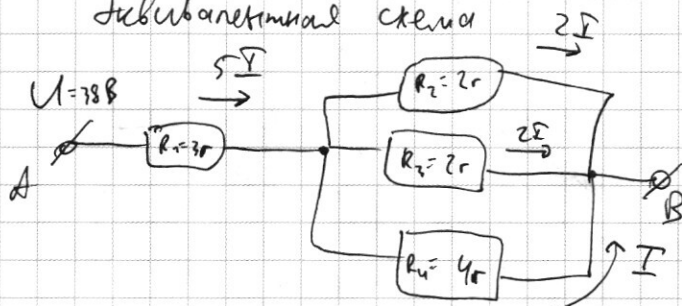
Ответ: 70 °C

≈ 70 °C

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5.

Эквивалентная схема



Рассмотрим на
схеме
токи

1)

$$R_{AB} = \frac{U}{I} = \frac{38 \text{ В}}{0,2 \text{ А}} = 19 \text{ Ом}$$

$$R_{AB} = \frac{5I R_1 + R_4 I}{5I} =$$

$$= \frac{19}{5} \text{ r}$$

$$\text{Ответ: } \frac{19}{5} \text{ r}$$

2)

~~Рассмотрим на схеме токи.~~

$$R_{AB} = \frac{19}{5} \text{ r}$$

||

$$\frac{19}{5} \text{ r} \cdot 5I = U$$

U

$$I = \frac{U}{19 \text{ r}} = \frac{38 \text{ В}}{19 \cdot 10^{-2} \text{ Ом}} = 0,2 \text{ А}$$

$$\text{Ответ: } 0,2 \text{ А}$$

$v_0 \sin(\varphi - \alpha) t - v_0 \sin(\varphi - \alpha)$
 $v_0 \sin(\varphi - \alpha) \left(t - \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} \right) + \frac{g}{2} \left(t - \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} \right)^2$

$S \cos \alpha = v_0 \cos \varphi t$
 $H = \dots = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g}$

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

$t = \frac{L}{v_0 \cos \alpha}$
 $2h - x = g t^2$
 $L = v_0 \cos \alpha t$
 $H = \dots$

$\frac{m v_0^2}{2} + \frac{m v_1^2}{2} = \dots$
 $S \sin \alpha = v_0 \cos \varphi t$
 $S \cos \alpha = v_0 \cos \varphi t$
 $\frac{g t^2}{2} = \frac{L}{2} \lg L$
 $\frac{m^2/c^4}{m^2/c^2} = \dots$
 $t = \frac{4v_0 \sin \alpha}{g}$
 $v_0 \sin(\varphi - \alpha) T + \frac{g T^2}{2} = x$

$3600 + 6400 - 9000$
 $S \cos \alpha = v_0 \cos \varphi t$
 $v_0 \sin(\varphi - \alpha) = \frac{g t}{2}$
 $S \sin \alpha = v_0 \cos \varphi t$
 $\frac{g t^2}{2} = \frac{L}{2} \lg L$
 $\frac{m^2/c^4}{m^2/c^2} = \dots$
 $t = \frac{4v_0 \sin \alpha}{g}$
 $v_0 \sin(\varphi - \alpha) T + \frac{g T^2}{2} = x$

$g, 6.67 \pm 0.9$
 $\frac{g t^2}{2} = \frac{L}{2} \lg L$
 $\frac{m^2/c^4}{m^2/c^2} = \dots$
 $t = \frac{4v_0 \sin \alpha}{g}$
 $v_0 \sin(\varphi - \alpha) T + \frac{g T^2}{2} = x$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3.

1) У $\text{закон сохранения энергии}$ $mgh = \frac{mv^2}{2}$

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,8} = 4 \text{ м/с}$$

Ответ: 4 м/с

2) За время падения марши бросок осуществился

$$v_1 = at$$

$$v_2 = gt \Rightarrow a = \frac{v_1}{v_2} g = \frac{1 \text{ м/с}}{4 \text{ м/с}} \cdot 10 \text{ м/с}^2 = 2,5 \text{ м/с}^2$$

Ответ: 2,5 м/с²

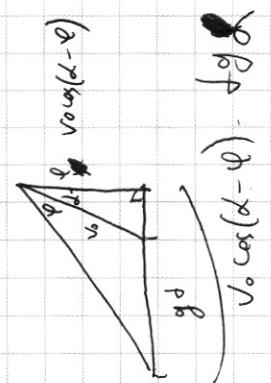
$$\frac{V_0}{g} (1 + 0) \rightarrow \frac{V_0}{g}$$

~~Handwritten scribbles and equations at the top left.~~

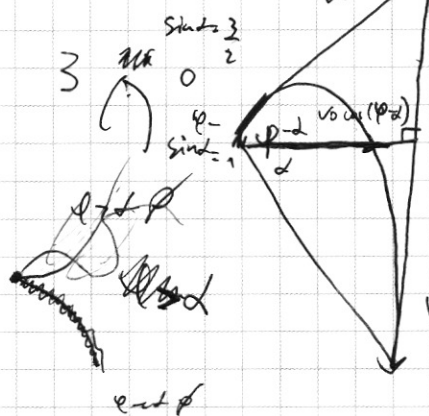
$$V_2 = \sqrt{2gh} = 4 \text{ м/с}$$

$$V_2 = gt$$

$$V_2 = at$$



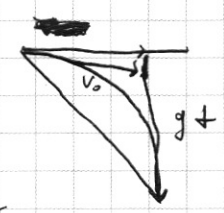
$$3t - 3t^2 \rightarrow \max$$



$$V_0 \sin(\varphi - \alpha)$$

$$gt - 3t^2 + 2t\sqrt{3-3t^2}$$

$$V_0 \cos(\varphi - \alpha) \cdot tg \alpha$$



$$\cos(\alpha - \varphi) = \max$$

$$V_0 \sin(\varphi - \alpha) + V_0 \cos(\varphi - \alpha) \cdot tg \alpha = \frac{V_0}{g}$$

$$\sqrt{1-t} + \sqrt{3t} = \sqrt{3}$$

$$\frac{1-t}{\sqrt{3}} = \frac{V_0}{g} (\sqrt{1-\cos^2(\varphi-\alpha)} + \sqrt{\cos^2(\varphi-\alpha) - 3})$$

$$\sqrt{1-t} - \sqrt{1-t-\alpha} + \sqrt{3t} - \sqrt{3t-3\alpha}$$

$$\sqrt{1-t} + \sqrt{t-3}$$

$$-2 + 2\sqrt{4t-t^2}$$

при

$$\varphi > \alpha$$

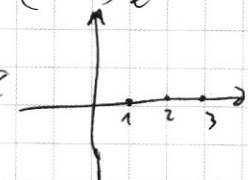
$$t \leq \frac{V_0}{g}$$

$$4t - t^2 - 3 = \max$$

при $\varphi < \alpha$

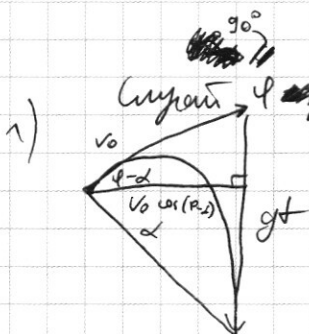
$$\sqrt{1-t} = \frac{\cos(\varphi - \alpha)}{\frac{4-t}{\sqrt{3}}}$$

$$1-t = \frac{16}{9} \quad 1-t = \frac{16}{9} (1-t)^2 \quad t=1$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2.



пути время движения t

Рассмотрим треугольник
скоростей

со сторонами v_0 и gt
и высотой

$$gt = v_0 \sin(\varphi - \alpha) + v_0 \cos(\varphi - \alpha) \tan \alpha$$

$$t = \frac{v_0}{g} (\sin(\varphi - \alpha) + \cos(\varphi - \alpha) \tan \alpha) = \max$$

$$t = \frac{v_0}{g} \tan \alpha \left(\sqrt{3 \sin^2(\varphi - \alpha)} + \sqrt{1 - \sin^2(\varphi - \alpha)} \right) = \max$$

$$\sin^2(\varphi - \alpha) = a$$

$$\sqrt{3} \cdot \sqrt{a} + \sqrt{1 - a} \leq \sqrt{(3)^2 + 1} \sqrt{a^2 + 1 - a^2} =$$

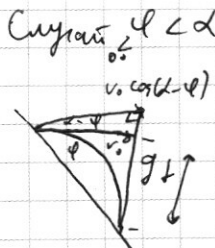
по неравенству
Копи - Бунковского

$$\max, \text{ т.е. } = \text{при } \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{a^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 - a^2}} = 2$$

$$\sin(\varphi - \alpha) = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \alpha = \pm \sqrt{\frac{3}{4}}$$

$$\varphi = 90^\circ$$

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



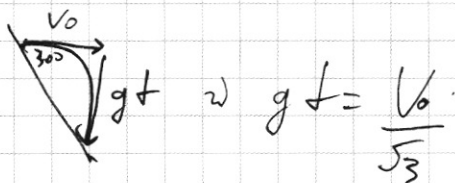
$$gt = v_0 \cos(\alpha - \varphi) - v_0 \sin(\alpha - \varphi) \tan \alpha$$

А именно,
но $\varphi = 90^\circ$ не подходит

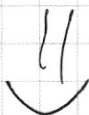
$$v_0 \cos(\alpha - \varphi) \tan \alpha + v_0 \sin(\alpha - \varphi)$$

7. (тригонометрия)

Скорость $v = 30^\circ$



$$t = \frac{v_0}{\sqrt{3}g} < \frac{2v_0}{g}$$



$\varphi = 90^\circ$

Ответ: 90°

~~$$\sin(\varphi - \alpha) = \frac{v_0}{g} \cdot \frac{1}{2}$$~~
~~$$\cos(\varphi - \alpha) = \frac{1}{2}$$~~
~~$$\varphi - \alpha = 60^\circ$$~~

2)

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

~~$$S \cos \alpha = v_0 \cos(\varphi - \alpha) t$$~~

$$S \cos \alpha = \cos(\varphi - \alpha) \cdot \frac{2v_0^2}{g}$$

$$v_0 = \sqrt{S \cdot \frac{g}{2} \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos(\varphi - \alpha)}}$$

$$= \sqrt{800 \text{ м} \cdot 5 \text{ м/с}^2 \cdot \frac{\sqrt{3}/2}{1/2}} \approx 84 \text{ м/с}$$

Ответ: 84 м/с