

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 09-02

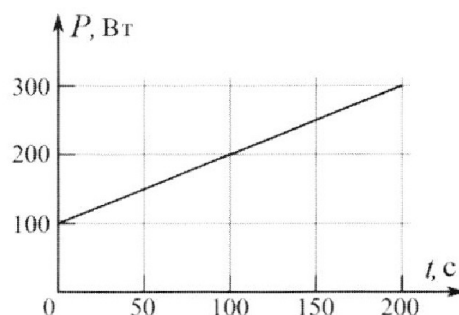
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные
дроби и радикалы.

4. Воду объемом $V = 1$ л нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $\tilde{t}_0 = 16^\circ\text{C}$. Сопротивление спирали электроплитки $R = 25$ Ом, напряжение источника $U = 100$ В. Зависимость мощности P тепловых потерь от времени t представлена на графике (см. рис.).

1) Найдите мощность P_H нагревателя.

2) Найдите температуру $\tilde{t}_1$ воды через $T = 180$ с после начала нагревания.

Плотность воды $\rho = 1000\text{кг/м}^3$, удельная теплоемкость воды $c = 4200\text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$.

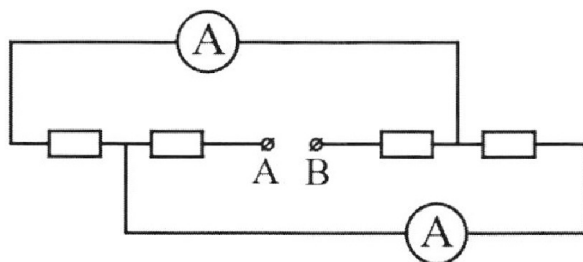


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 30 Ом, у двух других сопротивление по 60 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

После подключения к клеммам А и В источника постоянного напряжения показания амперметров оказались различными. Большее показание $I_1 = 2$ А.

1) Найдите показание I_2 второго амперметра.

2) Какую мощность P развивают силы в источнике?





Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

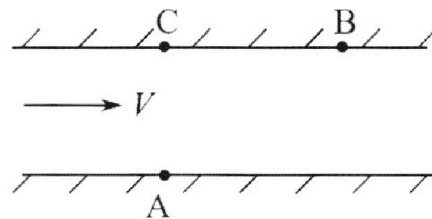
Вариант 09-02

Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные
дроби и радикалы.



1. Пловец трижды переплывает реку. Движение пловца прямолинейное. Скорость пловца в подвижной системе отсчета, связанной с водой, во всех заплывах одинакова по модулю.

В двух первых заплывах А – точка старта, В – точка финиша (см. рис., V – неизвестная скорость течения реки). Ширина реки $AC = d = 50$ м, снос, т.е. расстояние, на которое пловец смещается вдоль реки к моменту достижения противоположного берега, $CB = L = 120$ м.



Продолжительность первого заплыва $T_1 = 100$ с, продолжительность второго заплыва $T_2 = 240$ с.

- 1) Найдите скорости V_1 и V_2 пловца в лабораторной системе отсчета в первом и втором заплывах.
- 2) Найдите скорость V течения реки.

В третьем заплыве пловец стартует из точки А и движется так, что снос наименьший.

- 3) На каком расстоянии S от точки В выше по течению финиширует пловец в третьем заплыве?

2. Футболист на тренировке наносит удары по мячу, лежащему на горизонтальной площадке и направляет мяч к вертикальной стенке. После абсолютно упругого соударения со стенкой на высоте $h = 5,4$ м мяч падает на площадку. Расстояние от точки старта до стенки в 3 раза больше расстояния от стенки до точки падения мяча на площадку.

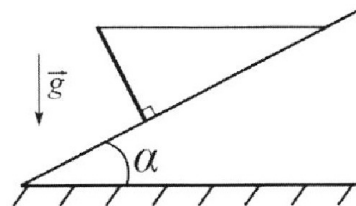
- 1) Найдите наибольшую высоту H , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

Допустим, что в момент соударения мяча со стенкой на высоте h , стенка движется навстречу мячу. Расстояние между точками падения мяча на поле в случаях: стенка покоится, стенка движется, $d = 1,8$ м.

- 3) Найдите скорость U стенки в момент соударения.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Соударения мяча со стенкой абсолютно упругие. Траектории мяча лежат в вертикальной плоскости перпендикулярной стенке.

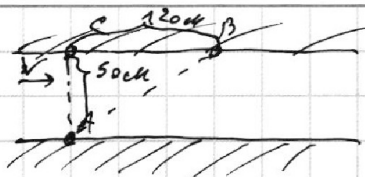
3. Однородный стержень удерживается на шероховатой наклонной плоскости горизонтальной нитью, прикрепленной к стержню в его наивысшей точке. Сила натяжения нити $T = 17,3$ Н. Угол между стержнем и плоскостью прямой. Наклонная плоскость образует с горизонтальной плоскостью угол $\alpha = 30^\circ$.



- 1) Найдите массу m стержня.
- 2) Найдите силу $F_{тр}$ трения, действующую на стержень.
- 3) При каких значениях коэффициента μ трения скольжения стержень будет находиться в покое? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



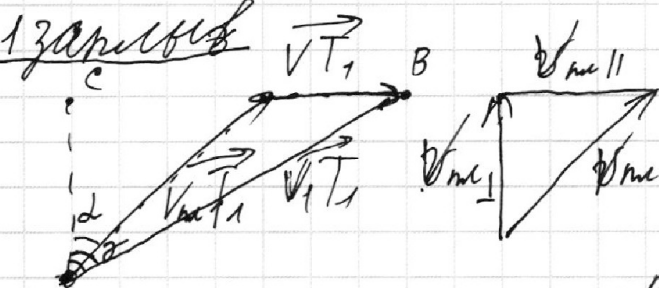
① По теореме Пифагора $AB = \sqrt{AC^2 + CB^2} = 130 \text{ м.}$ Обозначим за V_n скорость плывца относ. реки.

② м.к. $V_n = \text{const}$; $V = \text{const}$, но V_1 и $V_2 = \text{const}$

$$V_1 = \frac{AB}{T_1} = 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}; V_2 = \frac{AB}{T_2} = \frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

③ Пусть α - $\angle$ между AC и V_n в системе отсчёта "река" в 1 случае, а β - во втором. Так же обозначим $\angle CAB$ за γ . $\sin \gamma = \frac{12}{13}$; $\cos \gamma = \frac{5}{13}$

1 замечание



④ Разложим V_n на 2 компонента: V_{n1} и V_{n2}

2 компоненты: V_{n1} и V_{n2}
м.к. $T_1 < T_2$, он будет поперёк

⑤ Тогда $V_{n2} \cdot T_1 = L$

$$V_{n2} = V_n \cdot \cos \alpha = \frac{L}{T_1} = \frac{50}{24} = V_1 \cdot \cos \gamma$$

$$\Rightarrow V_{n2} = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$(V_{n1} + V) T_1 = L \Rightarrow V_{n1} T_1 = L - V T_1 \Rightarrow V_1 \cdot \sin \beta - V = V_{n1}$$

$$V_{n1} = V_n \cdot \sin \alpha = V_1 \cdot \sin \beta - V$$

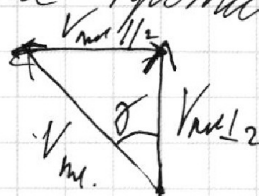
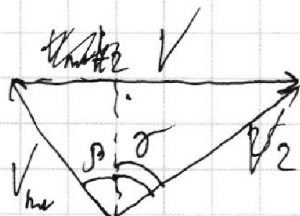
$$V_n^2 = V_1^2 \cos^2 \gamma + (V_1 \cdot \sin \beta - V)^2$$

2 замечание

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

- ⑥ Плывец, м.к. плывец прыжки в воду же точку,
а $T_2 > T_1 \Rightarrow$ он плывец прыжки в воду же



$$\left. \begin{aligned} V_{hor \perp 2} &= V_2 \cdot \cos \gamma \\ V - V_{hor \parallel 2} &= V_2 \cdot \sin \gamma \\ V_{hor \parallel 2} &= V_{hor} - V_2 \cdot \sin \gamma \end{aligned} \right\} \Rightarrow V_{hor}^2 = V_2^2 \cos^2 \gamma + (V - V_2 \cdot \sin \gamma)^2 \quad (2)$$

- ⑦ Тригравидом выражения (1) и (2)

$$V_1^2 \cos^2 \gamma + (V_1 \sin \gamma - V)^2 = V_2^2 \cos^2 \gamma + (V - V_2 \sin \gamma)^2$$

Если плывец короче, при котором $V_1 \sin \gamma - V \geq 0$ и $V - V_2 \sin \gamma \geq 0$

$$V_1^2 - 2V_1V \sin \gamma + V^2 = V_2^2 - 2V_2V \sin \gamma + V^2$$

$$V_1^2 - V_2^2 = 2V \sin \gamma (V_2 - V_1)$$

$$2V \sin \gamma = V_1 + V_2 \Rightarrow V = \frac{V_1 + V_2}{2 \sin \gamma} = \frac{43 \cdot 24 + 13 \cdot 10}{240 \cdot 2 \cdot 12} =$$

$$= \frac{13^2 \cdot 34^{17}}{240 \cdot 2 \cdot 12} = \frac{2873}{2880} \approx 1$$

$1,2 - 1 \geq 0$; $1 - 0,5 \geq 0$; $\Rightarrow$ этот корень имеет значение.

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$V_m = \sqrt{\left(1,3 \cdot \frac{10}{13}\right)^2 + (1,2 - 1)^2} = \sqrt{0,25 + 1,21} = \sqrt{1,46}$$

$$1,2 = \sqrt{1,44}; 1,3 = \sqrt{1,69} \Rightarrow 1,2 < V_m < 1,3 \Rightarrow$$

Он сможет подобрать такой угол, при кото-
ром он будет двигаться строго от А к С $\Rightarrow$
 $\Rightarrow S = BC = 120 \text{ м}$

Ответ: $V_1 = 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$$V_2 = \frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$V = \frac{2873}{2880} \approx 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$S = 120 \text{ м}$$

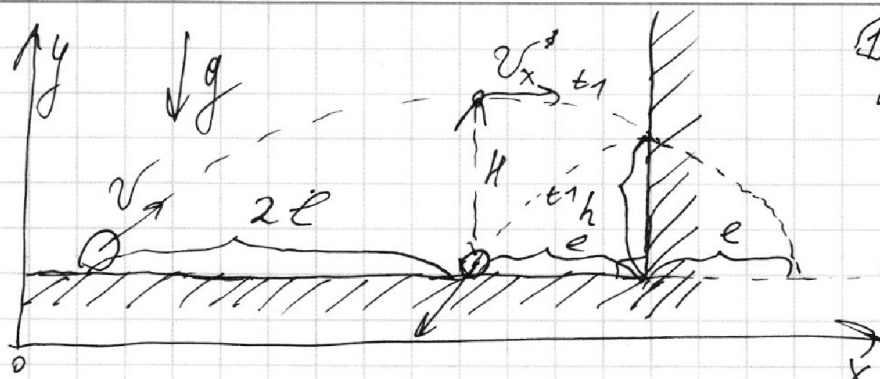
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



① v_x - скорость
мяча на ось x
 v_y - скорость мяча
на ось y .

② т.к. удар был
абсолютно

упругим, то

если "отзеркалить" часть траектории после
удара, то траектория - парабола.

③ Обозначим расстояние между стеной
и точкой падения ϵ , тогда расстояние между
точкой старта и стеной $- 3\epsilon \Rightarrow$ Общая x
составляющая траектории: 4ϵ ; между
точкой старта и между точкой падения $2\epsilon \Rightarrow$
 $\Rightarrow$ он упал в точку, имеющей точку старта
 x координату, как и верхняя точка траек-
тории, где $v_y = 0 \Rightarrow t_1 = \frac{t}{2} - t_1$, где t - полное
время полёта $\Rightarrow t = 4t_1$

④ Рассмотрим v_y в момент соударения.

$$\Rightarrow v_y' = g t_1$$

$$h = v_y' \cdot t_1 + \frac{g t_1^2}{2} = \frac{3}{2} g t_1^2 \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{2}{3} \cdot \frac{h}{g}}$$

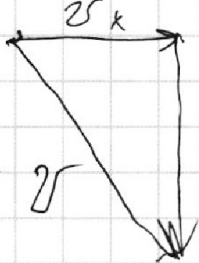
$$203,6 \text{ c}^2 = 0,6 \text{ c}$$

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



5) Рассмотрим скорость в нижней точке



$$\Rightarrow v_y'' = g \cdot 2t_1$$

$$K = v_y \cdot 2t_1 = 2gt_1^2 = 2 \cdot 9.8 \cdot 0.6^2 = 7.2 \text{ м}$$

$$= 7.2 \text{ м}$$

$$= \frac{4}{3} h = 7.2 \text{ м.}$$

6) Если наклон движется на встречу мячику, то в С О, связанный со стержнем $v_{x'} = v_x + u$. Больше ничего не изменится. Так как все величины время мы рассчитывали из y с учетом y , то они не изменятся.

7) Запишем ур-я на ось x

$$u_{cm} = 0 \text{ (используем)}$$

$$l = t_1 \cdot v_x$$

$$l + d = t_1 (v_x + u)$$

$$\Rightarrow u = \frac{d}{t_1} = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

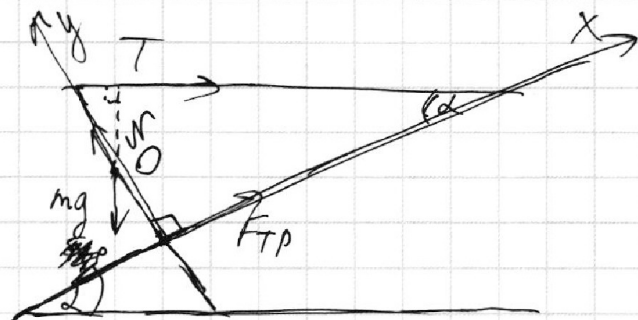
$$\text{Ответ: } K = 7.2 \text{ м}$$

$$t_1 = 0.6 \text{ с}$$

$$u = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



① т.к. тело находится в равновесии, то
 $\sum F_x = 0$; $\sum M = 0$
 $\sum F_y = 0$;

② Запишем проекции сил на оси:

(x) $F_{TP} + T \cdot \cos \alpha = mg \cdot \sin \alpha$

(y) $N = mg \cdot \cos \alpha + T \cdot \sin \alpha$

③ Запишем ур-е моментов относительно O , где O - точка приложения F_{TP} .

$$T \cdot \frac{l}{2} \cdot \cos \alpha = F_{TP} \cdot \frac{l}{2} \Rightarrow T \cos \alpha = F_{TP}$$

$$\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow F_{TP} = \frac{34,6}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{34,6 \cdot 2}{\sqrt{3}} \text{ Н}$$

$$\sin 30^\circ = \frac{1}{2}$$

$$mg \cdot \sin \alpha = 2 T \cos \alpha$$

$$m = \frac{2 T \operatorname{ctg} \alpha}{g} = \frac{17,3 \cdot 2 \cdot \sqrt{3}}{10} = 3,46 \sqrt{3} \text{ кг}$$

$$N = 34,6 \sqrt{3} \cdot \cos 30^\circ + T \cdot \cos 30^\circ = \frac{34,6 \cdot 3}{2} + 17,3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 17,3 \cdot 3 + 17,3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 17,3 \left(3 + \frac{\sqrt{3}}{2} \right)$$

$N \cdot \mu_{\min} = F_{TP}$; при $\mu > \mu_{\min}$ $N \mu > F_{TP}$

$$\mu_{\min} = \frac{F_{TP}}{N} = \frac{34,6 \cdot \sqrt{3}}{3 \cdot 17,3 \left(3 + \frac{\sqrt{3}}{2} \right)} = \frac{2}{3} \frac{\sqrt{3} \left(3 - \frac{\sqrt{3}}{2} \right)}{9 - \frac{3}{4}} = \frac{8 \cdot \sqrt{3} \left(3 - \frac{\sqrt{3}}{2} \right)}{33}$$

Ответ: $m = 3,46 \sqrt{3} \text{ кг}$; $F_{TP} = \frac{34,6 \cdot 2}{\sqrt{3}} \text{ Н}$; $\mu \geq \frac{8 \sqrt{3}}{33} \cdot \left(3 - \frac{\sqrt{3}}{2} \right)$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$① P_H = \frac{U^2}{R} = 400 \text{ Вт}$$

$$② m_b = V \cdot \rho = 1 \text{ кг}; m_b - \text{масса воды}$$

③ т.к. $P_{\text{н}}$ - линейная ф-ция от времени, то $P_T = P_0 + K \cdot T$. Из графика видно, что $P_0 = 100 \text{ Вт}$
 $K = 1 \frac{\text{Вт}}{\text{с}}$; $Q_{\text{тепл}}$ - энергия, ушедшая на нагрев - потери; $Q_{\text{тепл}} = P_0 T + \frac{KT^2}{2}$, при $T = 180 \text{ с}$:

$$Q_{\text{тепл}} = 100 \cdot 180 + \frac{1 \cdot 180^2}{2} = 28800 \text{ Дж}$$

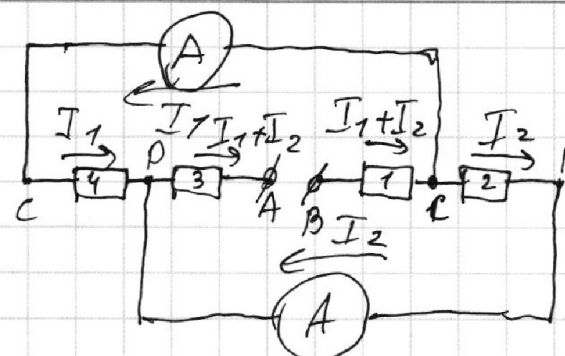
$$m_b \cdot c \cdot (\tilde{T}_1 - \tilde{T}_0) = P_H \cdot T - Q_{\text{тепл}}$$

$$\tilde{T}_1 = \tilde{T}_0 + \frac{P_H \cdot T - Q_{\text{тепл}}}{c \cdot m_b} = 16 + \frac{400 \cdot 180 - 28800}{4200 \cdot 1} = 16 + 11 = 27^\circ \text{C}$$

Ответ: $P_H = 400 \text{ Вт}$
 $\tilde{T}_1 = 27^\circ \text{C}$

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Д.м.к. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало, то их можно считать проводниками $\Rightarrow$ потенциалы на их концах одинаковы.

② Допустим, что через верхний амперметр течёт ток I_1 , а через нижний I_2 , тогда через резистор 2 течёт I_2 , через резистор 1 течёт $I_1 + I_2$; через 4 течёт I_1 и через 3 $I_1 + I_2$.

③ $\varphi_B - \varphi_A = \mathcal{E}$, где $\mathcal{E}$ - напряжение источника
 $\varphi_B - \varphi_C = R_1(I_1 + I_2)$

$\varphi_C - \varphi_D = R_2 I_2 = R_4 I_1$, т.к. по условию за-
дачи $\varphi_{\text{кас}}$ есть больший ток ($I_1 > I_2$) $\Rightarrow$
 $\Rightarrow I_1 \neq I_2 \Rightarrow R_2 \neq R_4$; $R_4 < R_2 \Rightarrow R_2 = 60 \Omega$

$$R_4 = 30 \Omega \Rightarrow I_2 = \frac{R_4 \cdot I_1}{R_2} = 1 \text{ A}$$

④ $\varphi_B - \varphi_A = \mathcal{E} = \varphi_B - \varphi_C + \varphi_C - \varphi_D + \varphi_D - \varphi_A = (R_1 + R_3)(I_1 + I_2) + R_4 I_1$, т.к. $R_2 = 60 \Omega$; $R_4 = 30 \Omega \Rightarrow R_1 + R_3 = 90 \Omega$
 $\mathcal{E} = 90 \cdot 3 + 60 \cdot 1 = 330 \text{ В}$; $P = \mathcal{E} \cdot I = 990 \text{ Вт}$; $I_{\text{амперметр}} = 1 \text{ A}$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

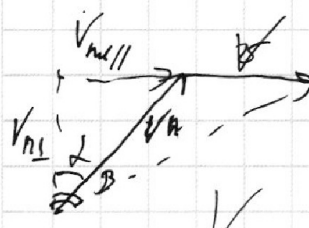
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$180 \cdot 90 = 10800 + 18000 = 28800$$

$$400 \cdot 180 - 28800 = 72000 - 28800 = 43200$$



$$V_{n11} = V_{n1} \cdot \sin \alpha$$

$$V_{n1} = V_{n1} \cdot \cos \alpha = V_1 \cdot \cos \beta$$

$$V_{n11} + V = V_1 \cdot \sin \beta$$

$$V_{n1} \cdot \sin \alpha + V = V_1 \cdot \sin \beta$$

$$V_{n1} \cdot \sin \alpha = V_1 \cdot \sin \beta - V$$

$$V_{n1}^2 \cdot \sin^2 \alpha = (V_1 \sin \beta - V)^2 + V_1^2 \cos^2 \beta$$

$$V_{n1}^2 = V_1^2 \sin^2 \beta$$

$$V_{n1}^2 = V_1^2 \cos^2 \beta + (V_1 \sin \beta - V)^2$$

$$7,3$$

$$\frac{13}{24}$$

$$\frac{12}{13}$$

$$13^2 = 169$$

$$\begin{array}{r} 13 \\ \times 13 \\ \hline 39 \\ 130 \\ \hline 169 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 169 \\ \times 17 \\ \hline 1183 \\ 1690 \\ \hline 2873 \end{array}$$

$$240 \times 12$$

$$\begin{array}{r} 240 \\ \times 12 \\ \hline 480 \\ 2400 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 36 \\ \times 36 \\ \hline 216 \\ 1080 \\ \hline 1296 \end{array}$$

