



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

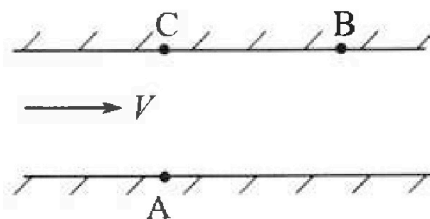
Вариант 09-01

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 $AC = d = 70$ м, снос, т.е. расстояние, на которое пловец смещается вдоль реки к моменту достижения противоположного берега, $CB = L = 240$ м.



Продолжительность первого заплыва $T_1 = 192$ с, продолжительность второго заплыва $T_2 = 417$ с.

1) Найдите скорости V_1 и V_2 пловца в лабораторной системе отсчета в первом и втором заплывах.

2) Найдите скорость U пловца в подвижной системе отсчета, связанной с водой.

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

3) Найдите продолжительность T третьего заплыва.

2. Футболист на тренировке наносит удары по мячу, лежащему на горизонтальной площадке и направляет мяч к вертикальной стенке. После абсолютно упругого соударения со стенкой мяч падает на площадку. Наибольшая высота, на которой находится мяч в полете, $H = 16,2$ м.

Расстояние от точки старта до стенки в 5 раз больше расстояния от стенки до точки падения мяча на площадку.

1) На какой высоте h происходит соударение мяча со стенкой?

2) Найдите продолжительность t_1 полета мяча от старта до соударения со стенкой.

Допустим, что в момент соударения мяча со стенкой на той же высоте h , стенка движется навстречу мячу со скоростью $U = 2$ м/с.

3) Найдите расстояние d между точками падения мяча на площадку в случаях: стенка покоится, стенка движется.

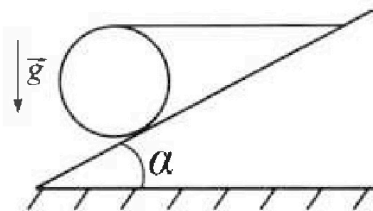
Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Соударения мяча со стенкой абсолютно упругие. Траектории мяча лежат в вертикальной плоскости перпендикулярной стенке.

3. Однородный шар массой $m = 3$ кг удерживается на шероховатой наклонной плоскости горизонтальной нитью, прикрепленной к шару в его наивысшей точке. Наклонная плоскость образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,6$.

1) Найдите силу T натяжения нити.

2) Найдите силу $F_{тр}$ трения, действующую на шар.

3) При каких значениях коэффициента μ трения скольжения шар будет находиться в покое? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².





Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 09-01

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

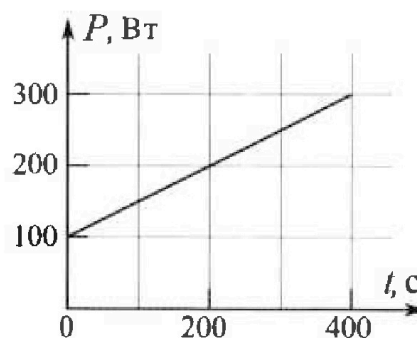


4. Воду нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $t_0 = 14^\circ\text{C}$, объем воды $V = 2$ л. Сопротивление спирали электроплитки $R = 20$ Ом, сила тока в спирали $I = 5$ А.

Зависимость мощности P тепловых потерь от времени t представлена на графике (см. рис.).

- 1) Найдите мощность P_H нагревателя.
- 2) Через какое время T после начала нагревания температура воды станет равной $t_1 = 25^\circ\text{C}$?

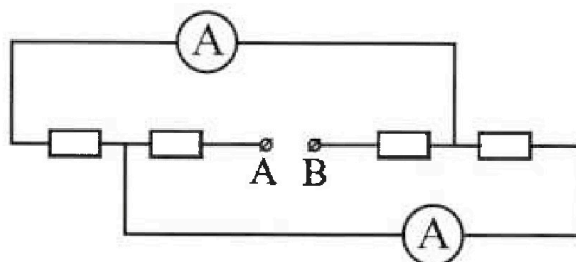
Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³, удельная теплоемкость воды $c = 4200$ Дж/(кг·°C).



5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 20 Ом, у двух других сопротивление по 40 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

После подключения к клеммам А и В источника постоянного напряжения показания амперметров оказались различными. Меньшее показание $I_1 = 1$ А.

- 1) Найдите показание I_2 второго амперметра.
- 2) Найдите напряжение U источника.



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!

Дано:

$$d = 70 \text{ м}$$

$$L = 240 \text{ м}$$

$$T_1 = 19.2 \text{ с}$$

$$T_2 = 41.7 \text{ с}$$

$$V_1 = ?$$

$$V_2 = ?$$

$$u = ?$$

$$T = ?$$

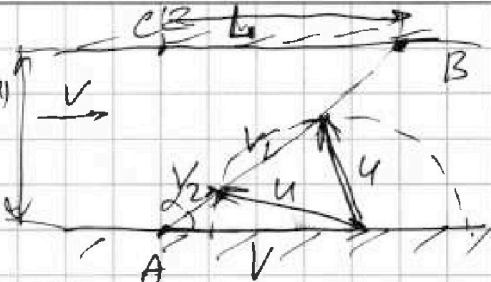
Решение: 1. Траектория

$$AB = \sqrt{AC^2 + BC^2}$$

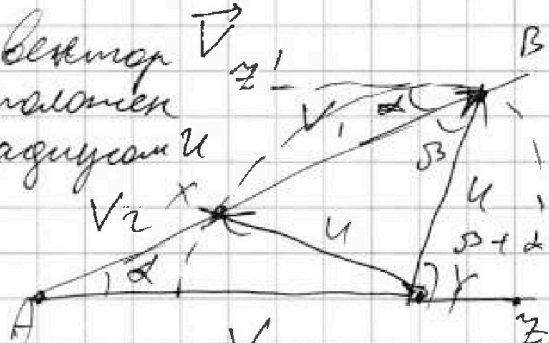
$$= \sqrt{L^2 + d^2}$$

$$V_1 = \frac{AB}{T_1} = \frac{\sqrt{L^2 + d^2}}{T_1} = \frac{\sqrt{240^2 + 70^2}}{19.2} = \frac{250}{19.2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$V_2 = \frac{AB}{T_2} = \frac{\sqrt{L^2 + d^2}}{T_2} = \frac{250}{41.7} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



П.к. траекторное движение не изменилось, то V_1 и V_2 и летят на AB в м. А отложим вектор V_1 и на его конце расположим центр окружности радиусом u проведем AB (секунда и ок-ны окр-ны)



Получается 2 векторных треугольника. Пусть $\angle BYZ = \beta + \alpha$ тогда $\angle ABY = \beta = \angle BXY \in \angle XYP$ (или $\angle XYP$) $\angle YBZ' = \angle BYZ$ как напр. лм. $\Rightarrow \angle ABY = \beta$

$$V_1 \sin \alpha = u \sin(\beta + \alpha)$$

по т. косинусов в $\triangle XYP$:

$$u^2 = u^2 + (V_1 - V_2)^2 - 2u(V_1 - V_2) \cos \beta$$

$$\cos \beta = \frac{V_1 - V_2}{2u} \quad \sin \beta = \frac{\sqrt{4u^2 - (V_1 - V_2)^2}}{2u}$$

$$V_1 \sin \alpha = u \sin \alpha \cdot \frac{V_1 - V_2}{2u} + u \cos \alpha \cdot \frac{\sqrt{4u^2 - (V_1 - V_2)^2}}{2u}$$

$$= \frac{V_1 - V_2}{2} \sin \alpha + \sqrt{4u^2 - (V_1 - V_2)^2} \cos \alpha$$

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!

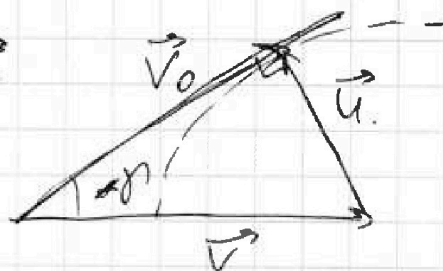
$$\sqrt{4u^2 - (v_1 - v_2)^2} = \frac{v_1 + v_2}{2} \quad \text{в } \Delta$$

$$4u^2 - (v_1 - v_2)^2 = \frac{(v_1 + v_2)^2}{4} \quad \text{в } \Delta$$

$$u = \frac{(L^2 + d^2) \left(\frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} \right)^2 \frac{d^2}{L^2} + \frac{(L^2 + d^2) \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)^2}{4} =$$

$$= \frac{L^2 + d^2}{4} \left(\left(\frac{1}{2T_1} + \frac{1}{2T_2} \right)^2 \cdot \left(\frac{d}{L} \right)^2 + \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)^2 \right)$$

минимальный спос $\vec{v}_0$ и $\vec{u}$
достигаемые при $\vec{v}_0, \vec{u}$
(кас. к окружности)



1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

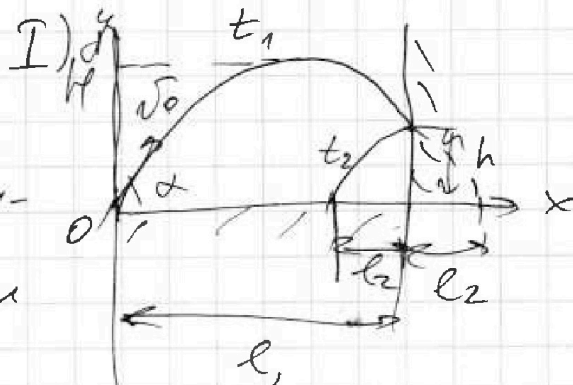
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Дано:

$H = 16,2 \text{ м}$
 $l_1 = 5 \text{ м}$
 $l_2 = 2 \text{ м}$
 $h = ?$
 $t_1 = ?$
 $d = ?$

Решение:

П.к. ~~содержания~~
 удар о д.ш. уру-
 ии, скорость
 и направления и угол
 между вект.



вектором скорости и горизонталью
 сокращаются. Это также означает,
 что если мы отразим участок t_2

отражением стенки, то получим
 параболическую траекторию, кото-
 рая была бы при отсутствии
 стенки.

$$\begin{aligned} v_y &= v_0 \sin \alpha - g t \\ v_x &= v_0 \cos \alpha \\ y &= v_0 (\sin \alpha) t - \frac{g t^2}{2} \\ x &= v_0 (\cos \alpha) t \end{aligned}$$

В м

В момент $t = t_{\text{нар}}: t = t_0$ (надежно);
 параб.

$$v_y = v_0 \sin \alpha - g t_0 = -v_0 \sin \alpha \text{ (из симм.)}$$

$$t_0 = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g}$$

$y = H$ при $t = t_0/2$:

$$y = \frac{1}{2} v_0 t_0 \sin \alpha - \frac{g t_0^2}{2} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{g t_0^2}{8} = H$$

$$t_0 = 2 \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad (1) \quad t_0 = t_1 + t_2 \quad (2)$$

$$l_1 = v_0 (\cos \alpha) t_1; \quad l_2 = v_0 (\cos \alpha) t_2$$

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!

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{t_1}{t_2} = \frac{5}{1} \quad t_2 = \frac{1}{5} t_1$$

$$t_0 = t_1 + \frac{1}{5} t_1 = \frac{6}{5} t_1 = 2 \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

$$t_1 = \frac{5}{3} \sqrt{\frac{2H}{g}} = \frac{5}{3} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 16,2}{10}} = 3 \text{ с } (*); \quad t_2 = \frac{3}{5} \text{ с}$$

закон движения по Oy при $y = h$:

$$h = v_0 t \sin \alpha - \frac{g t^2}{2}$$

$$t^2 - \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} t + \frac{2h}{g} = 0$$

Заметим, что t_1 и t_2 - корни этого уравнения (t_1 - по улу, t_2 - из симметричного параболы)

По т. Виета: $t_1 \cdot t_2 = \frac{2h}{g}$

$$\frac{1}{5} t_1^2 = \frac{2h}{g}$$

$$\frac{5}{9} \cdot \frac{2H}{g} = \frac{2h}{g}; \quad h = \frac{5}{9} H = \frac{5}{9} \cdot 16,2 = 9 \text{ м } (**)$$

2) При ударе. После

удара $v_{\text{хол}} = v_x + u$ в СО стенок

$v_{\text{хол}} = v_x + 2u$ (по скорости)

$$l_2 = v_x t_2 - b \text{ I м.}$$

$$l_2 + d = (v_x + 2u) t_2 - b \text{ II м.}$$

$$d = 2u t_2 = 2 \cdot 2 \cdot 0,6 = 2,4 \text{ м}$$

(время падения не изменилось из-за отсутствия воздействия стенки на v_y)

Ответ: 1) 9 м; 2) 3 с; 3) 2,4 м

II) В СО стенок:

до: $v_x + u$

после: $v_x + u$

В СО земли:

до: v_x

после: $v_x + 2u$

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!

Дано:

$$m = 3 \text{ кг}$$

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

$$T = ?$$

$$F_{TP} = ?$$

$$\mu = ?$$

Решение:

1)

3. Кинематика:

$$O_x: mg \sin \alpha - F_{TP} - T \cos \alpha = 0$$

$$O_y: N - mg \cos \alpha - T \sin \alpha = 0$$

$$O_z: T + F_{TP} \cos \alpha - N \sin \alpha = 0$$

$$(0) F_{TP} = mg \sin \alpha - T \cos \alpha \quad (\text{из } O_x)$$

$$\cancel{T + mg \sin \alpha \cos \alpha - T \cos^2 \alpha = 0}$$

$$N = mg \cos \alpha + T \sin \alpha \quad (\text{из } O_y)$$

$$T + F_{TP} \cos \alpha - mg \cos \alpha \sin \alpha - T \sin^2 \alpha = 0$$

$$F_{TP} = T \cos^2 \alpha + F_{TP} \cos \alpha - mg \cos \alpha \sin \alpha = 0$$

$$\cancel{F_{TP} = mg \sin \alpha - T \cos \alpha}$$

Зарисуем сумму моментов относительно м. О:

$$F_{TP} \cdot l_{OC} - T \cdot l_{OD} = 0, \quad l_{OC} = l_{OD} \text{ (радиусы)}$$

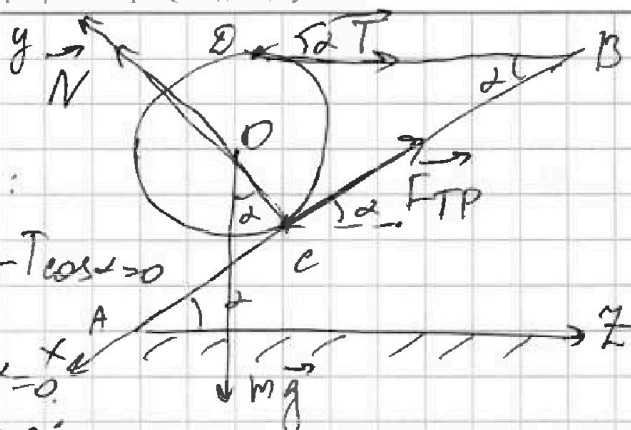
$$T = F_{TP} \quad (1) \quad \text{из } ODT: \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0,8$$

$$T = mg \sin \alpha - T \cos \alpha; \quad T = \frac{mg \sin \alpha}{1 - \cos \alpha} =$$

$$= 3 \cdot 10 \cdot \frac{0,6}{1 - 0,8} = 3 \cdot 10 \cdot \frac{0,6}{0,2} = 90 \text{ Н} = F_{TP}$$

$$T = F_{TP} = 90 \text{ Н}$$

2) При F_{TP} ~~наименьшее~~ ^{скалярное} $F_{TP} = \mu N$ ($T = \mu N$ из (1)):





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!

II 3. Коротона принимает вид:

~~Qx:~~ $Q_x: mg \sin \alpha - \mu N - \mu N \cos \alpha = 0 \quad (2.1)$

$Q_y: N - mg \cos \alpha - \mu N \sin \alpha = 0 \quad (2.2)$

$N = \frac{mg \cos \alpha}{1 - \mu \sin \alpha} \quad \text{из 2.2}$

$N = \frac{mg \sin \alpha}{\mu + \mu \cos \alpha} \quad \text{из 2.1}$

$\frac{\sin \alpha}{\mu + \mu \cos \alpha} = \frac{\cos \alpha}{1 - \mu \sin \alpha}$

$\sin \alpha - \mu \sin^2 \alpha = \mu \cos \alpha + \mu \cos^2 \alpha$

$\mu (\cos \alpha + 1) = \sin \alpha$

$\mu = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha + 1} = \frac{0,6}{0,8 + 1} = \frac{0,6}{1,8} = \frac{1}{3}$ - минимальное значение μ для равновесия

Максимальное при $\mu \geq \frac{1}{3}$

Ответ: 1) 30 Н; 2) 30 Н; 3) $\mu \geq \frac{1}{3}$

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!

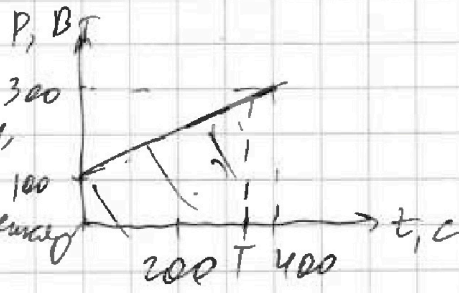
Дано:

$$\begin{aligned} t_0 &= 14^\circ\text{C} \\ V &= 2\text{ м} \\ R &= 20\text{ Ом} \\ I &= 5\text{ А} \\ \tilde{t}_1 &= 25^\circ\text{C} \\ \rho &= 1000\text{ кг/м}^3 \\ C &= 4200\text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)} \\ P(t) \end{aligned}$$

P_H - ?
 T - ?

Решение:

Ком - во теплоты,
составляющее
потери, выходящее
как мощность
под графиками
 $P(t)$



$$P(t) = P_0 + \alpha t$$

$$P(0) = 100\text{ Вт} = P_0$$

$$P(400) = 300\text{ Вт} = P_0 + \alpha t$$

$$\alpha = \frac{200}{400} = \frac{1}{2} \frac{\text{Вт}}{\text{с}}$$

УТБ при $t = T$:

$$Q_b = A_H + Q_{\text{пот}}$$

$$C_p V (\tilde{t}_1 - \tilde{t}_0) = P_H T - \frac{P(0) + P(T)}{2} \cdot T$$

3-й Закон - Лемма: $P_H = I^2 R = 25 \cdot 20 = 500\text{ Вт}$

$$C_p V (\tilde{t}_1 - \tilde{t}_0) = I^2 R T - \frac{P_0 + P_0 + \alpha T}{2} \cdot T$$

$$C_p V (\tilde{t}_1 - \tilde{t}_0) = T(I^2 R - P_0) - \frac{\alpha}{2} T^2$$

$$T^2 - \frac{2}{\alpha} (I^2 R - P_0) T + \frac{2}{\alpha} C_p V (\tilde{t}_1 - \tilde{t}_0) = 0$$

$$D = \frac{4}{\alpha^2} (I^2 R - P_0)^2 - \frac{8}{\alpha} C_p V (\tilde{t}_1 - \tilde{t}_0)$$

$$T = \frac{2}{\alpha} (I^2 R - P_0) \pm \frac{2}{\alpha} \sqrt{(I^2 R - P_0)^2 - 2\alpha C_p V (\tilde{t}_1 - \tilde{t}_0)}$$

$$= \frac{1}{\alpha} (I^2 R - P_0) \pm \frac{1}{\alpha} \sqrt{(I^2 R - P_0)^2 - 2\alpha C_p V (\tilde{t}_1 - \tilde{t}_0)}$$



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!

$$T_1 = 280 \text{ c}; T_2 = 1320 \text{ c}$$

T_2 невозможно, т.к. тепловые потери
в данном случае не могут стать
больше мощности нагревателя.

Подходит T_1 ,

Ответ: 1) 500 Вт; 2) 280 с.

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!

Дано:

$$I_1 = 1 \text{ A}$$

$$R_2 = 40 \text{ Ом}$$

$$r = 20 \text{ Ом}$$

$$I_2 = ?$$

$$U = ?$$

Ищем:

Пусть ток
идёт из А в В

составим

эквивалент- экв. схема:

ну и схему:

процурим I_0

параллельное соединение
рез. 2 и 3: $U_3 = U_2$

$$R_3 I_1 = R_2 I_2 \text{ (из 3. Ана)}$$

$$\frac{R_2}{R_3} = \frac{I_1}{I_2}$$

$$I_1 < I_2 \Rightarrow R_2 < R_3 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_2 = r = 20 \text{ Ом}; R_3 = R = 40 \text{ Ом}$$

$$I_2 = I_1 \cdot \frac{R}{r} = 1 \cdot \frac{40}{20} = 2 \text{ A}; I_0 = I_1 + I_2 \text{ (I направлено, выходящее)}$$

П.к. $R_2 = r$ и $R_3 = R$, но у R_1 и R_4 ^{сопро-}
тивления могут быть равны r и R или R и r .

$$R_1 + R_4 = r + R$$

$$\text{Экв. схем: } R_0 = R_1 + R_4 + R_{23} = R + r + \frac{Rr}{R+r} =$$

$$\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

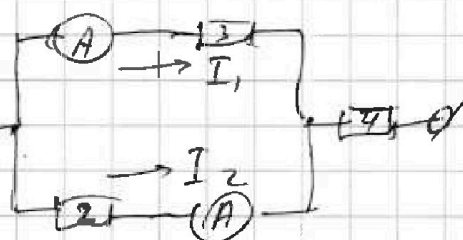
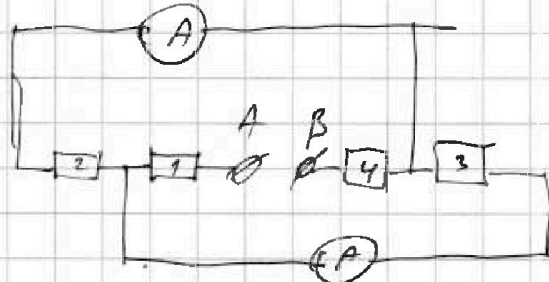
$$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{rR}{r+R}$$

$$= \frac{(R+r)^2 + Rr}{R+r} = \frac{U}{I_0}$$

$$U = I_1 \left(1 + \frac{R}{r} \right) \cdot \frac{(R+r)^2 + Rr}{R+r} = I_1 \cdot \frac{(R+r)^2 + Rr}{r} =$$

$$= 220 \text{ В}$$

Ответ: 1) 2 A; 2) 220 В



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. Понимая QR-кода недопустима!

$$F_{тр} = 30 \cdot 0,6 - 10 \cdot 0,8 = 18 - 8 = 10 \text{ Н.}$$

$$mg \sin \alpha - \mu N - T \cos \alpha \geq 0$$

$$N = mg \cos \alpha - T \sin \alpha$$

$$\mu (mg \cos \alpha - T \sin \alpha) \leq mg \sin \alpha - T \cos \alpha$$

$$\mu \leq \frac{mg \sin \alpha - T \cos \alpha}{mg \cos \alpha - T \sin \alpha} = \frac{10}{18} = \frac{5}{9}$$

$$P(t) = P_0 + \alpha t, \quad \alpha = \frac{1}{2} \frac{B \Gamma}{c}, \quad P, B \Gamma$$

$$P_H \geq I^2 R = 25 \cdot 20 = 500 \text{ Вт.}$$

через T :

$$C_p V(\tilde{t}_1 - \tilde{t}_0) = P_H T - Q$$

$$C_p V(\tilde{t}_1 - \tilde{t}_0) = T(I^2 R - P_0 - \frac{\alpha T}{2})$$

$$\frac{\alpha T^2}{2} + P_0 T \leq T(P_0 - I^2 R) + C_p V(\tilde{t}_1 - \tilde{t}_0)_{\text{н.о.}}$$

$$D = (P_0 - I^2 R)^2 - 2 \alpha C_p V(\tilde{t}_1 - \tilde{t}_0)$$

$$T = (I^2 R - P_0) \pm \sqrt{(P_0 - I^2 R)^2 - 2 \alpha C_p V(\tilde{t}_1 - \tilde{t}_0)}$$

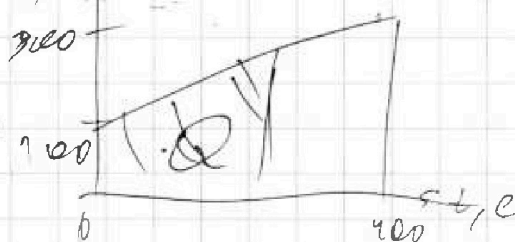
$$= 400 \pm \sqrt{400^2 - 400 \cdot 10^3 \cdot 11} =$$

$$= 800 \pm \sqrt{160000 - 46200}$$

$$= 800 \pm$$

$$\begin{array}{r} 160000 \\ - 46200 \\ \hline 113800 \\ 3 \\ \hline 238 \end{array}$$

$$\sqrt{1138} = 33,7$$



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!

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

~~$N - mg \cos \alpha = 0$~~

~~$mg \sin \alpha =$~~

~~$N - mg \cos \alpha - T \sin \alpha = 0$~~

~~$mg \sin \alpha - F_{TP} - T \cos \alpha = 0$~~

~~$mg - N$~~

$N - mg \cos \alpha - T \sin \alpha = 0$

$mg \sin \alpha - F_{TP} - T \cos \alpha = 0$

$N \sin \alpha - F_{TP} \cos \alpha - T = 0$

$N = T + F_{TP} \cos \alpha$

$T + F_{TP} \cos \alpha - mg \cos \alpha - T \sin \alpha = 0$

$mg \sin \alpha = F_{TP} - T \cos \alpha = 0 \quad T = F_{TP}$

$F_{TP} = mg + T \cos \alpha - \frac{T}{\cos \alpha}$

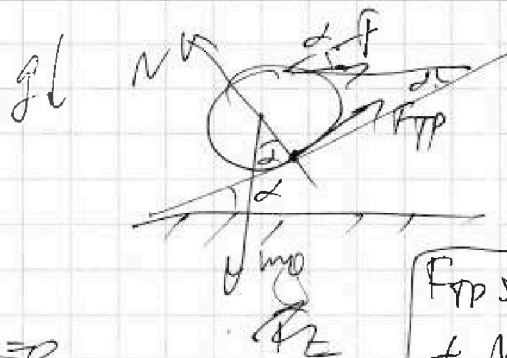
$F_{TP} = mg \sin \alpha - T \cos \alpha$

$mg + T \cos \alpha - \frac{T}{\cos \alpha} = mg \sin \alpha - T \cos \alpha$

$T = \frac{mg(1 - \sin \alpha)}{1 + \sin \alpha - \cos \alpha} = mg \frac{1 - \sin \alpha}{\sin^2 \alpha + \sin \alpha}$

$mg +$
 $= 30 \cdot \frac{0,4}{0,75 \cdot 0,6 + 0,75} = 30 \cdot \frac{2}{3} = 30 \cdot \frac{2}{3} = 20$

$= 30 \cdot \frac{40}{120} = 20 \text{ Н}$



$F_{TP} \sin \alpha - mg +$
 $+ N \cos \alpha = 0$
 $F_{TP} =$

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!



$$h = \frac{g t_2^2}{2} = \frac{g t^2}{4} = \frac{g}{4} H = \frac{1}{8} H.$$

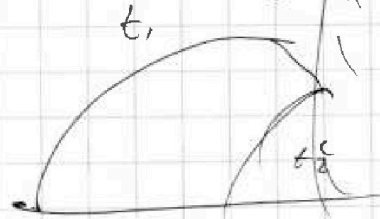
$$\frac{v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{g t^2}{8} = H$$

$$t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} \quad t = \sqrt{\frac{8H}{g}}$$

$$\frac{t_2}{t_1} = 25; \quad t_1 = \frac{5}{6} t$$

$$t_2 = \frac{1}{6} t$$

$$h = v_0 t \sin \alpha - \frac{g t^2}{2}$$



$$t^2 - 2 \frac{v_0 \sin \alpha}{g} t + \frac{2h}{g} = 0$$

$$t_1 - t_2 = \frac{2h}{g}$$

$$\frac{5}{36} t^2 = \frac{2h}{g}$$

$$1) \quad h = \frac{5}{42} g t^2 = \frac{5 \cdot 8H}{42} = \frac{5}{8} H = 1,85 = 9 \text{ м.}$$

$$2) \quad g t^2 = 8H$$

$$g t_1^2 = g t^2 \cdot \frac{25}{36} = \frac{8 \cdot 25}{36} H = \frac{50}{9} H$$

$$t_1 = \frac{6}{3} \sqrt{\frac{2H}{g}} = \frac{5}{3} \sqrt{\frac{16,2}{5}} = \frac{\sqrt{16,2 \cdot 5}}{3} = \frac{\sqrt{81}}{3} = 3$$

3)

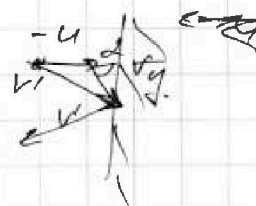
$$v_x' = v_x + 2u$$

$$v_y' = v_y$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{8H}{g}} = 2 \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

$$t_2 =$$

$$t_2 = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{2H}{g}} = \frac{1}{5} t_1 = 0,6 \text{ с.}$$



$$\begin{cases} l = v_x t_2 \\ l + d = (v_x + 2u) t_2 \end{cases}$$

$$d = 2u t_2 = \frac{2u}{3} \sqrt{\frac{2H}{g}} = 2,9 \text{ м.}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

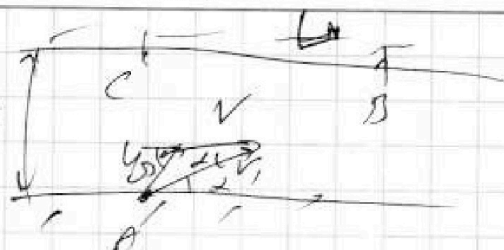
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



$$\begin{cases} u^2 = V^2 + V_1^2 - 2VV_1 \cos \alpha \\ u^2 = V^2 + V_2^2 - 2VV_2 \cos \alpha \end{cases}$$



$$V_1^2 - 2VV_1 \cos \alpha = V_2^2 - 2VV_2 \cos \alpha$$

$$V = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2(V_1 - V_2)}$$

$$\cos \alpha = \frac{L}{\sqrt{L^2 + d^2}}$$

$$V_1 \sin \alpha = u \cos \beta$$

$$V_1 \cos \alpha = V + u \cos \beta$$

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

$$6l = \frac{v_0^2}{g} \sin^2 \alpha$$

$$t = \frac{6l}{v_0 \cos \alpha} \quad H = \frac{gt^2}{8}$$

$$t_1 = \frac{5l}{v_0 \cos \alpha} \quad gt^2 = 8H$$

$$t_2 = \frac{l}{v_0 \cos \alpha}$$

$$t_1 = t_2 = \frac{1}{6} t$$

$$h = v_0 t_2 \sin \alpha - \frac{gt_2^2}{2}$$

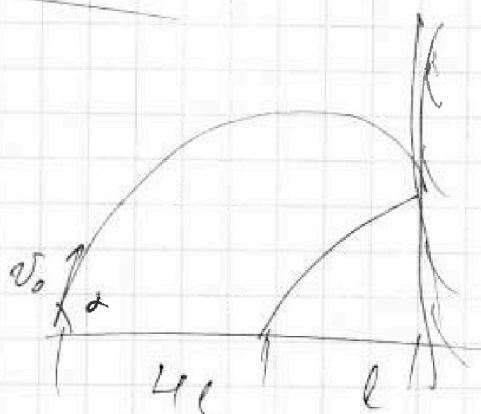
$$H = \frac{1}{2} v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{8} \quad | :3$$

$$|h| = \frac{1}{6} v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{24}$$

$$h - \frac{1}{3}H = \frac{gt^2}{24} + \frac{gt^2}{24} \quad \frac{1}{3}H = \frac{1}{6} v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{24}$$

$$h = \frac{1}{3}H + \frac{gt^2}{36} = \frac{1}{6} v_0 t \sin \alpha + \frac{gt^2}{72}$$

$$2H + \frac{1}{3}H + \frac{2}{3}H = \frac{5}{3}H$$





На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

МФТИ

$$= \sqrt{V_1^2 + V^2 - 2VV_1 \cos \alpha}$$

$$\frac{1600}{924} = 26$$

$$\frac{84}{11} = 84$$

$$4(500 - 100) - 4 \sqrt{400^2 - 400 \cdot 2 \cdot 11} =$$

$$= 800 - 2 \sqrt{160000 - 92400} =$$

$$= 800 - 2 \cdot 260 = 800 - 520 = 280$$

$$u^2 = V^2 + V_1^2 - 2VV_1 \cos \alpha$$

$$2VV_1 \cos \alpha - V_1^2 = V^2 - u^2 = V_0^2$$

$$V_0 = \sqrt{2VV_1 \cos \alpha - V_1^2}$$

$$T = \frac{\sqrt{L^2 + d^2}}{V_0} = \sqrt{\frac{L^2 + d^2}{V_0^2}}$$

$$V = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2(V_2 - V_1) \cos \alpha} = \frac{V_1 + V_2}{2 \cos \alpha} = \frac{\sqrt{L^2 + d^2} \left(\frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} \right)}{2 \frac{L}{\sqrt{L^2 + d^2}}}$$

$$= \frac{L^2 + d^2}{2L} \left(\frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} \right) = 62500$$

$$u \sin \beta = V_1 \sin \alpha$$

$$V_1 = u \sqrt{2 + 2 \cos 2\beta} =$$

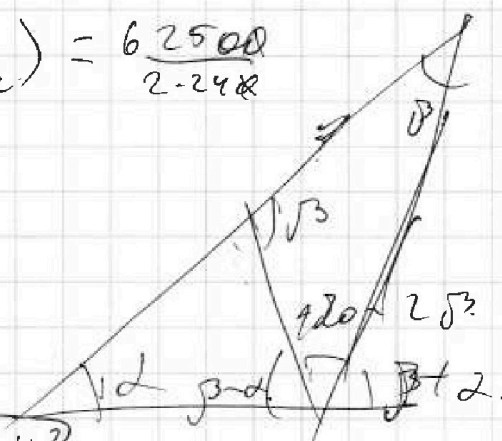
$$= u \sqrt{2 + 2 \cos^2 \beta - 2} =$$

$$= 2u \cos \beta$$

$$\cos \beta = \frac{V_1}{2u} \quad \sin \beta = \frac{\sqrt{u^2 - V_1^2}}{2u}$$

$$u \left(\frac{V_1}{2u} \sin \alpha + \frac{\sqrt{u^2 - V_1^2}}{2u} \cos \alpha \right) = V_1 \sin \alpha \cos^2 \beta - 2$$

$$\cos^2 \beta - \sin^2 \beta =$$



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!

$$V_1 = \frac{\sqrt{L^2 + d^2}}{T_1}$$

$$V_2 = \frac{\sqrt{L^2 + d^2}}{T_2}$$

$$u^2 = V^2 + V_2^2 - 2VV_2 \cos \alpha$$

$$u^2 = V^2 + V_1^2 - 2VV_1 \cos \alpha$$

$$V_2^2 - 2VV_2 \cos \alpha = V_1^2 - 2VV_1 \cos \alpha$$

$$V = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2(V_2 \cos \alpha - V_1 \cos \alpha)} = \frac{(L^2 + d^2)(\frac{1}{T_2^2} - \frac{1}{T_1^2})}{2(\frac{L}{T_2} - \frac{L}{T_1})}$$

$$= \frac{L^2 + d^2}{2L} \cdot \left(\frac{1}{T_2} + \frac{1}{T_1} \right) = \frac{250}{480} \cdot \left(\frac{1}{132} + \frac{1}{417} \right) =$$

$$= \frac{25}{48} \cdot \left(\frac{1}{132} + \frac{1}{417} \right)$$

$$u = \sqrt{V^2 +}$$

$$V_2 \sin \alpha = u_{y2}$$

$$V_2 \cos \alpha - V = u_{x2}$$

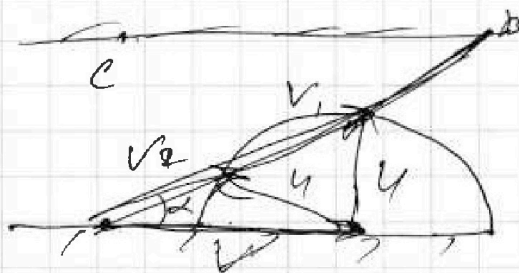
$$u = \sqrt{V_2^2 \sin^2 \alpha + V_2^2 \cos^2 \alpha}$$

$$u = \sqrt{V}$$

$$\cancel{u = \sqrt{V}}$$

$$L = T_1 \sqrt{u^2 - V_1^2 \sin^2 \alpha} + NT_1$$

$$u^2 - V_1^2 \sin^2 \alpha = \left(\frac{L}{T_1} - V \right)^2 u = \sqrt{\left(\frac{L}{T_1} - V \right)^2 + V_1^2 \sin^2 \alpha}$$



$$\begin{array}{r} 432 \cdot 2 \\ 96 \cdot 2 \\ 48 \cdot 2 \\ 24 \cdot 2 \\ 12 \cdot 2 \\ 6 \cdot 2 \\ 3 \cdot 2 \\ 1 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 132 \cdot 3 \\ 159 \end{array}$$

$$439 + 643 = 208$$

$$u \sin \beta = V_1 \sin \alpha$$

$$\sin \beta = \frac{V_1}{u} \sin \alpha$$

$$\cos \beta = \frac{u^2 - V_1^2 \sin^2 \alpha}{u}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

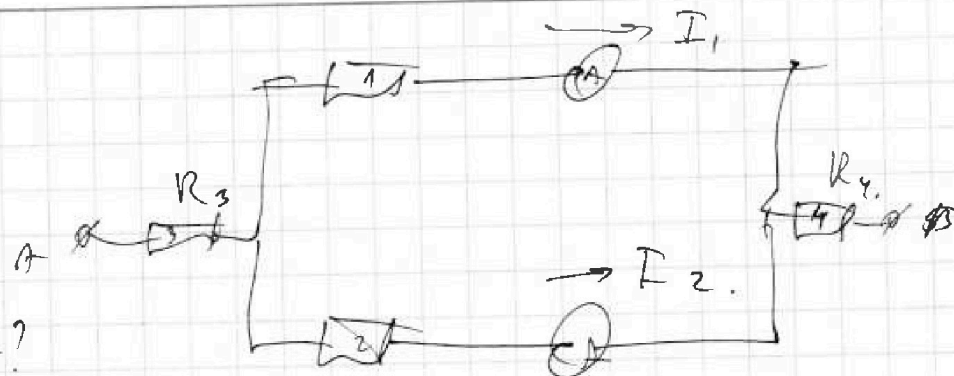
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



U-?



$$R_1 I_1 = R_2 I_2$$

$$I_1 < I_2 \Rightarrow R_2 < R_1$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

$$R_2 = 20 \text{ Ом}$$

$$R_1 = 40 \text{ Ом}$$

$$I_2 = I_1 \cdot \frac{R_1}{R_2} = 1 \cdot 2 = 2 \text{ А}$$

$$R_0 = R_1 + R_2 + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} =$$

R_3 и R_4 - не
важно.

$$= \cancel{R_0} = \frac{(R_1 + R_2)^2 + R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{U}{I_1 \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)}$$

$$\approx U = I_1 \cdot \frac{(R_1 + R_2)^2 + R_1 R_2}{R_2} = \frac{3600 + 800}{2} =$$

$$= 180 + 40 = 220 \text{ В.}$$

$$\frac{1}{2} V_1 \sin \alpha + \frac{1}{2} \cos \alpha \sqrt{4u^2 - V_1^2} = V_1 \sin \alpha.$$

$$V_1 \sin \alpha = \cos \alpha \sqrt{4u^2 - V_1^2}$$

$$V_1^2 \tan^2 \alpha = 4u^2 - V_1^2$$

$$u = \frac{V_1}{2 \cos \alpha} = \frac{\sqrt{L^2 + d^2}}{2L}$$

$$\tan^2 \alpha + 1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha} \Rightarrow \frac{L^2 + d^2}{2L^2} = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$u^2 = u^2 + (V_1 - V_2)^2 + 2u(V_1 - V_2) \cos \beta$$

$$\cos \beta = \frac{V_1 - V_2}{2u}.$$

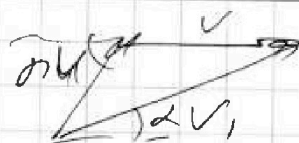
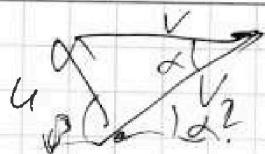
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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. Печать QR-кода недопустима!



$$V = V_1 \cos \alpha - u \cos \beta = V_2 \cos \alpha + u \cos \beta$$

$$V_2 \sin \alpha = u \sin \beta$$

$$V_1 \sin \alpha = u \sin \beta$$

$$\frac{u^2}{V_1^2} = \frac{V_2^2}{V_1^2} \sin^2 \beta = \frac{V_2^2}{V_1^2} \sin^2 \alpha$$

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

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \frac{V_2^2}{V_1^2} \sin^2 \alpha}$$

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \frac{V_2^2}{V_1^2} \sin^2 \alpha}$$

$$\frac{L}{T_1} - \sqrt{u^2 - \frac{d^2}{T_1^2}} = \frac{L}{T_2} - \sqrt{u^2 - \frac{d^2}{T_2^2}}$$

$$L = V T_1 + u \cos \beta T_1$$

$$L = V T_1 + u \cos \beta T_1$$

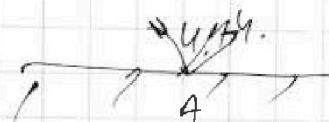
$$L = V T_2 - u \cos \beta T_2$$

$$L^2 = V^2 T_1^2 + u^2 T_1^2 \cos^2 \beta - 2 V u T_1^2 \cos \beta$$

$$L^2 = V^2 + V_1^2 - 2 V V_1 \cos \alpha$$

$$V_2^2 - V_1^2 = 2 V (V_1 \cos \alpha - V_2 \cos \alpha)$$

$$V_2 = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 L \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)} = \frac{(L^2 + d^2) \left(\frac{1}{T_2^2} + \frac{1}{T_1^2} \right)}{2 L \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)}$$



$$u \cos \beta = V \cos \alpha - V$$





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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

