



Олимпиада «Физтех» по физике,

февраль 2023

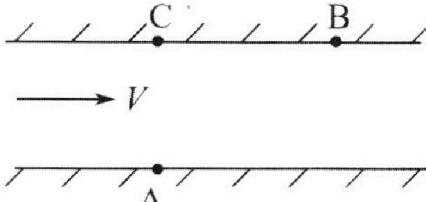
Вариант 09-02



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.

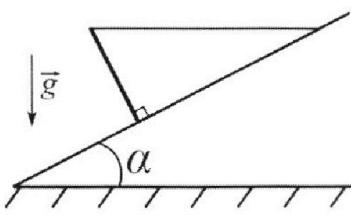
- 1) Найдите наибольшую высоту H , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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 покоятся, стенка движется, $d = 1,8$ м.

- 3) Найдите скорость U стенки в момент соударения.

Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. 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_{TP} трения, действующую на стержень.
- 3) При каких значениях коэффициента μ трения скольжения стержень будет находиться в покое? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 09-02

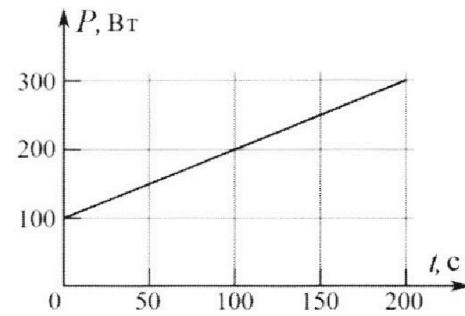


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. Воду объемом $V = 1\text{л}$ нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $\tilde{t}_0 = 16^{\circ}\text{C}$. Сопротивление спирали электроплитки $R = 25\text{ Ом}$, напряжение источника $U = 100\text{ В}$. 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 $T = 180\text{ с}$ после начала нагревания.

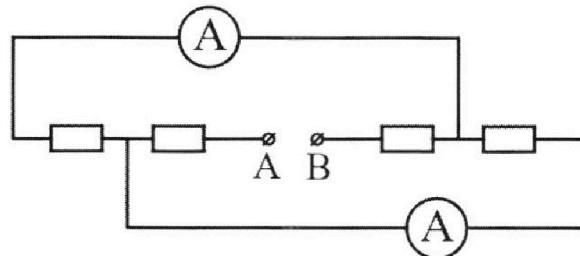
Плотность воды $\rho = 1000\text{ кг}/\text{м}^3$, удельная теплоемкость воды $c = 4200\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot{}^{\circ}\text{C})$.



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 $I_1 = 2\text{ А}$.

- 1) Найдите показание I_2 второго амперметра.
- 2) Какую мощность P развивают силы в источнике?



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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

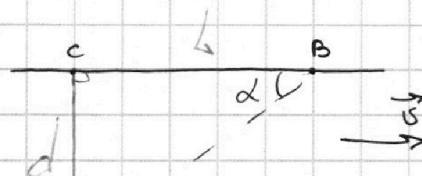
- | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

МФТИ



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

1.



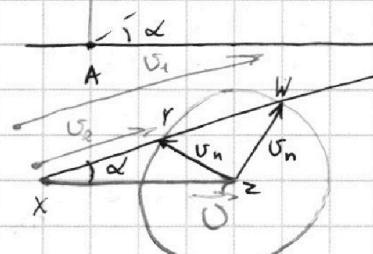
Дано:

$$AC = d = 50 \text{ м}$$

$$CB = L = 120 \text{ м}$$

$$T_1 = 1000 \text{ с}$$

$$T_2 = 2400 \text{ с}$$



$$\cos \alpha = \frac{12}{13}$$

$$1) |v_1| = \frac{\sqrt{L^2 + d^2}}{T_1} \Rightarrow |v_1| = 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$|v_2| = \frac{\sqrt{L^2 + d^2}}{T_2} \Rightarrow |v_2| = \frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_i = v + v_n$$

2) Текущая косинусов $\Rightarrow XYZ$:

$$v_2^2 + v^2 - 2 \cos \alpha v v_2 = v_h^2$$

3) Текущая косинусов $\Rightarrow XWZ$:

$$v_1^2 + v_x^2 - 2 \cos \alpha v \cdot v_1 = v_h^2$$

$$v_h^2 = v_1^2 + v^2 - 2 \cos \alpha \cdot v \cdot v_1 = v_2^2 + v^2 - 2 \cos \alpha \cdot v \cdot v_2$$

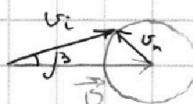
$$v_1^2 - v_2^2 = 2 \cos \alpha v (v_1 - v_2)$$

$$v_1 + v_2 = 2 \cos \alpha \cdot v$$

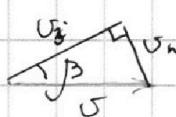
$$\cos \alpha = \frac{12}{13}$$

$$|v| = \frac{v_1 + v_2}{2 \cos \alpha} \Rightarrow v = \frac{1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}} + \frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2 \cdot \frac{12}{13}} = \frac{31,2 \frac{\text{м}}{\text{с}} + 13 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{24 \cdot 24} \cdot 13 = 44,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

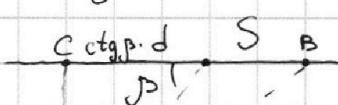
$$= \frac{442 \cdot 13}{24 \cdot 24 \cdot 10} \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{221 \cdot 13}{12 \cdot 24 \cdot 10} \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{2873}{2880} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



Чтобы час было наименьшим, β должен быть максимум $\Rightarrow v_h \perp v_i$

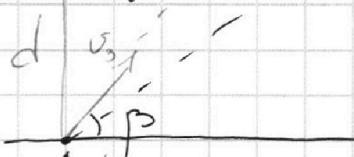


$$v_3 = \sqrt{v^2 - v_h^2} = \sqrt{2 \cos \alpha v v_2 - v_2^2} = \sqrt{\frac{2873}{2880} \cdot \frac{169}{2873} \cdot \frac{169}{2880}} = \frac{169}{2880} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



$$\cos \beta = \frac{v_3}{v} = \sqrt{\frac{2 \cos \alpha \cdot v_2}{v^2}} = \sqrt{\frac{2 \cos \alpha \cdot \frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\left(\frac{2873}{2880}\right)^2}} = \sqrt{\frac{2 \cos \alpha \cdot \frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\frac{2873^2}{2880^2}}} = \sqrt{\frac{2880}{2873} \cdot \frac{13}{24}}$$

$$S = L - \operatorname{ctg} \beta \cdot d$$



$$v_3 = \sqrt{2 \cos \alpha v v_2 - v_2^2} \Rightarrow v_3 = \sqrt{\frac{2873}{2880} - \frac{169}{576}} \cdot v_h; v_h = \sqrt{v^2 + v^2 - 2 \cos \alpha v v_2} = \sqrt{\frac{169}{576} - \frac{2873}{2880}}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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

МФТИ

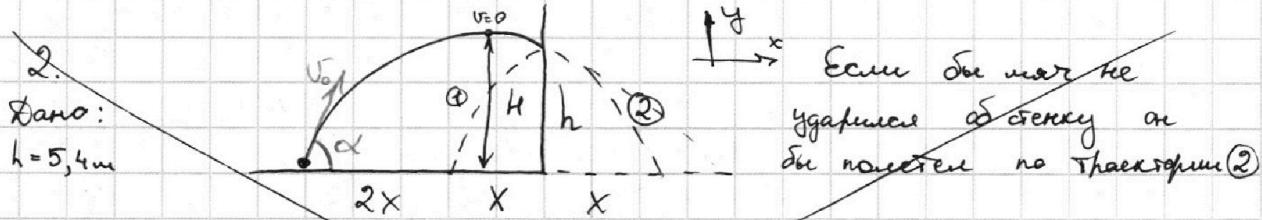
3. $S = L - ctg \beta \cdot d$

~~S~~ $S = 120 \text{ м} - 50 \text{ м}$. $\sqrt{\frac{2873}{2880} - \frac{165}{576}}$
 $\text{Ответ: } v_1 = 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}; v_2 = \frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}}$ $v = \frac{2873}{2880} \frac{\text{м}}{\text{с}}$ $\sqrt{\frac{165}{576} + \left(\frac{2873}{2880}\right)^2} - \frac{2873}{2880}$

- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|



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



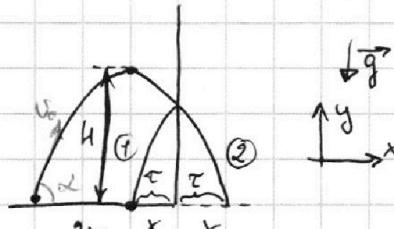
$$\cancel{1) V_0 \cos \alpha T = 4x}$$

$$\cancel{2) \frac{1}{2}T = \frac{V_0 \sin \alpha}{g} \Rightarrow T = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g}}$$

$$\cancel{3) H = V_0 \sin \alpha \cdot \frac{T}{2} - \frac{g}{2} \cdot \frac{T^2}{4} = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{g} - \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha \cancel{T}}{2g} =}$$

$$\cancel{\cdot u_3 \ 1) \quad x = \frac{V_0 \cos \alpha}{4} \cdot T = \frac{V_0 \cos \alpha}{4} \cdot \frac{2V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{V_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{2g}}$$

2.
 Дано:
 $h = 5,4 \text{ м}$



Если бы мяч не ударился
об стенку, то он бы полетел
по траектории ②

$$U_x = V_0 \cos \alpha = \text{const} \Rightarrow \frac{x_i}{t_i} = \text{const}$$

$$1) \cancel{\frac{V_0^2 T}{g} = \frac{2}{2}(2T)^2 = H} \quad 2V_y T - 2gT^2 = H$$

$$2) V_y \cdot 3T - \frac{g}{2} (3T)^2 = h \quad 3V_y T - 4,5gT^2 = h$$

$$3) V_y \cdot 4T - \frac{g}{2} (4T)^2 = 0 \quad 4V_y T = 8gT^2$$

$$\cdot u_2 \ 2) \ 6gT^2 - 4,5gT^2 = h = 1,5gT^2 \quad \Rightarrow \ H = \frac{4}{3} h \Rightarrow \boxed{H = 7,2 \text{ м}}$$

$$\cdot u_3 \ 1) \ 4gT^2 - 2gT^2 = h = 2gT^2$$

$$t_1 = T \quad h = 1,5gT^2 \Rightarrow T = \sqrt{\frac{2h}{3g}} = t_1$$

$$\boxed{t_1 = \sqrt{\frac{10,8 \text{ м}}{30 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}} = \sqrt{0,36 \text{ с}} = \boxed{0,6 \text{ с}}}$$

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

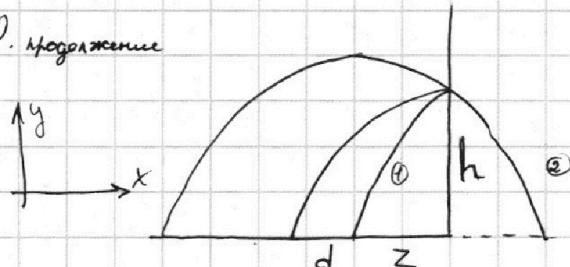
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ

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

2. Изложение



$$h + v_y t - \frac{g}{2} t^2 = 0$$

две первых и второе
из грави \Rightarrow время одинаковое:

$$v_x t = z$$

$$t(v_x + 2u) = z + d$$

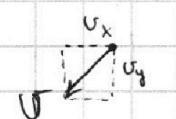
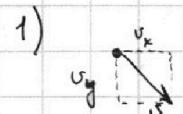
$$d = 2ut$$

При этом t -время падения мяча наше
одинаково $\Rightarrow t = t_1 \Rightarrow u = \frac{d}{2t_1}$

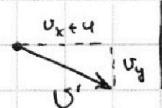
$$|u| = \frac{1,8 \text{ м}}{1,2 \text{ с}} = |1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}|$$

Ответ: $h = 7,2 \text{ м}$; $t_1 = 0,6 \text{ с}$; $u = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

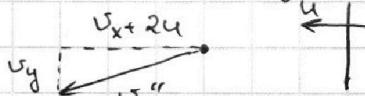
Зеркальное изображение



Переход в CO
стенки



Вернуться в CO
земли



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ



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

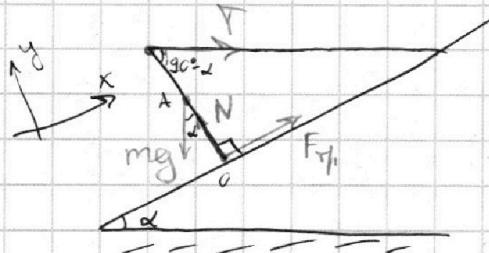
3.

Дано:

$$T = 17,3 \text{ Н}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$



Тусь л-длина струны

1) Тяжело момента относительно т. О:

$$mg \frac{l}{2} \sin \alpha = T \cdot l \cdot \sin(90^\circ - \alpha)$$

$$\frac{mg}{2} \sin \alpha = T \cos \alpha$$

$$m = \frac{2T \cos \alpha}{g \sin \alpha} = \frac{2T \operatorname{ctg} \alpha}{g}$$

$$m = \frac{2 \cdot 17,3 \text{ Н} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{1}{2}} = 2 \cdot 1,73 \text{ м} \cdot \sqrt{3} = \boxed{6 \text{ кг}}$$

2) Тяжело момента относительно т. А:

$$T \cdot \frac{l}{2} \cdot \sin(90^\circ - \alpha) = \frac{l}{2} \cdot F_{\text{тр}} \Rightarrow F_{\text{тр}} = T \cdot \cos \alpha = \frac{\sqrt{3} T}{2}$$

$$F_{\text{тр}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 1,73 \text{ Н}}{0,2} = \boxed{15 \text{ Н}}$$

$$3) Oy: N = mg \cos \alpha + T \cos(90^\circ - \alpha) = mg \cos \alpha + T \sin \alpha$$

$$Ox: F_{\text{тр}} + T \sin(90^\circ - \alpha) = mg \sin \alpha$$

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

$$F_{\text{тр}} \leq \mu N$$

$$\mu mg \cos \alpha + \mu T \sin \alpha \geq mg \sin \alpha - T \cos \alpha \quad | : \cos \alpha$$

$$\mu mg + \mu T \operatorname{tg} \alpha \geq mg \operatorname{tg} \alpha - T$$

$$\mu (mg + T \operatorname{tg} \alpha) \geq mg \operatorname{tg} \alpha - T$$

$$\mu \geq \frac{mg \operatorname{tg} \alpha - T}{mg + T \operatorname{tg} \alpha} = \frac{mg - T \operatorname{ctg} \alpha}{mg \operatorname{ctg} \alpha + T}$$

$$\mu \geq \frac{6 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{6 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 17,3 \text{ Н}} = \frac{60 \text{ Н}}{60 + 1,73 + 17,3 \text{ Н}} = \frac{6}{7 \sqrt{3}} = \frac{60 \text{ Н}}{60 + 10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{6}{7 \sqrt{3}} = \frac{6 \sqrt{3}}{21}$$

$$= \frac{2 \sqrt{3}}{7}$$

Ответ: $m = 6 \text{ кг}$; $F_{\text{тр}} = 15 \text{ Н}$; $\mu \geq \frac{2 \sqrt{3}}{7}$

$$\mu \geq \frac{60 \text{ Н} - 17,3 \text{ Н} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{60 \text{ Н} + 17,3 \text{ Н}} \approx \frac{30 \text{ Н}}{77 \text{ Н}} \approx \frac{3}{7} = \frac{\sqrt{3}}{7} \Rightarrow \mu \geq \frac{\sqrt{3}}{7}$$

Ответ: $m = 6 \text{ кг}$; $F_{\text{тр}} = 15 \text{ Н}$; $\mu \geq \frac{\sqrt{3}}{7}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ

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

4.

Дано:

$$V=1\text{л}$$

$$T_0=16^\circ\text{C}$$

$$R=25\text{ Ом}$$

$$U=100\text{ В}$$

$$P = 1000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$$

$$c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}$$

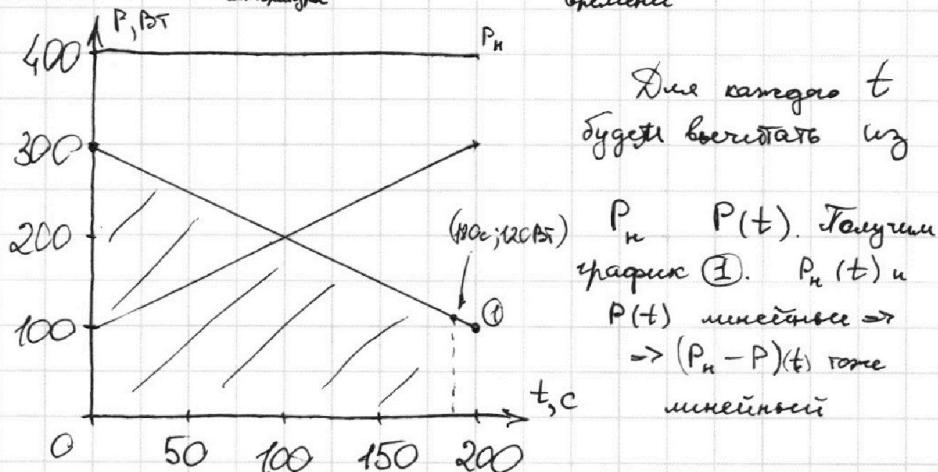
$$T = 180\text{ С}$$

$$1) \boxed{P_n} = \frac{U^2}{R} \Rightarrow \boxed{P_n = 400 \text{ Вт}}$$

$$2) \rho V c \Delta T = (P_n - P(t)) \cdot \Delta t$$

изменение температуры

изменение времени



Для машины номер:

$$P(t) = P_0 + kt \quad P_0 = 100 \text{ Вт}; \quad k = 1 \frac{\text{Вт}}{\text{с}}$$

$$\text{При } t = 180\text{ с} : \quad P = 100 \text{ Вт} + 1 \frac{\text{Вт}}{\text{с}} \cdot 180\text{ с} = 280 \text{ Вт} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{При } t = 180\text{ с} \quad (P_n - P) = 120 \text{ Вт}$$

Таким образом график $(P_n - P)(t)$ пропорциональна

количество тепла, переданного батареи.

$$P_{300} = 300 \text{ Вт}$$

$$P_{120} = 120 \text{ Вт}$$

$$\rho V c (\bar{T}_f - \bar{T}_0) = \frac{P_{300} + P_{120}}{2} \cdot T$$

$$\bar{T}_f = \frac{P_{300} + P_{120}}{2} \cdot \frac{T}{\rho V c} + \bar{T}_0$$

$$\boxed{\bar{T}_f} = \frac{420 \text{ Вт}}{2} \cdot \frac{180 \text{ с}}{1 \frac{2}{3} \cdot 1000 \text{ м}^3 \cdot 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{С}}} + 16^\circ\text{C} = \frac{420 \text{ Вт} \cdot 90 \text{ с}}{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{С}}} + 16^\circ\text{C} = \boxed{25^\circ\text{C}}$$

Ответ: $P_n = 400 \text{ Вт}$; $\bar{T}_f = 25^\circ\text{C}$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input checked="" type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|

МФТИ

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

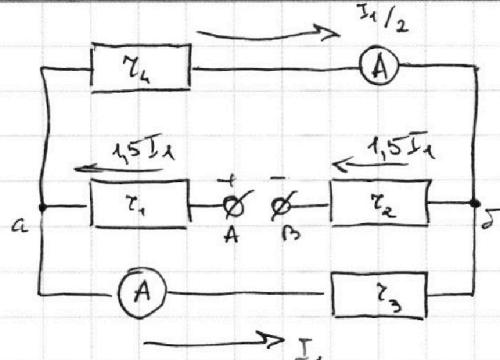
5.

Дано:

$$R_1 = 30\Omega$$

$$R_2 = 60\Omega$$

$$I_1 = 2A$$



Показания амперметров различны $\Rightarrow R_3 \neq R_4$

Без потери общности можно сказать, что $R_3 = R_1 = 30\Omega$
 $R_4 = R_2 = 60\Omega$

Напряжение одинаковое; $R_3 < R_4 \Rightarrow I_1$ течёт через R_3

$U_{ad} = I_1 R_3 \Rightarrow$ через R_4 течёт вдвое меньший ток I_1 .

$$(т. к. R_4 = 2R_3)$$

Две узла a: $1,5I_1 = I_1 + 0,5I_1$ (аналогично для d)

$$I_2 = \frac{I_1}{2} \Rightarrow \boxed{I_2 = 1A}$$

$$U_{AB} = 1,5I_1 R_1 + I_1 R_3 + 1,5I_1 R_2 = 1,5I_1 (R_1 + R_2) + I_1 R_3$$

$R_3 \neq R_4 \Rightarrow R_1 \neq R_2$, но при этом $R_1 + R_2$ всегда равно

$$R_1 + R_2 \Rightarrow U_{AB} = I_1 R_1 + 1,5I_1 (R_1 + R_2) = 2,5I_1 R_1 + 1,5I_1 R_2$$

$$P = U_{AB} \cdot 1,5I_1 = 1,5I_1^2 (2,5R_1 + 1,5R_2)$$

$$\boxed{P = 1,5 \cdot 4A^2 \cdot (75\Omega + 90\Omega) = \boxed{990 \text{ Вт}}}$$

Ответ: $I_2 = 1A$; $P = 990 \text{ Вт}$

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!

4.

Черновик

1)

$$P_n = \frac{U^2}{R} \Rightarrow P_n = 400 \text{ BT}$$

$$x = 15 \cos \alpha + t$$

Дано:

$$V = 1 \text{ л}$$

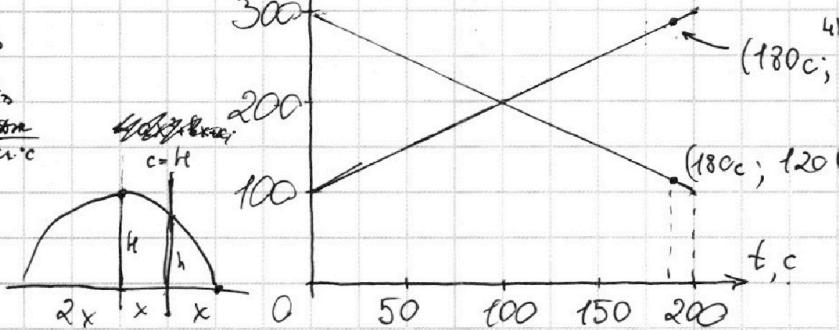
$$T_0 = 16^\circ \text{C}$$

$$R = 25 \Omega$$

$$U = 100 \text{ В}$$

$$\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$C = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°C}}$$



$$y = \frac{1}{2}gt^2 - \frac{g}{2} \cdot \frac{x^2}{v^2 \cos^2 \alpha} = \frac{g}{2} \cdot \frac{x^2}{v^2 \cos^2 \alpha} - \frac{g}{2} \cdot x - \frac{g}{2} \cdot \frac{x^2}{v^2 \cos^2 \alpha} + C = h$$

$$4h = 280 \text{ BT} \quad 4ax^2 + bx + c = h$$

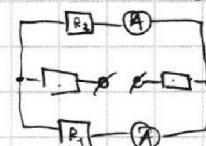
$$4ax^2 + 4bx + 4c = 4h$$

$$4ax^2 + 8bx + 4c = 4h$$

$$4ax^2 + 8bx + c = h$$

$$4ax^2 + 28x + c = 0$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$



Две мощности потреб:

$$P(t) = P_0 + kt$$

$$P_0 = 100 \text{ BT}$$

$$k = 1 \frac{\text{BT}}{\text{c}}$$

$$\text{При } t = 180 \text{ c} : P = 100 \text{ BT} + 1 \frac{\text{BT}}{\text{c}} \cdot 180 \text{ c} = 280 \text{ BT}$$

$$130 \text{ BT}$$

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

$$\rho V C (T_1 - T_0) = T \cdot \frac{P_{120} + P_{300}}{2} \Rightarrow T_1 = \frac{T(P_{120} + P_{300})}{2\rho V C} + T_0$$

$$T_1 = \frac{180 \text{ c} \cdot 420 \text{ BT}}{2 \cdot 1000 \text{ см}^3 \cdot 1 \frac{\text{см}^3}{\text{Дж}} \cdot 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°C}}} + 16^\circ \text{C} =$$

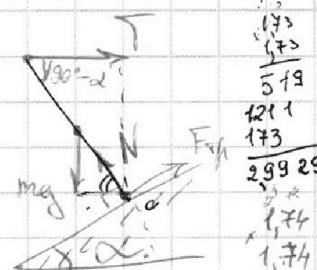
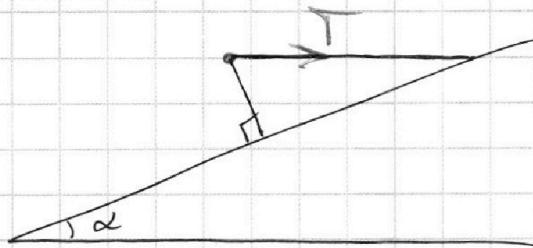
$$= \frac{180 \cdot 420 \text{ BT}}{2 \cdot 1000 \text{ см}^3 \cdot 1 \frac{\text{см}^3}{\text{Дж}}} + 16^\circ \text{C} = 25^\circ \text{C}$$

3.

Дано:

$$T = 17,3 \text{ Н}$$

$$\alpha = 30^\circ$$



1) Тр. мом. отв. т. О:

$$\frac{1}{2} \frac{3}{24}$$

$$\frac{26}{52}$$

$$mg \cdot \frac{l}{2} \cdot \cos(90^\circ - \alpha) = \frac{1}{2} T \cdot l \cdot \sin(90^\circ - \alpha)$$

$$\frac{1}{2} \frac{3}{24}$$

$$\frac{26}{52}$$

$$m = \frac{2 \cdot 17,3 \text{ Н} \cdot \sqrt{3}}{10 \frac{\text{Н}}{\text{сн}}} = \frac{\frac{mg}{2} \sin \alpha}{T \cos \alpha} \Rightarrow m = \frac{2 T \operatorname{ctg} \alpha}{g}$$

$$\frac{3}{2} \frac{3}{24}$$

$$\frac{26}{52}$$

$$\frac{1}{2} \frac{3}{24}$$

$$\frac{26}{52}$$

$$\frac{1}{2} \frac{3}{24}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input checked="" type="checkbox"/> |

МФТИ

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

1. Численное решение

• ω_3 3) $v_n^2 = v^2 + v_2^2 - 2 \cos \alpha \cdot v \cdot v_2$

$$v_n = \sqrt{v^2 + v_2^2 - 2 \cos \alpha \cdot v \cdot v_2}$$

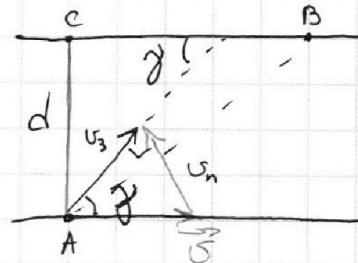
$v_3 = \sqrt{v^2 - v_n^2}$

• ω_3 3) $v^2 - v_n^2 = 2 \cos \alpha \cdot v \cdot v_2 - v_2^2 = v_2 (2 \cos \alpha \cdot v - v_2)$

$$v_3 = \sqrt{v_2 (2 \cos \alpha \cdot v - v_2)}$$

~~$v_3 = \sqrt{v_2 (2 \cos \alpha \cdot v - v_2)}$~~

$$\cos \beta = \frac{v_3}{v} = \frac{\sqrt{v_2 (2 \cos \alpha \cdot v - v_2)}}{v}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|

МФТИ



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

1.

Дано:

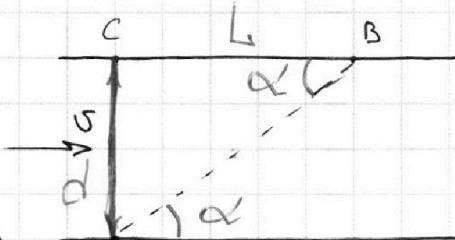
$$AC = d = 50 \text{ м}$$

$$BC = L = 120 \text{ м}$$

$$T_1 = 100 \text{ с}$$

$$T_2 = 240 \text{ с}$$

v_n - скорость наветра



$$\vec{v}_i = \vec{v}_n + \vec{v}$$

$$1) AB = \sqrt{AC^2 + BC^2}$$

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

$$v_1 = \frac{AB}{T_1} = \frac{\sqrt{L^2 + d^2}}{T_1}$$

$$v_2 = \frac{AB}{T_2} = \frac{\sqrt{L^2 + d^2}}{T_2}$$

$$v_1 = \frac{130 \text{ м}}{100 \text{ с}} = 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_2 = \frac{130 \text{ м}}{240 \text{ с}} = \frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Прием коинусов к XYZ:

$$3) -2 \cos \alpha \cdot v v_2 + v^2 + v_2^2 = v_n^2$$

$$4) -2 \cos \alpha v v_1 + v^2 + v_1^2 = v_n^2$$

$$\cos \alpha = \frac{L}{d}$$

$$v_n^2 = v^2 + v_2^2 - 2 \cos \alpha \cdot v v_2 = v^2 + v_1^2 - 2 \cos \alpha v v_1$$

$$v_2^2 - v_1^2 = 2 \cos \alpha v (v_2 - v_1)$$

$$(v_2 + v_1) = 2 \cos \alpha v$$

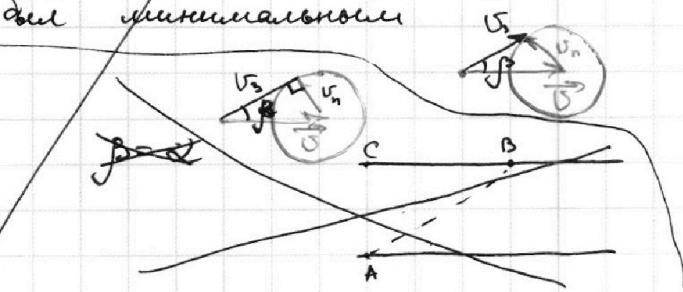
$$v = \frac{v_1 + v_2}{2 \cos \alpha} = \frac{v_1 + v_2}{2} \cdot \frac{d}{L}$$

$$v = \frac{1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}} + \frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2}$$

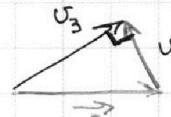
$$= \frac{31,2 \frac{\text{м}}{\text{с}} + 13 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{48} \cdot \frac{5}{12} =$$

$$= \frac{221 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{144 \cdot 4} = \frac{221}{576} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Нужно, чтобы угол β был максимальным, чтобы спос
был минимальным



$\beta - \max \Rightarrow v \downarrow v_n$



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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

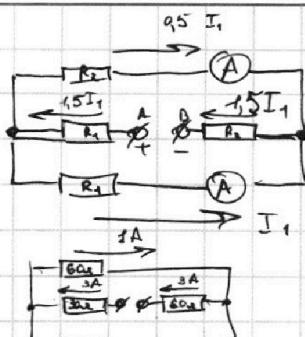
- | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|

МФТИ



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

5.
Дано:
 $R_1 = 30\Omega$
 $R_2 = 60\Omega$
 $I_1 = 2A$

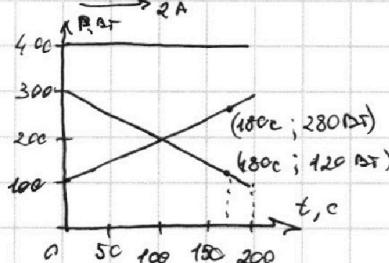


Черновик

$$1) I_2 = 1A$$

$$2) P = 1,5I_1 \cdot (2,5R_1 + 1,5R_2) = \\ = 1,5I_1^2 (2,5R_1 + 1,5R_2) \\ P = 1,5 \cdot 4A^2 \cdot (75\Omega + 90\Omega) = 990 \text{ Вт}$$

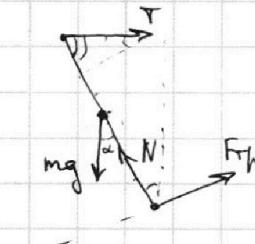
4.
Дано:
 $V = 1V$
 $T_0 = 16^\circ C$
 $R = 25\Omega$
 $U = 100 \mu A$



$$P_H = \frac{U^2}{R} \Rightarrow P_H = \frac{10000 \mu A^2}{25 \Omega} = 400 \text{ мВт}$$

$$T_1 = 16^\circ C + \frac{18^\circ C \cdot 210 \mu A}{100 \cdot 4200 \frac{\mu A}{K \cdot ^\circ C}} = 25^\circ C$$

3.
Дано:
 $T = 17,3H$
 $\alpha = 30^\circ$



$$1) mg \frac{l}{2} \sin \alpha = T \cdot l \cos \alpha$$

$$m = \frac{2T \cos \alpha}{g} \Rightarrow m = 6 \text{ кг}$$

$$2) F_T \frac{l}{2} = \frac{l}{2} \cos \alpha \cdot T$$

~~$$F_T = 10H \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 15H$$~~

$$\rightarrow \alpha \quad N = mg \cos \alpha + T \sin \alpha$$

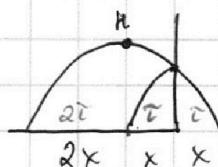
3)

$$F_T = mg \sin \alpha + T \cos \alpha$$

$$\mu N \geq F_T \Rightarrow \mu \geq \frac{F_T}{N} \Rightarrow \mu \geq \frac{mg \sin \alpha - T \cos \alpha}{mg \cos \alpha + T \sin \alpha} = \frac{mg \tan \alpha - T}{mg + T \tan \alpha}$$

$$\mu \geq \frac{60H \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} - 17,3H}{60H + 17,3 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}} = \frac{20\sqrt{3} - 10\sqrt{3}}{60 + 10} = \frac{10\sqrt{3}}{70} = \frac{\sqrt{3}}{7}$$

2.
Дано:
 $h = 5,4 \text{ м}$



$$h = v_y 3T - 4,5 g T^2$$

$$h = v_y 2T - 2g T^2$$

$$0 = v_y 4T - 8g T^2 \Rightarrow v_y = 2gT$$

$$h = 1,5g T^2$$

$$h = 2g T^2 \quad | \Rightarrow h = \frac{4}{3} h \Rightarrow H = 7,2 \text{ м}$$

$$t_1 = T = \sqrt{\frac{h}{1,5g}} \Rightarrow T = \sqrt{\frac{10,8 \text{ м}}{30 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}} = \sqrt{0,36 \text{ с}} = 0,6 \text{ с}$$

$$h + (v_y T)^2 - \frac{g T^2}{2} = 0$$

$$d = \frac{v_x^2}{2g} \cdot T \Rightarrow u = \frac{1,8 \text{ м}}{1,2 \text{ с}} = 1,5 \text{ м/с}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



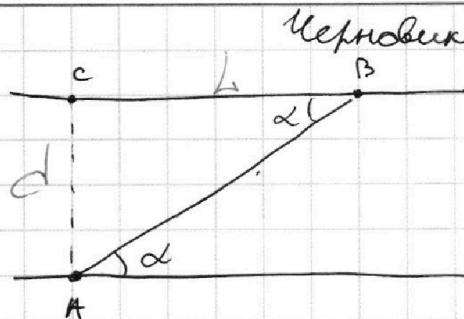
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ

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

1.

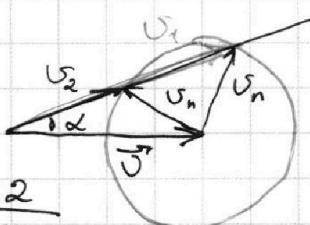
дано:
 $d = 50\text{ м}$
 $L = 120\text{ м}$
 $T_1 = 100\text{ с}$
 $T_2 = 240\text{ с}$



$$1) V_1 = \frac{\sqrt{L^2 + d^2}}{T_1} \Rightarrow V_1 = \frac{130\text{ м}}{100\text{ с}} = 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$V_2 = \frac{\sqrt{L^2 + d^2}}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{130\text{ м}}{240\text{ с}} = \frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\cos \alpha = \frac{12}{13}$$



$$V^2 + V_2^2 - 2 \cos \alpha V V_2 = V_n^2$$

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

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

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

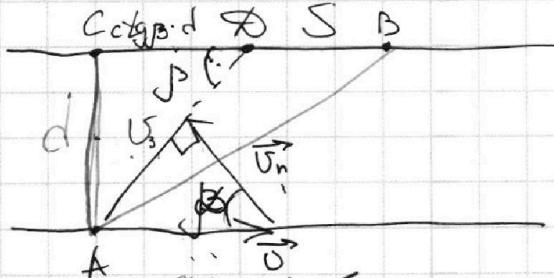
$$2 \cos \alpha V = V_1 + V_2$$

$$V = \frac{V_1 + V_2}{2 \cos \alpha} = \frac{13}{24} (V_1 + V_2)$$

$$V = \frac{13}{24} \cdot \left(\frac{13}{10} + \frac{13}{24} \right) = \frac{13^2}{24} \neq \frac{34}{240} = \frac{13^2 \cdot 17}{24 \cdot 240} = \frac{13^2 \cdot 17}{12 \cdot 240} =$$

$$= \frac{169 \cdot 17}{12 \cdot 240} = \frac{2873}{2880}$$

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



$$\begin{array}{r} 24 \\ \times 24 \\ \hline 96 \\ 48 \\ \hline 576 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 24 \\ \times 24 \\ \hline 96 \\ 48 \\ \hline 576 \\ \times 13 \\ \hline 663 \\ 221 \\ \hline 2873 \end{array}$$

$$\sin \beta = \frac{V_3}{V} = \frac{\sqrt{V_1^2 - V_2^2}}{V} = \sqrt{1 - \left(\frac{V_2}{V}\right)^2} =$$

$$= \sqrt{1 - \frac{V_2^2 + V_2^2 - \frac{24}{13} V V_2}{V^2}} = \sqrt{\frac{24}{13} \cdot \frac{V_2}{V} - \left(\frac{V_2}{V}\right)^2} =$$

$$= \sqrt{\frac{24}{13} \cdot \frac{13}{24} \cdot \frac{2880}{2873} - \left(\frac{13}{24} \cdot \frac{2873}{13 \cdot 17}\right)^2} =$$

$$= \sqrt{\frac{2880}{2873} - \frac{120}{13 \cdot 17}} = \sqrt{\frac{2624}{2873}}$$

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \frac{2624}{2873}} = \sqrt{\frac{249}{2873}}$$

$$\operatorname{ctg} \beta = \frac{\cos \beta}{\sin \beta} = \sqrt{\frac{249}{2873} \cdot \frac{2873}{2624}} = \sqrt{\frac{249}{2624}}$$

$$120 - 50 \cdot \sqrt{\frac{249}{2624}}$$

$$2873 = 13^2 \cdot 17$$

$$2880 = 12 \cdot 240$$

$$\begin{array}{r} 12 \\ \times 13 \\ \hline 36 \\ 12 \\ \hline 156 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2873 \\ - 2624 \\ \hline 249 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 249 \\ - 248 \\ \hline 1 \end{array}$$

$$2624 - 4 \cdot 656 = 8 \cdot 328$$

$$= 16 \cdot 161$$

$$32 \cdot 82 = 64 \cdot 41$$