



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

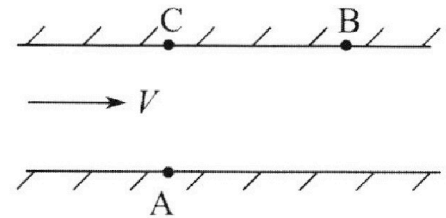
Вариант 09-02

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.

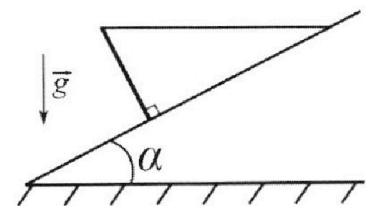
- 1) Найдите наибольшую высоту H , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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.

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 09-02

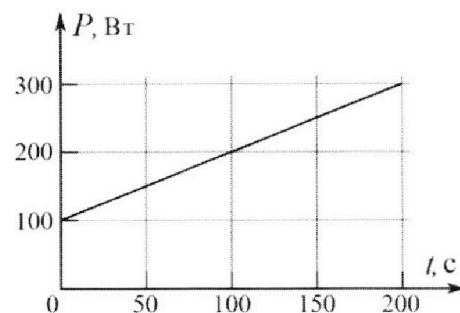
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



4. Воду объемом $V = 1$ л нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $\tilde{t}_0 = 16$ °С. 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.

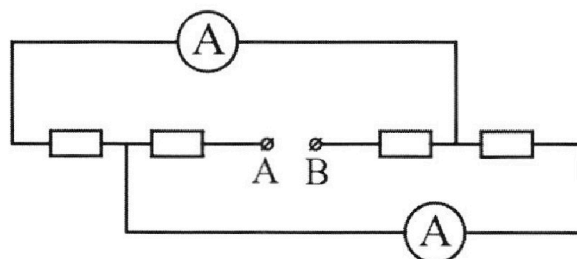
Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³, удельная теплоемкость воды $c = 4200$ Дж/(кг·°С).



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. Больше показание $I_1 = 2$ 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:

- 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!

$l = 50 \text{ м}$
 $L = 120 \text{ м}$
 $T_1 = 100 \text{ с}$
 $T_2 = 240 \text{ с}$
 $v_1 = ?$
 $v_2 = ?$
 $v = ?$
 $s = ?$

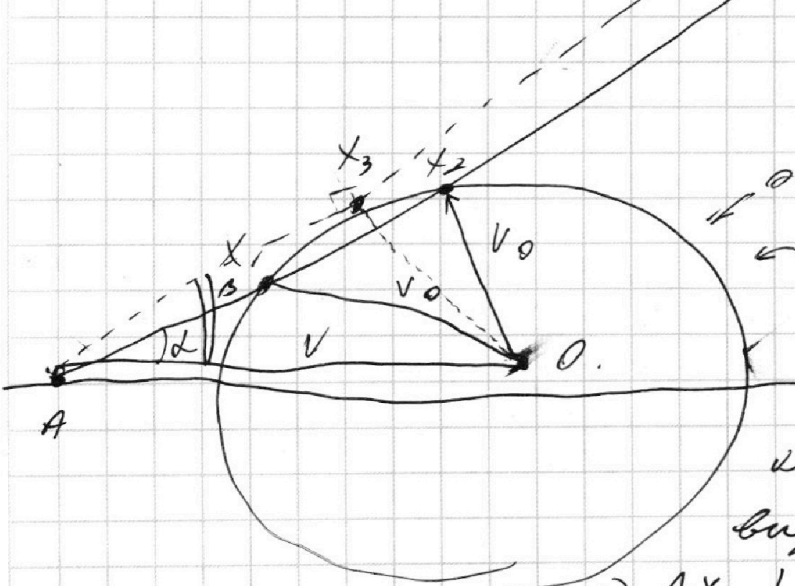
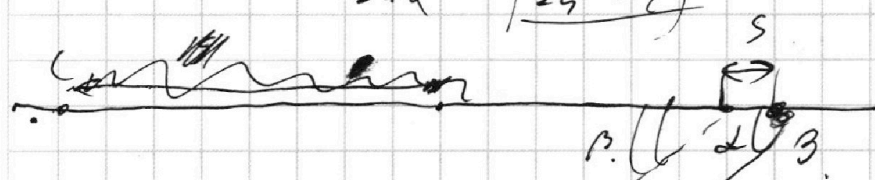
модель не имеет непреодолимой
 волны скорости v_0 по воде (v_0)
 \Rightarrow его скорость в лод (о берега)
 направлена по AB

$AB = \sqrt{l^2 + L^2} = 130 \text{ м}$

$v_1 T_1 = v_2 T_2 = AB$

$v_1 = \frac{130}{100} = \frac{13}{10} \text{ м/с}$

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



окружность ω
 $\Gamma M T$ хорда диаметра
 \vec{v}_0

угол минимален,
 когда $\vec{v}_0 \perp \vec{v}_{rad}$, это
 вышло из геометрии \Rightarrow

$\Rightarrow AX_3 \perp X_3 O$

$\Rightarrow \text{pow}(A; \omega) = AX_1 \cdot AX_2 = AX_3^2$

$\overline{AX_1} = v_2$
 $\overline{AX_2} = v_1$

$AX_1 \parallel AX_2 \Rightarrow$

$\Rightarrow |\overline{AX_3}| = v_{rad} \cdot l = \sqrt{v_1 v_2} = \sqrt{\frac{13}{10} \cdot \frac{13}{24}} = \frac{13}{4} \sqrt{\frac{1}{15}}$

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!

Так же заметим, что

$$V_0 = \sqrt{V_1^2 + V_2^2 - 2V_1V_2 \cos \alpha} = \sqrt{V_2^2 + V_1^2 - 2V_1V_2 \cos \alpha}$$

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

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

$$\Rightarrow V = \frac{V_1 + V_2}{2 \cos \alpha} = \frac{\frac{13}{10} + \frac{13}{24}}{2 \cdot \frac{12}{13}} = \boxed{\frac{13^2 - 18}{24 \cdot 5} \text{ м/с}}$$

$$S = L - \frac{CA}{\cos \beta} = L - \frac{d}{\frac{V_0}{V_{\text{уд}} 10}} = L - \frac{d}{10} \cdot \sqrt{V_1 V_2} =$$

$$= L - \frac{d}{\sqrt{V_2 - V_1 V_2}} \cdot \sqrt{V_1 V_2} = 120 - \frac{50}{\sqrt{\frac{13^2 - 18}{24 \cdot 5}}} \cdot \sqrt{\frac{13^2 \cdot 24 \cdot 5 \cdot 12}{10 \cdot 24 \cdot 24 \cdot 5 \cdot 12}}$$

$$= 120 - \frac{50}{\sqrt{\frac{13^2 - 18}{24 \cdot 5}}} \cdot \sqrt{\frac{13^2 \cdot 24 \cdot 5 \cdot 12}{10 \cdot 24 \cdot 24 \cdot 5 \cdot 12}}$$

$$S = L - \frac{CA}{\cos \beta} = L - \frac{d}{\frac{V_0}{V_{\text{уд}} 10}} = L - \frac{d}{10} \cdot \sqrt{V_1 V_2} =$$

$$= L - \frac{d}{\sqrt{V_2 - V_1 V_2}} \cdot \sqrt{V_1 V_2} = 120 - \frac{50}{\sqrt{\frac{13^2 - 18}{24 \cdot 5}}} \cdot \frac{13}{4} \sqrt{\frac{1}{25}} =$$

$$= 120 - \frac{50}{13 \sqrt{\frac{14281}{24 \cdot 5}}} \cdot \frac{13}{4} \sqrt{\frac{1}{25}} = 120 - \frac{24^2}{2} \cdot \frac{\sqrt{5}}{3} \cdot \sqrt{14281}$$

Ответ: $V_1 = \frac{13}{10} \text{ м/с}$

$V_2 = \frac{13}{24} \text{ м/с}$

$V = \frac{13^2 - 18}{24 \cdot 5} \text{ м/с}$

$S = 120 - \frac{24^2}{2} \sqrt{\frac{5}{3}} \sqrt{14281} \text{ м}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

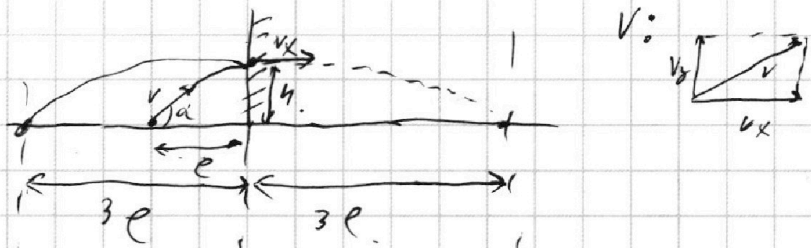
1 2 3 4 5 6 7



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



$h = 5,4 \text{ м}$
 $l = 3 \text{ л}$
 $t = 1,8 \text{ л}$
 $u = ?$
 $t_1 = ?$
 $u = ?$



угор по модулю - угор со скоростью - $t_2 = ?$

$$\Rightarrow v_y t_2 - \frac{g t_2^2}{2} = h$$

$$v_x t_2 = l \Rightarrow \frac{4l}{v_x} = 4 v_x t_2 = \frac{2 v_y}{g} v_x \Rightarrow t_2 = \frac{v_y}{2g}$$

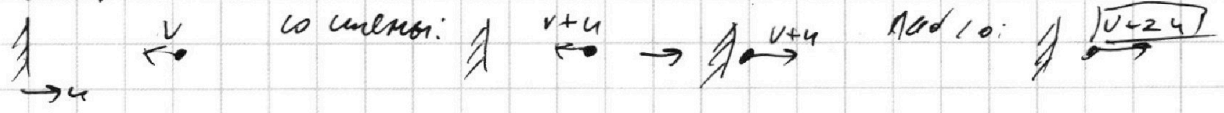
$$M = \frac{v_y}{2} \cdot \frac{v_y}{g} = \frac{v_y^2}{2g}$$

$$v_y t_2 - \frac{g t_2^2}{2} = v_y \cdot \frac{v_y}{2g} - \frac{g v_y^2}{2 \cdot 4g^2} = v_y^2 \left(\frac{1}{2g} - \frac{1}{8g} \right) = v_y^2 \cdot \frac{3}{8g}$$

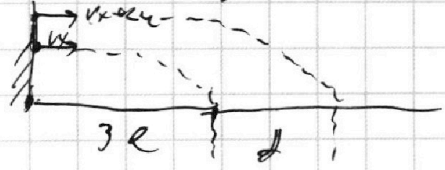
$$\Rightarrow v_y^2 = \frac{8}{3} g h; t_1 = \frac{2 v_y}{g} - t_2 = \frac{2 v_y}{g} - \frac{v_y}{2g} = \frac{3 v_y}{2g} = \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{g} \cdot \sqrt{\frac{8}{3} g h} =$$

$$\Rightarrow u = \frac{v_y^2}{2g} = \frac{\frac{8}{3} g h}{2g} = \frac{4}{3} h = \boxed{7,2 \text{ м}}$$

высшая точка:



\Rightarrow вычислим элемент: пока высшая точка не v_x , а $v_x + 2u$.



$$\Rightarrow d = v_x t_f (v_x + 2u - v_x) =$$

$$= t_f \cdot 2u \Rightarrow$$

$$\Rightarrow u = \frac{d}{2t_f} = \boxed{0,54 \text{ м/с}}$$

Ответ: $t = 1,8 \text{ л}$
 $M = 7,2 \text{ м}$
 $u = 0,54 \text{ м/с}$

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

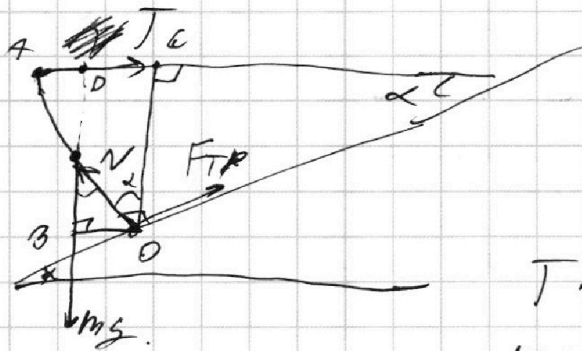
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

$\alpha = 30^\circ$
 $T = 12,3 \text{ Н}$
 $m = ?$
 $F_{TP} = ?$
 $\mu = ?$



O: $T \cdot OC = mg \cdot OB$

$OC = OA \cos \alpha$

$OB = \frac{OA}{2} \cos \alpha$

$T \cdot OA \cdot \cos \alpha = mg \cdot \frac{OA}{2} \cdot \cos \alpha$

$m = \frac{2T}{g} = \boxed{3,46 \text{ кг}}$

$AD = OB = \frac{OA}{2} \cos \alpha$

A: $F_{TP} \cdot OA = mg \cdot AD$

$F_{TP} \cdot OA = mg \cdot \frac{OA}{2} \cos \alpha$

$F_{TP} = \frac{mg \cdot \frac{1}{2} \cos \alpha}{\cos \alpha} = \frac{34,6}{2} \cdot \sqrt{3} = \boxed{8,65 \cdot \sqrt{3} \text{ Н}}$

$F_{TP} \leq \mu N \Rightarrow \mu_{\min} = \frac{F_{TP}}{N} \Rightarrow \mu \geq \frac{F_{TP}}{N}$

OA: m ; 2 3 - μ :

$T \cdot \sin \alpha + mg \cos \alpha = N$

$\Rightarrow \mu \geq \frac{8,65 \sqrt{3}}{12,3 + 2 \cdot 34,6 \cdot \frac{1}{2}} = \frac{F_{TP}}{\frac{T}{2} + mg \cos \alpha} = \frac{mg \cos \alpha \cdot \frac{1}{2}}{\frac{T}{2} + mg \cos \alpha} =$

$= \frac{mg \cos \alpha}{\frac{T}{2} + 2mg \cos \alpha} = \frac{\cos \alpha}{\frac{1}{2} + 2 \cos \alpha} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2} + 2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} = \boxed{\frac{\sqrt{3}}{1 + 2\sqrt{3}}}$

ответ:

$m = \boxed{3,46 \text{ кг}}$

$F_{TP} = \boxed{8,65 \cdot \sqrt{3} \text{ Н}}$

$\mu \in \boxed{\left[\frac{1}{\sqrt{3} + 2}, \dots \right]}$

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!

известный факт

$V = 1A \Rightarrow P_M = 100$

$t_0 = 16^\circ C$

$R = 25 \Omega$

$u = 100 B$

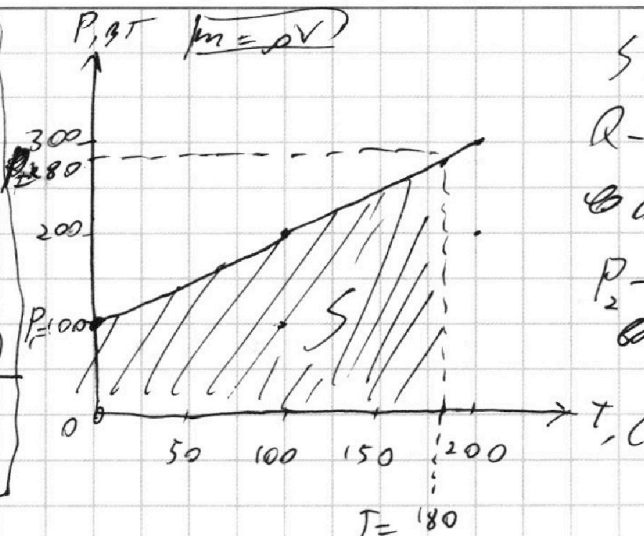
$T = 180 C$

$\rho = \frac{u^2}{R}$

$l = 4200 \text{ Дж/}^\circ C$

$P_M = ?$

$t_1 = ?$



$S = Q$

Q - тепло, выделенное

в окр. среду.

P - мощность нагрева в проводнике

P_1 - мощность

$S = Q = T \cdot \frac{P_1 + P_2}{2}$

$P_M = \frac{u^2}{R} = \frac{100 \cdot 100}{25} = 400 \text{ Вт}$

$l m (t_1 - t_0) = P_M T - Q = (P_M - \frac{P_1 + P_2}{2}) T$

$t_1 = t_0 + \frac{(P_M - \frac{P_1 + P_2}{2}) T}{l m} = 16^\circ + \frac{(400 - \frac{280 + 100}{2}) 180}{4200}$

$= 16 + 9 = 25^\circ C$

ответ: $t_1 = 25^\circ C$

$P_M = 400 \text{ Вт}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

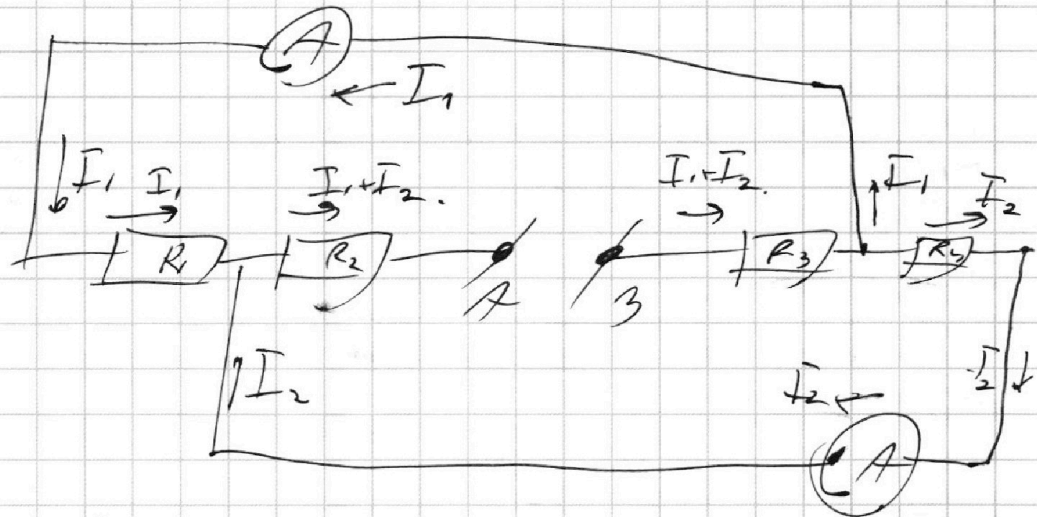
МФТИ

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



~~W/ff~~

$R_1 = 30 \Omega$
 $I_1 = 2 \text{ A}$
 $I_2 \rightarrow$
 $P = ?$



$$U_{AB} = (I_1 + I_2)R_3 + I_1 R_1 + (I_1 + I_2)R_2 =$$

$$= (I_1 + I_2)R_3 + I_2 R_4 + (I_1 + I_2)R_2$$

$$\Rightarrow I_1 R_1 = I_2 R_4$$

$$\begin{cases} I_2 = I_1 \cdot \frac{R_1}{R_4} \\ I_2 < I_1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_2 = I_1 \cdot \frac{30 \Omega}{60 \Omega} = 1 \text{ A} \\ R_1 = 30 \Omega \\ R_4 = 60 \Omega \end{cases}$$

$$P = I_1^2 R_1 + (I_1 + I_2)^2 (R_2) + (I_1 + I_2)^2 R_3 + I_2^2 R_4 =$$

$$= I_1^2 R_1 + I_2^2 R_4 + (I_1 + I_2)^2 (R_2 + R_3) =$$

$$= (2)^2 \cdot 30 + (1)^2 \cdot 60 + (3)^2 \cdot (90) = 120 + 60 + 810 =$$

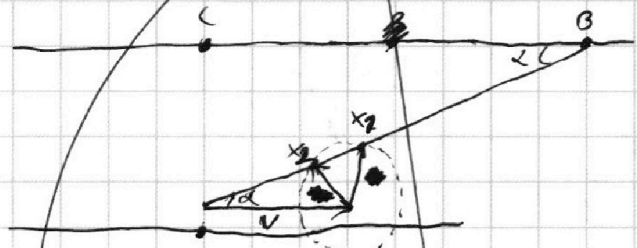
$$= 990 \text{ Вт}$$

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

- 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!

Поскольку в первом звене замыкаем плавкую вставку относительно базы в одну сторону, то и в лев. со отключаем в другую сторону. В точке B.



$$\Rightarrow AB = V_1 T_1 = V_2 T_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_1 = \frac{AB}{T_1} = \boxed{1,7 \text{ м/с}}$$

$$V_2 = \frac{AB}{T_2} = \boxed{\frac{13}{24} \text{ м/с}}$$

$\overline{AX_2} = V_2$
 $\overline{AX_1} = V_1$

ГМТ конца вектора \vec{V} движения (в одну сторону относительно базы) — параболы с началом в конце \vec{V} .

$AB = \sqrt{AC^2 + CB^2} = 130 \text{ м.}$

замечаем, что $V_{\text{поворот}} =$

$$= \sqrt{V_1^2 + V_2^2 - 2V_1 V_2 \cos \alpha} = \sqrt{V_1^2 + V_2^2 - 2V_1 V_2 \cos \alpha}$$

$$\Rightarrow V_1^2 + V_2^2 - 2V_1 V_2 \cos \alpha = V_1^2 + V_2^2 - 2V_2 V_1 \cos \alpha$$

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

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

$$V = \frac{V_1 + V_2}{2 \cos \alpha} = \frac{\frac{13}{10} + \frac{13}{24}}{2 \cdot \frac{12}{13}} =$$

$\boxed{37560}$

17
13

151
17

221

221
21

442
3691

221
221

442
442

884

Черновик

$(100+x) = 10000 + x^2 + 200x$

48841
34560

14281

$4281 = (200+x) \cdot x$

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!



Ирина

$$\begin{array}{r}
 10 \cdot 27 \\
 5 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 12 \\
 5 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 17 \\
 17 \\
 \hline
 119 \\
 17 \\
 \hline
 289
 \end{array}$$

169

$$\begin{array}{r}
 121 \\
 121 \\
 \hline
 121 \\
 242 \\
 \hline
 121 \\
 145691 \\
 \hline
 289 \\
 169
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 10 \cdot 24 \\
 5 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 3 \\
 5 \cdot 16 \cdot 3
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 109 \\
 109 \\
 \hline
 1981 \\
 109 \\
 \hline
 11881
 \end{array}$$

221

$$\begin{array}{r}
 12507 \\
 1734 \\
 \hline
 289
 \end{array}$$

$\sqrt{48499}$

$$\begin{array}{r}
 156 + 63 \\
 \hline
 120 \\
 \hline
 24
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 13 \cdot 17 \\
 \hline
 242 \cdot 5 \\
 \hline
 81
 \end{array}$$

$\frac{14181}{12} \Big| 3$
 $\frac{4824}{81}$

$$13^2 \cdot 17^2 - 13^2 \cdot 24^2 \cdot 5 \cdot 12$$

$$\begin{array}{r}
 48741 \\
 34569 \\
 \hline
 149781
 \end{array}$$

$$13^2 (17^2 - 24^2 \cdot 5 \cdot 12)$$

$$\begin{array}{r}
 43 \\
 576 \\
 60 \\
 \hline
 34560
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 24 \\
 24 \\
 \hline
 106 \\
 48 \\
 \hline
 576
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 60 \cdot 16 \\
 400 \\
 160 \\
 \hline
 560 \\
 576
 \end{array}$$



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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input 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!

Черновик

$$\begin{array}{r}
 24271 \\
 12 \overline{) 24271} \\
 \underline{24} \\
 21 \\
 \underline{21} \\
 00
 \end{array}$$

$$4827$$

$$\begin{array}{r}
 123456789100 \\
 14965694
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 14271 \\
 12 \overline{) 14271} \\
 \underline{12} \\
 22 \\
 \underline{21} \\
 17 \\
 \underline{15} \\
 21
 \end{array}$$

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!



1) Терминал защиты:

над CO:

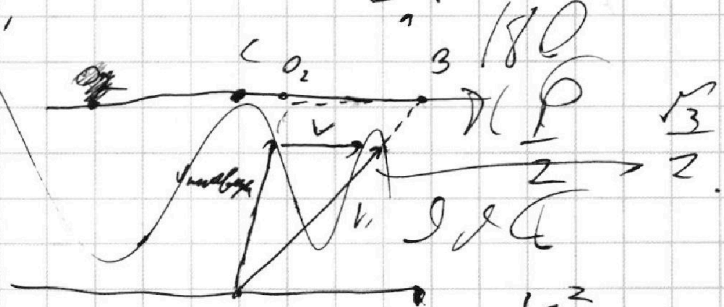
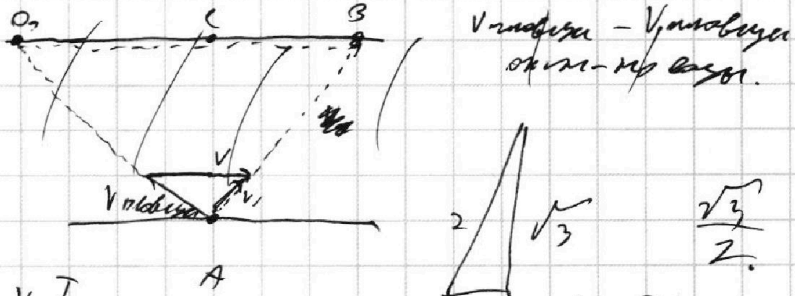
$$AB = V_1 T_1$$

$$AB = V_2 T_2$$

$$\Rightarrow V_1 = \frac{AB}{T_1}$$

Второй результат:

над CO:



$$AB = V_2 T_2$$

$$\Rightarrow V_2 = \frac{AB}{T_2}$$

$$\frac{57}{27} \cdot \frac{3}{18}$$

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

$$\frac{13}{156}$$

$$\frac{54}{12} \cdot \frac{2}{18}$$

$$\frac{1}{2} - \frac{1}{8} = \frac{4}{8} - \frac{1}{8} = \frac{3}{8}$$

$$18 \cdot 8 = 144$$

$$\frac{54 \cdot 8}{3} = 144$$

$$\frac{L^2}{R} = T \cdot \frac{L}{R} = \frac{L^2}{R}$$

$$18 \cdot 8 = 9 \cdot 2 \cdot 8 = 3 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 4$$

$$65 + 156 = 221$$

$$\frac{221}{120}$$

$$\frac{21}{13}$$

$$810$$

$$5,4$$

$$370$$

$$\frac{3}{2} \cdot \frac{6}{12}$$

$$\frac{3}{2} \cdot \frac{6}{12}$$

$$\sqrt{3 \cdot 4}$$

$$4^3$$

$$586$$

$$80$$

$$3956$$

$$190$$

$$\frac{82}{3} \cdot \frac{83}{4} \cdot 54 = 4662$$

$$\frac{183}{173}$$

$$348$$

$$\frac{346}{32}$$

$$\frac{26}{24}$$

$$20$$

$$2 \cdot 3 - 2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3$$

$$221$$

$$442$$

$$442$$

$$48871$$

$$37560$$

$$14287$$

Черновик

~~210 · 180~~

~~4200~~