



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 09-02

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

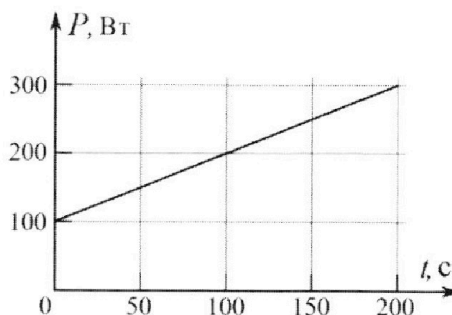


4. Воду объемом $V = 1$ л нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $\tilde{t}_0 = 16^\circ\text{C}$. Сопротивление спирали электроплитки $R = 25$ Ом, напряжение источника $U = 100$ В. Зависимость мощности P тепловых потерь от времени t представлена на графике (см. рис.).

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 $c = 4200$ Дж/(кг·°C).

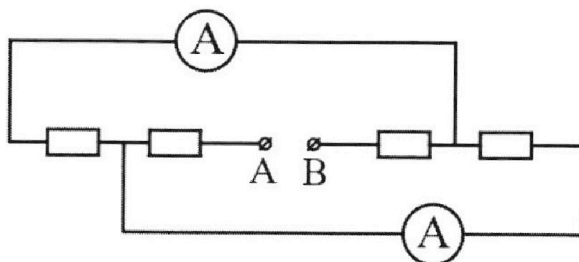


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 30 Ом, у двух других сопротивление по 60 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

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

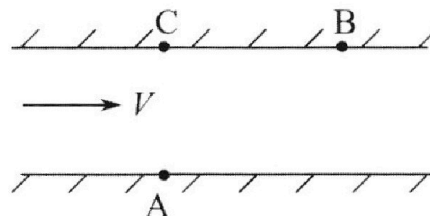
Вариант 09-02

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.

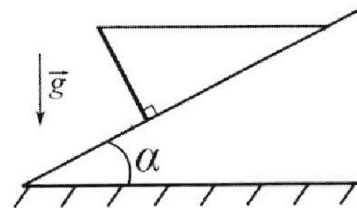
- 1) Найдите наибольшую высоту H , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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.

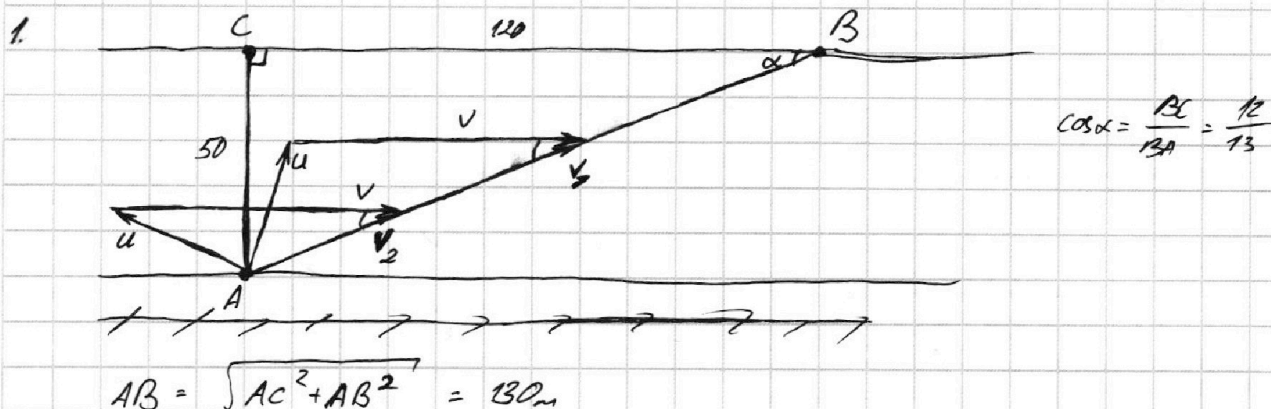
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



Пусть u - скорость лодки в CO течении.

Тогда по т. косинусов для $\angle$ между скоростями в двух
первых заглавах (углы между (V_1, u) и (V_2, u) равны, т.к. $\vec{V}$ по условию
равен углу берега)

$$\begin{cases} V_2^2 + V^2 - 2V_2V\cos\alpha = u^2; \\ V_1^2 + V^2 - 2V_1V\cos\alpha = u^2. \end{cases}$$

$$V_1 = \frac{AB}{T_1} = \frac{130m}{100c} = 1,3 \frac{m}{c}$$

$$V_2 = \frac{AB}{T_2} = \frac{130m}{240c} = \frac{13}{24} \frac{m}{c}$$

$$V_1^2 + V^2 - 2V_1V\cos\alpha = V_2^2 + V^2 - 2V_2V\cos\alpha$$

$$V_1 \neq V_2$$

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

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

$$V = \frac{V_1 + V_2}{2\cos\alpha} = \frac{\frac{13}{10} \frac{m}{c} + \frac{13}{24} \frac{m}{c}}{2 \cdot \frac{12}{13}} = 13^2 \cdot \frac{34}{10 \cdot 24^2} \frac{m}{c} = 13^2 \cdot \frac{17}{5 \cdot 24^2} \frac{m}{c} = \frac{2873}{2880} \frac{m}{c} \approx 1 \frac{m}{c}$$

МФТИ

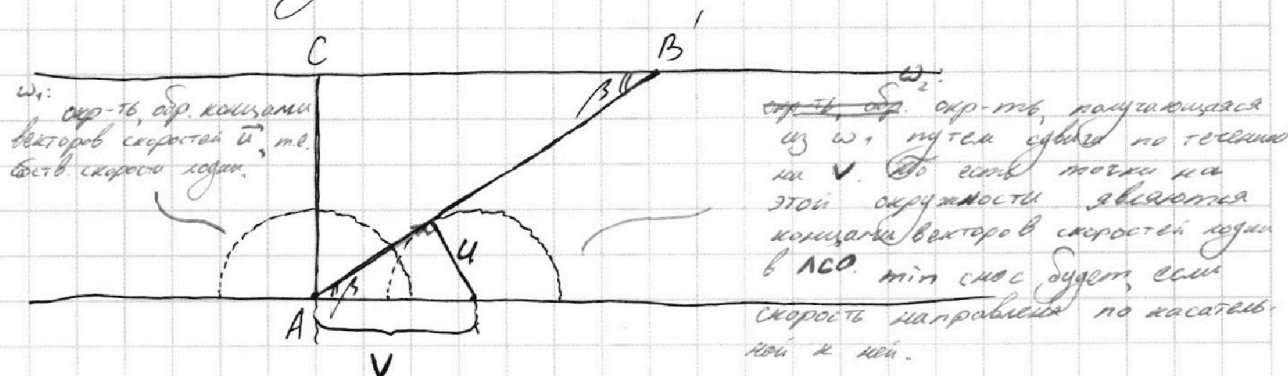


1 2 3 4 5 6 7

☒ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

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

В третьем замке:



Снос будет наименьшим, если скорость в ЛСО будет направлена по касательной к окружности ~~др. из~~ ω_2

~~опр. одг. комиссия~~ ~~встр.~~ ~~направлен и~~ ~~гласно на~~ ~~высоте~~
~~(мб. нб.)~~

$$\beta = \frac{u}{\sqrt{v^2 - u^2}} = \frac{AC}{CB'}$$

$$u^2 = \left(\frac{13}{24} \mu_c \right)^2 + \left(\frac{13^2 \cdot 17}{5 \cdot 24^2} \mu_c \right)^2 - 2 \cdot \frac{13}{24} \cdot \frac{13^2 \cdot 17}{5 \cdot 24^2} \mu_c \cdot \frac{12}{13} =$$

$$= \frac{13^2}{24^2} + \frac{13^4 \cdot 11^2}{5 \cdot 24^4} - \frac{13^2 \cdot 11}{5 \cdot 24^2} = \frac{13^2 \cdot 24^2 \cdot 5^2 + 13^4 \cdot 11^2 - 13^2 \cdot 11 \cdot 5 \cdot 24^2}{5 \cdot 24^4}$$

$$u^2 \approx \left(\frac{13}{10} \frac{u}{c}\right)^2 + \left(\frac{1}{c}\right)^2 - 2 \cdot \frac{13}{10} \frac{u}{c} \cdot \frac{1}{c} \cdot \frac{12}{13} =$$

$$= (2,69 - 2,41 \pm 0,29) \cdot \left(\frac{\mu\text{m}}{\text{cm}}\right)^2 = 0,29 \frac{\mu\text{m}^2}{\text{cm}^2}$$

$$S = CB - CB' = \cancel{CB} = CB - AC \text{ by 3.} \quad \text{by 3} = \frac{\sqrt{0.29}}{\sqrt{0.71}} = \sqrt{\frac{0.29}{0.71}}$$

$$S = 120\text{m} - 50\text{m} \sqrt{\frac{20}{29}} = 120\text{m} - 50\text{m} \cdot \sqrt{\frac{4}{29}} \approx 120\text{m} - 50\text{m} \cdot \frac{2}{\sqrt{29}} = 120\text{m} - 25\sqrt{29}\text{m}$$

Antwort: $v_1 = 13 \frac{m}{s}$; $v_2 = \frac{13}{24} \frac{m}{s}$; $s \approx 120m - 50m \cdot \sqrt{\frac{71}{29}} = 42m$;
 $v = \frac{2873}{2810} \frac{m}{s} \approx 1 \frac{m}{s}$.

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

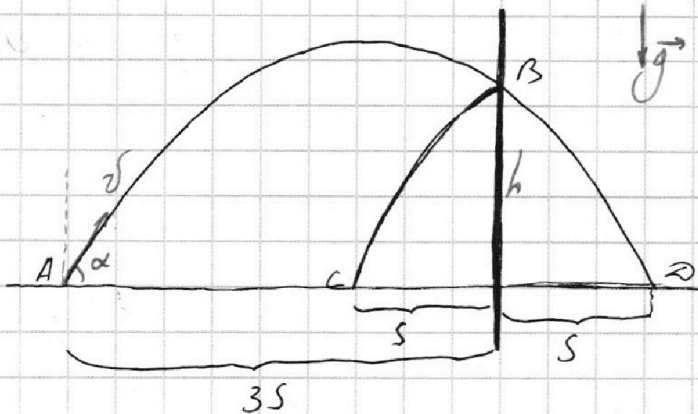
1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



2.



Отрезок BC отн. стены, тогда BD - продолжение траект. полёта, т.к. удар абсолютно упругий.

t_2 - время полёта AB, t_1 - BC.

Тогда $3S = v \cos \alpha t_2$,

$$S = v \cos \alpha t_1 \Rightarrow t_2 = 3t_1$$

$$t_2 = t \Rightarrow t_1 = 3t$$

max. высота - H.

$$H = v \sin \alpha \cdot \frac{v \sin \alpha}{g} - \frac{g \left(\frac{v \sin \alpha}{g} \right)^2}{2} = \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$h = v \sin \alpha \cdot 3t_1 - \frac{g(3t_1)^2}{2}$$

$$\text{Время всего полёта } 4t_1 = \frac{2v \sin \alpha}{g} \Rightarrow v \sin \alpha = 2gt_1$$

$$h = 2gt_1 \cdot 3t_1 - \frac{4,5gt_1^2}{2} = 1,5gt_1^2 \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{h}{1,5g}}$$

$$H = \frac{4g^2t_1^2}{2g} = 2gt_1^2 = 2g \cdot \frac{h}{1,5g} = \frac{4}{3}h = 12\text{ м}$$

$$t_1 = 0,6\text{ с}$$

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

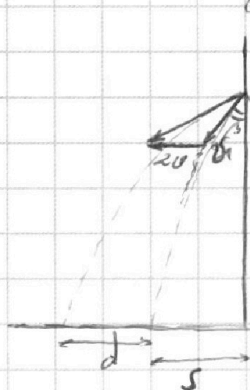
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

Теперь стелла движется навстречу мячу со ск. u .



Пусть ск. $\vec{v}_1$ - скорость мяча перед соударением. В СО стелла мяч движ. со ск. $\vec{v}_1 - \vec{u}$; отскакивает со ск. $|\vec{v}_1 - \vec{u}|$, но в другую сторону, а в ЛСО - со ск. $|\vec{v}_1 - 2\vec{u}|$.

Поэтому, что на время падения влияет только вертикальная составляющая скорости, а она одинакова в двух случаях. Значит, время падения равно t_1 .

$$S = v_{1y} t_1;$$

$$S + d = (\cancel{v_1 - 2u}) + (v_{1y} + 2u) t_1 \Rightarrow d = 2u t_1.$$

$$u = \frac{d}{2t_1} = \frac{1.8 \text{ м}}{2 \cdot 0.6 \text{ с}} = 1.5 \text{ м/с}$$

Ответ: $H = 7.2 \text{ м};$

$t_1 = 0.6 \text{ с}$

$u = 1.5 \text{ м/с}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

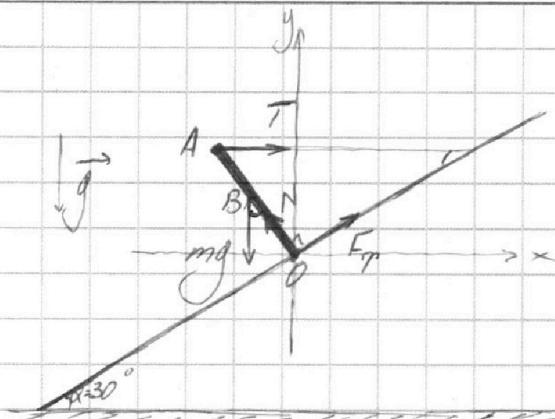
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



3



Стержень однородный $\Rightarrow OB = \frac{1}{2} OA$

См. 1) 0 правило моментов для стержня:

$$mg \cdot OB \sin \alpha = T \cdot OA \cos \alpha$$

$$mg = \frac{2T}{\sin \alpha} = \frac{2T}{\sin 30^\circ}$$

$$m = \frac{2T}{g \cdot \sin 30^\circ} = \frac{2 \cdot 17,3 \text{ Н}}{10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \frac{1}{2}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 17,3}{5} \text{ кг} = 6 \text{ кг}$$

ИЗН для стержня на вертикальную и горизонтальную оси:

$$\begin{cases} mg = N \cos \alpha + F_{\text{тр}} \sin \alpha \\ N \sin \alpha = F_{\text{тр}} \cos \alpha + T \end{cases} \Rightarrow \frac{F_{\text{тр}} \cos \alpha + T}{mg - F_{\text{тр}} \sin \alpha} = \tan \alpha$$

$$N = \frac{F_{\text{тр}} \cos \alpha + T}{\sin \alpha}$$

$$mg \tan \alpha - F_{\text{тр}} \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} = F_{\text{тр}} \cos \alpha + T$$

$$2T - T = F_{\text{тр}} \left(\frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} + \cos \alpha \right)$$

$$T = \frac{F_{\text{тр}}}{\cos \alpha} \Rightarrow F_{\text{тр}} = T \cos \alpha = 17,3 \text{ Н} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 15 \text{ Н}$$

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!

$F_{\text{тр}} \leq \mu N$, иначе *стопань начёт скользнуть.*

$T \cos \alpha \leq \mu \cdot \frac{F_{\text{тр}} \cos \alpha + T}{\sin \alpha}$

$T \cos \alpha \leq \mu \cdot \frac{T(\cos^2 \alpha + 1)}{\sin \alpha}$

$\mu \geq \frac{\cos \alpha \cdot \sin \alpha}{\cos^2 \alpha + 1} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{1}{2}}{\frac{3}{4} + 1} = \frac{\sqrt{3}}{7}$

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:

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!



4. Масса воды $m = V\rho = 1\text{ кг}$.

Мощность нагревателя равна $P_H = \frac{U^2}{R} = \frac{(100\text{ В})^2}{25\text{ Ом}} = 400\text{ Вт}$

Рассмотрим промежуток времени от 0 до T .

Суммарное кол-во теплоты Q за это время равно площади

под графиком $P(t)$ (т.к. $dQ = dt \cdot P \Rightarrow Q = \int P dt$)

$$P = kt + P_0, \text{ где } P_0 = 100\text{ Вт}; \quad k = \frac{(300 - 100)\text{ Вт}}{200\text{ с}} = 1 \frac{\text{Вт}}{\text{с}}$$

УТБ для воды:

$$Q + cm(T_1 - T_0) = P_H T$$

$$Q = T \cdot \frac{P_0 + P_0 + kT}{2} = T \left(P_0 + \frac{k}{2} T \right) = 180\text{ с} \cdot \left(100\text{ Вт} + 0,5 \frac{\text{Вт}}{\text{с}} \cdot 180\text{ с} \right) =$$

$$= 180 \cdot 180\text{ Дж} = 32400\text{ Дж}$$

$$T_1 = T_0 + \frac{P_H T - Q}{cm} = 16^\circ\text{C} + \frac{400\text{ Вт} \cdot 180\text{ с} - 180 \cdot 180\text{ Дж}}{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 1\text{ кг}} =$$

$$= 16^\circ\text{C} + \frac{37800\text{ Дж}}{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 1\text{ кг}} = 16^\circ\text{C} + 9^\circ\text{C} = 25^\circ\text{C}$$

Ответ: $P_H = 400\text{ Вт}; \quad T_1 = 25^\circ\text{C}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

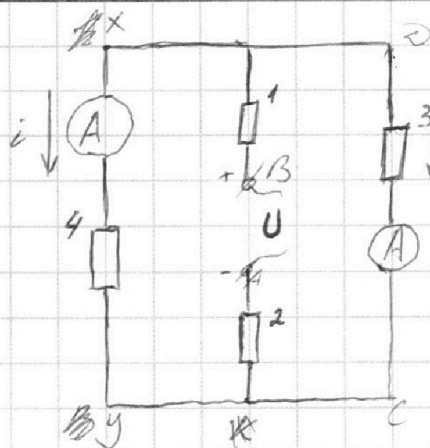
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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



5.



Если у резисторов 1 и 2
одинаковое сопротивление, то
у 3 и 4 - тоже.
И тогда токи через диног.
источники окажутся равны из симметрии
отн. AB.

Значит, $R_1 \neq R_2$. Пусть, без ограничения

следовательно, $R_4 \neq R_3$, т.е. одно из них - $R=60 \text{ Ом}$,
другое - $r=30 \text{ Ом}$.

Для контура ~~ABCD~~^{xy} второе правило Кирхгофа:

$i R_4 = I R_3$. Полагая, что если $I > i$, то $R_3 < R_4$.

Пусть, д.о.о., I_1 - это I . Тогда $R_3 = 30 \text{ Ом}$; $R_4 = 60 \text{ Ом}$,

откуда i , т.е. I_2 , равен $I_1 \cdot \frac{R_3}{R_4} = \frac{1}{2} I_1 = 1 \text{ А}$.

Найдём P . Полагая, что источник тока, что

создаёт напряжение U , и при этом через него проходит

ток $I + i = I_1 + I_2 = 3 \text{ А}$ (из 1-го Кирхгофа). $P = I U$. $P = (I_1 + I_2) U$

II правило Кирхгофа для контура DCABD:

$I R_3 + (I_1 + I_2)(R + r) = U$. Действ., по AB нет ток

$I + i = I_1 + I_2$ из 1-го правила Кирхгофа; $R_1 + R_2 = R + r$, т.е. $R_1 \neq R_2$.

$I R_3 = I_1 r \Rightarrow U = 330 \text{ В}$; $P = (I_1 + I_2) U = 990 \text{ Вт}$. Ответ: $I_2 = 1 \text{ А}$,
 $P = 990 \text{ Вт}$.

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

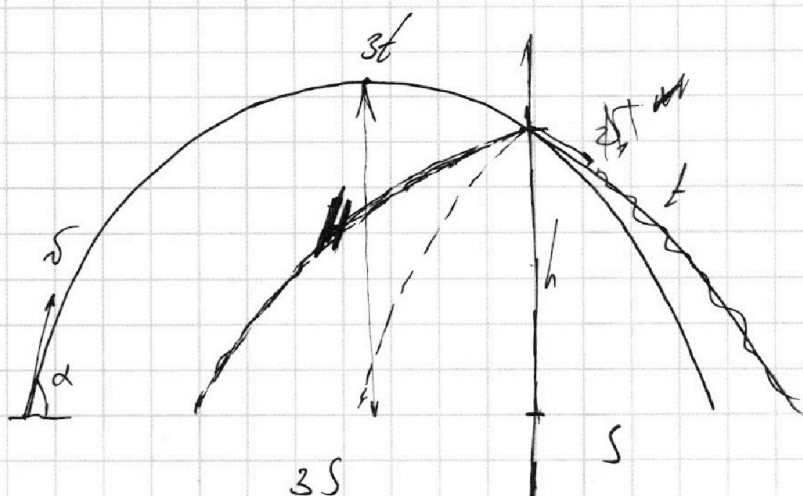
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

☒ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

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

МФТИ



$$H = \frac{v_{\text{sound}} \cdot v_{\text{sound}}}{2g} - \frac{g \left(\frac{v_{\text{sound}}}{g} \right)^2}{2} = \frac{v_{\text{sound}}^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$\cos t = 5$$

$$h = \cancel{\frac{v_{\text{max}}}{2}} \cdot \cancel{v_{\text{max}}} \cdot 36 - \frac{9 \cdot 96^2}{2}$$

$$\underline{2 \text{ Sarsa}} = 4\%$$

$$\sqrt{500} \alpha = 29.4$$

$$h = 2gt - \frac{g \cdot 9t^2}{2} = 6gt - 4,5gt^2 = 1,5gt^2$$

$$t = \sqrt{\frac{h}{1,5g}}$$

$$v_{\text{sch}} \alpha = 2g \cdot \sqrt{\frac{h}{25g}}$$

 $\frac{2}{3}$

$$= \sqrt{3,6} = \cancel{1,8} = \sqrt{\frac{36}{10}} = \frac{6}{\sqrt{10}} = \frac{6 \cdot \sqrt{10}}{\sqrt{10} \cdot \sqrt{10}} = \frac{6\sqrt{10}}{10} = \frac{3\sqrt{10}}{5}$$

$$\sqrt{3} \cdot 10\sqrt{3} = 30$$

$$\sqrt{\frac{54}{15}} =$$

$$= \sqrt{\frac{1,8}{5}} =$$

$$= \sqrt{\frac{9}{25}}$$

$$= \frac{3}{5} = 0,6$$

$\sqrt{\frac{5.4}{15}}$
 $0.6 = \frac{5.4}{15}$
 36×5

$$70\sqrt{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 75H$$

$$\frac{0,9}{6} \sqrt{10} = 0,75$$

$$\sqrt{\frac{54}{15}} =$$

$$= \sqrt{\frac{18}{5}}$$

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!

$$\underline{P_{\text{от}}} + cm \Delta T = \frac{U^2}{R} \Delta t$$

$$\cancel{P} \left(\frac{U^2}{R} - P \right) \Delta t = cm \Delta T$$

$$P = kt$$

$$\left(\frac{U^2}{R} - kt \right) \Delta t = cm \Delta T$$

$$\cancel{\sum \frac{U^2}{R} - kt \Delta t}$$

$$P = kt + b$$

$$\Delta t \quad P_{\text{от}} = (kt + b) \Delta t$$

За б. т

$$P_{\Sigma} + cm \Delta T = \frac{U^2}{R} t$$

$$P_{\Sigma} = \frac{P_0 + P_k}{2} \cdot t =$$

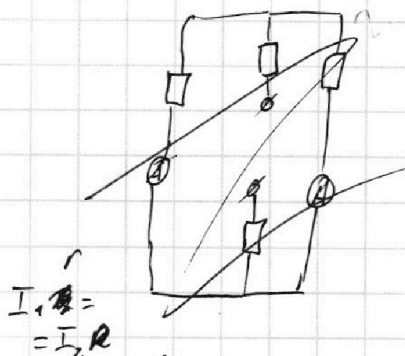
$$= \frac{P_0 + P_0 + kt}{2} t =$$

$$= \left(P_0 + \frac{k}{2} t \right) t =$$

$$= \frac{k}{2} t^2 + P_0 t$$

$$\Delta t = \frac{\frac{U^2}{R} t - P_{\Sigma}}{cm}$$

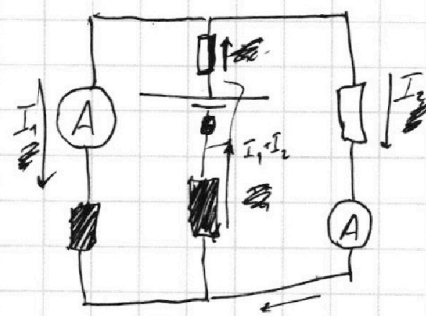
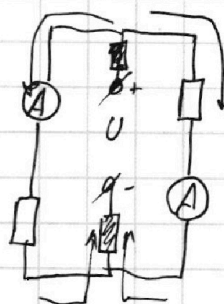
5.



$$I_1 R = I_2 R$$

$$(I_1 + I_2)(R + r_2 + r_0) + I_2 R = U$$

$$\frac{(I_1 + I_2)(R + r) + I_2 R}{330 \Omega} + \frac{(I_1 + I_2)}{3A} r_0 = U$$



$$U = 330B + r_0 \cdot 3A$$

$$\frac{(U - (I_1 + I_2) r_0)^2}{r_0} =$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☒ 2 ☒ 3 ☒ 4 ☒ 5 ☒ 6 ☒ 7 ☒

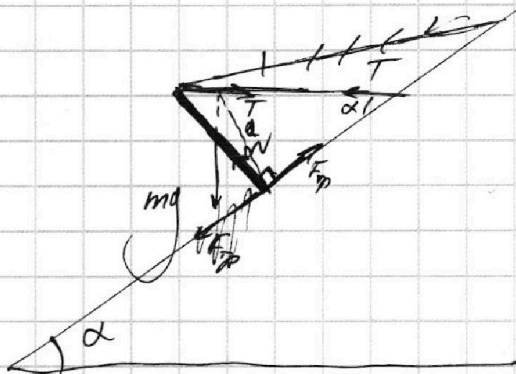
МФТИ

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



$$\begin{array}{r} 71 \overline{) 29} \\ -58 \\ \hline 130 \end{array}$$

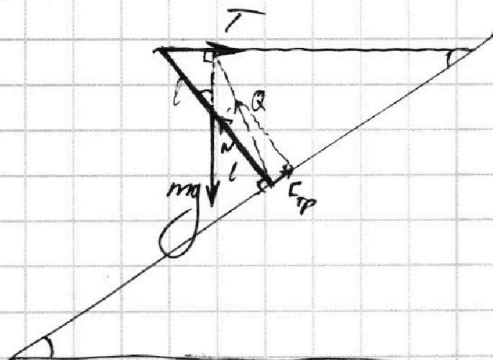
$$\frac{71}{29} = 2 + \frac{13}{29} \approx 2,5$$



$$\begin{array}{r} 18 \\ \times 19 \\ \hline 162 \\ 180 \\ \hline 342 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 36 \\ \times 18 \\ \hline 648 \end{array}$$

$$420 - 41,5 = 42,5 \approx 42$$



$$mg = N \cos \alpha + F_f \sin \alpha$$

$$T + F_f \cos \alpha = N \sin \alpha$$

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

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

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

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

$$2T - F_f \cdot \sin \alpha \cdot \sin \alpha = T + F_f \cos \alpha$$

$$T = F_f \left(\frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} + \cos \alpha \right)$$

$$T = F_f \cdot \frac{1}{\cos \alpha} \quad F_f = T \cos \alpha$$

$$N = T + T \cos^2 \alpha = T(1 + \cos^2 \alpha)$$

$$F_f \leq \mu N$$

$$T \cos \alpha \leq \mu T(1 + \cos^2 \alpha)$$

$$\mu \geq \frac{\cos \alpha}{1 + \cos^2 \alpha}$$

$$\begin{array}{r} 32 \\ \times 2 \\ \hline 64 \end{array}$$

$$3,1^2 \approx 9,61$$