



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

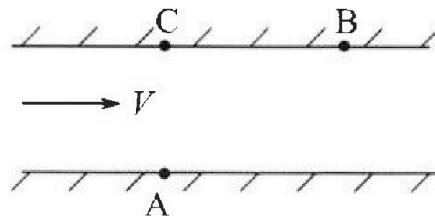
Вариант 09-01

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.

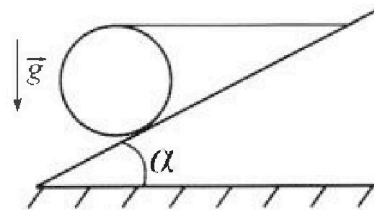
Допустим, что в момент соударения мяча со стенкой на той же высоте h , стенка движется навстречу мячу со скоростью $U = 2$ м/с.

- 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

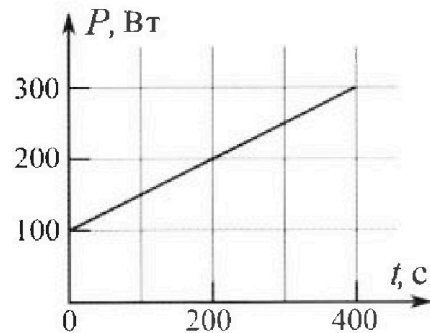
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные
дроби и радикалы.

4. Воду нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $\tilde{t}_0 = 14^\circ\text{C}$, 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 $\tilde{t}_1 = 25^\circ\text{C}$?

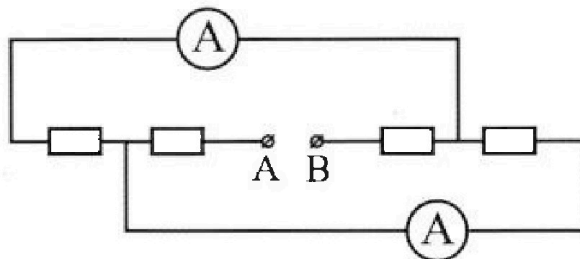
Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³, удельная теплоемкость воды $c = 4200$ Дж/(кг·°C).



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.



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!



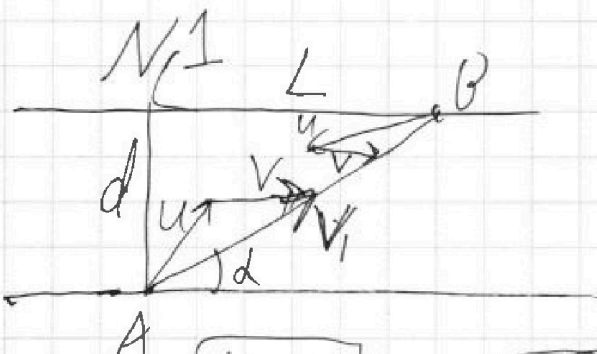
Дано:
 $d = 70 \text{ м}$
 $L = 240 \text{ м}$

$T_1 = 192 \text{ с}$

$T_2 = 417 \text{ с}$

$V_1, V_2, U - ?$

$T - ?$



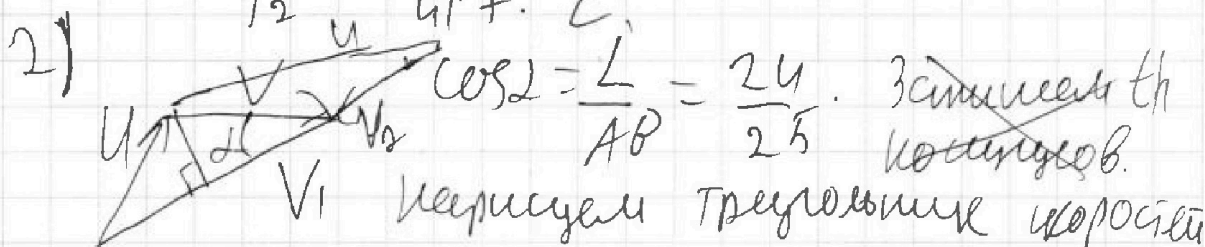
$$\begin{array}{r} 59 \\ \times 24 \\ \hline 196 \\ 48 \\ \hline 1576 \\ \hline 625 \end{array}$$

$AB = \sqrt{d^2 + L^2} = \sqrt{70^2 + 240^2} = 10\sqrt{49 + 24^2}$

$AB = 250 \text{ м}$

1) $V_1 = \frac{AB}{T_1} = \frac{250 \text{ м}}{192 \text{ с}} = 1 \frac{48}{192} = 1,25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

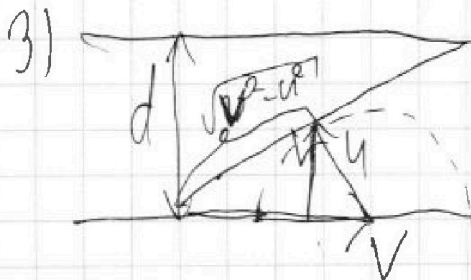
$V_2 = \frac{AB}{T_2} = \frac{250 \text{ м}}{417 \text{ с}}$



В нём 2 стороны равны u , он равнобедрен

опустим высоту; $V_1 - V_2 \cos \alpha = \frac{V_1}{2} + \frac{V_2}{2}$

$\frac{V_1 - V_2}{2 \cos \alpha} = V$; $u = \sqrt{V^2 + V_1^2 - 2V_1 V \cos \alpha}$



Вектор \vec{V} направ-
 лен односторонне. А вектор
 \vec{u} — концы вектора \vec{V}

образует окружность. Мини-

мальный угол будет когда суммарный вектор
 будет касаться окружности.

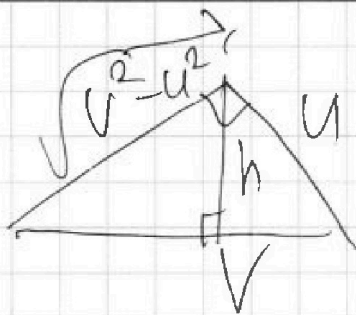
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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 - высота в $\text{пр} \triangle$

$$h = \frac{u \sqrt{V^2 - u^2}}{V}$$

$$T = \frac{d}{h} = \frac{V \cdot d}{u \sqrt{V^2 - u^2}}$$

Либо я ошибаюсь, либо действительно такие
ненулевые значения. Во всяком случае я
не хочу считать злобиком, калькулятора ведь
у меня нет.

$$\text{Ответ: } V_1 = \frac{5}{u} \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad V_2 = \frac{250}{417} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$V = \sqrt{V^2 + V_1^2 - \frac{48}{25} \cdot V_1 V_2}$$

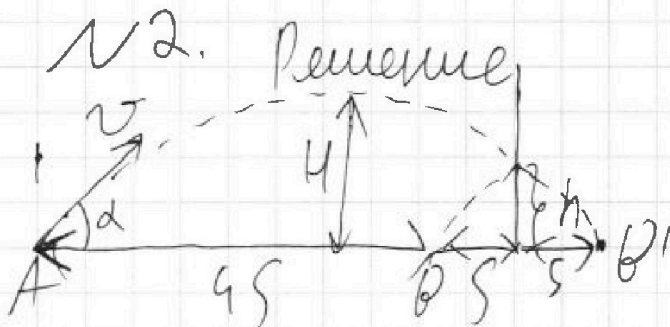
$$\text{, где } V = \frac{V_1 - V_2}{48} \cdot 25$$

$$T = \frac{dV}{u \sqrt{V^2 - u^2}}$$

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:
 $H = 16,2 \text{ м}$
 $u = 2 \text{ м/с}$



$t_1 = ?$, $h = ?$

$d = ?$

пусть угол α и в точке B,

Тогда, из-за симметрии удара, если мысленно симметрично отобразить его траекторию от момента симметричного до B относительно стены, то, дополнив новую траекторию, траекторией от A до удара, где A место броска, получится парабола. Максимальной высотой он достиг в середине, т.е. ~~тогда~~ на расстоянии 35 от A, $35 = 2 \cdot 35 \Rightarrow h \neq H$

v - его начальная скорость, d - угол между v и горизонтом.

$$s = \frac{v^2 \sin 2\alpha \cos \alpha}{3g}$$

$$h = v \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}; \quad t = \frac{s}{v \cos \alpha} = \frac{v \sin \alpha}{3g}$$

$$h = \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{3g} - \frac{g}{2} \cdot \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{9g^2} = \frac{5}{18} \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{g} = \frac{5}{9} \cdot \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$h = \frac{5}{9} H = \frac{5}{9} \cdot 16,2 \text{ м} = 9 \text{ м}; \quad h = 9 \text{ м}.$$

$$2) \quad v \sin \alpha t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = h; \quad v \sin \alpha = \sqrt{2gh}$$

$$gt_1^2 - \sqrt{2gh} t_1 + h = 0; \quad gt_1^2 - 2\sqrt{2gh} t_1 + 2h = 0.$$

$$(\sqrt{g} t_1 - \sqrt{2h})^2 = 0; \quad t_1 = \sqrt{2h}$$

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!



$$gt^2 - 2\sqrt{2gH}t_1 + 2h = 0.$$

$$D_u = 2g(H-h) \quad \sqrt{2gH} \pm \sqrt{2g(H-h)}$$

корней с минусом не соответствует.

$$t_1 = \sqrt{\frac{2H}{g}} \pm \sqrt{\frac{2(H-h)}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 16}{9.8}} \pm \sqrt{\frac{2 \cdot 7.2}{9.8}}$$

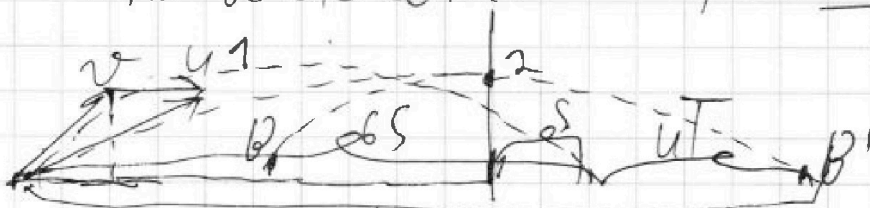
$$t_1 = \sqrt{\frac{16}{20} \cdot 3.24} + \sqrt{1.44} = 1.8 + 1.2 = 3 \text{ с}$$

3) Перепад в 10 ступенек.

T - время, которое мяч за все время совершает весь свой прогон. П.т.к. стенка движется горизонтально, то это время не зависит от места отсчета.

$$T = 2 \frac{v_{\text{max}}}{g} = \frac{2}{g} \sqrt{2gH}$$

$$T = 2 \sqrt{\frac{2H}{g}} = 2 \cdot \sqrt{3.24} = 3.6 \text{ с}$$



$$L = v \cos \alpha T + uT. \quad T = 3.6 \text{ с}$$

$L = v \cos \alpha T + uT$. Мяч приземлится на расстоянии $S + uT$ от стенки. При этом стенка сойдет на uT . То есть от первоначального положения стенки мяч сойдет на $S + 2uT$, а в I случае мяч сойдет на S от стенки. Тогда $d = S + 2uT - S = 2uT$; $d = 2 \cdot 2 \cdot 3.6 = 14.4 \text{ м}$

Ответ: $h = 9 \text{ м}$;
 $d = 14.4 \text{ м}$ $t_1 = 3 \text{ с}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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. Порука QR-кода недопустима!



Дано:

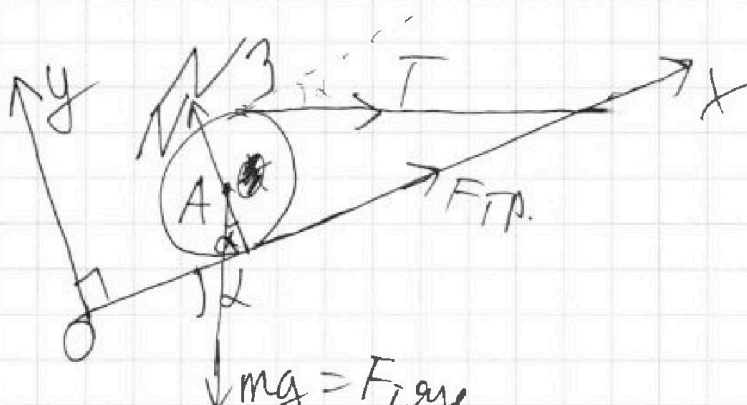
$$m = 9 \text{ кг}$$

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

$T = ?$

$F_{\text{тр}} = ?$

$\mu = ?$



$$mg = F_{\text{тяж}}$$

Всегда от Ox и Oy как на рис.

Т.к. шар в покое $\sum \vec{M} = 0$ сумма моментов на Ox и на Oy равна нулю.

$$Ox: F_{\text{тр}x} + F_{\text{тяж}x} + T_x + N_x = 0 \quad F_{\text{тр}x} = F_{\text{тр}}; F_{\text{тяж}x} = -mg \sin \alpha, T_x = T \cos \alpha; F_{\text{тр}} - mg \sin \alpha + T \cos \alpha = 0$$
$$F_{\text{тр}} + T \cos \alpha = mg \sin \alpha$$

$$Oy: N_y + T_y + F_{\text{тр}y} + F_{\text{тяж}y} = 0; N_y = N, F_{\text{тр}y} = 0.$$
$$T_y = T \sin \alpha, F_{\text{тяж}y} = -mg \cos \alpha;$$
$$N - T \sin \alpha - mg \cos \alpha = 0; N = T \sin \alpha + mg \cos \alpha$$

Также сумма моментов равна 0, заметим правило моментов отн. точки A - центра шара. Т.к. плоскость касается шара, а сила N \perp скорости то N проходит через A, её момент 0, момент $F_{\text{тяж}} = 0$, т.к. $F_{\text{тяж}}$ приложена в точке A. Тогда

$$K: T - F_{\text{тр}} \cdot K = 0 \quad T = F_{\text{тр}}; T + T \cos \alpha = mg \sin \alpha$$
$$T(1 + \cos \alpha) = mg \sin \alpha; \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1; \cos^2 \alpha = 0,64$$
$$\cos \alpha = 0,8 \quad T = mg \cdot 0,6 / 1,8 = \frac{mg}{3} = \frac{90}{3} = 30 \text{ Н}$$

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!

--- $T = F_{\text{тр}} = 10 \text{ Н}$

μ должен быть такой, чтобы $F_{\text{тр}} = 10 \text{ Н}$, при этом сила трения должна быть силой трения покоя. Тогда при минимальном μ , сила тр. покоя станет силой тр. скольжения, то есть $F_{\text{тр}} = \mu N = 10 \text{ Н}$.

$$N = T \sin \alpha + mg \cos \alpha = 10 \text{ Н} \cdot 0,6 + 30 \text{ Н} \cdot 0,8 = 6 \text{ Н} + 24 \text{ Н} = 30 \text{ Н}; \quad 30 \text{ Н} \cdot \mu = 10 \text{ Н}$$

$\mu = \frac{1}{3}$; $\mu \geq \frac{1}{3}$. Про большие μ , N и $F_{\text{тр}}$ знаем, равновесие будет.

Ответ: $T = F_{\text{тр}} = 10 \text{ Н}$
 $\mu \geq \frac{1}{3}$

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:

$$T_0 = 14^\circ\text{C}$$

$$V = 2\text{ л}$$

$$R = 20\ \Omega$$

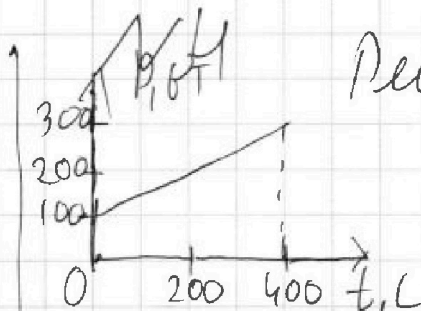
$$I = 5\text{ А}$$

$$T_1 = 25^\circ\text{C}$$

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

$$c = 4200\ \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$$

$P_H = ?$ $T = ?$



Решение

1) По закону Джоуля-Ленца

$$P_H = I^2 R = 25\ \text{А}^2 \cdot 20\ \Omega$$

$$P_H = 500\ \text{Вт}$$

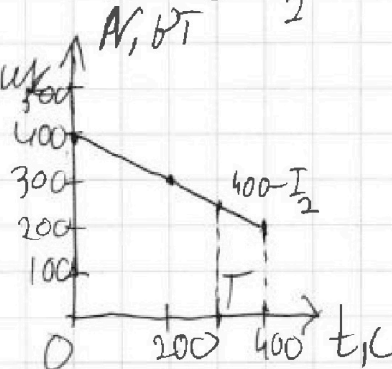
2) Найдем зависимость $P(t)$

по графику: $P(t) = 100\ \text{Вт} + \frac{t}{2} \cdot \frac{400}{200}$

N -мощность, проходящая на нагрев воды.

$$N(t) = P_H - P(t); \quad N(t) = 500 - 100 - \frac{t}{2} =$$

$$= 400\ \text{Вт} - \frac{t}{2} \cdot \frac{400}{200}$$



$$Q = cm\Delta T = c \cdot m \cdot (T_1 - T_0)$$

$$m = V \cdot \rho = 2\ \text{л} \cdot 1000\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 2\ \text{кг}$$

$$Q = 4200 \cdot 2 \cdot 11\ \text{Дж}$$

Площадь под графиком будет равна количеству энергии, переданной воде. Через время T она станет равна $400 + 400 - \frac{T}{2}$, $T = \frac{a+b}{2} \cdot h = Q = 4200 \cdot 2 \cdot 11$

$$\left(400 - \frac{T}{4}\right) T = 4200 \cdot 2 \cdot 11; \quad + \frac{T^2}{4} - 400T + 4200 \cdot 2 \cdot 11 = 0$$

$$\frac{D}{4} = 200^2 - 4200 \cdot 2 \cdot 11 = 40000 - 2100 \cdot 11 = 40000 - 23100 =$$

$$= 16900 = 130^2; \quad T = (200 \pm 130) \cdot 4 = 280\ \text{с} \quad 330 \cdot 4\ \text{с}$$

330 с - много, тогда $T = 280\ \text{с}$ Ответ: $T = 280\ \text{с}$, $P_H = 500\ \text{Вт}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

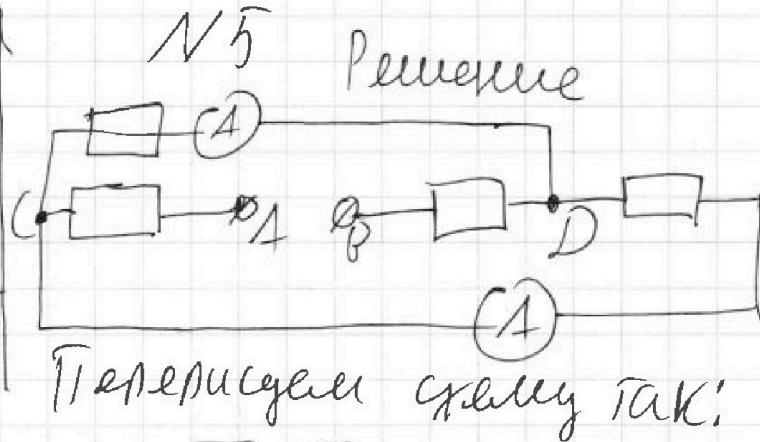
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

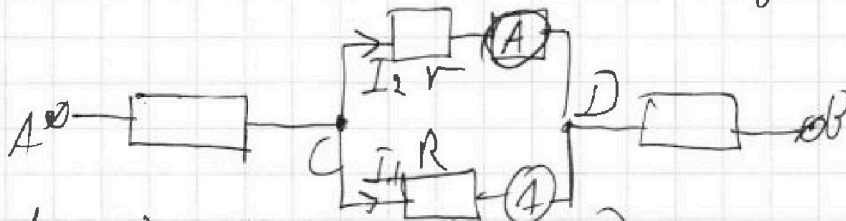
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Дано:
 $r = 20 \Omega$
 $R = 40 \Omega$
 $I_1 = 1 \text{ A}$
 $I_2 = ?$
 $U = ?$



Перерисуем схему так:



Между точками C и D — 2 резистора, если бы их сопротивления были одинаковы, то $I_1 = I_2$, тогда один из них — r , второй — R . Т.к.

$R > r$, то I_1 течёт через R , ведь по правилу Кирхгофа $r I_r = R I_R$; $I_r = \frac{R}{r} I_R$; $I_r > I_R$; $I_R = I_1$; $I_2 = I_r = \frac{R}{r} I_1 = \frac{40}{20} \cdot 1 \text{ A} = 2 \text{ A}$.

Ток через AC = I = ток через DB, по пр. Кирхгофа, $I = I_1 + I_2 = (1 + 2) \text{ A} = 3 \text{ A}$; если $R_{AC} = r$, то $R_{DB} = R$, если $R_{AC} = R$, то $R_{DB} = r$, так или иначе

по пр. Кирхгофа: $U = I \cdot R_{AC} + I \cdot R_{DB} + I_1 R = I (R_{AC} + R_{DB}) + I_1 R = I (R + r) + I_1 R = 3 \text{ A} \cdot 60 \Omega + 1 \text{ A} \cdot 40 \Omega = 220 \text{ В}$

Ответ: $I_2 = 2 \text{ A}$, $U = 220 \text{ В}$

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. Порча QR-кода недопустима!



$$\frac{240}{u_k + V} = 192$$

$$\frac{240}{V - u_k} = 417$$

$$\frac{240}{192} = u_k + V = \frac{80}{64} = \frac{5}{4}$$

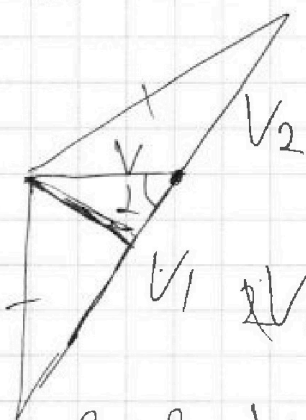
$$\frac{240}{417} = V - u_k$$

$$\frac{417}{27} \begin{array}{r} 3 \\ 139 \end{array}$$

$$\frac{80}{139}$$

$$\frac{5}{4} + \frac{80}{139} = 2V$$

$$\frac{2085}{139} - \frac{250}{139} = V$$



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

$$\frac{V_1 - V_2}{2 \cos \alpha}$$

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

$$u^2$$

$$\frac{\frac{5}{4} - \frac{250}{417}}{48} \cdot 25 = V$$

$$\frac{417 \cdot 5}{1085}$$



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!

