



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

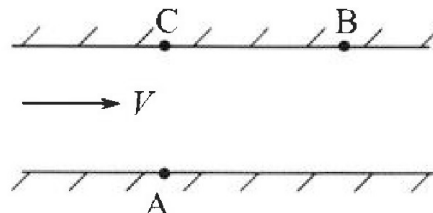
Вариант 09-01

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 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.

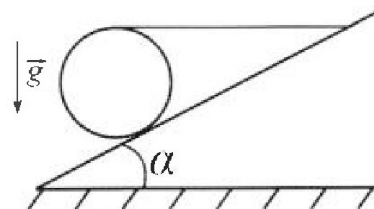
Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Соударения мяча со стенкой абсолютно упругие. Траектории мяча лежат в вертикальной плоскости перпендикулярной стенке.

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

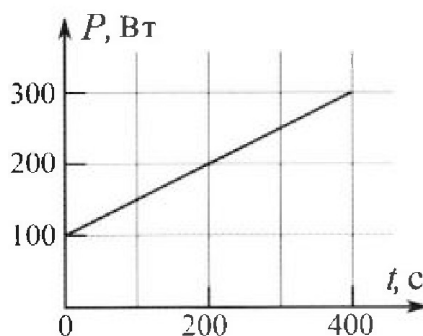
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные
дроби и радикалы.

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 $\tilde{t}_1 = 25^\circ\text{C}$?

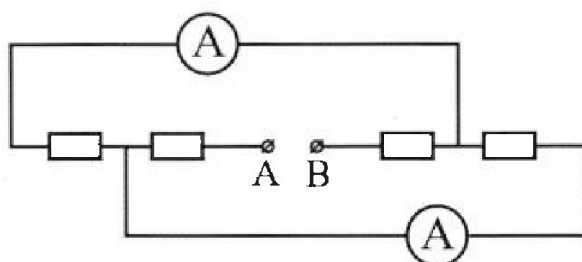
Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³, удельная теплоемкость воды $c = 4200$ Дж/(кг·°C).



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:

$$d = 70 \text{ м}$$

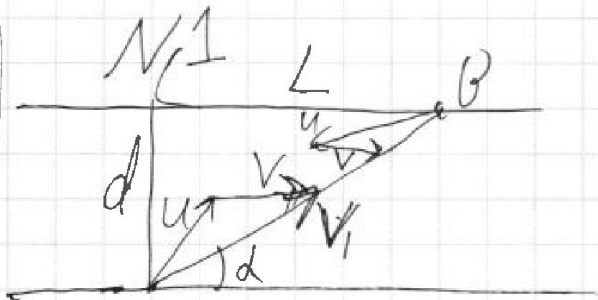
$$L = 240 \text{ м}$$

$$T_1 = 192 \text{ с}$$

$$T_2 = 417 \text{ с}$$

$$V_1, V_2, U - ?$$

$$T - ?$$



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

$$AB = 250 \text{ м}$$

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

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

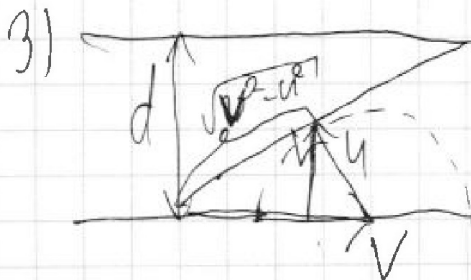
2) $\cos \alpha = \frac{L}{AB} = \frac{24}{25}$. Заменим $\cos$ на $\sin$.

В нём 2 стороны равны U, он равнобедрен

Опущен высоты; $V_1 - V \cos \alpha = \frac{V_1}{2} + \frac{V_2}{2}$

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

$$U = \sqrt{V^2 + V_1^2 - 2V_1V \cos \alpha}$$



Вектор $\vec{V}$ направлен одинаково. А вектор $\vec{U}$ — конца вектора $\vec{V}$

образует окружность. Миним.

мальный угол будет когда суммарный вектор будет касаться окружности.

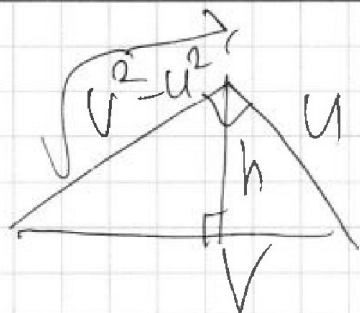
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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 $\text{пр.} \triangle$

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

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

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

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

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

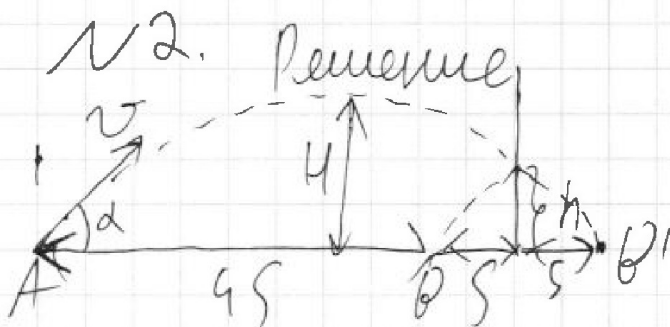
$$\text{где } V = \frac{V_1 - V_2 \cdot 25}{48}$$

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

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



Решение
пусть угол от точки B,

тогда, из-за симметрии удара, если мысленно симметрично отобразить его траекторию от момента столкновения до B относительно стены, то, дополнив новую траекторию, траекторией от A до удара, где A место броска, получится парабола. Максимальной высоты от доски в середине, т.е. ~~тоже~~ на расстоянии $3S$ от A, $3S \Rightarrow h \neq 1$,

u - его начальная скорость, α - угол между u и горизонтом.

$$u = \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{2g}; 3S = \frac{v^2 \sin 2\alpha}{g}, v \cos \alpha$$

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

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

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

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ

$$gt_1^2 - 2\sqrt{2gH}t_1 + 2h = 0.$$

$$D_u = 2g(H-h)$$

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

корень с минусом не соответствует.

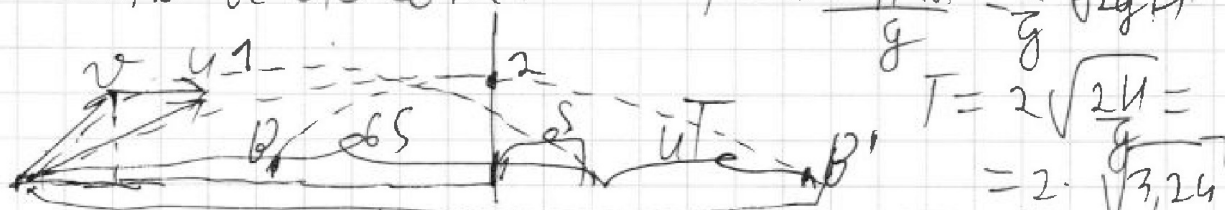
$$t_1 = \sqrt{\frac{2H}{g}} \pm \sqrt{\frac{2(H-h)}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 16}{9.8}} \pm \sqrt{\frac{2 \cdot 7.2}{9.8}}$$

$$t_1 = \sqrt{\frac{16}{20}} \pm \sqrt{\frac{7.2}{10}} = 1.8 + 1.2 = 3 \text{ с}$$

3) Перейдем в СО стенки.

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

$$T = 2\sqrt{\frac{2H}{g}} = \frac{2}{g} \sqrt{2gH}$$



$$T = 2\sqrt{\frac{2H}{g}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 16}{9.8}} = 3.6 \text{ с}$$

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

$L = 6.5 + uT$. Мяч приземлится на расстоянии $6.5 + uT$ от стенки. При этом стенка сойдет на uT . То есть от первоначального положения стенки мяч сойдет на $6.5 + 2uT$, а в I случае мяч сойдет на 6.5 от стенки. Тогда $d = 6.5 + 2uT - 6.5 = 2uT$; $d = 2 \cdot 2 \cdot 3.6 = 14.4 \text{ м}$

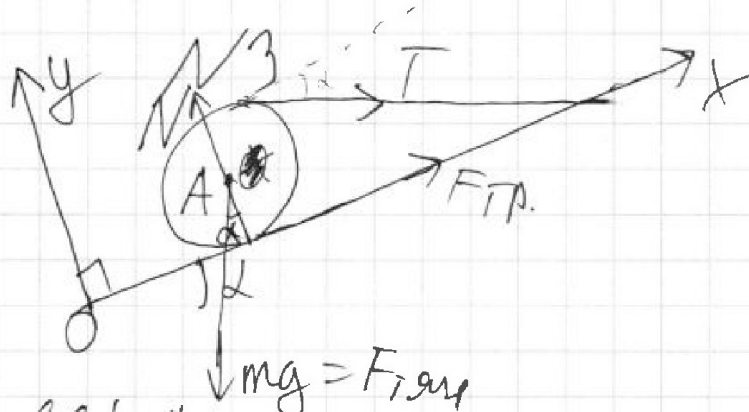
Ответ: $h = 9 \text{ м}$;
 $d = 14.4 \text{ м}$ $t_1 = 3 \text{ с}$

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:
 $m = 2 \text{ кг}$
 $\sin \alpha = 0,6$

$T = ?$
 $F_{\text{тр}} = ?$
 $N = ?$



всегда оси Ox и Oy как на рис.

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

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

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

$$Oy: N_y + T_y + F_{\text{тр}y} + F_{\text{тян}y} = 0; N_y = N, F_{\text{тр}y} = 0.$$

$$T_y = T \sin \alpha, F_{\text{тян}y} = -mg \cos \alpha;$$

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

Так же сумма моментов равна 0, запишем правило моментов отн. точки A - центра шара.

Т.к. плоскость касается шара, а сила N $\perp$ плоскости, то N проходит через A , её момент 0, момент $F_{\text{тян}} = 0$, т.к. $F_{\text{тян}}$ приложена в точке A . Тогда

$$K: T - F_{\text{тр}} \cdot K = 0 \quad T = F_{\text{тр}}; T + T \cos \alpha = mg \sin \alpha$$

$$T(1 + \cos \alpha) = mg \sin \alpha; \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1; \cos^2 \alpha = 0,64$$

$$\cos \alpha = 0,8 \quad T = mg \cdot 0,6 / 1,8 = \frac{mg}{3} = \frac{20}{3} = 6,67 \text{ Н}$$



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 минималь-
ном μ , сила тр. покоя станет силой тр.
скольжения, то есть $F_{\text{тр}} = \mu M = 10 \text{ Н}$.

$$N = T \sin 2 + mg \cos 2 = 10 \text{ Н} \cdot 0,6 + 30 \text{ Н} \cdot 0,8 = \\ = 6 \text{ Н} + 24 \text{ Н} = 30 \text{ Н}; \quad 30 \text{ Н} \cdot \mu = 10 \text{ Н}$$

$\mu = \frac{1}{3}$; $\mu \geq \frac{1}{3}$. При больших μ , N и $F_{\text{тр}}$,
значит, 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:

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

$$V = 2\text{ л}$$

$$R = 20\ \Omega$$

$$I = 5\text{ А}$$

$$T_1 = 15^\circ\text{C}$$

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

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

$$P_H = ? \quad T = ?$$

Решение

1) По закону

Джоуля-Ленца

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

$$P_H = 500\text{ Вт}$$

2) Найдём зависимость $P(t)$

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

N -мощность, проходящая на нагрев воды.

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

$$= 400\text{ Вт} - \frac{t}{2} \frac{\text{Вт}}{\text{с}}. \text{ Картинам график}$$

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

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

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

Площадь под графиком будет равна

нагреваемой энергии. Через время T она станет

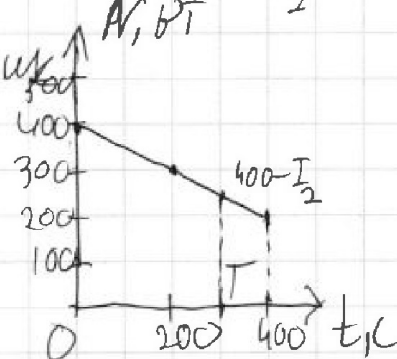
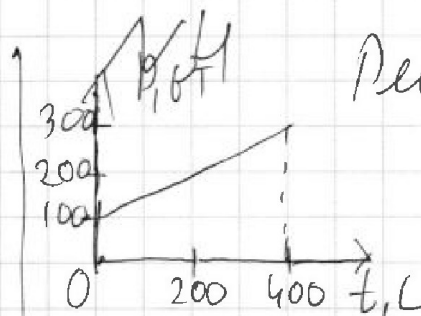
$$\text{равна } 400 + 400 - \frac{T}{2}, T = \frac{a+b}{2} \cdot h = Q = 4200 \cdot 2 \cdot 11$$

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

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

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

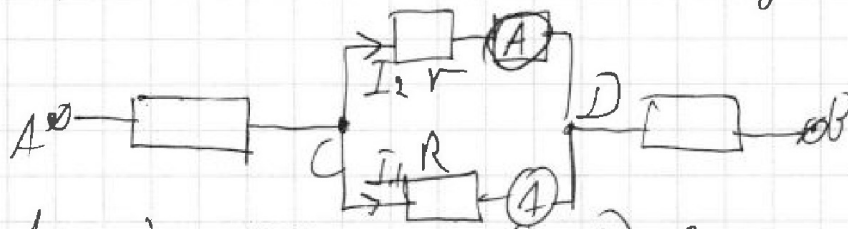
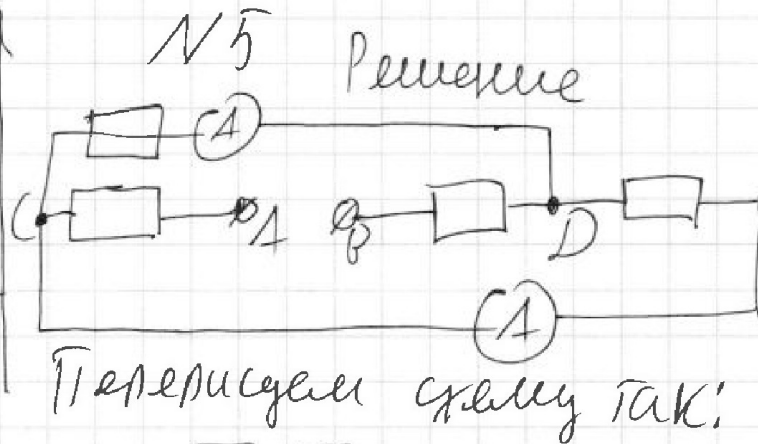
$$330 \cdot 4\text{ - много, тогда } T = 280\text{ с} \quad \text{Ответ: } T = 280\text{ с}, P_H = 500\text{ Вт}$$



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!

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



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 прави-
лу 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
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

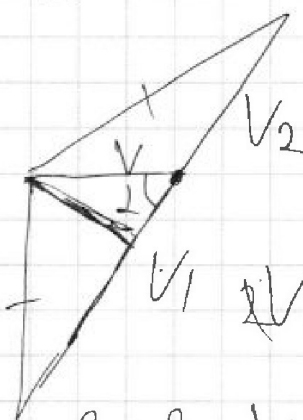
МФТИ

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



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

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



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

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

$$\frac{417}{19} = 21 \text{ R } 139$$

$$\frac{5}{9} + \frac{80}{139} = 2V$$

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

$$\frac{417}{19} = 21 \text{ R } 139$$

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

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

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

$$u^2$$

$$\frac{5}{9} - \frac{250}{417} \cdot 25 = V$$

$$1085$$

$$\frac{2085}{139} = 15$$



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

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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

