



**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023**

Вариант 09-01

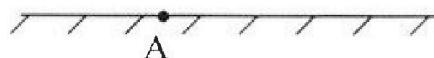
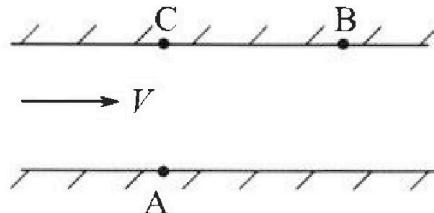


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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 отчета в первом и втором заплывах.
- 2) Найдите скорость U пловца в подвижной системе отсчета, связанной с водой.
- 3) В третьем заплыве пловец стартует из точки А и движется так, что снос минимальный.

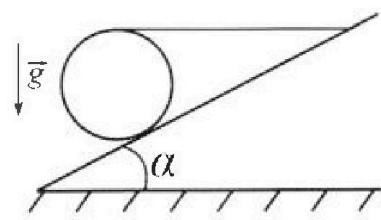
2. Футболист на тренировке наносит удары по мячу, лежащему на горизонтальной площадке и направляет мяч к вертикальной стенке. После абсолютно упрогого соударения со стенкой мяч падает на площадку. Наибольшая высота, на которой находится мяч в полете, $H = 16,2$ м. Расстояние от точки старта до стенки 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 покоятся, 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_{TP} 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.



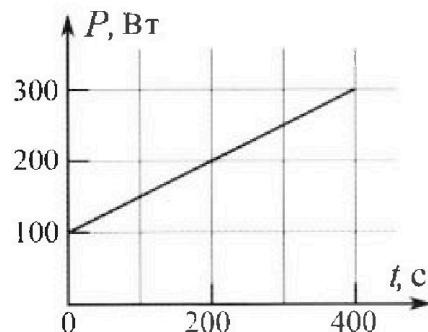
4. Воду нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $\tilde{t}_0 = 14^{\circ}\text{C}$, объем воды $V = 2 \text{ л}$. Сопротивление спирали электроплитки $R = 20 \Omega$, сила тока в спирали $I = 5 \text{ A}$.

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

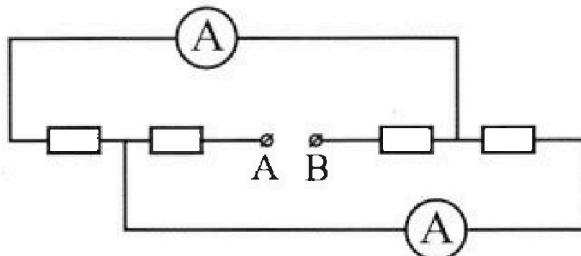


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 20Ω , у двух других сопротивление по 40Ω . Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

После подключения к клеммам А и В источника постоянного напряжения показания амперметров оказались различными. Меньшее показание $I_1 = 1 \text{ A}$.

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:

- | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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!

Дано:

$$d = 70 \text{ м}$$

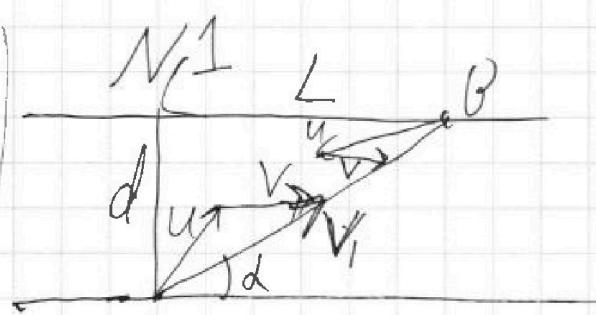
$$L = 240 \text{ м}$$

$$T_1 = 192 \text{ с}$$

$$T_2 = 417 \text{ с}$$

$V_1, V_2, U?$

$T?$



$$\begin{array}{r} 39 \\ \times 24 \\ \hline 196 \\ 48 \\ \hline 625 \end{array}$$

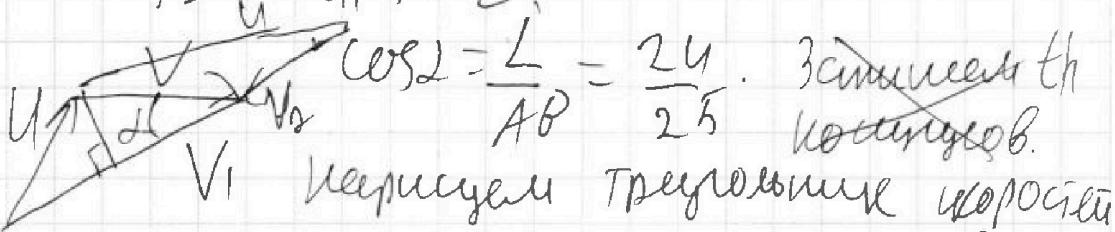
$$AB = \sqrt{d^2 + L^2} = \sqrt{70^2 + 240^2} = 10\sqrt{49 + 24^2}$$

$$AB = 250 \text{ м}$$

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

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

2)



$$\cos \alpha = \frac{L}{AB} = \frac{24}{25} \quad \text{Задача решена}$$

нарисуем треугольник и в нём 2 стороны равны U , он равнобед.

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

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

3)



Вектор \vec{V} направ-
лен одинаково. А вектор
 \vec{U} конца 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

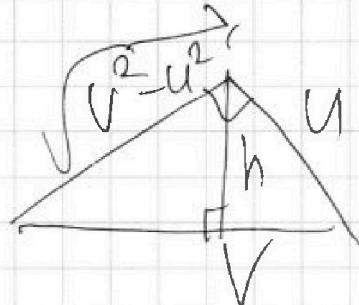
5

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 м/с

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

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

Мб я ошибся, мб действителью такие
получилые значения. Но в таком случае я
не хочу считать чобеком, какъ иульюра бед
у меня нет.

$$\text{Убий: } V_1 = \frac{5}{a} \text{ м/с} \quad V_2 = \frac{250}{417} \text{ м/с}$$

$$V = \sqrt{V^2 + V_1^2 - \frac{u^2}{4f} \cdot V_1 V_2},$$

$$\text{так } V = \frac{V_1 - V_2}{\frac{u^2}{4f}} \cdot 25.$$

$$T = \frac{d}{\frac{u \sqrt{V^2 - u^2}}{4f}}$$



- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

Дано:

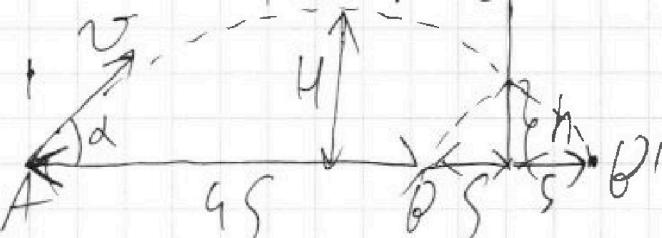
$$H = 16,2 \text{ м}$$

$$U = 2 \text{ м/c}$$

$$t_1=? \quad h=?$$

$$d=?$$

N2. Решение



пусть упал он в точке B,

тогда, из-за упругости удара, если мысленно импульсно отобразить его траекторию маленька сжавшим, до B отшлифовано стекло, то, дополнить новую траекторию, траекторией от A до удара, где A место броска, получится парабола. максимум высоты он достиг в середине, т.е. ~~точке~~ на расстоянии 3S от A, а это $3S \Rightarrow h \neq H$.

V - это начальная скорость, d - это время полета

$$U = \frac{V^2 \sin^2 \alpha}{g}; 3S = \frac{V^2 \sin \alpha}{g} \cdot d$$

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

$$h = \frac{V^2 \sin^2 \alpha}{7} - \frac{g}{2} \cdot \frac{V^2 \sin^2 \alpha}{9g} = \frac{5}{18} \frac{V^2 \sin^2 \alpha}{g} = \frac{5}{9} \cdot \frac{V^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$h = \frac{5}{9} H = \frac{5}{9} \cdot 16,2 \text{ м} = 9 \text{ м}; h = g t_1; t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <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!

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

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

на скользят с минусом не соотвествует.

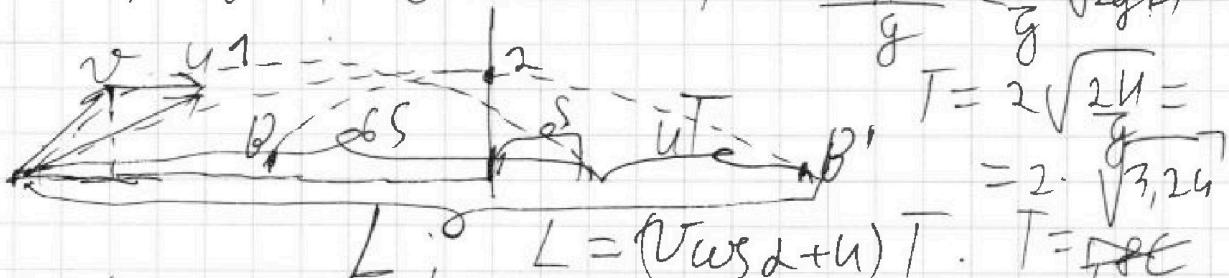
$$t_1 = \sqrt{\frac{2H}{g}} \pm \sqrt{\frac{2(H-h)}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 16}{g}} + \sqrt{\frac{2 \cdot 7,2}{g}}$$

$$t_1 = \sqrt{\frac{3,2}{g}} + \sqrt{1,44} = 1,8 + 1,2 = 3 \text{ с}$$

3) Перейдем в CO стекло.

T-время, которое не за него надо совершать весь свой путь. К Р.К. Стекло движется горизонтально, то это время не зависит от начальной скорости.

$$T = 2 \sqrt{\frac{S_{\text{стекла}}}{g}} = 2 \sqrt{\frac{2H}{g}}$$



$L = \sqrt{S^2 + H^2}$. Мяч проходит на расстоянии $S+H$ от стекла. При этом стекло движется на H . То есть от первоначального положения стекло мяч движется на $S+2H$, а мяч скользит на S от стекла. Тогда $d = S+2H - S = 2H$; $d = 2 \cdot 2 \cdot 3,6 = 14,4 \text{ м}$

$$\text{Где } H = 9 \text{ м}; \\ d = 14,4 \text{ м}; t_1 = 3 \text{ с}$$

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



Дано:

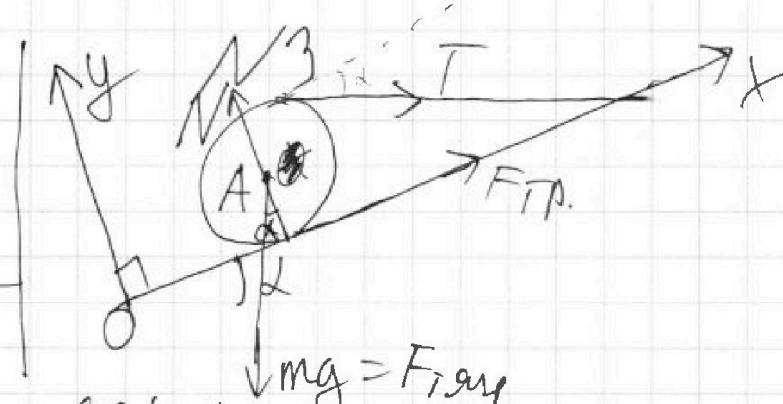
$M = 3 \text{ кг}$

$\sin \alpha = 0,6$

$T - ?$

$F_{\text{тр}} - ?$

$\mu - ?$



$mg = F_{\text{норм}}$

блесгъм оси ОХ и ОУ как на рис.

т.к. шар в точке Т съмна преминат
на ОХ и на ОУ равна нол.

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

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

Так като сума момента равна 0, замени
правило момента ОГИ. Точки А - център шара.т.к. плоскостът касае място шара, а аша \vec{N} (плоскостът
тъг \vec{N} преминава чрез А, ѝ момент 0, момент
 $F_{\text{норм}} = 0$, т.к. $F_{\text{норм}}$ преминава в точка А. Тога

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

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

$\cos \alpha = 0,8 \quad T = mg \cdot 0,6 / 0,8 = \frac{mg}{0,8} = \frac{90}{0,8} = 10 \text{ Н}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <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!

$$T = F_{\text{тр}} = 10 \text{ Н.}$$

М должно быть такой, что бы $F_{\text{тр}} = 10 \text{ Н.}$,
при этом тело первого должна быть
шестой телом и т.д. Тогда при минималь-
ном M , числа T . Покоя станет шестой пр.
скольжения, то есть $F_{\text{тр}} = N_M = 10 \text{ Н.}$

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

$M = \frac{1}{3}$; $M \geq \frac{1}{3}$. При больших M , $N_M > F_{\text{тр}}$,
значит, равновесие будет.

$$\text{Ответ: } T = F_{\text{тр}} = 10 \text{ Н}$$

$$M \geq \frac{1}{3}$$

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!

Дано:

$$T_0 = 14^\circ C$$

$$V = 2A$$

$$R = 20 \Omega$$

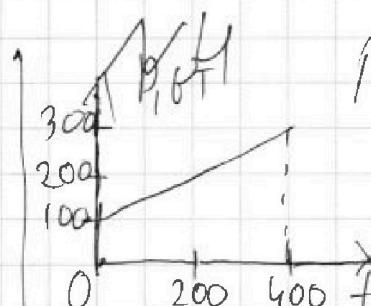
$$I = 5A$$

$$T_1 = 15^\circ C$$

$$P = 1000 \frac{W}{m^2}$$

$$C = 4200 \frac{J}{m^2 \cdot K}$$

$$P_H? T?$$



Решение

1) По закону
Джоуля-Ленца
 $P_H = I^2 R = 25 A^2 \cdot 20 \Omega$

$$P_H = 500 W.$$

2) Найдём зависимость $P(t)$

по формуле: $P(t) = 1000t + \frac{t}{2} \cdot \frac{b^2}{C}$.

Нашли количество тепла, выделяемое на нагрев воды.

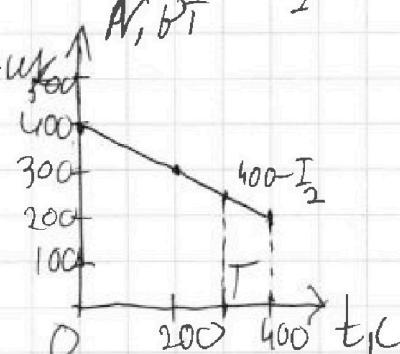
$$N = P_H - P(t); N(t) = 500 - 100 - \frac{t}{2} =$$

$$= 400 W - \frac{t}{2} \frac{W}{s}. \text{ Картина графика}$$

$$Q = C m \Delta t = C \cdot m \cdot (T_1 - T_0)$$

$$m = V \cdot \rho = 2A \cdot 1000 \frac{kg}{m^3} = 2 kg.$$

$$Q = 4200 \cdot 2 \cdot 11 J$$



Площадь под графиком будет равна полученной энергии. Через время T она будет равна $\frac{400 + 100 - \frac{T}{2}}{2}$, $T = \frac{a+b}{2} \cdot h = Q = 4200 \cdot 2 \cdot 11$

$$(400 - \frac{T}{2}) T = 4200 \cdot 2 \cdot 11 + \frac{T^2}{2} - 400 T + 200 \cdot 11 = 0$$

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

$$= 16900 = 130^2 \cdot \frac{D}{4}$$

$$130 \cdot 4 - 1300, 1020 \cdot T = 280 \text{ c} \quad \text{Ответ: } T = 280 \text{ C; } P_H = 500 W$$

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

Дано:

$$r = 20 \Omega$$

$$R = 40 \Omega$$

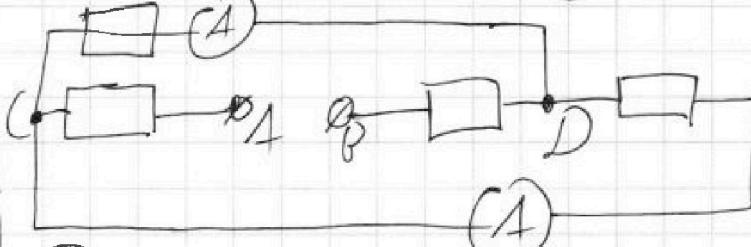
$$I_1 = 1 A$$

$$I_2 - ?$$

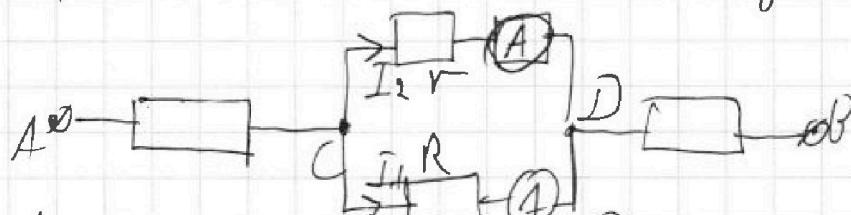
$$U - ?$$

N5

Решение



Приделим 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 - $\frac{R}{2}$. Т.к.

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

т.к. через $AC = I$ = ток через DB , но при Кирхгофе, $I = I_1 + I_2 = (1+2) A = 3 A$; если $R_{AC} = r$, то $R_{DB} = R$, если $R_{AC} = R$, то $R_{DB} = r$, так и не учли же мы при Кирхгофе: $U = I \cdot R_{AC} + I \cdot R_{DB} + I_1 \cdot R = I (R_{AC} + R_{DB}) + I_1 \cdot R = I (R+r) + I_1 \cdot R = 3A \cdot 60 \Omega + 1A \cdot 40 \Omega = 220 V$

Ответ: $I_2 = 2 A$, $U = 220 V$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

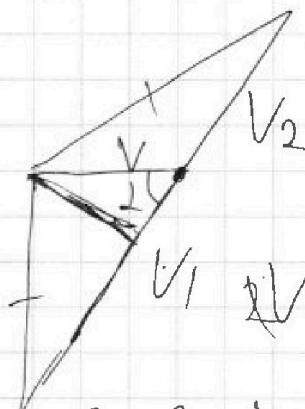
МФТИ



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

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

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



$$\frac{240}{U_x + V} = u_x + V = \frac{80}{64} = \frac{5}{4}$$

$$\frac{240}{V - U_x} = V - U_x$$

$$\frac{80}{139} = \frac{4}{139}$$

$$2V_1 - 2V \cos \gamma = U_x + V_2$$

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

$$V^2 + V_1^2 - 2V V_1 \cos \gamma$$

$$U_x^2 + V^2 - 2V U_x \cos \gamma = V^2$$

$$1085$$

$$1085$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

6

7

МФТИ

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