

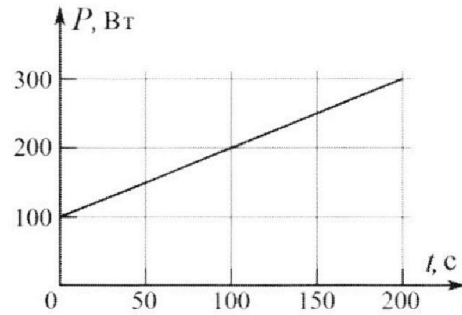
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

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.

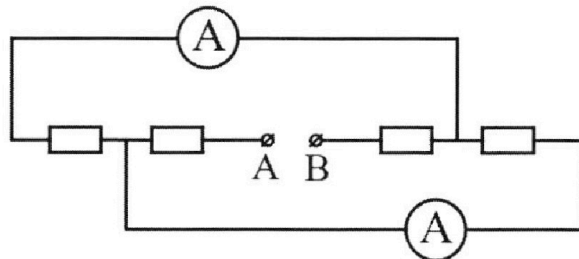
Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³, удельная теплоемкость воды $c = 4200$ Дж/(кг·°С).

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. 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

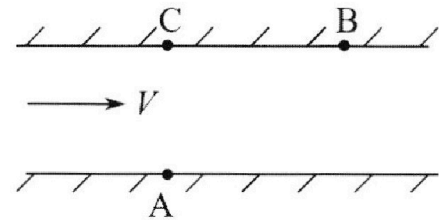
Вариант 09-02

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.

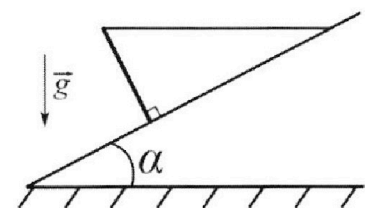
- 1) Найдите наибольшую высоту H , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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.

- 1 2 3 4 5 6 7

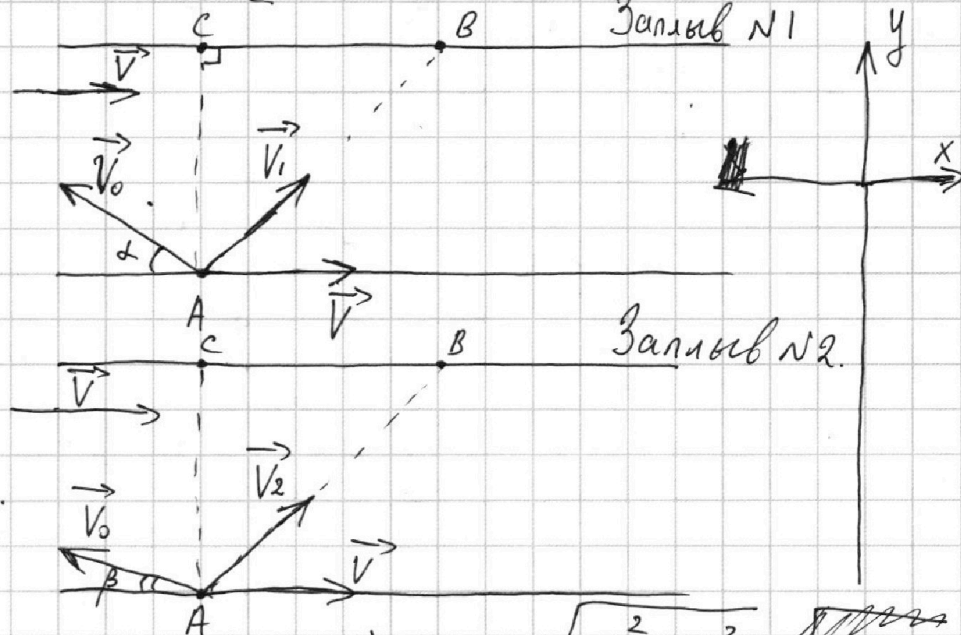
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Дано:

$AC = d = 50 \text{ м}$
 $CB = L = 120 \text{ м}$
 $T_1 = 100 \text{ с}$
 $T_2 = 240 \text{ с}$

Найти:
 1) $V_1 = ?$
 $V_2 = ?$
 2) $V = ?$

Решение



V_0 - скорость течения отк. реки.
 α - угол между V_0 и берегом см. рис. Залив N1.
 β - угол между V_0 и берегом см. рис. Залив N2.

S - перемещение течения отк. лод. с.о.

$1) AB = \sqrt{AC^2 + CB^2}$
 $S = \sqrt{d^2 + L^2}$
 $V_1 = \frac{S}{T_1} = \frac{\sqrt{d^2 + L^2}}{T_1}$
 $V_2 = \frac{S}{T_2} = \frac{\sqrt{d^2 + L^2}}{T_2}$

$(S = AB)$
 $V_1 = \frac{\sqrt{130^2 \text{ м}^2}}{100 \text{ с}} = 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $V_2 = \frac{\sqrt{130^2 \text{ м}^2}}{240 \text{ с}} = \frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$oy: V_0 \sin \alpha = \frac{d}{T_1}, \sin^2 \alpha = \left(\frac{d}{V_0 T_1}\right)^2$
 $oy: V_0 \sin \beta = \frac{d}{T_2}, \sin^2 \beta = \left(\frac{d}{V_0 T_2}\right)^2$
 $\cos^2 \alpha = 1 - \left(\frac{d}{V_0 T_1}\right)^2, \cos^2 \beta = 1 - \left(\frac{d}{V_0 T_2}\right)^2$

$V_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{d^2}{V_0^2 T_1^2}} = V - \frac{L}{T_1}, V_0^2 - \frac{d^2}{T_1^2} = \left(V - \frac{L}{T_1}\right)^2$
 $V_0 = V - \frac{2VL}{T_1} + \frac{L^2 + d^2}{T_1^2}$
 $V_0 = V - \frac{2VL}{T_2} + \frac{L^2 + d^2}{T_2^2}$
 $2VL \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right) = \frac{L^2 + d^2}{T_1^2} - \frac{L^2 + d^2}{T_2^2}$

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

Продолжение решения. (лист 2)

$$V = \frac{L^2 + d^2}{T_1^2} - \frac{L^2 + d^2}{T_2^2} = \frac{(L^2 + d^2)(T_2^2 - T_1^2)}{2L \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \cdot T_1^2 T_2^2} =$$
$$= \frac{(L^2 + d^2)(T_2 - T_1)(T_2 + T_1)}{2L (T_2 - T_1) T_1 \cdot T_2} = \frac{(L^2 + d^2)(T_1 + T_2)}{2L \cdot T_1 \cdot T_2}$$

$$V = \frac{16900 \text{ м}^2 (100 \text{ с} + 240 \text{ с})}{2 \cdot 120 \text{ м} \cdot 100 \text{ с} \cdot 240 \text{ с}} = \frac{2873}{2880} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $V_1 = 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ $V_2 = \frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}}$ $V = \frac{2873}{2880} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

лист 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
 $T = 17,3 \text{ Н}$

$\alpha = 30^\circ$

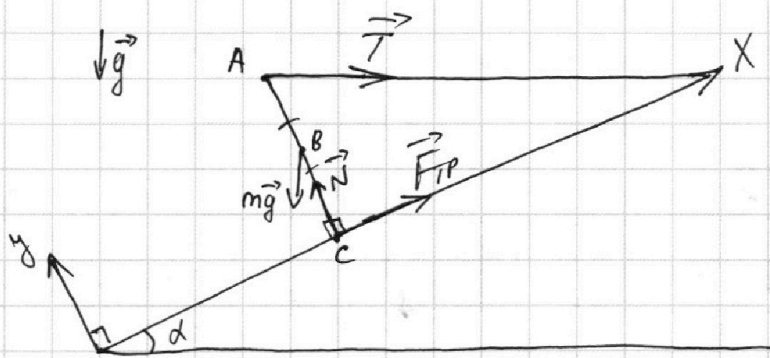
Найти:

1) $m = ?$

2) $F_{\text{тр}} = ?$

3) $\mu = ?$

Решение



(-) В - центр масс (вершина) ($AB = BC = d$)

$$1) 2 \cdot \vec{T} \cdot \vec{d} + m \vec{g} \cdot \vec{d} = 0 \quad \text{отн. } (-) C$$

$$T \cdot 2 \cdot d \cdot \cos \alpha = m \cdot d \cdot g \cdot \sin \alpha$$

$$m = \frac{T \cdot 2 \cdot d \cdot \cos \alpha}{d \cdot g \cdot \sin \alpha} = \frac{2 T \cos \alpha}{g \sin \alpha}$$

$$m = \frac{2 \cdot 17,3 \text{ Н} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{1}{2}} = 3,46 \sqrt{3} \text{ м}$$

$$2) \vec{T} \cdot \vec{d} + \vec{d} \cdot \vec{F}_{\text{тр}} = 0 \quad \text{отн. } (-) B.$$

$$T \cdot d \cdot \cos \alpha = d \cdot F_{\text{тр}} \quad F_{\text{тр}} = T \cdot \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = 17,3 \text{ Н} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{173 \sqrt{3}}{20} \text{ Н}$$

$$3) \text{ ОУН: } m \vec{g} + \vec{T} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N} = 0$$

$$F_{\text{тр}} = N \mu$$

$$\text{оу: } N = m g \cos \alpha + T \sin \alpha$$

$$(m g \cos \alpha + T \sin \alpha) \mu = T \cos \alpha$$

$$\mu = \frac{2 T \cos \alpha \cdot g \cdot \cos \alpha + T \sin \alpha}{g \sin \alpha}$$

$$= \frac{T \cos \alpha}{T (\cos^2 \alpha + 1)} = \frac{\sin \alpha \cdot \cos \alpha}{1 + \cos^2 \alpha} \quad \mu = \frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{1 + \frac{3}{4}} = \frac{\sqrt{3}}{7}$$

Ответ: $m = 3,46 \sqrt{3} \text{ м}$ $F_{\text{тр}} = \frac{173 \sqrt{3}}{20} \text{ Н}$ $\mu = \frac{\sqrt{3}}{7}$ ответ 5

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!

Продолжение решения (лист 2)

$$T_1 = \frac{400 \cdot 180 - 180 \cdot 280 + 4200 \cdot 16}{4200} \text{ } ^\circ\text{C} =$$

$$= \frac{120 \cdot 180 + 420 \cdot 160}{4200} \text{ } ^\circ\text{C} = \frac{12 \cdot 18 + 42 \cdot 16}{42} \text{ } ^\circ\text{C} =$$

$$= \frac{216 + 672}{42} \text{ } ^\circ\text{C} = \frac{888}{42} \text{ } ^\circ\text{C} = 21 \frac{1}{7} \text{ } ^\circ\text{C}$$

~~Ответ: $P_H = 400 \text{ Вт}$ $T_1 = 21 \frac{1}{3} \text{ } ^\circ\text{C}$~~

$$= \frac{888}{42} \text{ } ^\circ\text{C} = 21 \frac{6}{42} \text{ } ^\circ\text{C} = 21 \frac{1}{7} \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ответ: $P_H = 400 \text{ Вт}$ $T_1 = 21 \frac{1}{7} \text{ } ^\circ\text{C}$

лист 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
<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

$$V = 1\text{л} = 0,001\text{м}^3$$

$$T_0 = 16^\circ\text{C}$$

$$R = 25(\text{Ом})$$

$$U = 100\text{В}$$

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

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

$$T = 180^\circ\text{C}$$

$$1) P_H = ?$$

$$2) T_1 = ?$$

$$1) P_H = \frac{U^2}{R}, P_H = \frac{100^2\text{В}^2}{25(\text{Ом})} = 400\text{Вт}$$

$$2) Q_1 = Q_2 = Q_3$$

Q_1 - кол-во теплоты на нагрев
получила вода

Q_2 - кол-во теплоты отдала
эл.плита

Q_3 - кол-во теплоты потеря.

$$Q_1 = c \cdot m \cdot (T_1 - T_0) \quad Q_2 = P_H \cdot T$$

$Q_3 = P \cdot T$. По графику можно опр., что

~~$$P = \frac{300\text{Вт}}{200\text{с}}$$~~

~~$$P = \frac{3}{2} T \frac{\text{Вт}}{^\circ\text{C}}$$~~

~~$$P = T + 100$$~~
(численно)

~~$$(T + 100)T$$~~

m - масса воды.

$$m = \rho V$$

~~$$c \cdot \rho \cdot V \cdot T_1 - c \cdot \rho \cdot V \cdot T_0 = \frac{U^2}{R} \cdot T - \frac{3}{2} T^2$$~~

~~$$T_1 = \frac{U^2}{R} \cdot T - \frac{3}{2} T^2 \frac{\text{Вт}}{^\circ\text{C}} + c \cdot \rho \cdot V \cdot T_0$$~~

~~$$T_1 = \frac{100^2\text{В}^2}{250(\text{Ом})} \cdot 180^\circ\text{C} - \frac{3}{2} \cdot 180^2 \cdot \frac{\text{Вт}}{^\circ\text{C}} + 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$$~~

~~$$\cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,001\text{м}^3 \cdot 16^\circ\text{C} = 67500$$~~

~~$$T_1 = \frac{U^2 T}{R} - \frac{3}{2} T^2 \frac{\text{Вт}}{^\circ\text{C}} + c \rho V \cdot T_0$$~~

Ответ №6

~~$$T_1 = \frac{25800}{4200} = 6 \frac{6}{42} = 6 \frac{1}{7}^\circ\text{C}$$~~

~~Ответ $P_H = 400\text{Вт}$ $T_1 = 6 \frac{1}{7}$~~

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!

Дано

$$R = 60 \text{ (Ом)}$$

$$r = 30 \text{ (Ом)}$$

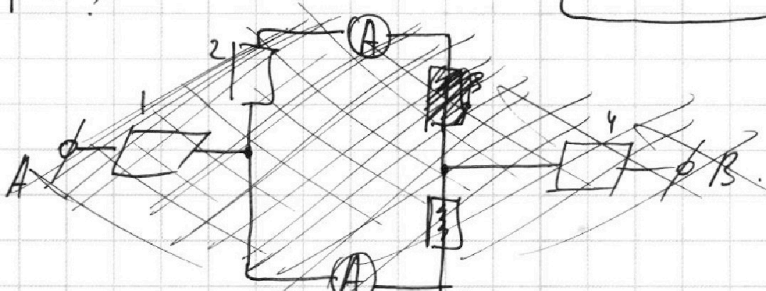
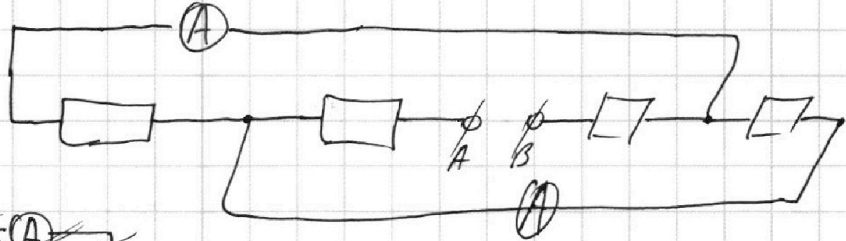
$$I_1 = 2 \text{ А, } I_1 > I_2$$

а найти:

1) $I_2 = ?$

2) $P = ?$

Решение.



Обозначим резисторы как на рис. слева.

Обозначим Амперметры как на рис. слева. Пусть Амперметр 1, показывает I_1 , а 2 I_2 .

~~резисторов 2 и 4 совм.~~
 U_{cd} напря между (-)-ами C, D.

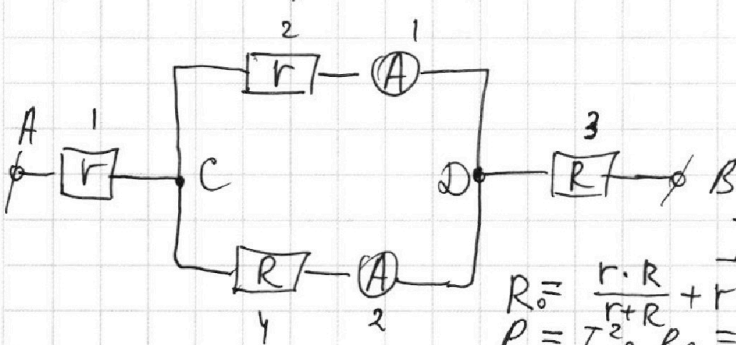
$$U_{cd} = R_2 \cdot I_1$$

$$U_{cd} = R_4 \cdot I_2 \Rightarrow R_2 I_1 = R_4 I_2 \Rightarrow R_2 < R_4 \Rightarrow R_2 = r, R_4 = R$$

(т.к. соединение параллельное на уз. CD).

Может обозначить, что $R_1 = r$ и $R_3 = R$ или $R_3 = r$ и $R_1 = R$. Пусть

Пусть $R_1 = r, R_3 = R$. (не имеет значения какой резистор 1 или 3 имеет сопр. r или R)



$$I_2 = \frac{r \cdot I_1}{R}$$

$$I_2 = \frac{30 \text{ (Ом)} \cdot 2 \text{ А}}{60 \text{ (Ом)}} = 1 \text{ А}$$

$$I = I_1 + I_2, I - \text{одн. сила тока.}$$

$$R_0 = \frac{r \cdot R}{r+R} + r + R$$

$$P = I^2 \cdot R_0 = (I_1 + I_2)^2 \left(r + R + \frac{r \cdot R}{r+R} \right)$$

$$P = 990 \text{ Вт}$$

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

Лист 4

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

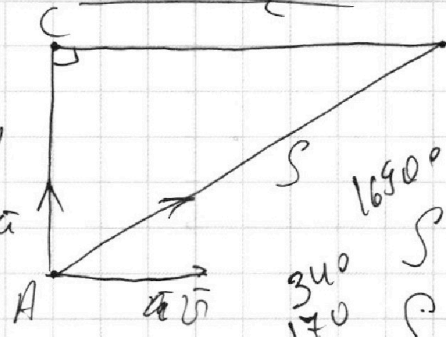
$d = 50 \text{ м}$

$L = 120 \text{ м}$

$T_1 = 100 \text{ с}$

$T_2 = 240 \text{ с}$

Черновик!



$180 + 54 = 234$
 $2u\phi$

$1 - \frac{d^2}{v_0^2 T_1^2}$

$S = v_1 T_1$, $v_0^2 T_1^2 - d^2$

$S = v_2 T_2$, $\frac{T_2 - T_1}{T_1 T_2}$

1) $v_1 = \frac{S}{T_1} = \frac{\sqrt{L^2 + d^2}}{T_1} = v_0 \cos \alpha$

2) $v = \frac{169\phi\phi \cdot 17\phi}{120 \cdot 100 \cdot 240}$

$v = v_0 \cos \alpha$

$v_0 \cos \alpha = \frac{L}{T_1}$

$v_0 \cos \beta = \frac{L}{T_2}$

$\frac{d}{T_1} = v_0 \sin \alpha$

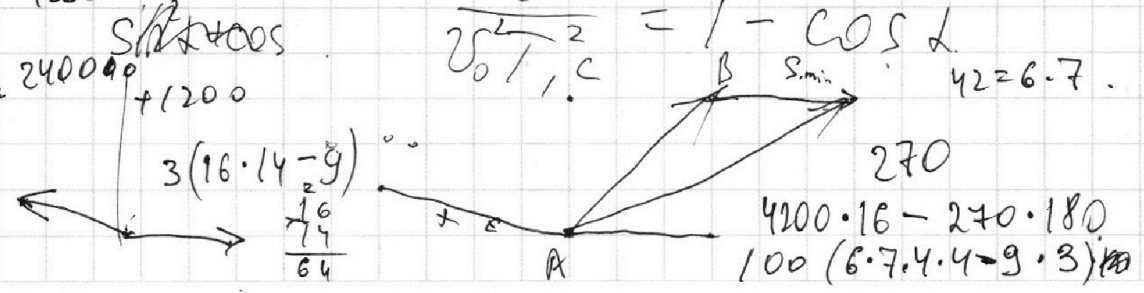
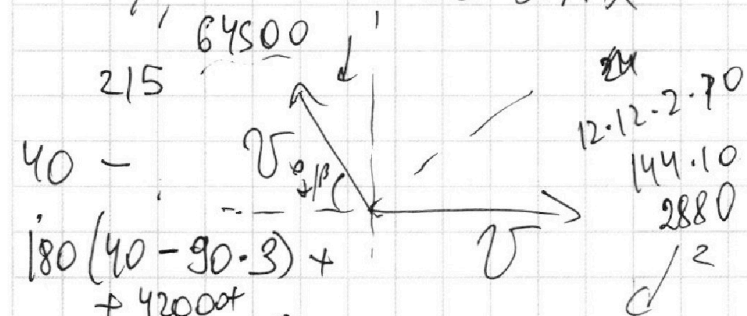
$\frac{d}{T_2} = v_0 \sin \beta$

$\frac{d^2}{T_1^2} = v_0^2 \sin^2 \alpha$

$\sin^2 \alpha = 1 - \cos^2 \alpha$

$v_0^2 \frac{d^2}{L^2} = 1 - \cos^2 \alpha$

$42 = 6 \cdot 7$



$4200 \cdot 16 - 270 \cdot 180$
 $100 (6 \cdot 7 \cdot 4 \cdot 4 - 9 \cdot 3)$

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!



Черковик!

$180(40 - 270) = + 4200 \cdot 16$
 $40 \cdot 180 - 100 \cdot 16$
 $- 230 \cdot 180 + 420 \cdot 160$

$100 \cdot 16$
 $258 \cdot 25$
 $42 \cdot 10$
 252

$18 \cdot 23$
 64
 5
 $6,2$
 18
 $+ 23$
 54
 36
 41400

67200

92
 $\times 16$
 252
 49
 672
 46

$v = \frac{u}{R}$

$3L$

A B L

$270 - \frac{67200}{41400} = \frac{25800}{25800}$

$H = \frac{g \sqrt{2}}{2}$
 $34,6$ $3,46$

$v \cos \alpha = \frac{27}{2}$

$H =$

$1 - \sin^2 \alpha = \frac{16L^2}{4T^2 g^2}$
 $\sin^2 \alpha = \frac{g^2 t^2}{252}$

$1 - \frac{g^2 t^2}{252} = \frac{16L^2}{4T^2 g^2}$

$4L^2 + 2$

$v \sin \alpha = g t$
 $L = v \cdot \frac{1}{4} t$
 $v = \frac{4L}{t} \cdot \frac{1}{\cos \alpha}$

$T \cdot d \cdot \sin \alpha + m g \sin \alpha =$

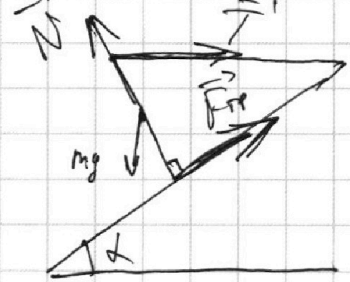
$h =$

$2v \cos \alpha + T \sin^2 \alpha$
 $\sin \alpha$
 $T(2 \cos \alpha)$

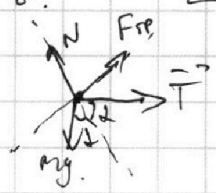
$L = v \cos \alpha \cdot \frac{1}{4} t$

$3L = v_0 \cos \alpha T (\cos^2 \alpha + 1)$

$v \cos \alpha = \frac{4L}{2t}$ $L =$



$N \mu = m g \sin \alpha - T \sin \alpha$



$N = m g \cos \alpha + T \cos \alpha$

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!



Черновик!

$V_1 = I_n = 0,001 \frac{\text{мВ}}{\text{м}^2}$
 $T_0 = 16^\circ\text{C}$
 $R = 25 \text{ Ом}$
 $U = 100 \text{ В}$

$U \cos \alpha t = 2L$

$h = \frac{g t^2}{2}$

$U \neq R \cdot I$ $I = \frac{U}{R}$

$P_4 = U \cdot I$

$P_4 = \frac{U^2}{R}$

$t = \frac{2L}{U \cos \alpha t}$ $h = \frac{U^2 \sin^2 \alpha t}{2g}$

$c \cdot V \cdot \rho \cdot (T_1 - T_0) = P_H \cdot T + P \cdot t$

$\frac{100 \cdot 10^8}{5 \cdot 5 \cdot 10^8} = 20 \cdot 2 = 40$

$h = 3L = U \cos \alpha t$

$\frac{42}{252} = \frac{18}{810}$
 $\frac{12}{672}$

$\frac{20+30+60}{896} = \frac{110}{896}$

840

$h = U \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2}$

$\frac{54}{3} = 24+30$ $\frac{30 \cdot 60}{90} = 20$

$\frac{30 \cdot 20}{94} = \frac{600}{94}$

$8+6=14$

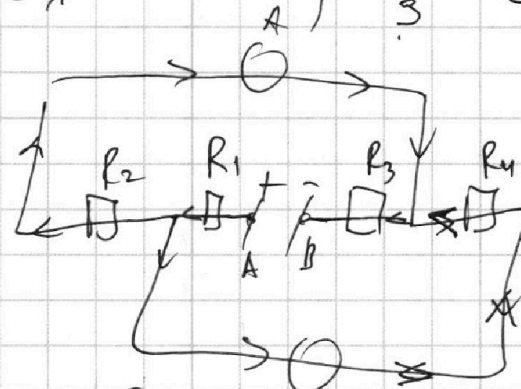
$3A$
 $30+60$
 $36+36=72$

$6 \cdot 7 = 42$

$\frac{20\sqrt{2}}{3} \cdot 2 : R_1$

$\frac{180+36}{216}$

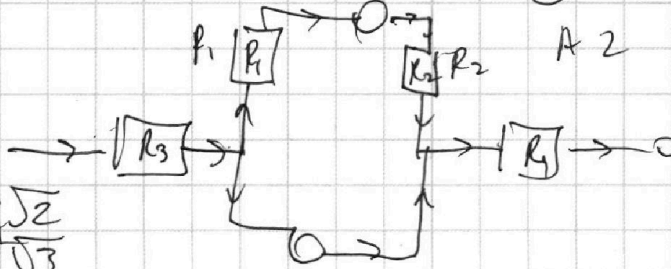
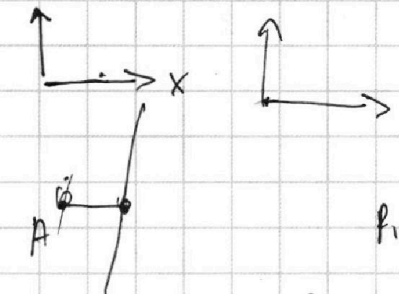
$U \cos \alpha t = 2L$



$16 \cdot \frac{32}{100}$

$32 = 4 \cdot 4 \cdot 2 = \frac{4\sqrt{2}}{100}$

$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$
 $\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$



$I = \frac{4\sqrt{2}}{103}$