



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 09-02

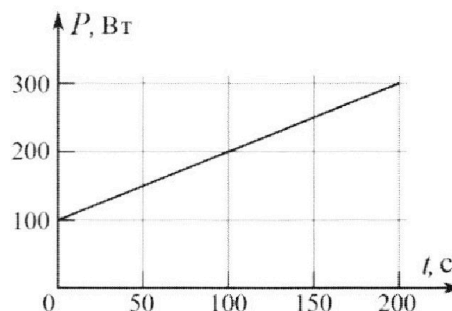


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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.

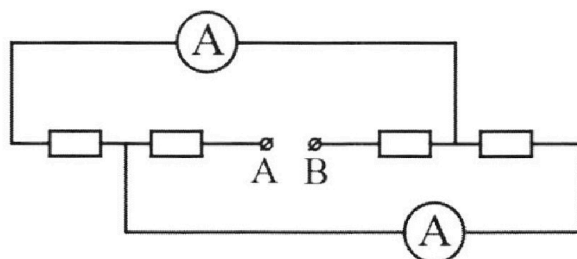
Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³, удельная теплоемкость воды $c = 4200$ Дж/(кг·°C).



5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 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. Больше 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

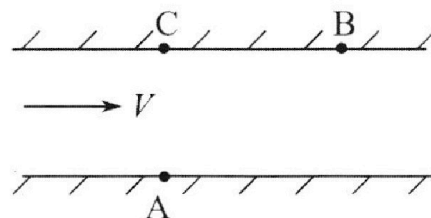
Вариант 09-02

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.

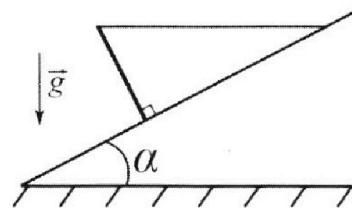
- 1) Найдите наибольшую высоту H , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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.

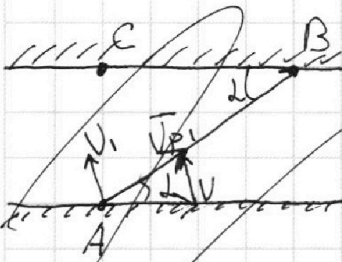
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

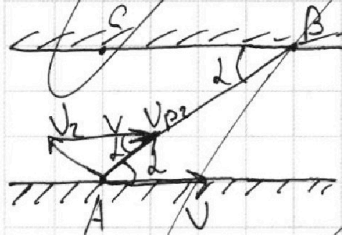
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



- в первом замыке.



- во втором замыке результирующая скорость увеличилась.

U_1 первого замыкающего Δ :

$$U_1^2 = U^2 + V^2 - 2UV \cos \alpha$$

U_2 второго:

$$U_2^2 = U^2 + V^2 + 2UV \cos \alpha$$

$$U_{p1} = \frac{\sqrt{50^2 + 120^2}}{\sqrt{13}} = \frac{130}{\sqrt{13}}$$

$$U_{p2} = \frac{\sqrt{50^2 + 120^2}}{\sqrt{12}} = \frac{130}{\sqrt{12}}$$

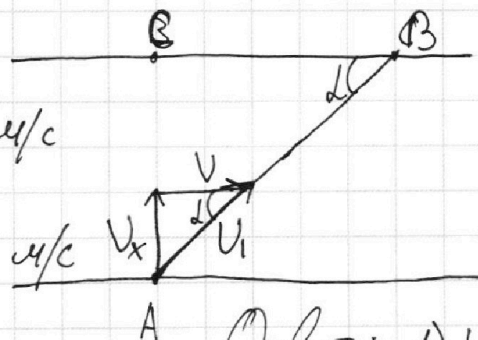
$$\cos \alpha = \frac{130}{120} = \frac{13}{12}$$

$$U_{p1}/U_{p2} = 2,4$$

В первом

$$U_1 = \frac{\sqrt{120^2 + 50^2}}{\sqrt{13}} = \frac{130}{100} = 1,3 \text{ м/с}$$

$$U_2 = \frac{\sqrt{120^2 + 50^2}}{\sqrt{12}} = \frac{130}{240} = \frac{13}{24} \text{ м/с}$$



~~$$U_x^2 = U^2 + U_1^2 - 2UU_1 \cos \alpha$$

$$U_x^2 = U^2 + U_2^2 + 2UU_2 \cos \alpha$$~~

Ответ: 1) $U_1 = 1,3 \text{ м/с}$

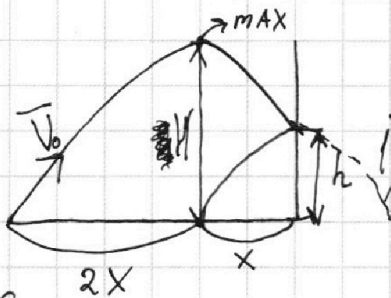
2) $U_2 = \frac{13}{24} \text{ м/с}$

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!



№2



Решение:

Т.к. удар абсолютно упругий в момент удара со стеной

вектор горизонтальной проекции скорости поменяет направление на противоположное. Возьмем, для примера за сег. отрезок x , тогда до удара летит отрезок $3x$, после x . В силу симметрии параболы максимум она имеет на расстоянии $2x$. Модуль горизонтальной составляющей не меняется

Тогда $4x = v_{0x} \cdot T$, где T - время всего полета.

Найдем за какое время летит расстояние

x , пусть это время τ $x = v_{0x} \cdot \frac{T}{4} \Rightarrow \tau = \frac{T}{4}$.

На максимальной высоте H летит расстояние $2x$. А спускается с высоты h за τ .

$$H = \frac{4g\tau^2}{2} = 2g\tau^2, \text{ а } h = \frac{g\tau^2}{2} \Rightarrow \tau^2 = \frac{2h}{g} \quad H = \frac{2g \cdot 2h}{g}$$

$H = 4h$ $H = 4 \cdot 5,4 = 21,6 \text{ м.}$ 1) $H = 21,6 \text{ м}$

2) $t_1 = \tau$ $\tau = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{10,8}{10}} = \sqrt{1,08} \text{ с} \approx 1 \text{ с.}$ 2) $t_1 = \sqrt{1,08} \text{ с} \approx 1 \text{ с}$

3) Как известно в момент соударения со стеной и горизонтальной составляющей скорости прибавляется 2 переносных скорости (скорости стены) Тогда:

$$(v_{0x} + 2u) t_1 - v_{0x} t_1 = d \Leftrightarrow v_{0x} t_1 + 2u t_1 - v_{0x} t_1 = d$$



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!

$$2) U t_1 = d \Rightarrow U = \frac{d}{2t_1} = \frac{1,8}{2} \approx 0,9 \text{ м/с}$$

$$3) U = 0,9 \text{ м/с}$$

Ответ: 1) $H = 2,6 \text{ м}$ 2) $t_1 \approx 1 \text{ с}$ 3) $U = 0,9 \text{ м/с}$

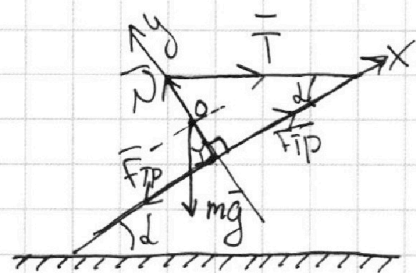
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!



№3

Решение:

1) Оба бруска находятся на гранике покоя. Условие равенства напряжений.

Рассмотрим стержень как рычаг, т.ч. он однородный с о.ц.м. в середине, чтобы не происходило вращение сила F_{TP} должна быть направлена вдоль плоскости вверх. Рассмотрим моменты силы относительно точки O-ц.м.

$T \cos \alpha = F_{TP} \Rightarrow F_{TP} = \frac{17,3\sqrt{3}}{2} \text{ Н}$; чтобы система была в равновесии эти 2 силы должны быть уравновешены. Они могут быть уравновешены только ~~они~~ проекцией силы mg , а именно $mg \sin \alpha$, то есть: $mg \sin \alpha = 2T \cos \alpha$

$$m = \frac{2T \cos \alpha}{g \sin \alpha} = \frac{2 \cdot 17,3 \cdot \sqrt{3}}{g} = 3,46\sqrt{3} \text{ кг}$$

$$F_{TP} = MN, \quad N = mg \cos \alpha + T \sin \alpha$$

$$m(mg \cos \alpha + T \sin \alpha) = \frac{17,3\sqrt{3}}{2}$$

$$2m \left(\frac{34,6 \cdot 3}{2} + \frac{17,3}{2} \right) = 17,3\sqrt{3}$$

$$121,1m = 17,3\sqrt{3} \Rightarrow m = \frac{17,3\sqrt{3}}{121,1}$$

$$\text{Ответ: } 1) m = 3,46\sqrt{3} \text{ кг}; 2) F_{TP} = \frac{17,3\sqrt{3}}{2}; 3) m = \frac{17,3\sqrt{3}}{121,1}$$

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

$$V = 1 \text{ л}; \rho = 1000 \text{ кг/м}^3; R = 25; U = 100 \text{ В} \quad \tilde{t} = 16^\circ$$

Решение:

найдем массу воды $m = V \cdot \rho = 1 \text{ кг}$.

1) Найдем мощность нагревателя $P_H = \frac{U^2}{R} = \frac{10000}{25} = 400 \text{ Вт}$

2) Найдем ^{мощность} ~~средних тепловых потерь~~, для этого зададим ф-ию изменения $P(t)$

Из графика: $P(t) = 100 + t$, в момент времени $t = 0 \text{ с}$ $P_1 = 100 \text{ Вт}$, в момент времени $t = 180 \text{ с}$ $P = 280 \text{ Вт}$. $P_{cp} = \frac{P_1 + P_2}{2} = 190 \text{ Вт}$.

Энергия которая пойдет на нагрев воды это разность мощностей умноженная на время.

$$Q = (P_H - P_{cp}) \cdot T \Leftrightarrow c m \Delta t = (P_H - P_{cp}) \cdot T$$

$$\Delta t = \frac{(P_H - P_{cp}) T}{c m} \Rightarrow \Delta t = \frac{210 \cdot 180}{4200} = \frac{378}{42} = 9^\circ \text{C}$$

Исходная $\tilde{t}_0 = 16^\circ \text{C}$ $\Delta t = (\tilde{t}_1 - \tilde{t}_0) \Rightarrow \tilde{t}_1 = 16 + 9 = 25^\circ \text{C}$

Ответ: 1) $P_H = 400 \text{ Вт}$; 2) $\tilde{t}_1 = 25^\circ \text{C}$.

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

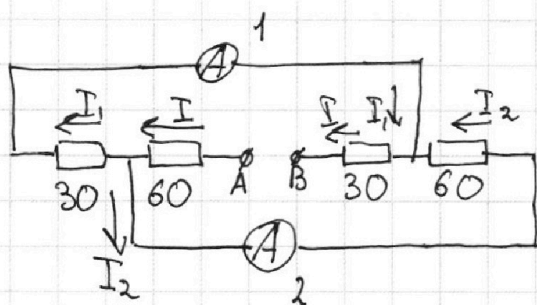
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



№5 (1)



Эту схему можно
разбить на два контура

и чтобы были более разветвленные

можно выбрать модуль

комбинировано резисторов, кроме: слева-направо

~~30 Ом, 60 Ом, 60 Ом, 30 Ом~~ и в других сегментах

~~в одном контуре будут~~ слева-направо:

~~30 60~~ 30 Ом, 60 Ом, 60 Ом, 30 Ом и

60 Ом, 30 Ом, 30 Ом, 60 Ом. То есть не симметричные

контуров. Можно выбрать расположение резисторов

как на рисунке. Пусть общий ток в цепи I

по 1 закону Кирхгофа. $I = I_1 + I_2$. Пусть сопротивление

резистора $30 \text{ Ом} = R$, тогда $60 \text{ Ом} = 2R$. $I_1 = 2 \text{ А}$.

По 2 закону Кирхгофа для 2 контуров.

$$U_0 = I_2 R + \overline{I_1} R + \overline{I_2} R$$

$$U_0 = I_2 R + \overline{I_2} 2R + \overline{I} R$$

Как видно разветвление
и составляющее уравнение,

которые должны быть равны, т.к. $U_0 = \text{const}$.

$$I_1 R = I_2 2R \Rightarrow 2 \text{ А} = 2 I_2 \Rightarrow I_2 = 1 \text{ А}.$$

1) $I_2 = 1 \text{ А}$ 2) $P = UI$

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!

$I = I_1 + I_2$ по 1 закону Кирхгофа ^{№5(2)}

$I = 1 + 2 = 3 \text{ A}$. Найдем напряжение подставив

Токи в ур-е для любого контура

$U_0 = I \cdot 2R + I_1 R + I R$ - напряжение на элементах

$AB = 3 \cdot 60 + 30 + 180 = 390 \text{ В}$ ~~330 В~~ ~~300 В~~

2) Тогда мощность $P_{\text{абс}}$ $P = UI = 300 \cdot 3 = 900 \text{ Вт}$ ~~990 Вт~~

Ответ: 1) $I_2 = 1 \text{ A}$ 2) $P = 900 \text{ Вт}$.

$U_0 = 180 + 360 + 90 = 330 \text{ В}$ Тогда мощность

$P = U_0 I = 330 \cdot 3 = 990 \text{ Вт}$.

Ответ: 1) $I_2 = 1 \text{ A}$; 2) $P = 990 \text{ Вт}$



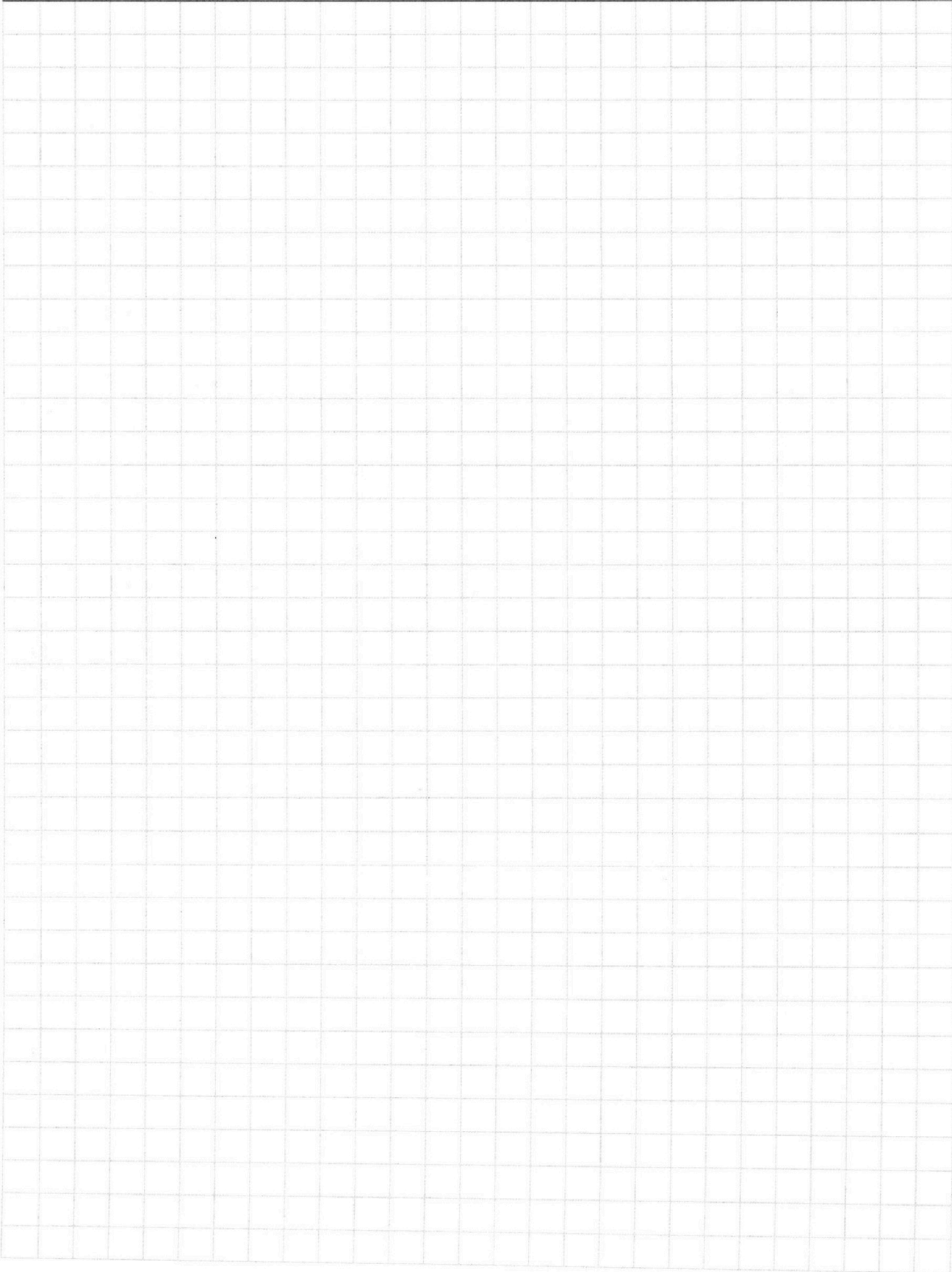
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!



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!

$V = 1 \mu$ $\bar{\tau} = 16^\circ$ $R = 250 \Omega$ $U = 100 \text{ В}$

$m = 1 \mu$ $P(t) = t$

$P = 100 + t$ 280 Вт

$P = \frac{U^2}{R} = \frac{10000}{25} = 400 \text{ Вт}$

$Q = P_t - P_r = 400 \cdot 180 - 190 \cdot 180 = 210 \cdot 180 = 37800 \text{ Дж}$

37800 Дж

$m \sin d \cdot 2 = 2 \tau \cos d$ $U = \text{const}$

$m \sin d = 2 \tau \cos d$

$I_1 = I_{A1} + I_{A2}$ $I_1 = 2 \text{ А}$

$m = \frac{2 \tau \cos d}{g \sin d}$

$U = I_1 \cdot R + I_{A2} R + I_1 \cdot 2R$

$U = I_1 R + 2R I_{A1}$

$V_1 = V_p^2 + U^2 - 2 V_p U \cos d$

$V_2 = V_p^2 + U^2 + 2 V_p U \cos d$

$V_1 = V_{p1}^2 + U^2 - 2 V_{p1} U \cos d$

$V_2 = V_{p2}^2 + U^2 + 2 V_{p2} U \cos d$

$V_{p1} = 2,4$ $V_{p2} = 2,4$

$\tau_1 = 25^\circ$

$V_{p1} = \frac{130}{100} = 1,3$

$V_{p2} = \frac{130}{240} = \frac{13}{24}$

$U = I_1 \cdot R + I_{A2} R + I_1 \cdot 2R$

$U = I_1 R + 2R I_{A1}$

$V_1 = V_p^2 + U^2 - 2 V_p U \cos d$

$V_2 = V_p^2 + U^2 + 2 V_p U \cos d$

$V_{p1} = 2,4$ $V_{p2} = 2,4$

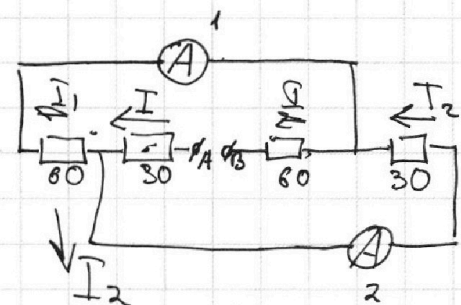
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



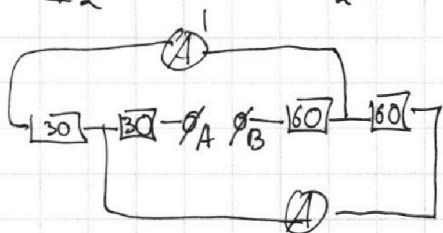
$$P_2 = UI = 17,45$$

$$I = I_1 + I_2$$

$$U = IR + I_1 \cdot 2R + I_2 R$$

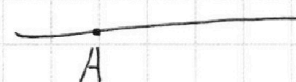
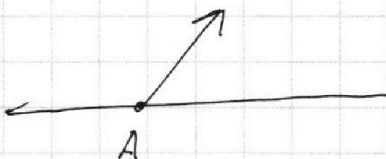
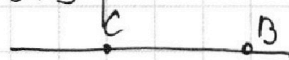
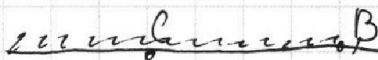
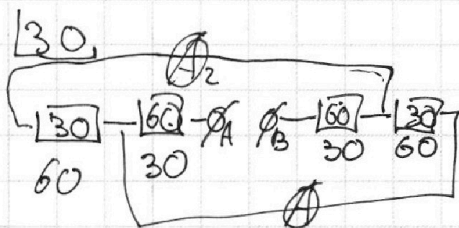
$$U = IR + I_2 R + I_2 R \quad \text{либо } U_{2p}$$

$$\begin{array}{r} 1730 \\ -1211 \\ \hline 519 \end{array}$$



|||||

$$\begin{array}{r|l} 1730 & 1211 \\ -1211 & 0,1 \\ \hline 519 & \end{array}$$

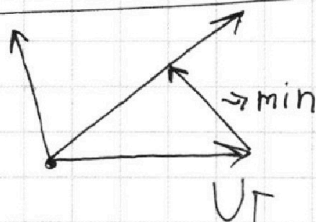
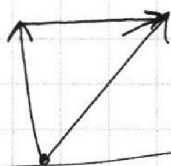


$$180 \quad 180 + 60 + 90$$

$$240 + 90 = 330$$

$$N_2 = mg \cos 30 + T \sin 30 = 3,46$$

$$mg \sin 30 = F_{\text{тр}} \quad \begin{array}{r} 346 \\ + 3 \\ \hline 1038 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 1038 \\ + 173 \\ \hline 1211 \end{array}$$

$$121,1 \mu = 17,35$$

$$\mu = \frac{121,1}{47}$$

$$\mu (mg \cos 30 + T \sin 30) = \frac{17,3 \sqrt{3}}{2}$$

$$2\mu \left(\frac{34,6 \cdot 3}{2} + \frac{17,3}{2} \right) = 17,3 \sqrt{3}$$

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!

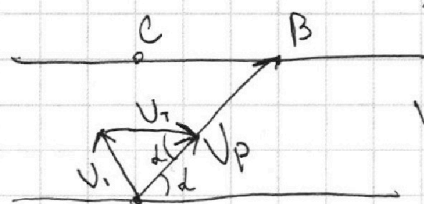
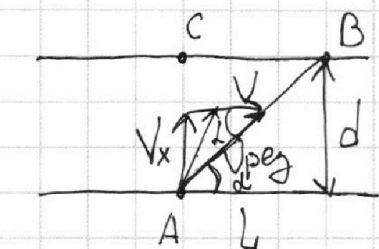


v1

$$s = \sqrt{120^2 + 50^2}$$

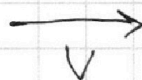
- перелет займет.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{50}{120} = \frac{5}{12}$$



$V_p = \text{const}$

$V = \text{const}$



25

130

$$144 + 25$$

$$130 = S T = 100 \text{ ссм}$$

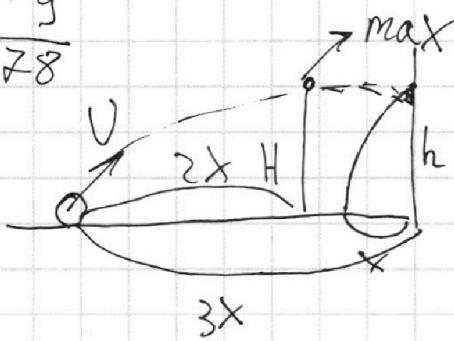
$$V_x^2 = V^2 + V_p^2 - 2V V_p \cos \alpha$$

$$130 : 240 = \frac{13}{24}$$

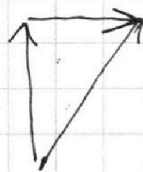
$$\cos \alpha = \frac{130}{120}$$

Eq. body speed is const

$$\frac{42}{5g} = \frac{378}{g}$$



v2



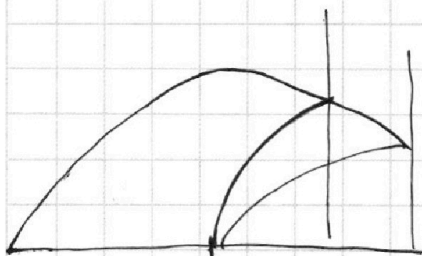
$$\frac{54}{\frac{4}{216}}$$

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

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

$$H = 4h = 21,6 \text{ м}$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{10,8}{10}} = \sqrt{1,08} \text{ с} \approx 1 \text{ с}$$



$$180 + 180 N = 30 \quad N = \frac{mg \cos \alpha + T \sin \alpha}{mg}$$

380

$$F_{TP} = T \cos \alpha = \frac{17,3 \sqrt{3}}{2}$$

$$60 \cdot 3 + 60 + 90 = 180 + 150 = 330$$

$$200 + 130 = 330 \quad 180$$

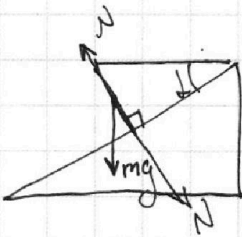
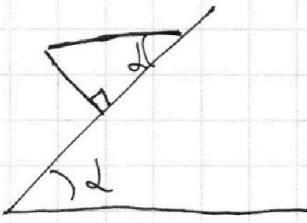
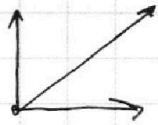
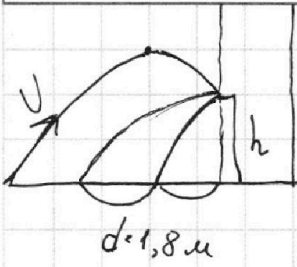
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



~~$x \neq t$~~

$$(V+U)x - Vx = 1,8$$

$$Ux = 1,8$$

$$x \sqrt{3} = \sqrt{4x^2 - x^2}$$

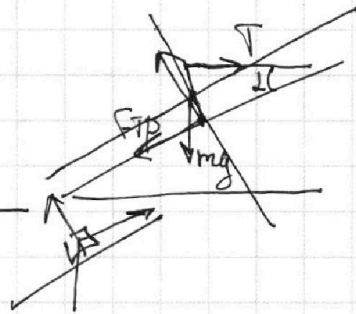
$$3x^2$$

$$Ux = 1,8$$

$$U = 1,8 \text{ м/с}$$

$$\frac{1,8}{\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$2,89 \quad 50 + 35 + 1,5$$



$$F_{TP} + mg \sin \alpha = T \cos \alpha \quad 86,5$$

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

$$mg \cos \alpha = U$$

$$m = \frac{T}{g} \cdot \tan 30$$

$$F_{TP} = T \cos \alpha$$

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

$$\frac{T}{g} \cdot \frac{17,3}{10} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$F_{TP} = T \cos \alpha - 86,5 \sqrt{3}$$

$$8,65 \sqrt{3}$$

$$F_{TP} = 34,5 \sqrt{3}$$

$$F_{TP} = \frac{17,3 \sqrt{3}}{2} - \frac{86,5 \sqrt{3}}{2}$$

$$\frac{86,5}{69,2}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} = 69,2$$

$$1,5 \quad mg \cos \alpha =$$

$$mg \cos \alpha = 2$$

$$T \sin \alpha = 2mg \cos \alpha \Rightarrow m \cdot U$$

$$T \cos \alpha = \mu mg \cos \alpha$$

$$\mu = T / mg$$

$$\frac{17,3}{17,3 \sqrt{3}} \left(\frac{\sqrt{3}}{3} \right)$$

$$\frac{1}{2} mg \cos \alpha = 2 T \sin \alpha$$

$$mg = T \cdot 2 \tan 30$$

$$m = \frac{T}{g} \cdot \sqrt{3}$$

$$1,73 \sqrt{3} \text{ кг}$$