



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

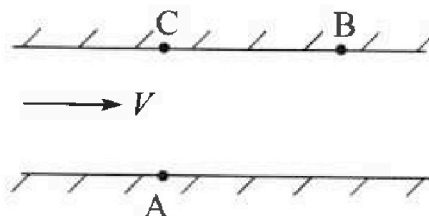
Вариант 09-02

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.

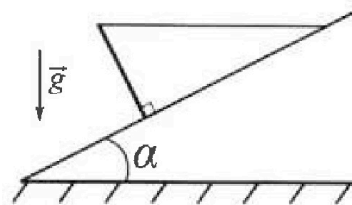
2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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.

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

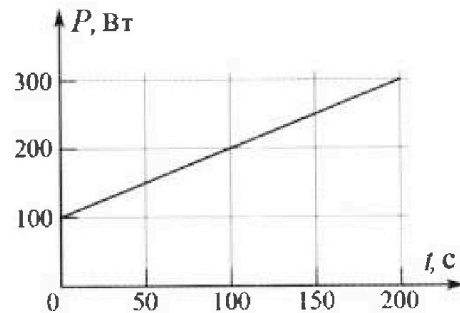
Вариант 09-02

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.

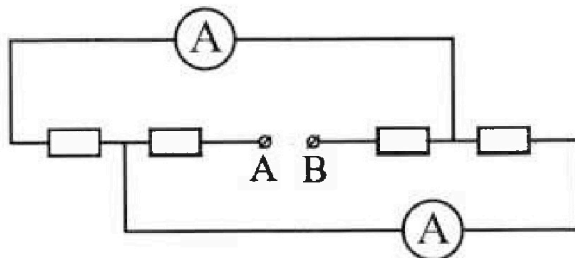
Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, удельная теплоемкость воды $c = 4200 \text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$.



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 A и B 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?



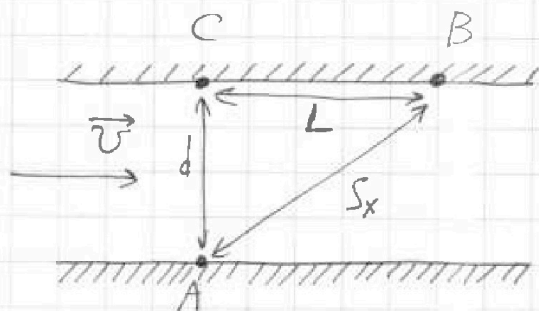
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



СТРАНИЦА 1

1) Пусть S_x - путь перемещение плота из A в B.

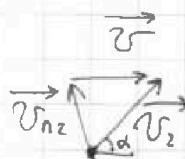
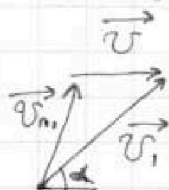
$S_x = AB$. ABC - прямоугольный треугольник, с катетами d и L и гипотенузой S_x . $S_x^2 = d^2 + L^2$

$$S_x = \sqrt{d^2 + L^2} = \sqrt{50^2 + 120^2} = 130 \text{ м} \quad S_x = 130 \text{ м}$$

$$v_1 = \frac{S_x}{T_1} \quad v_1 = \frac{130 \text{ м}}{100 \text{ с}} = 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad \boxed{v_1 = 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}}$$

$$v_2 = \frac{S_x}{T_2} \quad v_2 = \frac{130 \text{ м}}{240 \text{ с}} = \frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad \boxed{v_2 = \frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}}}$$

Для нахождения v (скорость течения реки),
составим 2 треугольника скоростей,
где 1 и 2 замкнуты соответственно;



v_n - скорость плота в СД, связанной с водой.

$$|\vec{v}_{n1}| = |\vec{v}_{n2}| = v_n \text{ (по условию)}$$

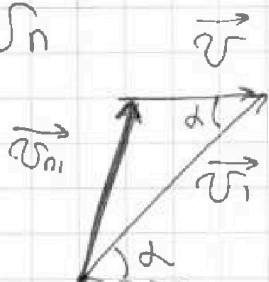
α - угол между векторами $\vec{v}_1$ и берегом, угол
между векторами $\vec{v}_2$ и берегом ($\vec{v}_1$ и $\vec{v}_2$ сонаправлены,
поскольку L постоянен).

$\vec{v}_{n1}, \vec{v}_{n2}$ - скорости плота отн. воды в 1 и 2 случае.

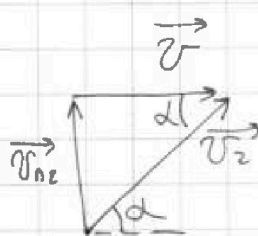
1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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

$$|\vec{v}_n| = v_n$$



СТРАНИЦА 2



$$|\vec{v}_{n2}| = v_n$$

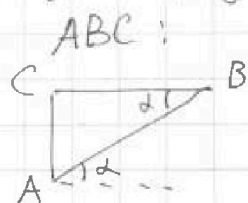
угол между $\vec{v}$ и $\vec{v}_1$, а также угол между $\vec{v}$ и $\vec{v}_2$ равны, т.к. $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_2$ сонаправлены, а $\vec{v}$ перпендикулярен берегу.

Составим 2 уравнения движения
 v_n при помощи теоремы косинусов:

$$(1): v_n^2 = v^2 + v_1^2 - 2 \cdot v \cdot v_1 \cdot \cos \alpha$$

$$(2): v_n^2 = v^2 + v_2^2 - 2 \cdot v \cdot v_2 \cdot \cos \alpha$$

α - угол в треугольнике



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

составим систему!

$$\begin{cases} v_n^2 = v^2 + v_1^2 - 2 \cdot v \cdot v_1 \cdot \cos \alpha \\ v_n^2 = v^2 + v_2^2 - 2 \cdot v \cdot v_2 \cdot \cos \alpha \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_n^2 = v^2 + 1,3^2 - 2 \cdot v \cdot 1,3 \cdot \frac{12}{13} \\ v_n^2 = v^2 + \left(\frac{13}{24}\right)^2 - 2 \cdot v \cdot \frac{13}{24} \cdot \frac{12}{13} \end{cases}$$

подставим значение v_1 и v_2 !

$$\begin{cases} v_n^2 = v^2 + 1,3^2 - 2 \cdot v \cdot 1,3 \cdot \frac{12}{13} \\ v_n^2 = v^2 + \left(\frac{13}{24}\right)^2 - 2 \cdot v \cdot \frac{13}{24} \cdot \frac{12}{13} \end{cases}$$

$$\begin{array}{r} 24 \\ \times 24 \\ \hline 96 \\ + 48 \\ \hline 576 \end{array}$$

Приравняем 2 уравнения друг к другу:

$$v_n^2 = v_n^2$$

$$v^2 + 1,69 - 2 \cdot v \cdot 1,3 \cdot \frac{12}{13} = v^2 + \frac{169}{576} - 2 \cdot v \cdot \frac{13}{24} \cdot \frac{12}{13}$$

$$1,69 - 2 \cdot v \cdot \frac{12}{10} = \frac{169}{576} - 2 \cdot v \cdot 0,5$$

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!

СТРАНИЦА 3

$$\frac{99}{100}$$

$$\frac{169}{100}$$

$$\frac{99,9}{100} = \frac{99,9}{100}$$

$$\frac{804,44}{306} > \frac{79,2}{300}$$

$$\frac{169}{100} - \frac{169}{576}$$

$$169 - 25 \cdot 1,2 = \frac{169}{576} - 25$$

$$\frac{169}{100} - 2,425 = \frac{169}{576} - 25$$

$$\frac{169}{100} - \frac{169}{576} = -25 + 2,425$$

$$\frac{169}{100} - \frac{169}{576} = 1,425$$

$$\frac{169}{100} - \frac{169}{576} = \frac{169 \cdot 973,44}{576} - \frac{169}{576} = \frac{804,44}{576}$$

$$\begin{array}{r} 169 \\ \times 5,76 \\ \hline 1014 \\ 1183 \\ + 845 \\ \hline 973,44 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 973,44 \\ - 169,00 \\ \hline 804,44 \end{array}$$

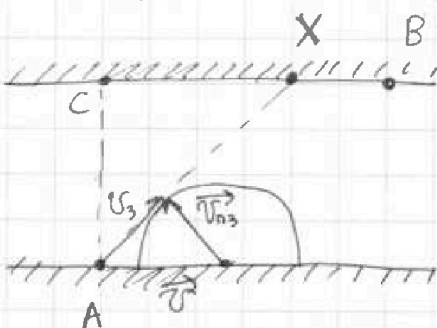
$$v = \frac{804,44}{806,4} \approx 1 \frac{2}{3}$$

$$1,425 = \frac{804,44}{576}$$

$$v = \frac{804,44}{576} : 1,4 = \frac{804,44}{576} \cdot \frac{1}{1,4}$$

$$v = \frac{804,44}{806,4}$$

$$\begin{array}{r} 804,44 \\ \times 1,4 \\ \hline 2304 \\ + 576 \\ \hline 806,4 \end{array}$$

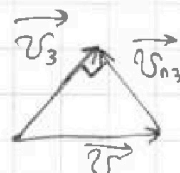


Для того, что бы задать наш вектор,

необходимо направить скорость пловца $\vec{v}_3$ по касательной, к окружности с радиусом $|\vec{v}_n|$, исходящей из расставленной $|\vec{v}|$ от точки A. Получим векторный треугольник:

$$|\vec{v}_n| = v_n$$

$$v_3 = \sqrt{v^2 - v_n^2}$$



$$\vec{v}_3 \perp \vec{v}_n, \text{ т.к.}$$

$\vec{v}_3$ - касательная к

окружности

т.е. найдем $|\vec{v}_n| = v_n$, из ранее полученных уравнений!

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{d}{120 - s}$$



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!

страница 5

$$\begin{array}{r} 120 \\ \times 9 \\ \hline 1080 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 7 \\ \times 14 \\ \hline 50 \\ \hline 490 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 380 \overline{) 9} \\ \underline{36} \\ 20 \\ \underline{18} \\ 20 \\ \underline{18} \end{array}$$

$$\tan \alpha_2 = \frac{g}{14}$$

$$\tan \alpha_2 = \frac{d}{120 - S}$$

$$\frac{d}{120 - S} = \frac{g}{14}$$

$$14d = g(120 - S)$$

$$700 \text{ м} = 1080 - gS$$

$$gS = 1080 - 700 = 380 \text{ м}$$

$$S = \frac{380 \text{ м}}{g} = 42,2 \text{ м}$$

ОТВЕТ: $v_1 = 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$$v_2 = \frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v \approx 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$S = 42,2 \text{ м}$$

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

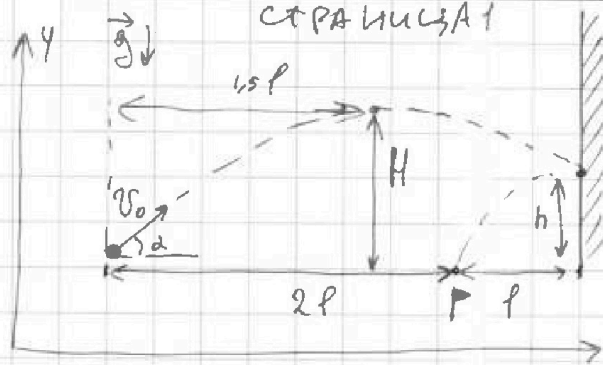
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



СТРАНИЦА 1

$$t_n = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

t_n - время полёта



2l - расстояние от начала до точки падения
l - расстояние от начала до точки падения

Углом α - угол, под которым бросили мяч.

Введём координатные оси x и y.

t_n - время полёта

$$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$H = v_0 \sin \alpha t_n - \frac{g t_n^2}{2}$$

Рассмотрим движение мяча в направлении на оси x и y!
 t_n - всё время полёта

t_{1x} - время полёта

до удара о стену

$$S_x = v_{0x} t + \frac{a_{0x} t^2}{2}$$

$$S_y = v_{0y} t + \frac{a_{0y} t^2}{2}$$

t_{1x} - время полёта от начала до удара о землю.

$$Ox: 3l = v_0 \cos \alpha t_{1x}$$

$$Oy: h = v_0 \sin \alpha t_{1x} - 0,5 g t_{1x}^2$$

(м.к. удар абсолютно

упругий, мяч не деформируется,

то время - всё время полёта

мяча при падении стены и

всё время полёта мяча

при отскоке от стены равно)

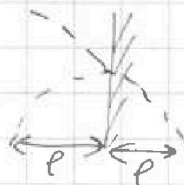
$$Ox: 4l = v_0 \cos \alpha t_2$$

$$Oy: 0 = v_0 \sin \alpha t_2 - 0,5 g t_2^2$$

$$v_0 \sin \alpha t_2 = 0,5 g t_2^2$$

$$2 v_0 \sin \alpha = g t_2$$

$$t_2 = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g}$$



данные траектории совпадают

$$\frac{t_2}{t_{1x}} = \frac{4}{3}$$

⇐

$$4l = v_0 \cos \alpha t_2$$

$$3l = v_0 \cos \alpha t_{1x}$$

Время полёта до стены в $\frac{4}{3}$ раза меньше времени полёта

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!

СТРАНИЦА 2

$$\begin{cases} 3l = v_0 \cos \alpha t_{1x} \\ h = v_0 \sin \alpha t_{1x} - 0,5 g t_{1x}^2 \end{cases}$$

$$t_{1x} = 0,75 t_1$$

$$t_1 = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$4l = v_0 \cos \alpha t_1$$

$$0 = v_0 \sin \alpha t_1 - 0,5 g t_1^2$$

$$2 v_0 \sin \alpha t_1 = g t_1^2$$

$$\begin{cases} 4l = v_0 \cos \alpha t_1 \\ 2 v_0 \sin \alpha t_1 = g t_1^2 \end{cases}$$

Когда луч достигает макс. высоты подъёма H ,
он проходит 1,5 l (т.е. траектория ^{полная} симметрична)

t_H - время,
за которое
луч достигнет
высоты H

$$\begin{cases} 1,5l = v_0 \cos \alpha t_H \\ H = v_0 \sin \alpha t_H - 0,5 g t_H^2 \end{cases}$$

$$1,5l = v_0 \cos \alpha t_H$$

$$4l = v_0 \cos \alpha t_1$$

$$\frac{t_1}{t_H} = \frac{4}{1,5} = \frac{8}{3} = 2\frac{2}{3}$$

$$\frac{t_H}{t_1} = 2\frac{3}{8} t_H$$

$$\frac{2 v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{8}{3} t_H$$

$$8 g t_H = 6 v_0 \sin \alpha$$

$$t_H = \frac{6 v_0 \sin \alpha}{8 g} = \frac{3 v_0 \sin \alpha}{4 g}$$

$$\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = v_0 \sin \alpha t_H - 0,5 g t_H^2$$

$$\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = v_0 \sin \alpha \cdot \frac{3 v_0 \sin \alpha}{4g} - 0,5 g \left(\frac{3 v_0 \sin \alpha}{4g} \right)^2$$

$$\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{3 v_0^2 \sin^2 \alpha}{4g} - \frac{0,5 g \cdot 9 v_0^2 \sin^2 \alpha}{16 g^2}$$

$$\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{3 v_0^2 \sin^2 \alpha}{4g} - \frac{4,5 v_0^2 \sin^2 \alpha}{16g}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

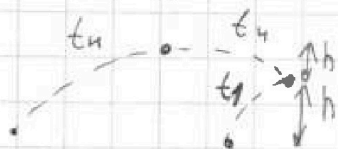
МФТИ

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

СТРАНИЦА 3

$$\frac{V_0^2 \sin^2 \theta}{2g} = \frac{3V_0^2 \sin^2 \theta}{2g} - \frac{4.5 V_0^2 \sin^2 \theta}{10g}$$

t_4 - время
падения от
наибольшей
высоты



t_1 - время
падения от
угара до стены
до удара об пол

$$t_1 + t_4 + t_5 = t_5 \quad t_5 = 2t_4 + 2t_1$$

$$t_1 = t_4 + t_5$$

$$t_1 + t_4 = \frac{3}{4} t_5 \quad t_5 = 6 \cdot x$$

$$t_1 + t_4 = 3 \cdot (2t_4 + 2t_1)$$

$$t_5 = \frac{4}{3} (t_1 + t_4)$$

$$2t_1 + 2t_4 = \frac{4}{3} (2t_4 + 2t_1)$$

$$6t_1 + 6t_4 = 8t_4 + 8t_1$$

$$2t_1 = 2t_4 \quad t_1 = t_4$$

$$OX: 1.5l = V_0 \cos \alpha t_4$$

$$(H-h) = \frac{3V_0^2 \sin^2 \theta}{2g} - \frac{4.5 V_0^2 \sin^2 \theta}{10g}$$

$$2(H-h) = g t_4^2$$

$$H = \frac{g t_4^2}{2} + h$$

т.к. $t_1 = t_5$, расстояния, пройденные
мелом по оси y до начальной
 t_1 и t_5 будут равны (т.к.

y -координата восстанавливается с учетом
использования)

$$t_1 = t_5$$

$$H = 2h$$

$$H = 2h = 10.8 \text{ м}$$

$t_1 = \frac{2}{3} t_5$. Время t_1 в 4
раз меньше времени
падения.

за время t_1 мелом
пройдено расстояние
 h по оси y .

$$h = 0.5g t_1^2$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$h = 0,5 g t_4^2$$

$$t_4 = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$t_4 = \sqrt{\frac{10,8}{10}} = \sqrt{1,08}$$

$$t_4 \approx 1,04 \text{ c}$$

$$t_4 = t_1$$

$$t_1 \approx 1,04 \text{ c}$$

$$t_5 = 4,16 \text{ c}$$

$$10,8 \text{ m}$$

$$\begin{array}{r} 108 \overline{) 100} \\ -100 \\ \hline 800 \end{array}$$

$$1,0804$$

$$\times 1,04$$

$$416$$

$$+ 000$$

$$+ 04$$

$$\hline 1,0816$$

3)



ОТВЕТ: $H = 10,8 \text{ м}$
 $t_1 = 1,04 \text{ с}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

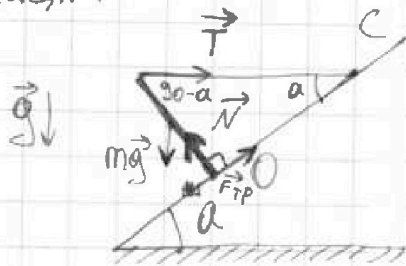
МФТИ

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



СТРАНИЦА 1

Пусть $L = AO$
- длина стержня
Пусть A - верхняя
точка соприкосновения



Пусть O - нижняя
точка соприкосновения.
Рассставим на
схемке силы, действующие на стержень.

Из условия равновесия стержня составим уравнение моментов относительно точки O :

$$l_n = 0$$

$$l_{\text{срр}} = 0$$

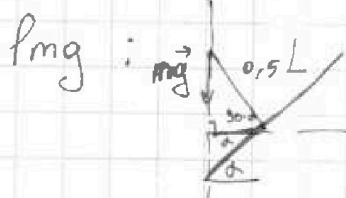
$$l_{mg} = 0,25L$$

$$l_T = \frac{L\sqrt{3}}{2}$$

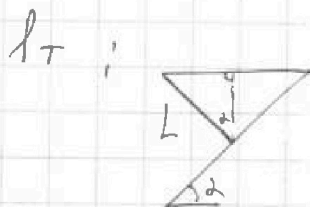
$$\vec{T} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{срр}} + m\vec{g} = 0$$

$$\vec{F}_{\text{срр}} \cdot l_{\text{срр}} + m\vec{g} \cdot l_{mg} + \vec{T} \cdot l_T = 0,$$

где l_{mg} и l_T - длины плеч сил $m\vec{g}$ и $\vec{T}$.



$$l_{mg} = 0,5L \cdot \cos(90^\circ - \alpha) = 0,5L \cdot \sin \alpha = 0,5L \cdot 0,5 = 0,25L$$



$$l_T = L \cdot \cos \alpha = L \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\sqrt{3} \approx 1,73$$

$$m = 6 \text{ кг}$$

$$m\vec{g} \cdot l_{mg} + \vec{T} \cdot l_T = 0$$

$$mg l_{mg} = T l_T$$

$$mg \cdot 0,25L = T \cdot \frac{L\sqrt{3}}{2}$$

(м.к. $m\vec{g}$ и $\vec{T}$
вращают стержень
в разные напр.
всена)

$$m = \frac{\sqrt{3} T}{0,5g}$$

$$0,25mg = \frac{\sqrt{3}}{2} T$$

$$0,5mg = \sqrt{3} T$$

$$m = 2\sqrt{3} \frac{T}{g} = \frac{2\sqrt{3} \cdot 17,3}{10} = 2\sqrt{3} \cdot 1,73 = 2 \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{3} = 2 \cdot 3 = 6 \text{ кг}$$

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!

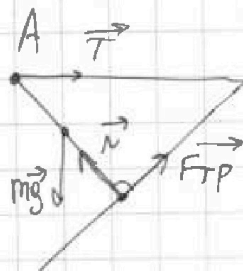
СТРАНИЦА 2

для нахождения F_{TP} решим уравнение моментов сс относительно m, A - вершины почки стрелы;

отн. т. A :

$$m\vec{g} \cdot l_{mg_2} + \vec{F}_{TP} \cdot l_{F_{TP_2}} = 0$$

$l_{mg_2}, l_{F_{TP_2}}$ длины перпендикуляров сс отн. т. A .



$$l_{mg_2} = 0,5 L \cdot \cos(90-2) = 0,5 L \cdot 0,5 = 0,25 L$$

$$l_{F_{TP}} = L$$

$$mg \cdot l_{mg_2} = F_{TP} \cdot l_{F_{TP_2}}$$

$$mg \cdot 0,25 L = F_{TP} \cdot L$$

$$0,25 mg = F_{TP}$$

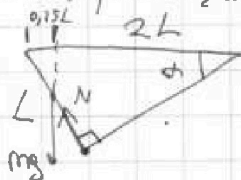
$$0,25 \cdot 6 \cdot 10 = F_{TP}$$

$$F_{TP} = 15 \text{ Н}$$

$$\vec{F}_{TP} = N \cdot \vec{N}$$

Пусть точка C - место крепления нити к наклонной плоскости, относительно т. C ;

$\alpha = 30^\circ \Rightarrow$
качет без скольжения
поверхность α равен $\frac{1}{2}$ от угла α .



$$\vec{N} \cdot l_N + m\vec{g} \cdot l_{mg_3} = 0, \text{ где } l_N \text{ и } l_{mg_3} -$$

- длины перпендикуляров сс отн. т. C .

$$l_N = 2 L \cdot \cos \alpha = 2 L \cdot \cos 30 = 2 L \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = L\sqrt{3}$$

$$l_{mg_3} = 2 L \cdot 0,25 = 0,5 L$$

$$N l_N = mg l_{mg_3} \quad (m, k, m\vec{g} \text{ и } \vec{N} \text{ образуют систему взаимно перпендикулярных направлений})$$

$$N \cdot L\sqrt{3} = mg \cdot 0,5 L$$

$$N\sqrt{3} = 0,5 mg$$



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!

СТРАНИЦА 3

$$\sqrt{3} \approx 1,73$$

$$\vec{F}_{TP} = \mu \vec{N}$$

$$F_{TP} = \mu N$$

(т.к. $\vec{F}_{TP} \perp \vec{N}$)

$$N\sqrt{3} = 1,75 \text{ mg}$$

$$\sqrt{3} \approx 1,73 \approx 1,75$$

$$\Downarrow$$
$$N \approx \text{mg}$$

$$N \approx 6 \cdot 10 \approx 60 \text{ Н}$$

$$F_{TP} = \mu N = \mu \text{mg} = 15 \text{ Н}$$

$$\mu = \frac{F_{TP}}{N} = \frac{F_{TP}}{\text{mg}} = \frac{15 \text{ Н}}{60 \text{ Н}} = 0,25$$

при $\mu = 0,25$ шестерня находится в крайнем равнове-

сии равновесия. При μ увеличении μ равнове-

сие нарушаться не будет, $\Rightarrow \boxed{0,25 \leq \mu \leq 1}$

Ответ: $m = 6 \text{ кг}$

$$F_{TP} = 15 \text{ Н}$$

μ лежит в диапазоне от 0,25 до 1.



☐ 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!

СТРАНИЦА 1

1) ~~$P_H = I_H \cdot U_H$~~ $P_H = I_H \cdot U$

I_H - сила тока, текущая через нагреватель
 U_H - напряжение

$I_H = \frac{U}{R}$ $I_H = \frac{100 \text{ В}}{25 \text{ Ом}} = 4 \text{ А}$

$P_H = 400 \text{ Вт}$

$P_H = I_H \cdot U = 4 \text{ А} \cdot 100 \text{ В} = 400 \text{ Вт}$

2) ~~$Q = \frac{P}{t}$~~ $P = \frac{Q}{t}$ - общая формула ~~$P = \frac{Q}{t}$~~ $P = \frac{Q}{t}$ Q - теплота

По графику зависимости P от t , можем найти

~~найдем t_0 для начальной зависимости $t_0 \cdot t =$
количество тепла, рассеявшегося за период T .~~

~~За $T_0 = 100 \text{ с}$ рассеялось ΔQ_1 тепла~~

~~$P_{\text{ср}} = \frac{P_1 + P_2}{2}$~~

~~$\Delta Q_1 = P_{\text{ср}} \cdot T'$~~

~~, где $P_{\text{ср}}$ -~~

~~- средняя мощность тепловыделения (Решения нет)~~

~~$\Delta Q_1 = \frac{200 \text{ Вт} + 100 \text{ Вт}}{2} \cdot 100 \text{ с}$~~

~~$\Delta Q_1 = 150 \text{ Вт} \cdot 100 \text{ с} = 15000 \text{ Дж}$~~

~~$\Delta Q_1 = 15000 \text{ Дж}$ За $T' = 100 \text{ с}$ выделяется 15000 Дж тепла.~~

По графику можем найти, на сколько Вт скакнет
мощность выделяется P (мощность тепловыделения)

за 100 с P увеличивается на 100 Вт . $\Rightarrow$ скакнет
 P увеличивается на 1 Вт .

$K = \frac{100 \text{ Вт}}{100 \text{ с}} = \frac{1 \text{ Вт}}{\text{с}}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

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

СТРАНИЦА 2

$$K = \frac{P_{BT}}{c}$$

Резиенение на P_{BT} с каждой прошедшей секундой $\Rightarrow$ через $180c$ P_1 будет равно $P_0 + Kt$

$$P_1 = P_0 + Kt$$

$$P_1 = 100B_T + 1 \frac{B_T}{c} \cdot 180c = 100B_T + 180B_T = 280B_T$$

$P_0 = 100B_T$ - P в момент времени 0с

P_1 - P в момент времени 180с

$$P_1 = 280B_T$$

Поскольку Резиенение линейно, можем обозначить за $P_{ср}$ среднюю мощность передатчика мощность за время перед $T = 180c$.

$$P_{ср} = \frac{P_1 + P_0}{2} \text{ (т.к. Резиенение линейно)}$$

$$P_{ср} = \frac{280B_T + 100B_T}{2} = 190B_T \text{ - средняя мощность передатчика}$$

Можем найти тепло, рассеянное за период $T = 180c$:

$$Q_{потерь} = P_{ср} \cdot T$$

$$Q_{потерь} = 190B_T \cdot 180c = 34200 \text{ Дж}$$

$$Q_{потерь} = 34,2 \text{ кДж}$$

Найдем тепло, введенное нагревателем за период $T = 180c$:

$$Q_T = P_H \cdot T$$

$$Q_T = 400B_T \cdot 180c = 72000 \text{ Дж}$$

$$Q_T = 72 \text{ кДж}$$

$$\begin{array}{r} 790 \\ \times 180 \\ \hline 000 \\ 1520 \\ 190 \\ \hline 34200 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 790 \\ \times 180 \\ \hline 000 \\ 1520 \\ 190 \\ \hline 34200 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 400 \\ \times 180 \\ \hline 000 \\ 3200 \\ 400 \\ \hline 72000 \end{array}$$

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!

СТРАНИЦА 3

Найдем тепло, которое получила вода:

$$Q = Q_T - Q_{\text{потерь}}$$

$$Q = 72 \text{ кДж} - 34,2 \text{ кДж} = \\ = 37,8 \text{ кДж}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t$$

m - масса воды

$$m = \rho \cdot V \quad m = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,001 \text{ м}^3 = 1 \text{ кг}$$

$$\Delta t = \tilde{t}_1 - \tilde{t}_0 \quad \Delta t - \text{изменение температуры}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t$$

$$37,8 \text{ кДж} = 1 \text{ кг} \cdot 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{37800 \text{ Дж}}{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 1 \text{ кг}} = 9 ^\circ\text{C}$$

$$\tilde{t}_1 = \Delta t + \tilde{t}_0$$

$$\tilde{t}_1 = 9 ^\circ\text{C} + 16 ^\circ\text{C} = 25 ^\circ\text{C}$$

$$\text{Ответ: } P_H = 400 \text{ Вт} \\ \tilde{t}_1 = 25 ^\circ\text{C}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

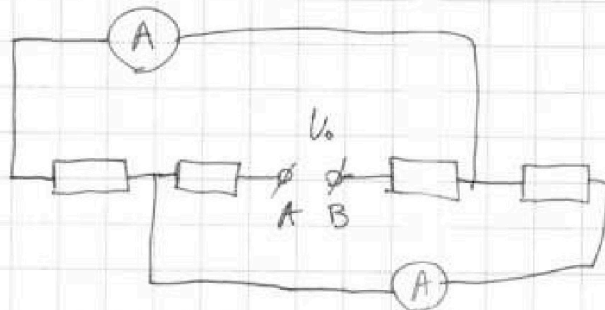
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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

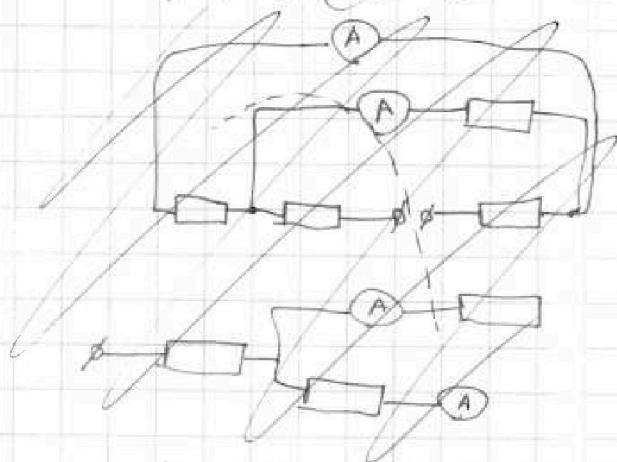
СТРАНИЦА 1

U_0 - напряжение
источника



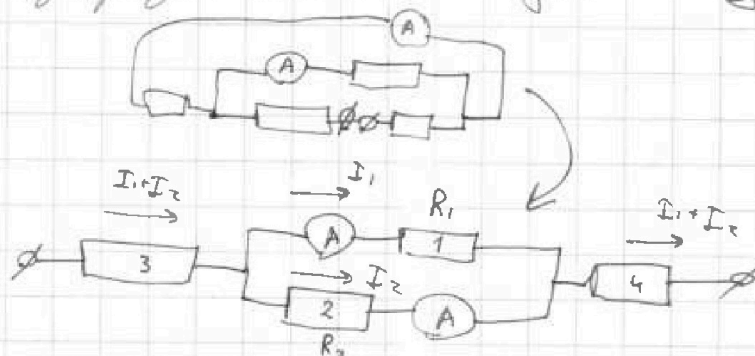
$$\begin{array}{r} 12 \\ \times 125 \\ \hline 1500 \end{array}$$

Нераспределенная эквивалентная схема:



Обозначим
резисторы
цифрами 1, 2, 3, 4.

Изобразим эквивалентную схему:



По полученной эквивалентной схеме легко понять, что при параллельном соединении амперметров, резисторы, подключенные к амперметрам последовательно, имеют разный ток. (Иначе, если бы резисторы были соединены, то и показания амперметров были бы одинаковыми).

Пусть сопротивление верхнего резистора равно $R_1 = 30 \text{ Ом}$, а нижнего $R_2 = 60 \text{ Ом}$.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

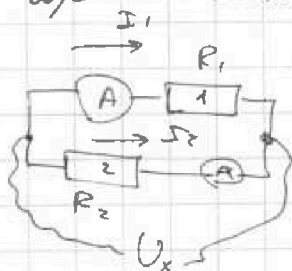
МФТИ

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

СТРАНИЦА 2

П.к. $R_1 < R_2$, по верхней ветке
пойдёт больший ток I_1 (п.к. амперметр
соединён параллельно)

при параллельном соединении проводников,
токи, текущие через проводники, делятся в отношении,
обратном отношению проводников.



$$I_2 = I_1 \cdot \frac{R_1}{R_2}$$

$$I_2 = 2 \text{ A} \cdot \frac{30 \text{ Ом}}{60 \text{ Ом}} = 1 \text{ A}$$

$$I_2 = 1 \text{ A}$$

$$P = UI - \text{закон Джоуля-Ленца}$$

В оставшихся резисторах

I_0 - общий ток в цепи

$$I_0 = I_1 + I_2 - (\text{по правилу Кирхгофа})$$

$$I_0 = 2 \text{ A} + 1 \text{ A} = 3 \text{ A} \quad I_0 = 3 \text{ A}$$

Среди оставшихся резисторов 3 и 4

одна имеет сопротивление 30 Ом , а другая 60 Ом .
Пусть $R_3 = 30 \text{ Ом}$, а $R_4 = 60 \text{ Ом}$ (разница)
через резисторы R_3 и R_4 пойдёт ток I_0 .

Найдём мощность, выделяющуюся на резисторах:

P_1, P_2, P_3, P_4 - мощности, выделяющиеся
соответственно на резисторах 1, 2, 3, 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!

СТРАНИЦА 3

$$U_1 = I_1 \cdot R_1$$

$$U_2 = I_2 \cdot R_2$$

$$U_3 = I_0 \cdot R_3$$

$$U_4 = I_0 \cdot R_4$$

$$U_1 = U_2 = U_x = 60 \text{ В}$$

$$R_3 = R_1 = 30 \text{ Ом}$$

$$R_2 = R_4 = 60 \text{ Ом}$$

$$P_1 = U_1 \cdot I_1 = I_1^2 \cdot R_1 = 4 \text{ А}^2 \cdot 30 \text{ Ом} = 120 \text{ Вт}$$

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 = I_2^2 \cdot R_2 = 1 \text{ А}^2 \cdot 60 \text{ Ом} = 60 \text{ Вт}$$

$$P_3 = U_3 \cdot I_0 = I_0^2 \cdot R_3 = 9 \text{ А}^2 \cdot 30 \text{ Ом} = 270 \text{ Вт}$$

$$P_4 = U_4 \cdot I_0 = I_0^2 \cdot R_4 = 9 \text{ А}^2 \cdot 60 \text{ Ом} = 540 \text{ Вт}$$

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 540 \text{ Вт} + 270 \text{ Вт} + 60 \text{ Вт} + 120 \text{ Вт}$$

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

$$P = 540 + 270 + 60 + 120 = 990 \text{ Вт}$$

$$\begin{array}{r} 180 \\ + 270 \\ \hline 450 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 540 \\ + 270 \\ \hline 810 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 810 \\ + 180 \\ \hline 990 \end{array}$$