



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

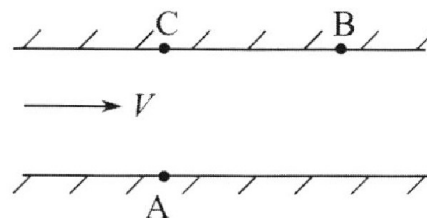
Вариант 09-02

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.

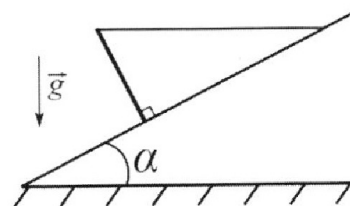
- 1) Найдите наибольшую высоту H , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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 $\alpha = 30^\circ$.



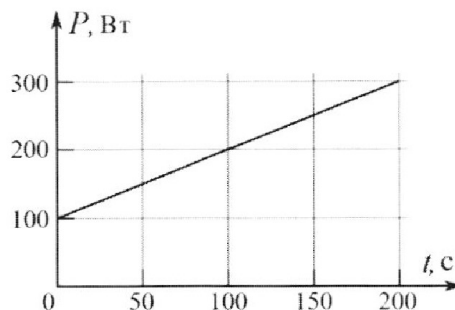
- 1) Найдите массу m стержня.
- 2) Найдите силу $F_{тр}$ трения, действующую на стержень.
- 3) При каких значениях коэффициента μ трения скольжения стержень будет находиться в покое? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

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.

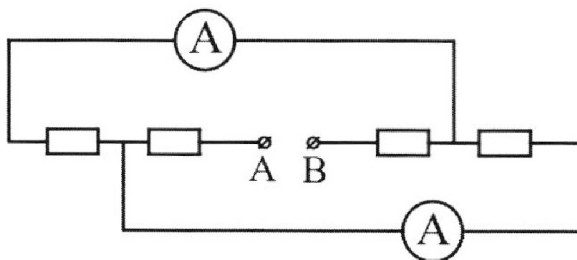
Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, удельная теплоемкость воды $c = 4200 \text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$.

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 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?



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1

☒

2
□3
□

4

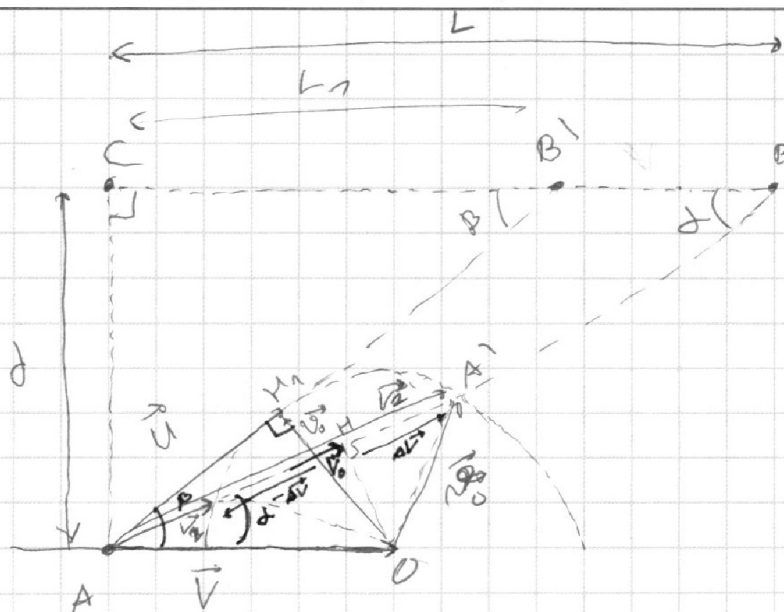
5
□

6

7

МФТИ

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



- г) Перейдем в АСД из СД реки и найдем скорости течения в АСД: скорости течения $\vec{V}_i$

Представляет собой вектор, проведённый из начала вектора $\vec{V}$ - скорости реки к точке касания с границей

В - скорость движения в воде, с электром в канале (см. рис.)

- 2.) w Th Pythagoras $A^2 + B^2 = \sqrt{AC^2 + CB^2}$

$$\rightarrow S_{40} = \sqrt{d^2 + L^2} = \sqrt{50^2 + 120^2} \text{ m} = 130 \text{ m}$$

$$\boxed{V_n} = \frac{S_{AO}}{T_n} = \frac{130 \text{ m}}{100 \text{ c}} = \boxed{1,3 \text{ m/c}}$$

$$\boxed{V_2} = \frac{S_{20}}{I_2} = \frac{930 \text{ m}}{240 \text{ L}} = \frac{13}{24} \text{ m/c}$$

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!

3) Проведён из O окр. перпендикуляр к $\vec{V}_1$ и $\vec{V}_2$,
тогда $\vec{AO} = \vec{V}_0$

и по CB -у хорду можно сказать, что
 V_1 и V_2 откл. от V_0 на нек. уг. ΔV , т.е.:

$$V_1 = V_0 + \Delta V \quad V_2 = V_0 - \Delta V$$

тогда $V_1 + V_2 = 2V_0$

$$V_0 = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

4) При этом $\triangle AHO$ - н/у с π у H :

тогда $\frac{AH}{AO} = \cos \alpha = \frac{V_0}{V}$

$$\Delta \triangle ACB: \cos \alpha = \frac{CB}{AB} = \frac{12}{13}$$

$$V = \frac{V_0}{\cos \alpha} = \frac{13}{12} V_0 = \frac{13}{24} (V_1 + V_2)$$

$$V = \frac{13}{24} \left(\frac{13}{10} + \frac{13}{24} \right) =$$

$$= \frac{13}{24} \left(\frac{13 \cdot 24 + 13 \cdot 10}{240} \right) =$$

$$= \frac{132}{242} \left(\frac{34}{10} \right) = \frac{169 \cdot 12}{546 \cdot 5} =$$

$$= \frac{2823}{2820} \text{ м/с } (\approx 1 \text{ м/с})$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

6) Нормальное смещение достигается при наименьшем
угле β (см. рис), т.е. когда
→, абс. скорость на этом пути:
и является кас. к окружности

т.е. $\triangle AA_1O$ - н/у:

$$\cos \beta = \frac{v_0}{\sqrt{v^2 - v_0^2}}$$

$$L_1 = \frac{d}{\tan \alpha} = \frac{d \sqrt{v^2 - v_0^2}}{v_0}$$

$$\text{тогда } S = L - L_1 = L - \frac{d \sqrt{v^2 - v_0^2}}{v_0}$$

5) Найдём v_0 - абс. скорость лодки
по теореме косинусов $\triangle AA_1O$:

$$v_0 = \sqrt{v^2 + v_1^2 - 2 \cos \alpha v_1 v}$$

$$\text{тогда } L_1 = d \frac{\sqrt{2 v_1 v \cos \alpha - v_1^2}}{\sqrt{v^2 + v_1^2 - 2 \cos \alpha v_1 v}}$$

$$S = L - d \frac{\sqrt{2 v_1 v \cos \alpha - v_1^2}}{\sqrt{v^2 + v_1^2 - 2 \cos \alpha v_1 v}}$$

$$\text{Ответ: } v_1 = \frac{13}{10} \text{ м/с} \quad v_2 = \frac{13}{24} \text{ м/с}$$

$$V = \frac{13}{24} (v_1 + v_2) = \frac{2243}{2400} \text{ м/с} (\approx 1 \text{ м/с})$$

$$S = L - d \frac{\sqrt{2 v_1 v \cos \alpha - v_1^2}}{\sqrt{v^2 + v_1^2 - 2 \cos \alpha v_1 v}} \quad \text{где } \cos \alpha = \frac{12}{13}$$

$$= L - d \frac{\sqrt{\frac{2 \cdot 13}{10} v_1 v - v_1^2}}{\sqrt{v^2 + v_1^2 - 2 \cdot \frac{12}{13} v_1 v}}$$

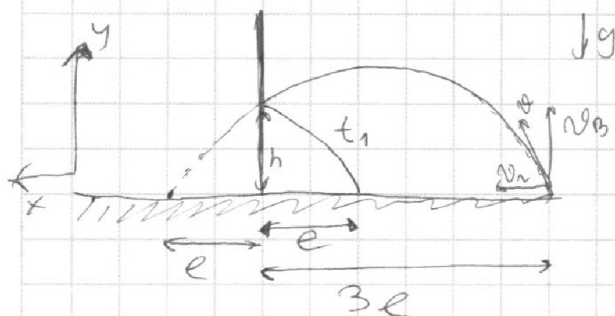
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



1) Изначально париж

имеет v_x - горизонтальная

v_y - вертикальная
скорости

2) После удара v_y скорость

мяча отбрасывается назад, v_x сохраняет своё
направление.

3) $t_{\text{п}} = 2 \frac{v_y}{g}$ - время всего полёта.

$$v_x \cdot t_1 = e$$

$$v_x \cdot (t_{\text{п}} - t_1) = 3e = 3t_1 v_x$$

$$4t_1 = t_{\text{п}}$$

$$t_1 = \frac{t_{\text{п}}}{4} = \frac{v_y}{2g}$$

4) По 3 с v скорость в конце полёта = скорости в начале,
т.е. $v_x = \text{const}$ (на париж не действуют)
т.е. $v_{\text{вк}} = v_{\text{вн}}$ (париж - сила, из-за инерции)

5) Пользуясь принципом обратимости времени,
выразим h :

$$h = v_y \cdot t_1 - \frac{gt_1^2}{2}$$

$$= \frac{v_y^2}{2g} - \frac{v_y^2}{8g} = \frac{3}{8} \frac{v_y^2}{g}$$

$$v_y = \sqrt{\frac{8}{3}gh} = \sqrt{\frac{8}{3} \cdot 10 \cdot 5,4} \text{ м/с} \\ = \sqrt{\frac{57,6}{3}} \text{ м/с} = \sqrt{19,2} \text{ м/с} \\ = 4,38 \text{ м/с}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$6) \quad t_1 \leq \frac{v_0}{2g} = \frac{12 \text{ м/с}}{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 0,6 \text{ с}$$

$$h_{\text{по условию}} = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{12^2 \text{ м}^2/\text{с}^2}{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 7,2 \text{ м}$$

3. Найдём v_2 горизонтальную скорость
мачи, после столкновения со стенкой движущейся с U .

1) П в СО стенки: $v_2' = -U + v_2$
отн. скорости в СО стенки

т.е. $v_2' = U + v_2$
1.2) После удара v_2' поменяло своё направление

1.3) П в СО земли: $v_2' = v_2 + 2U$
↑ скорость после удара

2) За время после удара t_1 в 1 случае
мач прошёл $l_1 = v_2 \cdot t_1$

во 2 случае $l_2 = v_2' \cdot t_1 = (v_2 + 2U) t_1$

$$\Delta = l_2 - l_1 = 2U t_1$$

$$U = \frac{\Delta}{2t_1} = \frac{1,2 \text{ м}}{2 \cdot 0,6 \text{ с}} = 1,5 \text{ м/с}$$

Ответ: $h = 7,2 \text{ м}$

$$t_1 = 0,6 \text{ с}$$

$$U = 1,5 \text{ м/с}$$

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

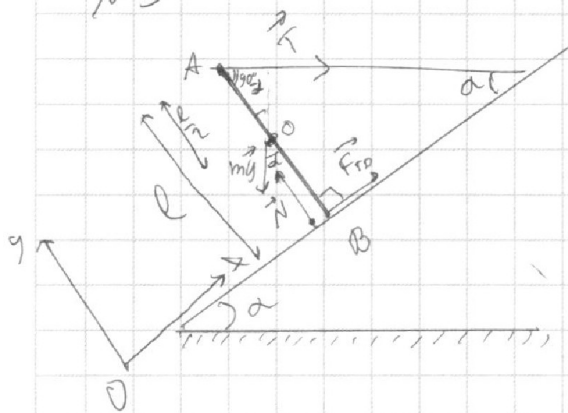
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



МФТИ

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

N3



1) ΣM - озн. т. A:

$$mg \sin \alpha = \frac{l}{2} \cdot F_{TP} \cdot l$$

$$\text{а) } F_{TP} = mg \frac{\sin \alpha}{2}$$

1.2) ΣF - по уравнениям:

$$\text{По } Oy: \text{а) } T \sin \alpha + mg \cos \alpha = N$$

$$\text{на } OX: \text{а) } T \cos \alpha + F_{TP} = mg \sin \alpha$$

2) по уравнениям 1) и 2)

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

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

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

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

$$3) F_{TP} \leq \mu N = \mu (T \sin \alpha + mg \cos \alpha)$$

$$\mu \geq \frac{F_{TP}}{T \sin \alpha + mg \cos \alpha} = \frac{T \cos \alpha}{T \sin \alpha + 2 T \cot \alpha \cos \alpha}$$

$$\mu \geq \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha + \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}} = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha + \frac{1 - \sin^2 \alpha}{\sin \alpha}} = \frac{\cos \alpha}{\frac{1}{\sin \alpha}} = \cos \alpha \sin \alpha = \left(\frac{1}{2} \sin 2\alpha \right)$$

Ответ:

$$m = \frac{2T}{g} \cot \alpha =$$

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

$$\mu \geq \cos \alpha \cdot \sin \alpha =$$

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!

1) $P_H = I \cdot U = \frac{U^2}{R} = \frac{100 \text{ В}^2}{250 \Omega} = 400 \text{ Вт}$

2) $P_H(t)$ — прямая зависимость (по закону линейного роста)
найдем её ур-е, напр. константы номер

$$P_H(t) = P_0 + \frac{\Delta P}{\Delta t} t = 100 \text{ Вт} + \frac{180}{1} t$$

Из графика $P(t)$ есть кол-во теплоты,
которое ушло на нагрев, за время $T = 180 \text{ с}$

$$Q_H = \frac{P_0 + P(T)}{2} \cdot T = \frac{100 + 280}{2} \cdot 180 \text{ Дж} = 160 \cdot 180 \text{ Дж} = 28,8 \text{ кДж}$$

при этом $P(T) = 100 \text{ Вт} + 180 \text{ Вт} = 280 \text{ Вт}$

3) УТБ

$$Q_B = Q_H - Q_H = P_H \cdot T - Q_H$$

и $c_{\text{св}}(m - m_0)$

$$m = \frac{P_H \cdot T - Q_H}{c_{\text{св}}} + m_0$$

$$= \frac{0,400 \text{ кВт} \cdot 180 \text{ с} - 28,8 \text{ кДж}}{4,2 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{C}} + 16^\circ\text{C} =$$

$$= \frac{72 \text{ кДж} - 28,8 \text{ кДж}}{4,2 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{C}} + 16^\circ\text{C} =$$

$$= \frac{43,2 \text{ кДж}}{4,2 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{C}} + 16^\circ\text{C} =$$

$$= 10 \frac{1,2}{4,2} ^\circ\text{C} + 16^\circ\text{C} = 26 \frac{2}{7} ^\circ\text{C}$$

имеем: $P_H = 400 \text{ Вт}$

$$m = 26 \frac{2}{7} ^\circ\text{C}$$

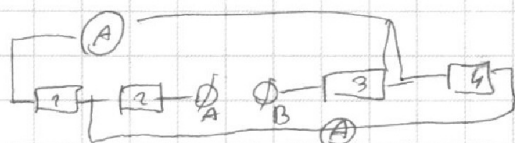
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

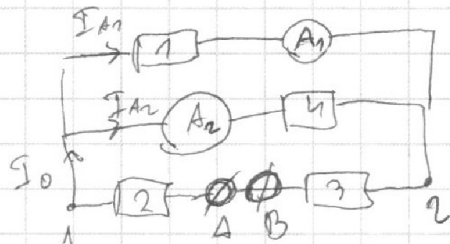
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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



1) Обозначим значения резисторов и Перенесем схему



2) Амперметры включены в цепь последовательно с рез-
1 и 4, подключаются
параллельно к точкам 1 и 2.

3) $\int U_1 - U_2 = U_{12}$ - напряж. между т. 1 и 2

тогда
$$I_{A1} = \frac{U_{12}}{R_1}$$

$$I_{A2} = \frac{U_{12}}{R_4}$$

$$I_{A2} = \frac{R_1}{R_4} I_{A1}$$
 ток протекает через амперметры

4) $\int I_{A1} - \text{больше чем } I_{A2}$, тогда $\frac{R_1}{R_4} < 1$

тогда ~~возможно~~ $R_1 < R_4$

т.е. $R_1 = 30 \text{ Ом}$ $R_4 = 60 \text{ Ом}$

$R_2 + R_3 = 30 \text{ Ом} + 60 \text{ Ом} = 90 \text{ Ом}$

5) тогда $I_{A2} = \frac{30 \text{ Ом}}{60 \text{ Ом}} \cdot 2 \text{ А} = 1 \text{ А}$

6) общий ток в цепи $I_0 = I_{A1} + I_{A2} = 3 \text{ А}$

общее сопр. $R_0 = R_2 + R_3 + \frac{R_1 \cdot R_4}{R_1 + R_4} \leq 90 \text{ Ом} + \frac{30 \cdot 60}{30 + 60} \text{ Ом} \leq$

мощность сил в источнике $P = I_0^2 \cdot R = \frac{I_0^2}{1/\text{Ом}}$ т.е. $\frac{1}{R_0}$ $\leq 90 \text{ Ом} + 20 \text{ Ом} \leq$
 $\leq 9 \text{ А}^2 \cdot 110 \text{ Ом} = 990 \text{ Вт} \leq 110 \text{ Вт}$

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

 **МФТИ**

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

11
82



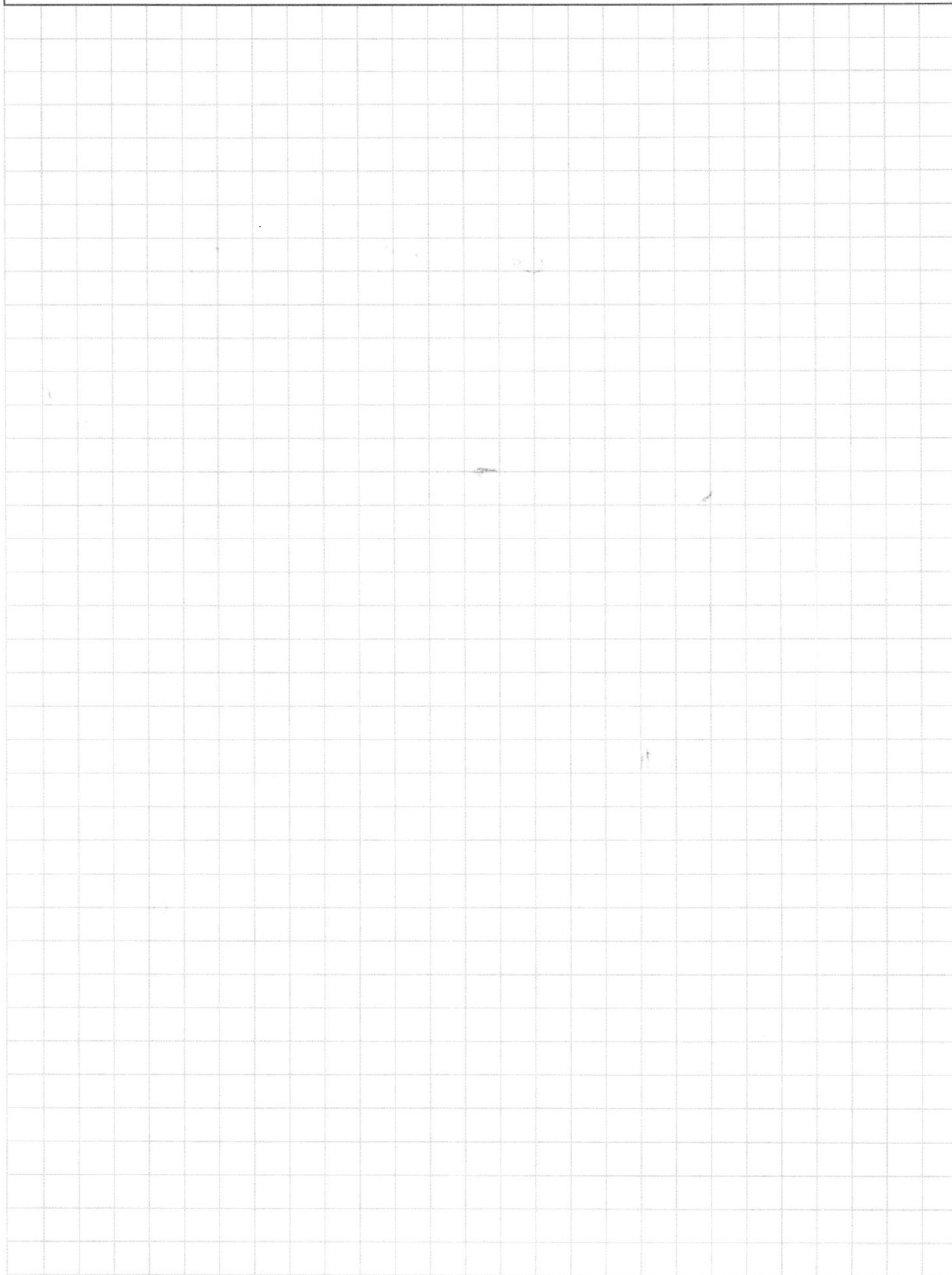
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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



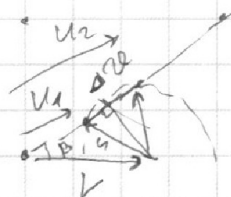
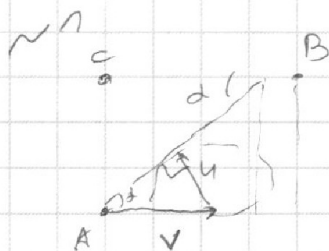
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$L_1 = \frac{d}{v_1} = \frac{d - \sqrt{u^2 - v^2}}{u}$$

$$v_1 = c_1 = \sqrt{CA^2 + CB^2} \quad \text{1. } c_2$$

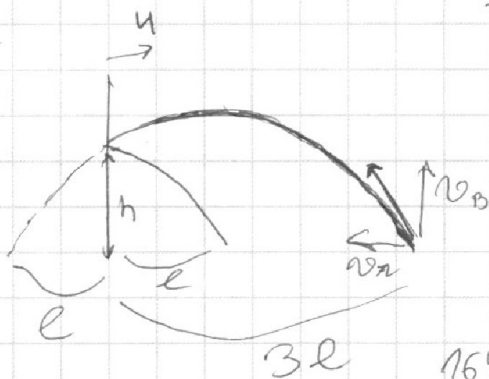
$$(u_1 + \Delta u) \cdot c_2 = \sqrt{CA^2 + CB^2} \cdot c_1$$

$$\Delta V \cdot c_2 = (c_1 - c_2) \sqrt{CA^2 + CB^2}$$

$$\Delta V = \frac{c_1 - c_2}{c_1 c_2} \cdot 130 \text{ м/с}$$

$$= \frac{140 - 100}{5}$$

$$u, t_1, u$$



$$t_1 = \frac{1}{4} t_n = \frac{v_B}{2g}$$

$$h = v_B \cdot t_1 + \frac{gt_1^2}{2} = 2 \frac{v_B^2}{g} + 2g \frac{v_B^2}{g^2} = 4 \frac{v_B^2}{g} \quad (\text{проверка})$$

$$\begin{array}{r} 24^2 \\ 24 \cdot 25 \\ \hline 600 \end{array}$$

$$625 - 2 \cdot 25 \cdot 19$$

$$\begin{array}{r} 160 \\ \times 180 \\ \hline 28800 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 432 \\ - 420 \\ \hline 120 \\ - 84 \\ \hline 360 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 16 \\ \times 18 \\ \hline 288 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 42 \\ \hline 10 + 2 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} v_B = \dots \\ v_B^2 = v_B^2 + u \\ t_1 = \dots \\ u = \dots \end{array}$$

$$432$$



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!

№3 TB 2

№4

$$Q_{\pi} = 200 \text{ Вт} \cdot 200 \text{ с} = 40000 \text{ Дж} \quad P_{\pi} = 40 \text{ кВт}$$

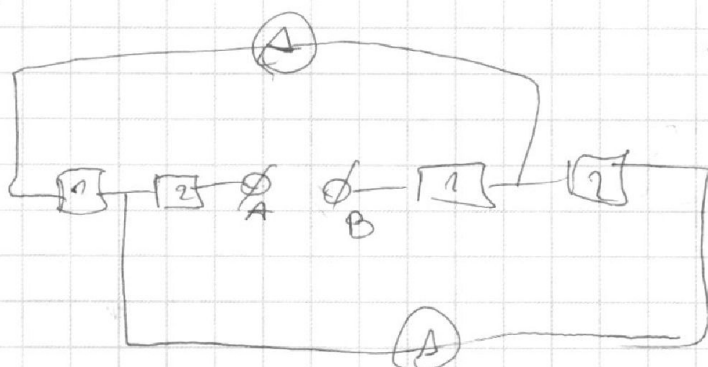
$$Q_{\pi} = C_m \Delta T \leq P \cdot T$$

(через $P = \lambda \Delta T$)

$$Q_{\pi} = (P_H - P_{\pi}) \cdot \tau = P_H \cdot \tau - Q_{\pi}$$

TB 2

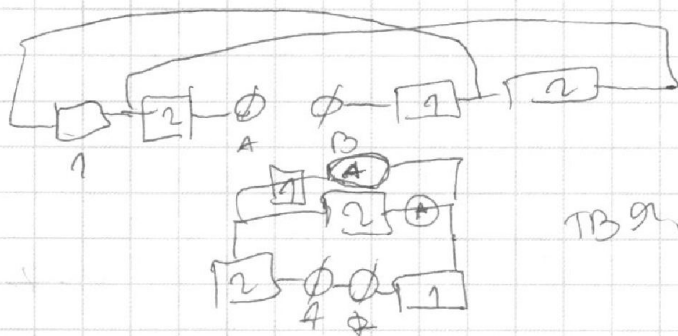
№5



Тогда ток, и напряжение

$$I_1 = I_2 \text{ (в цепи)}$$

математика



$$\begin{array}{r} 164 \\ \times 14 \\ \hline 112 \\ 169 \\ \hline 2296 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 576 \\ \times 5 \\ \hline 2880 \end{array}$$