



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

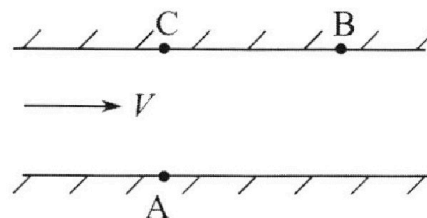
Вариант 09-02

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.

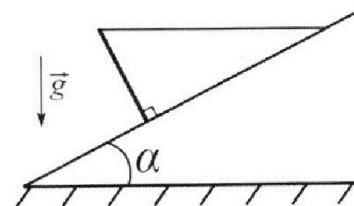
- 1) Найдите наибольшую высоту H , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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.

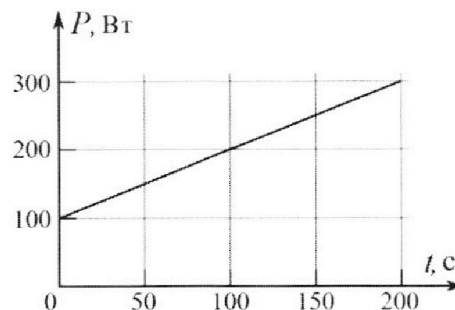
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

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 $\tilde{t}_0 = 16$ °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.

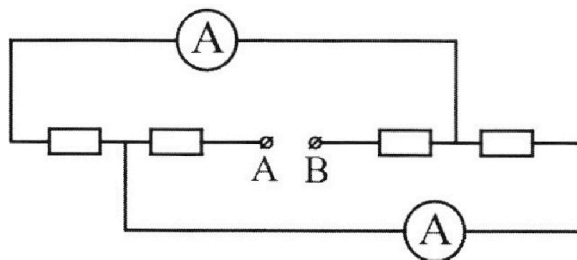
Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³, удельная теплоемкость воды $c = 4200$ Дж/(кг·°С).

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?



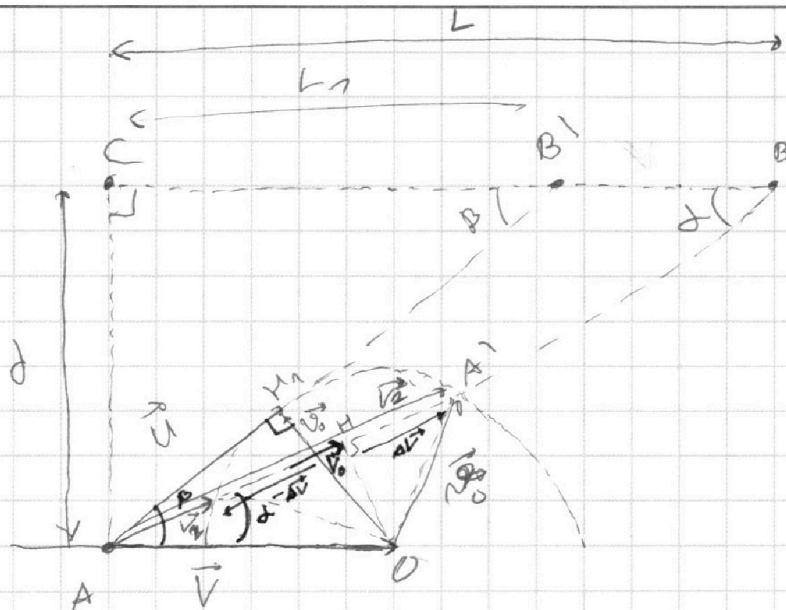
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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) Корейдём в ACD из C реки и найдём скорость течения в AO : скорость течения \vec{V}

Представляет собой вектор, проведённый из начала вектора \vec{V} - скорость реки к точке на окр. с радиусом

\vec{V}_0 - скорость лодки в воде, с вектором в конце \vec{V} (см. рис.)

2) по теореме Пифагора $AB = \sqrt{AC^2 + CB^2}$

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

расстояние от А до В

$$V_1 = \frac{S_{AB}}{T_1} = \frac{130 \text{ м}}{100 \text{ с}} = 1,3 \text{ м/с}$$

$$V_2 = \frac{S_{AB}}{T_2} = \frac{130 \text{ м}}{240 \text{ с}} = \frac{13}{24} \text{ м/с}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

МФТИ

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!

3) Проведём из y окружность перпендикуляр к \vec{V}_1 и \vec{V}_2 ,
тогда $\vec{AH} = \vec{V}_0$

и по CB-высоту можно сказать, что
 V_1 и V_2 ортогональны от V_0 на вектор 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 πy H :

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

$$\text{А в } \triangle ACB: \cos \alpha = \frac{CB}{AB} = \frac{12}{13}$$

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

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

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

$$= \frac{132}{242} \left(\frac{37}{10} \right) = \frac{169 \cdot 12}{546 \cdot 5} =$$

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

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!



б) Нормальная скорость достигается при комбинации

угле β (см. рис), т.е. когда

\rightarrow абс. скорость на этом пути:
 U является кас. к окружности

т.е. $\triangle AN_1O$ - н/у:

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

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

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

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

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

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

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

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

$$v = \frac{13}{24} (v_1 + v_2) = \frac{22 \cdot 13}{2400} \text{ м/с} \approx 1 \text{ м/с}$$

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

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

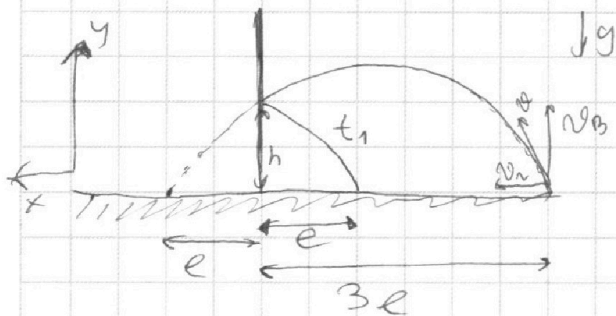
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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 шарик

имеет v_x - горизонтальная

v_y - вертикальная

скорости

2) После удара v_x скорость

шарика остается неизменной, v_y меняет 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 θ скорость в конце полёта = скорости в начале, т.е. $v_x = \text{const}$ (на шарик не действуют силы), $v_{\text{ок}} = v_{\text{вн}}$ (гориз. - сила, изм. его направление)

5) Пользуясь принципом обратимости времени, выразим h :

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

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

$$v_y = \sqrt{\frac{8}{3} g h} = \sqrt{\frac{8}{3} \cdot 10 \cdot 5,4} \text{ м/с}$$

$$= \sqrt{\frac{57,6}{3}} \text{ м/с} = \sqrt{19,2} \text{ м/с}$$

$$= 4,38 \text{ м/с}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input checked="" 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!

$$6) \quad t_1 \leq \frac{v_0}{2g} = \frac{12 \text{ м/с}}{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 0,6 \text{ с}$$
$$\text{по формуле } h = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{12^2 \text{ м}^2/\text{с}^2}{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 7,2 \text{ м}$$

3. Ландо v_0 ~~горизонтально~~ ^{горизонтально} скоростью v_0 летит, после столкновения со стенкой движется с v_1 .

1) П в СО стенки: $v_1 = -v_0 + v_2$
или, используя ССО стенки

2) После удара v_2 ^{т.е. $v_2 = v_0 + v_1$} поменяло своё направление

3) П в СО земли: $v_1' = v_2 + 2v$
Умножить на удара

2) За время после удара t_1 в 1 случае
маш пройдёт $l_1 = v_1 \cdot t_1$

во 2 случае $l_2 = v_1' \cdot t_1 = (v_2 + 2v) t_1$

$$d = l_2 - l_1 = 2v t_1$$

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

Ответ: $h = 7,2 \text{ м}$

$$t_1 = 0,6 \text{ с}$$

$$v = 1,5 \text{ м/с}$$

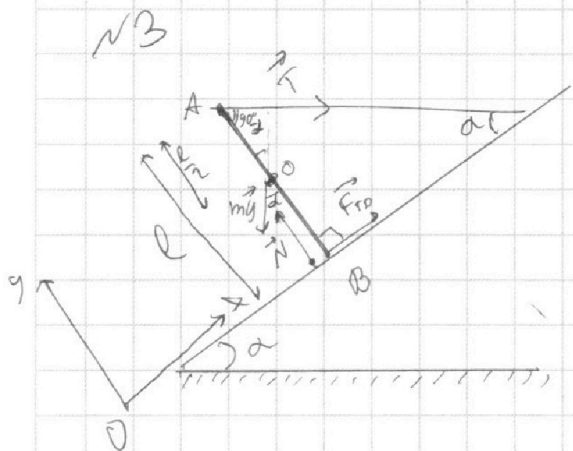
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



1) $\sum M_{Omn. T. A} :$

$$mgs \sin \alpha = \frac{l}{2} = F_{тр} \cdot l$$

$$\text{a) } F_{тр} = mg \frac{\sin \alpha}{2}$$

1.2) $\sum \text{Условие равновесия:}$

На OY: $\text{a) } T \sin \alpha + mg \cos \alpha = N$

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

2) поגעעבן a) \& b)

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

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

$$F_{тр} = T \cos \alpha$$

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

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

$$\mu \geq \frac{F_{тр}}{T \sin \alpha + mg \cos \alpha} = \frac{T \cos \alpha}{T \sin \alpha + 2T \operatorname{ctg} \alpha \cos \alpha}$$

$$\mu \geq \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha + \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}} = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha + \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}} = \frac{\cos \alpha}{\frac{\sin^2 \alpha + \cos \alpha}{\sin \alpha}} = \frac{\cos \alpha \sin \alpha}{\sin^2 \alpha + \cos \alpha} = \frac{\cos \alpha \sin \alpha}{\sin^2 \alpha + \cos \alpha}$$

Ответ: $m = \frac{2T}{g} \operatorname{ctg} \alpha =$

$$F_{тр} = T \cos \alpha =$$

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

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7



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

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

∫ под графиком $P(t)$ есть кол-во теплоты, которое было на нагрев, за время $T = 120 \text{ с}$

$$Q_H = \frac{P_0 + P(T)}{2} \cdot T = \frac{100 + 200}{2} \cdot 120 \text{ Дж} = 160 \cdot 120 \text{ Дж} = 19,2 \text{ кДж}$$

при этом $P(T) = 100 \text{ Вт} + 120 \text{ Вт} = 220 \text{ Вт}$

3) УТБ

$$Q_B = Q_H - Q_{\text{п}} = P_H \cdot T - Q_{\text{п}}$$

$$c m \Delta T = \frac{P_H \cdot T - Q_{\text{п}}}{c m \Delta T} + t_0$$

$$= \frac{0,4 \text{ кВт} \cdot 120 \text{ с} - 19,2 \text{ кДж}}{4,2 \text{ кДж/кг} \cdot 1 \text{ кг}} + 16^\circ \text{C} =$$

$$= \frac{48 \text{ кДж} - 19,2 \text{ кДж}}{4,2 \text{ кДж/кг}} + 16^\circ \text{C} =$$

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

$$= 6,857^\circ \text{C} + 16^\circ \text{C} = 26,857^\circ \text{C}$$

имеем: $P_H = 400 \text{ Вт}$

$$t_1 = 26,857^\circ \text{C}$$

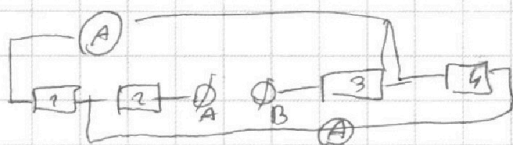
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

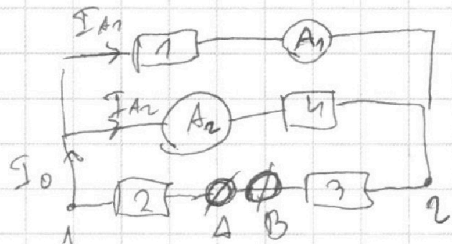
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



1) Обозначим номера резисторов и переименуем схему



2) Амперметры включены в цепь последовательно с рез. 1 и 3, вольтметр включен параллельно к точкам 1 и 2.

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

Тогда
$$I_{A1} = \frac{U_{12}}{R_1}$$

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

$$I_{A2} \leq \frac{R_1}{R_4} I_{A1}$$
 ток через рез. через амперметры

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

тогда возможен след. вариант,

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

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

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

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

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

возможна ли в этом случае $P = I_0^2 \cdot R = \frac{I_0^2}{\frac{1}{R_2 + R_3} + \frac{1}{R_1 + R_4}}$ $\leq 90 \text{ Ohm} + 20 \text{ Ohm} \leq$
 $\leq 9 \text{ A}^2 \cdot 110 \text{ Ohm} = 990 \text{ Bt} \leq 110 \text{ Ohm}$

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



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!



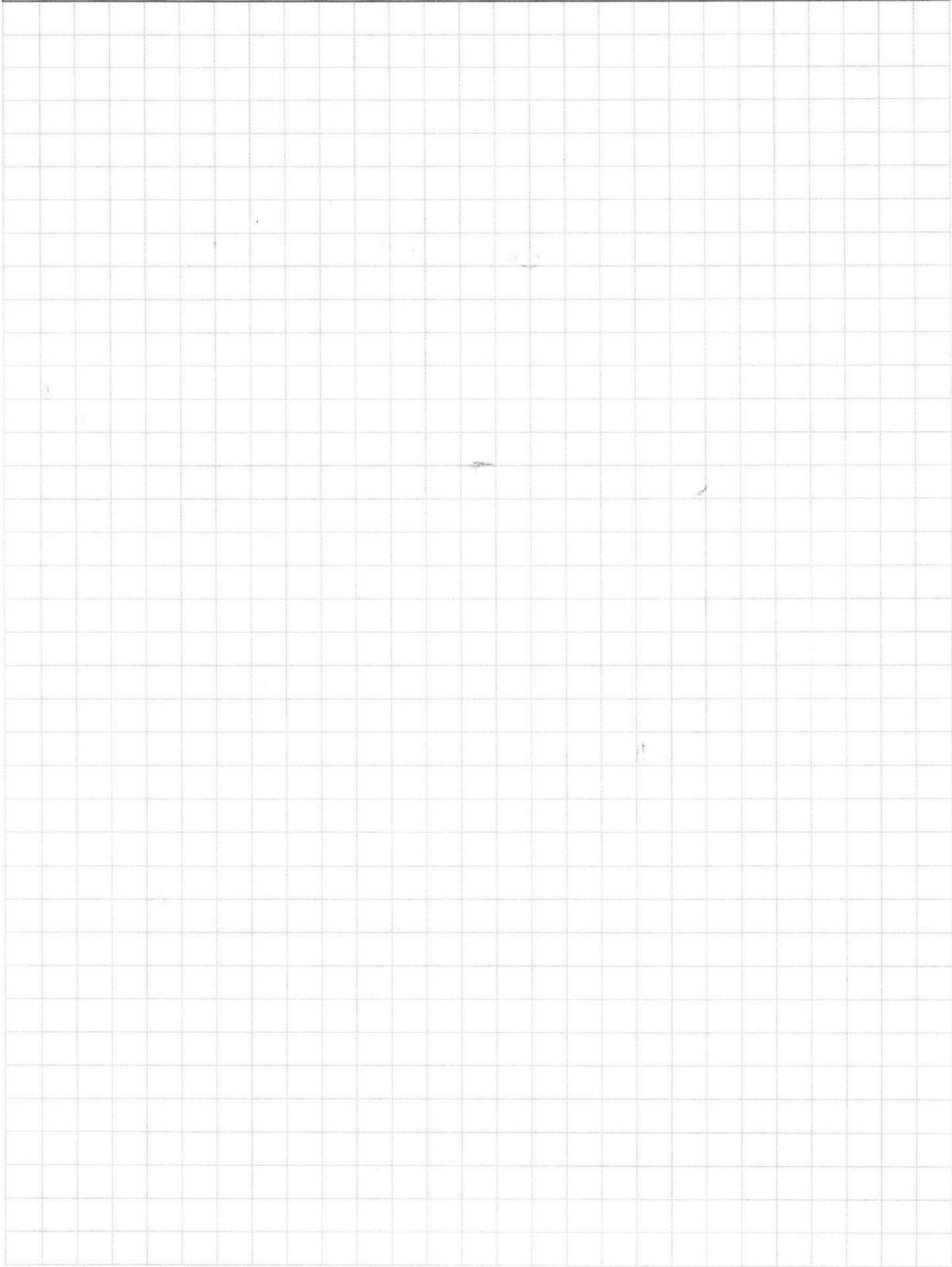
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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.

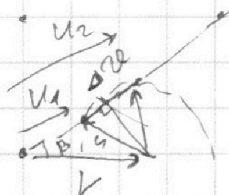
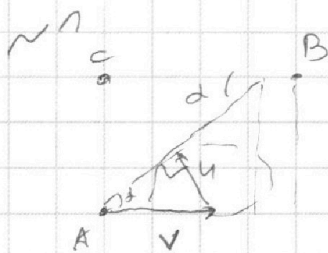
Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

- 1
 2
 3
 4
 5
 6
 7



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



$$L_1 = \frac{d}{\sin \alpha} = \frac{d - \sqrt{v^2 - u^2}}{u} \approx 130 \text{ m}$$

$$v_1 = c_1 = \sqrt{c_A^2 + c_B^2} \quad 1. c_2$$

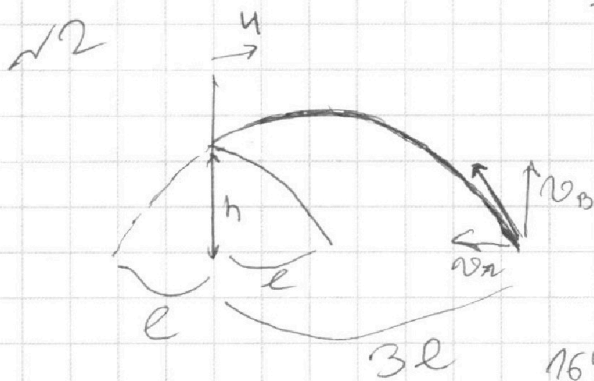
$$(v_1 + u) \cdot c_2 = \sqrt{c_A^2 + c_B^2} \cdot c_1$$

$$\Delta v \cdot c_1 c_2 = (c_1 - c_2) \sqrt{c_A^2 + c_B^2} \quad \approx 130 \text{ m}$$

$$\Delta v = \frac{c_1 - c_2}{c_1 c_2} \cdot 130 \text{ m} \cdot s$$

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

u, t1, v



$$t_1 = \frac{1}{4} t_n = \frac{v_0}{2g}$$

$$t_n = 2 \frac{v_0}{g}$$

$$h = v_0 \cdot t_1 + \frac{g t_1^2}{2}$$

$$= 2 \frac{v_0^2}{g} + 2g \frac{v_0^2}{g^2}$$

$$= 4 \frac{v_0^2}{g} \quad (\text{проверка})$$

24^2
 $24 \cdot 25$
 $\frac{24}{2} \cdot 125$
 $12 \cdot 50$
 $54 \cdot 625$

160
 $\times 180$
 \hline
 12800
 160
 28800

16
 $\times 18$
 \hline
 128
 16
 288

$v_0 = \dots$
 $v_0^2 = v_0^2 + u$
 $t_1 = \dots$
 $u = \dots$

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

432
 $- 420$
 \hline
 120
 $- 84$
 \hline
 360

42
 \hline
 $10 + 2$

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



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

№3 TB →

№4

$$Q_{\text{т}} = 200 \text{ Вт} \cdot 200 \text{ с} = 40000 \text{ Дж} = 40 \text{ кДж}$$

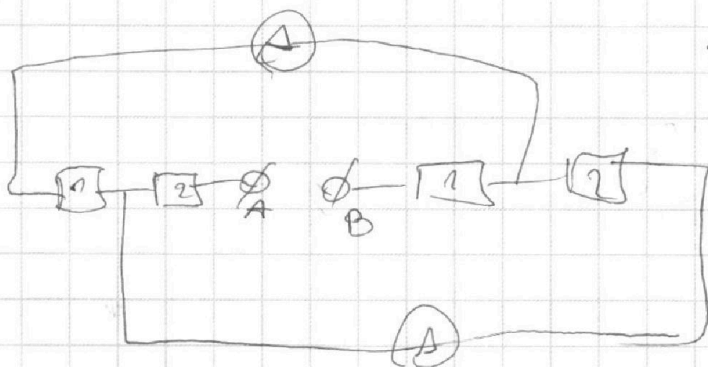
$$Q_{\text{в}} = c m \Delta T \leq P \cdot T$$

(через $P = c \Delta T$)

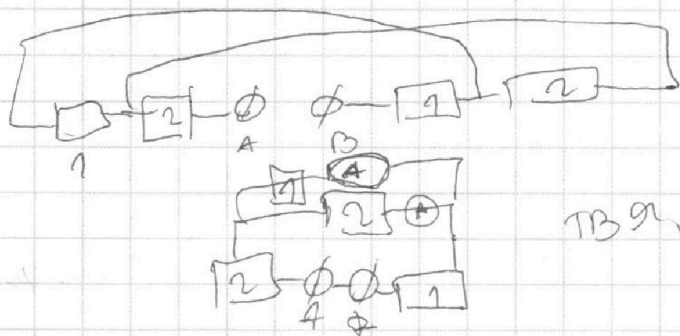
$$Q_{\text{в}} = (P_{\text{н}} - P_{\text{п}}) \cdot t = P_{\text{н}} \cdot t - Q_{\text{п}}$$

№5 TB?

№5



Тогда $I_1 = I_2$ (в силу симметрии)



$$\begin{array}{r} 164 \\ \times 14 \\ \hline 656 \\ 1712 \\ \hline 2296 \end{array}$$

$$TB_{\text{н}} \dots \begin{array}{r} 576 \\ \times 5 \\ \hline 2880 \end{array}$$