



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

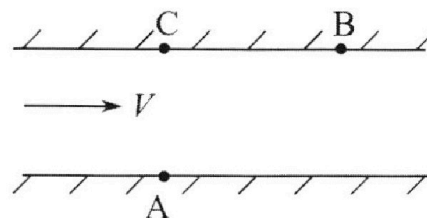
Вариант 09-02

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.

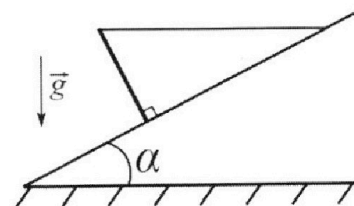
- 1) Найдите наибольшую высоту  $H$ , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время  $t_1$  после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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/с<sup>2</sup>. 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  $\mu$  трения скольжения стержень будет находиться в покое? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

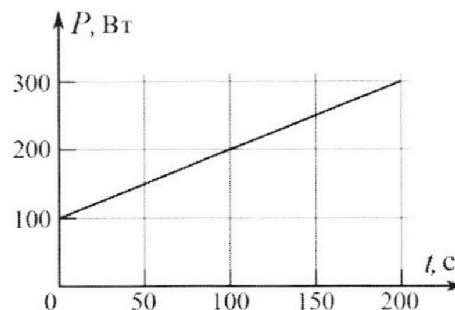
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

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.

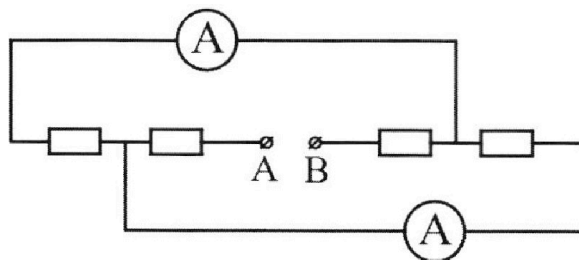
Плотность воды  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, удельная теплоемкость воды  $c = 4200$  Дж/(кг·°С).

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?



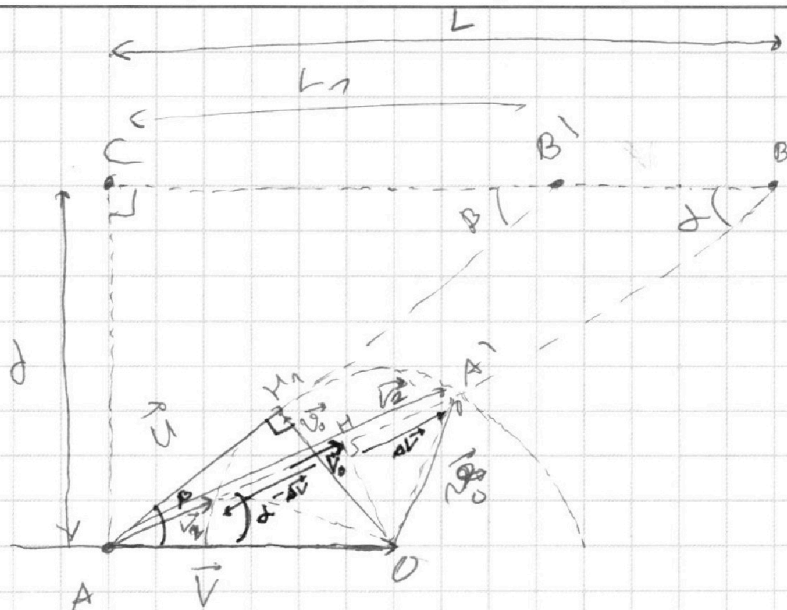
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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  $ACD$ : скорость течения  $\vec{V}_1$

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

$\vec{V}_2$  - скорость лодки в воде, с вектором в конце  $\vec{V}$  (см. рис.)

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

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

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:

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) 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 век. сум.  $\Delta V$ , т.е.:

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

поэтому  $V_1 + V_2 = 2V_0$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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!



6) Нормальная скорость достигается при комбинации

угле  $\beta$  (см. рис), т.е. когда

$\rightarrow$  абс. скорость на этом участке:  
 $U$  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:  $v_1 = \frac{13}{10} \text{ м/с}$      $v_2 = \frac{13}{24} \text{ м/с}$

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

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

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

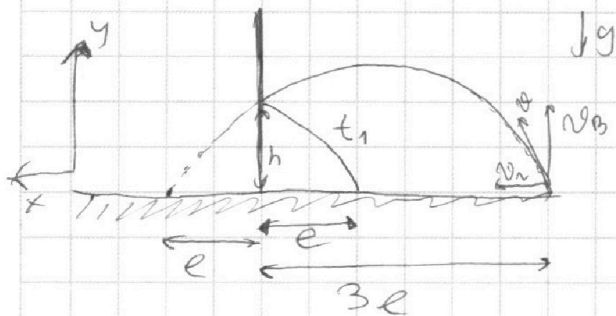
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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)  $\exists$  изначальной париж имеет  $v_{Bx}$  - горизонтальная скорость  $v_{By}$  - вертикальная скорость

2) После удара  $v_{Bx}$  скорость мяча остается неизменной,  $v_{By}$  меняют свое направление.

3)  $t_{\text{п}} = 2 \frac{v_{By}}{g}$  - время всего полета.

$$v_{Bx} \cdot t_1 = e$$

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

$$4t_1 = t_{\text{п}}$$

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

4) По 3 с $\theta$  скорость в конце полета = скорости в начале, т.е.  $v_{Bx} = \text{const}$  (на париж не действует)  $\Rightarrow v_{Bx} = v_{BxH}$  париж - сила, из-за инерции

5) Пользуясь принципом обратимости времени, выразим  $h$ :

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

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

$$v_{By} = \sqrt{\frac{8}{3} g h} = \sqrt{\frac{8}{3} \cdot 10 \cdot 5,4} \text{ м/с} \\ = \sqrt{\frac{57,6}{3}} \text{ м/с} = \sqrt{19,2} \text{ м/с} \\ = 4,38 \text{ м/с}$$

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!

$$6) \quad t_1 \leq \frac{r_0}{2g} = \frac{12 \text{ м/с}}{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 0,6 \text{ с}$$
$$\text{по условию: } H = \frac{r_0^2}{2g} = \frac{12^2 \text{ м}^2/\text{с}^2}{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 7,2 \text{ м}$$

3. Ландо́м  $v_0$  ~~горизонтальную~~ скорость  
мача, после столкновения со стенкой движется с  $v$ .

1) П в СО стенки:  $v_0' = -v - v_0$   
отн. скорости в СО стенки

1.2) После удара  $v_0$  ~~поменяло свое направление~~  
т.е.  $v_0' = v + v_0$

1.3) П в СО земли:  $v_0' = v_0 + 2v$   
↑ скорость мача удара

2) За время после удара  $t_1$  в 1 случае  
мач пройдет  $l_1 = v_0 t_1$

во 2 случае  $l_2 = v_0' t_1 = (v_0 + 2v) t_1$

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

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

Ответ:  $H = 7,2 \text{ м}$

$$t_1 = 0,6 \text{ с}$$

$$v = 1,5 \text{ м/с}$$

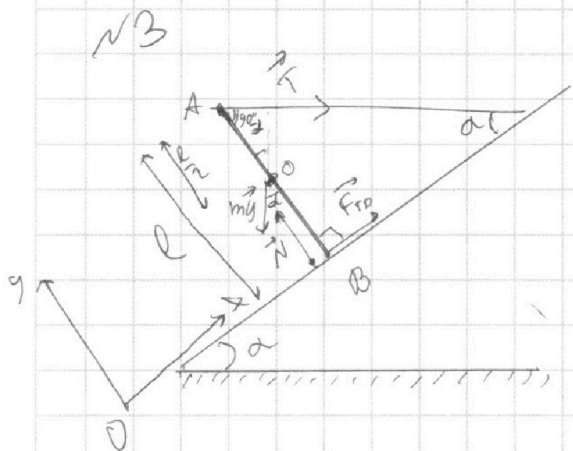
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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

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

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

1.2)  $\sum F_{\text{Коловые равновесия}} :$

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

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

2)  $\sum F_{\text{поглощения}} \text{ a) \& b)}$

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

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

$$F_{тр} = T \cos \alpha$$

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

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

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

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

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

$$F_{тр} = T \cos \alpha =$$

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

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

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 ушло 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

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

с  $Q_{\text{п}}(t_1 - t_0)$

$$t_1 = \frac{P_H \cdot T - Q_{\text{п}}}{C_{\text{св}}}$$

$$= \frac{0,400 \text{ кВт} \cdot 120 \text{ с} - 19,2 \text{ кДж}}{1,2 \text{ кДж/кг} \cdot 1 \text{ кг}} + 16^\circ \text{C} =$$

$$= \frac{48 \text{ кДж} - 19,2 \text{ кДж}}{1,2 \text{ кДж/кг}} + 16^\circ \text{C} =$$

$$= \frac{28,8 \text{ кДж}}{1,2 \text{ кДж/кг}} + 16^\circ \text{C} =$$

$$= 24 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} + 16^\circ \text{C} = 26 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \text{C}$$

Итак:  $P_H = 400 \text{ Вт}$

$$t_1 = 26 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \text{C}$$

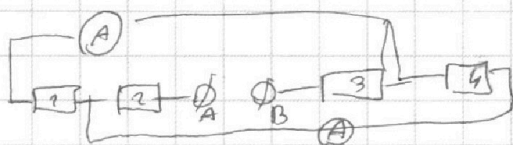
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

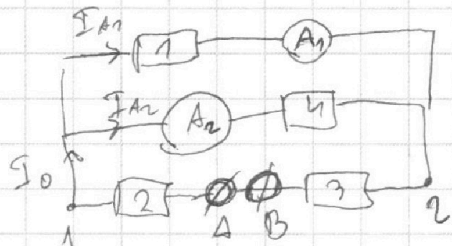
1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



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 4, поэтому можно параллельно к точкам 1 и 2.

3)  $\int U_1 - U_2 = U_{R2}$  - закон Ома между т. 1 и 2

Тогда  $I_{A1} = \frac{U_{R2}}{R_1}$  ) ток через рез. через амперметр

$I_{A2} = \frac{U_{R2}}{R_4}$

$I_{A2} \leq \frac{R_1}{R_4} I_{A1}$

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

тогда ~~возможны~~  $R_1 < R_4$

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.  $R_0 = R_2 + R_3 + \frac{R_1 \cdot R_4}{R_1 + R_4} \leq 90 \text{ Ohm} + \frac{30 \cdot 60}{30 + 60} \text{ Ohm} \leq 90 \text{ Ohm} + 20 \text{ Ohm} \leq 110 \text{ Ohm}$

возможна ли в источнике  $P = I_0^2 \cdot R = 3^2 \cdot 110 \text{ Ohm} = 990 \text{ Bt}$

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!



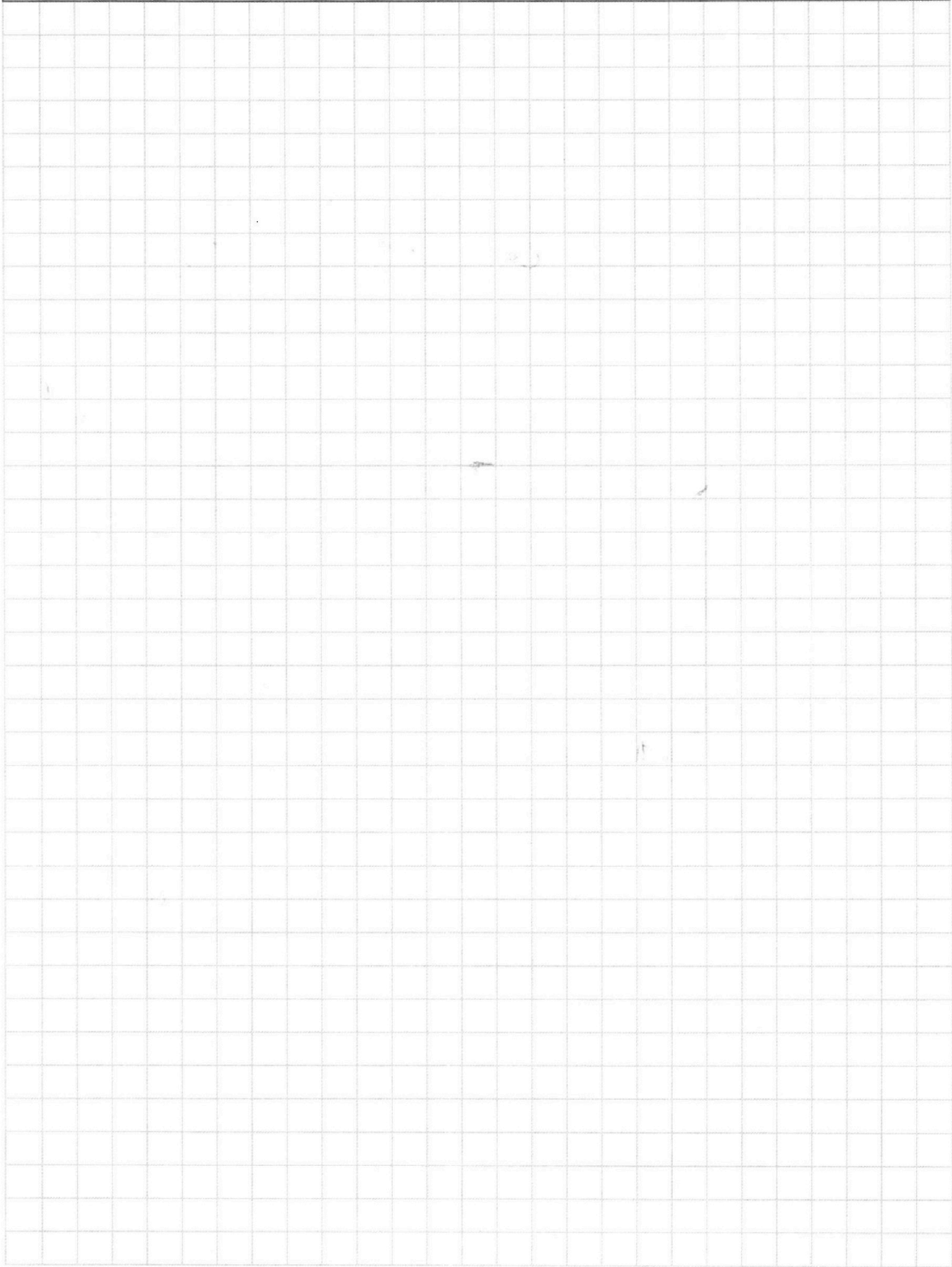
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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.

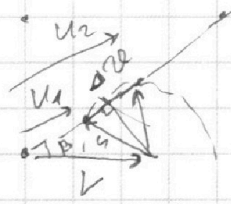
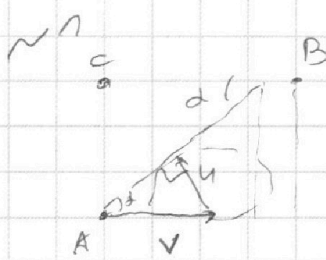
Отметьте крестиком номер задачи,

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!



$$L_1 = \frac{d}{v} = \frac{d - \sqrt{d^2 - 4h^2}}{4} \approx 130 \text{ m}$$

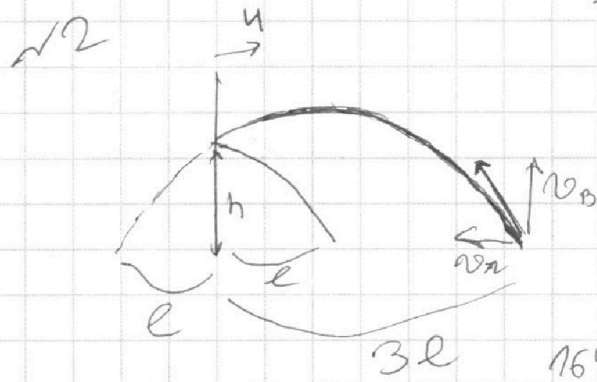
$$v_1 = c_1 = \sqrt{c_A^2 + c_B^2} \quad 1. c_2$$

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

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

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

$$= \frac{140 - 100}{5} \cdot 130 \text{ m}$$



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

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

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

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

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

$24^2$   
 $24 \cdot 25$   
 $120$   
 $125$   
 $50$   
 $625$

$160$   
 $\times 180$   
 $1280$   
 $160$   
 $28800$

$16$   
 $\times 18$   
 $128$   
 $16$   
 $288$

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

$432$   
 $- 420$   
 $120$   
 $- 84$   
 $360$

$42$   
 $10 + 2$

$v_0 = \dots$   
 $v_B = \dots$   
 $t_1 = \dots$   
 $t_n = \dots$

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

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

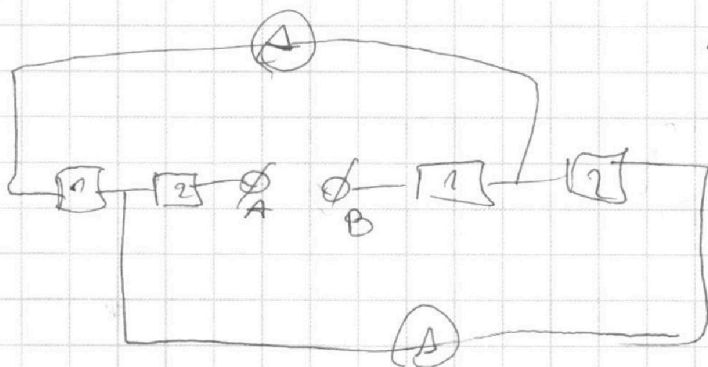
$$Q_{\text{в}} = c m \Delta T \leq P \cdot T$$

(через  $P = c \Delta T$ )

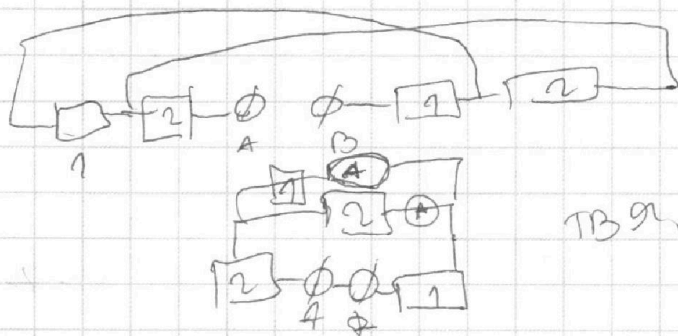
$$Q_{\text{в}} = (P_{\text{н}} - P_{\text{п}}) \cdot t = P_{\text{н}} \cdot t - Q_{\text{п}}$$

№5 TB?

№5



Тогда  $I_{\text{в}} = I_{\text{а}}$  (в силу симметрии)



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

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