



# Олимпиада «Физтех» по физике,

февраль 2023

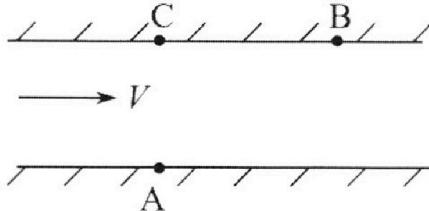
Вариант 09-02



*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.

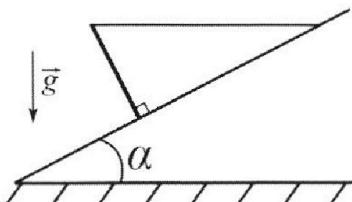
- 1) Найдите наибольшую высоту  $H$ , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время  $t_1$  после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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 поконится, стенка движется,  $d = 1,8$  м.

- 3) Найдите скорость  $U$  стенки в момент соударения.

Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . 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  $F_{TP}$  трения, действующую на стержень.
- 3) При каких значениях коэффициента  $\mu$  трения скольжения стержень будет находиться в покое? Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 09-02

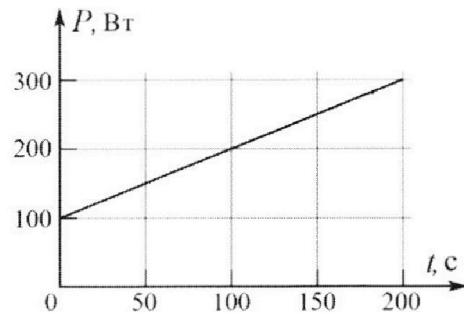


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. Воду объемом  $V = 1\text{л}$  нагревают на электроплитке. Начальная температура воды  $t_0 = 16^{\circ}\text{C}$ . Сопротивление спирали электроплитки  $R = 25\text{ Ом}$ , напряжение источника  $U = 100\text{ В}$ . Зависимость мощности  $P$  тепловых потерь от времени  $t$  представлена на графике (см. рис.).

- 1) Найдите мощность  $P_H$  нагревателя.
- 2) Найдите температуру  $t_1$  воды через  $T = 180\text{ с}$  после начала нагревания.

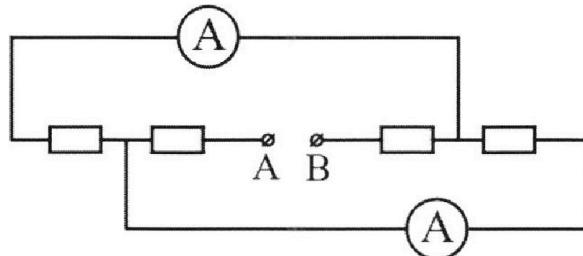
Плотность воды  $\rho = 1000\text{ кг}/\text{м}^3$ , удельная теплоемкость воды  $c = 4200\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$ .



5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по  $30\text{ Ом}$ , у двух других сопротивление по  $60\text{ Ом}$ . Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

После подключения к клеммам А и В источника постоянного напряжения показания амперметров оказались различными. Большее показание  $I_1 = 2\text{ А}$ .

- 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 |
| X |   |   |   |   |   |   |

МФТИ

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

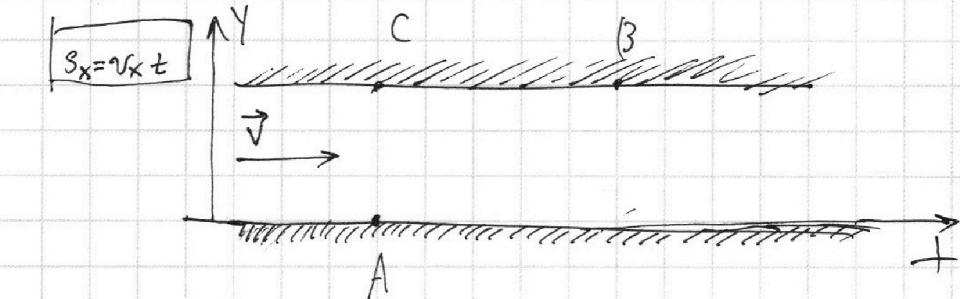
$$AE = d = 50 \text{ м}$$

$$S_x = v_x t$$

$$CB = L = 120 \text{ м}$$

$$T_1 = 100^\circ \text{C}$$

$$T_2 = 240^\circ \text{C}$$



1) L-путь, при котором движение теплоносителя

$$L = 3AC = 150 \text{ м}; V_{1g} = \frac{L}{T_1} = \frac{150 \text{ м}}{100 \text{ C}} = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$V_{2g} = \frac{L}{T_2} = \frac{150 \text{ м}}{240 \text{ C}} = \frac{15}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{5}{8} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 0,625 \frac{\text{м}}{\text{с}} \left\{ \begin{array}{l} \frac{5}{8} \\ \frac{50}{80} \\ - \frac{40}{40} \\ \hline 10 \end{array} \right\} \frac{150}{240} \frac{240}{240}$$

~~$$OK: V_{1x} : \frac{L}{T_1} = 1,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}; V_{2x} = \frac{L}{T_2} = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$~~

$$V_1 = \sqrt{V_{1g}^2 + V_{1x}^2} = \sqrt{2,25 + 1,44} \frac{\text{м}}{\text{с}} = \sqrt{3,69} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 1,9 \frac{\text{м}}{\text{с}} \left\{ \begin{array}{l} 2,25 \\ 1,44 \\ \hline 3,69 \end{array} \right\}$$

$$V_2 = \sqrt{V_{2g}^2 + V_{2x}^2} = \sqrt{0,4 + 0,25} = \sqrt{0,65} \approx 0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \left\{ \begin{array}{l} 0,625 \\ 0,625 \\ \hline 0,625 \end{array} \right\}$$

2)  $V_{x1} \cdot T_1 = V_{x2} \cdot T_2$

$$(V_{x1c} + V) \cdot T_1 = (V + V_{x2c}) \cdot T_2$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 1,3125 \\ 1,250 \\ 3,750 \\ 0,390625 \end{array} \right\}$$

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 checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

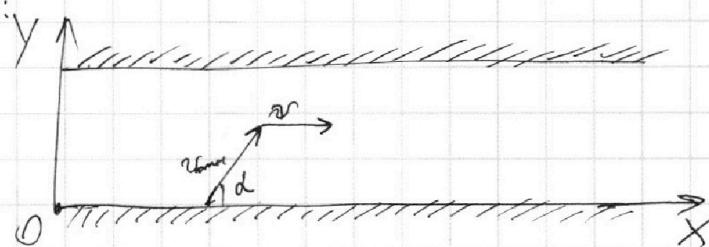
МФТИ

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

3)

Уомн - скорость лодки относительно

воды;



$$t = \frac{U_{\text{омн}} y}{d} = \frac{U_{\text{омн}} \sin \alpha}{d};$$

$$\begin{aligned} S^2 &= 3 \cdot \frac{U_{\text{омн}} y \cdot \sin \alpha}{d} \rightarrow U_{\text{омн}} \cdot \cos \alpha = 3 \frac{U_{\text{омн}}^2}{d} \sin \alpha \cdot \cos \alpha = \\ &= \frac{3 U_{\text{омн}}^2}{d} \cdot \sin \alpha \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} \\ \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha &= 1; \cos^2 \alpha = 1 - \sin^2 \alpha; \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} \end{aligned}$$

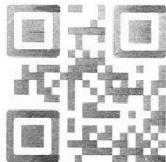
$$\text{Задачи: } U_1 = 1,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}; U_2 = 0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" 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!

$$h = 5,4 \text{ м}$$

$$S_g = v_g t$$

$$\cancel{S_g = v_0 t}$$

$$y = y_0 + v_0 t + \frac{a_y t^2}{2}$$

(1) *Касательное упругое сопротивление траектории*

свободного полёта мяча отталкивается от неподвижных

стенок. Из условия следует, что до стены

мяч прошёл  $\frac{3}{4}$  своей траектории по оси  $Ox$ .  $\Rightarrow$

$\Rightarrow$  На  $\frac{3}{4}$  от всего времени полёта мяч находится

на высоте  $h = 5,4 \text{ м}$ . Изменение модели: мяч

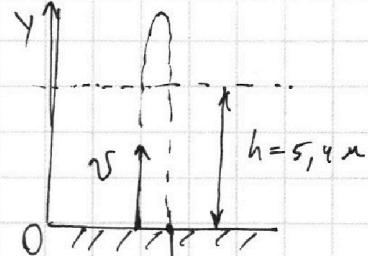
подбрасывают вверх и  $\frac{3}{4}$  времени всего полёта его

высота составляет  $h = 5,4 \text{ м}$ .

Но на таком же высоте мяч

был на  $\frac{1}{2}$  времени полёта или

на  $\frac{1}{2}$  времени подлёта.



При равнотекущем движении

$$v_{ep} = \frac{v_0 t + v_0}{2}$$

$$v_{ep} = \frac{\frac{1}{2} v + v}{2}; t' = \frac{1}{2} t; h = v_{ep} t' =$$

$$= \frac{3}{4} v \cdot \frac{1}{2} t = \frac{3}{8} t \cdot v; h_{\text{н}} - h_{\text{подъёма}}: H_{\text{н}} = \frac{v+0}{2} \cdot \frac{1}{2} =$$

$$= \frac{v}{2} t; \frac{h}{h_{\text{н}}} = \frac{\frac{3}{8} v t}{\frac{1}{2} v t} = \frac{3}{8} \cdot \frac{8}{1} = \frac{3}{4}; h = \frac{3}{4} H_{\text{н}}; H_{\text{н}} = \frac{4}{3} h =$$

$$= \frac{4 \cdot 5,4 \text{ м}}{3} = \frac{21,6 \text{ м}}{3} = 7,2 \text{ м} \quad - \frac{21,6}{21} \frac{3}{7,2}$$

$$2) \text{ общее } t_{\text{подъёма}}(t_{\eta}): H_{\text{н}} = \frac{3 t_{\eta}^2}{2}; t_{\eta}^2 = \sqrt{\frac{2 H_{\text{н}}}{g}} = \frac{6}{g}$$

$$= \sqrt{\frac{14,4}{10}} = \sqrt{1,44} = 1,2 \text{ с}; t_{\eta} = \frac{t_{\eta}}{2} = 0,6 \text{ с}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

- |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                                   | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" 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) В СО отмеч:

относительная скорость мяча  
и поезда содружества остались неизменной (расстоянка  
скорость по оси  $Ox$ :  $V_{\text{отн},x_1} = v + u$ ;  $V_{\text{отн},x_2} = V_{\text{отн},x_1} =$

$= v + u$ ; В СО земли про скорость мяча по оси  
 $Ox$  поезда содружества с движущейся стеклой будет

равна  $v_x + 2u$ ; поэто. содружества & с покоящейся  
стеклой равна  $v_x \Rightarrow \Delta V_{Ox} = 2u$

$$d = 1 V_{Ox} \cdot t, \quad 1 V_{Ox} = \frac{d}{t_1}; \quad 2u = \frac{d}{t_1}; \quad u = \frac{d}{2t_1} =$$

$$= \frac{1,84}{1,2 \text{ c}} = 1,5 \frac{\text{m}}{\text{c}}$$

$$\text{Ответ: } H = 7,2 \text{ м; } t_1 = 0,6 \text{ с; } u = 1,5 \frac{\text{m}}{\text{c}}$$



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

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

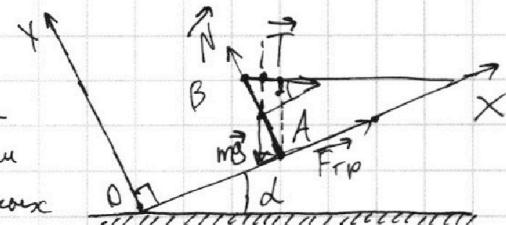
$$T = 17,3 \text{ H}$$

$d = 30^\circ$  ~~Нор. иск не залог, тогда~~

~~получившем  $F_{Tp}$ , то обозначим её в основе из двух возможных~~

~~направлений. Если я ошибся в направлении, то её можно поменять отрицательными, то ровно на~~

~~издвою с правильным и залогом.~~



$$OY: T \cdot \sin d + mg \cdot \cos d = N; \quad \text{At} \quad$$

$$\text{Принес уравнение от -T. A: } \cancel{T} \cdot \cos d \cdot T = \frac{1}{2} k \cdot \sin d \cdot mg$$

$$L \text{- длина стержня; } T \cdot \cos d = \frac{1}{2} \cdot \sin d \cdot mg;$$

$$m = \frac{2 \cdot T \cdot \cos d}{\sin d \cdot g} = \frac{2 \cdot T}{g} \cdot \operatorname{ctg} d; \quad \frac{\cos d}{\sin d} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{2}{1} =$$

$$= \sqrt{3} \quad ; \quad m = 2 \cdot 1,73 \cdot \sqrt{3} \approx 6 \text{ kg}$$

$$2) OX: T \cdot \cos d + F_{Tp} = mg \cdot \sin d;$$

$$F_{Tp} = mg \cdot \sin d - T \cdot \cos d = 30 \text{ H} - 17,3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \approx$$

$$\approx 30 \text{ H} - 10 \sqrt{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 30 \text{ H} - \frac{10 \cdot 3}{2} = 15 \text{ H}$$

$$3) OY: N = T \cdot \sin d + mg \cdot \cos d;$$

$$F_{Tp} = N\mu; \quad T \cdot \beta: F_{Tp} \cdot \Delta = mg \cdot \frac{1}{2} \Delta \cdot \sin d$$

$$F_{Tp} = \frac{1}{4} mg; \quad N\mu = \frac{1}{4} mg; \quad \mu = \frac{\frac{1}{4} mg}{N} =$$

$$= \frac{\frac{1}{4} mg}{T \cdot \sin d + mg \cdot \cos d} = \frac{15 \text{ H}}{17,3 \cdot \frac{1}{2} + 60 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} \approx \frac{15 \text{ H}}{8,65 + 51,90} = \frac{15 \text{ H}}{60,55 \text{ H}} \approx \frac{1}{4}$$

$$\Rightarrow \mu \geq \frac{1}{4} \quad \text{Очевидно: } m = 6 \text{ kg}; \quad F_{Tp} = 15 \text{ H}; \quad \mu \geq \frac{1}{4}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                                   | 5                        | 6                        | 7                        |
| <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!

$$V = 11$$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

$$Q = cm \Delta t$$

$$t_0 = 16^\circ C$$

$$R = 25 \Omega \text{m}$$

$$U = 100 \text{ V}$$

$$T = 18^\circ C$$

$$\text{ii) } P_H = \frac{U^2}{R} = \frac{100^2}{25} \frac{\text{B}}{\Omega \text{m}} = 400 \text{ B}_T$$

2) Т.к. у труска зависимость линейная,  
точку взять среднего величина тепло-  
перв.  $\nabla$  Зависимость  $P(t) = 100 B_T + 1B \cdot t$

Исходя из этой зависимости, находим, что  
через  $T = 180^\circ C$   $P_i = 280 \text{ B}_T$ ;  $P_{cp} = \frac{280 \text{ B}_T + 100 \text{ B}_T}{2}$

$$P_{cp} = 190 \text{ B}_T; P \text{ эфективная} - P_d = P_H - P_{cp} =$$

$$= 400 B_T - 190 B_T = 210 \text{ B}_T; Q, \text{ получим} \text{ в} \text{ горь:}$$

$$Q = T \cdot P_d = 180 \cdot 210 = 37800 \text{ J}_{\text{нс}}$$

$$Q = cm \Delta t; \Delta t = \frac{Q}{cm}; m_B = 1 \text{ кг};$$

$$\Delta t = \frac{37800}{4200 \cdot 1} = 9^\circ C; \tilde{T}_1 = \tilde{T}_0 + \Delta t = 25^\circ C$$

$$\text{Однако: } P_H = 400 \text{ B}_T; \tilde{T}_1 = 25^\circ C$$

$$\begin{array}{r} 210 \\ \times 180 \\ \hline 16800 \\ 21 \\ \hline 37800 \end{array}$$
  
$$\begin{array}{r} 37800 \\ - 37842 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 42 \\ \times 9 \\ \hline 378 \end{array}$$

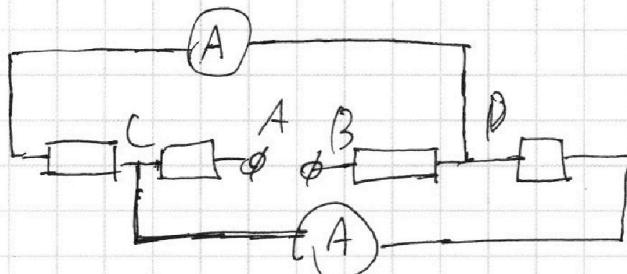
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|

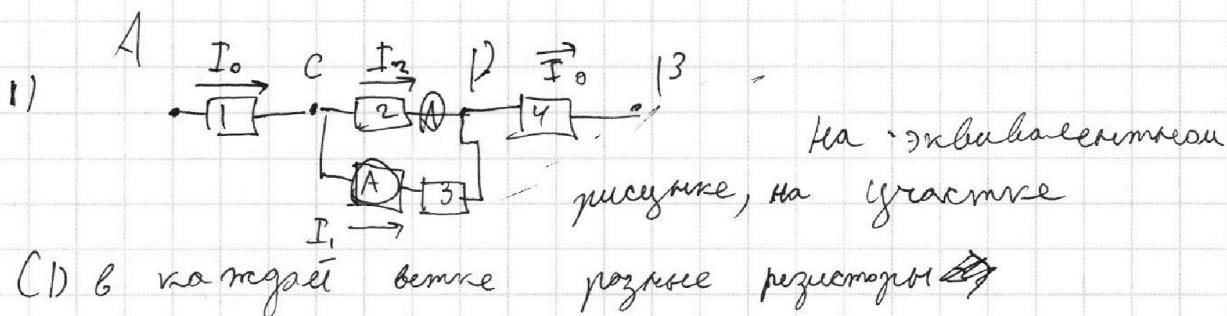
МФТИ

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



$$I^2 = I^2 \cdot R$$

111



$$U_{CD} = U_2 = U_3 ; \quad U_2 = 60 \text{ Ом} \cdot I_2 = U_3 = 30 \text{ Ом} = I_1$$

$$I_2 = \frac{I_1}{2} = 1 \text{ А} ;$$

$$2) R_3 = 30 \text{ Ом} + 60 \text{ Ом} + \frac{30 \cdot 60 \text{ Ом}^2}{30 \text{ Ом} + 60 \text{ Ом}} = 90 + 20 = 110 \text{ Ом}$$

$$I_0 = I_1 + I_2 = 3 \text{ А}$$

$$P = I_0^2 \cdot R_3 = 9 \text{ А}^2 \cdot 110 \text{ Ом} = 990 \text{ Вт}$$

$$\frac{1800}{90} = 20$$

Ответ: 1 А; 990 Вт.



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

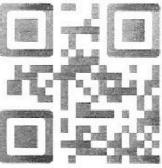
5

6

7

МФТИ

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



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!



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!