



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

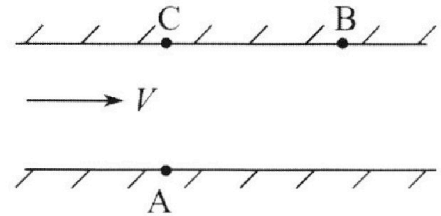
Вариант 09-02

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.

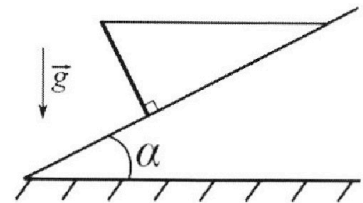
- 1) Найдите наибольшую высоту  $H$ , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время  $t_1$  после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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.

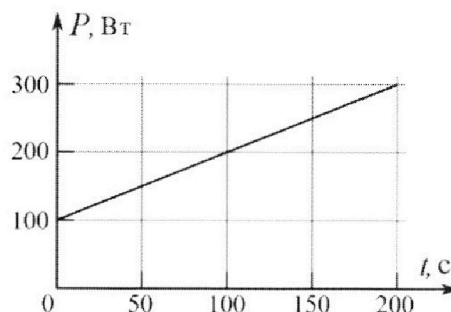


4. Воду объемом  $V = 1$  л нагревают на электроплитке. Начальная температура воды  $t_0 = 16$  °С. Сопротивление спирали электроплитки  $R = 25$  Ом, напряжение источника  $U = 100$  В. Зависимость мощности  $P$  тепловых потерь от времени  $t$  представлена на графике (см. рис.).

1) Найдите мощность  $P_H$  нагревателя.

2) Найдите температуру  $t_1$  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).

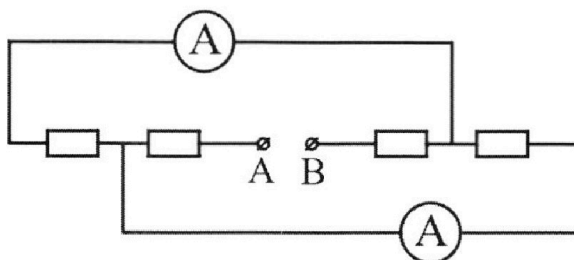


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 30 Ом, у двух других сопротивление по 60 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

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:

 МФТИ



1  2  3  4  5  6  7

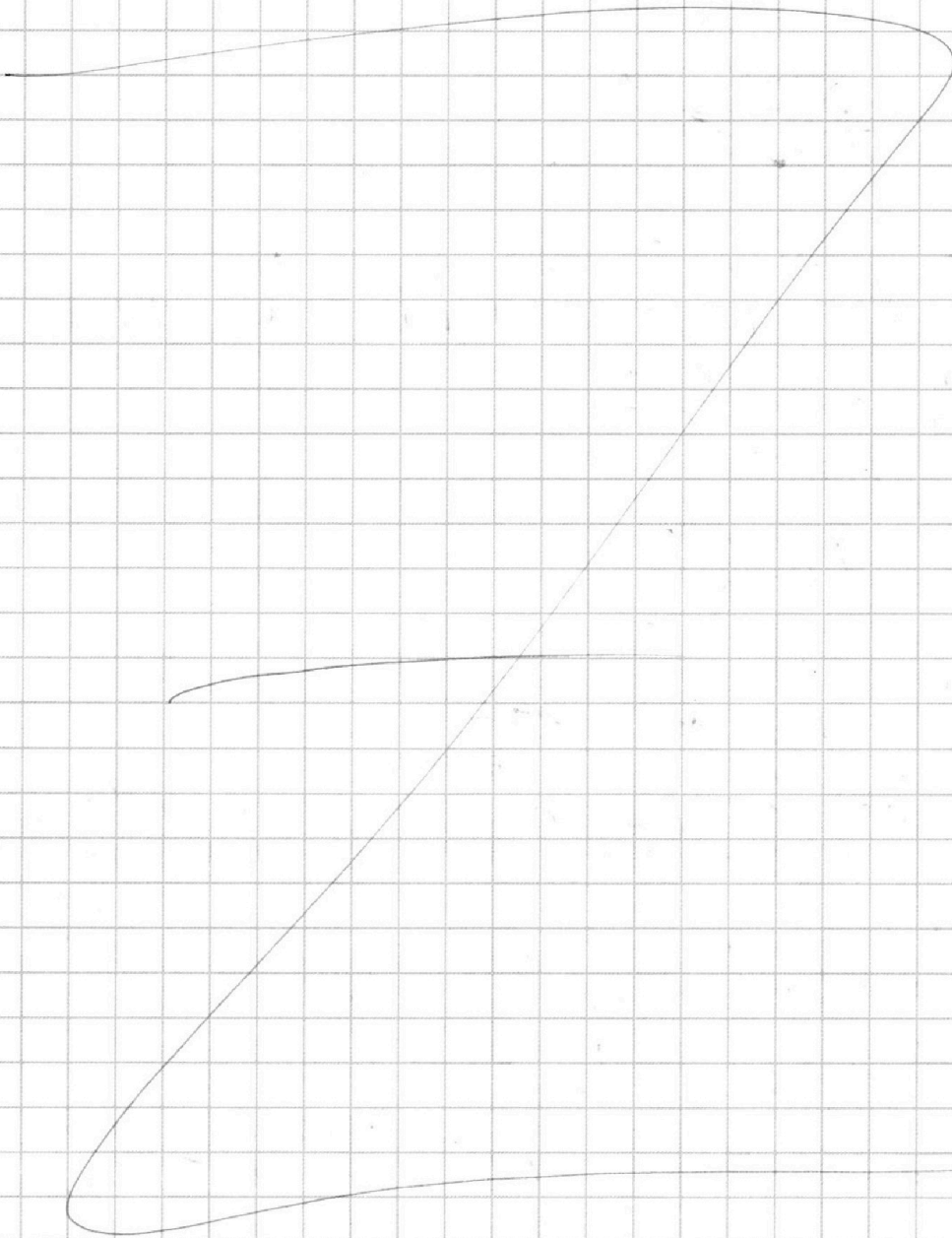
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$V_1 = 1,3 \text{ м/с}$$

$$V_2 = \frac{24}{13} \text{ м/с}$$

$$\text{Ответ: } V_1 = 1,3 \text{ м/с}; V_2 = \frac{24}{13} \text{ м/с}; V = \frac{2873}{2880} \text{ м/с}$$

3)







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!

на половине пути.

$$\downarrow \text{ время полета от H до h} = \frac{(3t_1 + t_1)}{2} - t_1 = t_1.$$

Обозн. выш. точку за A; камень за C; т. удара за B.

В т-ке A вертикал.  $v = 0$  (это бросок по углом к гориз.)

$$\downarrow H = g \cdot \frac{(2t_1)^2}{2} = 2gt_1^2$$

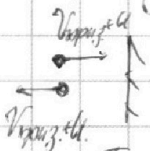
$$h = H - (H - h) = 2gt_1^2 - \frac{gt_1^2}{2} = 1,5gt_1^2$$

$$H = \frac{H}{h} \cdot h = h \cdot \frac{2gt_1^2}{1,5gt_1^2} = \frac{4}{3}h \quad H = 7,2 \text{ м.}$$

$$t_1 = \sqrt{\frac{h}{1,5g}} \quad t_1 = \sqrt{\frac{5,4 \text{ м}}{15 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}} = \sqrt{0,36 \text{ с}^2} = 0,6 \text{ с}$$

3) При соударении со стеной  $v_{гориз}$  увелич. на  $u$ :

Перейд. в (0) стена: Теперь  $v_{гориз}$ .  $v_{мяч} = v_{гориз} + u$  (вертел.  $\rightarrow$  зем. м.)



Теперь перейдем обратно в (0) земли. Теперь  $v_{гориз}$ .  $v_{мяч} = v_{гориз} + u$ . Вертик. соот.  $v_{мяч}$  ост. неизм.  $\Rightarrow t_1$  не изм.

$$u > 0 \Rightarrow (v_{гориз} + u)t_1 = l + d$$

$$v_{гориз} t_1 = l \Rightarrow u \cdot t_1 = d \quad u = \frac{d}{t_1} \quad u = \frac{1,8 \text{ м}}{1,2 \text{ с}} = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

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

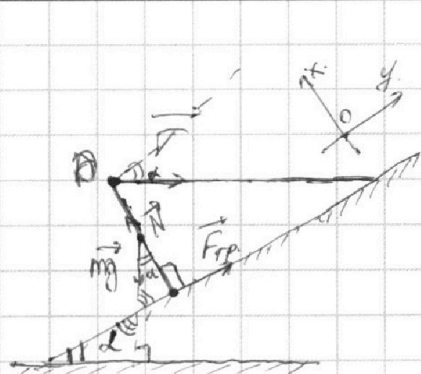
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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!



$$\vec{T} + \vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр.}} = 0 \quad (\text{г.к. вершина в покое})$$

(N — сила реакции опоры)

Введем ось Oy, перпенд. накл. плоскости.  
деств. на вершине

$$Oy: F_{\text{тр.}} + T \cos \alpha = mg \sin \alpha \quad (\text{проекции сил на Oy})$$

Пусть D — т-ка крм. нити к. стринку / длина стринка 2l.

Рассм. правило моментов для вершины от точки ее опоры — D:

$$mg \sin \alpha \cdot l = F_{\text{тр.}} \cdot 2l \quad F_{\text{тр.}} = 0,5 mg \sin \alpha$$

$$T \cos \alpha = mg \sin \alpha - 0,5 mg \sin \alpha = 0,5 mg \sin \alpha$$

$$m = \frac{2 T \cos \alpha}{g} \quad m = \frac{2 \cdot 17,3 \text{ Н} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} \approx \text{отв. } 6 \text{ кг.}$$

$$F_{\text{тр.}} = 0,5 mg \sin \alpha = T \cos \alpha \quad F_{\text{тр.}} = T \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр.}} = 17,3 \text{ Н} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \approx 15 \text{ Н}$$

Введем ось Ox, перпенд. оси Oy:

$$Ox: N = T \sin \alpha + mg \cos \alpha \quad (\text{проекции сил, деств. на вершине, на Ox})$$

Стержень не соскальзывает  $\Rightarrow F_{\text{тр.}} \leq F_{\text{тр. макс.}} = \mu N \Rightarrow F_{\text{тр.}} \leq \mu N$

$$\mu \geq \frac{F_{\text{тр.}}}{N} = \frac{T \cos \alpha}{T \sin \alpha + mg \cos \alpha} \quad \mu \geq \frac{17,3 \text{ Н} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{17,3 \text{ Н} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 60 \text{ Н} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}$$

$$\mu \geq \frac{\sqrt{3}}{7} \approx 0,25$$

Отв.:  $m \approx 6 \text{ кг}$ ;  $F_{\text{тр.}} \approx 15 \text{ Н}$ ;  $\mu \geq 0,25$



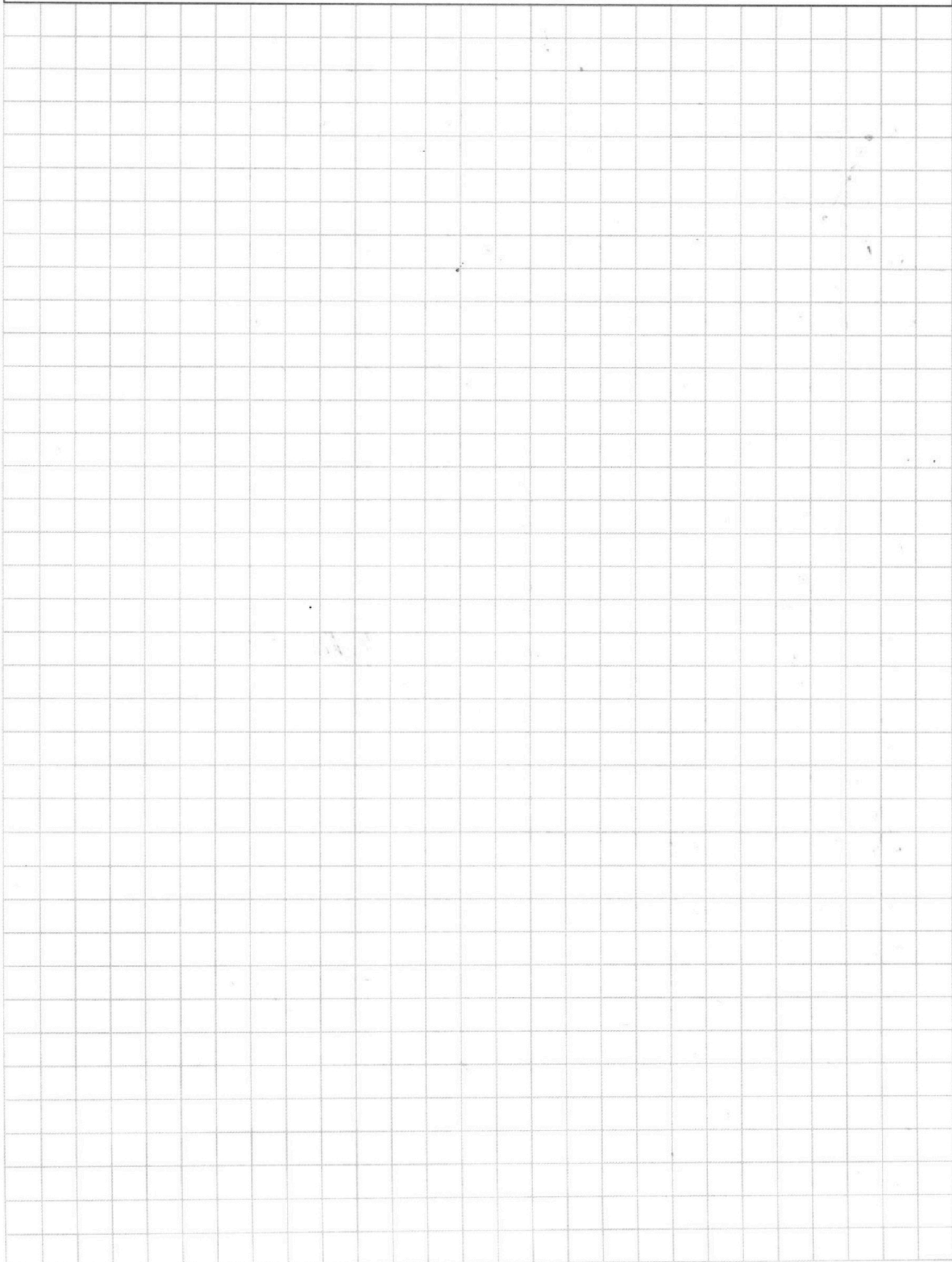
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" 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 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)  $P_n = \frac{U^2}{R}$   $P_n = \frac{(400\text{В})^2}{250\Omega} = 400\text{Вт}$

2) Завис.  $P(t)$ -м.м.  $\Rightarrow$  введем  $k$ -у.л. коэф. графика  $P(t)$   
 $k = \frac{300\text{Вт} - 100\text{Вт}}{200\text{с}} = 1\text{ Вт/с}$

Площадь под графиком  $P(t)$  - кол-во теплоты, ушед. потр.  
на теплопотери за какое-то  $t$  (обозн. за  $Q$ )

$Q = \frac{P_0 + (P_0 + Tk)}{2} \cdot T$  (площадь трап.;  $P_0 = 100\text{Вт}$  - нач.  $P$  теплопот.)

$c \cdot m \cdot (T_1 - T_0) = c \rho V (T_1 - T_0) = P_n T - Q = (P_n - \frac{2P_0 + Tk}{2}) T$

$T_1 = \frac{(P_n - P_0 - 0.5Tk) T}{c \rho V} + T_0$

$T_1 = \frac{(400\text{Вт} - 100\text{Вт} - 0.5 \cdot 100\text{с} \cdot 1\frac{\text{Вт}}{\text{с}}) \cdot 100\text{с}}{400\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}} \cdot 1000\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0.001\text{м}^3} + 16^\circ\text{C}$

$T_1 = 25^\circ\text{C}$

Ответ:  $P_n = 400\text{Вт}$ ;  $T_1 = 25^\circ\text{C}$



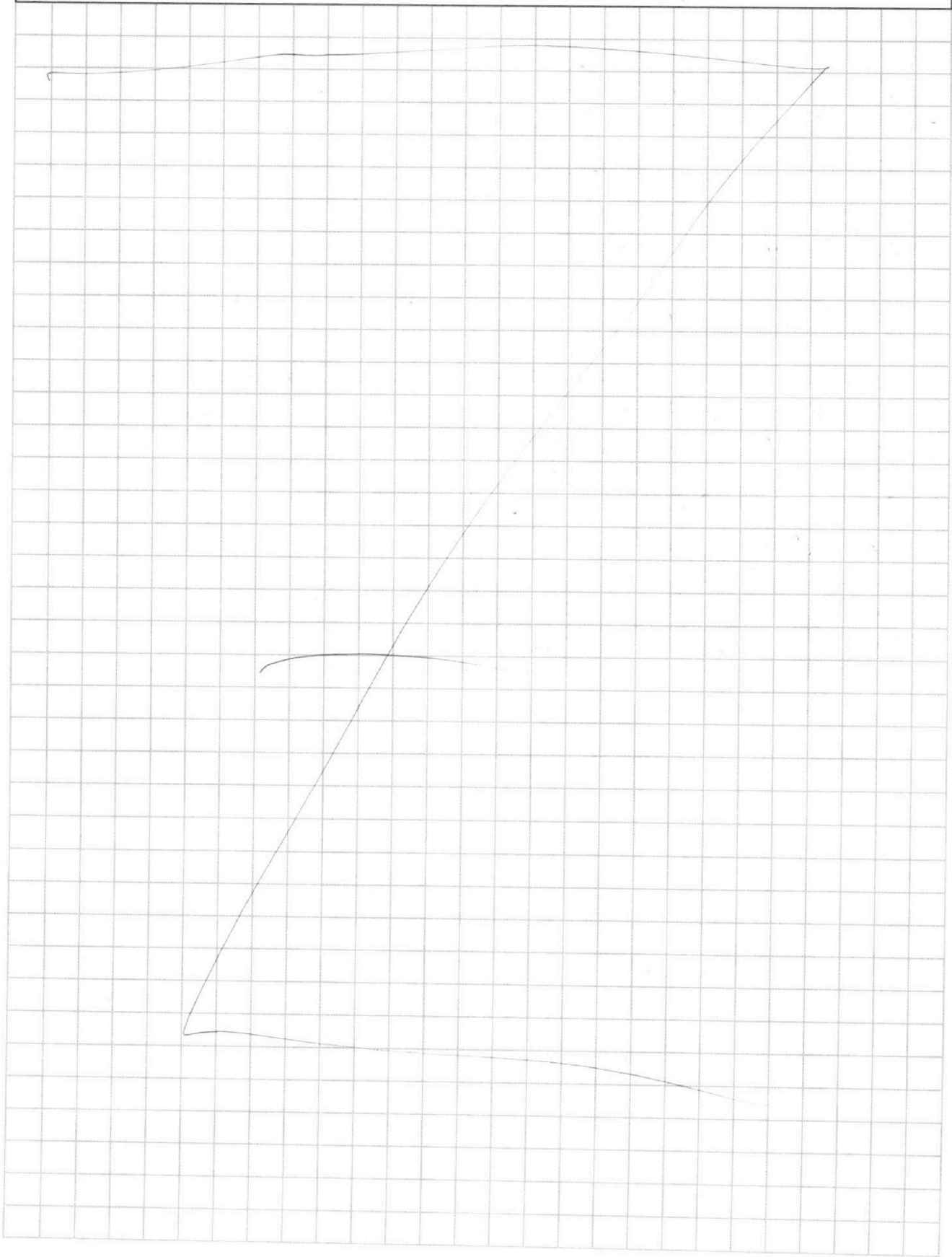
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

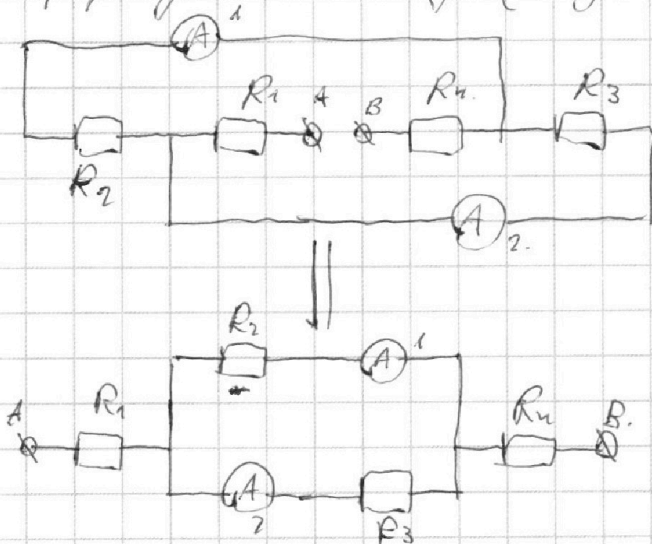
МФТИ

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



№5.

Перерисуем схему (обозн. рез-ров на рис.):



Предположим, что  $I_1$  - ток, ток через амп. 1. Если не так, то можно не учитывать, т.к. оба контакта скреплены металлом.  $R_2$  и  $R_3$  (т.к. они не заданы). Тогда  $I_2$  - ток через амп. 2. Тогда:

$$I_1 R_2 = I_2 R_3 \quad (I_1 \neq I_2 \text{ по условию}) \Rightarrow R_2 \neq R_3.$$

$$I_1 > I_2 \Rightarrow R_2 < R_3 \Rightarrow R_2 = 30 \text{ Ом}; R_3 = 60 \text{ Ом}$$

$$I_2 = I_1 \cdot \frac{R_2}{R_3} \quad I_2 = 1 \text{ А}$$

$$R_1 + R_4 = 90 \text{ Ом} \quad (\text{т.к. заданы значения } 30 \text{ Ом и } 60 \text{ Ом})$$

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 \quad (P_1, P_2, P_3, P_4 - \text{ мощности воз. на } R_1, R_2, R_3, R_4 \text{ соот.})$$

$$P_1 + P_4 = (I_1 + I_2)^2 (R_1 + R_4) \quad (\text{ток-эквив.; он равен, т.к. соед. не соед.})$$

$$P_2 = I_1^2 R_2; P_3 = I_2^2 R_3$$

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 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!

$$P = (I_1 + I_2)^2 (R_3 + R_n) + I_1^2 R_2 + I_2^2 R_3$$

$$P = (3A)^2 \cdot 90\Omega + (1A)^2 \cdot 30\Omega + (1A)^2 \cdot 60\Omega = 990\text{Вт}$$

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

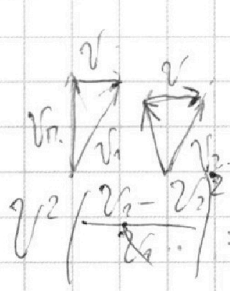
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



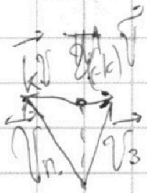
$$v_1^2 + v_2^2 = v^2$$

$$v_1^2 \cdot \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 + v_2^2 \cdot \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2 = v^2$$

$$v^2 \left(\frac{v_2 - v_1}{v_1}\right)^2 = v_1^2 \left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{v_1^2}\right)$$

$$240 \cdot 92 = 2400 + 480 = 2880$$

$$v_1 < v$$



$$\frac{(1-k)v}{\sqrt{v_1^2 - k^2 v^2}} = \text{м.к.}$$

$$\frac{(1-2k+k^2)v^2}{v_1^2 - k^2 v^2} = \frac{1-2k+k^2}{v_1 + v_2 - k^2}$$

$$(1-2k+k^2) \cdot \left(\frac{v_1 - v_2}{v_1 + v_2} - k^2\right) - \left(\frac{v_1 - v_2}{v_1 + v_2} - k^2\right) (1-2k+k^2) =$$

$$= (-2+2k) \left(\frac{v_1 - v_2}{v_1 + v_2} - k^2\right) - (-2k) (1-2k+k^2) =$$

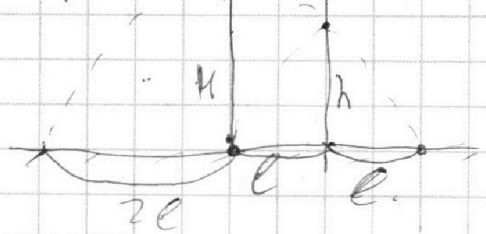
$$= -2 \frac{v_1 - v_2}{v_1 + v_2} + 2k^3 + 2k^2 + 2k \frac{v_1 - v_2}{v_1 + v_2} + 2k - 2k^2 + 2k^3 =$$

$$= -2k^2 + 2k \left(\frac{2v_1}{v_1 + v_2}\right) - 2 \frac{v_1 - v_2}{v_1 + v_2} = 0$$

$$k^2 - k \frac{2k v_1}{v_1 + v_2} + \frac{2v_1 - v_2}{v_1 + v_2} = 0$$

$$\frac{v_2 - v_1}{v_2 + v_1} - 2k \frac{v_1}{v_1 + v_2} + k^2 = 0$$

$$\frac{7}{17} - 2k \frac{5}{12} + k^2 = 0$$



$$H = \frac{g \cdot (2t)^2}{2} = g t^2$$

$$h = H - (H-h) = \frac{g t^2}{2} - \frac{g t^2}{2} = 1.5 g t^2$$

$$H = \frac{4}{3} h \quad H = 7.2 \text{ м}$$

$$27k^2 - 20k + 7 = 0$$

$$k = \frac{10 \pm \sqrt{100 - 4 \cdot 27 \cdot 7}}{2 \cdot 27} = \frac{10 \pm \sqrt{100 - 756}}{54}$$

$$(2v_1 t_1)^2 = d^2 + (v_1 t_1 - l)^2$$

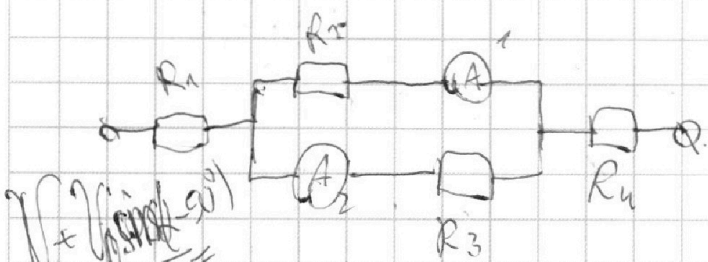
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- 1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



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



$$R_2 \neq R_3$$

$$R_2 = 30 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 60 \text{ Ом}$$

$$I_1 = 2 \text{ А} \quad I_2 = 1 \text{ А}$$

$$F_{\text{тр}} + T \cos \alpha = mg \sin \alpha$$

$$mg \sin \alpha = 2 F_{\text{тр}}$$

$$mg \sin \alpha + 2 T \cos \alpha = 2 mg \sin \alpha$$

$$mg \sin \alpha = 2 T \cos \alpha$$

$$\sqrt{\cos \alpha} T = d$$

$$17 \cdot 17 = (170 + 70 + 49) \cdot 10 = 2890 - 17^2 = 2873$$

$$3^2 \cdot 90 + 4 \cdot 30 + 1 \cdot 60 = 810 + 120 + 60 = 990$$

$$\frac{300 - 90}{4200} = \frac{(300 - 90)}{4200} \cdot 180 = \frac{910 \cdot 180}{4200} = \frac{18}{2} = 9$$

$$\frac{54}{15} = \frac{18}{5} = 3.6$$

$$\frac{1}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{2}{\sqrt{3}}$$

$$\begin{array}{r} 1,73^2 \\ + 1,73 \\ \hline 5,19 \end{array}$$

$$\frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2}} = \sqrt{3}$$

$$\begin{array}{r} 47300 \quad 7 \\ - 24 \quad 7 \\ \hline 233 \quad 7 \\ - 278 \quad 7 \\ \hline 5050 \quad 7 \\ - 9049 \quad 7 \\ \hline 20010 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,211 \\ + 1,778 \\ \hline 2,989 \end{array}$$

$$\frac{10\sqrt{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 60 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{7} = \frac{10\sqrt{3} \cdot \frac{3}{2} + 30\sqrt{3}}{7} = \frac{15\sqrt{3} + 30\sqrt{3}}{7} = \frac{45\sqrt{3}}{7}$$

$$\frac{V - V \cos \alpha}{V \sin \alpha} = \frac{V - V \cos \alpha}{V \sin \alpha}$$