



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

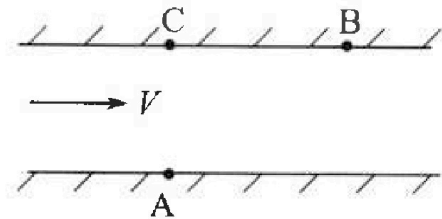
Вариант 09-01



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 $AC = d = 70$ м, снос, т.е. расстояние, на которое пловец смещается вдоль реки к моменту достижения противоположного берега, $CB = L = 240$ м.



Продолжительность первого заплыва $T_1 = 192$ с, продолжительность второго заплыва $T_2 = 417$ с.

- 1) Найдите скорости V_1 и V_2 пловца в лабораторной системе отчета в первом и втором заплывах.
 - 2) Найдите скорость U пловца в подвижной системе отсчета, связанной с водой.
- В третьем заплыве пловец стартует из точки А и движется так, что снос минимальный.
- 3) Найдите продолжительность T третьего заплыва.

2. Футболист на тренировке наносит удары по мячу, лежащему на горизонтальной площадке и направляет мяч к вертикальной стенке. После абсолютно упругого соударения со стенкой мяч падает на площадку. Наибольшая высота, на которой находится мяч в полете, $H = 16,2$ м. Расстояние от точки старта до стенки в 5 раз больше расстояния от стенки до точки падения мяча на площадку.

- 1) На какой высоте h происходит соударение мяча со стенкой?
- 2) Найдите продолжительность t полета мяча от старта до соударения со стенкой.

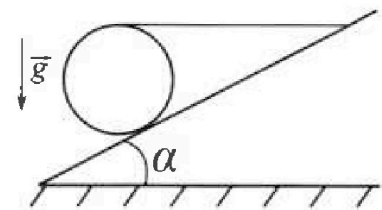
Допустим, что в момент соударения мяча со стенкой на той же высоте h , стенка движется навстречу мячу со скоростью $U = 2$ м/с.

3) Найдите расстояние d между точками падения мяча на площадку в случаях: стенка покоится, стенка движется.

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 шар массой $m = 3$ кг удерживается на шероховатой наклонной плоскости горизонтальной нитью, прикрепленной к шару в его наивысшей точке. Наклонная плоскость образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,6$.

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



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 09-01

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

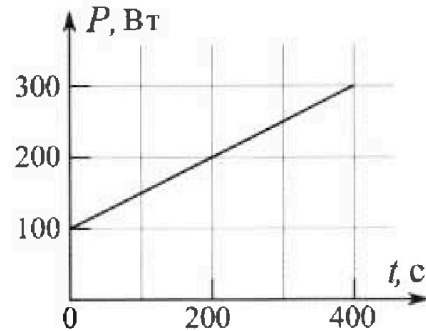
4. Воду нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $t_0 = 14^\circ\text{C}$, объем воды $V = 2$ л. Сопротивление спирали электроплитки $R = 20$ Ом, сила тока в спирали $I = 5$ А.

Зависимость мощности P тепловых потерь от времени t представлена на графике (см. рис.).

1) Найдите мощность P_H нагревателя.

2) Через какое время T после начала нагревания температура воды станет равной $t_1 = 25^\circ\text{C}$?

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

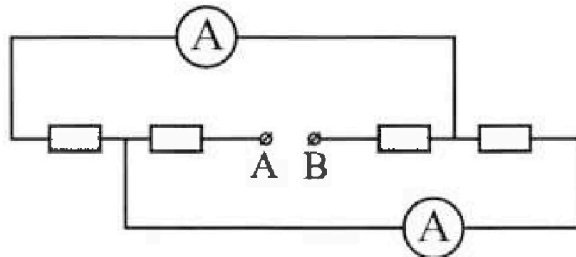


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 20 Ом, у двух других сопротивление по 40 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

После подключения к клеммам А и В источника постоянного напряжения показания амперметров оказались различными. Меньшее показание $I_1 = 1$ А.

1) Найдите показание I_2 второго амперметра.

2) Найдите напряжение U источника.



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!

$d = 70 \text{ м}$
 $L = 240 \text{ м}$
 $T_1 = 192 \text{ с}$
 $T_2 = 417 \text{ с}$

$$AB = \sqrt{AC^2 + BC^2} = \sqrt{70^2 + 240^2} = 250 \text{ м}$$

Треугольник скорости двух судов.

Теорема косинусов:

$$\begin{cases} u^2 = v_1^2 + v_2^2 - 2v_1v_2 \cos \alpha \\ u^2 = v_1^2 + v_2^2 - 2v_1v_2 \cos \alpha \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_1^2 - 2v_1v_2 \cos \alpha = v_2^2 - 2v_1v_2 \cos \alpha \Rightarrow v_1^2 - v_2^2 = 2v_2 \cos \alpha (v_1 - v_2) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_1 + v_2 = 2v_2 \cos \alpha \Rightarrow v = \frac{v_1 + v_2}{2 \cos \alpha} = \frac{\frac{AB}{T_1} + \frac{AB}{T_2}}{2 \cdot \frac{BC}{AB}} = \frac{AB^2 (T_1 + T_2)}{(T_1 T_2) 2 BC} = \frac{250^2 (192 + 417)}{192 \cdot 417 \cdot 2 \cdot 240} =$$

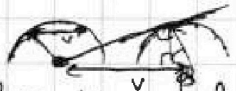
$$= \frac{2^2 \cdot 5^6 \cdot 3 \cdot 7 \cdot 29}{3 \cdot 2^5 \cdot 3 \cdot 139 \cdot 2^5 \cdot 2 \cdot 5} = \frac{7 \cdot 5^3 \cdot 29}{3^2 \cdot 139 \cdot 2^8} = \frac{634375}{320166} \approx 2 \frac{1}{3}$$

$$v_1 = \frac{AB}{T_1} = \frac{250}{192} = \frac{125}{96} \frac{\text{м}}{\text{с}}; v_2 = \frac{AB}{T_2} = \frac{250}{417} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$u = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 - 2v_1v_2 \cos \alpha} = \sqrt{4 + \frac{125^2}{96^2} - 2 \cdot \frac{125}{96} \cdot \frac{250}{250}} = \sqrt{4 + \frac{125^2}{96^2} - \frac{480}{96}} \approx \frac{32}{96} = \frac{1}{3} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



3) Моменты конусов вектора u , направленные в разном направлении, \vec{u} является тангенциальным



линейки ей, сматываем центр на место, на \vec{v} . Тогда образуется

момент конусов вращающегося с постоянной скоростью \vec{u} в обратном с.о. Как видно из рисунка, скорость с наибольшей вертикальной составляющей будет направлена \vec{u} , которая образует с соответствующим радиусом 90° . Значит, ее вертикальная составляющая равна $(u \sin \beta) = u \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = u \sqrt{1 - \frac{u^2}{v^2}} = \frac{1}{3} \sqrt{1 - \frac{1}{9}} = \frac{\sqrt{35}}{3}$

$$T = \frac{AC}{u \sqrt{1 - \frac{u^2}{v^2}}} = \frac{v \cdot AC}{u \sqrt{v^2 - u^2}} = \frac{70 \cdot 2}{\frac{1}{3} \sqrt{4 - \frac{1}{9}}} = \frac{420 \cdot 3}{\sqrt{35}} \approx 120 \text{ с.}$$

Ответ: $v_1 = \frac{125}{96} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}; v_2 = \frac{250}{417} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 0,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}; u = \frac{1}{3} \frac{\text{м}}{\text{с}}; T = 120 \text{ с}$

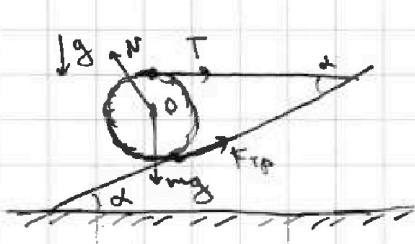
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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



O - центр шара
усл. равн:

$$\begin{cases} mg \sin \alpha = F_{\text{тр}} + T \cos \alpha \\ T \sin \alpha + mg \cos \alpha = N \end{cases}$$

пр. мом. сил. O:
 $r \cdot T = r \cdot F_{\text{тр}}$

имеем:

$$\begin{cases} T = F_{\text{тр}} \\ mg \sin \alpha = F_{\text{тр}} + T \cos \alpha \Rightarrow mg \sin \alpha = T(1 + \cos \alpha) \\ T \sin \alpha + mg \cos \alpha = N \end{cases}$$

$$1) T = \frac{mg \sin \alpha}{1 + \cos \alpha} = \frac{30 \cdot 0,6}{1 + 0,8} = \frac{30 \cdot 0,6}{1,8} = \frac{5 \cdot 18}{1,8} = \frac{18}{1,8} = 10 \text{ Н}$$

$$2) F_{\text{тр}} = T = 10 \text{ Н}$$

$$3) \mu \geq \frac{F_{\text{тр}}}{N} = \frac{T}{T \sin \alpha + mg \cos \alpha} = \frac{10}{10 \cdot 0,6 + 30 \cdot 0,8} = \frac{10}{6 + 24} = \frac{1}{3}$$

Ответ: $T = F_{\text{тр}} = 10 \text{ Н}$; $\mu \geq \frac{1}{3}$.

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 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!

$$\begin{aligned}t_1 &= 25^\circ\text{C} \\ t_0 &= 14^\circ\text{C} \\ V &= 2\text{A} \\ R &= 20\text{Ohm} \\ I &= 5\text{A} \\ P_H &=? \\ T &=?\end{aligned}$$

$P(t)$ - линейная зависимость. Пусть $P(t) = P_0 + \alpha t$.

Тогда, из графика, $P_0 = 100\text{Вт}$; $\alpha = 0,5 \frac{\text{Вт}}{\text{с}}$.

$$1) P_H = I \cdot U = I^2 R = 5^2 \cdot 20 = 500\text{Вт}$$

$$2) \int_{Vc} \cdot (t_1 - t_0) = Q_H - Q_{\text{потери}}$$

$\int_{Vc} (t_1 - t_0) = P_H \cdot T - Q_{\text{потери}}$, при $Q_{\text{потери}}$ - площадь под графиком на промежутке от t_0 до t_1 .

$$\int_{Vc} (t_1 - t_0) = P_H \cdot T - \frac{(P_0 + \alpha t_0) + (P_0 + \alpha t_1)}{2} (t_1 - t_0)$$

$$T = \frac{(t_1 - t_0) \left(\int_{Vc} + \frac{(P_0 + \alpha(t_0 + t_1))}{2} \right)}{P_H} = \frac{11 \cdot (10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 4,2 \cdot 10^3 + 100 + \frac{0,5 \cdot 39}{2})}{500} = 185,0195\text{с}$$

$$\approx 185\text{с}$$

$$\text{Ответ: } P_H = 500\text{Вт}; T = 185\text{с}$$

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 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!



1) Показание амперметра
различно \Rightarrow мощи,

которые проходят через R_2 и R_4 различны. Они соединены
параллельно $\Rightarrow R_2 \neq R_4$, при этом напряжение поделится
через большее сопротивление. Пусть $600 R_2 > R_4$. Тогда
 $R_2 = 40 \Omega$; $R_4 = 20 \Omega \Rightarrow I_2 = \frac{I_1 R_2}{R_4} = 1 \cdot 2 = 2 \text{ A}$.

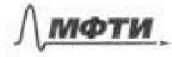
2) $U = U_1 + U_{2+4} + U_3 = U_{2+4} + (U_1 + U_3) = I_1 R_2 + (I_1 + I_2)(R_2 + R_4) = 40 + 3 \cdot 60 = 220 \text{ B}$.
Результат конгою \Rightarrow если среди R_1 и R_3 есть
равно \Rightarrow уравнению конгою \Rightarrow конгою.

Ответ: $I_2 = 2 \text{ A}$; $U = 220 \text{ B}$.

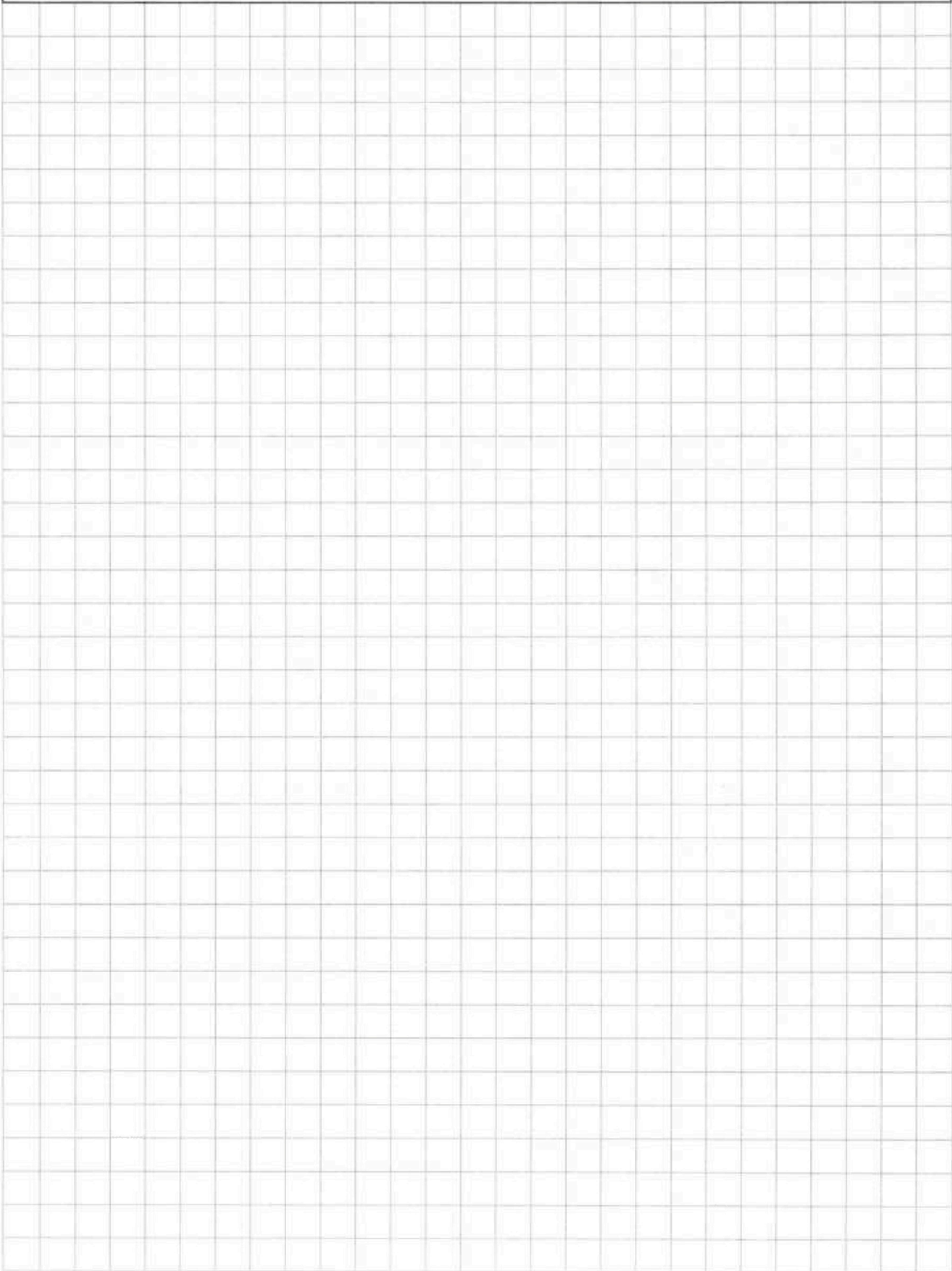


На одной странице можно оформлять только одну задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!





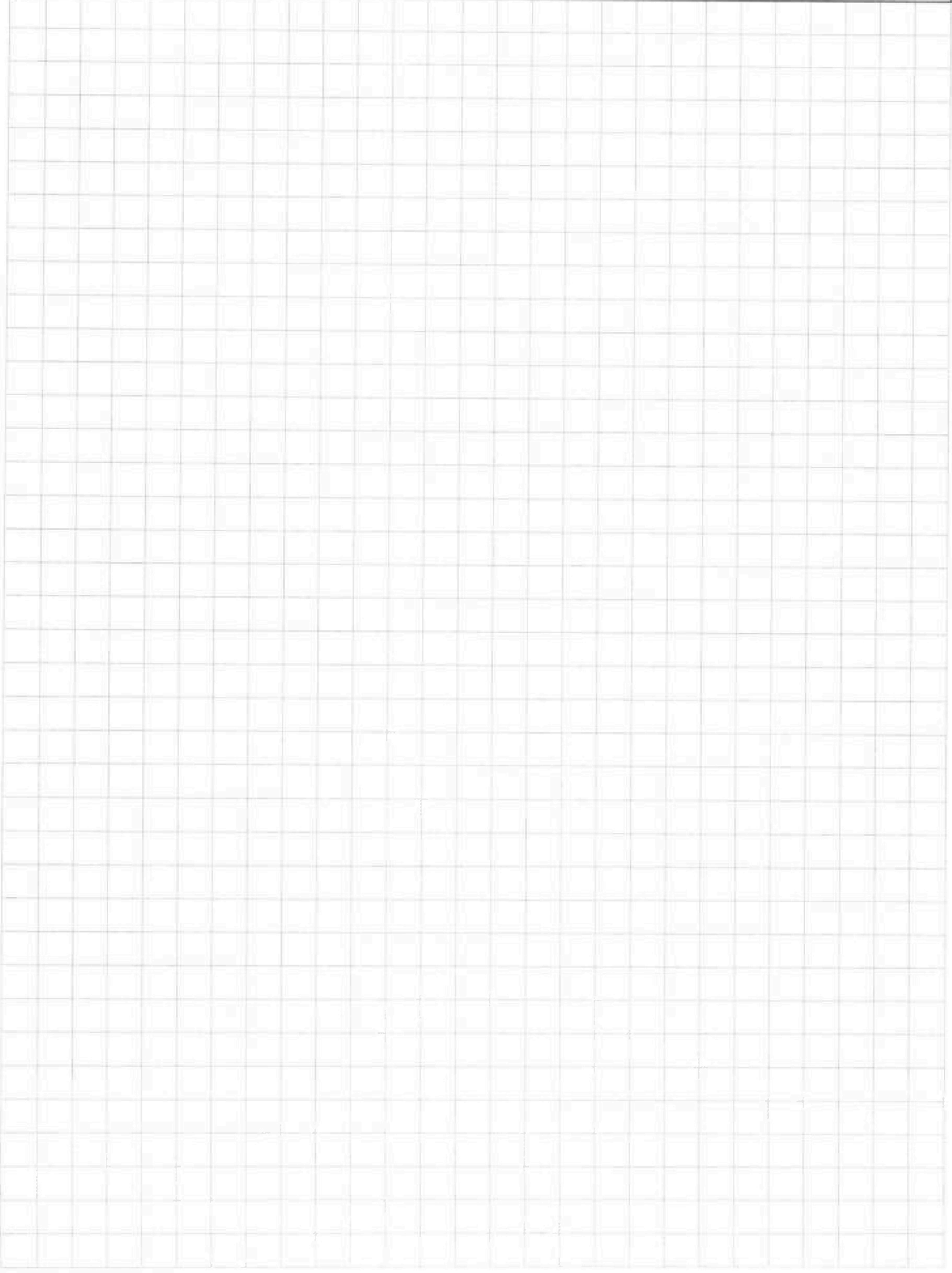
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



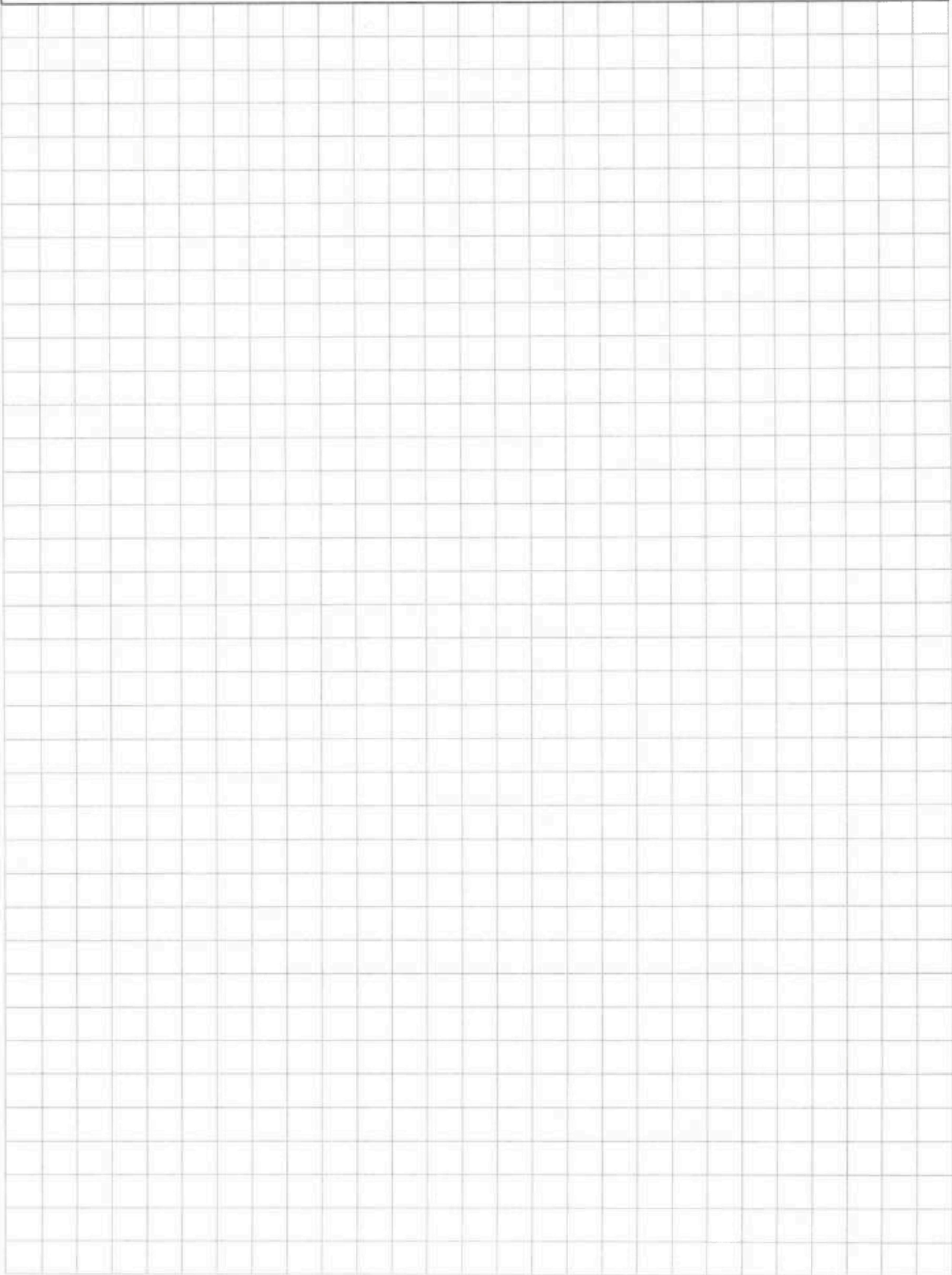


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!



Черновик

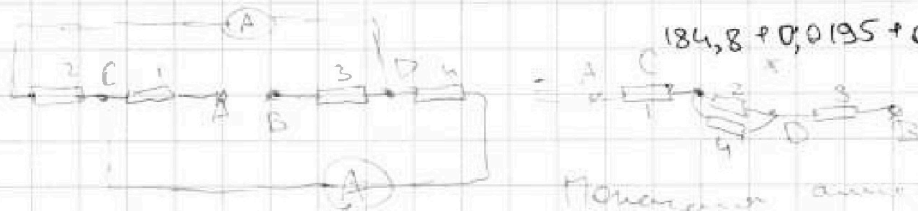
$$11 \cdot (10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-2})$$

19,5

$$11 \cdot (8,4 \cdot 10^3 + 100 + \frac{39}{4}) = 22 \cdot 8,4 + \frac{39}{2000} + \frac{1}{5}$$

$$184,8 + 0,0195 + 0,2 = 185,0195$$

$$\begin{array}{r} 22 \\ + 84 \\ \hline 106 \\ + 170 \\ \hline 184,8 \end{array}$$



Потенциал уменьшается
разности у резистора 2-4 разное сопротивление,
справедливо закон Ома. Если через 40 Ом $\Rightarrow I_2 = \frac{U_{24}}{R_{24}} = 2 \text{ A}$.

$$U = (R_1 + R_2) \cdot (I_1 + I_2) + U_{24} = 60 \cdot 3 + 40 = 220 \text{ В}$$

$$\frac{\sqrt{35}}{18} = \frac{250 \cdot \sqrt{35}}{2500 \cdot 18} = \frac{250 \cdot \sqrt{35}}{45000}$$

4. $t_0 = 14^\circ \text{C}$

$V = 2 \text{ A}$
 $R = 20 \text{ Ohm}$
 $I = 5 \text{ A}$

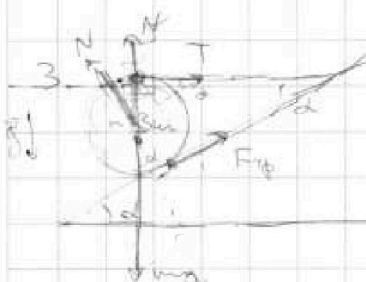
$P(t) = P_0 + \alpha t$, $T_{\text{ср}} = \frac{t_1 + t_0}{2}$, $P_0 = 100 \text{ Вт}$, $\alpha = 0,5 \frac{\text{Вт}}{^\circ \text{C}}$

$P_{\text{н}} = I^2 R = 25 \cdot 20 = 500 \text{ Вт}$

$Q_{\text{пл}}(t_1, t_0) = P_{\text{н}} \cdot T - \frac{P_{\text{н}} - P_0}{\alpha} \ln \frac{P_{\text{н}} + \alpha(t_1 - t_0)}{P_0 + \alpha(t_1 - t_0)}$

$T = \frac{Q_{\text{пл}}(t_1, t_0) + \frac{(t_1 - t_0)(P_0 + \alpha(t_1 + t_0))}{2}}{P_{\text{н}}} = \frac{10^3 \cdot 2 \cdot 10^3 + 4,7 \cdot 10^3 \cdot 11 + \frac{1 \cdot (200 + 0,5 \cdot 39)}{2}}{500}$

$$\begin{array}{r} 125 \cdot 36 \\ 36 \overline{) 11,30} \\ \underline{280} \\ 288 \\ \underline{20} \end{array}$$



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

$$\sqrt{1 - \frac{1}{3}} = \frac{\sqrt{35}}{3}$$

$$\begin{array}{r} 634375 \overline{) 320166} \\ \underline{-320166} \\ 3142000 \\ \underline{-2881494} \\ 2605960 \end{array}$$

$$\frac{240}{48} = \frac{120}{24} = \frac{60}{12} = \frac{30}{6} = 5$$

$$\begin{array}{r} 9 + \frac{25^2}{36} \\ \times 36 \\ \hline 15625 \\ + 90 \\ \hline 122500 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 32 \\ \times 33 \\ \hline 96 \\ + 99 \\ \hline 102400 \\ + 10890 \\ \hline 108900 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 9216 \\ \times 9 \\ \hline 82944 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 31 \frac{36}{36} - \frac{1}{36} = \frac{35}{36} \\ \times 36 \\ \hline 576 \\ + 864 \\ \hline 3216 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 900 \\ 400 \\ 90000 \\ 300^2 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 35 \\ \times 35 \\ \hline 175 \\ + 105 \\ \hline 1225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 125 \\ \times 125 \\ \hline 625 \\ + 1250 \\ \hline 15625 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 15625 \\ + 82944 \\ \hline 98569 \end{array}$$

