



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

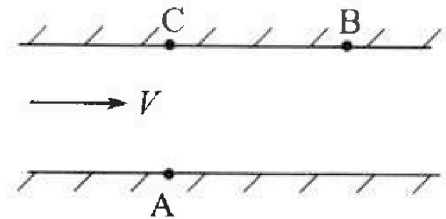
Вариант 09-01



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.

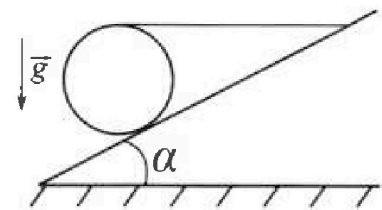
Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Соударения мяча со стенкой абсолютно упругие. Траектории мяча лежат в вертикальной плоскости перпендикулярной стенке.

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.

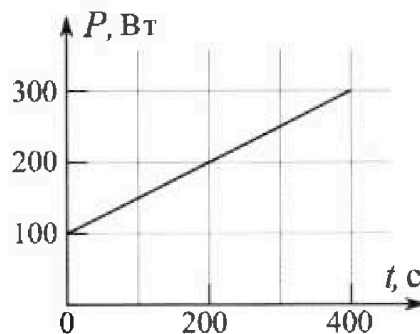
4. Воду нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $t_0 = 14^\circ\text{C}$, объем воды $V = 2$ л. Сопротивление спирали электроплитки $R = 20$ Ом, сила тока в спирали $I = 5$ А.

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).

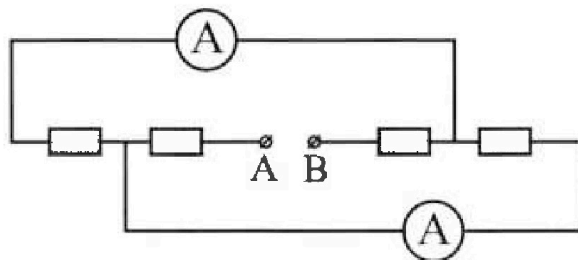


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 20 Ом, у двух других сопротивление по 40 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

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

МФТИ

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:

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

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

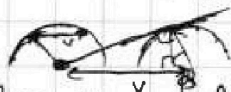
$$\Rightarrow v_1 + v_2 = 2v_2 \cos \alpha \Rightarrow v = \frac{v_1 + v_2}{2 \cos \alpha} = \frac{\frac{AB}{T_1} + \frac{AB}{T_2}}{2 \cdot \frac{BC}{AB}} = \frac{AB^2 (T_1 + T_2)}{(T_1 T_2) 2 BC} = \frac{250^2 (192 + 417)}{192 \cdot 417 \cdot 2 \cdot 240} =$$

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

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

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

3) Моменты конусов вектора u , направленные в разном направлении, \Rightarrow обвивается по окружности



линии ее, скланив центр на месте, на \vec{v} . Тогда образуется

момент конусов всевозможных скоростей только в обратном с.о. Как видно из рисунка, скорость с наибольшей вертикальной составляющей будет направлена, 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: $v_1 = \frac{125}{96} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}; v_2 = \frac{250}{417} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 0,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}; u = \frac{1}{3} \frac{\text{м}}{\text{с}}; T = 120 \text{ с}$

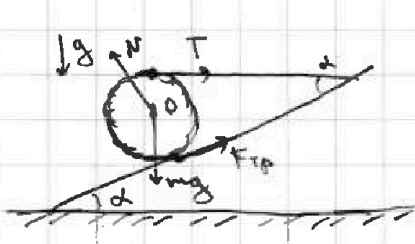
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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
усм. равн:

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

пр. мом. смм. O :
 $r \cdot T = r \cdot F_{tr}$

имеем:

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

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

$$2) F_{tr} = T = 10 \text{ Н}$$

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

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

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, $P_0 = 100\text{ Вт}$; $\alpha = 0,5 \frac{\text{Вт}}{^\circ\text{C}}$.

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

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

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

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

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

$$\approx 185\text{c}.$$

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

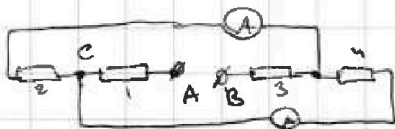
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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 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
различны \Rightarrow мощи,

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

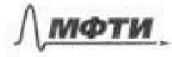
2) $U = U_1 + U_2 + U_3 = U_{2-4} + (U_1 + U_3) = I_1 R_2 + (I_1 + I_2)(R_1 + R_3) = 40 + 3 \cdot 60 = 220 \text{ B}$.
Результат того же будет по 2 \Rightarrow если среди R_1 и R_3 есть
равно по значению одного будет.

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

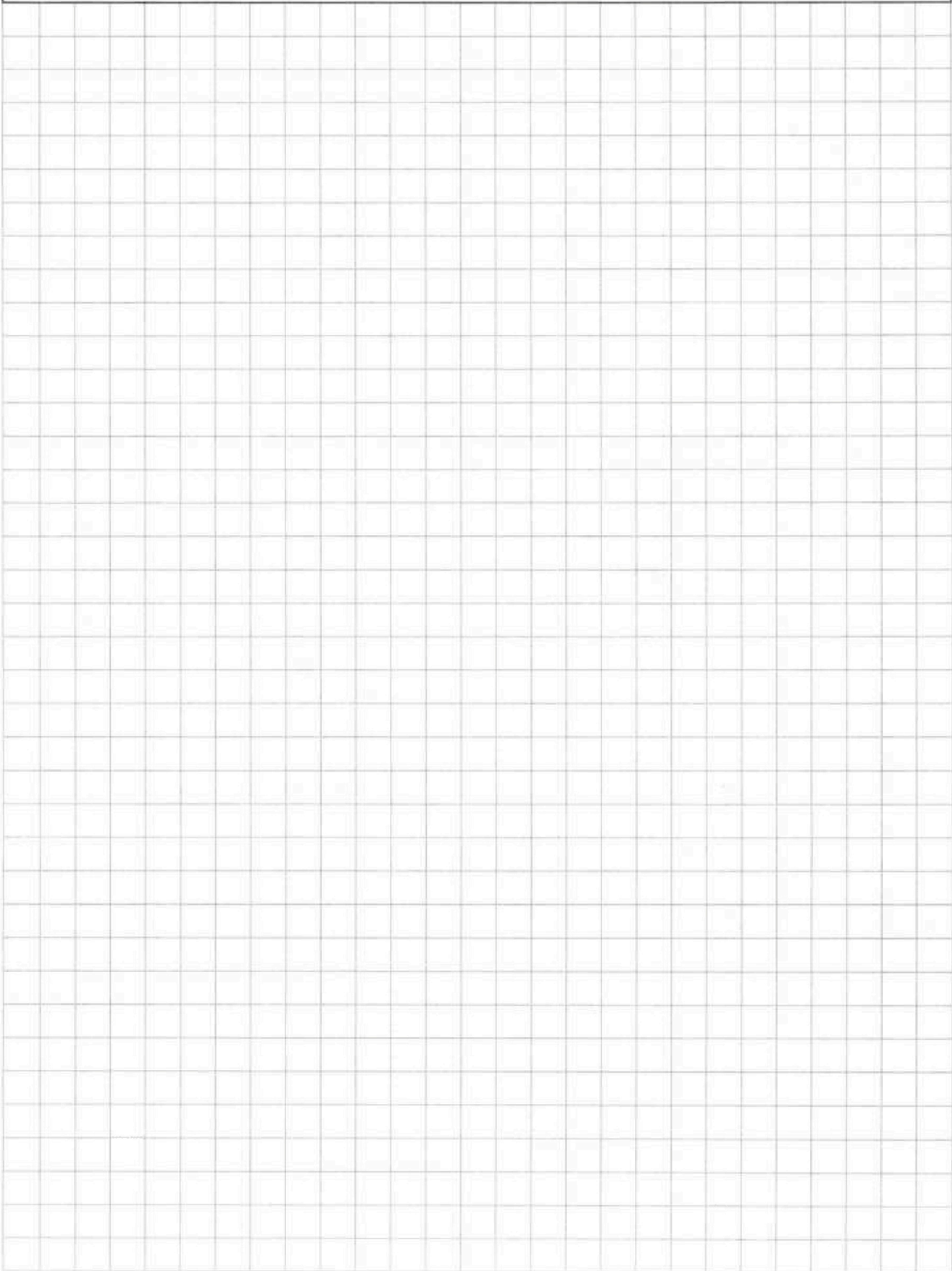


На одной странице можно оформлять только одну задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!





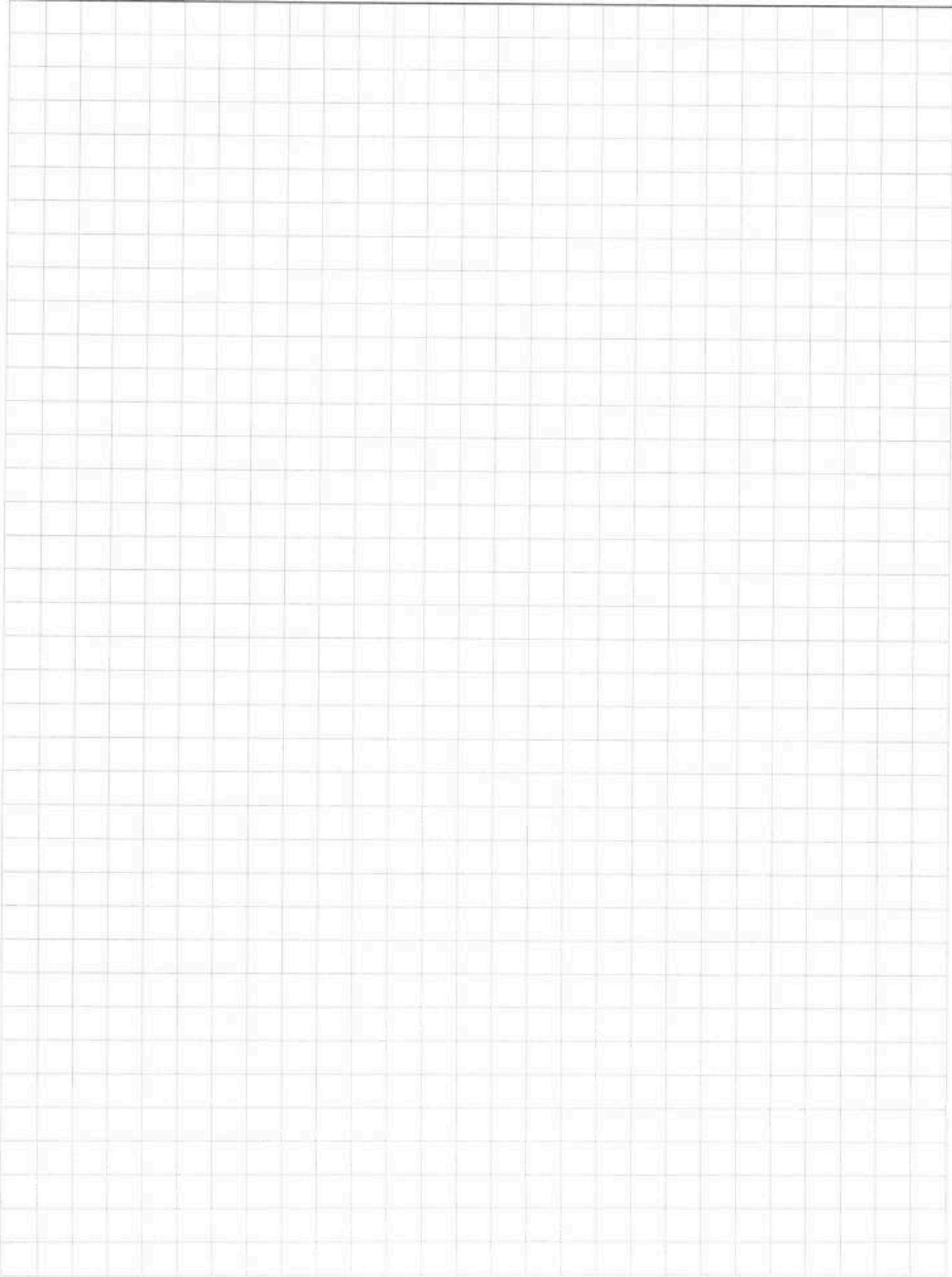
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



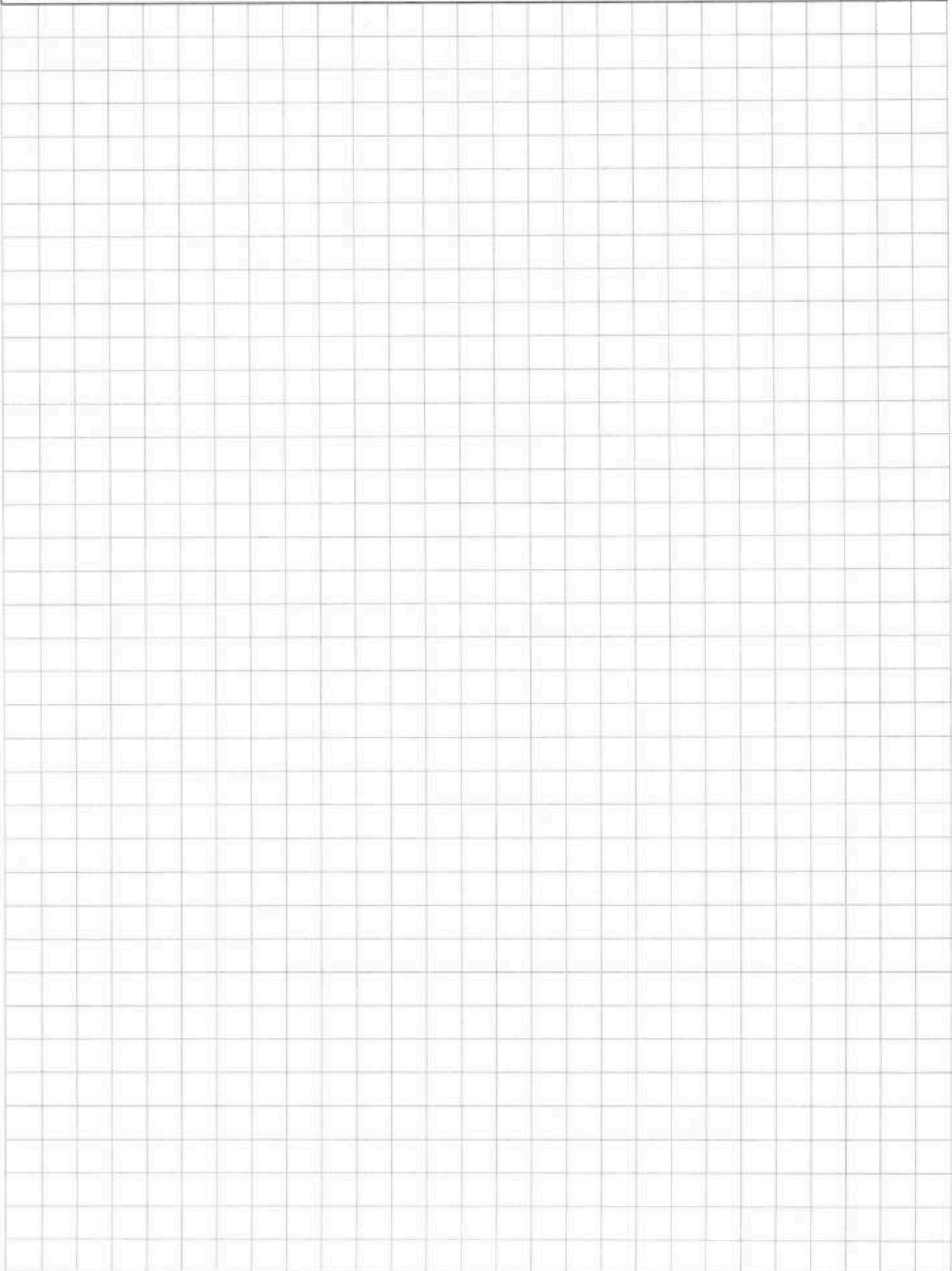


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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"/>



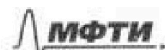
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



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

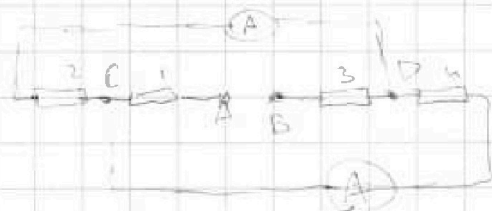
$$11 \cdot (10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-2})$$

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

19,5

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

$$\begin{array}{r} 22 \\ +84 \\ \hline 88 \\ +70 \\ \hline 184,8 \end{array}$$



Потенциал уменьшается
разности у резисторов 2-4 резистиве соединяются,
справляем вычисления: не изменяется через резистор, но
еще через 40 Ом $\Rightarrow I_2 = \frac{U_{20}}{40} = 2 \text{ A}$.

$$U = (R_1 + R_2) \cdot (I_1 + I_2) + U_{20} = 60 \cdot 3 + 40 = 220 \text{ В}$$

$$\frac{\sqrt{35}}{18} = \frac{250 \cdot 417}{2500 \cdot 1085} = \frac{515}{515}$$

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

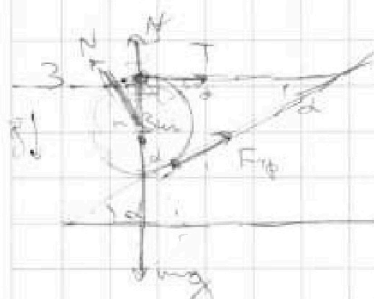
$$\begin{aligned} V &= 2 \text{ A} \\ R &= 20 \text{ Ohm} \\ I &= 5 \text{ A} \end{aligned}$$

$P(t)$ - температура резистора Пьюри
 $P(t) = P_0 + \alpha t$, $T_0 = 100^\circ \text{C}$, $\alpha = 0,5 \frac{\text{Вт}}{^\circ \text{C}}$

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

$$2) pVc (t_1 - t_0) = P_{\text{ст}} \cdot T - \frac{P_0 (P_0 + \alpha (t_1 - t_0)) + \alpha (P_0 + \alpha t_0)}{2} (t_1 - t_0)$$

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



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

$$\begin{aligned} \text{mg} \sin \alpha &= F_{\text{сп}} + T \cos \alpha \\ T \sin \alpha + \text{mg} \cos \alpha &= N \end{aligned}$$

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

$$\begin{array}{r} 634375 \\ -320166 \\ \hline 314209 \\ -288149 \\ \hline 260596 \end{array}$$

$$9 + \frac{25^2}{36}$$

$$\begin{array}{r} 33 \\ +33 \\ \hline 66 \\ +99 \\ \hline 1089 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 32 \\ 32 \\ \hline 64 \\ 96 \\ \hline 1024 \end{array}$$

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

$$\begin{array}{r} 31 \frac{36}{36} - \frac{1}{36} = \frac{35}{36} \\ \frac{31}{36} \\ \hline 93 \\ \hline 967 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 96 \\ \times 96 \\ \hline 576 \\ 864 \\ \hline 9216 \end{array}$$

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

$$\begin{array}{r} 15625 \\ \times 96 \\ \hline 122500 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 99 \\ +99 \\ \hline 198 \\ +1089 \\ \hline 108900 \end{array}$$

$$108900$$

$$82944$$

$$\begin{array}{r} 125 \\ \times 125 \\ \hline 625 \\ 2500 \\ \hline 15625 \end{array}$$

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

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

