



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

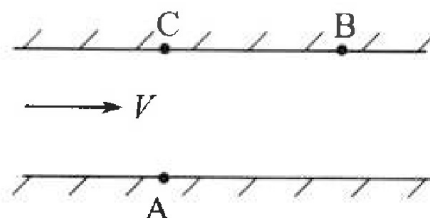
Вариант 09-01

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 отсчета 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?

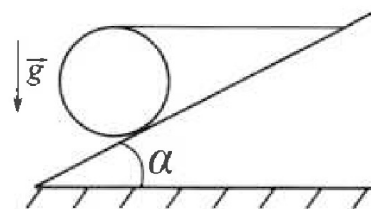
2) Найдите продолжительность t полета мяча от старта до соударения со стенкой.

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.

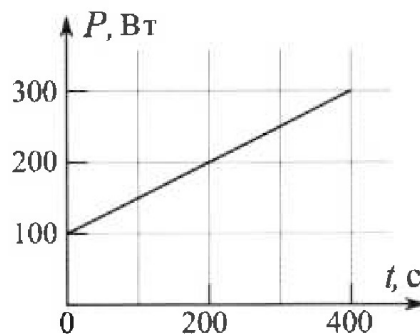
4. Воду нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $t_0 = 14^\circ\text{C}$, объем воды $V = 2$ л. Сопротивление спирали электроплитки $R = 20$ Ом, сила тока в спирали $I = 5$ А.

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).

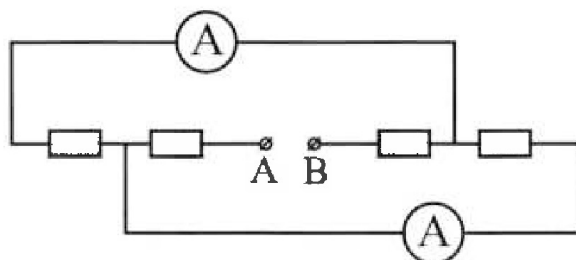


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 20 Ом, у двух других сопротивление по 40 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

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
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

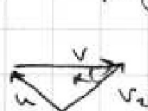
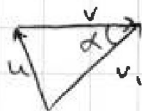
МФТИ

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

$d = 70 \text{ м}$
 $L = 240 \text{ м}$
 $T_1 = 192 \text{ с}$
 $T_2 = 417 \text{ с}$
 $v_1, v_2 = ?$
 $u = ?$
 $T = ?$

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

Треугольник скоростей для двух случаев.



Теорема косинусов:

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

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

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

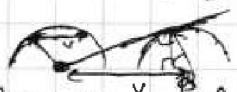
$$= \frac{2^3 \cdot 5^3 \cdot 7 \cdot 29}{3 \cdot 2^5 \cdot 3 \cdot 139 \cdot 2^5 \cdot 2 \cdot 5} = \frac{7 \cdot 5^3 \cdot 29}{3^3 \cdot 139 \cdot 2^8} = \frac{634375}{320166} \approx 2 \frac{1}{3}$$

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

$$u = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 - 2v_1v_2 \cos \alpha} = \sqrt{4 + \frac{125^2}{96^2} - 2 \cdot 2 \cdot \frac{125}{96} \cdot \frac{240}{250}} = \sqrt{4 + \frac{125^2}{96^2} - \frac{480}{96}} \approx \frac{32}{96} = \frac{1}{3} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



3) Моментально конусов вектора u , направленные в разные стороны, $\vec{u}$ является нулевым



Синус ее, ставив центр на месте, на $\vec{v}$. Тогда образуется

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

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

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

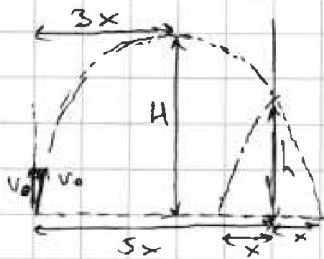
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



Удар абсолютно упругий $\Rightarrow$ траектория мяча после удара симметрична траектории, возникшей, если бы не было удара. Прямое в ~~то~~ время

удара горизонтальная составляющая скорости мяча равна v . Тогда, если u — горизонтальная составляющая, ~~то~~ t — время полета мяча, то

$$\begin{cases} 3t \cdot u = 3x \\ H = v \cdot 3t - \frac{gt^2}{2} \end{cases} \quad \text{и} \quad \begin{cases} t \cdot u = x \\ h = v \cdot t - \frac{gt^2}{2} \end{cases} \quad \text{и — каноническая мяча} \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ в ней скорость по вертикали равна 0.

$$1) \text{ Значит, } v = gt \Rightarrow 3t = \frac{v}{g} \Rightarrow t = \frac{v}{3g} \Rightarrow H = \frac{v^2}{g} - \frac{9v^2g}{18g^2} = \frac{v^2}{2g} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{2gH} \Rightarrow h = vt - \frac{gt^2}{2} = \frac{v^2}{3g} - \frac{v^2g}{2 \cdot 9g^2} = \frac{v^2}{g} \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{18} \right) = \frac{5v^2}{18g} = \frac{5}{9} H = 9 \text{ м}$$

$$2) t_1 = 3t = \frac{3v}{3g} = \frac{v}{g} = \frac{\sqrt{2gH}}{g} = \frac{\sqrt{2} \cdot 5}{3} \cdot \sqrt{\frac{H}{g}} = \frac{5\sqrt{2}}{3} \cdot \sqrt{\frac{81}{5 \cdot 10}} = \frac{5\sqrt{2}}{3} \cdot g \cdot \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 3 \text{ с.}$$

3) l_1 — расстояние от места броска до места падения в первом случае, l_2 — во втором.
 $l_1 = 4x$.

Перейдем в СО относительно земли. Там мяч движется

и земь со скоростью $u + \omega$, где $\omega = 2 \frac{x}{t}$ (u в автореке ~~базисная~~) $\Rightarrow$ отсюда от земь, он проходит расстояние со скоростью $u + \omega \Rightarrow$ в лабораторной СО он будет двигаться со скоростью $u + 2\omega$. (В последнем абзаце "горизонтальная компонента" аннулируется, имеется в виду именно она).

Но при столкновении вертикальная компон. не изменяется $\Rightarrow$ не изменяется и время движения $\Rightarrow l_2 = 5x - (u + 2\omega)t$

$$\Rightarrow d = |l_2 - l_1| = |5x - (u + 2\omega)t - 4x| = |x - (u + 2\omega)t| = |x - ut - 2\omega t| = 2\omega t = 2 \cdot 2 \cdot \frac{3}{5} = \frac{12}{5} = 2,4 \text{ м.}$$

Ответ: $h = 9 \text{ м}$, $t_1 = 3 \text{ с}$, $d = 2,4 \text{ м}$

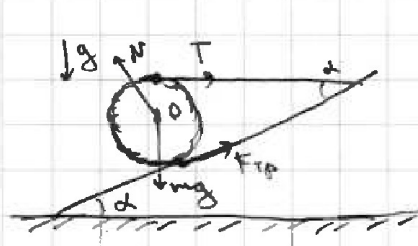
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



O - центр шара
усм. равн:

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

пр. мом. смм. 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
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$t_1 = 25^\circ\text{C}$$

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

$$V = 2\text{A}$$

$$R = 20\text{Om}$$

$$I = 5\text{A}$$

$$P_H = ?$$

$$T = ?$$

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

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

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

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

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

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

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

$$\approx 185^\circ\text{C}.$$

$$\text{Ответ: } P_H = 500\text{ Вт}; T = 185^\circ\text{C}$$

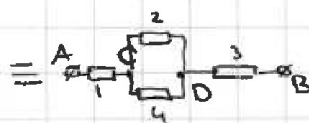
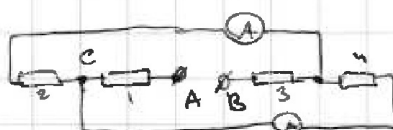
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

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 не изменяется
через основное сопротивление. Пусть $600 R_2 > R_4$. Тогда
 $R_2 = 40 \Omega$; $R_4 = 20 \Omega \Rightarrow I_2 = \frac{I_1 R_2}{R_4} = 1.2 = 2 \text{ A}$.

2) $U = U_1 + U_{24} + U_3 = U_{24} + (U_1 + U_3) = I_1 R_2 + (I_1 + I_2)(R_1 + R_3) = 40 + 3 \cdot 60 = 220 \text{ B}$.
Результат того же вида по 2 $\Rightarrow$ среди R_1 и R_3 есть
одно и то же сопротивление.

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



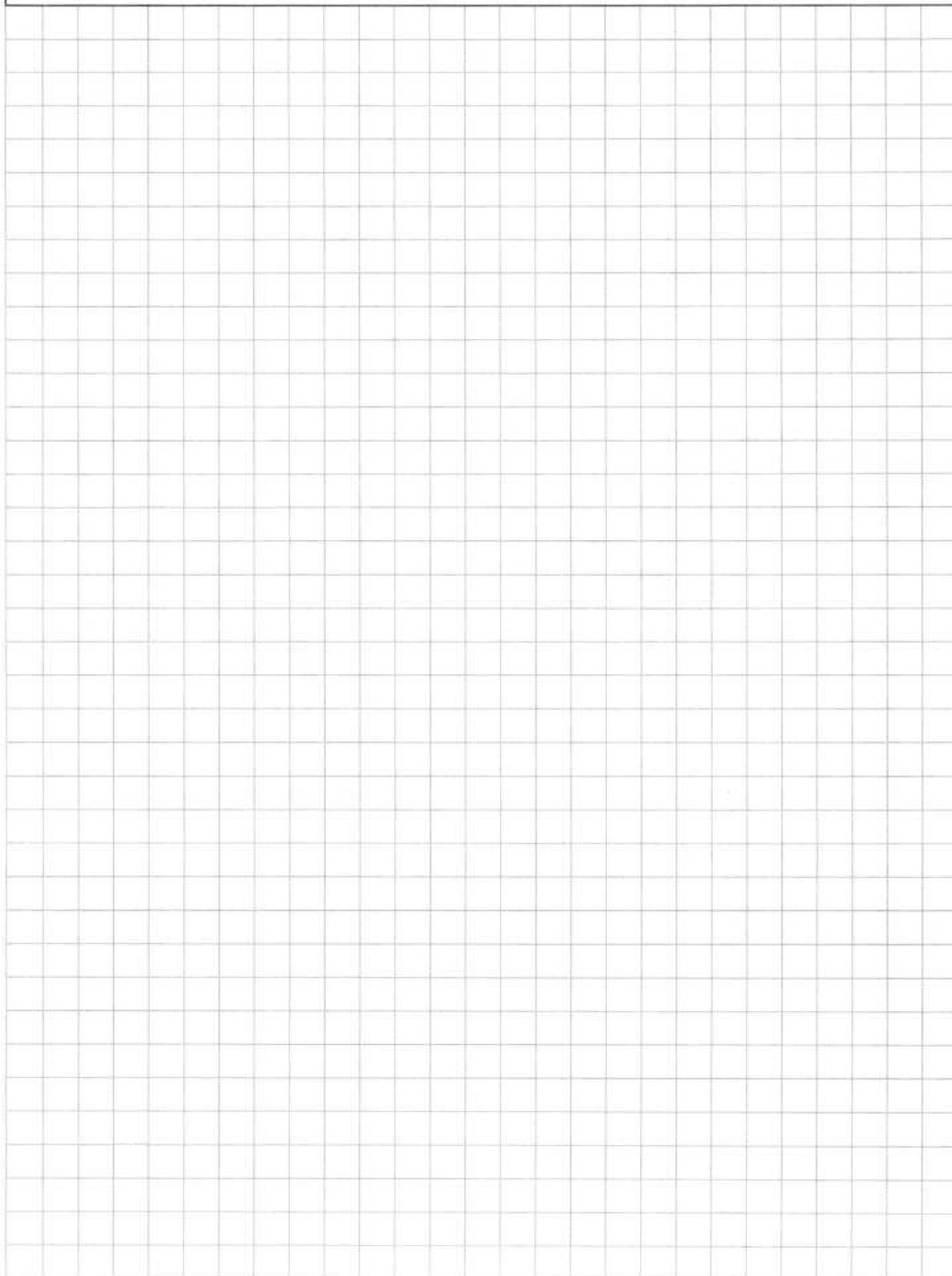
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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





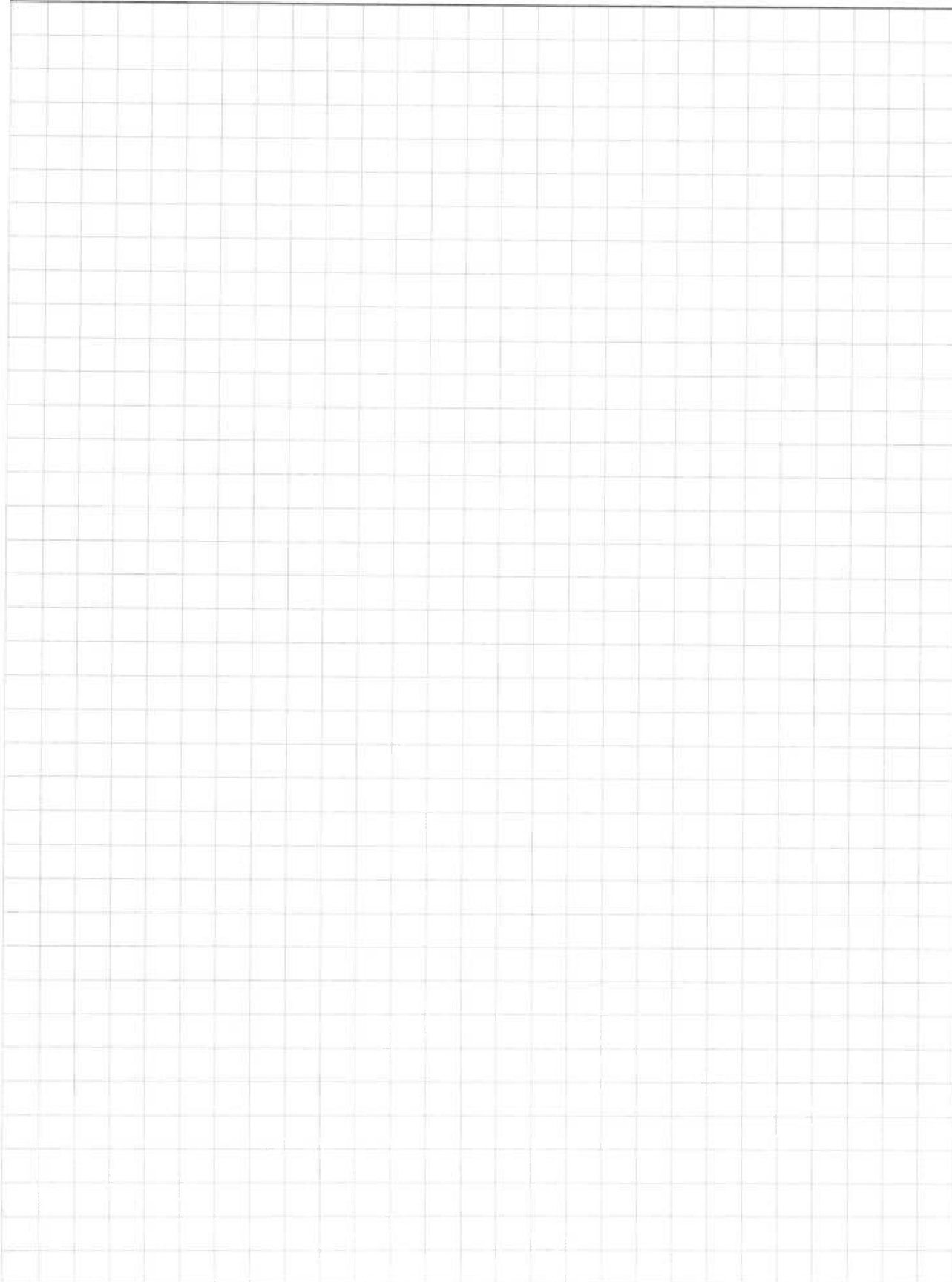
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!





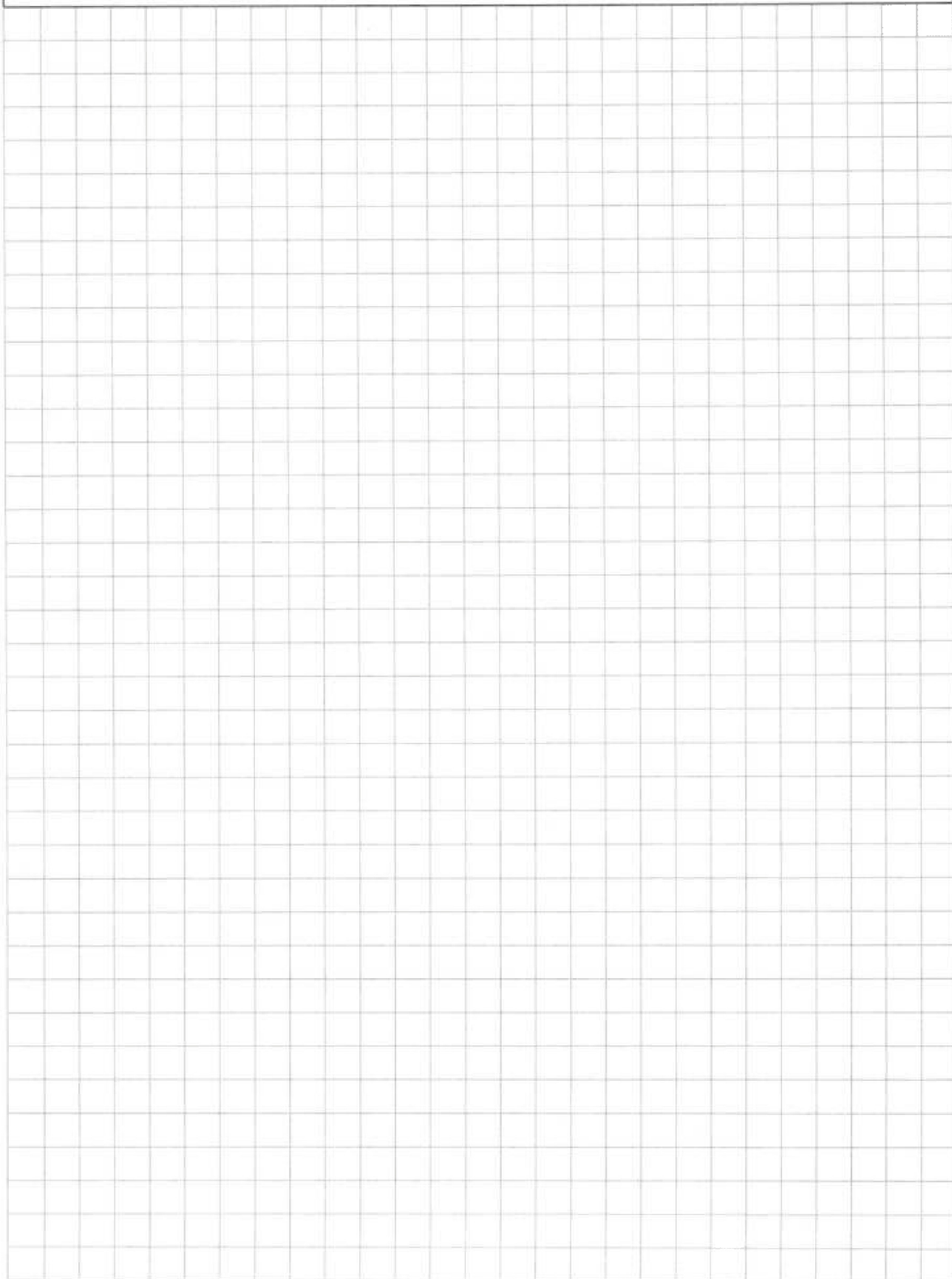
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



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!



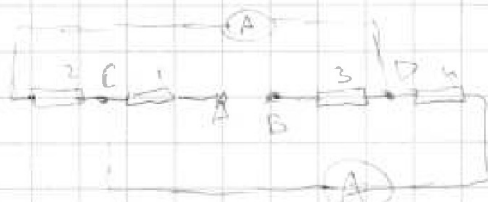
Черновик

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

$$\frac{11 \cdot (8,4 \cdot 10^3 + 100 + \frac{39}{4})}{500} = 22 \cdot 8,4 + \frac{39}{2000} + \frac{1}{5}$$

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

$$\begin{array}{r} 22 \\ + 84 \\ \hline 88 \\ + 176 \\ \hline 184,8 \end{array}$$



Получили амперметр
различия у резисторов 2-4 разное сопротивление,
справедливо не изменяет через сопротивление, но
еще через 40 Ом $\Rightarrow I_2 = \frac{U_{20}}{40} = 2 \text{ A}$.

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

$$\frac{\sqrt{35}}{18} = \frac{250 \cdot 4,7}{2500 \cdot 0,6} = \frac{1085}{515}$$

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

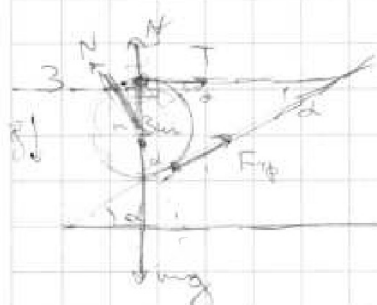
$$\begin{aligned} V &= 2 \text{ м} \\ R &= 20 \text{ Ом} \\ I &= 5 \text{ А} \end{aligned}$$

$$P(t) = P_0 + \alpha t, \text{ тогда } P_0 = 100 \text{ Вт}, \alpha = 0,5 \frac{\text{Вт}}{^\circ \text{C}}$$

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

$$2) p_{\text{вс}}(t_1 - t_0) = P_n \cdot T - \frac{P_0 + \alpha(t_1 - t_0)}{2} \cdot (t_1 - t_0) = \frac{(P_0 + \alpha(t_1 - t_0)) \cdot (t_1 - t_0)}{2}$$

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



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

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

$$\begin{array}{r} 634375 \\ - 320166 \\ \hline 314209 \\ - 288149 \\ \hline 260590 \end{array}$$

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

$$9 + \frac{125^2}{36} = 15625$$

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

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

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

$$\begin{array}{r} 31 \frac{36}{36} - \frac{1}{36} = \frac{35}{36} \\ \frac{31}{36} \\ + \frac{35}{36} \\ \hline \frac{66}{36} \\ + \frac{125}{36} \\ \hline \frac{191}{36} \\ + \frac{125}{36} \\ \hline \frac{316}{36} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 96 \\ + 96 \\ \hline 192 \\ + 864 \\ \hline 1056 \\ + 15625 \\ \hline 16681 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 35 \\ + 35 \\ \hline 70 \\ + 105 \\ \hline 175 \end{array}$$

$$122500$$

$$108900$$

$$15625$$

$$15625$$

