



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

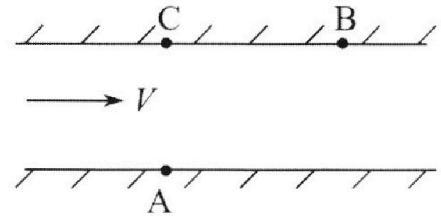
Вариант 09-02

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.

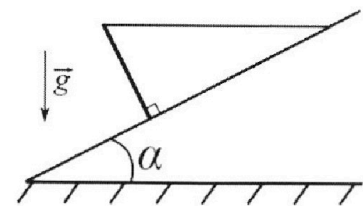
- 1) Найдите наибольшую высоту H , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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/с². 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 μ трения скольжения стержень будет находиться в покое? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 09-02

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

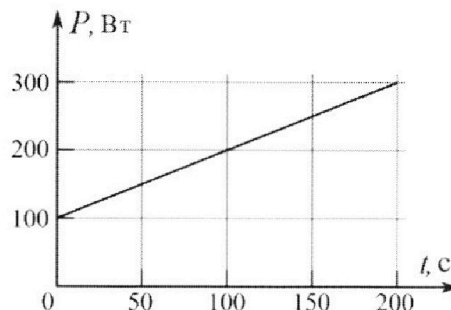


4. Воду объемом $V = 1$ л нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $t_0 = 16$ °С. Сопротивление спирали электроплитки $R = 25$ Ом, напряжение источника $U = 100$ В. Зависимость мощности P тепловых потерь от времени t представлена на графике (см. рис.).

1) Найдите мощность P_H нагревателя.

2) Найдите температуру t_1 воды через $T = 180$ с после начала нагревания.

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

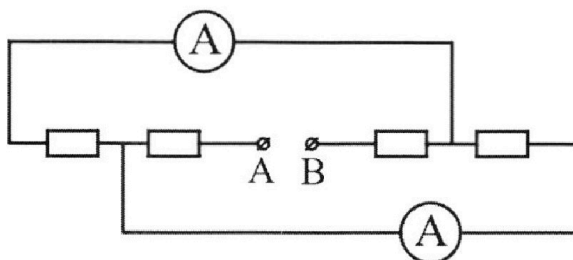


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 30 Ом, у двух других сопротивление по 60 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

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

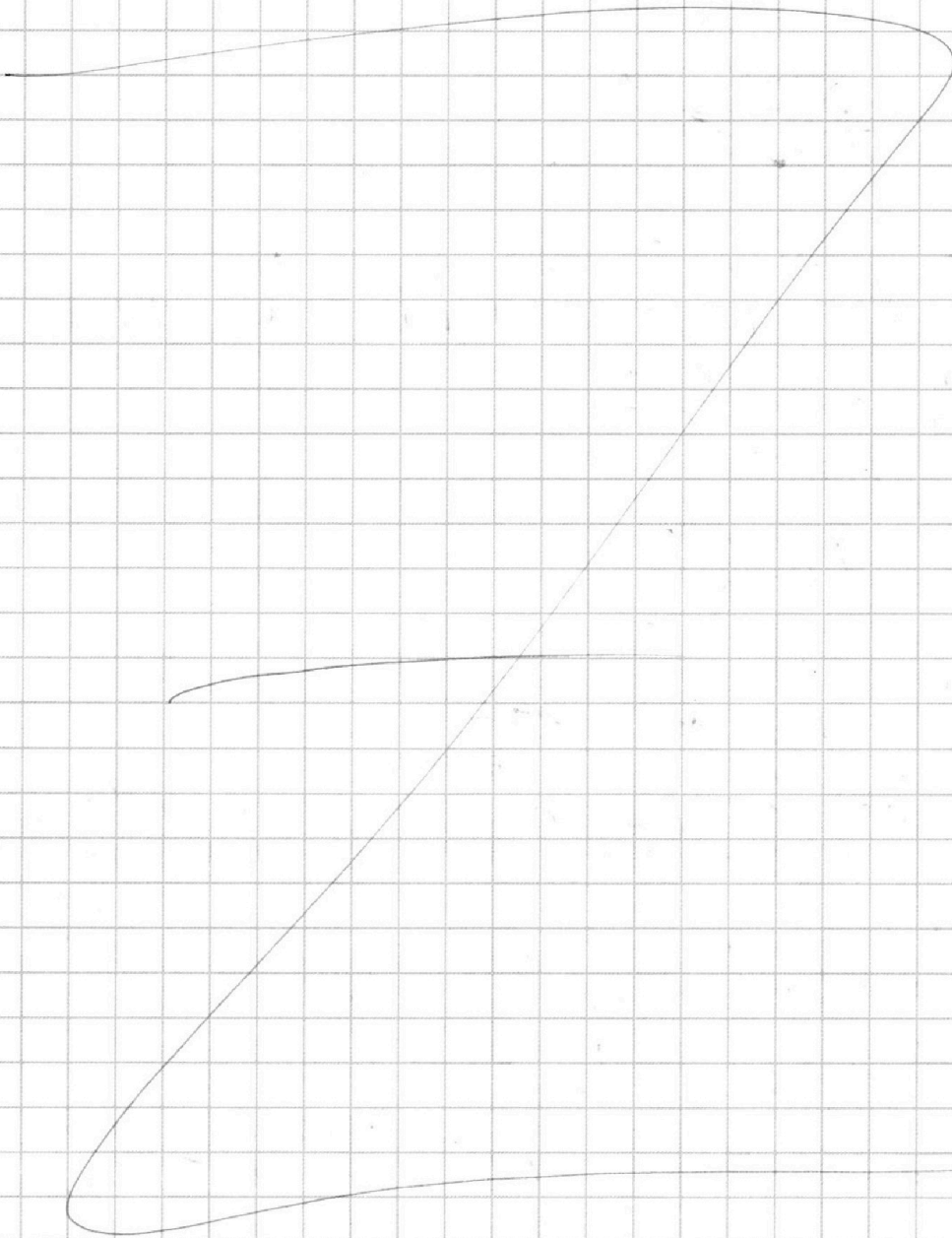
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$V_1 = 1,3 \text{ м/с}$$

$$V_2 = \frac{24}{13} \text{ м/с}$$

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

3)



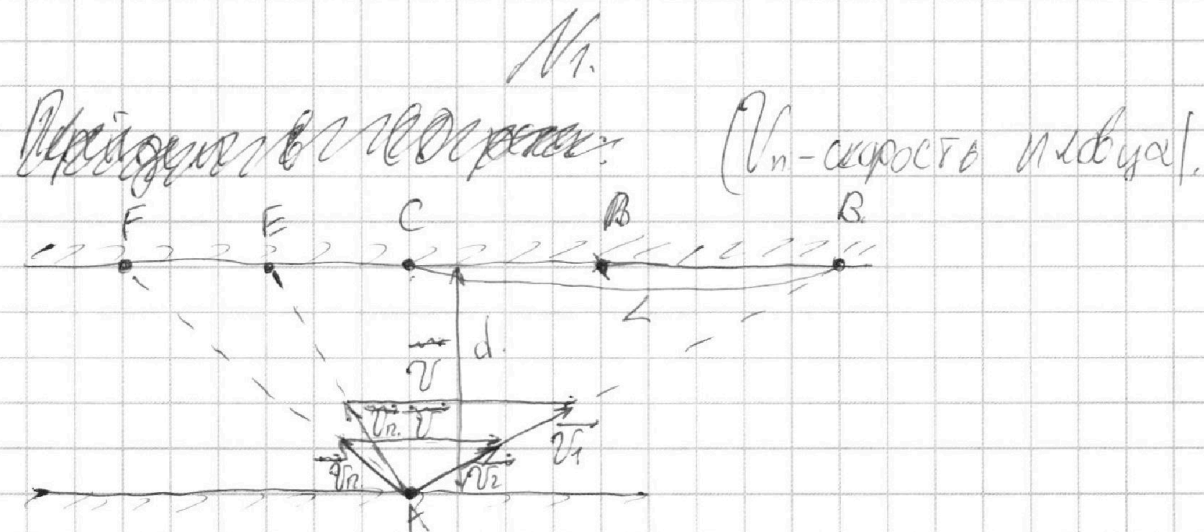
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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



$$\cancel{AE}^2 = AC^2 + EC^2 = AC^2 + (EB - CB)^2 \quad (\text{т. Пифаг.})$$

$$EB = vT_1; \quad AE = v_n T_1$$

$$FB = vT_2; \quad AF = v_n T_2$$

$$(AF)^2 = (AC)^2 + (FB - CB)^2$$

$$v_n^2 T_1^2 = d^2 + (vT_1 - L)^2$$

$$v_n^2 T_2^2 = d^2 + (vT_2 - L)^2 \quad / \cdot \frac{T_1^2}{T_2^2}$$

$$d^2 + (vT_1 - L)^2 = (d^2 + (vT_2 - L)^2) \frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{T_1^2}{T_2^2} d^2 + v^2 \frac{T_1^2}{T_2^2} - 2v \frac{T_1^2}{T_2} L + L^2 \frac{T_1^2}{T_2^2}$$

$$\frac{T_2^2 - T_1^2}{T_2^2} (d^2 + L^2) = 2vT_1L - 2vL \frac{T_1^2}{T_2} = 2vL T_1 \left(\frac{T_2 - T_1}{T_2} \right) + L^2 \frac{T_1^2}{T_2^2}$$

$$2vL T_1 = \frac{T_2 + T_1}{T_2} (d^2 + L^2) \quad v = \frac{T_2 + T_1}{2L T_1 T_2} (d^2 + L^2)$$

$$v = \frac{340 \text{ c}}{240 \text{ м} \cdot 240 \text{ c} \cdot 100 \text{ c}} (2600 \text{ м}^2 + 14400 \text{ м}^2) = \frac{34 \cdot 169 \text{ м}^2 \cdot \text{c}}{240^2 \cdot 240 \text{ м}} = \frac{2873}{2880} \frac{\text{м}}{\text{c}}$$

$$v_1 = \frac{AB}{T_1}; \quad v_2 = \frac{AB}{T_2}; \quad AB = \sqrt{d^2 + L^2} \quad AB = 130 \text{ м}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

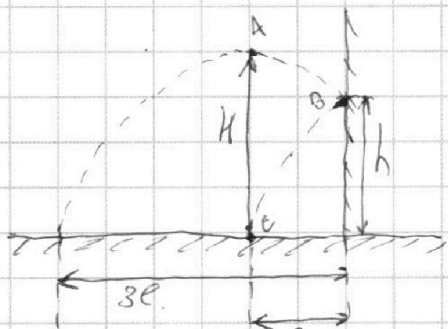
МФТИ

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



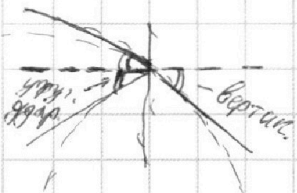
№2

1. Траектория мяча - парабола, т.к. удар по мячу = бросок мяча под углом к горизонту.



e - раст. от стены до места удара

Судя всему все упругое \Rightarrow мяч слетит с ~~не~~ направлением
и т.д. симметрично отн. стенке:



Значит, можно считать, что при отск. от стены мяч упал.

Или по раст. $3e + e = 4e$ от т. старта.

$v_{гориз} = \text{const}$ (гориз. сост. парам. и скорости)

$\frac{h_{до\ удара}}{t_1} = \frac{3e}{e} = 3$ ($t_{до\ удара}$ - время мяча до удара, t_1 - время мяча после удара)

$t_{до\ удара} = 3t_1$

Это бросок мяча под углом к гориз. = 1. Вертикаль - вся высота.

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.

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

Обозн. выш. точку за А; камень - за С; т. удара - за В.

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

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

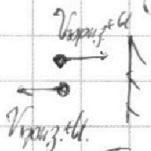
$$h = H - (H - h) = 2gt_1^2 - \frac{gt_1^2}{2} = 1.5gt_1^2$$

$$H = \frac{H}{h} \cdot h = h \cdot \frac{2gt_1^2}{1.5gt_1^2} = \frac{4}{3}h \quad H = 7,2 \text{ м.}$$

$$t_1 = \sqrt{\frac{h}{1.5g}} \quad t_1 = \sqrt{\frac{5,4 \text{ м}}{15 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}} = \sqrt{0,36 \text{ с}^2} = 0,6 \text{ с}$$

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

Перейд. в (0) стена: Теперь $v_{гориз}$. $v_{мяч} = v_{гориз} + u$ (вертел. $\frac{1}{2} \omega R$)



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

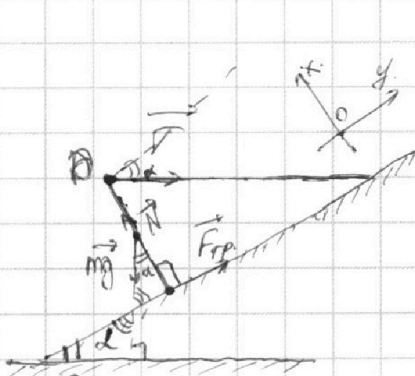
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$\vec{T} + \vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр.}} = 0 \quad (\text{т.к. веревочка не жонка})$$

(N — сила реакции опоры)

Введем ось OY, перпенд. накл. плоскости.
действ. на веревочку.

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

Пусть D — т-ка краем нити к стрелку / длина стрелка 2l.

Воспользуемся правилом моментов для веревки относительно ее опоры — D:

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

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

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

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

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

Введем ось OX, перпенд. оси OY:

$$OX: N = T \sin \alpha + mg \cos \alpha \quad (\text{проекции сил, действующих на веревочку, на OX})$$

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

$$\mu \geq \frac{F_{\text{тр.}}}{N} = \frac{T \cos \alpha}{T \sin \alpha + mg \cos \alpha}$$

$$\mu \geq \frac{17,3 \text{ Н} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{17,3 \text{ Н} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 60 \text{ Н} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}$$

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

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



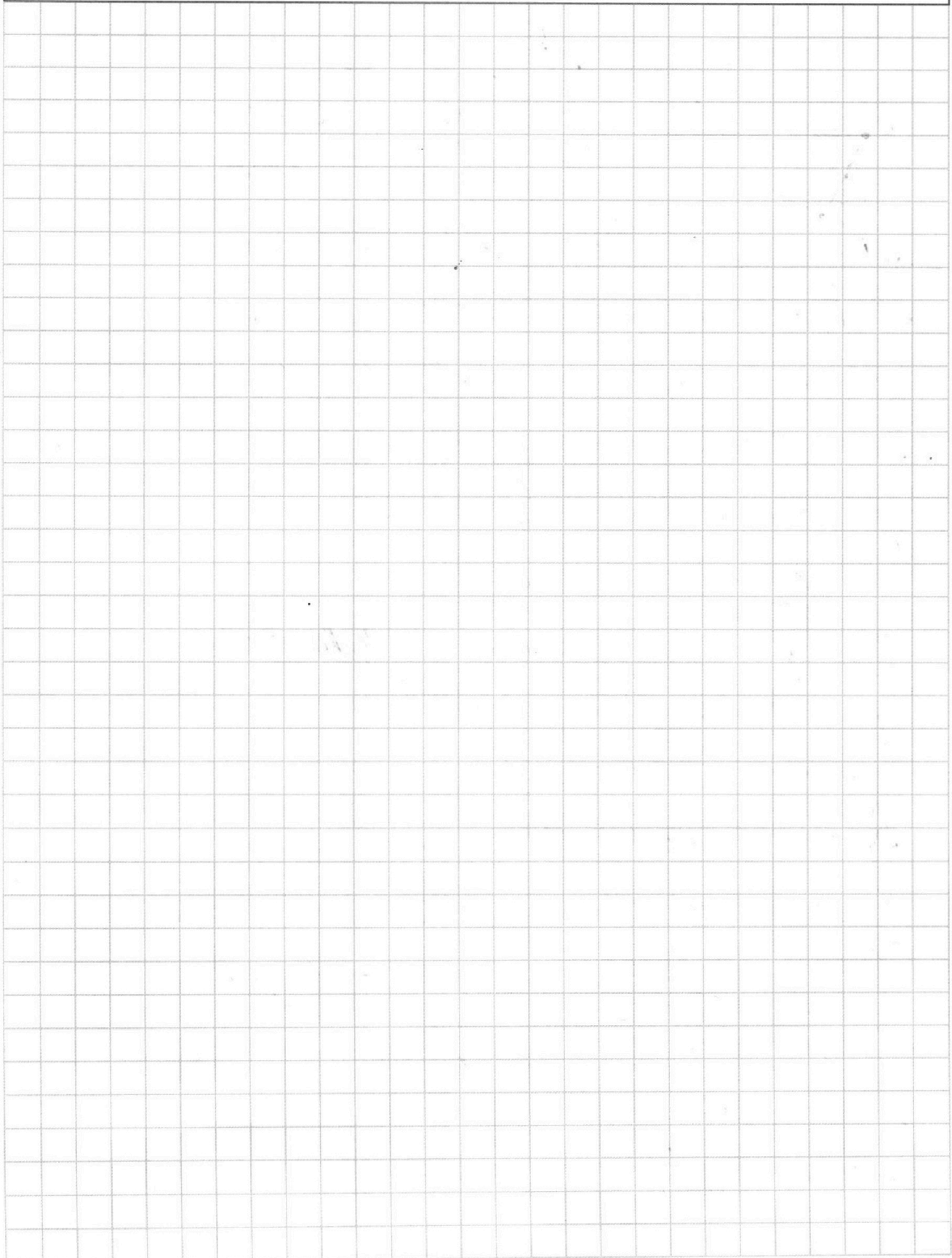
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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:

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!

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: $P_n = 400\text{Вт}$; $t_1 = 25^\circ\text{C}$



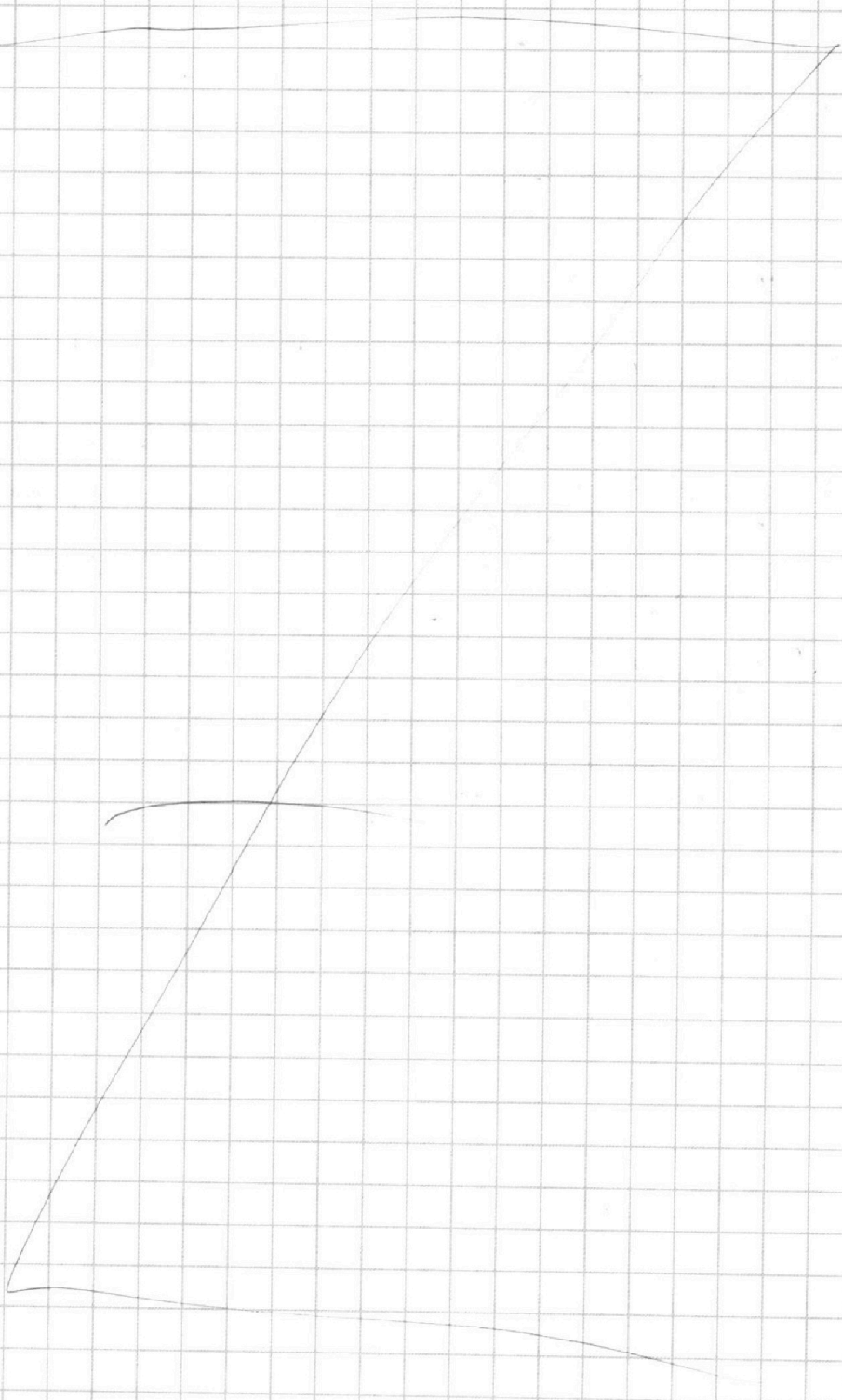
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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.

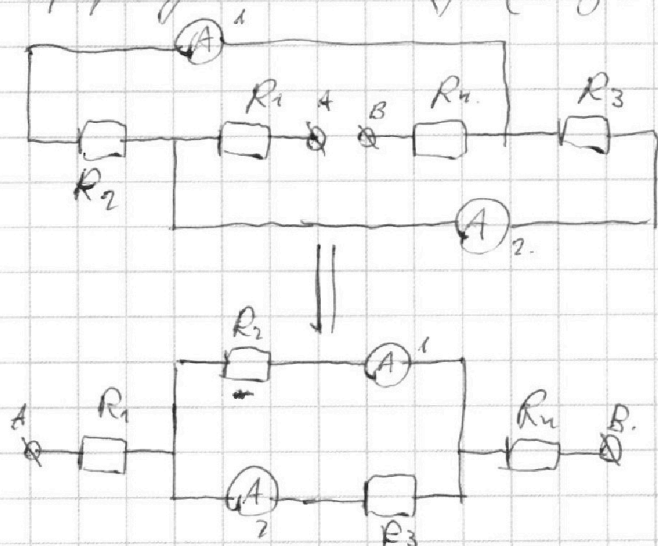
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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:

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

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

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

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

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

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

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

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: $I_2 = 1A$; $P = 990\text{Вт}$.

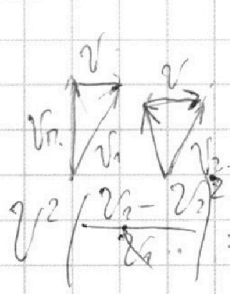
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



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

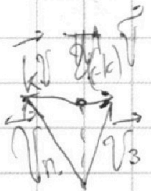
$$v_1^2 \cdot \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 + v_2^2 \cdot \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2 = v^2$$

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

$$v^2 (v_1 - v_2) = v_1^2 (v_1 + v_2)$$

$$v_1 < v$$

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



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

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

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

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

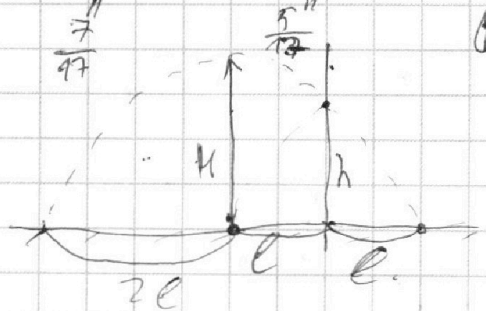
$$= -2 \frac{v_1 - v_2}{v_1 + v_2} + 2k^3 + 2k^2 + 2k \frac{v_1 - v_2}{v_1 + v_2} + 2k - 2k^2 + 2k^3 =$$

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

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

$$\frac{v_1}{v_1 + v_2} = \frac{1}{\frac{v_1}{v_2} + 1} = \frac{1}{1.3 + 1} = \frac{1}{2.3}$$

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



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

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

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

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

$$A = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = \sqrt{d^2 + (v_1 t - l)^2}$$

$$(v_1 t_2)^2 = d^2 + (v_2 - l)^2$$

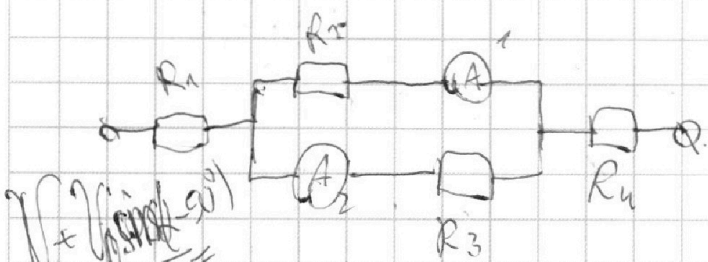
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$R_2 \neq R_3$$

$$R_2 = 30 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 60 \text{ Ом}$$

$$I_1 = 2 \text{ А}$$

$$I_2 = 1 \text{ А}$$

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

$$mg \sin \alpha = 2 F_{\text{тр}}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$1.73^2 = 2.99$$

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

$$\begin{array}{r} 47300 \\ - 24 \\ \hline 233 \\ - 278 \\ \hline 5050 \\ - 8049 \\ \hline 20010 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1.211 \\ + 1.778 \\ \hline 2.9929 \end{array}$$

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

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