

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.

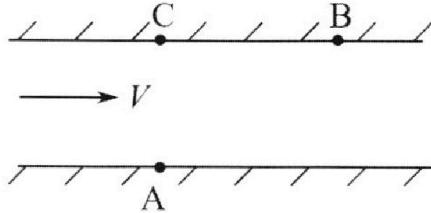
В двух первых заплывах А – точка старта, В – точка финиша (см. рис., V – неизвестная скорость течения реки). Ширина реки $AC = d = 50$ м, снос, т.е. расстояние, на которое пловец смещается вдоль реки к моменту достижения противоположного берега, $CB = L = 120$ м.

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.

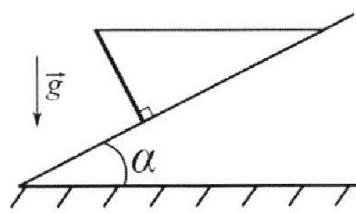
- 1) Найдите наибольшую высоту H , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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 поконится, 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_{TP} 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

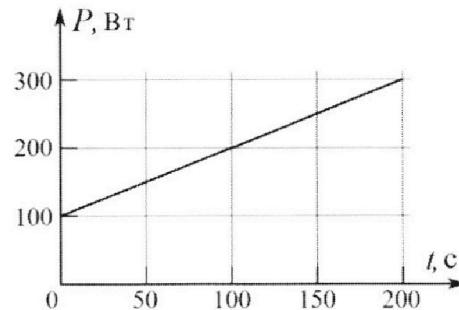


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. Воду объемом $V = 1\text{л}$ нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $t_0 = 16^{\circ}\text{C}$. Сопротивление спирали электроплитки $R = 25\text{ Ом}$, напряжение источника $U = 100\text{ В}$. 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 $T = 180\text{ с}$ после начала нагревания.

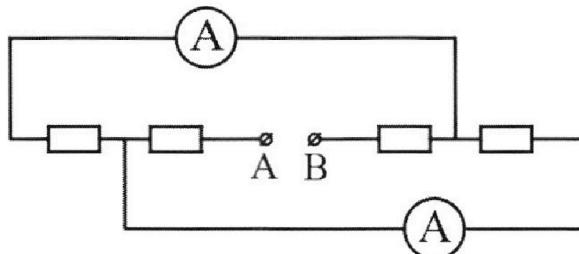
Плотность воды $\rho = 1000\text{ кг}/\text{м}^3$, удельная теплоемкость воды $c = 4200\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$.



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 $I_1 = 2\text{ А}$.

- 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:

- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input checked="" 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

(Страница 10)

в первых двух замыслах скорость
плавца в рассматриваемой системе всегда
всегда направлена
противоположно течению в одинаковом направлении
(так, как скорость течения всегда направлена
в всегда = по модулю направлению и
скорость пловца относ. воде всегда = по модулю
и направлению) в направлении АВ

если скорость в первом замысле = $\frac{AB}{100}$,

а во втором $\frac{AB}{240}$

$$AB^2 = AC^2 + CB^2 \quad AB = \sqrt{5^2 + 12^2} = 13 \text{ м}$$

$$V_1 = \frac{130 \text{ м}}{100 \text{ с}} = 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad V_2 = \frac{130}{240} = \frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ и $\frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}}$ верн.

различную скорость пловца на V_{x1} и V_{y1}
в первых двух замыслах) \uparrow \uparrow
один. воде гор.

тогда $V_B^2 = V_{x1}^2 + V_{y1}^2$ тогда, что бы

если V_B \uparrow \uparrow \uparrow
если скорость в зад. сист. одна направлена на АВ

$$\frac{V_{y1}}{V_{x1} + V} = \frac{5}{12}$$

$$12V_{y1} = 5V_{x1} + 5V$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ.

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

$$V_{y_1} = \frac{d}{T_1} \text{ Запишите только самое самое для } \underline{\text{второго запись}}$$

$$V_b^2 = V_{x_1}^2 + V_{y_2}^2 \quad 12 V_{y_2} = 5 V_{x_2} + 5V$$

$$V_{y_2} = \frac{d}{T_2} \quad V_{y_1} = \frac{50}{100} = \frac{1}{2} \mu C$$

$$V_{y_2} = \frac{50}{240} = \frac{5}{24} \mu C$$

$$6 = 5 V_{x_1} + 5V$$

$$2,5 = 5 V_{x_2} + 5V \quad 0,5 - V_{x_2} = V$$

~~$$6 = 12 V_{x_2} + 5V$$~~

$$6 = 5 V_{x_1} + 2,5 - 5 V_{x_2}$$

$$5 V_{x_2} = 5 V_{x_1} - 3,5$$

$$V_{x_2} = V_{x_1} - 0,7$$

$$V_{x_1}^2 + V_{y_1}^2 = V_{x_2}^2 + V_{y_2}^2$$

~~$$V_{x_1}^2 + \frac{1}{4} = V_{x_1}^2 - 1,4 V_{x_1} + 0,49 + \frac{5}{24}$$~~

$$1,4 V_{x_1} = 0,49 - \frac{1}{4} + \frac{5}{24}$$

$$1,4 V_{x_1} = 0,49 + \frac{1}{24}$$

$$V_{x_1} = 0,35 + \frac{5}{168} \mu C$$

$$V_{x_2} = \frac{5}{168} - 0,35 \quad V = 0,15 - \frac{5}{168} \mu C$$



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 checked="" 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!

Ответ: $0,15 - \frac{5}{168} \text{ м/с}$

(Страница 12)

Заметим, что скорость падения ~~столбца~~
воды $> 0,15 \text{ м/с}$ потому что сила
трогтия не верт от в первом замечании
 $> \sqrt{V}$ \Rightarrow за момент падения из
шара $\Rightarrow S = CB = 120 \text{ м}$

Ответ 120 м



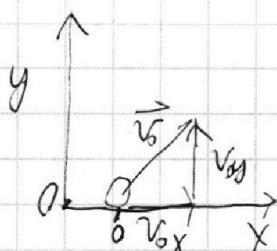
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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



№ 2

Страница 1

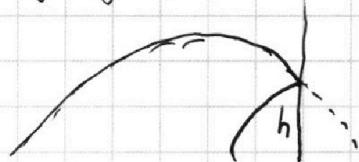
безъядерный ядерный

v_0 - нач. скорость мяча

v_{0y} - проекция скорости мяча

v_{0x} - проекция мяча на ось y
нас. ось x

Заметим, что при упругой соударении скорость v_x изменяется на противоположную и мяч будет лететь по той же траектории в другую сторону давление в узкой



задаче считать, что он не
ударился о стенку,

Заметим, что скорость по x постоянная
значит мяч пролетел $\frac{3}{4}$ расстояния
по x (до стены), то пролет $\frac{1}{4}$ времени до падения
 t_k - время до падения y - выс. свобод. пад.

Теперь напишем формулу равнозн. движ. для

точки падения и для точки удара об стену

$$y(t) = v_{0y} t - \frac{gt^2}{2}$$

$$0 = v_{0y} t_k - \frac{gt_k^2}{2}$$

$$0 = v_{0y} - \frac{gt_k}{2}$$

$$gt_k = 2v_{0y}$$

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"/> |

МФТИ

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

Прикоснётся к стенке со скоростью $h = \frac{3}{4} t_k v_{0y} - \frac{gt_k^2 \frac{3}{4}^2}{2}$

$$\frac{h}{3}, 4 = t_k v_{0y} - \frac{3gt_k^2}{8}$$

$$\frac{h \cdot 4}{3} = \frac{5,4}{3} \cdot 4 = 1,8 \cdot 4 = 7,2$$

подставим v_{0y}

$$7,2 = \frac{gt_k^2}{2} - \frac{3gt_k^2}{8} = \frac{gt_k^2}{8}$$
$$gt_k^2 = 7,2 \cdot 8$$
$$t_k^2 = 7,2 \cdot \frac{8}{g}$$

$$7,2 = \frac{8 \cdot 9}{10}$$

$$t_k = \sqrt{\frac{8^2 \cdot 3}{10^2}} = \frac{8 \cdot 3}{10} = 2,4 \text{ с}$$

Максимальная высота будет при половине времени

$$v_{0y} = \frac{gt_k}{2} = 12 \text{ м/с}$$

$$H = v_{0y} \frac{t_k}{2} - \frac{gt_k^2}{8} = 12 \cdot 7,2 - \frac{10 \cdot 2,4^2}{8} = 144 - 3 \cdot 2,4 = 144 - 7,2 = 136,8 \text{ м}$$

1) Ответ: 7,2 с

2) $t_1 - 3 \text{ с} = \frac{2,4}{\frac{1}{4}} = 0,6 \text{ с}$

Ответ: 0,6 с

3) заметим, что в момент соударения
с едущей стенкой t_1 не изменится так,
как скользят стены только по скорости
по x , а по ней зависят только дальность
полёта как изменится скорость v_x при ударе

Давайте перенесём в исходную систему стены

Страница 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 |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" 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!

тогда скорость v_x увеличивается на v
после удара скорость мяча по x пойдет
самое большое значение v и станет $= -v_x - v$
перейдем в систему отн. земли и получим

$$v \Rightarrow \text{скорость} = -v_x - 2v$$

тогда за время t_1 мяч пролетит $\frac{1}{4}$ пути
и ему $\approx 2vt_1$, а с неподвижной он
да пролетит только $\frac{1}{4}$ пути $\Rightarrow d = 2vt_1$

$$\frac{d}{1,2} = v \quad v = 1,5 \text{ м/с}$$

Ответ: $1,5 \text{ м/с}$



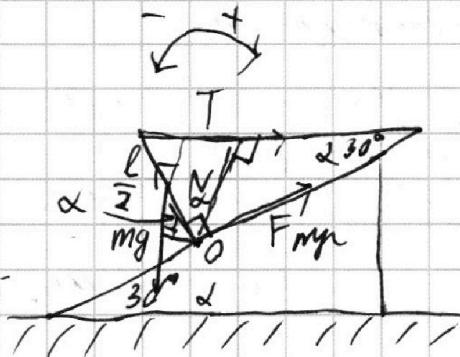
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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



№ 3

Страница 4

Расставим силы

mg - к центру стержня

T - по окружн., N - пер. поб.

F_{mp} - по касательной к окр.

l - длина стержня

запишем уравнение движения относительно

точки O r - радиус mg d - радиус T

$$-r \cdot mg + d \cdot T = 0$$

$$r = \sin \alpha \frac{l}{2}$$

$$d = \sin \alpha \frac{l}{2}$$

$$-\sin \alpha \frac{l}{2} mg + \sin \alpha \frac{l}{2} T = 0$$

$$-\frac{mg}{2} = -T \cos \alpha$$

$$1/\sqrt{3} = \frac{m \cdot 10}{2}$$

$$m = 3,96 \text{ кг}$$

$$\sin 30^\circ = \frac{1}{2}$$

$$\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$m = \frac{2T}{10} \cdot \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$m = 3,46 \cdot \sqrt{3} = 3,46 \cdot \sqrt{3}$$

Ответ: $3,46 \text{ кг}$

2) запишем уравнение равновесия относительно
середины стержня. x - радиус T

$$-\frac{l}{2} F_{mp} + x T = 0$$

$$x = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} \frac{l}{2}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <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!

$$-\frac{l}{2} F_{\text{нр}} + \sin \alpha \cdot \frac{l}{2} T = 0 \quad \boxed{\text{Страница 5}}$$

$$F_{\text{нр}} = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} T \quad \sin \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$F_{\text{нр}} = \frac{T}{\tan \alpha} = \frac{14,3}{\sqrt{3}} = 8,65 \cdot \sqrt{3} \text{ H}$$

Ответ ~~8,65~~ $8,65 \cdot \sqrt{3}$ H

3) Сумма проекций на какую-либо ось

равна нулю = 0 так, как система находится в покое.
Запишем ~~правильные~~ это (закон инерции) по

$$\text{вр. M} \quad \cos \alpha N + \sin \alpha F_{\text{нр}} - mg = 0$$

$$\cos 30 = \sqrt{1 - \frac{1}{4}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} N + \frac{1}{2} F_{\text{нр}} = mg \quad \text{подставим}$$

$$\sqrt{3} N + F_{\text{нр}} = 2mg \quad \sqrt{3} N + 8,65 \cdot \sqrt{3} = 69,3 \text{ H}$$

$$\sqrt{3} N + 8,65 \cdot \sqrt{3} = 69,3 \cdot \sqrt{3}$$

$$N = 69,3 - 8,65 = 60,65 \text{ H}$$

$$F < N \mu \quad \mu > \frac{F}{N}$$

$$\text{Ответ: } \mu > \frac{8,65 \cdot \sqrt{3}}{60,65}$$

Нет



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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"/> |

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

№ 4

Страница 6

Мощность нагревания мы можем найти из формулы $P_H = \frac{U^2}{R} = \frac{100^2}{25} = 400 \text{ Вт}$
 ответ: 400 Вт
 если мы найдём площадь под графиком
 Р от t то мы получим сколько джоулей
 ушло из-за тепло. пот. за это время
 давайте найдём площадь под этими графиками
 между временем 0 и 180 с:

нашем графике я вынесу по току 0, 100 А
 и 100 с, 200 дж
 $\frac{200 - 100}{100 - 0} = 1$

площадь площадь состоит из прямоугольника

с стороны 100 Вт на 180 с - площадь = 18000 дж
 и треугольника со стороной 100 А = 180 и $\frac{100}{2}$ дж

$$\text{площадь} = \frac{180 \cdot 180}{2} = 16200 \text{ дж}$$

$$\text{целая часть площадь} = 18000 + 16200 = 34200 \text{ дж}$$

за это время тепло нагреватель ~~на~~ ^{воздух}

$$400 \cdot 180 = 72000 \text{ дж} \quad \text{на нагрев воды пойдёт}$$

$$72000 - 34200 = 37800 \text{ дж} = Q_H \quad t_1 - t_0 = \Delta t$$

$$Q_H = C V \cdot q (t_1 - t_0) = 4100 \cdot 0,001 \cdot 1000 \cdot \Delta t$$



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!

$$3880 = 420 \cdot \Delta t \quad \Delta t = 9 \text{ sec}$$

$$t_1 = t_0 + \theta = 25^\circ\text{C}$$

Ombrem: 25 °C

Часк ваке непрекину стежки



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"/> |

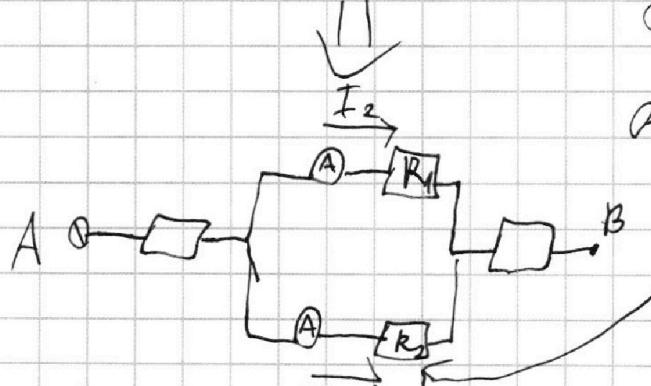
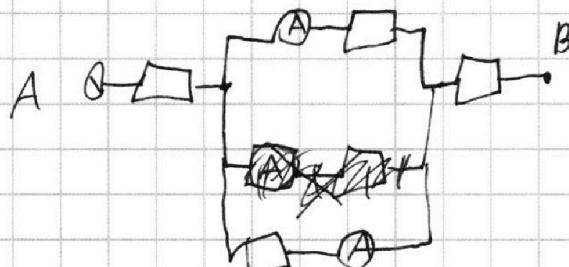
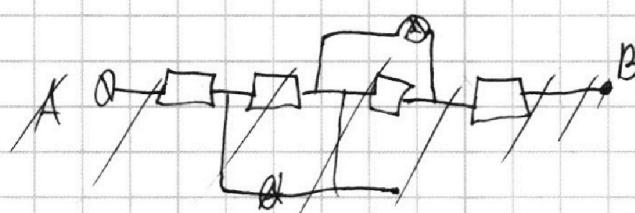
МФТИ

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

Страница 8

№ 5

Переписано схему



Без промежуточной
однозначно исходит, что
через эту ветвь
текёт ток I_1 ,

(сопротивление
(амперметр A)
пренебрежимо)

то амперметры показали
разные значения $\Rightarrow R_1 \neq R_2$

значит, так как $I_2 < I_1 \Rightarrow R_2 < R_1 \Rightarrow R_2 = 30 \Omega$

$$R_1 = 60 \Omega$$



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!

$$I_1 R_2 = R_1 I_2$$

$$2 \cdot 30 = 60 I_2 \quad I_2 = 1A$$

ответ: 1A

$$2) P = I_{\text{одн}}^2 \cdot R_{\text{одн}}$$

$$I_{\text{одн}} = 1 + 2 = 3A \quad R_{\text{одн}} = 30 + 60 + \frac{30 \cdot 60}{30+60} = \\ = 90 + \frac{60}{3} = 90 + 20 = 110 \Omega$$

✓

$$P = 9 \cdot 110 = 990 \text{ Вт}$$