



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

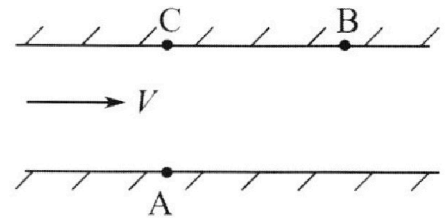
Вариант 09-02

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.

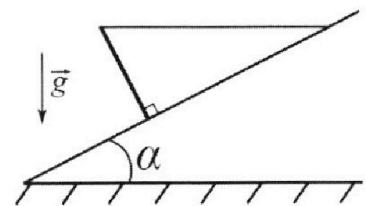
- 1) Найдите наибольшую высоту  $H$ , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время  $t_1$  после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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/с<sup>2</sup>. 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  $\mu$  трения скольжения стержень будет находиться в покое? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

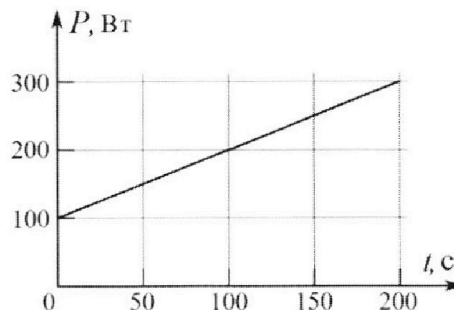
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

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.

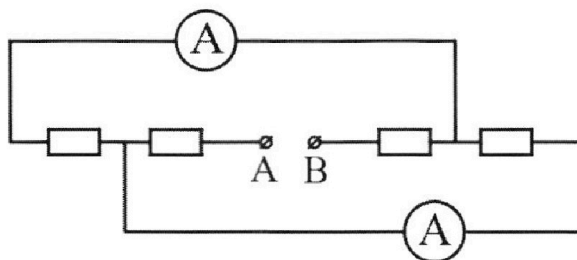
Плотность воды  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, удельная теплоемкость воды  $c = 4200$  Дж/(кг·°С).

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:



- 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

Страница 10

в первом двух замерах скорость  
плавца в лабораторной системе отсчета  
всегда направлена  
продольно т.е. в одну сторону  
(так, как скорость течения всегда направлена  
всегда = по модулю направлена и  
скорость пловца отн. воды всегда = по модулю  
и направлена) в направлении АВ

его скорость в первом замере =  $\frac{AB}{100}$   
а во втором  $\frac{AB}{240}$

$$AB^2 = AC^2 + CB^2 \quad AB = \sqrt{50^2 + 120^2} = 130 \text{ м}$$

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

ответ:  $1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  и  $\frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

разности скорости пловца на  $V_{x1}$  и  $V_{y1}$   
в первом двух замерах  $\leftarrow$  отн. воды  $\leftarrow$  верт.  
тогда  $V_{AB}^2 = V_{x1}^2 + V_{y1}^2$  тогда, чтобы  
его скорость в зад. сист. была направлена на АВ

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

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!

$v_{y1} = \frac{d}{T_1}$  запишу тоже самое для второго затвора (страница 11)

$$v_B^2 = v_{x2}^2 + v_{y2}^2 \quad 12 v_{y2} = 5 v_{x2} + 5V$$

$$v_{y2} = \frac{d}{T_2} \quad v_{y1} = \frac{50}{100} = \frac{1}{2} \text{ м/с}$$

$$v_{y2} = \frac{50}{240} = \frac{5}{24} \text{ м/с}$$

$$6 = 5 v_{x2} + 5V$$

$$2,5 = 5 v_{x2} + 5V$$

$$0,5 - v_{x2} = V$$

~~$$6 = 12 v_{x2} + 5V$$~~

$$6 = 5 v_{x1} + 2,5 - 5 v_{x2}$$

$$5 v_{x2} = 5 v_{x1} - 3,5$$

$$v_{x2} = v_{x1} - 0,7$$

$$v_{x1}^2 + v_{y1}^2 = v_{x2}^2 + v_{y2}^2$$

$$v_{x1}^2 + \frac{1}{4} = v_{x1}^2 - 1,4 v_{x1} + 0,49 + \frac{5}{24}$$

$$1,4 v_{x1} = 0,49 - \frac{1}{4} + \frac{5}{24}$$

$$1,4 v_{x1} = 0,49 + \frac{1}{24}$$

$$v_{x1} = 0,35 + \frac{5}{168} \text{ м/с}$$

$$v_{x2} = \frac{5}{168} - 0,35$$

$$V = 0,15 - \frac{5}{168} \text{ м/с}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

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

Страница 12

Заметим, что скорость течения  
воды  $> \frac{1}{2} v$  поэтому газе одна  
прямая по верт ось в первом законе  
 $> v \Rightarrow$  она может проходить без  
оста  $\Rightarrow S = CB = 120 \text{ м}$

Ответ 120 м

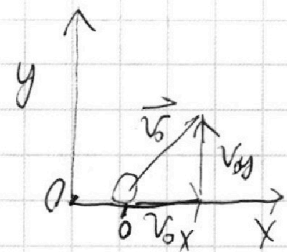
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 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!



№ 2

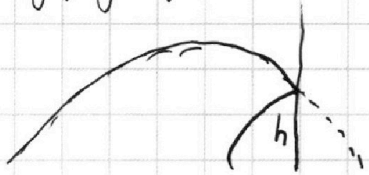
Страница 1

Введем ось  $x$  и  $y$

$\vec{v}_0$  - нач. скорость мяча  
 $v_{0y}$  - вертикаль скорости мяча

$v_{0x}$  - проекция мяча на ось  $x$

Заметим, что при упругом соударении скорость  $v_x$  принимает на противоположную и мяч будет лететь по той же параболе но в другую сторону. Давайте в данной задаче считать, что он не ударился о стенку, а мы



Заметим, что скорость по  $x$  постоянная значит когда мяч пролетит  $\frac{3}{4}$  расстояния по  $x$  (до стенки), то прошло  $\frac{1}{4}$  времени до падения

Заметим, что скорость по  $x$  постоянная значит когда мяч пролетит  $\frac{3}{4}$  расстояния по  $x$  (до стенки), то прошло  $\frac{1}{4}$  времени до падения  $t_k$  - время до падения  $y$  - уик. свобод. пад.

Теперь напишем формулу равноук. движ. для

точки падения и для точки удара об стену

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

Точка столкновения со стенкой

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

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

$$\frac{h \cdot 4}{3} = \frac{54 \cdot 4}{3} = 72 = 72 \text{ м}$$

подставим  $v_{0y}$

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

$$g t_k^2 = 7,2 \cdot 8$$
$$t_k^2 = 7,2 \cdot \frac{8}{10}$$

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

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

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

Максимальная высота будет на половине времени

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

$$H = v_{0y} \frac{t_k}{2} - \frac{g t_k^2}{8} = 12 \cdot 1,2 - \frac{10 \cdot 2,4^2}{8} = 14,4 -$$

$$- 3 \cdot 2,4 = 14,4 - 7,2 = 7,2 \text{ м}$$

1) ~~7,2~~ Ответ: 7,2 м

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

Ответ: 0,6 с

3) заметим, что в момент соударения

с движущейся стенкой  $t_1$  не изменится так,

как скорость стенки влияет только на скорость

по  $x$ , а от неё зависит только направление

полёта как изменится скорость  $v_x$  при ударе

Давайте

перейдём в систему отсчёта стенки

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"/>	<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!

тогда скорость  $v_x$  увеличится на  $v$

после удара скорость мяча по  $x$  направлена  
вниз и направлена  $\rightarrow$  и станет  $= -v_x - v$  теперь после удара

перейдем в систему отсч. земли и вычитаем

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

тогда за время  $t_1$  мяч пролетит  $\frac{1}{4}$  метра (старую)

и еще  $2vt_1$ , и с неподвижной ст

на пролетит только  $\frac{1}{4}$  метра  $\Rightarrow d = 2vt_1$

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

Ответ: 1,5 м/с



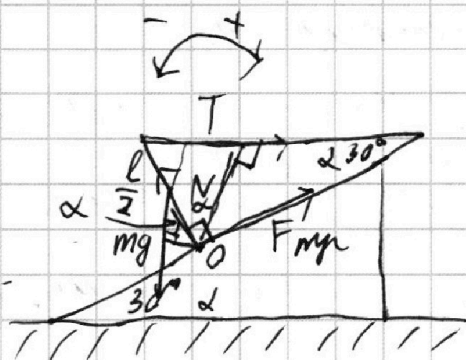
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



№ 3

Страница 4

Рассмотрим силы

$mg$  - к центру стержня

$T$  - по штифту,  $N$  - пер. пов.

$F_{\text{тр}}$  - по касательной к пов.

$l$  - длина стержня

запишем уравнение моментов относительно

точки  $O$   $r$  - плечо  $mg$   $d$  - плечо  $T$

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

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

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

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

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

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

$$-\frac{mg \cdot \sin \alpha}{2} = -T \cdot \cos \alpha \quad \Rightarrow \quad \frac{mg}{2}$$

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

$$17,3 = \frac{m \cdot 10}{2}$$

$$m = 3,46 \text{ кг}$$

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

ответ:  $3,46 \sqrt{3}$

2) запишем уравнение равновесия относительно середины стержня.

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

$x$  - плечо  $T$

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

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!



$$-\frac{l}{2} F_{\text{упр}} + \frac{\cos}{\sin} \alpha \frac{l}{2} T = 0$$

Страница 5

$$F_{\text{упр}} = \frac{\cos}{\sin} \alpha T \quad \sin 30 = \frac{1}{2}$$

$$F_{\text{упр}} = \frac{T}{2} \sqrt{3} = 8,65 \cdot \sqrt{3} \text{ Н}$$
$$F_{\text{упр}} = \frac{T}{2} = \frac{17,3}{2} = 8,65 \text{ Н}$$

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

3) сумма проекций на какую-либо ось

равна 0 так, как <sup>сдв</sup> стержень находится в равновесии. Запишем ~~проекции~~ это (закон сохранения)

вер. ось  $\cos \alpha N + \sin \alpha F_{\text{упр}} - mg = 0$

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

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

$$\sqrt{3} N + F_{\text{упр}} = 2mg$$

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

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

$$N = 69,3 - 8,65 = 60,65 \text{ Н}$$

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

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

НН

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!

№4

Страница 6

Мощность нагревателя 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 по графикам  
 $P$  от  $t$  то мы получим сколько энергии  
ушло из-за теплопот. за это время  
давайте найдём площадь по этим графикам  
между временами  $0$  и  $180$  с:

поклон графика я вынесу по точке  $0$ ,  $100 \text{ Вт}$   
и  $100$  с,  $200 \text{ Вт}$   $\int \frac{200 - 100}{100 - 0} = 1$

общая площадь состоит из прямоугольника

с сторонами  $100 \text{ Вт}$  на  $180$  с - площадь =  $18000 \text{ Дж}$   
и треугольника с ~~сторонами~~ катетами =  $180$  с и  $100 \text{ Вт}$

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

общая площадь =  $18000 + 16200 = 34200 \text{ Дж}$

за это время электронагреватель ~~нагреет~~ выделит

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

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

$Q_H = c \cdot V \cdot \rho \cdot (t_1 - t_0) = 4200 \cdot 0,001 \cdot 1000 \cdot \Delta t$

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!



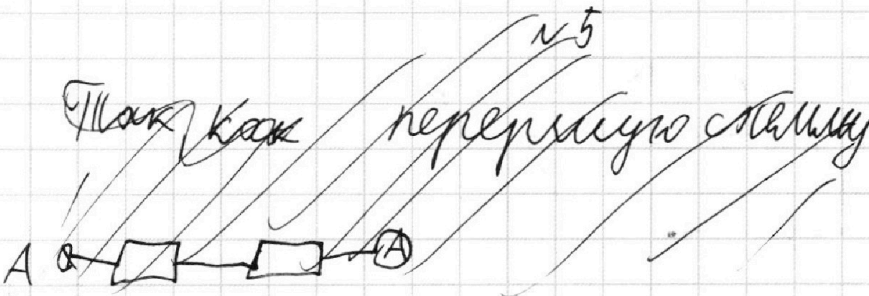
$$38800 = 4200 \cdot \Delta t \quad \Delta t = 9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Страница 4



$$t_1 = t_0 + 9 = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

ответ:  $25 \text{ } ^\circ\text{C}$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

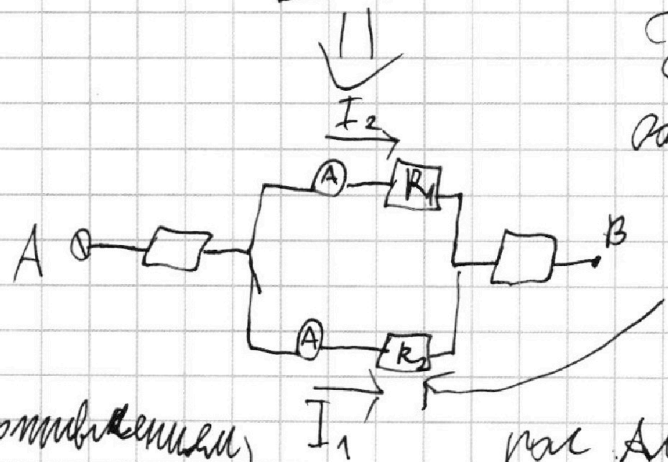
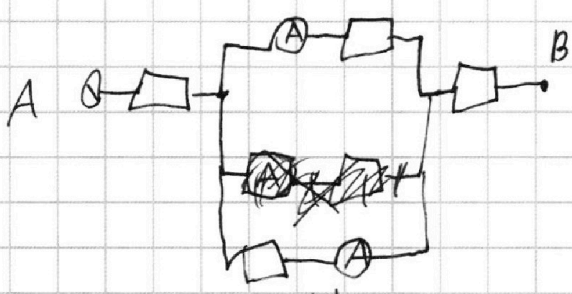
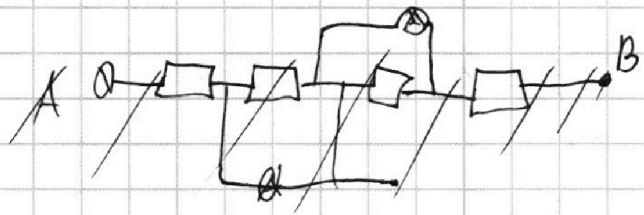
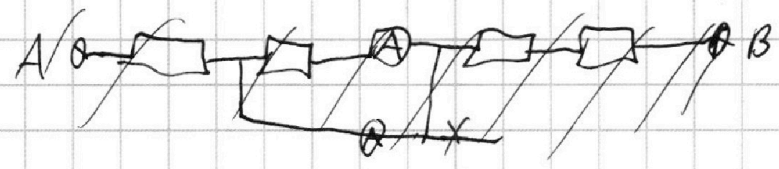
МФТИ

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

Страница 8

№ 5

Перерисую схему



Без правил  
однополупроводника, что  
через эту ветвь  
идет ток  $I_1$

(отпротивления)  
амперметр а)  
прелесте сою

рас. Амперметры показали  
разные значения  $\Rightarrow R_1 \neq R_2$

и так, как  $I_2 < I_1 \Rightarrow R_2 < R_1 \Rightarrow R_2 = 30 \text{ ohm}$   
 $R_1 = 60 \text{ ohm}$

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!

$$I_1 R_2 = R_1 I_2$$

$$2 \cdot 30 = 60 I_2$$

См. страницу 9  
 $I_2 = 1 \text{ A}$

ответ: 1 A

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

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

$$P = 9 \cdot 110 = 990 \text{ Вт}$$