

**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.

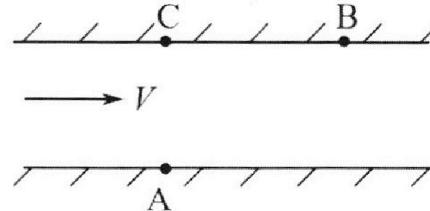
В двух первых заплывах А – точка старта, В – точка финиша (см. рис.,  $V$  - неизвестная скорость течения реки). Ширина реки  $AC = d = 70$  м, снос, т.е. расстояние, на которое пловец смещается вдоль реки к моменту достижения противоположного берега,  $CB = L = 240$  м.

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  $t_1$  полета мяча от старта до соударения со стенкой.

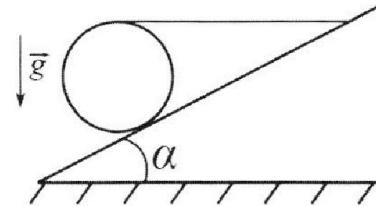
Допустим, что в момент соударения мяча со стенкой на той же высоте  $h$ , стенка движется навстречу мячу со скоростью  $U = 2$  м/с.

- 3) Найдите расстояние  $d$  между точками падения мяча на площадку в случаях: стенка покоятся, стенка движется.

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 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  $\alpha$  такой, что  $\sin \alpha = 0,6$ .

- 1) Найдите силу  $T$  натяжения нити.
- 2) Найдите силу  $F_{Tr}$  трения, действующую на шар.
- 3) При каких значениях коэффициента  $\mu$  трения скольжения шар будет находиться в покое? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.





# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 09-01



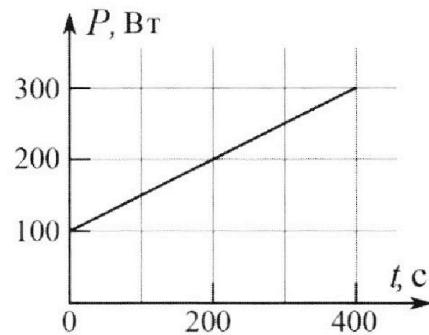
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. Воду нагревают на электроплитке. Начальная температура воды  $\tilde{t}_0 = 14^{\circ}\text{C}$ , объем воды  $V = 2 \text{ л}$ . Сопротивление спирали электроплитки  $R = 20 \Omega$ , сила тока в спирали  $I = 5 \text{ А}$ .

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  $\tilde{t}_1 = 25^{\circ}\text{C}$ ?

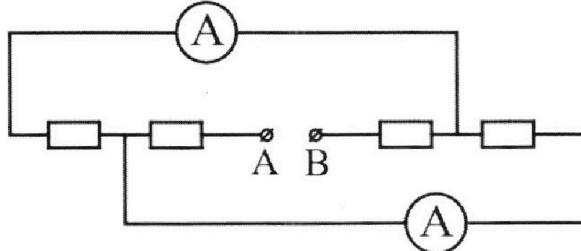
Плотность воды  $\rho = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ , удельная теплоемкость воды  $c = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot{}^{\circ}\text{C})$ .



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

После подключения к клеммам А и В источника постоянного напряжения показания амперметров оказались различными. Меньшее показание  $I_1 = 1 \text{ А}$ .

- 1) Найдите показание  $I_2$  второго амперметра.
- 2) Найдите напряжение  $U$  источника.



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

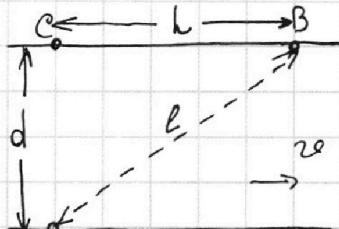
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

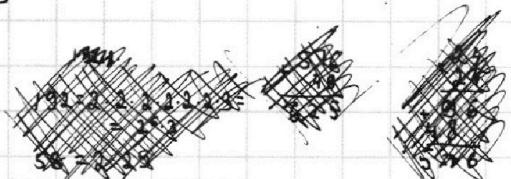
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

1

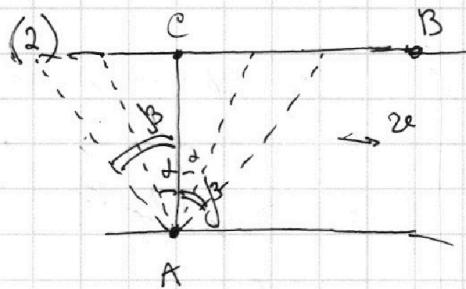


Пусть  $l$  - расстояние  $AB$ .

$$(1) \quad \nu_1 = \frac{l}{T_1} = \frac{\sqrt{d^2 + l^2}}{T_1} = \frac{\sqrt{70^2 + 240^2} \text{ м}}{192 \text{ с}} = \frac{\sqrt{49 + 576} \cdot 10 \text{ м}}{192 \text{ с}} = \frac{250 \text{ м}}{192 \text{ с}} = 1 \frac{58}{192} \text{ с} = 1 \frac{29}{96} \text{ с}$$



$$\nu_2 = \frac{l}{T_2} = \frac{\sqrt{d^2 + l^2}}{T_2} = \frac{250 \text{ м}}{417 \text{ с}} = \frac{250}{417} \text{ м/с}$$



Пусть  $\alpha$  небольшой угол

то есть  $\alpha \ll 1$  в первом раз

или  $\alpha$  маловат, а  $\beta$  второй раз

также, но не

углом  $\beta$ .

$$\frac{d \cos \alpha}{\nu} = \frac{l \pm d \sin \alpha}{\nu} = T_1 \quad \nu T_1 = l \pm d \sqrt{1 - \left(\frac{T_1 \cdot \nu}{d}\right)^2}$$

$$\frac{d \cos \beta}{\nu} = \frac{l \pm d \sin \beta}{\nu} = T_2 \quad \nu T_2 = l \pm d \sqrt{1 - \left(\frac{T_2 \cdot \nu}{d}\right)^2}$$

$T_2 > T_1 \Rightarrow \beta$  первым

$$\frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{T_1}{T_2} \quad \text{если знак ``-``}, \text{а } \beta \text{ второй - ``+``}$$

$$l - \nu T_1 = d \sqrt{1 - \left(\frac{T_1 \cdot \nu}{d}\right)^2}$$

$$\nu T_2 - l = d \sqrt{1 - \left(\frac{T_2 \cdot \nu}{d}\right)^2}$$

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 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!

$$240 - 2 \cdot 192 = 70 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{192}{70} u\right)^2}$$

$$2 \cdot 417 - 240 = 70 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{417}{70} u\right)^2}$$

$$240^2 - 2 \cdot 240 \cdot 192 \cdot 2u + 192^2 \cdot 2u^2 = 70^2 \cdot \left(1 - \left(\frac{192}{70}\right)^2 \cdot u^2\right) = 70^2 \cdot 192^2 \cdot u^2 / 417^2$$

$$240^2 - 2 \cdot 240 \cdot 417 \cdot 2u + 417^2 \cdot 2u^2 = 70^2 \cdot \left(1 - \left(\frac{417}{70}\right)^2 \cdot u^2\right) = 70^2 \cdot 417^2 \cdot u^2 / 192^2$$

$$\cancel{240 \cdot (417 - 192) \cdot 2u \cdot (417^2 - 192^2) \cdot 2u^2} = (417^2 - 192^2) u^2$$

$$240^2 \cdot 417^2 - 2 \cdot 240 \cdot 192 \cdot 417 \cdot 2u + 192^2 \cdot 417^2 \cdot 2u^2 = 70^2 \cdot 417^2 - 192^2 \cdot 417^2 \cdot u^2$$

$$240^2 \cdot 192^2 - 2 \cdot 240 \cdot 417 \cdot 192 \cdot 2u + 192^2 \cdot 417^2 \cdot 2u^2 = 70^2 \cdot 417^2 - 192^2 \cdot 417^2 \cdot u^2$$

$$240^2 \cdot (417^2 - 192^2) - 2 \cdot 240 \cdot 192 \cdot 417 \cdot 2u (417^2 - 192^2) = 70^2 \cdot (417^2 - 192^2)$$

$$2u \cdot 2 \cdot 240 \cdot 192 \cdot 417 \cdot 225 = (240^2 - 70^2) (417^2 - 192^2)$$

$$2u = \frac{(240^2 - 70^2) (417^2 - 192^2)}{2 \cdot 240 \cdot 192 \cdot 417 \cdot 225}$$

$$0 + \text{беср.}(2) u = \sqrt{\frac{70^2 - (240^2 - 70^2)(417^2 - 192^2)}{417 \cdot 225} + \frac{(192(240^2 - 70^2)(417^2 - 192^2))^2}{2 \cdot 240 \cdot 417 \cdot 225}}$$

$$(1) \quad u_1 = \frac{28}{96} \frac{m}{s}$$

$$u_2 = \frac{250 m}{417 s}$$

пункт. 3

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

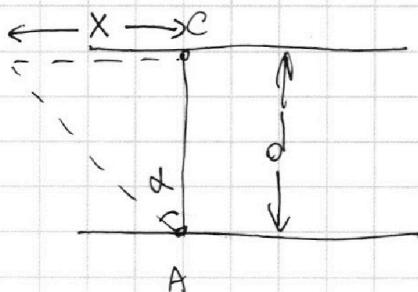
- |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------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

**МФТИ**

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

(3) Из ~~первой~~ второго пункта мы знаем что отношение  $\frac{U}{U}$  (не будем его записывать в скобках, а скажем, что  $k = \frac{U}{U}$ )

Очевидно, что минимальный скос равен 0.



Пусть он движется под углом  $\alpha$ .

$$\frac{x}{U} = \frac{\sqrt{x^2 + d^2}}{\sin \alpha \cdot U} = T \quad \frac{x}{U} = \frac{x}{\sin \alpha \cdot U} = T$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\sin \alpha \cdot U}$$

$$1 = \frac{\sin \alpha \cdot U}{U} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{U}{U} = k$$

$$T = \frac{d}{U \cos \alpha} = \frac{d}{U \sqrt{1 - k^2}} = T$$

Ответ выражим в единицах длины, чтобы  
не пограничить ограничения из  
пункта 2.

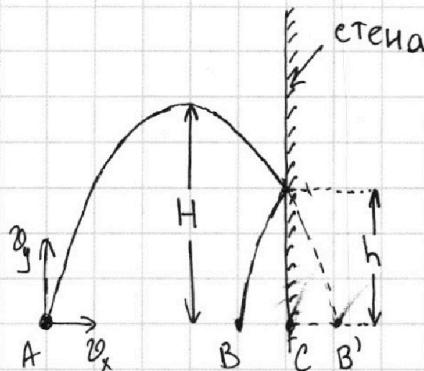
$$T = \frac{70 \cdot U}{20 \cdot \sqrt{1 - \frac{U^2}{U^2}}} = T$$

$$\boxed{\text{Ответ: (3)} \quad T = \frac{70}{20 \cdot \sqrt{1 - \frac{U^2}{U^2}}}}$$

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

2



A - точка старта мяча

B - точка падения мяча

C - точка, где находится стена.

вторую часть  
Отразим параболу относительно стены. Тогда парабола будет

между точками A и B' (показано на рисунке)

$$AC = 5 \cdot BC = 5 \cdot B'C$$

Пусть начальные скорости мяча:  $v_x$  и  $v_y$ , как показано на рисунке

$v_y = gt$ , где  $t$  - время полёта до верхней точки.

$$H = v_y \cdot t - \frac{gt^2}{2} = \frac{v_y^2}{g} \cdot t - \frac{g \cdot \frac{v_y^2}{g}}{2} = \frac{v_y^2}{2g}$$

$$v_y = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 16,2} \frac{m}{s} = 18 \frac{m}{s} \Rightarrow t = 1,8 s$$

Пусть  $BC = l$ . Тогда  $AC = 5l$ , а  $AB' = 6l$ . Тогда поскольку парабола симметрична, то от точки A до точки C на второй боковой максимальная высота расстояние  $\frac{6l}{2} = 3l$ .

$v_x$  постоянна

$$v_x = \frac{3l}{t} = \frac{5l}{t_1} \Rightarrow t_1 = \frac{5}{3} t$$

$$h = H - \frac{g(t_1 - t)^2}{2} = 16,2 m - \frac{10 \frac{m}{s^2} \cdot (\frac{5}{3}t - t)^2}{2} = 16,2 m - 7,2 m = \underline{\underline{9 m = h}}$$



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) Посмотрим, какое будет ~~ее~~ горизонтальная  
скорость мяча после удара об стенку. Это  
будет  $V_x + 2U$ . Ему остается лететь  $2t - t_1 = 0,6\text{ c} \Rightarrow$   
~~то~~  $d = (V_x + 2U) \cdot (2t - t_1) - V_x(2t - t_1) = 2U \cdot (2t - t_1) = 2,4\text{ м} = d$

$$\text{Решение: (1)} h = g t^2$$

$$(2) t_1 = 3\text{ c}$$

$$(3) d = 2,4\text{ м}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

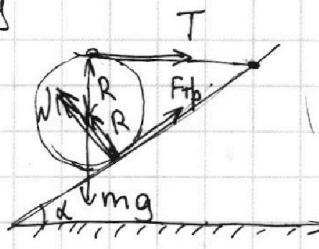
6

7

МФТИ

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

[3]



$$\sin \alpha = 0,6 \Rightarrow \cos \alpha = 0,8$$

Расставим силы на шар

Запишем II З.Н.:  $Ox: F_{Tp} \cos \alpha + T = N \sin \alpha \quad | \cdot 82 \text{рад} \cos \alpha$

$$Oy: mg = F_{Tp} \sin \alpha + N \cos \alpha \quad | \cdot \cos \alpha \sin \alpha$$

$$F_{Tp} \cos^2 \alpha + T = N \sin^2 \alpha \cdot \cos \alpha$$

$$mg = F_{Tp} \cdot \sin^2 \alpha + N \cos \alpha \cdot \sin \alpha$$

$$F_{Tp} \cos^2 \alpha + T - mg = N \sin \alpha \cdot \cos \alpha - F_{Tp} \sin^2 \alpha - N \cos \alpha \cdot \sin \alpha$$

$$T + F_{Tp} (\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha) = mg$$

~~$$F_{Tp} = mg + 30 \text{Н} \cdot F_T$$~~

$$F_{Tp} + T = mg$$

Теперь запишем правило моментов относи-  
тельно центра шара:  
сила  $N$  действует в точке касания  $F_{Tp} \Rightarrow$  проходит через  
центр шара:

$$RT + 0 \cdot N = 0 \cdot mg + R \cdot F_{Tp}$$

$$T = F_{Tp} \Rightarrow T = \frac{mg}{2} \quad | \cdot \underline{\underline{N}} \quad F_{Tp} = \frac{mg}{2} \quad F_{Tp} = T = 15 \text{Н}$$



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!

$$(3) F_{Tp} \cos \alpha + T = N \sin \alpha$$

$$N = F_{Tp} \frac{mg}{2} \cdot \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} + \frac{\cancel{mg}}{2} = \frac{mg}{2} \cdot \frac{0,8}{0,6} + \frac{mg}{2 \cdot 0,6} =$$

$$= \frac{2mg}{3} + \frac{5mg}{6} = \frac{9mg}{6} = 1,5mg = N$$

$$F_{Tp} = \frac{1}{2} mg \Rightarrow \cancel{x}$$

$$F_{Tp} = \mu N \Rightarrow \mu_{max} = \frac{1}{3} \Rightarrow \mu \leq \frac{1}{3}$$

$$\text{Ответ: (1)} T = 15 \text{Н}$$

$$(2) F_{Tp} = 15 \text{Н}$$

$$(3) \mu \leq \frac{1}{3}$$

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!

(1)  $P_u = I^2 \cdot R = 500 \text{ Вт} = P_u$

(2) Для нагревания воды из  $11^\circ\text{C}$  потребуется  
энергия:  $Q = c \cdot V \cdot g \cdot (\tilde{t}_1 - \tilde{t}_0) = 92400 \text{ Дж}$

$$Q = P_{\text{сум}} \cdot t$$

$$P_{\text{сум}} = P_u - P(+)$$

$$P(+) = 100 \text{ Вт} + \frac{\frac{t}{2}}{2 \frac{c}{R}}$$

$$Q = 500 \cdot t - \frac{100 + 100 + \frac{t}{2}}{2} \cdot t = 500t - 100t - \frac{t^2}{4} = 400t - \frac{t^2}{4}$$

$$= 400t - \frac{t^2}{4} = 92400$$

$$-\frac{t^2}{4} + 400t - \frac{t^2}{4} - 400t + 92400 = 0$$

$$\Delta = 160000 - 92400 = 67600$$

$$t = \frac{400 \pm \sqrt{67600}}{\frac{1}{2}} = 800 \pm 2\sqrt{67600} = 800 \pm 520.$$

$t = 280 \text{ C}$ , т.к. при  $t = 800 \text{ C}$   $P = P_u$  и вода

не успевает нагреваться

Ответ: (1)  $P_u = 500 \text{ Вт}$

(2)  $T = 280 \text{ C}$

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

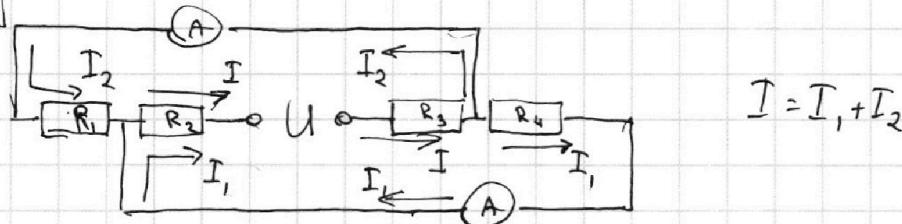
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

15



Пусть меньший ток  $I_1$  текёт через  
меньший амперметр Тонга

$$U = (R_2 + R_3) I + R_4 \cdot I_1 \Rightarrow R_4 \cdot I_1 = R_1 \cdot I_2$$

$$U = (R_2 + R_3) I + R_1 \cdot I_2 \quad I_1 \neq I_2 \text{ и } I_1 < I_2 \Rightarrow R_4 > R_1 \Rightarrow$$

$$R_4 = 40\Omega, \text{ а } R_1 = 20\Omega \Rightarrow R_2 + R_3 = 20\Omega + 40\Omega = 60\Omega$$

Тонга

$$\boxed{I_2 = 2A}$$

$$\Rightarrow U = 60\Omega \cdot 3A + 40\Omega \cdot 1A = \boxed{220V = U}$$

Ответ: (1)  $I_2 = 2A$   
(2)  $U = 220V$



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!



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!

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"/> |

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

МФТИ