

# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 09-01



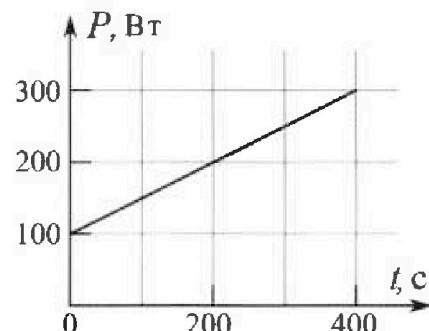
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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 спирале  $I = 5 \text{ А}$ .

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

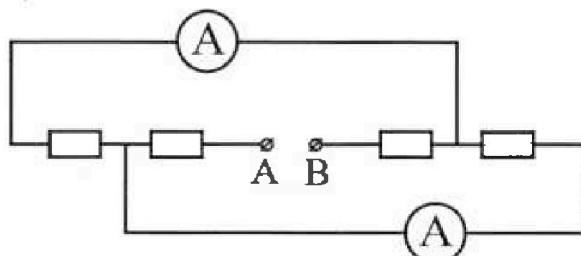
Плотность воды  $\rho = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ , удельная теплоемкость воды  $c = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$ .



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.





# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 09-01

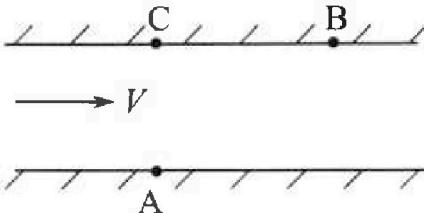


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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.
- 3) В третьем заплыве пловец стартует из точки А и движется так, что снос минимальный.

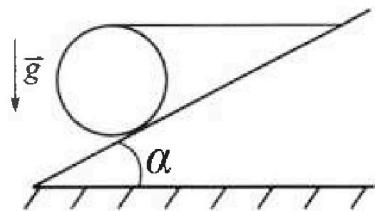
2. Футболист на тренировке наносит удары по мячу, лежащему на горизонтальной площадке и направляет мяч к вертикальной стенке. После абсолютно упругого соударения со стенкой мяч падает на площадку. Наибольшая высота, на которой находится мяч в полете,  $H = 16,2$  м. Расстояние от точки старта до стенки 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  $F_{TP}$  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>.



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!

Перейдём в С.О. Леки. Тогда мы будем движаться  
с Ч (скорость воды) а точки, в которых он при-  
ближается сближаются на  $vT_1$  и  $vT_2$  соотв.

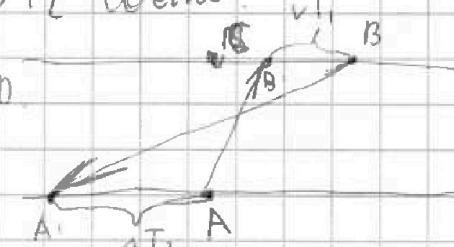
$$l_1 = \sqrt{AC^2 + (BC - vT_1)^2} = UT_1 \text{ ис. т. лин}$$

$$l_2 = \sqrt{AC^2 + (BC + vT_2)^2} = UT_2$$

вернемся через (1) и подставим во (2)

$$AC^2 + BC^2 T_1^2 + 2BCvT_1 \cdot T_1^2 + v^2 T_1^2 \cdot T_1^2 =$$

$$= AC^2 + BC^2 T_2^2 - 2BCvT_2 \cdot T_2^2 + v^2 T_2^2 \cdot T_2^2$$



$$V_1 = \frac{l_1}{T_1} = \frac{AB}{T_1} = \frac{250}{192} \approx 1,3 \text{ м/с}$$

$$V_2 = \frac{l_2}{T_2} = \frac{AB}{T_2} \approx 0,6 \text{ м/с}$$

Ищем уравн. максимум  $V_3 = 0,37 \text{ м/с} \approx 0,4 \text{ м/с}$   
подставляем в сущ. уравн. получаем  $v = 0,95 \text{ м/с}$   
по лин. получим  $v_3 = V_1 - V_2 \approx 0,9 \text{ м/с}$  и  $0,95 \text{ м/с}$   
находим  $T \approx \frac{AC}{v_3} \approx 80 \text{ сек.}$

Ответ:  $V_1 \approx 1,3 \text{ м/с}$   $V_2 = 0,6 \text{ м/с}$   $v \approx 0,95 \text{ м/с}$   $T \approx 80 \text{ сек.}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

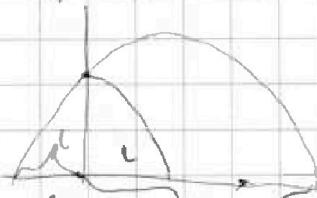
- |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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!

Предположим в с.о., которая движется с  $V_x$ , где  
 $V_x$  - горизонтальная проекция скорости мяча.  
Тогда в начальной точке  $V = V_y$ , а в верхней  $V = 0$   
тогда  $E_k = E_{kin} \Rightarrow \frac{mV^2}{2} = gH \quad V_y = 18 \text{ м/с}$

$$\text{время полёта мяча} = \frac{2V_y}{g} = 3,6 \text{ сек}$$



м.к. ~~если~~ Удар упругий можно сказать, что  $\frac{5l}{6l}$   
весь путь  $= 6l$ , а путь до стены  $5l$ .

$$V_x = \text{const} \Rightarrow t \text{ из } y_g = 3,6 \text{ сек} \cdot \frac{5l}{6l} = 3 \text{ сек}$$

$$h = V_y t - \frac{gt^2}{2} = 5l - 45 = 9 \text{ м}$$

В с.о. ~~движущейся с  $V_x$~~   $L_x = 0$ , но если стена движет  
ся то  $V$  после удара  $= 2 \text{ м/с}$ , м.к. в с.о. Стена +  $V_x$   
 $V = 2 \Rightarrow V$  в с.о. с  $V_x$   $V = 10 \text{ м/с}$

Время движения  $= 3,6 - 3 = 0,6 \text{ сек.} \Rightarrow d = t \cdot V = 2,4 \text{ м.}$

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



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

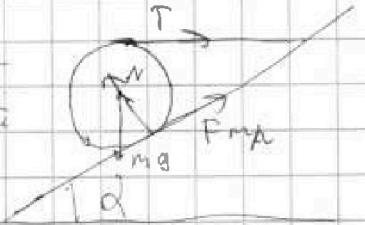
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

Заметим, что м.к. поверхность  
кас. к. пару, то  $\perp$  к касательской  
проходит через центр.



№ ус. пару однородный  $\Rightarrow F_{\max}$   
должна применяться к центру пары.

Значит для сжатия центральной  $N$  и  $mg \geq 0 \Rightarrow$

$$M_T = M_{F_{mp}}$$

$T$  и  $F_{mp}$  на радиусах от центра  $\Rightarrow T = F_{mp}$ .

$$mg = 3 \cdot 10 = 30 \text{ Н}$$

Но четырехугольника нет на склоне,

$$\text{тако } mg = N$$

$$\sin \alpha = 0,6 \text{ находим } \tan \alpha = \frac{1}{\sqrt{3}} \text{ Значит } T = 10 \text{ Н}$$

$$\text{значит и } F_{mp} = 10 \text{ Н}$$

$$F_{mp} \leq NM \Rightarrow M \geq \frac{F_{mp}}{N} \Rightarrow \mu \geq \frac{1}{3}$$



Ответ:  $T = 10 \text{ Н}$   $F_{mp} = 10 \text{ Н}$   $M \geq \frac{1}{3}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



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

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

$Q_{\text{онданс}} = P \cdot t \in S$  (снег угадано)  $P(t)$

$$\cancel{P} = 100 + \frac{t}{4} \text{ (численно)} \Rightarrow Q = 100t + \frac{t^2}{4}$$

$$Q_{\text{исходное}} = V \cdot p_0 \cdot C \cdot \Delta t \quad \Delta t = t_1 - t_0 \quad Q_{\text{текущ}} = P \cdot T - Q_{\text{онд}}$$

$$V \cdot p_0 (t_1 - t_0) = P_H \cdot T - \cancel{Q}_{\text{онданс}}.$$

$$2 \cdot 400 \cdot 11 = 500T - 100T - \frac{T^2}{4} \quad t = \frac{1600 - 11600 - 33600 \cdot 45}{2}$$

$$\text{Получаем } T = 280 \text{ сек.}$$

Отвем:  $P_H = 500 \text{ Вт}$   $T = 280 \text{ сек.}$

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!

Перенесем схему.



Получаем, что раз  $I_1 \neq I_2$ , то  $R_2 \neq R_3 \Rightarrow$

$$\Rightarrow R_1 \neq R_3 \Rightarrow R_1 + R_3 = 60\Omega. R_3 > 0 \Rightarrow R_3 = R_1 + R_3 + \frac{R_1 \cdot R_3}{R_2 + R_3} =$$

~~Решение~~  $\max$

$$= \frac{220}{3} \Omega$$

$$I = \frac{U}{R_3} = \frac{34}{220}$$

В узле 1 так находитесь обр. током.

$$Q \text{ часы } \text{чели} \Rightarrow I_1 = \frac{1}{2} I_2 \Rightarrow I_1 = 2A$$

$$I_1 + I_2 = I \Rightarrow 3A = \frac{34}{220} U = 220V$$

$$\text{Ответ: } I_2 = 2A \quad U = 220V$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

$$30^2 + 140^2 = 35800 \quad \text{И } 20,94$$

$$\begin{array}{r} 12 \\ \times 209 \\ \hline 12 \\ 24 \\ \hline 2508 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 19 \\ 170 \\ 289 \\ 49 \\ 338 \\ \hline 190 \\ 321 \\ 19 \\ 19 \\ 361 \\ 321 \\ 19 \\ 19 \\ 1310 \\ \hline 2805 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} v_0^2 = 2Hg \\ v_0^2 = 2 \cdot 10 \cdot 9.8 \\ v_0^2 = 196 \\ v_0 = 14 \text{ м/с} \end{array}$$

$$v_0 = 14 \text{ м/с} \quad t = 3.6 \text{ с}$$

$$t = \frac{v_0}{g} = \frac{14}{9.8} = 1.44 \text{ с}$$

$$\begin{array}{l} h = v_0 t + \frac{gt^2}{2} \\ h = 14 \cdot 1.44 - \frac{9.8 \cdot 1.44^2}{2} \\ h = 19.8 - 10.8 = 9 \text{ м} \\ 54 - 45 = 9 \text{ м.} \end{array}$$

$$T = r \omega^2 m g = N \quad 2 \sin 2 \cos 30^\circ = \sin 2^\circ$$

Максимум

0

$$2x(\bar{N} - x^2) = 0.6$$

$$x\sqrt{1-x^2} = 0.3$$

$$\begin{array}{l} x^2 - x^4 = 0.09 \\ x^2 = 0.09 \end{array}$$

$$x^2 - x^4 = 0.09$$

$$x^2 = 0.09$$

$$x = 0.3$$

$$20 \sqrt{10}$$

$$\begin{array}{l} 0.3 \\ \times 0.3 \\ \hline 0.09 \end{array}$$

$$2 \cdot \frac{1}{\sqrt{10}} \approx 0.3$$

$$\begin{array}{r} 1+0,1+0,36 \\ \hline 1,46 \\ \times 0,94 \\ \hline 1,34 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,34 \\ \times 0,94 \\ \hline 1,2819 \\ 0,85 \text{ c},88 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,85 \\ \times 0,9 \\ \hline 0,765 \\ 6800 \\ \hline 7225 \end{array}$$

$$0,85 \text{ c},89$$

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.

V+T,

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

1

2

3

4

5

6

7

400

250179L

250  
792

24  
24

98  
526

629

7

8

9

10

11

$$U = \sqrt{AC^2 + (BC - VT_1)^2} = VT_1 + \sqrt{AC^2 + (BC - VT_1)^2}$$

$$VT_2 = \sqrt{AC^2 + (BC + VT_2)^2}$$

$$U^2 = \frac{AC^2 + (BC + VT_2)^2 + VT_2^2}{T_2^2} = \frac{62500 + 62500 + VT_2^2}{T_2^2}$$

$$U^2 = \frac{AC^2 + (BC + VT_1)^2 + VT_1^2}{T_1^2} = \frac{62500 + 62500 + VT_1^2}{T_1^2}$$

$$\textcircled{1} \quad \cancel{U^2 = AC^2 T_1^2 + BC^2 T_1^2 + 2BCVT_1 \cdot T_1 + V^2 T_1^2 \cdot T_1^2 = AC^2 T_2^2 + 0,38} \\ \cancel{165000 \cdot 41^2} \quad \cancel{62500 + 48000 \cdot 32^2} \\ \cancel{166 \cdot 400} \quad \cancel{62500 + 48000 \cdot 32^2} \quad \cancel{20} \quad \cancel{414}$$

$$\textcircled{2} \quad AC^2 T_1^2 + BC^2 T_1^2 + 2BCVT_1 \cdot T_1 + V^2 T_1^2 \cdot T_1^2 = AC^2 T_2^2 + 0,38 \\ + BC^2 T_2^2 - 2BCVT_1 \cdot T_2 + V^2 T_2^2 + VT_2^2$$

$$\textcircled{3} \quad 2BCV(T_1 T_2 (T_1 + T_2)) = AC^2 T_1^2 + BC^2 T_2^2 - AC^2 T_2^2 - \\ V \cdot T_1 T_2 (T_1 + T_2) \cdot 2BC = AC^2 (T_2 - T_1)(T_1 + T_2) - BC^2 T_1^2 \\ 4900 + 160000 \quad 165000 \quad 41^2 \quad 725 \quad 160 \\ \cancel{4900 + 160000} \quad \cancel{165000} \quad \cancel{41^2} \quad \cancel{725} \quad \cancel{160} \\ + BC^2 (T_2 + T_1) (T_2 + T_1) \quad 15 \quad 10^2 + 4002$$

$$V \cdot T_1 T_2 \cdot 2BC = (T_2 - T_1)(AC^2 + BC^2)$$

$$V = \frac{(T_2 - T_1)(AC^2 + BC^2)}{T_1 T_2 \cdot 2BC} = \frac{11225 \cdot 62500}{69192 \cdot 41^2 \cdot 2 \cdot 250} = \frac{115 \cdot 6250}{69 \cdot 417 \cdot 2 \cdot 250}$$

$$\frac{115 \cdot 6250}{2 \cdot 417 \cdot 25} \approx 156250$$

$$625 \\ 25 \\ 125 \\ 125 \\ 125$$

$$+ 3125 \\ 12500 \\ 14625 \\ 125 \\ 125 \\ 125$$

$$15625 \\ 125 \\ 125 \\ 125 \\ 125$$

$$300 \\ 300 \\ 300 \\ 300 \\ 300$$

$$394 \\ 394 \\ 394 \\ 394 \\ 394$$

$$10^2 + 1702$$

$$24 = 3 \cdot 2^3$$

$$\textcircled{4} \quad 10^2$$

$$U \approx 1 \text{ m/s}$$

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!

$$P = \Gamma \cdot R = 500 \text{ Вт} \quad Q = P \cdot t = \text{Следующее}$$

$$Q = V_p \cdot C \cdot \Delta t = P_n \cdot t - Q_{\text{затрач}} \quad P = 100 + \frac{t}{2}$$

$$2 \cdot 4000 \cdot 11 = 500t - 100t - \frac{t^2}{4}$$

$$Q = 100t + \frac{t^2}{4}$$

$$\frac{8 \cdot 10^4}{3 \cdot 10^4} - \frac{2 \cdot 10^4}{4} +$$

$$+ 8 \cdot 10^4$$

$$500t - \frac{t^2}{4} - 8400 \cdot 11 = 0$$

$$t^2 - 1600t + 8400 \cdot 44 = 0 \quad t = \frac{1600 \pm \sqrt{1600^2 - 33600 \cdot 44}}{2}$$

$$t = \frac{1600 - 1040}{2} =$$

$$12$$

$$33600$$

$$94$$

$$+ 13480$$

$$1478400$$

$$360$$

$$1600$$

$$2560000$$

$$1478400$$

$$1081600$$

$$1600$$

$$240$$

$$104$$

$$+ 10400$$

$$104$$

$$106$$

$$+ 10600$$

$$10400$$

$$636$$

$$+ 63600$$

$$17236$$

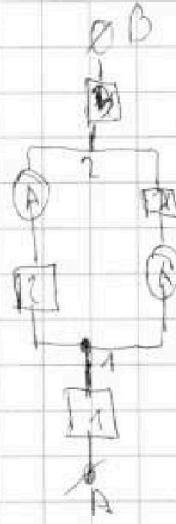
$$500 \cdot 1600 = 1600000$$

$$97600$$

$$92400$$

$$462160$$

$$61141$$



$$170$$

$$280$$

$$520$$

$$196$$

$$280$$

$$47600$$

$$1125A$$

$$10816$$

$$104$$

$$+ 10400$$

$$104$$

$$106$$

$$+ 10600$$

$$10400$$

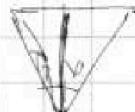
$$636$$

$$+ 63600$$

$$17236$$

$$1500 \cdot 1500 = 1500$$

$$1500 \cdot 1500 = 1500$$



$$1500 =$$

$$= 2(500 - 1)$$

$$= 2(500 - 1)$$

$$= 2(500 - 1)$$

$$= 2(500 - 1)$$

$$= 2(500 - 1)$$

$$= 2(500 - 1)$$



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"/> |

МФТИ

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