

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 09-01

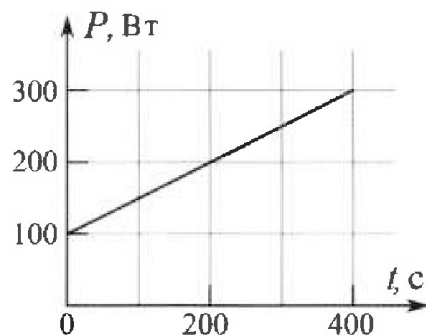
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные
дроби и радикалы.

4. Воду нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $\tilde{t}_0 = 14^\circ\text{C}$, объем воды $V = 2$ л. Сопротивление спирали электроплитки $R = 20$ Ом, сила тока в спирали $I = 5$ 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 $\tilde{t}_1 = 25^\circ\text{C}$?

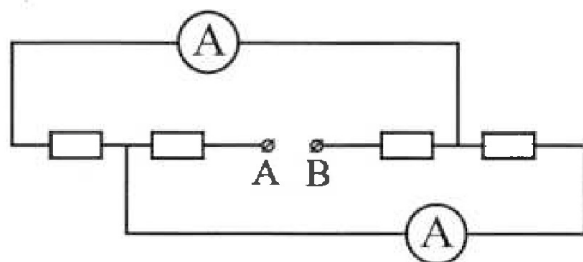
Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³, удельная теплоемкость воды $c = 4200$ Дж/(кг·°C).



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

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

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





Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

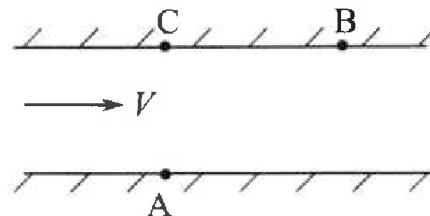
Вариант 09-01

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 отчета 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 покоится, стенка движется.

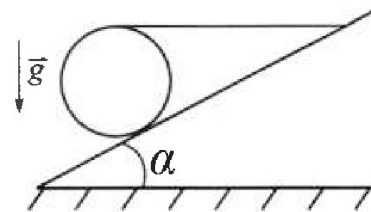
Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Соударения мяча со стенкой абсолютно упругие. Траектории мяча лежат в вертикальной плоскости перпендикулярной стенке.

3. Однородный 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 α такой, что $\sin \alpha = 0,6$.

1) Найдите силу T натяжения нити.

2) Найдите силу $F_{тр}$ трения, действующую на шар.

3) При каких значениях коэффициента μ трения скольжения шар будет находиться в покое? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



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!

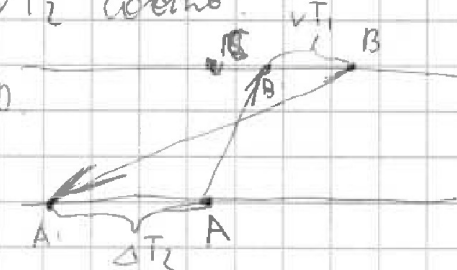
Перейдем в С.О. реки. Тогда лавец движется с u (скор. отн. воды) а лодка, в которой он находится движется на VT_1 и VT_2 соответственно.

$$L_1 = \sqrt{AC^2 + (BC - VT_1)^2} = uT_1 \quad \text{по т. Пиф.}$$

$$L_2 = \sqrt{AC^2 + (BC + VT_2)^2} = uT_2$$

Выводим из (1) и подставляем во (2).

$$\begin{aligned} AC^2 T_1^2 + BC^2 T_1^2 + 2BCVT_1 \cdot T_1^2 + V^2 T_1^2 \cdot T_1^2 &= \\ = AC^2 T_2^2 + BC^2 T_2^2 + 2BCVT_2 T_2^2 + V^2 T_2^2 \cdot T_2^2 \end{aligned}$$



$$V_1 = \frac{L_1}{T_1} = \frac{AB}{T_1} = \frac{250}{192} \approx 1,3 \text{ м/с}$$

$$V_2 = \frac{L_2}{T_2} = \frac{AB}{T_2} \approx 0,6 \text{ м/с}$$

Иная уравн. получим $V \approx 0,37 \text{ м/с} \approx 0,4 \text{ м/с}$
Подставляя в изнач. уравн. получим $u \approx 0,95 \text{ м/с}$
По т. Пиф. получим $v_3 = \sqrt{u^2 + v^2} \approx 0,9 \text{ м/с}$ и $0,95$
получим $T \approx \frac{AC}{v_3} \approx 80 \text{ сек.}$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

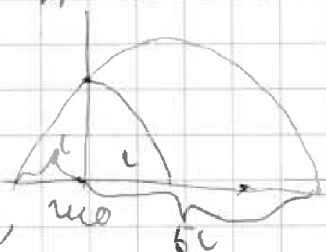
1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

Прейдем в с.о., который движется с V_x , где V_x — горизонтальная проекция скорости мяча. Тогда в нижней точке $V = V_y$, а в верхней $V = 0$ тогда $E_{k1} = E_{k2} \Rightarrow \frac{v_y^2}{2} = gH$ $V_y = 18 \text{ м/с}$

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



т.к. удар упругий можем сказать, что весь путь = $6l$, а путь до стены $5l$.

$$V_x - \text{const} \Rightarrow t_{\text{уд.}} = 3,6 \text{ сек} \cdot \frac{5l}{6l} = 3 \text{ сек}$$

$$h = V_y t - \frac{gt^2}{2} = 54 - 45 = 9 \text{ м}$$

В с.о. ~~с мячом~~ с V_x $L_x = 0$, но если стенка движется то V после удара = $2u$, т.к. в с.о. стенки $+V_x$ $V = 2u \Rightarrow V$ в с.о. с V_x $V = 4 \text{ м/с}$

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

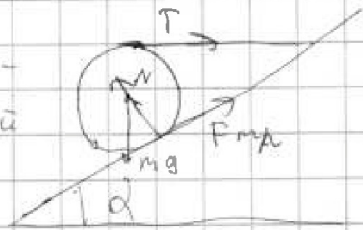
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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

Защитим, что м.к. поверхность-кас. к шару, то $\perp$ к касательной проходит через центр.



По усл. шар однородный $\Rightarrow F_{\text{max}}$ тоже приложена к центру шара.

Значит эти четыре момента N и $mg = 0 \Rightarrow$

$$M_T = M_{F_{\text{max}}}$$

T и F_{max} на радиусах от центра $\Rightarrow T = F_{\text{max}}$

$$mg = 3 \cdot 10 = 30 \text{ Н}$$

Из четырех сил только две перпендикулярны, что $mg = N$

$$\sin \alpha = 0,6 \text{ найдем } \tan \alpha = \frac{4}{3} \text{ найдем } T = 10 \text{ Н}$$



найдем и $F_{\text{max}} = 10 \text{ Н}$

$$F_{\text{max}} \leq M \mu \Rightarrow M \geq \frac{F_{\text{max}}}{\mu} \Rightarrow M \geq \frac{1}{3}$$

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



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1
☐

2
☐

3
☐

4
☒

5
☐

6
☐

7
☐

МФТИ

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

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

$$Q_{\text{отдана}} = P \cdot t \in \text{Сред значение } P(t)$$

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

$$Q_{\text{использована}} = V \cdot q \cdot C \cdot \Delta t \quad \Delta t = t_1 - t_0 \quad Q_{\text{использ}} = P \cdot T - Q_{\text{отдана}}$$

$$V_{\text{пр}}(t_1 - t_0) = P_H \cdot T - Q_{\text{отдана}}$$

$$2 \cdot 4200 \cdot 11 = 500T - 100T - \frac{T^2}{4} \quad T = \frac{1600 - \sqrt{1600^2 - 33600 \cdot 44}}{2}$$

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

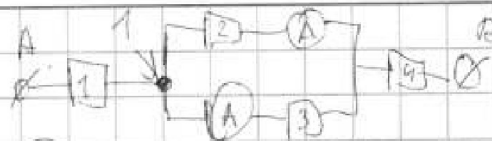
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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



Перерисуем схему.



Получаем, что так $I_1 \neq I_2$, что $R_2 \neq R_3 \Rightarrow$

$$\Rightarrow R_1 \neq R_4 \Rightarrow R_1 + R_4 = 60 \Omega. R_A \neq 0 \Rightarrow R_5 = R_1 + R_4 + \frac{R_1 \cdot R_4}{R_1 + R_4} =$$

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

$$I = \frac{U}{R_5} = \frac{34}{220}$$

В узле 1 ток разветвляется ср. пропорц.

$$\text{и части цепи} \Rightarrow I_1 = \frac{1}{2} I_2 \Rightarrow I_2 = 2A$$

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

Ответ: $I_2 = 2A \quad U = 220B$



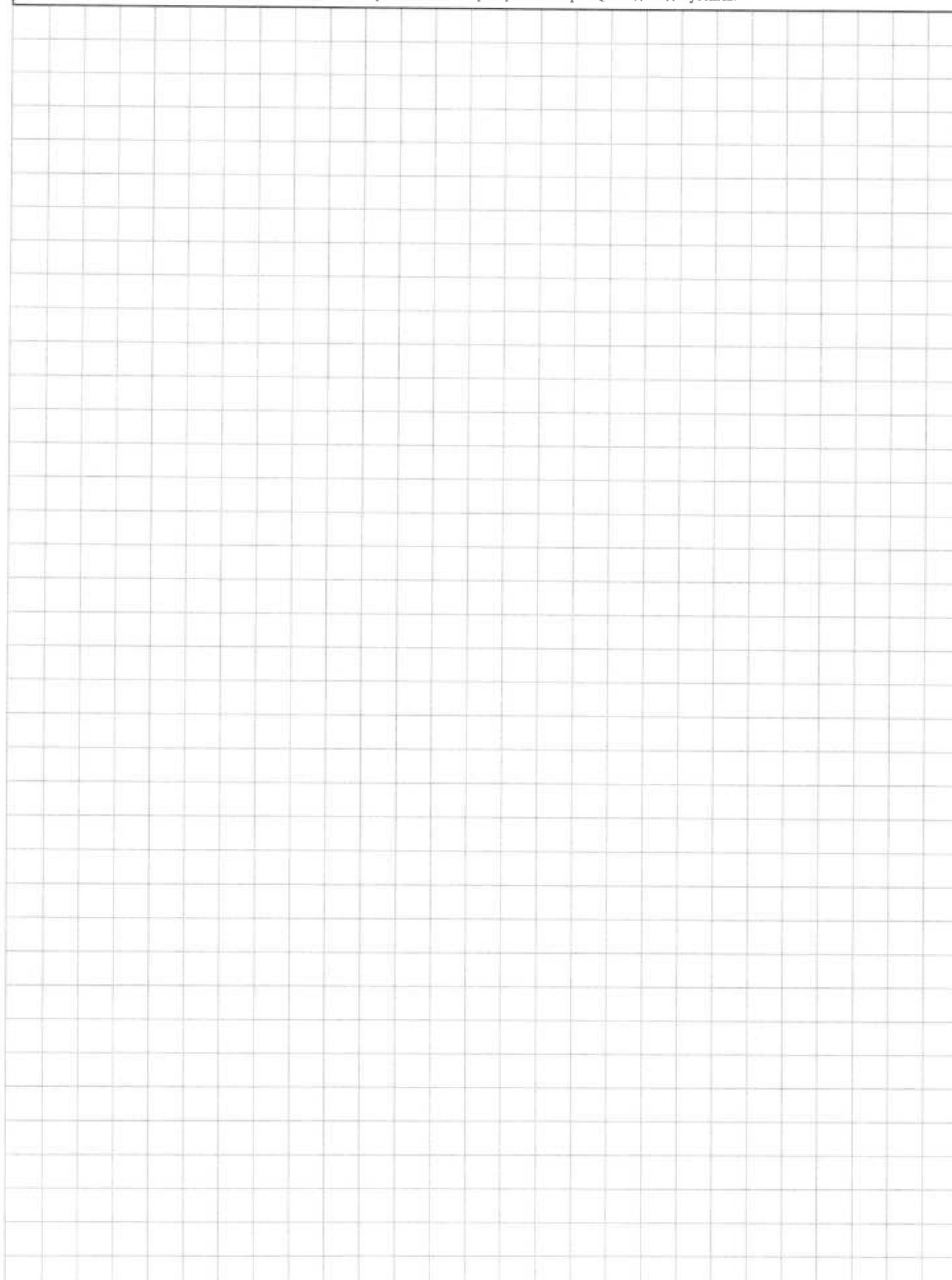
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



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!



Handwritten calculations and diagrams on grid paper.

Diagram: A triangle ABC with point V on BC. A line segment AV is drawn. A line segment VT₁ is drawn from V to a point T₁ on AC. A line segment VT₂ is drawn from V to a point T₂ on AB. A line segment T₁T₂ is drawn. A line segment T₁T₂ is drawn. A line segment T₁T₂ is drawn.

Calculations:

$$L_1 = \sqrt{AC^2 + (BC - VT_1)^2} = UT_1$$

$$UT_2 = \sqrt{AC^2 + (BC + VT_2)^2}$$

$$U^2 = \frac{AC^2 + (BC + VT_2)^2}{T_2^2} + 160$$

$$U^2 = \frac{AC^2 + (BC + VT_1)^2}{T_1^2} - 40$$

$$AC^2 T_1^2 + BC^2 T_1^2 + 2BC VT_1 T_1^2 + VT_1^2 T_1^2 = AC^2 T_2^2 + BC^2 T_2^2 + 2BC VT_2 T_2^2 + VT_2^2 T_2^2$$

$$2BCV T_1 T_2 (T_1 + T_2) = AC^2 T_2^2 + BC^2 T_2^2 - AC^2 T_1^2 - BC^2 T_1^2$$

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

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

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

$$V \approx 1000$$

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!

$$P = I^2 R = 500 \text{ Вт} \quad Q = Pt = S \text{ по графику}$$

$$Q = V_p \cdot C \cdot \Delta t = P_n \cdot t - Q_{\text{затрач.}}$$

$$P = 100 + \frac{t}{2}$$

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

$$2 \cdot 4100 \cdot 11 = 500t - 100t - \frac{t^2}{4}$$

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

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

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

$$= 280$$

$$500 \cdot 280 = 140000$$

$$97600$$

$$92400$$

$$46200$$

$$46200$$

$$46200$$

$$46200$$

$$46200$$

$$46200$$

$$46200$$

$$46200$$

$$46200$$

$$46200$$

$$46200$$

$$46200$$

$$46200$$

$$46200$$

$$46200$$

$$46200$$

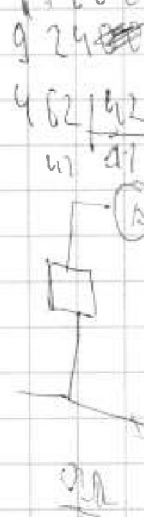
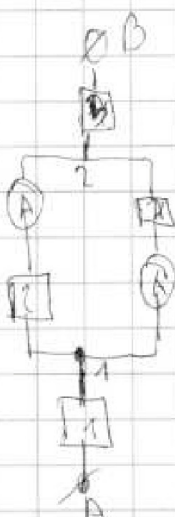
$$46200$$

$$46200$$

$$46200$$

$$46200$$

$$46200$$



$$40$$

$$3$$

$$60$$

$$240$$

$$3$$

$$60$$

$$240$$

$$3$$

$$60$$

$$240$$

$$3$$

$$60$$

$$240$$

$$3$$

$$196$$

$$280$$

$$47600$$

$$47600$$

$$47600$$

$$47600$$

$$47600$$

$$47600$$

$$47600$$

$$47600$$

$$47600$$

$$47600$$

$$47600$$

$$47600$$

$$47600$$

$$47600$$

$$47600$$

$$47600$$

$$47600$$

$$33600$$

$$44$$

$$13440$$

$$1478400$$

$$860$$

$$280$$

$$15000$$

$$2560000$$

$$1478400$$

$$1081600$$

$$1081600$$

$$1081600$$

$$1081600$$

$$1081600$$

$$1081600$$

$$1081600$$

$$1081600$$

$$1081600$$

$$1081600$$

$$1081600$$

$$1081600$$

$$1081600$$

$$1081600$$

$$1081600$$

$$1081600$$

$$1081600$$

$$1081600$$

$$1081600$$

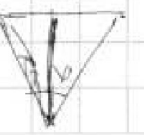
$$1081600$$

$$1081600$$

$$1081600$$

$$1081600$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{2} \Rightarrow \alpha = 60^\circ$$



$$1 - 0.83 = 0.17$$

$$0.17 \cdot 100 = 17\%$$

$$17\%$$

$$17\%$$

