

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 09-01

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



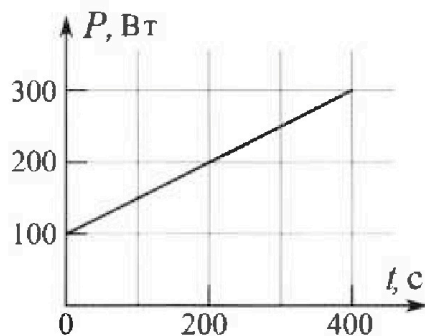
4. Воду нагревают на электроплитке. Начальная температура воды  $\tilde{t}_0 = 14^\circ\text{C}$ , объем воды  $V = 2$  л. Сопротивление спирали электроплитки  $R = 20$  Ом, сила тока в спирали  $I = 5$  А.

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/м<sup>3</sup>, удельная теплоемкость воды  $c = 4200$  Дж/(кг·°C).

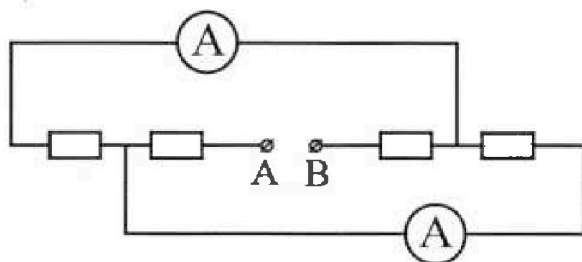


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 20 Ом, у двух других сопротивление по 40 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

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

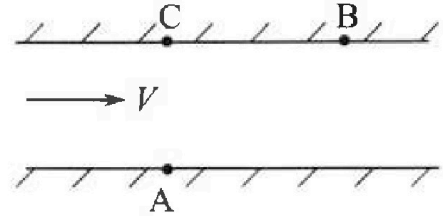
## Вариант 09-01

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.

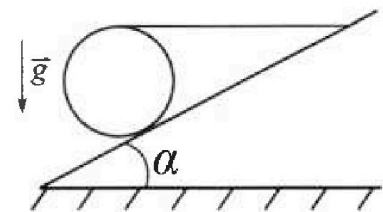
- 1) На какой высоте  $h$  происходит соударение мяча со стенкой?
- 2) Найдите продолжительность  $t_1$  полета мяча от старта до соударения со стенкой.

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/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  $F_{тр}$  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:

МФТИ

- 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!

Перейдем в С.О. реки. Тогда лодка движется с  $u$  (скорость воды) а лодки, в которые он приключает движется на  $vT_1$  и  $vT_2$  соответственно.

$$L_1 = \sqrt{AC^2 + (BC - vT_1)^2} = uT_1 \quad \text{ис. м. Лип}$$

$$L_2 = \sqrt{AC^2 + (BC + vT_2)^2} = uT_2$$

Выводим  $u$  через (1) и подставляем во (2)

$$AC^2 T_1^2 + BC^2 T_1^2 + 2BCvT_2 \cdot T_1^2 + v^2 T_2^2 \cdot T_1^2 =$$

$$= AC^2 T_2^2 + BC^2 T_2^2 - 2BCvT_1 T_2^2 + v^2 T_1^2 T_2^2$$

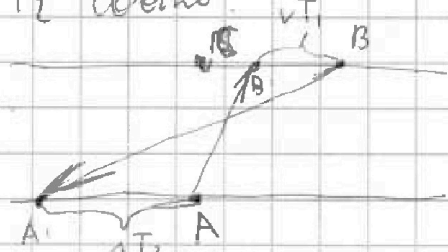
Или из уравн. получаем  $v \approx 0,37 \text{ м/с} \approx 0,4 \text{ м/с}$

Подставляя в уравн. получаем  $u \approx 0,95 \text{ м/с}$

По м. Лип. получаем  $v_3 = \sqrt{u^2 - v^2} \approx 0,9 \text{ м/с}$  и  $0,95$

получаем  $T \approx \frac{AC}{v_3} \approx 80 \text{ сек}$

Ответ:  $v_1 \approx 1,5 \text{ м/с}$   $v_2 = 0,6 \text{ м/с}$   $u \approx 0,95 \text{ м/с}$   $T \approx 80 \text{ сек}$



$$v_1 = \frac{L_1}{T_1} = \frac{AB}{T_1} = \frac{250}{192} \approx 1,3 \text{ м/с}$$

$$v_2 = \frac{L_2}{T_2} = \frac{AB}{T_2} \approx 0,6 \text{ м/с}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

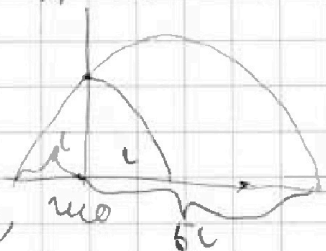
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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

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

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



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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

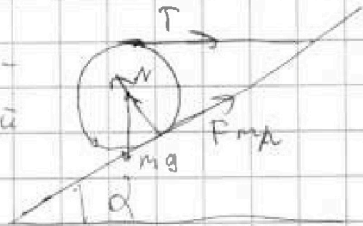
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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!

Запомним, что н.к. поверхности-кас. к шару, то  $\perp$  к касательной проходит через центр.



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

Значит эти силы центра шара  $N$  и  $mg = 0 \Rightarrow$

$$M_T = M_{F_{\text{тр}}}$$

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

$$mg = 3 \cdot 10 = 30 \text{ Н}$$

Из четырехугольника сил найдем, что  $mg = N$

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



Значит и  $F_{\text{тр}} = 10 \text{ Н}$

$$F_{\text{тр}} \leq \mu N \Rightarrow \mu \geq \frac{F_{\text{тр}}}{N} \Rightarrow \mu \geq \frac{1}{3}$$

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

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!

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

$$Q_{\text{отганы}} = P \cdot t \in \text{См. график мощности } P(t)$$

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

$$Q_{\text{использовано}} = V \cdot I \cdot \Delta t \quad \Delta t = t_1 - t_0 \quad Q_{\text{использ}} = P \cdot T - Q_{\text{отганы}}$$

$$V \cdot I \cdot (t_1 - t_0) = P_H \cdot T - Q_{\text{отганы}}$$

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

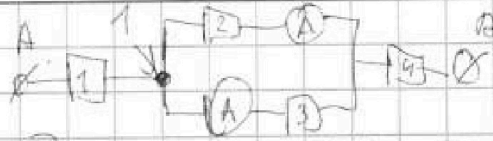
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



Перечитаем схему.



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

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

$$I = \frac{U}{R_5} = \frac{34}{220} = \frac{220}{3} \Omega$$

В узле 1 ток раздается ср. пропорц.

$$\text{в частн. счете} \Rightarrow I_1 = \frac{1}{2} I_2 \Rightarrow I_2 = 2A$$

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

Ответ:  $I_2 = 2A \quad U = 220B$



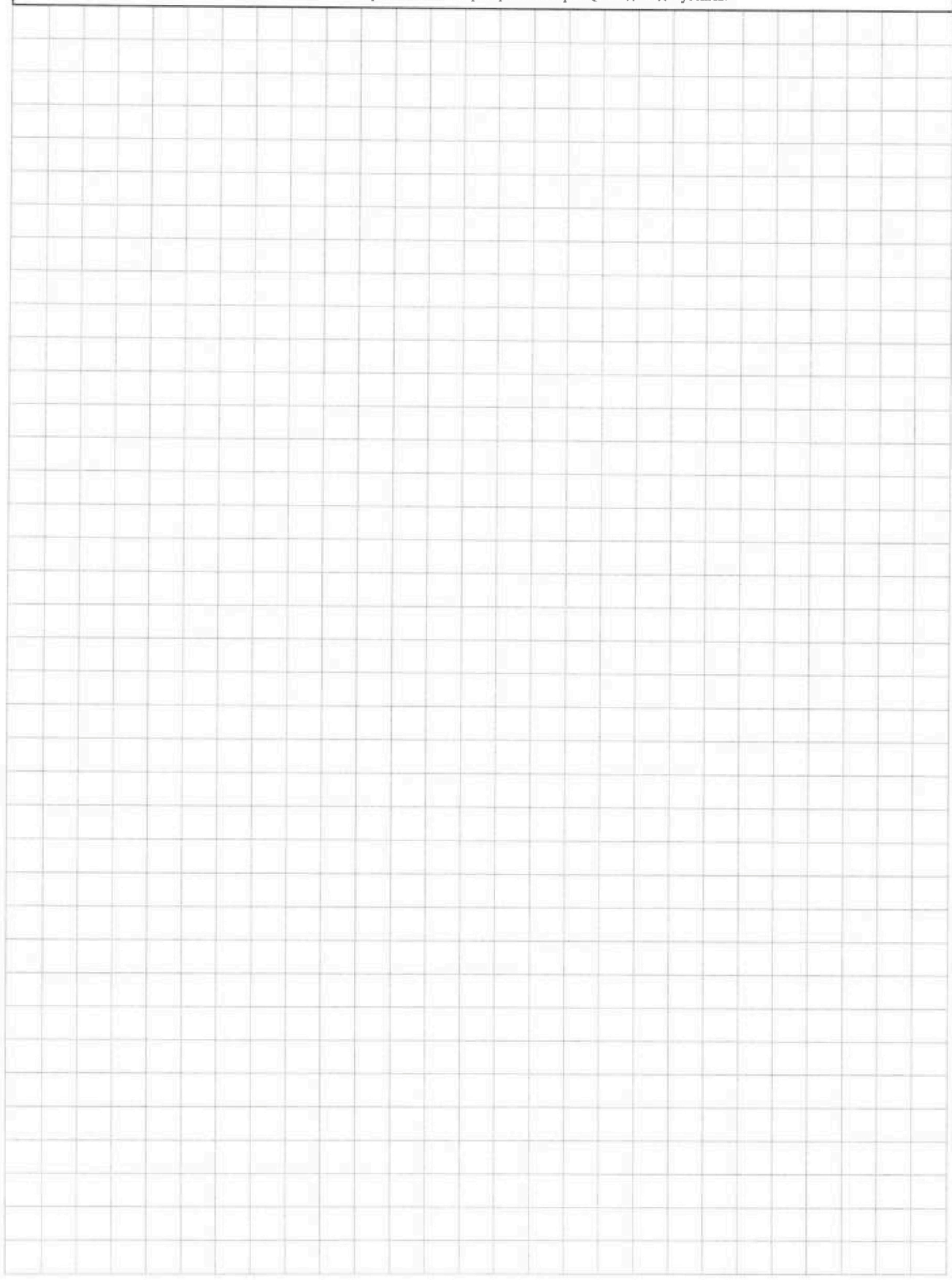
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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









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!

$P = I^2 R = 500 \text{ Вт}$       $Q = Pt = S \text{ пог. энергии}$

$Q = U_p \cdot C \cdot \Delta t = P_{\text{н}} \cdot t - Q_{\text{затрач.}}$

$P = 100 + \frac{t}{2}$   
 $Q = 100t + \frac{t^2}{4}$   
 $3 \cdot 10^4 = 100t + \frac{t^2}{4}$

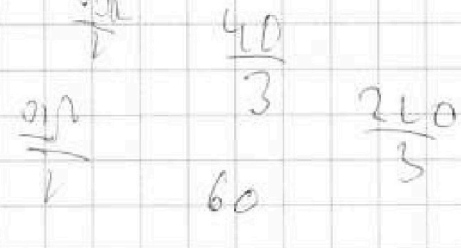
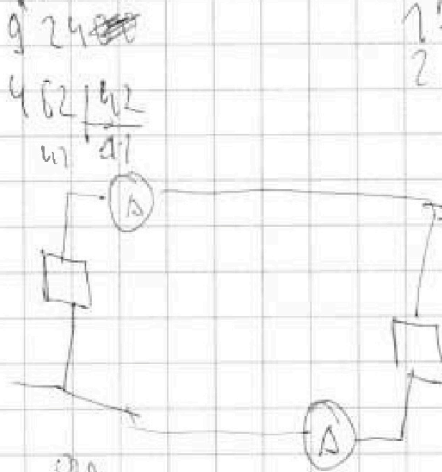
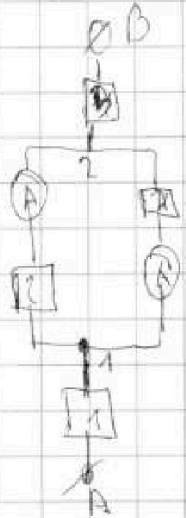
$2 \cdot 4100 \cdot 11 = 500t - 100t - \frac{t^2}{4}$

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

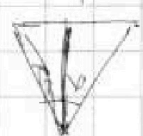
$t^2 - 1600t + 8400 \cdot 44 = 0$       $t = \frac{1600 \pm \sqrt{1600^2 - 33600 \cdot 44}}{2}$

$t = \frac{1600 - 1040}{2} = 280$

$500 \cdot 280 = 140000$



$\text{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha} = 2 \sin \alpha$



$25 \text{ км/ч}$   
 $25000 \text{ м}$   
 $25000 / 25 = 1000 \text{ с}$

$z = (1 - 0.03)^2 = 0.9409$

$25000 \cdot 0.9409 = 23522.5$

