

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 09-01

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

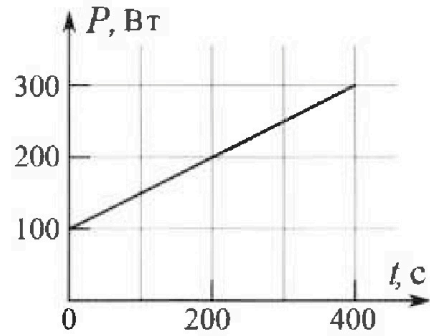


4. Воду нагревают на электроплитке. Начальная температура воды  $\tilde{t}_0 = 14^\circ\text{C}$ , объем воды  $V = 2$  л. Сопротивление спирали электроплитки  $R = 20$  Ом, сила тока в спирали  $I = 5$  А.

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

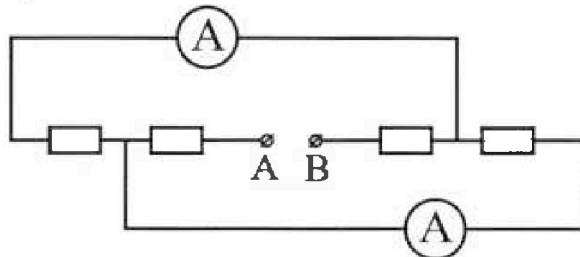
Плотность воды  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, удельная теплоемкость воды  $c = 4200$  Дж/(кг·°C).



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

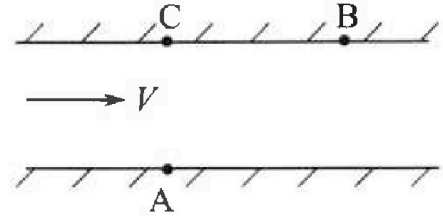
Вариант 09-01

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.

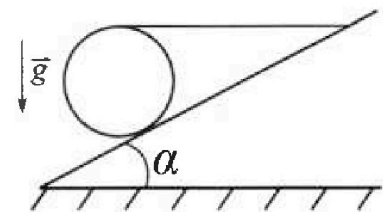
- 1) На какой высоте  $h$  происходит соударение мяча со стенкой?
- 2) Найдите продолжительность  $t_1$  полета мяча от старта до соударения со стенкой.

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:

- 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 лодка движется с  $u$  (скорость воды) а точки, в которые она приливает сдвигаются на  $vT_1$  и  $vT_2$  соответственно.

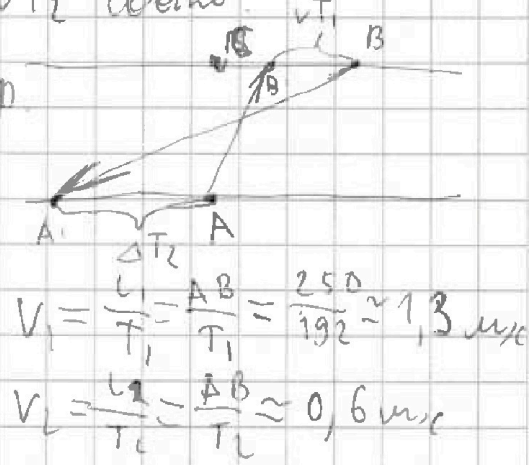
$$L_1 = \sqrt{AC^2 + (BC - vT_1)^2} = uT_1 \quad \text{ис. м. Лип}$$

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

Вычитаем (1) и получаем (2)

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

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



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

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

Или из уравн. получаем  $V_0 \approx 0,37 \text{ м/с} \approx 0,4 \text{ м/с}$

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:  $V_1 \approx 1,5 \text{ м/с}$   $V_2 = 0,6 \text{ м/с}$   $u \approx 0,95 \text{ м/с}$   $T \approx 80 \text{ сек}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

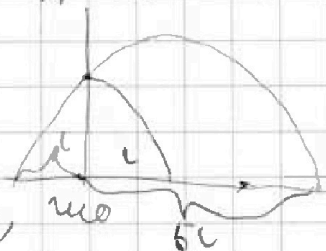
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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.

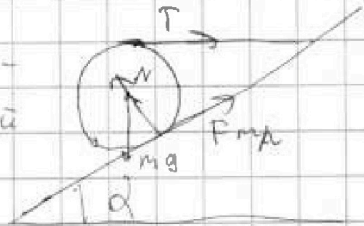
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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  $\Rightarrow F_{\text{max}}$  тоже приложена к центру шара.

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

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

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

$$mg = 3 \cdot 10 = 30 \text{ Н}$$

Из четырехугольника сил найдем,  
что  $mg = N$

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



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

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

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!

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

$$Q_{\text{отганы}} = P \cdot t \in \text{Средь графиком } P(t)$$

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

$$Q_{\text{кесса}} = V \cdot \rho_B \cdot C \cdot \Delta t \quad \Delta t = t_1 - t_0 \quad Q_{\text{кесса}} = P \cdot T - Q_{\text{отганы}}$$

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

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

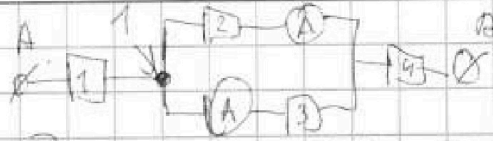
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

Перерисуем схему.



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

$$\Rightarrow R_1 \neq R_4 \Rightarrow R_1 + R_4 = 60 \Omega \quad R_A \neq 0 \Rightarrow R_5 = R_1 + R_4 + \frac{R_1 \cdot R_4}{R_1 + R_4} = \frac{220}{3} \Omega$$

~~В узле 1 ток разветвляется~~

В узле 1 ток разветвляется  $\text{ср. пропорц.}$

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

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

Ответ:  $I_2 = 2A$   $U = 220B$



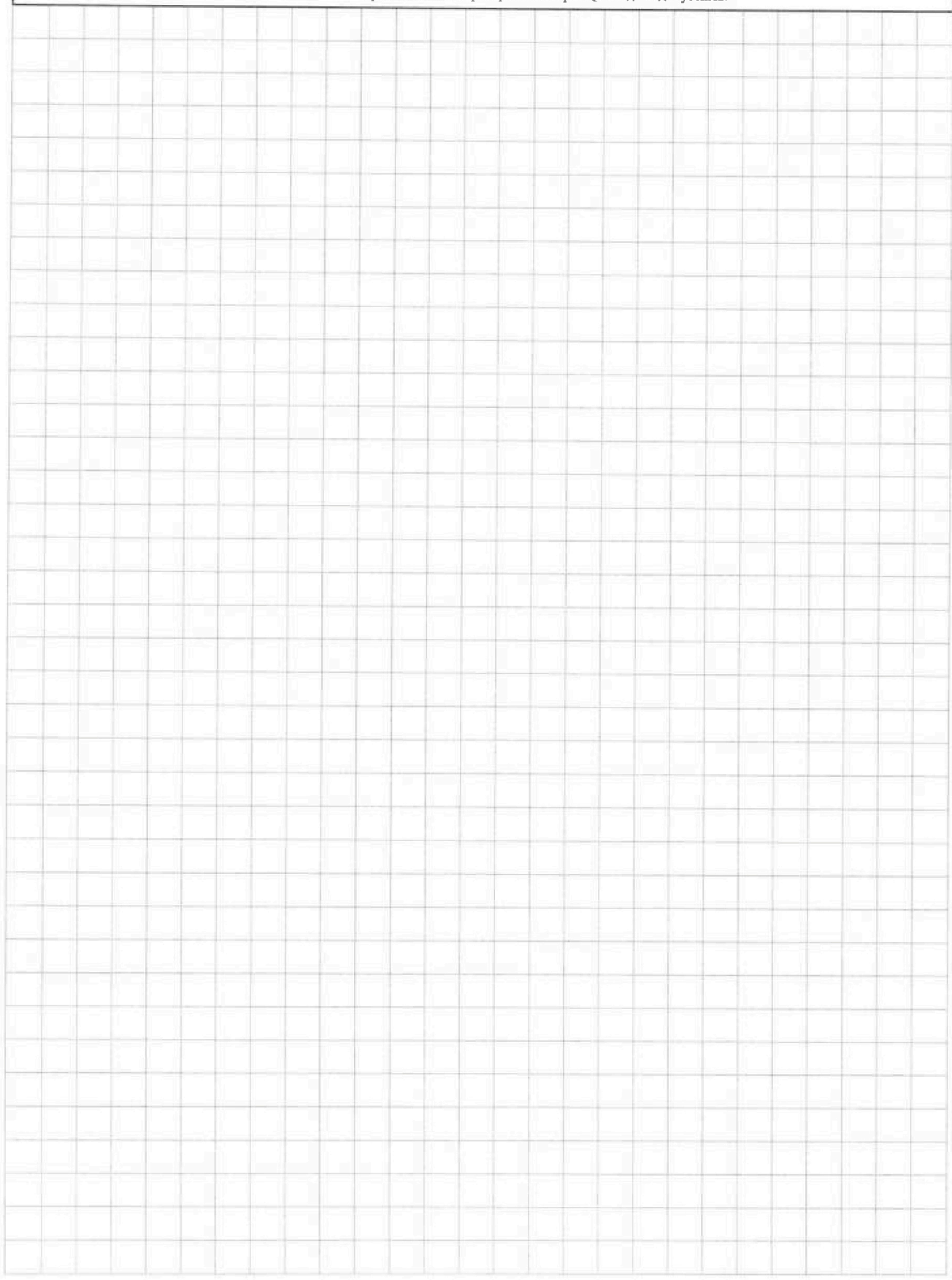
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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
<input 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!

$$20^2 + 190^2 = 35800$$

$$\sqrt{35800} \approx 189$$

$$190^2 = 36100$$

$$190 - 179 = 11$$

$$179 - 170 = 9$$

$$170 - 289 = -119$$

$$289 - 49 = 240$$

$$49 - 338 = -289$$

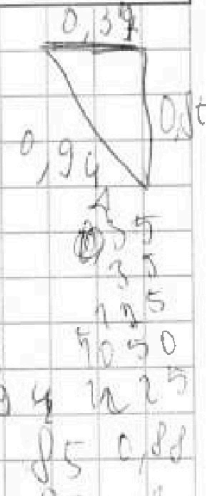
$$u \approx 0,94$$

$$\frac{1 \pm \sqrt{1 + 0,56}}{2}$$

$$\frac{1 \pm 1,2469}{2}$$

$$1,2469$$

$$2,4938$$



$$\frac{V_y}{v} = Mg$$

$$V_y^2 = 324$$

$$V_y = 18 \text{ m/s}$$

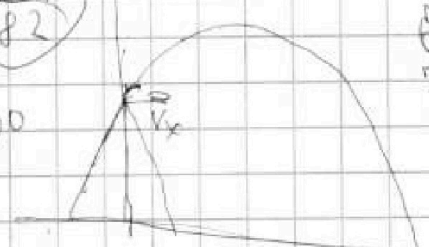
$$324 \div 18 = 18$$

$$18000 \div 18 = 1000$$

$$680 \div 18 = 37,77$$

$$200 \div 18 = 11,11$$

$$1200 \div 18 = 66,67$$



$$7225$$

$$7225 \div 9 = 802,78$$

$$802,78 \div 10 = 80,278$$

$$80,278 \div 10 = 8,0278$$

$$8,0278 \div 10 = 0,80278$$

$$t = \frac{1}{6} = 0,16$$

$$t = 3,6$$

$$3,6 \div 10 = 0,36$$

$$h = V_y t + \frac{gt^2}{2}$$

$$h = 10,8 - 1,8 = 9 \text{ m}$$

$$54 - 45 = 9 \text{ m}$$

$$v = 9 \text{ m/s}$$

$$d = 2,9 \text{ m}$$

$$0,4$$

$$0,76$$

$$0,8$$

$$0,8$$

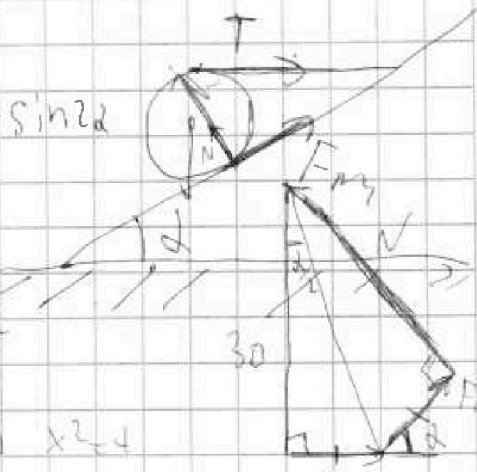
$$T = \dots \quad Mg = N \quad 2 \sin \alpha \cos \alpha = \sin 2\alpha$$



$$2x(N - vt) = 0,6$$

$$x \sqrt{1 - x^2} = 0,3$$

$$x^2 - x^4 = 0,09 \quad x^2 = 1$$



$$t - t^2 = 0,09 = 0$$

$$t^2 - t + 0,09 = 0$$

$$t = \frac{1 \pm \sqrt{1 - 0,36}}{2}$$

$$1,2$$

$$1,6$$

$$0,64$$

$$1,36$$

$$2 \cdot \frac{1}{25} \sqrt{\frac{9}{10}}$$

$$20 \sqrt{10}$$

$$\frac{0,3}{10}$$

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!



~~250/192~~ 250  
192

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

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

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

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

$$\frac{165000 + 4175}{165} = \frac{1400}{1}$$

24  
24  
48  
526  
529  
62500+



24  
32  
148  
1500  
30  
48  
24  
12  
10  
192  
225  
4175  
139

$$AC^2 T_1^2 + BC^2 T_1^2 + 2BCVT_1 T_2 + VT_1^2 T_2^2 = AC^2 T_2^2 + BC^2 T_2^2 - 2BCVT_1 T_2 + VT_2^2 T_1^2 + VT_2^2$$

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

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

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

$$V = \frac{(T_2 - T_1) (AC^2 + BC^2)}{T_1 T_2 \cdot 2BC} = \frac{2225 \cdot 6250}{64 \cdot 417 \cdot 2 \cdot 24} = 25 \cdot 6250$$

$$\frac{25 \cdot 6250}{270 \cdot 417 \cdot 2} = \frac{156250}{420000} \approx 0,372$$

$$U \approx 100/c$$

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!

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

$Q = U_C \cdot C \cdot \Delta t = P_{\text{н.т.}} \cdot t - Q_{\text{запас}}$

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

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

$3 \cdot 10^4 = 2 \cdot 10^4 + 0.1 \cdot 10^4$

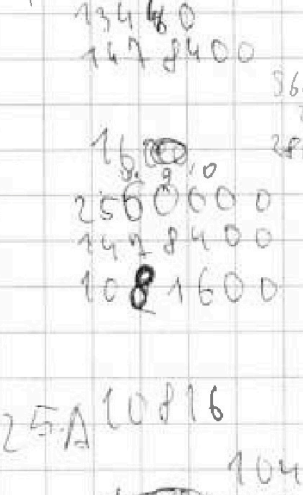
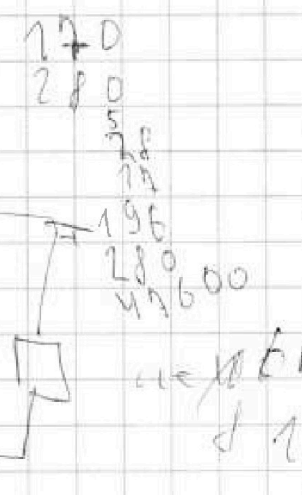
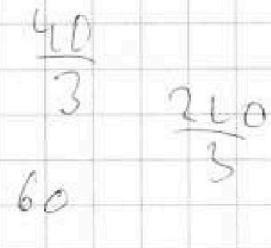
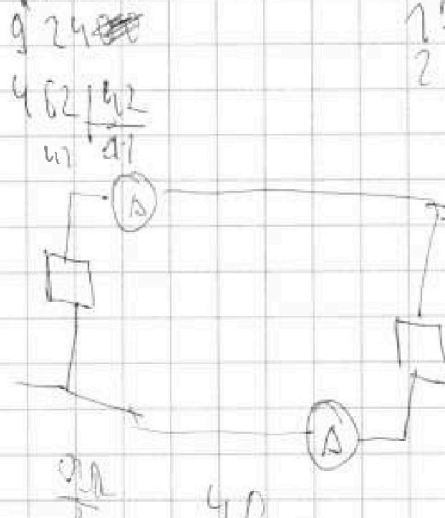
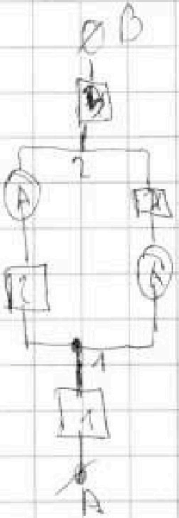
$400t - \frac{t^2}{4} - 8400 \cdot 11 = 0$

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

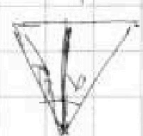
$t = \frac{1600 - 1040}{2} = 280$

$500 \cdot 280 = 140000$

$\approx 280$



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



$25 \text{ км/ч}$   
 $2502 \text{ г}$

$25 \text{ км/ч}$   
 $2502 \text{ г}$



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"/>

**МФТИ**

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

