



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

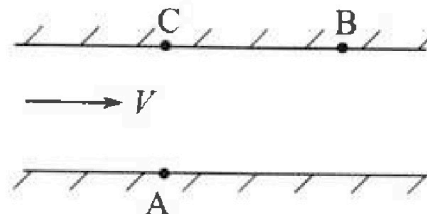
Вариант 09-01

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.

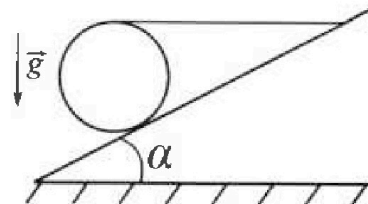
Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Соударения мяча со стенкой абсолютно упругие. Траектории мяча лежат в вертикальной плоскости перпендикулярной стенке.

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>.





# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 09-01



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

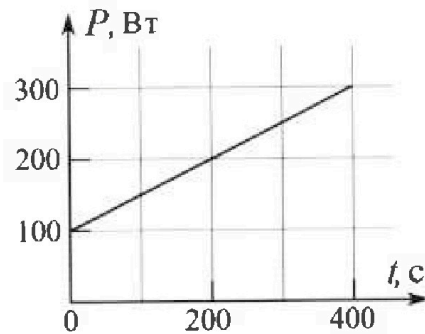
4. Воду нагревают на электроплитке. Начальная температура воды  $t_0 = 14^\circ\text{C}$ , объем воды  $V = 2$  л. Сопротивление спирали электроплитки  $R = 20$  Ом, сила тока в спирали  $I = 5$  А.

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  $t_1 = 25^\circ\text{C}$ ?

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

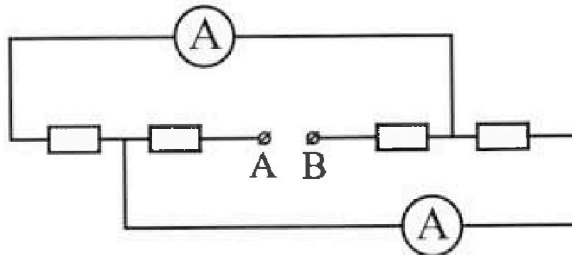


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 20 Ом, у двух других сопротивление по 40 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

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.



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!



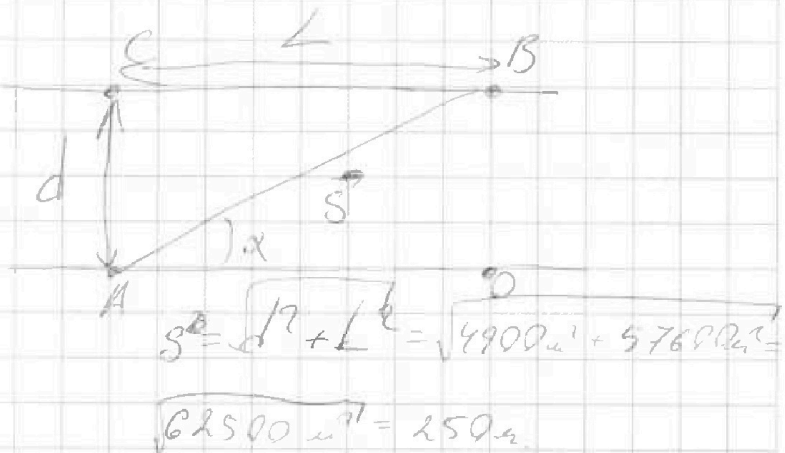
Задача 1

$$1) U_1 = \frac{S}{T_1}$$

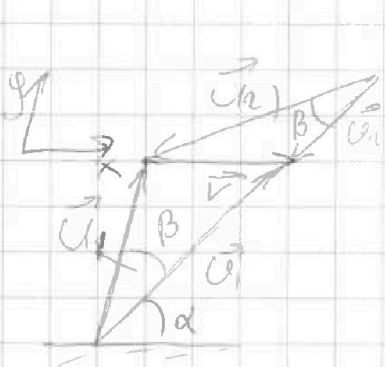
$$U_2 = \frac{S}{T_2}$$

$$U_1 = \frac{250 \text{ м}}{192 \text{ с}}$$

$$U_2 = \frac{250 \text{ м}}{417 \text{ с}}$$



2) скорости  $\vec{U}_1$  и  $\vec{U}_2$  можно разбить на составляющие:  $\vec{V}$  - скорость реки и  $\vec{U}$  - собств. скорость



$$\vec{U}_1 = \vec{U}_1 + \vec{V}$$

$$\vec{U}_2 = \vec{U}_2 - \vec{V}$$

$$U_{1x} = U_{1x} + V$$

Угол на этой картинке  $U_{2x} = U_{2x} - V$

решив СЗМО на первом шаге  $U_1$  и  $U_2$  ждем на S

$$U_{1x} - U_{2x} = U_{1x} - U_{2x} + 2V$$

$$\frac{250 \text{ м}}{192 \text{ с}} - \frac{250 \text{ м}}{417 \text{ с}} = U_1 \cdot \cos(\alpha + \beta) - U_2 \cdot \cos(\alpha - \beta) + 2V$$

$$2U = \frac{192}{192} - \frac{192}{417} = 2V$$

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!

Задача 2

стр 2

$$S = v_1 t_{\text{полн}} + \frac{g t_{\text{полн}}^2}{2}$$

$$\text{Реш. } h = v_1 t_{\text{полн}} - \frac{g t_{\text{полн}}^2}{2} = 18 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 3\text{с} - 5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 9 = 54\text{м} - 45\text{м} =$$

$= 9\text{м}$

$h = 9\text{м}$  — высота на которой происходит соударение

2) Рассмотрим 2 случая:

1) стена на двух.

2) стена одна

Скорость по вертикали остается после столкновения.

Скорость ограничивается на  $2U = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$$d = S_2 - S_1$$

$$S_1 = v_1 t_{\text{ст}}; t_{\text{ст}} = \frac{1}{6} t_{\text{полн}} = 0,5\text{с} \text{ — время полета после столкновения}$$

$$S_2 = (v_1 + 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}) t_{\text{ст}}$$

$$d = v_1 t_{\text{ст}} + 4 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot t_{\text{ст}} - v_1 t_{\text{ст}} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot t_{\text{ст}} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 0,5\text{с} =$$

$= 2,0\text{м}$

$$d = 2,0\text{м}$$

Ответ:  $h = 9\text{м}$ ;  $t_1 = 3\text{с}$ ;  $d = 2,0\text{м}$ .

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

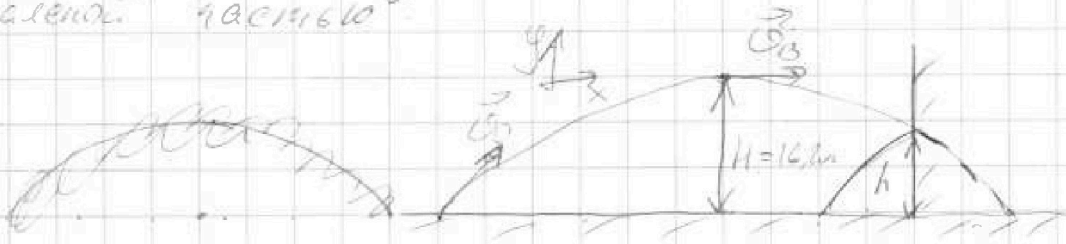
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Задача 2

стр 1

1) Раз удар абсолютно упругий, то поверхность полета можно представить как параболу с "огнекаменной" частью.



$v_x$  - горизонт. скорость

$v_y$  - вертикальная скорость.

то горизонтальное движение равномерное.  $\Rightarrow$  можно рассмотреть со скоростью  $v_x$  происходит  $\frac{H}{v_x}$  время, а в верхней точке тело достигнет  $\frac{1}{2}$  всего времени. Найдем это время.

$$\vec{v} = v_x \vec{e}_x + \frac{g}{2} t^2 \vec{e}_y; \quad v_y = 0, \text{ т.к. находится в верхней точке}$$

$$H = v_y t + \frac{g}{2} t^2 = \frac{g}{2} t^2 = 5 \frac{t^2}{1}; \quad H = 16,7 \text{ м}$$

$$t = \sqrt{\frac{16,7 \cdot 2}{5}} = \sqrt{3,74} = 1,8 \text{ с} \Rightarrow t_{\text{полет}} = 3,6 \text{ с} \Rightarrow t_{\text{полет}} = \frac{5}{g} \cdot 3,6$$

$$= 3 \text{ с} \text{ время до столкновения} \quad \boxed{t_1 = 3 \text{ с}} \text{ - время полета до столкновения}$$

Найдем эту скорость  $v_x$ .

$$v_y - g t = 0$$

$$v_y = g \cdot t = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 1,8 \text{ с} = 18 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

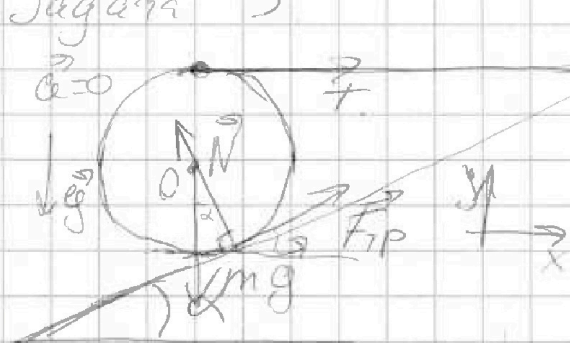
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



Задача 3



$$m\vec{a} = \vec{N} - m\vec{g} + \vec{F}_{тр} + \vec{T}$$

$$OY: 0 = N \cdot \sin(90^\circ - \alpha) - mg + F_{тр} \cdot \sin \alpha$$

$$mg = N \cdot \cos \alpha + F_{тр} \cdot \sin \alpha$$

Принцип Даламбера

относительно точки O - центра шара.

$$OX: 0 = -N \cdot \cos(90^\circ - \alpha) + 0 + F_{тр} \cdot \cos \alpha + T$$

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

$$- T \cdot R = 0; R - \text{радиус}$$

$$F_{тр} \cdot R = T \cdot R$$

$$F_{тр} = T$$

$$N \cdot \sin \alpha = F_{тр} \cdot \cos \alpha + T$$

$$N \cdot \cos \alpha = mg - F_{тр} \cdot \sin \alpha$$

$$F_{тр} = T$$

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

$$N \cdot 0,6 = T \cdot 0,8 + T$$

$$N \cdot 0,6 = mg - T \cdot 0,6$$

$$N = \frac{T \cdot 1,6}{0,6} = 3T$$

$$3T \cdot 0,8 = mg - T \cdot 0,6$$

$$T \cdot 2,4 + T \cdot 0,6 = 3T = mg = N = 30 \text{ Н} \Rightarrow$$

$$T = \frac{30 \text{ Н}}{3} = 10 \text{ Н} = F_{тр}$$

$$F_{тр} = \mu N \text{ (в крайней точке)}$$

$$\mu = \frac{N}{F_{тр}} = \frac{30 \text{ Н}}{10 \text{ Н}} = 3; \mu \in [3; \infty)$$

Ответ:  $T = 10 \text{ Н};$   
 $F_{тр} = 10 \text{ Н}; \mu \in [3; \infty)$

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!

Задача 4

стр. 2.

Время  $t_1$  не подходит, так оно должно быть  
меньше  $800c$ , потому что это через  $800c$  ~~тогда~~  $P_{II}$   
становится больше  $P_{II}$ , из-за чего тело начинает  
оставаться.  $\Rightarrow T = t_2 = 280c$

Ответ:  $P_{II} = 500 B_1$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

Задача 9

отр 1

1)  $P_{\text{н}} = UI = I^2 R$  (здесь можно считать, т.к. электрические элементы — линейной нагрузкой)

$P_{\text{н}} = (5\text{A})^2 \cdot 20\ \Omega = 25\text{A}^2 \cdot 20\ \Omega = 500\text{Вт}$   $P_{\text{н}} = 500\text{Вт}$

2) Нужно нагреть воду на  $\Delta T = 10^\circ\text{C}$  градусов,

каждо поглотить  $Q$  теплоты

$Q = cm(T_1 - T_0) = c\rho V(T_1 - T_0) = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}} \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{1}{1000} \text{м}^3$

$\cdot (25^\circ\text{C} - 14^\circ\text{C}) = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}} \cdot 2\text{м}^3 \cdot 11^\circ\text{C} = 92400\ \text{Дж}$

Вода нагревается за счет нагрева воды в окружающей среде

$Q = Q_{\text{н}} - Q_{\text{отп}} = P_{\text{н}} t - P_{\text{отп}} t$

~~$P_{\text{н}} = P_{\text{отп}}$~~   $P_{\text{отп}} = k \cdot t - P_{\text{н}} k$ ;  $k = \frac{\Delta P}{t_1} = \frac{500\text{Вт} - 100\text{Вт}}{500\text{с}}$

$= k = \frac{100\text{Вт}}{200\text{с}} = \frac{1}{2} \frac{\text{Вт}}{\text{с}}$

~~$P_{\text{н}} = P_{\text{отп}}$~~   $Q_{\text{отп}} = P_{\text{отп}} t = \frac{1}{2} k t^2 - P_{\text{н}} t$

$Q = P_{\text{н}} t - P_{\text{отп}} t - \frac{1}{2} k t^2 = 500\text{Вт} \cdot t - 100\text{Вт} \cdot t - \frac{1}{4} \frac{\text{Вт}}{\text{с}} t^2$

$= 400\text{Вт} \cdot t - \frac{1}{4} \frac{\text{Вт}}{\text{с}} t^2 = 92400\ \text{Дж}$

$\frac{1}{4} \frac{\text{Вт}}{\text{с}} t^2 - 400\text{Вт} \cdot t + 92400\ \text{Дж} = 0$

$D = 160000 \frac{\text{Дж}^2}{\text{с}^2} - 92400 \frac{\text{Дж}}{\text{с}} = 67600 \frac{\text{Дж}^2}{\text{с}^2}$

$t_1 = \frac{400\text{Вт} \pm \sqrt{67600 \frac{\text{Дж}^2}{\text{с}^2}}}{\frac{1}{4} \frac{\text{Вт}}{\text{с}}} = \frac{400\text{Вт} + 260\frac{\text{Дж}}{\text{с}}}{\frac{1}{4} \frac{\text{Вт}}{\text{с}}} = 1320\text{с}$

$t_2 = \frac{400\text{Вт} - 260\frac{\text{Дж}}{\text{с}}}{\frac{1}{4} \frac{\text{Вт}}{\text{с}}} = 260\text{с}$





На одной странице можно оформлять только одну задачу.

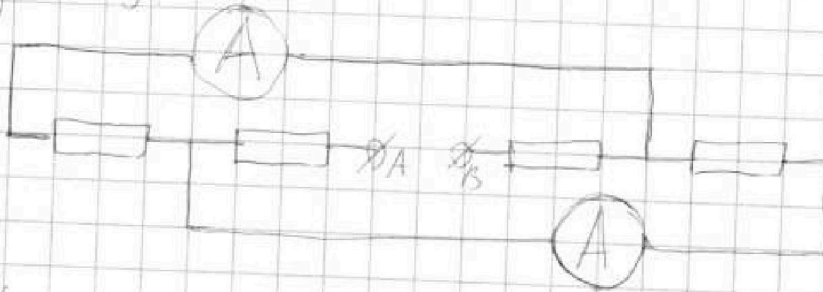
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

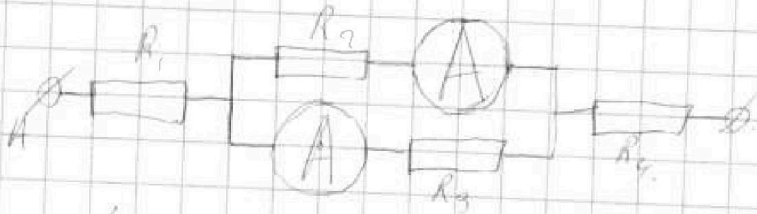
МФТИ

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

Задача 5



Нарисовать эквивалентную схему



Эквивалентные резисторы

Амперметр показывает равное сопротивление  $\Rightarrow R_2 \neq R_3$

Маленько на на земле как же можно сопротивлении у

каждого резистора, то на на более сложной у этого более

сопротивления, на более сложной сложной это один уровень

$20 \Omega$ , а другой -  $40 \Omega \Rightarrow I_2 = \frac{40 \Omega}{20 \Omega} \cdot I_1 = 2 I_1 = 2 A$

$I_{total} = I_1 + I_2 = 1 A + 2 A = 3 A$

$$I_2 = 2 A$$

$$R_{total} = R_1 + R_4 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = 20 \Omega + 40 \Omega + \frac{20 \Omega \cdot 40 \Omega}{60 \Omega} =$$

$$= 60 \Omega + \frac{40}{3} \Omega$$

$$U = I_{total} \cdot R_{total} = 3 A \cdot \left( 60 \Omega + \frac{40}{3} \Omega \right) = 180 B + 40 B = 220 B$$

Ответ:  $I_2 = 2 A$ ;  $U = 220 B$

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!



Задача 1

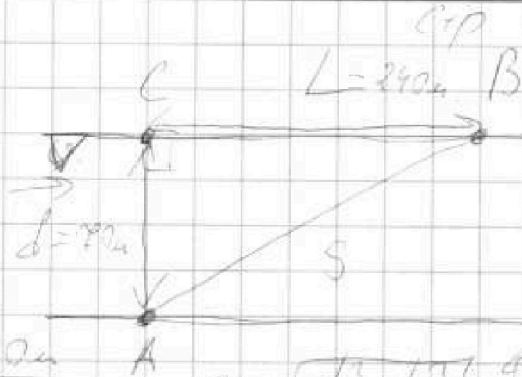
$$1) v_1 = \frac{s}{t_1};$$

$$v_2 = \frac{s}{t_2}$$

$$v_1 = \frac{250 \text{ м}}{192 \text{ с}} = \frac{250 \text{ м}}{192 \text{ с}}$$

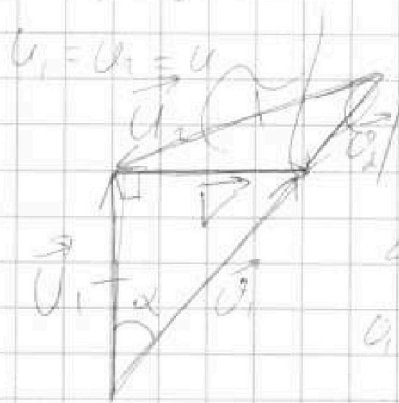
$$= 1,30208(3) \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_2 = \frac{250 \text{ м}}{117 \text{ с}}$$



$$s = \sqrt{d^2 + L^2} = \sqrt{250^2 + 240^2} = \sqrt{49000 + 57600} = \sqrt{106600} = 326.5 \text{ м}$$

2) Скорости  $\vec{v}_1$  и  $\vec{v}_2$  можно разбить на составляющие: Скорость  $\vec{v}$  - скорость рак и  $\vec{U}$  - скор. совр. Параллельно и  $\perp$ .



Получается, что  $U_2$  и  $v_2$  имеют одно и то же направление в C (по оси)

$\angle \alpha$  совпадает с  $\angle CAB$ , т.к. скорости  $v_1$  и  $v_2$  лежат на AB, а  $U_1$  перпендикулярна отрезку.

$$\sin \angle CAB = \frac{L}{s} = \frac{24}{25} = \sin \alpha = \frac{v_2}{v_1}$$

$$v = \sin \alpha \cdot v_1 = \frac{24}{25} \cdot \frac{250 \text{ м}}{192 \text{ с}} = \frac{240 \text{ м}}{192 \text{ с}}$$

$$\cos \angle CAB = \frac{d}{s} = \frac{25}{25} = \cos \alpha = \frac{U}{v_1}$$

$$U = \cos \alpha \cdot v_1 = \frac{25}{25} \cdot \frac{250}{192} \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{250}{192} \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad \boxed{U = \frac{250}{192} \frac{\text{м}}{\text{с}}}$$



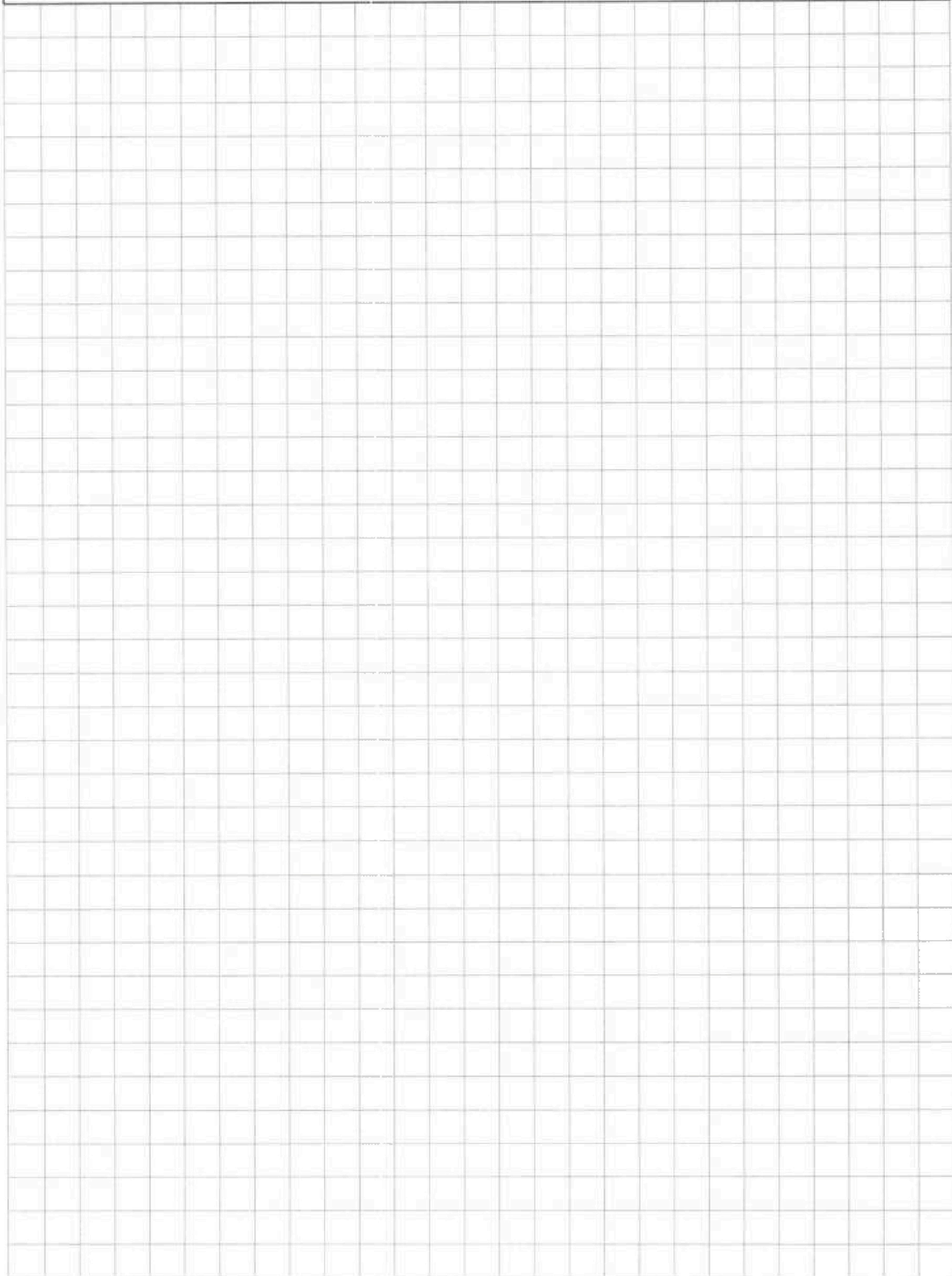
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

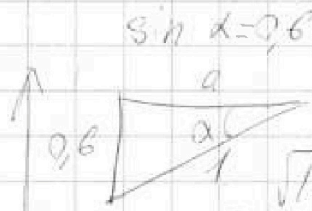
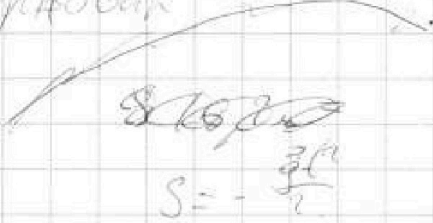
- 1  2  3  4  5  6  7



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



Парabolic



$\sin \alpha = 0,6$

$\sqrt{1 - 0,36} = \sqrt{0,64} = 0,8$

$\vec{v}_n - \vec{v}_{n-1} = \vec{a} \cdot \Delta t = \frac{a \cdot \Delta t}{5} \cdot 5$

$\vec{v}_n + \vec{v}_k = \vec{v}_{n+k} = \frac{10 \cdot t}{5} = 2t = 1,8c$

$\vec{v} = \frac{a}{\cos \alpha} \vec{s} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$

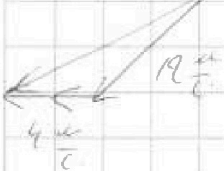
Handwritten calculations and diagrams involving vectors and numbers like 28000, 16,2, 3,24, 1,8, 140000, 47600, 324, 16,2, 260, 72400, 16, 47600, 144, 280, 16, 324, 140000, 24, 96, 576.

24  
24

460  
96

$57600 - 4900$

$52700$



$v_y = gt = v_{yc}$      $v_y - gt = 0$

$16 \frac{m}{c} - 30 \frac{m}{c} = 12 \frac{m}{c}$      $v_y = gt = 10 \frac{m}{c^2} \cdot 1,8c = 18 \frac{m}{c}$

$h = 16 \frac{m}{c} \cdot 3c - \frac{10 \frac{m}{c^2} \cdot 9c^2}{2} =$

Задача 1 =  $54m - 45m = 9m$

Задача 2 ✓

Задача 3 ✓

Задача 4

Задача 5 ✓

$v_x = 96c = S_1$

$(v_x + 4 \frac{m}{c}) \cdot 9,8c = S_2$

$d = S_2 - S_1 = 0,96 + 2,4m - 0,96 = 2,4m$

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 checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

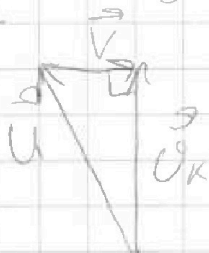
МФТИ

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

Задача 1

стр. 8.

Корабли едут в обе стороны, когда корабль  
конечная скорость более направлена максимален  
будет в точке С. Нарисуем.



$$u_k = \sqrt{u^2 - v^2} = \sqrt{\left(\frac{240}{192}\right)^2 - \left(\frac{200}{192}\right)^2} = \frac{\sqrt{52100}}{192}$$

$$= \frac{10 \sqrt{521}}{192} \text{ м/с}$$

$$t = \frac{d}{u_k} = \frac{400}{\frac{10 \sqrt{521}}{192}} = \frac{1344}{\sqrt{521}} \text{ с.}$$

Черновик

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  
  2  
  3  
  4  
  5  
  6  
  7

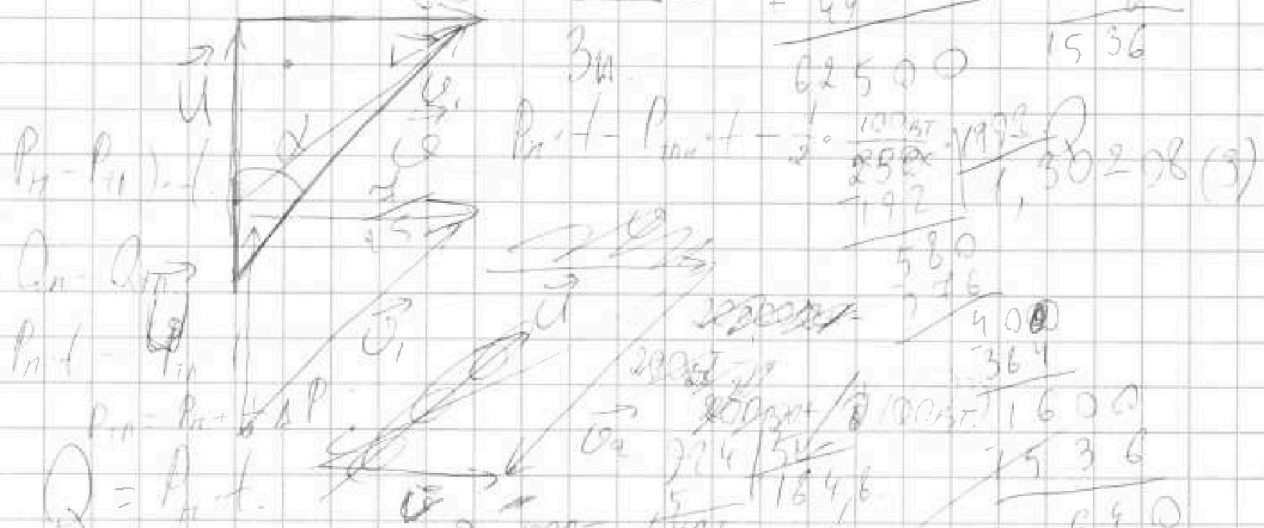
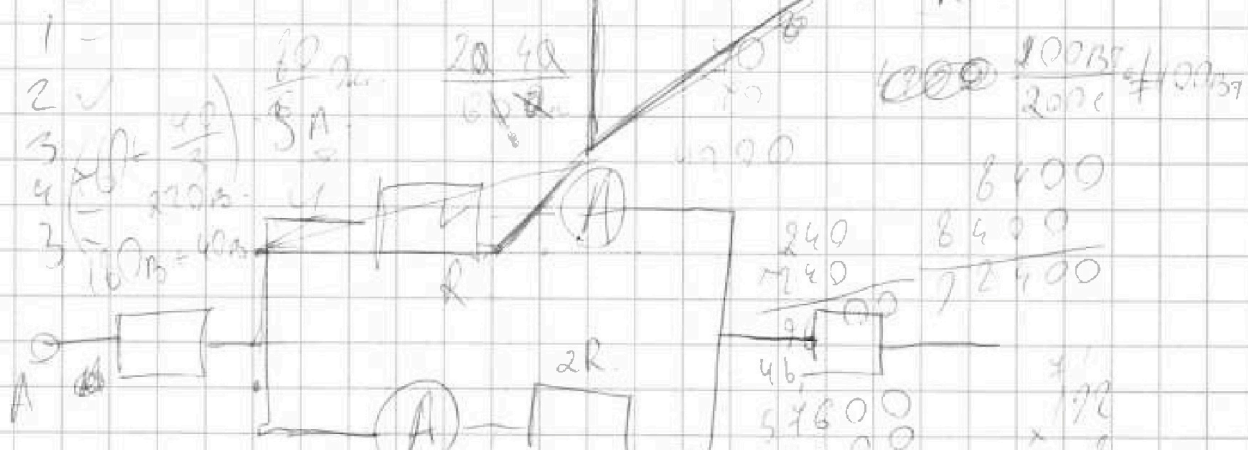
МФТИ

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

Задача 1

Чертовски

P-кол + P<sub>к</sub>



$Q = P_{n.t.}$   
 $Q = P_{k.t.}$   
 $\vec{U}_1 = \vec{U} + \vec{V}$   
 $\vec{U}_2 = \vec{U}_2 - \vec{V}$   
 $300 \cdot 600$   
 $400000 - 240000$   
 $160000$

$240000$   
 $1000(300)$

$Q = 100000$   
 $\frac{1}{2} \cdot 100000 + P_{n.t.}$   
 $80000 + 100000 +$   
 $+ \frac{1}{2} \cdot 400000 = 80000$