



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

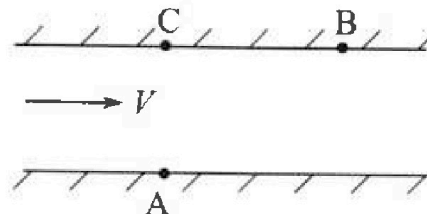
Вариант 09-01

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.

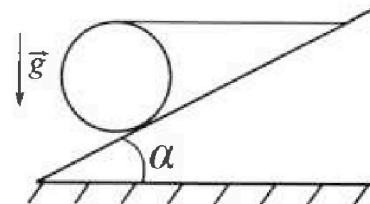
Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Соударения мяча со стенкой абсолютно упругие. Траектории мяча лежат в вертикальной плоскости перпендикулярной стенке.

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.





Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 09-01



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

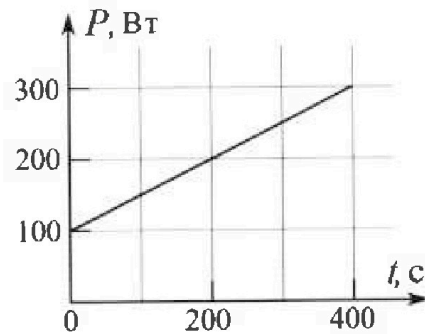
4. Воду нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $t_0 = 14^\circ\text{C}$, объем воды $V = 2$ л. Сопротивление спирали электроплитки $R = 20$ Ом, сила тока в спирали $I = 5$ А.

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

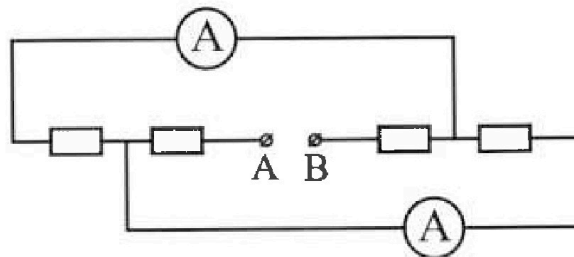


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 20 Ом, у двух других сопротивление по 40 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

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.



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!



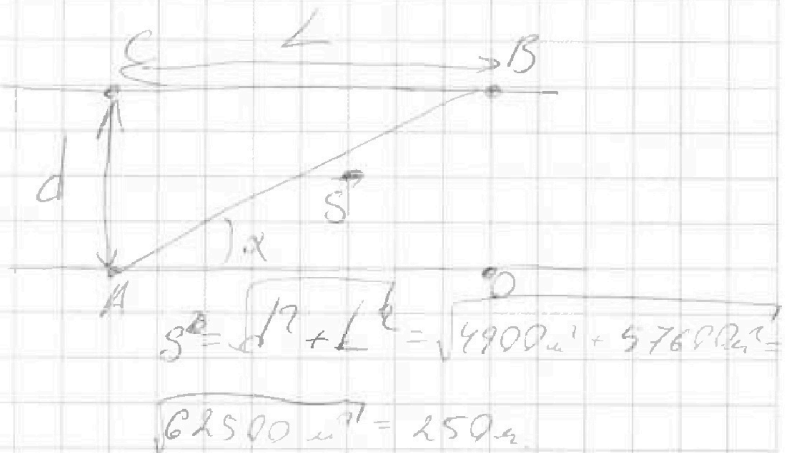
Задача 1

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

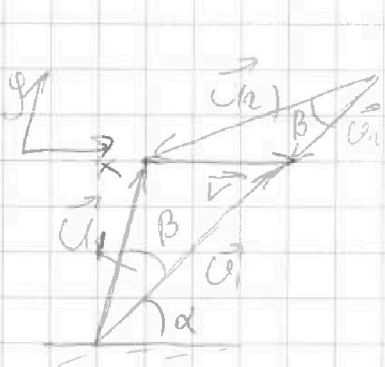
$$U_2 = \frac{S}{T_2}$$

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

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



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



$$\vec{U}_1 = \vec{U}_{1x} + \vec{V}$$

$$\vec{U}_2 = \vec{U}_{2x} + \vec{V}$$

$$U_{1x} = U_1 \cos \alpha$$

$$U_{2x} = U_2 \cos \beta$$

Задача на эти скорости решена с ВАО на первом ФА U_1 и U_2 ждем на S

$$U_{1x} - U_{2x} = U_1 \cos \alpha - U_2 \cos \beta + 2V$$

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

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

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

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

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

$= 99\text{м}$

$h = 99\text{м}$ — 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 $2U = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$$d = S_2 - S_1$$

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

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

$$d = v_1 t_{\text{полн}} + 4 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot t_{\text{полн}} - v_1 t_{\text{полн}} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot t_{\text{полн}} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 0,6\text{с} =$$

$= 2,4\text{м}$

$$d = 2,4\text{м}$$

Ответ: $h = 99\text{м}; t_1 = 3\text{с}; d = 2,4\text{м}$

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

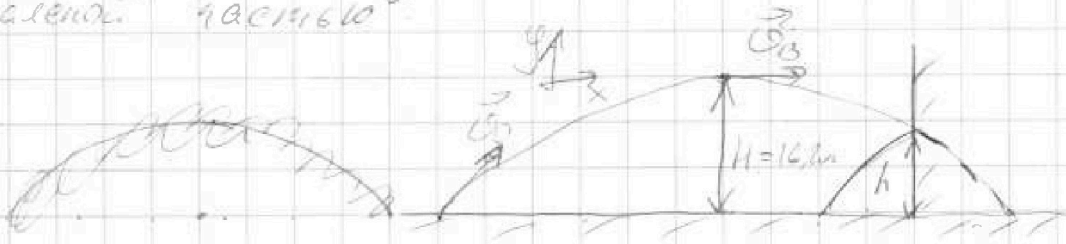
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Задача 2

стр 1

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



v_x - горизонт. скорость

v_y - вертикальная скорость.

то горизонтальная траектория является равномерной. \Rightarrow можно считать со скоростью со стеной $\frac{v_x}{2}$ происходит $\frac{v_x}{2}$ вправо $\frac{v_x}{2}$ влево. а в верхней точке тело достигнет $\frac{1}{2}$ всего времени. Найдем это время.

$$\vec{v} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2}; \quad v_{yB} = 0, \text{ т.к. находится в верхней точке}$$

$$0 = v_0 - \frac{g t}{2} \Rightarrow t = \frac{2v_0}{g} = \frac{2 \cdot 10}{10} = 2 \text{ с}$$

$$t_0 = \sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 16,7}{10}} = \sqrt{3,34} = 1,8 \text{ с} \Rightarrow t_{\text{пол}} = 3,6 \text{ с} \Rightarrow t_{\text{стена}} = \frac{1}{2} \cdot 3,6 \text{ с} = 1,8 \text{ с}$$

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

Найдем для скорости v_y .

$$v_y - g t = 0$$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

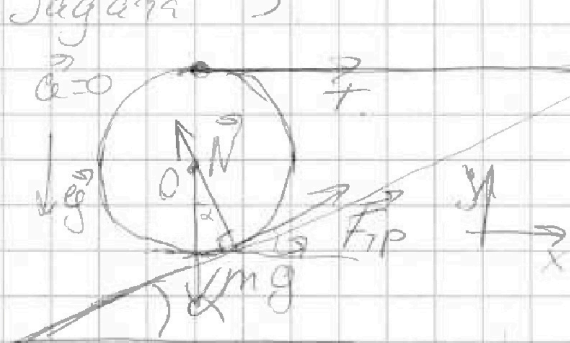
1 2 3 4 5 6 7

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
остывать. $\Rightarrow T = t_2 = 280c$

Ответ: $P_{II} = 500 B_2$

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 нагрузки)

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

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

каждо поглотить Q теплоты

$Q = cm(T_1 - T_0) = \rho V c_p (T_1 - T_0) = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}} \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{1}{1000} \text{м}^3 \cdot (25^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C}) = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}} \cdot 2\text{м} \cdot 11^\circ\text{C} = 92400 \text{Дж}$

Вода нагревается за счет нагрева воды в окружающую среду

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

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

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

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

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

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

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

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

$t_1 = \frac{400 \frac{\text{Дж}}{\text{с}} + 280 \frac{\text{Дж}}{\text{с}}}{\frac{1}{2} \frac{\text{Вт}}{\text{с}}} = 680 \frac{\text{Дж}}{\text{с}} \cdot 2 \frac{\text{с}}{\text{Вт}} = 1320\text{с}$

$t_2 = \frac{400 \frac{\text{Дж}}{\text{с}} - 280 \frac{\text{Дж}}{\text{с}}}{\frac{1}{2} \frac{\text{Вт}}{\text{с}}} = 240 \frac{\text{Дж}}{\text{с}} \cdot 2 \frac{\text{с}}{\text{Вт}} = 240\text{с}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

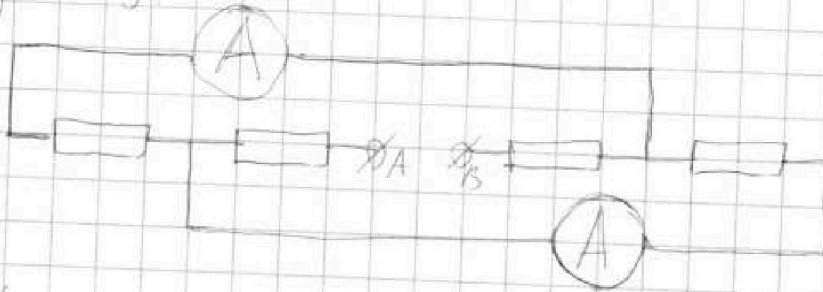
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

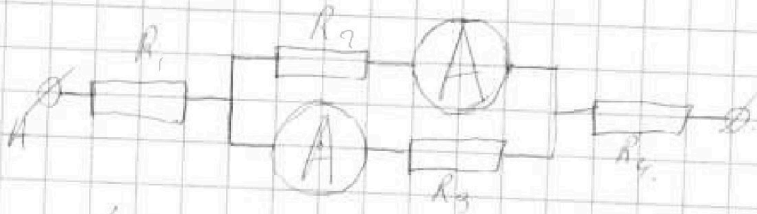
МФТИ

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 $\Rightarrow R_2 + R_3$

Маленькая часть цепи имеет сопротивление 20Ω

и большая часть цепи имеет сопротивление 40Ω

и тогда цепь имеет сопротивление 20Ω

и тогда $I_2 = \frac{U}{R_2 + R_3} = \frac{U}{40 \Omega} = 2 I_1 = 2 A$

$I_{\text{общ}} = I_1 + I_2 = 1 A + 2 A = 3 A$

$$I_2 = 2 A$$

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

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

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

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

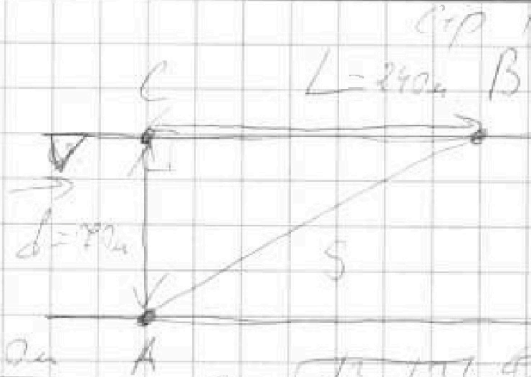
$$1) v_1 = \frac{s}{t_1};$$

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

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

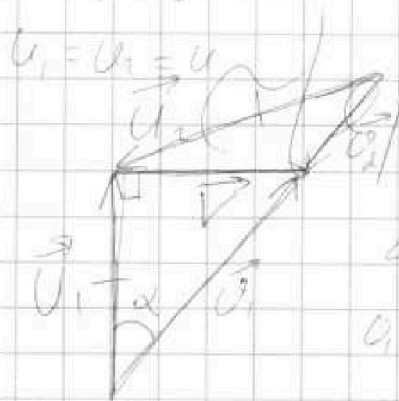
$$= 1,30208(3) \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

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



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

2) Скорости \vec{v}_1 и \vec{v}_2 можно разбить на составляющие: Скорость \vec{v} - скорость рак и \vec{v} - скор. совр. Нарисуем их.



Скорость рак \vec{v} , т.к. из нее вытекает направление в C (по оси)

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

$$\sin \angle CAB = \frac{L}{s} = \frac{24}{326.5} = \sin \alpha = \frac{v}{v_1}$$

$$v = \sin \alpha \cdot v_1 = \frac{24}{326.5} \cdot \frac{250 \text{ м}}{192 \text{ с}} = \frac{24 \cdot 250}{326.5 \cdot 192} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\cos \angle CAB = \frac{d}{s} = \frac{25}{326.5} = \cos \alpha = \frac{v_2}{v_1}$$

$$v_2 = \cos \alpha \cdot v_1 = \frac{25}{326.5} \cdot \frac{250}{192} \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{40}{192} \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad \boxed{v_2 = \frac{40}{192} \frac{\text{м}}{\text{с}}}$$



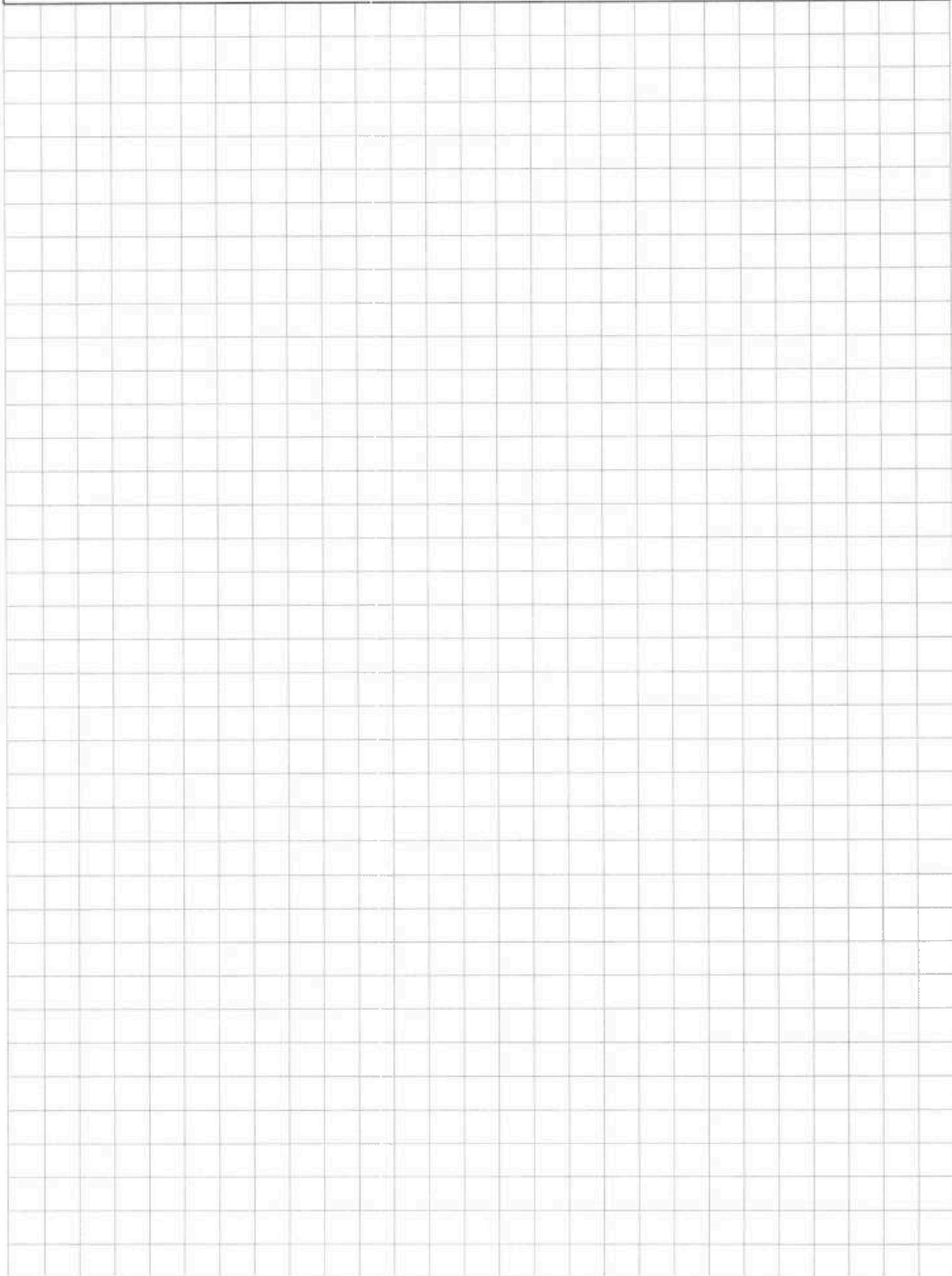
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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:

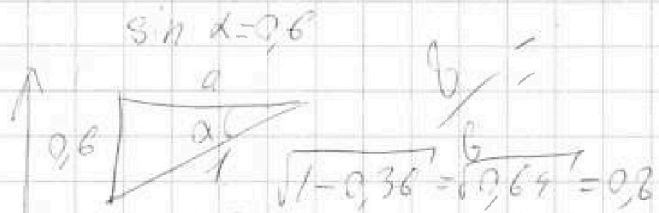
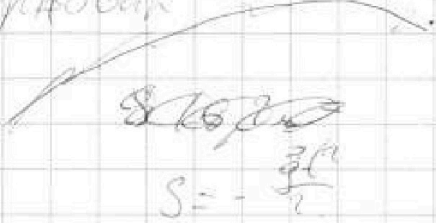
1 2 3 4 5 6 7



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



Парabolic



$$\vec{v}_n - \vec{v}_B = \vec{v}_B, \quad v_n = 5 \frac{m}{s} \quad (2)$$

$$\vec{v}_n + \vec{v}_B = \vec{v}_B \quad v = \frac{10 \frac{m}{s}}{5} = 2 \frac{m}{s} = 1,8 \text{ c}$$

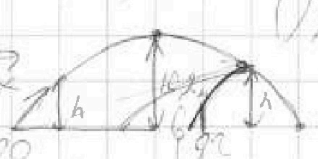
$$\vec{v} = \frac{v}{\cos \alpha} = \frac{v}{\sin 45^\circ} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$$

24
24

460
96

52600 - 4900

52700



$$S = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$v_y = gt = v_{yc}, \quad v_y - gt = 0$$

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

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

Задача 1

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

Задача 2

✓

Задача 3

✓

Задача 4

✓

Задача 5

✓

$$v_x = 9 \text{ c} = S_1$$

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

$$d = S_2 - S_1 = 0,9 \text{ c} + 2,4 \text{ m} - 0,9 \text{ c} = 2,4 \text{ m}$$

Handwritten calculations and diagrams for a physics problem involving projectile motion and vector decomposition.

sin alpha = 0.6
cos alpha = 0.8
v = 2 m/s
v_n = 5 m/s
v = v_n / cos alpha = 5 / 0.8 = 6.25 m/s
v_y = gt = 10 * 1.8 = 18 m/s
h = 16 * 3 - (10 * 9) / 2 = 48 - 45 = 3 m

28000 S +
16,2 / 5 = 3,24
15 / 5 = 3
1,2 / 5 = 0,24
1,0 / 5 = 0,2
3,24 + 0,24 + 0,2 = 3,74

140000 - 47600 = 92400
260 / 16 = 16,25
260 / 16 = 16,25
144 / 16 = 9
324 / 16 = 20,25
140000 - 47600 = 92400

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

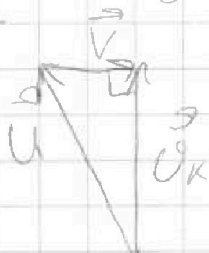
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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.
 Шлобы екс бие шинамаввак, кадо зробо
 конечнаа скорость бие направлена максималла
 биедо в точке С. Нарисуем.



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

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

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

Мерловик

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1
 2
 3
 4
 5
 6
 7

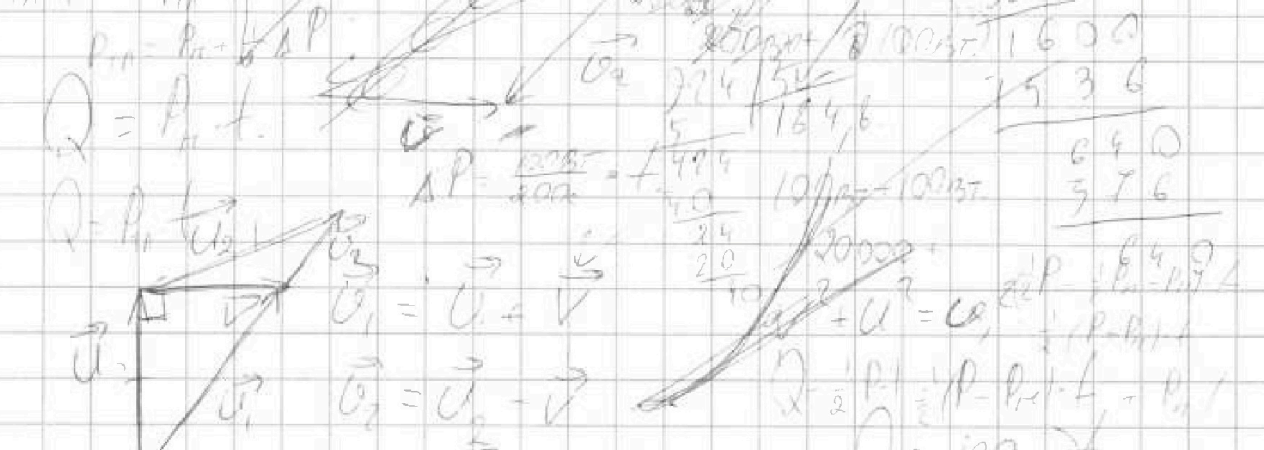
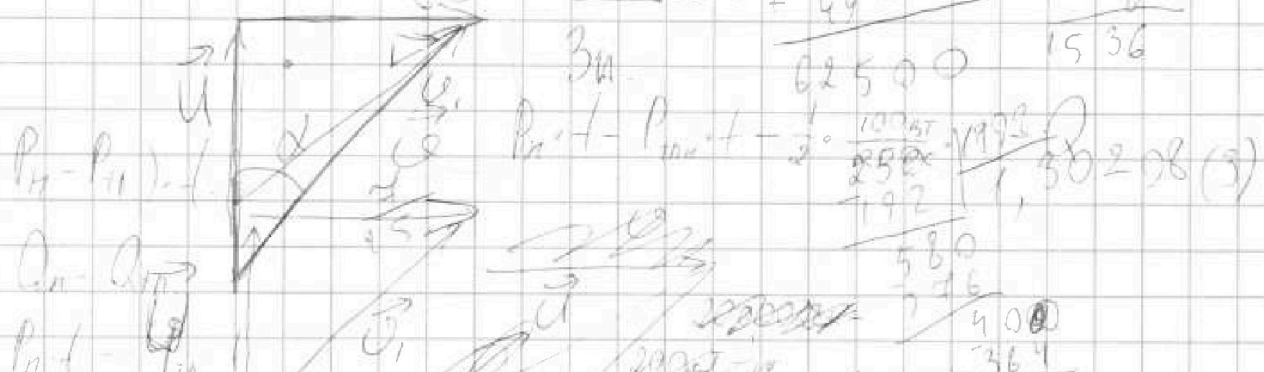
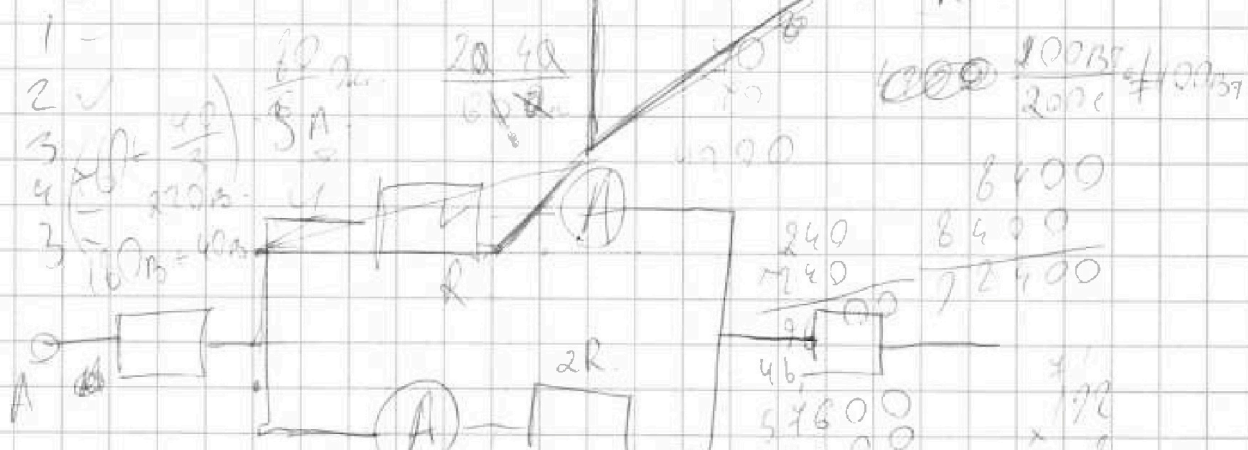
МФТИ

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_к



$300 \cdot 600$
 $400000 - 240000$
 160000

240000
 $10\% (300 \cdot 300)$

8000
 $100 \cdot \frac{800}{2}$
 $+ \frac{1}{2} \cdot 40000 \cdot \frac{800}{2}$