



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

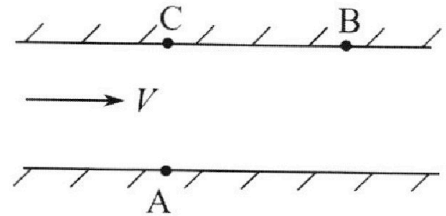
Вариант 09-02

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 $AC = d = 50$ м, снос, т.е. расстояние, на которое пловец смещается вдоль реки к моменту достижения противоположного берега, $CB = L = 120$ м.



Продолжительность первого заплыва $T_1 = 100$ с, продолжительность второго заплыва $T_2 = 240$ с.

- 1) Найдите скорости V_1 и V_2 пловца в лабораторной системе отсчета в первом и втором заплывах.
- 2) Найдите скорость V течения реки.

В третьем заплыве пловец стартует из точки А и движется так, что снос наименьший.

- 3) На каком расстоянии S от точки В выше по течению финиширует пловец в третьем заплыве?

2. Футболист на тренировке наносит удары по мячу, лежащему на горизонтальной площадке и направляет мяч к вертикальной стенке. После абсолютно упругого соударения со стенкой на высоте $h = 5,4$ м мяч падает на площадку. Расстояние от точки старта до стенки в 3 раза больше расстояния от стенки до точки падения мяча на площадку.

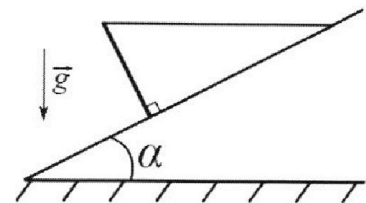
- 1) Найдите наибольшую высоту H , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

Допустим, что в момент соударения мяча со стенкой на высоте h , стенка движется навстречу мячу. Расстояние между точками падения мяча на поле в случаях: стенка покоится, стенка движется, $d = 1,8$ м.

- 3) Найдите скорость U стенки в момент соударения.

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 стержень удерживается на шероховатой наклонной плоскости горизонтальной нитью, прикрепленной к стержню в его наивысшей точке. Сила натяжения нити $T = 17,3$ Н. Угол между стержнем и плоскостью прямой. Наклонная плоскость образует с горизонтальной плоскостью угол $\alpha = 30^\circ$.



- 1) Найдите массу m стержня.
- 2) Найдите силу $F_{тр}$ трения, действующую на стержень.
- 3) При каких значениях коэффициента μ трения скольжения стержень будет находиться в покое? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 09-02

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

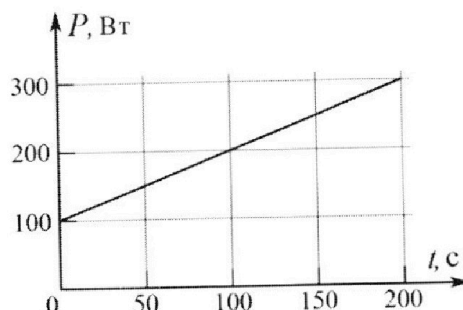


4. Воду объемом $V = 1$ л нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $\tilde{t}_0 = 16^\circ\text{C}$. Сопротивление спирали электроплитки $R = 25$ Ом, напряжение источника $U = 100$ В. Зависимость мощности P тепловых потерь от времени t представлена на графике (см. рис.).

1) Найдите мощность P_H нагревателя.

2) Найдите температуру $\tilde{t}_1$ воды через $T = 180$ с после начала нагревания.

Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, удельная теплоемкость воды $c = 4200 \text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$.

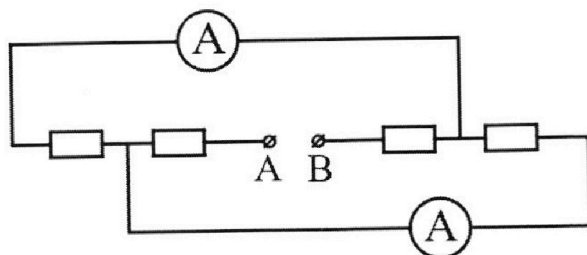


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 30 Ом, у двух других сопротивление по 60 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

После подключения к клеммам А и В источника постоянного напряжения показания амперметров оказались различными. Большее показание $I_1 = 2$ А.

1) Найдите показание I_2 второго амперметра.

2) Какую мощность P развивают силы в источнике?





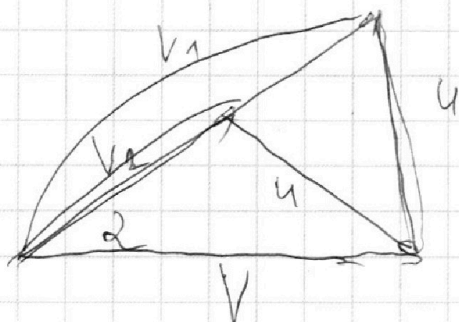
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



Через m косинусов

выражаем u

$$u^2 = V_1^2 + V_2^2 - 2 V_1 V_2 \cos \alpha$$

$$u^2 = V_1^2 + V_2^2 - 2 V_2 u \cos \alpha$$

$$V_1^2 - 2 V_1 u \cos \alpha = V_2^2 - 2 V_2 u \cos \alpha$$

$$u = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2 \cos \alpha (V_1 - V_2)} = \frac{V_1 + V_2}{2 \cos \alpha} = \frac{13(1,3 + 2,4)}{2 \cos \alpha}$$

$$= \frac{1,36 + \frac{13,6}{2,4}}{2,4} = \frac{13,6}{2,4} + \frac{1}{6} = \frac{24,6 + 1}{2,4} = 10 + \frac{1}{2,4}$$

$$13 \left(\frac{1,3 \cdot 2,4}{2,4} + \frac{1}{2,4} \right) = \frac{13 \left(\frac{1,3 \cdot 2,4}{2,4} + \frac{1}{2,4} \right)}{2,4} =$$

$$= \frac{13}{2,4} \left(\frac{13(2,4 + 1)}{2,4} \right) = \frac{13^2}{2,4^2} \cdot 3,4 \cdot \frac{u}{c}$$

$$V^2 = u^2 - V_1^2 + 2 V_1 u \cos \alpha$$

$$= \frac{13,6}{1,2^2} \cdot 0,85 = \frac{13,6}{1,2^2} \cdot 0,85 = \frac{13,6}{1,2^2} \cdot 0,85$$

$$V^2 = u^2 - V_1^2 + 2 V_1 u \cos \alpha = \frac{13,4}{12^2} \cdot 0,85^2 - \frac{13,4}{12^2} + 2 \cdot \frac{13}{12} \cdot 0,85$$

материал для анализа угла, который

материал для анализа угла, который



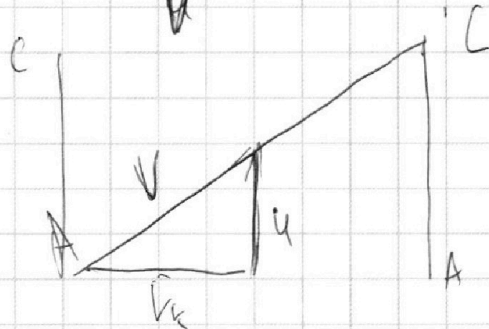
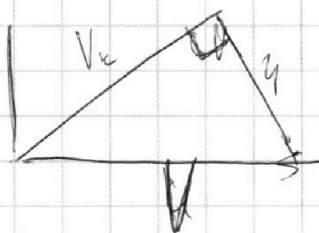
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$V_k = \sqrt{V^2 - u^2}$$

$$V_k = \sqrt{V^2 - u^2}$$

$$\frac{S}{V_k} = \frac{\phi C}{V_k}$$

$$\frac{AC}{S} = \frac{u}{V_k}$$

$$S = \frac{H V_k}{u} = AC \sqrt{\frac{V_k^2}{u^2} - 1} =$$

$$H = AC \sqrt{1 + \frac{V_k^2}{u^2} - 2 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{V_k}{u}} =$$

=

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!

В кривой 2 пунктах задачи угол между
дерева и вектором скорости не выдана + координата
(м.к. Вектор надо поделить на м. в
м. В положении которых не указывается)

Потому ~~написать~~
соотношению скорости V_1 и V_2

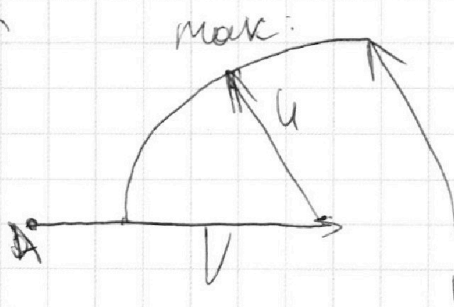
равен:

$$V_1 = \frac{\Delta B}{T_1} = \frac{130}{100} = 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$V_2 = \frac{\Delta B}{T_2} = \frac{1,30}{240} = \frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Соотношение векторов скорости прямого-

угол



Значит u - скорость
пловца, а V скорость
течения реки

Окружность — это окружность

~~связано~~ Значит, чтобы направления
были одинаковыми, а скорости разными

нужно провести касательную с углом 2

и радиусу (косинус которого равен $\frac{12}{13}$) и

продолжить через т. А

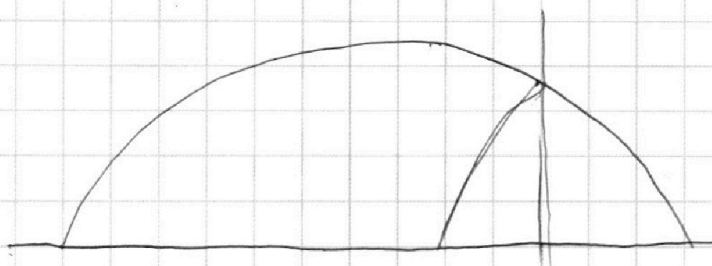
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



↑↑. к. время движения по траектории
функции; после нее " дуга такая
же как дуга если и не было

Время равно:

$$T = \frac{2V_y}{g}$$

Время движения по траектории
равно $\frac{3}{4} T = 1,5 \frac{V_y}{g}$

$$h = \frac{3}{4} V_y T - \frac{g T^2}{2} = \frac{3}{8} \frac{V_y^2}{g}$$

$$H = \frac{V_y^2}{2g}$$

$$H = \frac{4}{3} h = \frac{4}{3} \cdot \frac{3}{8} \frac{V_y^2}{g} = \frac{1}{2} \frac{V_y^2}{g}$$

$$V_y = \sqrt{2gH} = 14 \frac{m}{c} \quad \left(\frac{m}{c} \right)^2$$

$$V_y = \sqrt{2gH} = 12 \frac{m}{c}$$

$$T = \frac{2V_y}{g} = 2,4 c$$

Время равно

$$t_1 = \frac{1}{4} T = 0,6 c$$



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

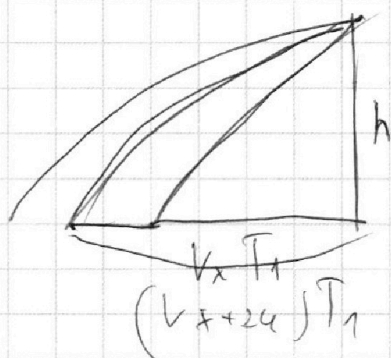
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Рассмотрим движение после создания

скорости после

создания:

$$V_x + 2u$$



$$0 = (V_x + 2u) T_1 - V_x T_1 = 2u T_1$$

$$\frac{0}{2T_1} = u = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: 1) $M = 7,2 \text{ кг}$; 2) $t = 0,6 \text{ с}$; 3) $u = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$



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!

малая средняя возможная или

$$N_y \geq F_{\text{нпр}}$$

$$N = T \sin \alpha + mg \cos \alpha = T \sin \alpha + \frac{T \cos^2 \alpha}{\sin \alpha} =$$

$$= T_{0,5} + 3T = 3,5T$$

$$y \geq \frac{F_{\text{нпр}}}{N}$$

$$y \geq \frac{\sqrt{3}}{4}$$

Ответ: 1) $m = 3,46\sqrt{3}$ (кг) 2) $\frac{14,5\sqrt{3}}{2}$ (Н) 3) $y \geq \frac{\sqrt{3}}{4}$

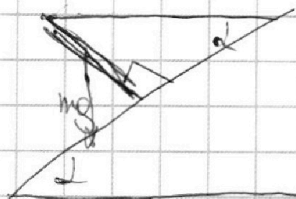
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

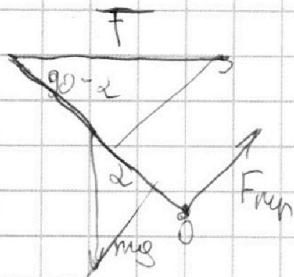
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



Рассмотрим элемент
массы m соприкасающейся
с наклонной плоскостью.



У $F_{\text{нп}}$ меньше веса
(в этом случае
можно не учитывать)

У весов масс находимся на

$\frac{L}{2}$ от поверхности

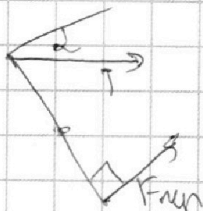
Пучок или T равно L

$$\frac{L}{2} mg \sin \alpha = T \sin (90^\circ - \alpha)$$

$$\frac{mg \sin \alpha}{2} = T \cos \alpha$$

$$m = \frac{2T \cos \alpha}{g \sin \alpha} = 2\sqrt{3} \quad \frac{T}{g} = 3,46\sqrt{3} \text{ (кг)}$$

Рассмотрим элемент
массы m соприкасающейся с наклонной
плоскостью. Запишем условие равновесия:



$$F_{\text{нп}} \frac{1}{2} = T \cos 30^\circ$$

$$F_{\text{нп}} = T \cos 30^\circ = \frac{14,3\sqrt{3}}{2} \text{ (Н)}$$

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!



Для камня найдем законные

$P(T)$

из формулы для функции, или для линейной, тогда:

$$P = \frac{\Delta P}{\Delta T} \cdot T + P_0 = T + 100$$

Рассмотрим малый промежуток времени, где мощность меньше на dQ и температура больше на dT

$$dQ = dT (P_H - P)$$

По закону Джоуля - Ленца:

$$P = \frac{U^2}{R} = 400 \text{ Вт, тогда}$$

$$dQ = dT (400 - 100 - T) = dT (300 - T)$$

Принимая во внимание, что

$$Q_1 = \int_0^T (300 - T) dT = 300T - \frac{T^2}{2}$$

из формулы

$$Q_1 = 210 \cdot 130$$

$$t_1 = t_0 + \Delta t = 25^\circ \text{C}$$

$$Q_1 = 210 \cdot 130 = 27300 \text{ Дж}$$

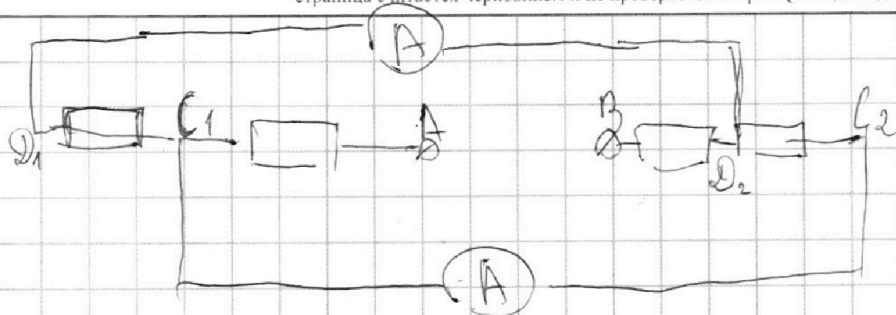
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

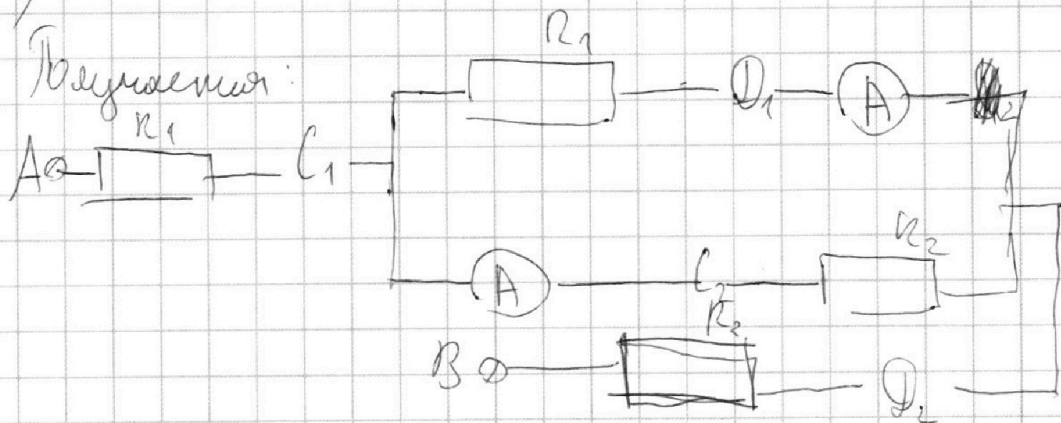
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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



Для начала следует привести все
к общему знаменателю
Обозначим некоторые точки ($C_1, R_2,$
 D_1, D_2)



По данному условию, что сопротивление
одинаково, можно сделать вывод, что
сопротивления R_1 и R_2 равны.
Обозначим их R .
Тогда, учитывая, что C_1 и C_2 равны,
можно сделать вывод, что $C_1 = C_2$.
Таким образом, $R_1 = R_2$ и $C_1 = C_2$.
Следовательно, $I_1 R_1 = I_2 R_2$.



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!

$$I_1 = I_2 \frac{n_2}{n_1}$$

Возьмем, что $n_1 = 130$ Ом тогда
 $n_2 = 60$ Ом, тогда максимальный ток
будет I_1 и это будет 2 А

$$\text{Следовательно } I_2 = I_1 \frac{n_1}{n_2} = 1 \text{ А}$$

Далее найдем сум. напряжение и

ток

$$I = I_1 + I_2 = 3 \text{ А}$$

$$U = I(n_1 + n_2) = I n_1 = 240 + 60 = 300 \text{ (В)}$$

$$P = UI = 900 \text{ Вт}$$

$$\text{Ответ: } 1) I_2 = 1 \text{ А}; 2) P = 900 \text{ Вт}$$

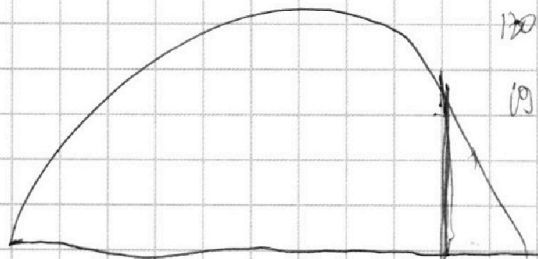
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$300T - \frac{100^2}{2} =$$

$$h = \frac{1}{2} g T^2 = \frac{100^2}{2 \cdot 10} = 500$$

$$T = \frac{2 \cdot 100}{g} = \frac{200}{10} = 20$$

$$H = \frac{1}{2} g T^2 = \frac{100^2}{2 \cdot 10} = 500$$

$$\frac{2 V_0 \sin \alpha}{g} = L$$

$$L = \frac{3 \cdot 2 \cdot 10^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = \frac{15 \cdot 10^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g}$$

$$h = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{300^2}{2 \cdot 10} = 4500$$

$$h = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{300^2}{2 \cdot 10} = 4500$$

$$h = \frac{3 \cdot 10^2}{2} = 150$$

$$h = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{300^2}{2 \cdot 10} = 4500$$

$$H = \frac{1}{2} g T^2 = \frac{100^2}{2 \cdot 10} = 500$$

$$T = \frac{2 \cdot 100}{g} = \frac{200}{10} = 20$$

$$V_1 T_1 = \frac{(V_1 - V_2) T_1}{V_1} = \frac{V_1}{V_1}$$

$$36000 - 40000$$

$$120 \cdot 400 - 400 \cdot 0 = 400 \cdot 120$$

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!

$$P_H = \frac{U^2}{R} = 400 \text{ Вт}$$

$$P = \frac{1}{T} + 600$$

$$P = P_H - P(t)$$

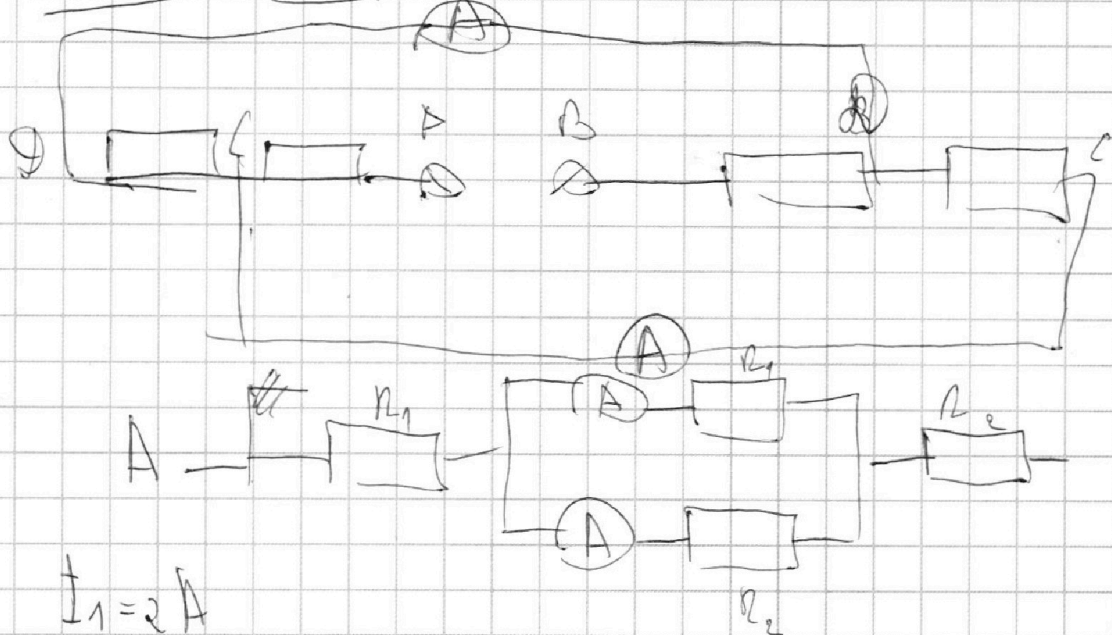
$$dQ = dt (P_H - P(t))$$

$$Q = T P_H - \int_0^T (t + 600) dt = T P_H - \frac{T^2}{2} \cdot 40000 =$$

$$= 400 \cdot 120 - 40000 = 42000 - 40000 = 32000$$

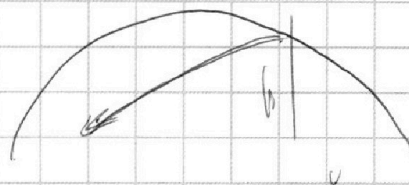
$$Q \text{ в Дж} = 32000$$

$$\Delta t = \frac{32000}{4200} = \frac{320}{42} = \frac{160}{21}$$



$$I_1 = 2 \text{ A}$$

$$I_2 =$$



$$T_H (k + 2u - k) = 0$$

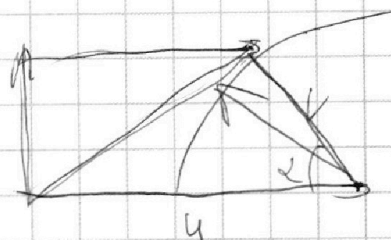
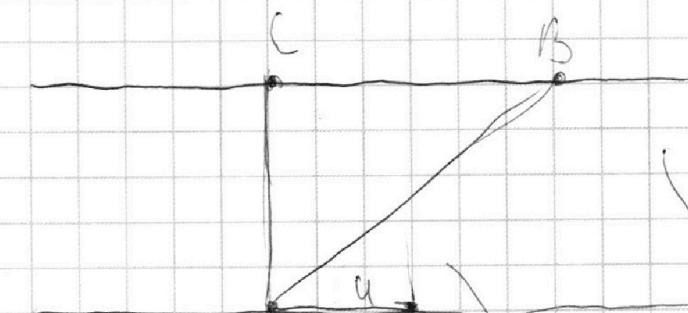
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$X_0 = \sqrt{CB^2 + AC^2} = 10 \cdot \sqrt{3} = 130 \text{ (m)}$$

$$V_1 = \frac{X_0}{t_1} = 1,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$V_2 = \frac{X_0}{t_2} = \frac{13}{24} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\frac{U \cos \alpha}{V \sin \alpha} = \frac{CB}{AC} =$$

$$= 2,4$$

$$\frac{U}{V \sin \alpha} - \frac{1}{\tan \alpha} = 2,4$$

$$\frac{U}{V} - \cos \alpha = 2,4 \sin \alpha$$

$$\frac{1}{2} mg \sin 30 = T \cos 30$$

$$\frac{1}{4} mg = T \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$m = \frac{2\sqrt{3}}{g} T <$$

$$= \frac{34,6\sqrt{3}}{10} = 3,46\sqrt{3} \text{ (kg)}$$

$$\frac{1}{2} mg \sin \alpha = T_{\text{max}}$$

$$\frac{mg}{4} = T_{\text{max}} = \frac{3,46\sqrt{3}}{4} \text{ H} = \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ H}$$

$$\frac{1}{\sqrt{1+\mu^2}}$$

$$\frac{1}{\sqrt{1+\mu^2}}$$

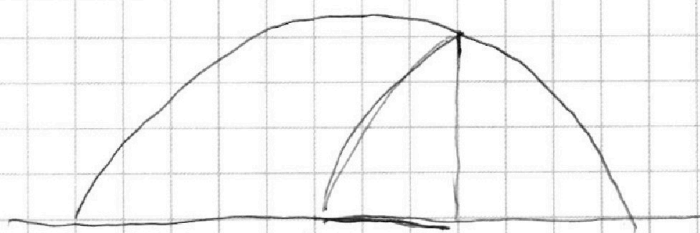
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

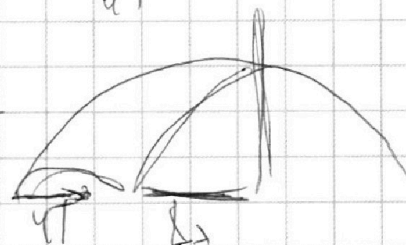
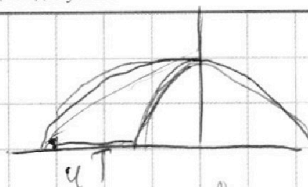
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



$$T = \frac{2V_y}{g}$$



$$h = \frac{V_y}{g} \cdot \frac{3}{4} T = \frac{g \cdot 9T^2}{2 \cdot 16} = 1,5 \frac{V_y^2}{g} = \frac{9 \cdot 4 V_y^2}{32g}$$

$$= \frac{6}{4} \frac{V_y^2}{g} - \frac{g}{2} = \frac{3}{8} \frac{V_y^2}{g}$$

$$H = \frac{V_y^2}{2g} \quad \frac{H}{h} = \frac{4}{3}$$

$$L_2 = \frac{V_x + u}{V_x} L = \frac{8}{4} L - uT$$

$$H = \frac{4}{3} h = 6,57$$

$$V_y = \frac{V_y^2}{2g} = H$$

$$V_y = \sqrt{2gH} = 8\sqrt{2} \quad V_y = 8\sqrt{2} = 11,31$$

$$T = 1,6\sqrt{2} L$$

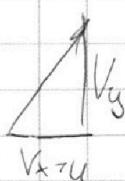
$$T_1 = \frac{3L}{4(V_x + u)}$$

$$\lambda = \frac{3}{4} L - uT_1 = \frac{3}{4} L \left(1 - \frac{4}{V_x + u} \right)$$

$$X_0 = (T - T_1) (V_x + 2u)$$

$$\begin{array}{r} 196,00 \\ \times 0,85 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 14 \\ \times 136 \\ \hline 1568 \end{array}$$



$$136 \cdot 0$$

$$196 \cdot 0,85$$

$$\begin{array}{r} 9,2 + 19 \\ 156,8 + 9,5 \\ \hline = 166,6 \end{array}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

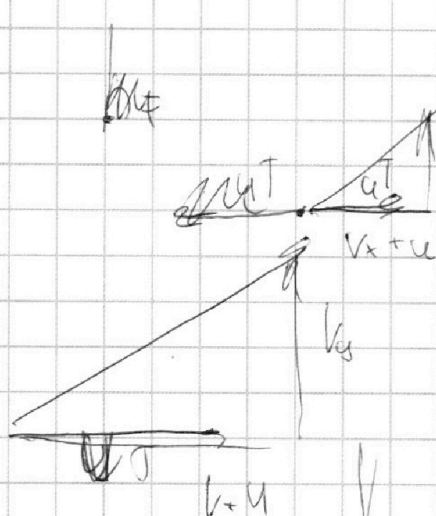
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

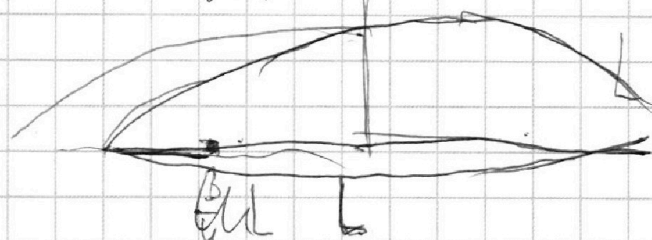
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$T_2 = \frac{\frac{3}{4}L}{v_x + u} + \frac{L}{v_x}$$

$$x_0 = \frac{3Lk}{4(v_x + u)} \quad L \left(\frac{v_x + u}{v_x} + \frac{L}{v_x} - 2L \right) = 0$$



$$L \left(\frac{v_x + u}{v_x} - \frac{6}{4} \right) + 4T - \frac{1}{2}L = 0$$



$$L \left(\frac{v_x + u}{v_x} - 2L + uT \right) = 0$$

$$L(v_x + u)$$

$$L = T v_x$$

$$L_x = T(v_x + u)$$

$$L_x = L u \frac{v_x + u}{v_x}$$

$$L \left(\frac{v_x + u}{v_x} - \frac{3}{4}L \right) = L \left(\frac{v_x + u}{v_x} - \frac{6}{4} \right) + uT$$

$$L \left(\frac{v_x + u}{v_x} - \frac{6}{4} \right) + uT$$