



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

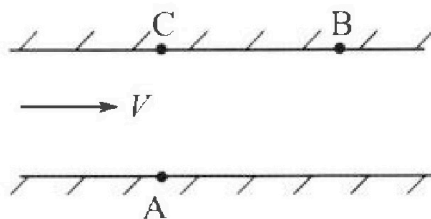
Вариант 09-01

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 отсчета 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?

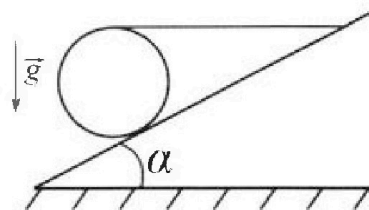
2) Найдите продолжительность t_1 полета мяча от старта до соударения со стенкой.

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.



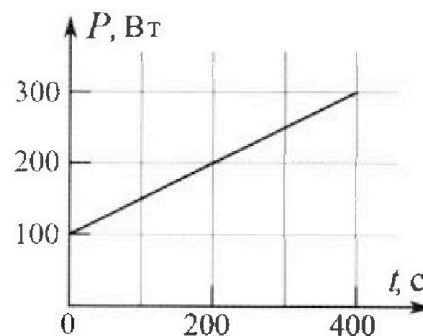
4. Воду нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $t_0 = 14^\circ\text{C}$, объем воды $V = 2$ л. Сопротивление спирали электроплитки $R = 20$ Ом, сила тока в спирали $I = 5$ А.

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).

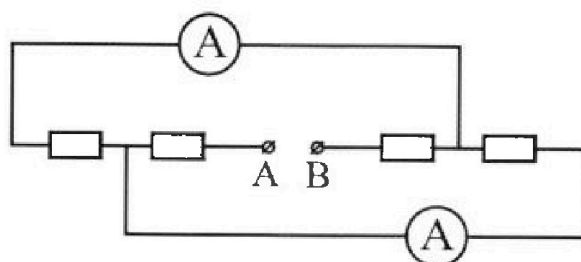


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 20 Ом, у двух других сопротивление по 40 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

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.

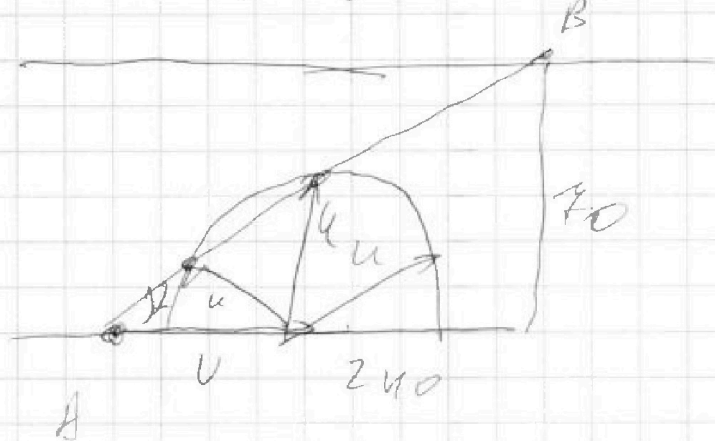
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

Отложим вектор скорости борта V



Вектора радиуса u лежат на полуокружности.
Конец суммарного вектора определяется
поправлением (А-В). Тут видно 2 случая

$$AB = \sqrt{240^2 + 70^2} = 250 \text{ м}$$

$$V_1 = \frac{L}{T_1} = \frac{150}{492} L = \boxed{1.3 \frac{\text{м}}{\text{с}}}$$

$$V_2 = \frac{L}{T_2} = \frac{250}{474} L = \boxed{0.6 \frac{\text{м}}{\text{с}}}$$

$$\cos \alpha = \frac{240}{250} = \frac{24}{25} = 0.96$$

Поскольку для двух скоростей

$$u^2 = V_1^2 + V^2 - 2V_1V \cos \alpha \quad u^2 = V_2^2 + V^2 - 2V_2V \cos \alpha$$

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!

МФТИ

Приравняем по a^2

Решим

$$U_1^2 + V^2 - 2U_1V\cos\alpha = U_2^2 + V^2 - 2U_2V\cos\alpha$$

$$U_1^2 - U_2^2 = 2\cos\alpha V(U_1 - U_2)$$

$$U_1 + U_2 = 2\cos\alpha V$$

$$V = \frac{U_1 + U_2}{2\cos\alpha} = \frac{1,3}{2 \cdot 0,96} \approx 0,675 \frac{м}{с}$$

$$u^2 = U_1^2 + V^2 - 2U_1V\cos\alpha =$$

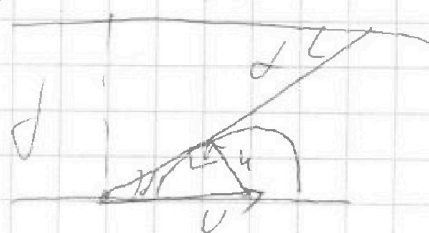
$$= 1,3^2 + 0,675^2 - 2 \cdot 1,3 \cdot 0,675 \cdot 0,96 =$$

$$= 0,84 \frac{м^2}{с^2}$$

$$u = \sqrt{0,84} = 0,916 \frac{м}{с}$$

Скорость минимальная тогда скорость

направлена по касательной



$$\cos\alpha = \frac{l}{R} = \frac{u}{V}$$

$$l = R \frac{u}{V} \approx 1,65 \text{ м}$$

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!

$$t_{\text{дог}} = \frac{0,84}{2} \approx \frac{1}{2,4} \approx \frac{5}{12} - \text{похоже на}$$

Ридговерову тройку 5:12:13

$$z' = \sqrt{2 + x^2} = \frac{5}{13} \cdot 13 = 18,2 \text{ м.}$$

$$V' = \sqrt{V^2 - u^2} = \frac{V}{13} \cdot 12 = \frac{12}{13} \cdot \frac{24}{13} = 1,84 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$T = \frac{L'}{V'} \approx 100 \text{ секунд.}$$

$$\text{Ответ: } V_1 = 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}; V_2 = 0,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}; u = 0,84 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$T = 100 \text{ сек.}$$

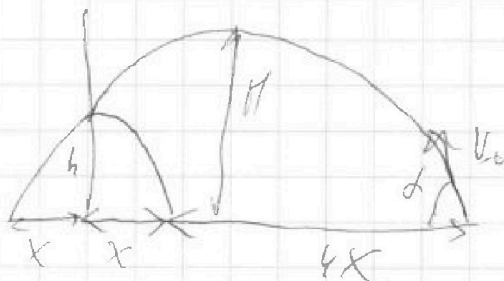
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ



Проектируем участок параболы x за время t .

Отсюда видно, что дальность полета $= 6x$

$$L = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g} = 6x$$

$$x = \frac{2 V_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{6g} = \frac{V_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{3g}$$

$$\text{Максимальная высота полета} = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = H$$

$$V_0 \sin \alpha = \sqrt{2gH}$$

Уравнение параболы. Высшая точка $y = h, x = 5x$

$$y = x \tan \alpha - \frac{gx^2}{2V_0^2 \cos^2 \alpha} \quad (\text{здесь } x - \text{горизонтальное расстояние, а не введенный } x)$$

$$h = 5 \frac{V_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{3g} \cdot \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} - \frac{g 25 V_0^4 \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha}{2 V_0^2 \cos^2 \alpha \cdot 9g^2}$$

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!

$$h = \frac{5}{3} \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{g} - \frac{25}{18} \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{g} =$$

$$= \frac{5}{18} \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{g} = \frac{5}{18} \cdot \frac{2gH}{g} =$$

$$= \frac{5}{9} H = \frac{5 \cdot 16,2}{9} = \boxed{9 \text{ м}}$$

$$t_1 = \frac{5x}{V_0 \cos \alpha} = 5 \cdot \frac{V_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g V_0 \cos \alpha} = \frac{5}{3} \sqrt{\frac{2H}{g}} =$$

9
время полета по горизонтальной

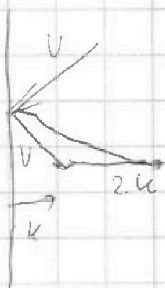
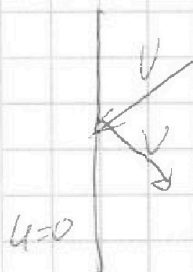
$$= \frac{5}{3} \sqrt{\frac{16,2}{5}} = \frac{5}{3} \sqrt{\frac{81}{25}} =$$

$$= \frac{5}{3} \cdot \frac{9}{5} = \boxed{3 \text{ с}}$$

При увеличении скорости

вектор скорости после удара $\vec{v}' = \vec{v} + 2\vec{u}$.

$\vec{v}$ - вектор скорости лота до столкновения



Удар в обоих случаях происходит ~~верно~~ на
одинаковой высоте, проекция скорости на вертикаль



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!

Однокановая = время полета однокановое
в проекции на горизонталь v_0
в втором случае угол скорости
на 24 боковые $\Rightarrow$ разность радиусов
 $d = 24 \cdot t'$; t' - время полета от
оттока до падения

по горизонтальной он пролетает x ,
причем проекция скорости на
горизонталь $= v_0 \cos \alpha \Rightarrow$

$$t_1 = \frac{x}{v_0 \cos \alpha} = \frac{v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g v_0 \cos \alpha} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} =$$
$$= \frac{1}{3} \sqrt{\frac{24}{g}}$$

$$d = 24 \cdot t_1 = \frac{24}{3} \sqrt{\frac{24}{g}} = \frac{2}{3} \cdot 2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 12}{5}} = \frac{2}{3} \cdot 2 \cdot \frac{3}{5} =$$
$$= 4 \cdot 0,6 = \boxed{2,4 \text{ м}}$$

Ответ: $h = 9 \text{ м}$; $t = 3 \text{ с}$; $d = 2,4 \text{ м}$.

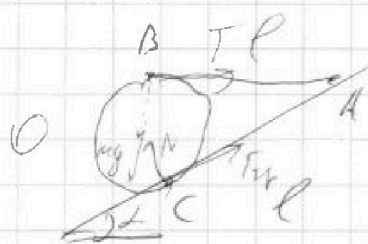
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



Запишем 2 уравнения моментов
относительно точки A и O

Отн O.

$$T \cdot R = F_{\text{тр}} \cdot R \quad (\text{масса сферы не важна} = 0)$$

$$T = F_{\text{тр}} \quad (1)$$

Уравнение моментов отн A.

$$mg \cdot l = N \cdot l \quad (\text{плечи одинаковые, т.к.}$$

AB и AC — касательные из одной точки)

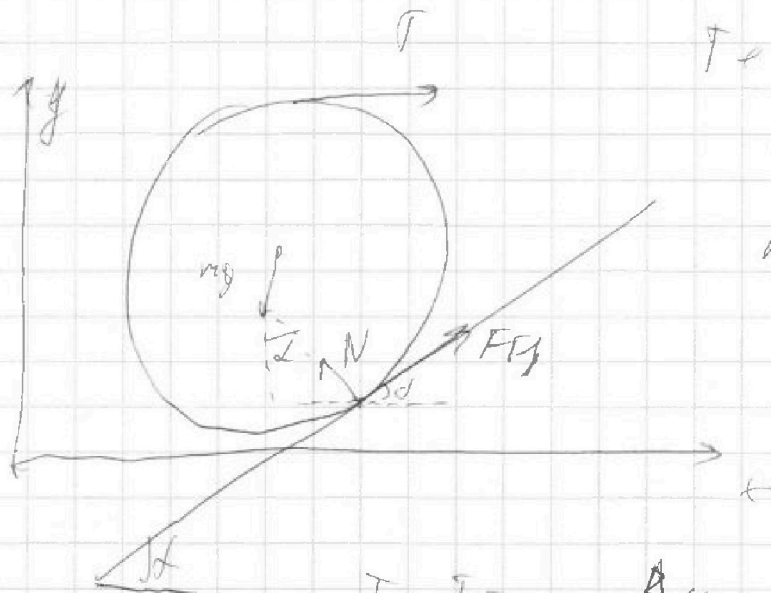
$$\Rightarrow [mg = N] \quad (2)$$

Уравнение сил по O_x

$$T + F_{\text{тр}} \cos \alpha = N \sin \alpha \quad (3)$$

по O_y:

$$mg = N \cos \alpha + F_{\text{тр}} \sin \alpha \quad (4)$$



подставим (1) и (2) в (3)

$$T + T \cos \alpha = N \sin \alpha$$

$$\text{получаем } T = \frac{mg \sin \alpha}{1 + \cos \alpha} = mg \frac{0,6}{1 + \sqrt{1 - 0,36}}$$

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!

$$= 3 \cdot 10 \cdot \frac{0,6}{1,8} = 10 \text{ Н}$$

$$T = F_{\text{тр}} = 10 \text{ Н}$$

П.к. это сила трения покоя, которая больше
чем сила трения скольжения

$$F_{\text{ск}} = \mu N = \mu mg$$

$$F_{\text{тр}} \leq \mu mg$$

$$\frac{F_{\text{тр}}}{mg} \leq \mu$$

$$\frac{5,4 \text{ Н}}{10 \text{ Н}} \leq \mu$$

$$0,54 \leq \mu$$

$$\text{Ответ: } T = F_{\text{тр}} = 10 \text{ Н}; \mu \geq 0,3.$$

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!

$$P_k = UI = I^2 R = 25 \cdot 20 = 500 \text{ Вт}$$

Для нагрева 2 л воды на 17°C

надо получить энергию

$$Q = V \rho C (t_1 - t_0) = Q_{\text{н}} T - P_0 Q_{\text{кв}}$$

$Q_{\text{кв}}$ можно найти под площадью кривой
графиком $P(t)$

$$P(t) = P_0 + \lambda t \quad ; \quad P_0 = 1000 \text{ Вт}$$

$$\int_0^T P(t) dt =$$

$$\lambda = \frac{P_1 - P_0}{T}$$

$$= P_0 T + \frac{\lambda T^2}{2}$$

$$Q = P_{\text{н}} T - P_0 T - \frac{\lambda T^2}{2} = (P_{\text{н}} - P_0) T - \frac{\lambda T^2}{2}$$

$$V \rho C (t_1 - t_0) = (P_{\text{н}} - P_0) T - \frac{\lambda T^2}{2} \quad | \cdot 2$$

$$2 V \rho C (t_1 - t_0) = 2 (P_{\text{н}} - P_0) T - \lambda T^2 = 0$$

$$\lambda T^2 - 2 (P_{\text{н}} - P_0) T - 2 V \rho C (t_1 - t_0) = 0$$

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!

$$D = 4(P_H - P_0)^2 - 8 \alpha V P_C (t_1 - t_0) =$$

$$= 4 \cdot 400^2 - 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot 4200 \cdot 11 =$$

$$= 4 \cdot 400 (400 - \frac{1}{2} 21 \cdot 11) = 4 \cdot 400 \cdot 169 =$$

$$= (2 \cdot 20 \cdot 13)^2 \text{ Вт}^2 = (520)^2 \text{ Вт}^2$$

$$T_1 = \frac{2(P_H - P_0) + \sqrt{D}}{2 \alpha} = \frac{800 + 520}{1} = 1320 \text{ сек}$$

$$T_1 = \frac{800 - 520}{1} = 280 \text{ сек}$$

Хочется отметить первый корень, но он имеет физический смысл: вода ~~ра~~ кипит - то нагреется до всей максимальной температуры и начнет кипеть, означать он будет в течение какого-то времени и температура дойдет до ^{всего} 25°C. Таким ^{всего} первым корнем очевиден.

Ответ: $P_H = 500 \text{ Вт}$; $T_1 = 280 \text{ сек}$; $T_2 = 1320 \text{ сек}$.



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. Печать QR-кода недопустима!

Так как показания амперметров различные,
то схема звонки не симметрична
варианты, ~~что~~ возможные комбинации
резисторов слева направо

1) 20 40 40 20

2) 40 20 20 40

Отключают (иначе показания одинаковые)

Отключают варианты

20 40 20 40

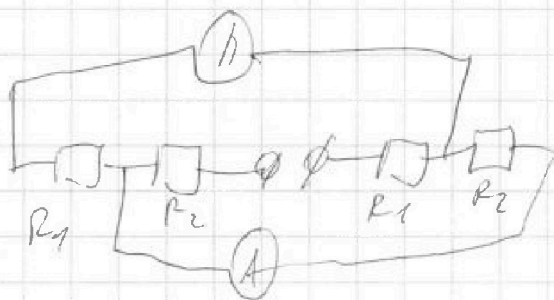
40 20 40 20, но они симметричны

относительно поворота схемы (если в первом

случае через верхний резистор идет

I_1 ~~из~~ а через нижний I_2 , то во

второй схеме через верхний I_2 , через
нижний I_1)



Перерисуем эту схему
размкнув вводы в
право и влево

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

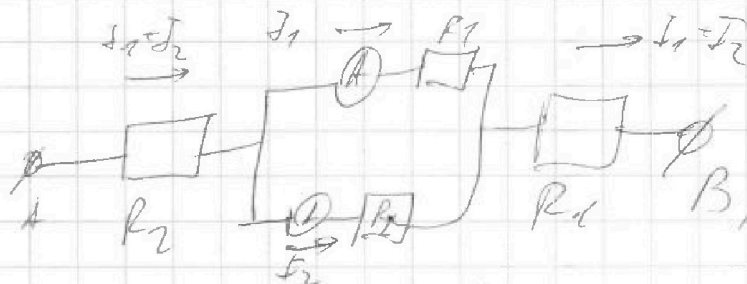
Отметьте крестиком номер задачи,

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!



Пусть $R_1 > R_2$ ($R_1 = 40 \text{ Ом}$; $R_2 = 20 \text{ Ом}$).

тогда максимальный ток через
~~резистор~~ ~~состоит~~ и амперметр через
резистор R_1

$$I_1 R_1 = I_2 R_2$$

$$I_2 = I_1 \frac{R_1}{R_2} = 2 \text{ А}$$

$$U = (I_1 + I_2)(R_1 + R_2) + I_1 R_1 =$$

$$= 3 \text{ А} \cdot 60 \text{ Ом} + 1 \text{ А} \cdot 40 \text{ Ом} = 220 \text{ В}$$

$$\text{Ответ: } I_2 = 2 \text{ А}; U = 220 \text{ В}$$

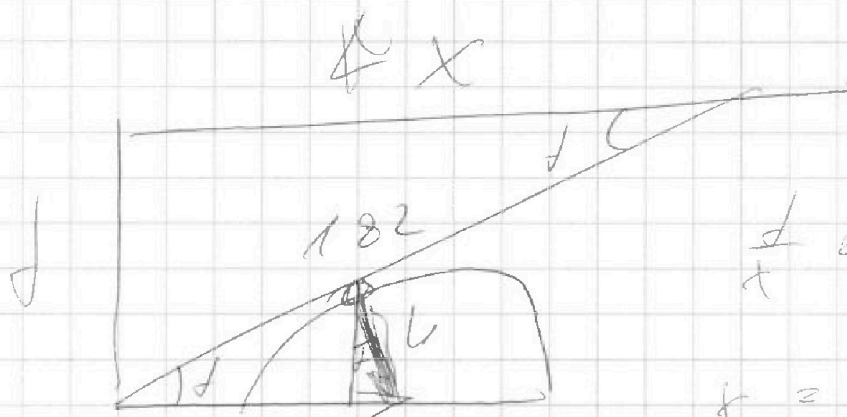
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!

МФТИ



$$\frac{d}{2} = \frac{u}{V}$$

$$x = \frac{dV}{u} = \frac{2}{0,84}$$

$$t = \frac{\sqrt{d^2 + 2^2}}{\sqrt{V^2 - u^2}} =$$

$$t = \frac{d}{u \cos \alpha} =$$

$$\frac{140}{0,84}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 2,4 \\ \hline 168,0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 2,3 \\ \hline 167,0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \overline{) 0,84} \\ \underline{0} \\ 84 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 182 \overline{) 1,84} \\ \underline{184} \\ 0 \end{array}$$

$$\lg d = \frac{1}{2,4} = \frac{5}{12}$$

$$\begin{array}{r} \overline{200} \overline{) 184} \\ \underline{168} \\ 320 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 13 \\ \hline 14 \\ \hline 182 \end{array}$$

$$\frac{2}{13} \cdot 182$$

$$= 24$$

$$\begin{array}{r} 24 \overline{) 184} \\ \underline{13} \\ 110 \\ \underline{104} \\ 60 \end{array}$$

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!

$$V = \frac{V_1 + V_2}{2 \cos \alpha} = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

$$\frac{250}{400} = \frac{5}{8} = 0,625$$

$$V_1 = \frac{250}{192} \approx 1,3 \frac{м}{с}$$

$$V_2 = \frac{250}{414} \approx 0,6 \frac{м}{с}$$

$$V = \frac{1,3 + 0,6}{2 \cdot 0,96} = \frac{1,9}{2 \cdot 0,96} \approx 1 \frac{м}{с}$$

$$U^2 = V^2 + V_1^2 - 2VV_1 \cos \alpha$$

$$U^2 = 4 + 1,69 - 2 \cdot 2 \cdot 1,3 \cdot 0,96 =$$

$$= 5,69 - 5,2 \cdot 0,96 \approx 0,4$$

$$U = \sqrt{0,4} \frac{м}{с} \approx 0,63 \frac{м}{с}$$

$$\begin{array}{r} 0,83 \\ \times 0,83 \\ \hline 249 \\ + 884 \\ \hline 0,6889 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,84 \\ \times 0,84 \\ \hline 336 \\ + 642 \\ \hline 0,7056 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,96 \\ \times 0,96 \\ \hline 52 \\ + 192 \\ \hline 480 \\ + 992 \\ \hline 0,9216 \end{array}$$



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!

$$\frac{\sin(2\alpha)}{\sin \alpha} = \frac{T_2}{T_1}$$

$$\frac{1500 \text{ м}^3}{36 \text{ м}^3} = 41,6$$

$$\frac{\sin 2\alpha \cos \alpha + \sin \alpha \cos 2\alpha}{\sin \alpha} = \frac{T_2}{T_1}$$

$$\sin 2\alpha \cos \alpha + \cos 2\alpha \sin \alpha = \frac{T_2}{T_1}$$

$$\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha = 2\cos^2 \alpha - 1 =$$

$$= 2 \cdot \left(\frac{24}{25}\right)^2 - 1 = 0,8432 = \frac{2 \cdot 24^2 - 25^2}{25^2}$$

$$\begin{array}{r} \times 0,26 \\ 0,96 \\ + 526 \\ \hline 864 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 0,9216 \\ 18432 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 24 \\ 48 \\ + 96 \\ \hline 24 \\ 336 \end{array}$$

$$0,9216$$

$$\sin 2\alpha = 2 \cdot \frac{24}{25} \cdot \frac{24}{25} =$$

$$= \frac{24^2 + 24^2 - 25^2}{25^2}$$

$$= \frac{336}{25^2}$$

$$\begin{array}{r} \times 24 \\ 48 \\ + 96 \\ \hline 68 \\ 536 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 24 \\ 48 \\ + 96 \\ \hline 528 \end{array}$$

$$\frac{336}{25^2} \cos \alpha +$$

$$= \frac{24^2 + 49}{25^2} = \frac{529}{25^2}$$



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!

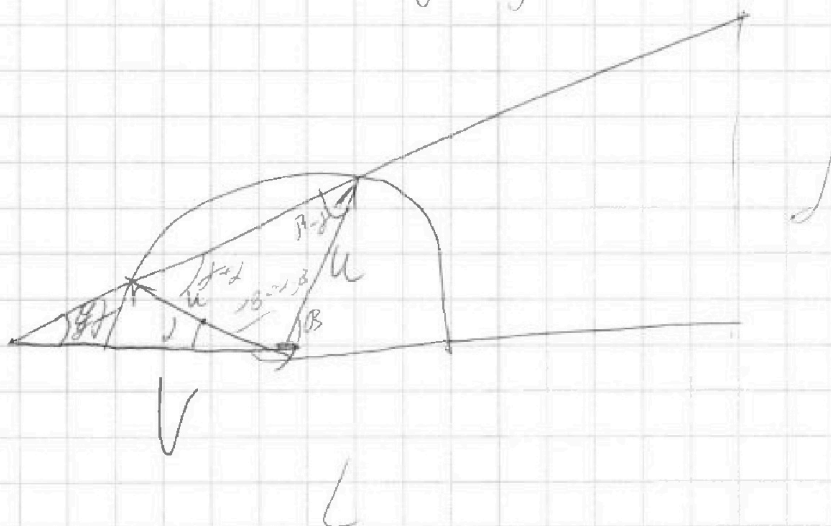
$$u^2 = \frac{(v_1 + v_2)^2}{4 \cos^2 \beta} - v_1 v_2 = \frac{L^2 \left(\frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} \right)^2}{4 \cdot \frac{3}{L^2}} - \left(\frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} \right) L^2$$

$$u = L^2 \left(\frac{L^2 \left(\frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} \right)^2}{9 L^2} - \left(\frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} \right) \right) =$$
$$= L^2 \left(\frac{L^2 \left(\frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} \right)^2}{9 L^2} - \left(\frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} \right) \right) =$$

$$f \times L = R - f$$

$$2f = R - f$$

$$R = 3f$$



$$\frac{f}{u \cos \beta} = T_1$$

$$\frac{f}{u \sin \beta} = T_2$$

$$\frac{\sin \beta}{\cos \beta} = \frac{T_1}{T_2}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ

$$= 4 \cdot 400^2 - 8 \cdot 4200 \cdot 11 =$$

$$= 400 (4 \cdot 400 - 2 \cdot 4200 \cdot 11) =$$

$$= 4 \cdot 400 (400 - 21 \cdot 11) = 4 \cdot 400 \cdot 169 =$$
$$= (2 \cdot 20 \cdot 13)^2$$

$$\begin{array}{r} 21 \\ \times 11 \\ \hline 231 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 400 \\ - 231 \\ \hline 169 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 13 \\ \times 13 \\ \hline 169 \end{array}$$

$$f_1 = \frac{2 \cdot 400 \pm \sqrt{D}}{2} = 2 \cdot 400 \pm 2 \cdot 20 \cdot 13 =$$

$$= 2 \cdot 400 + 520 = 800 + 520 = 1320 \text{ кг}$$

$$800 - 520 = 280 \text{ кг}$$

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!

$$400 < 631$$

$$= (20 + x)^1 = 631$$

$$631$$

$$\begin{array}{r} 11 \\ 821 \\ + 21 \\ \hline 42 \\ + 42 \\ \hline 441 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 8 \\ 20 \\ + 21 \\ \hline 261 \\ + 8 \\ \hline 841 \end{array}$$

$$D = 4 \cdot 400^2 + 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 4200 \cdot 11 =$$

$$= 400(4 \cdot 400 + 2 \cdot 42 \cdot 11) =$$

$$= 4 \cdot 400(400 + 21 \cdot 11) = 4 \cdot 400 \cdot 631$$

$$(P_H - P_0) t - \frac{\rho}{2} t^2 = V P_C (t_r - t_0)$$

$$\frac{\rho}{2} t = [(P_H - P_0) t + V P_C (t_r - t_0)] = 0$$

$$D = 4 \cdot 400^2 - 4 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 11 \cdot 4200$$

$$= 4 \cdot 400^2 - 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 4200 \cdot 11 =$$

$$= 4 \cdot 400^2 - 8 \cdot 4200 \cdot 11 = 400(4 \cdot 400 - 8 \cdot 42)$$



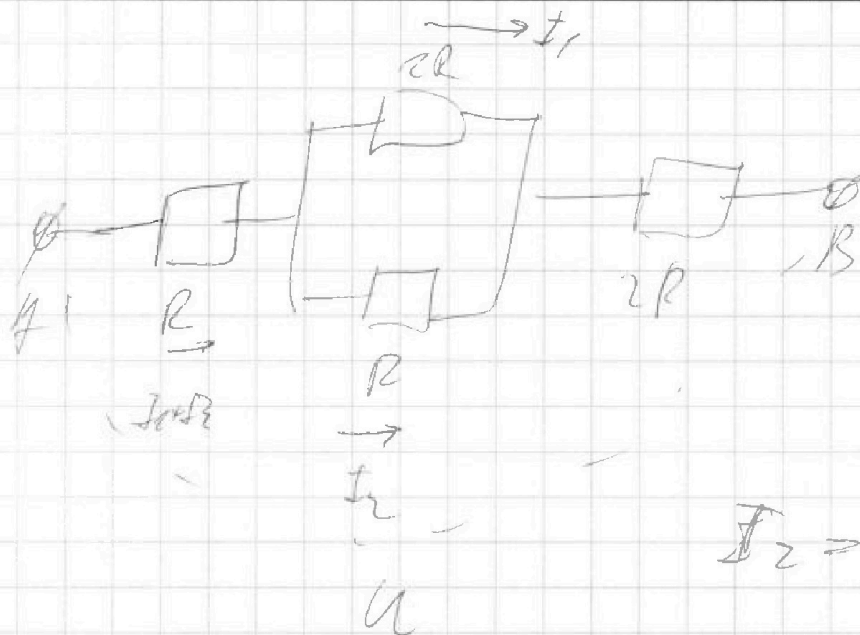
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$I_2 = 2A \quad U = 2A$$

$$U_0 = R(I_1 + I_2) = 2I_1 R = R(3I_1 + I_2) =$$

$$= R(5 \cdot I_1) = 2 \text{ Ohm} \cdot 5 \cdot 1A = 100 \text{ B.}$$

$$U^2 = V_1^2 + \frac{(V_1 + V_2)^2}{4 \cos^2 \alpha} - 2 V_1 \frac{V_1 + V_2}{2} =$$

$$= V_1^2 + \frac{(V_1 + V_2)^2}{4 \cos^2 \alpha} - V_1^2 - V_1 V_2 =$$

$$= \frac{V_1^2 + 2V_1 V_2 + V_2^2 - 4V_1 V_2 \cos^2 \alpha}{4 \cos^2 \alpha}$$



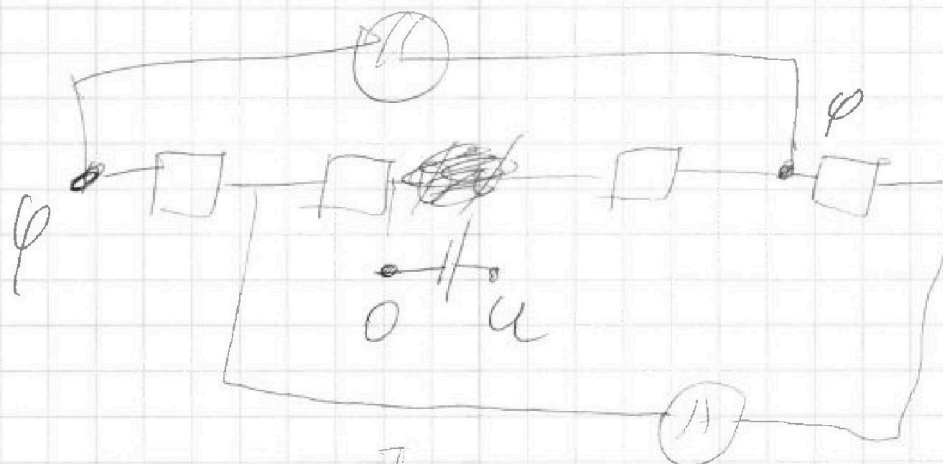
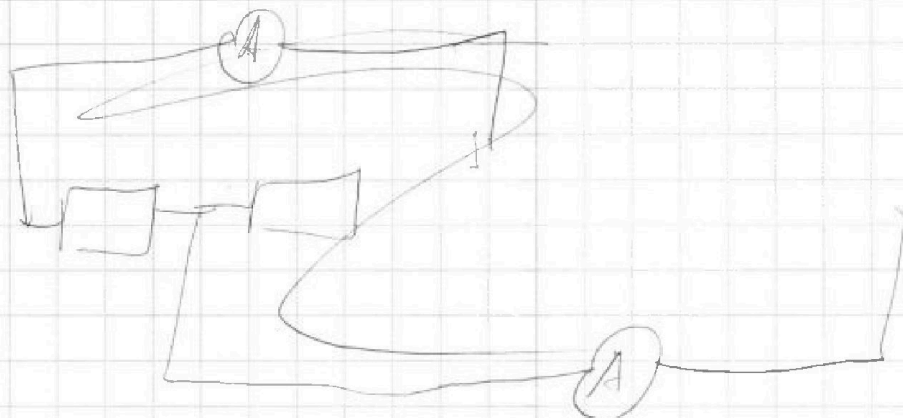
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

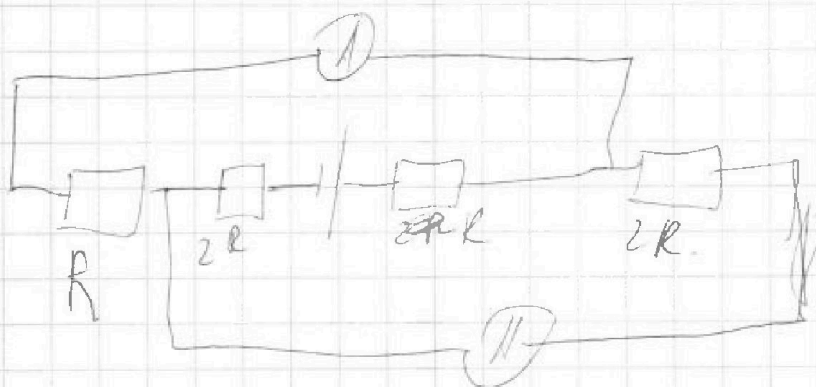
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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



I_1



I_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
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ

$$Q = V P_C (t_1 - t_0) = P_H t - Q_{\text{пер}}$$

$$Q_{\text{пер}} = \frac{P_0 + P_0 + \cancel{P_0} t}{2} t =$$

$$P_0 = 400 \text{ В}$$

$$L = \frac{1}{2} \frac{134}{C}$$

$$P_H t = \frac{1}{2} \left(P_0 + \frac{L}{C} t^2 \right) t = V P_C (t_1 - t_0)$$

$$P_0 t + \frac{L}{2} t^2 = V P_C (t_1 - t_0) \quad | : 2$$

$$2 P_0 t + L t^2 = 2 V P_C (t_1 - t_0)$$

$$L t^2$$

$$(P_H - P_0) t = \frac{L}{2} t^2 = V P_C (t_1 - t_0)$$

$$2(P_H - P_0) t = L t^2 = 2 V P_C (t_1 - t_0)$$

$$L t^2 - 2(P_H - P_0) t + 2 V P_C (t_1 - t_0) = 0$$

$$D = 4(P_H - P_0)^2 - 8 V P_C (t_1 - t_0) =$$

$$= 4 \cdot 400^2 + 8 \cdot 12 \cdot 4200 \cdot 11 =$$

$$= 4 \cdot 100 \left(4 \cdot 400 + 4 \cdot 42 \cdot 11 \right) = 16 \cdot 100 \left(400 + 42 \cdot 11 \right) =$$

$$= 16 \cdot 100 \cdot 862 = 1379200$$

631

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!

$$P_R = I^2 R = 25 \cdot 20 = 500 \text{ Вт}$$

$$m = V P_c$$

$$Q = (t_1 - t_0) m C = V P_c (t_1 - t_0) =$$

$$= P_H t - \int_0^t P_{\text{loss}}(t) dt$$

$$P_{\text{loss}}(t) = 1000 \text{ Вт} + \frac{1}{2} \frac{60 \text{ Вт}}{C} \cdot t$$

$$P_H t -$$

$$\int P_{\text{loss}}(t) dt = 1000 \text{ Вт} \cdot t + \frac{1}{2} \frac{60 \text{ Вт}}{C} \frac{t^2}{2}$$

$$= 1000 t - \frac{1}{4} t^2$$

$$V P_c (t_1 - t_0) = 500 t - 1000 t - \frac{1}{4} t^2 =$$

$$= 400 t - \frac{1}{4} t^2 = V P_c (t_1 - t_0) = 2 \cdot 4200 \cdot \frac{9 \text{ К}}{1000}$$

$$= 2 \cdot 4200 \cdot 11 \cdot 9 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$$

$$400 t - \frac{1}{4} t^2 = 8 \cdot 4200 \cdot 11$$

$$t^2 - 1600 t + 8 \cdot 4200 \cdot 11 = 0$$

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!

$$5x = V_0 \cos \alpha t_1 \quad t_1 = \frac{5x}{V_0 \cos \alpha}$$

$$h = V_0 \sin \alpha t_1 - \frac{gt_1^2}{2}$$

$$h = V_0 5x t_1 - \frac{g \frac{25x^2}{V_0^2 \cos^2 \alpha}}{2} = \frac{25x^2}{2} =$$

$$= 5x t_1 - \frac{25x^2 g}{2 V_0^2 \cos^2 \alpha} =$$

$$= 5x t_1 - \frac{25g \cdot 4 V_0^4 \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha}{2 V_0^2 \cos^2 \alpha \cdot 36g^2} =$$

$$= 5x t_1 - \frac{25 V_0^2 \sin^2 \alpha}{18 g} =$$

$$= 5 \frac{V_0^2 2 \sin \alpha \cos \alpha \cdot \sin \alpha}{6g} - \frac{25 V_0^2 \sin^2 \alpha}{18g} =$$

$$= \frac{5}{3} \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{g} - \frac{25 V_0^2 \sin^2 \alpha}{18 g} =$$

$$= \frac{5}{18} \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{g} = \frac{5}{18} \cdot 2H = \boxed{\frac{5}{9} H}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

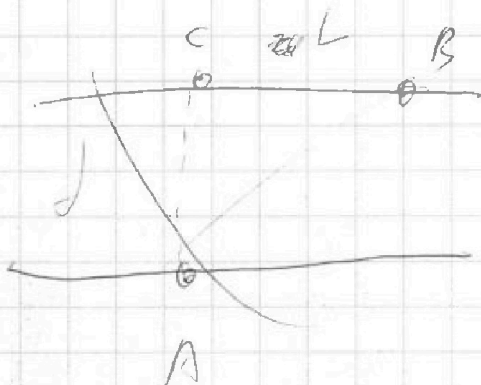
Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

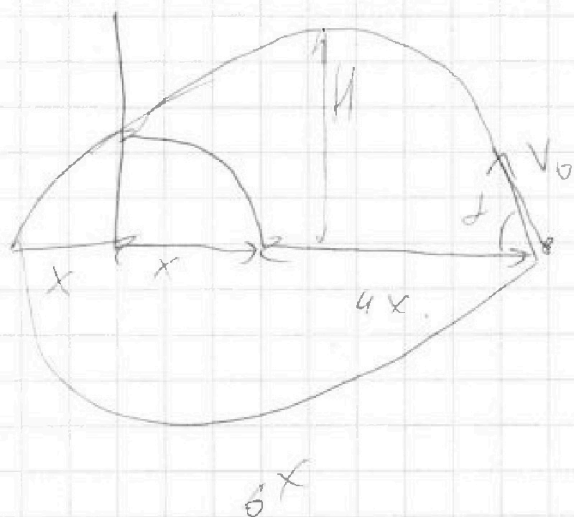
МФТИ

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



$$L = V_0 \cos \alpha \cdot t = 6x$$

$$H = V_0 \sin \alpha \cdot \frac{t}{2} - \frac{g t^2}{2}$$



$$H = V_0 \sin \alpha \cdot \frac{V_0 \sin \alpha}{g} - \frac{g \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{g^2}}{2}$$

$$= \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{g} - \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$V_0 \cos \alpha \cdot \frac{2 V_0 \sin \alpha}{g} = 6x$$

$$V_0 \cos \alpha \cdot t = 6x$$
$$0 = V_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{g t^2}{2}$$

$$\frac{g t^2}{2} = V_0 \sin \alpha \cdot t$$

$$g t = 2 V_0 \sin \alpha$$

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

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

$$\frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{g} = 6x$$

$$x = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{6g}$$



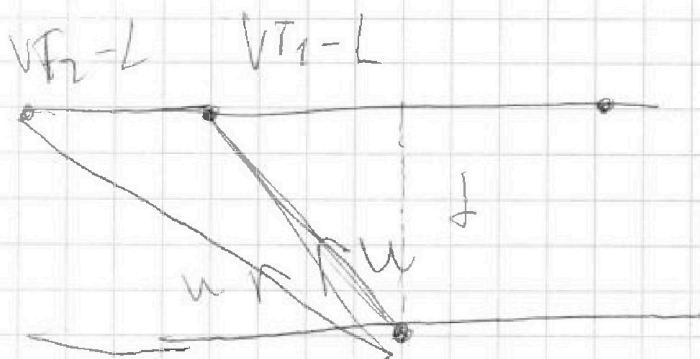
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!

МФТИ



$$\cos \alpha = \frac{240}{250}$$

$$= \frac{24}{25}$$

$$(VT_2 - L)^2 + l^2 = u^2 T_2^2$$

$$(VT_1 - L)^2 + l^2 = u^2 T_1^2$$

$$1920 = 8 \cdot 60 \cdot \frac{12}{60} \cdot 60$$

$$= 3,2 \text{ сек.}$$

$$4170 = 6 \text{ мин } 58 \text{ сек.}$$

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

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

$$= 6 \frac{10}{20} =$$

$$= 6,95 \text{ м/с}$$

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

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

$$V_1^2 - V_2^2 = V \cdot 2 \cos \alpha (V_1 - V_2)$$

$$V_1 + V_2 = V \cdot 2 \cos \alpha$$

$$V = \frac{V_1 + V_2}{2 \cos \alpha} = \frac{250 \left(\frac{1}{6,95} + \frac{1}{3,2} \right)}{2 \cdot \frac{24}{25}} =$$

$$\frac{250 \cdot 250}{22,24} =$$

$$25 \cdot 250 \left(\frac{1}{6,95} + \frac{1}{3,2} \right) =$$

$$25 \cdot 250 \frac{10,15}{22,24} =$$

$$48$$

$$48.$$

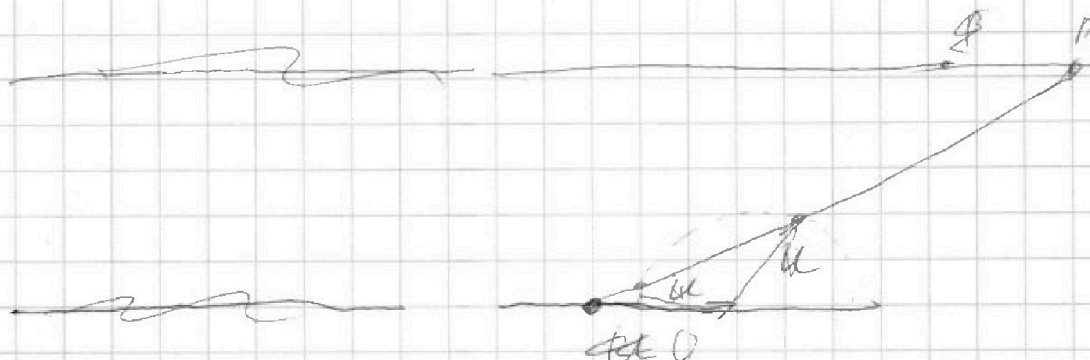
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



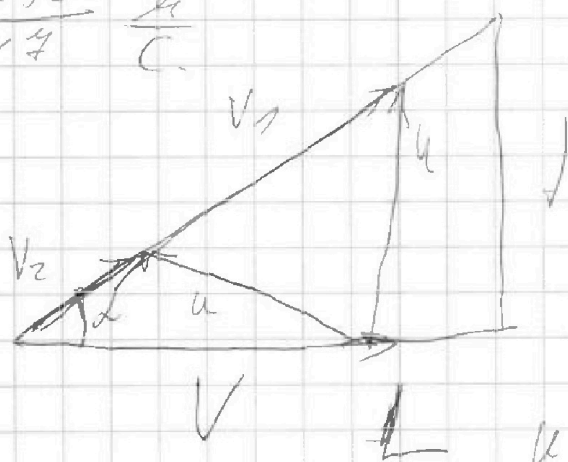
$$AB = \sqrt{40^2 + 24^2} = \sqrt{1600 + 576} = \sqrt{2176} = 25 \cdot 10 = 250 \text{ м.}$$

$$\begin{array}{r} 24 \\ \times 24 \\ \hline 96 \\ + 480 \\ \hline 576 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 576 \\ \times 42 \\ \hline 1152 \\ + 2880 \\ \hline 24192 \end{array}$$

$$V_1 = \frac{AB}{T_1} = \frac{250}{192} = \frac{125}{96} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$V_2 = \frac{AB}{T_2} = \frac{250}{414} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



$$u^2 = V_1^2 + V^2 - 2V_1V \cos \alpha$$

$$u^2 = V_2^2 + V^2 - 2V_2V \cos \alpha$$



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!

МФТИ

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

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

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

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0,8$$

$$T = 3 \cdot 10 \frac{0,6}{1 \cdot 0,8} = 3 \cdot 10 \frac{3}{4} = 10 \text{ Н}$$

$$F_{\text{тр}} = 10 \text{ Н}$$

$$N = mg = T \frac{T \cos \alpha}{\sin \alpha} = 3 \cdot 10 = 30 \text{ Н}$$

$$\Rightarrow F_{\text{тр}} \leq \mu N$$

$$10 \text{ Н} \leq \mu \cdot 30 \text{ Н}$$

$$\frac{1}{3} \leq \mu$$

$$\boxed{\mu \geq \frac{1}{3}}$$



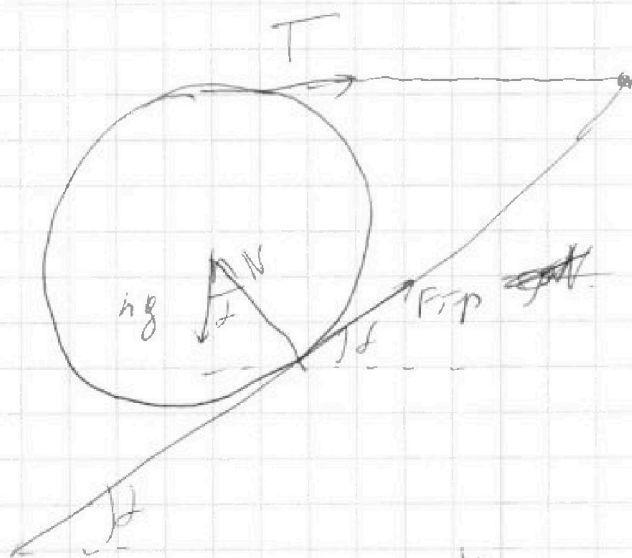
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



$T = F_{fr}$ из 1-го закона
или из условия

~~$$T + \mu N \cos \alpha = N \sin \alpha$$~~

~~$$T = N(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$~~

~~$$mg = N \cos \alpha + F_{fr} \sin \alpha$$~~

~~$$mg = N(\cos \alpha + \mu \sin \alpha)$$~~

~~$$\text{или } mg = N \cos \alpha + F_{fr} \sin \alpha$$~~

$$mg = N \cos \alpha + T \sin \alpha$$

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

$$T + T \cos \alpha = N \sin \alpha$$

$$N = \frac{T(1 + \cos \alpha)}{\sin \alpha}$$



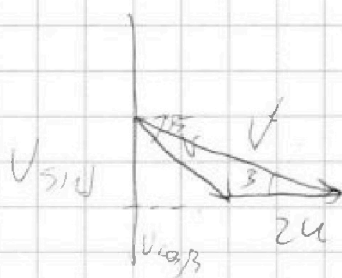
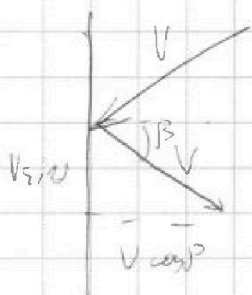
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



Проекция на вертикаль постоянна $\Rightarrow$ время
одинаково $\Rightarrow$ расстояние между точками
падения $= 2u \cdot \Delta t$.

$$\text{Время падения} = \frac{h}{V \cos \beta} = \frac{h}{V \cos \alpha} = \frac{V_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{V_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$= \frac{V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{\sqrt{2gh}}{g} = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{2H}{g}} =$$

$$= \frac{1}{3} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 16,1}{9,10}} = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{81}{25}} = \frac{1}{3} \cdot \frac{9}{5} = 0,6 \text{ с.}$$

$$\Rightarrow J = 2u \Delta t = 2 \cdot 2 \cdot 0,6 = 2,4 \text{ м.}$$

$$J = 2u \cdot \frac{1}{3} \sqrt{\frac{2H}{g}} = \frac{2}{3} u \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

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!

$$\frac{5}{9} \times 16,2 =$$

$$1,8 \times 5 =$$

$$= \frac{9}{5} \cdot 5 = \boxed{9 \text{ м.}}$$

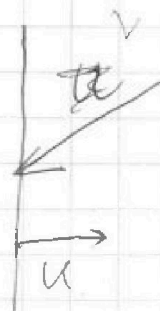
$$\begin{array}{r} 16,2 \\ - 14,4 \\ \hline 1,8 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 16,2 \\ \times 5 \\ \hline 81,0 \end{array}$$

$$t_1 = \frac{5x}{V_0 \cos \alpha} = \frac{5 \cdot 8 V_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{6 V_0 \cos \alpha}$$

$$= \frac{5}{3} \frac{V_0 \sin^2 \alpha}{g} = \frac{5}{3} \frac{\sqrt{2gH}}{g} = \frac{5}{3} \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

$$= \frac{5}{3} \sqrt{\frac{2 \cdot 16,1}{9,8}} = \frac{5}{3} \sqrt{\frac{81}{25}} = \frac{5 \cdot 9}{3 \cdot 5} = \boxed{3 \text{ с}}$$



расстояние от точки до точки падения = $x = \frac{8 V_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{3 \cdot g}$

BCO — сфера

