



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

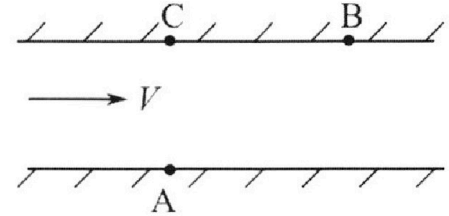
Вариант 09-01

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.

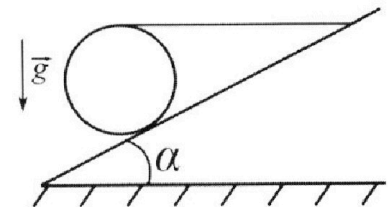
Допустим, что в момент соударения мяча со стенкой на той же высоте  $h$ , стенка движется навстречу мячу со скоростью  $U = 2$  м/с.

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.



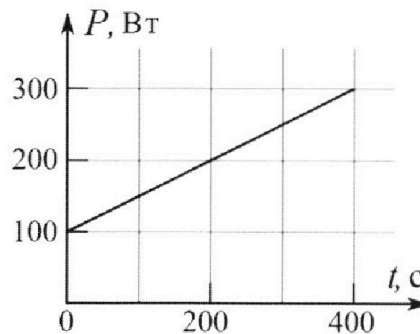
4. Воду нагревают на электроплитке. Начальная температура воды  $\tilde{t}_0 = 14^\circ\text{C}$ , объем воды  $V = 2$  л. Сопротивление спирали электроплитки  $R = 20$  Ом, сила тока в спирали  $I = 5$  А.

Зависимость мощности  $P$  тепловых потерь от времени  $t$  представлена на графике (см. рис.).

1) Найдите мощность  $P_H$  нагревателя.

2) Через какое время  $T$  после начала нагревания температура воды станет равной  $\tilde{t}_1 = 25^\circ\text{C}$ ?

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

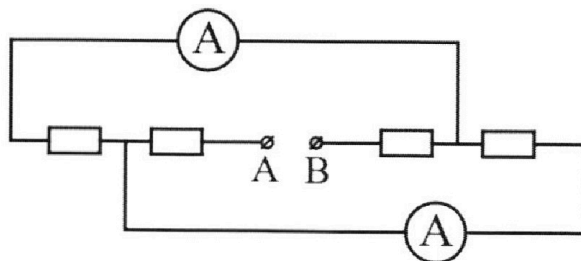


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 20 Ом, у двух других сопротивление по 40 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

После подключения к клеммам А и В источника постоянного напряжения показания амперметров оказались различными. Меньшее показание  $I_1 = 1$  А.

1) Найдите показание  $I_2$  второго амперметра.

2) Найдите напряжение  $U$  источника.





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!

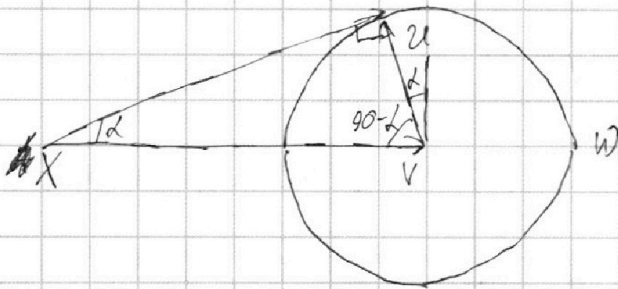
$$= \frac{5^{10}(414^2 + 86^2 \cdot 2^2 - 86 \cdot 2 \cdot 414(4 \cdot \frac{2^6 \cdot 3^2}{5^4} - 2))}{4 \cdot 2^6 \cdot 3^2 \cdot 414^2 \cdot 86^2} =$$

$$= \frac{5^{10}(414^2 + 192^2 - 192 \cdot 414(4 \cdot \frac{2^6 \cdot 3^2}{5^4} - 2))}{2^{10} \cdot 3^4 \cdot 43^2 \cdot 139^2} = u^2$$

$$u = \frac{5^5 \sqrt{414^2 + 192^2 - 192 \cdot 414(4 \cdot \frac{2^6 \cdot 3^2}{5^4} - 2)}}{2^5 \cdot 3^2 \cdot 43 \cdot 139}$$

3) Раз угол минимальный, то и угол  $\alpha$  - минимальный. П.к.

$\sin \alpha = \frac{v_{\text{нос}}}{v_{\text{пл}}} \Rightarrow \alpha$  - максимальный. Это достигается, когда  $v_3$  - скорость плывца ~~впл~~ относ. земли =  $\vec{V} + \vec{u}$ , проведенная из X -



касается  $\omega$  ~~и т.д.~~

~~и т.д.~~

~~и т.д.~~ Тогда проекция  $\vec{V}_3$  на

$$\text{ось } H \text{ реке} = u \cos \alpha = u \frac{24}{25}$$

$$= \frac{5^3 \sqrt{414^2 + 192^2 - 192 \cdot 414(4 \cdot \frac{2^6 \cdot 3^2}{5^4} - 2)}}{2^2 \cdot 3 \cdot 43 \cdot 139}$$

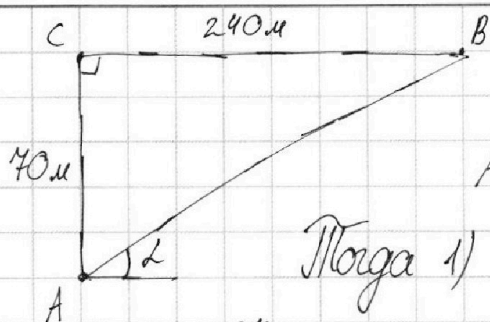
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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 N1

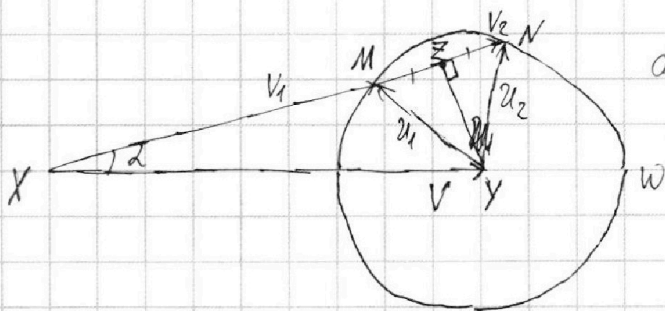
$$AB = \sqrt{BC^2 + AC^2} = \sqrt{40^2 + 240^2} = 250 \text{ м}$$

Тогда 1)  $V_1 = \frac{AB}{T_1} = \frac{250}{192} = \frac{125}{86} \text{ м/с}$  - т.к. повец движется прямо линейно

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

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

2) Нарисуем вектор  $V$  и вектор  $u$  во всех возможных направлениях (векторы  $u$  начинаются в конце вектора  $V$ ):



окр.  $\omega$  - все возможные окончания векторов  $u$ .

$u_1$  и  $u_2$  - векторы  $u$  в первых двух замыканиях.

~~Треугольник, составленный из  $u_1, u_2$  и  $(V_2 - V_1)$  - р/д~~

Треугольник  $MYN$  - р/д  $\Rightarrow Z$  - середина  $MN$  и  $\angle XZY = 90^\circ \Rightarrow$

$$\Rightarrow XZ = XY \cdot \cos d \Rightarrow \frac{XZ}{\cos d} = XY. \quad XY = V \quad XZ = \frac{V_1 + V_2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{V_1 + V_2}{2 \cos d} = V. \quad \text{Степень точки X относ. } \omega = XM \cdot XN =$$

$$= XY^2 - YM^2 \Rightarrow V_1 \cdot V_2 = V^2 - u^2 \Rightarrow u^2 = V^2 - V_1 V_2 = \frac{(V_1 + V_2)^2}{4 \cos^2 d} - V_1 V_2 =$$

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

$$= \frac{12 \cdot 5^6 + \frac{5^6 \cdot 2^2}{86^2} - \frac{5^6 \cdot 2}{86 \cdot 414} \left( 4 \cdot \frac{2^6 \cdot 3^2}{54} - 2 \right)}{4 \cdot \frac{2^6 \cdot 3^2}{54}} = \frac{5^{10} (414^2 + 86^2 \cdot 2^2 - 86 \cdot 414)}{4 \cdot \frac{2^6 \cdot 3^2}{54}}$$



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!

$$H = v_y T - \frac{gT^2}{2} = gT^2 - \frac{gT^2}{2} = \frac{gT^2}{2} \Rightarrow T = \sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 16,2}{10}} =$$

$$= \frac{2}{10} \sqrt{81} = \frac{9}{5} \text{ с} = 1,8 \text{ с} \quad \text{Тогда } 2) t_1 = \frac{5}{3} T = \frac{5}{3} \cdot \frac{9}{5} = \boxed{3 \text{ с}}$$

$$1) h = v_y \cdot t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = gT \cdot \frac{5}{3} T - \frac{gT^2 \cdot 25}{2} = gT^2 \left( \frac{5}{3} - \frac{25}{18} \right) = \frac{5}{18} gT^2 =$$

$$\frac{5}{18} \cdot 10 \cdot \frac{81}{25} \text{ м} = \boxed{9 \text{ м}}$$

3) Заметим, что вертикальная проекция скорости мяча после удара в обоих случаях одинаковая  $\Rightarrow$  время полета после удара тоже одинаково и равно  $2T - t_1 = \frac{1}{3}T$ . Пусть  $v_x$  — ~~скорость мяча~~

проекция скорости мяча на ось  $X$  прямо до удара, тогда после удара проекция скорости = в том случае

$-v_x$ , а во 2ом  $-v_x - 2u$ .  $d$  — разность расстояний между

точками <sup>а</sup> падения и стенкой  $= \left| \frac{1}{3}T(-v_x - 2u) - \frac{1}{3}T(-v_x) \right| = \frac{1}{3}T \cdot 2u$

$$= \left| -\frac{1}{3}T \cdot 2u \right| = \left| -\frac{1}{3} \cdot \frac{9}{5} \cdot 4 \text{ м} \right| = \boxed{2,4 \text{ м}}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

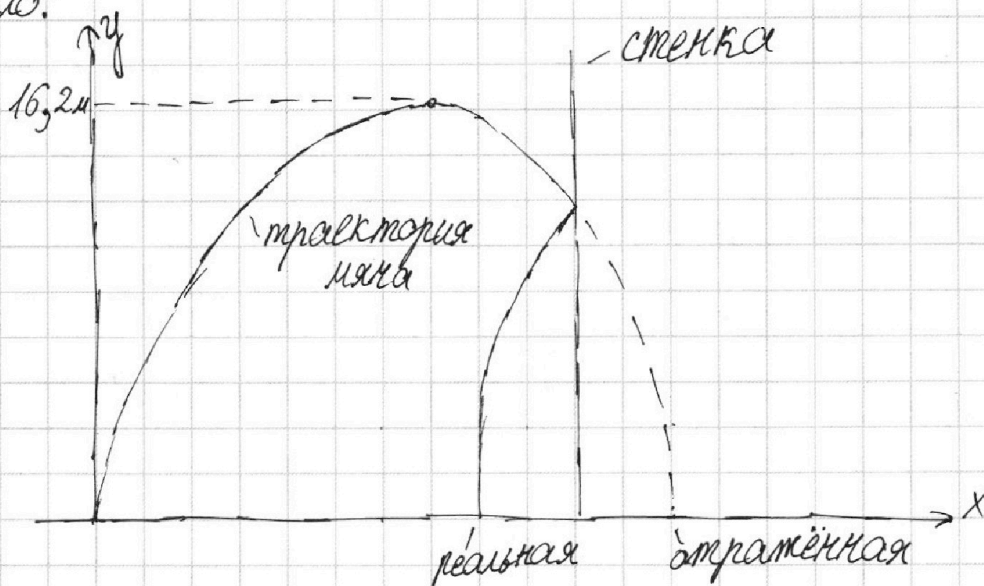
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

Задача №2

Заметим, что после удара о стенку <sup>вертикальная</sup> ~~горизонтальная~~ проекция скорости мяча не изменилась, а горизонтальная <sup>и</sup> поменяла знак  $\Rightarrow$  если мы симметрично отразим траекторию полёта мяча после удара относ. стенки, то получим ~~такую~~ такую траекторию, как если бы стенки не было:



По оси  $x$  мячик движется линейно  $\Rightarrow$  пусть на весь полёт он затратил время  $2T$ . Тогда до высшей точки он летел  $T$ , а до момента столкновения  $\frac{5}{6} \cdot 2T = \frac{5}{3}T$

В высшей точке вертикальная проекция скорости мяча  $= 0$   
 $\Rightarrow v_y = gT$ , где  $v_y$  - проекция начальной скорости мяча на  $y$ .

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

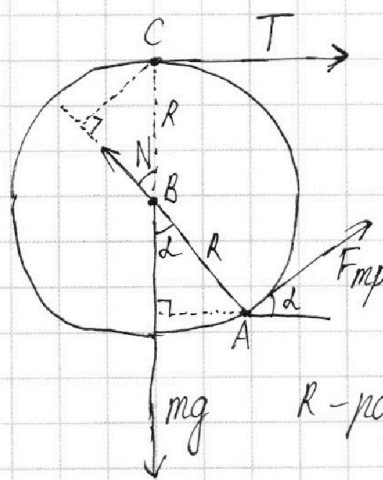
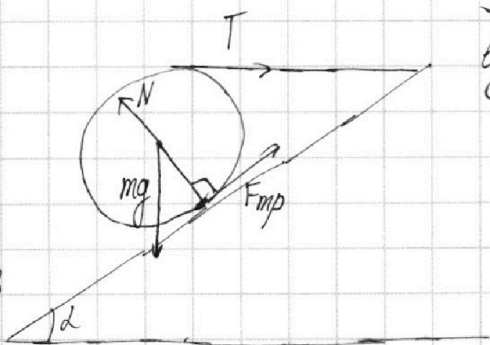
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



### Задача №3

Расставим на рисунке силы, действующие на шар:

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



Запишем уравнения моментов

сил относительно точек A, B, C:

$$1) A: T \cdot (R + R \cos \alpha) = mg \cdot R \sin \alpha$$

$$T \cdot (1 + 0,8) = mg \cdot 0,6$$

$$T = \frac{mg}{3} = \boxed{10 \text{ Н}}$$

$$2) B: F_{mp} \cdot R = T \cdot R$$

$$F_{mp} = T = \boxed{10 \text{ Н}}$$

$$3) C: F_{mp} \cdot (R + R \cos \alpha) = N \cdot R \sin \alpha$$

$$F_{mp} = \frac{N}{3} \quad F_{mp} \leq \mu N$$

$$\mu N \geq \frac{N}{3}$$

$$\mu \geq \frac{1}{3} \Rightarrow \text{при } \mu \geq \frac{1}{3}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

### Задача №4

$$1) P_H = I^2 R = \boxed{500 \text{ Вт}}$$

2)  $\tilde{t}$  - то, на сколько нагреется вода,  $\tilde{t} = \tilde{t}_1 - \tilde{t}_0$ ,  $\Delta Q$  - то, насколько изменится её внутренняя энергия,  $\Delta Q = cV \rho \cdot \Delta t$

Формула зависимости мощности тепловых потерь от времени  $P(t) = 100 \text{ Вт} + 100 \text{ Вт} \cdot \frac{t}{200 \text{ с}} = 100 \text{ Вт} + \frac{t \cdot 100}{200}$

$$\text{Поскольку } Q - \text{внутренняя энергия воды} \Rightarrow dQ = P_H dt - P dt =$$

$$= 500 \text{ Вт} \cdot dt - 100 \text{ Вт} dt - \frac{100}{200} t dt = \left( 400 dt - \frac{t dt}{200} \right) \text{ Вт} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta Q = \int_{t=0}^{t=T} \left( 400 dt - \frac{t dt}{200} \right) \text{ Вт} = \left( 400 T - \frac{T^2}{400} \right) \text{ Вт}$$

$$\Delta Q = cV\rho(\tilde{t}_1 - \tilde{t}_0) = 45600 \text{ Дж} \Rightarrow \frac{T^2}{400} - 400T + 45600 \text{ с} = 0$$

$$D = 400^2 - 45600 \cdot \frac{4}{4} = 84400$$

$$T = \frac{400 - \sqrt{84400}}{\frac{1}{200}} = (400 - 20\sqrt{211}) 200 = 400 \text{ с} \cdot (20 - \sqrt{211}) =$$

$$= 40 \cdot 5,4 = \boxed{216 \text{ с}} \quad \left( -\sqrt{D} \right. \text{ т.к. } P_H > P \text{ - } \left. \begin{array}{l} \text{нам нужен} \\ \text{меньший ко-} \end{array} \right)$$

рень)



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

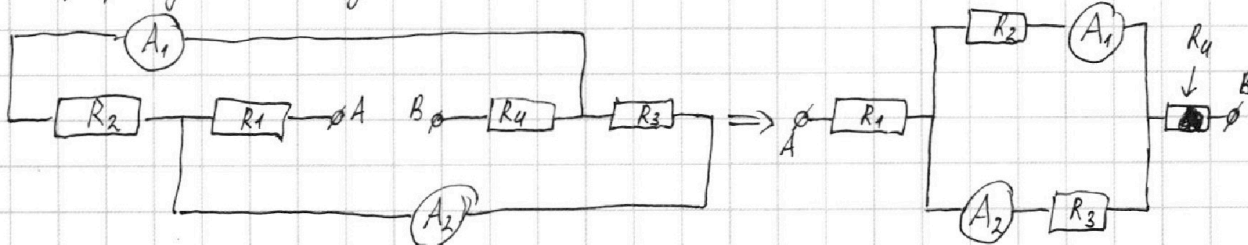
МФТИ

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



## Задача №5

Перерисуем схему:



1) Так как показания  $A_1$  и  $A_2$  не равны  $\Rightarrow R_2 \neq R_3$ . Меньший ток  $= I_1 = 1A$

$$\Rightarrow \text{большой} = \frac{I_1 \cdot 40 \Omega}{20 \Omega} = 2I_1 = I_2 = \boxed{2A}$$

2) Тогда эквивалентное сопротивление  $= \left( \frac{20 \cdot 40}{20 + 40} + 20 + 40 \right) \Omega =$

$$= \left( 60 + \frac{80}{3} \right) \Omega = \frac{180 + 80}{3} \Omega = \frac{260}{3} \Omega \neq$$

А сила тока на источнике  $= I_1 + I_2 = 3A \Rightarrow U = \frac{260}{3} \cdot 3 = \boxed{260V}$



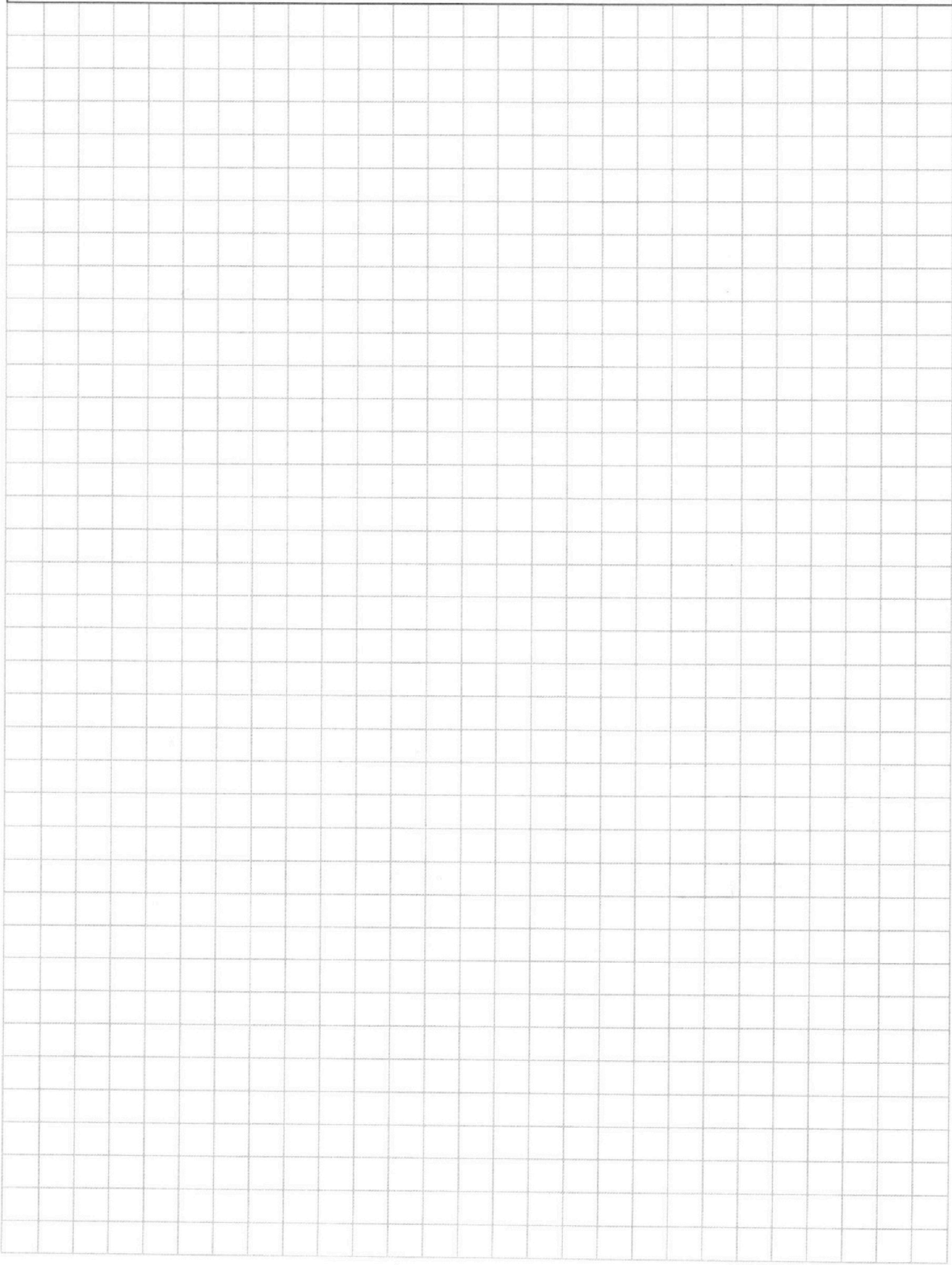
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



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





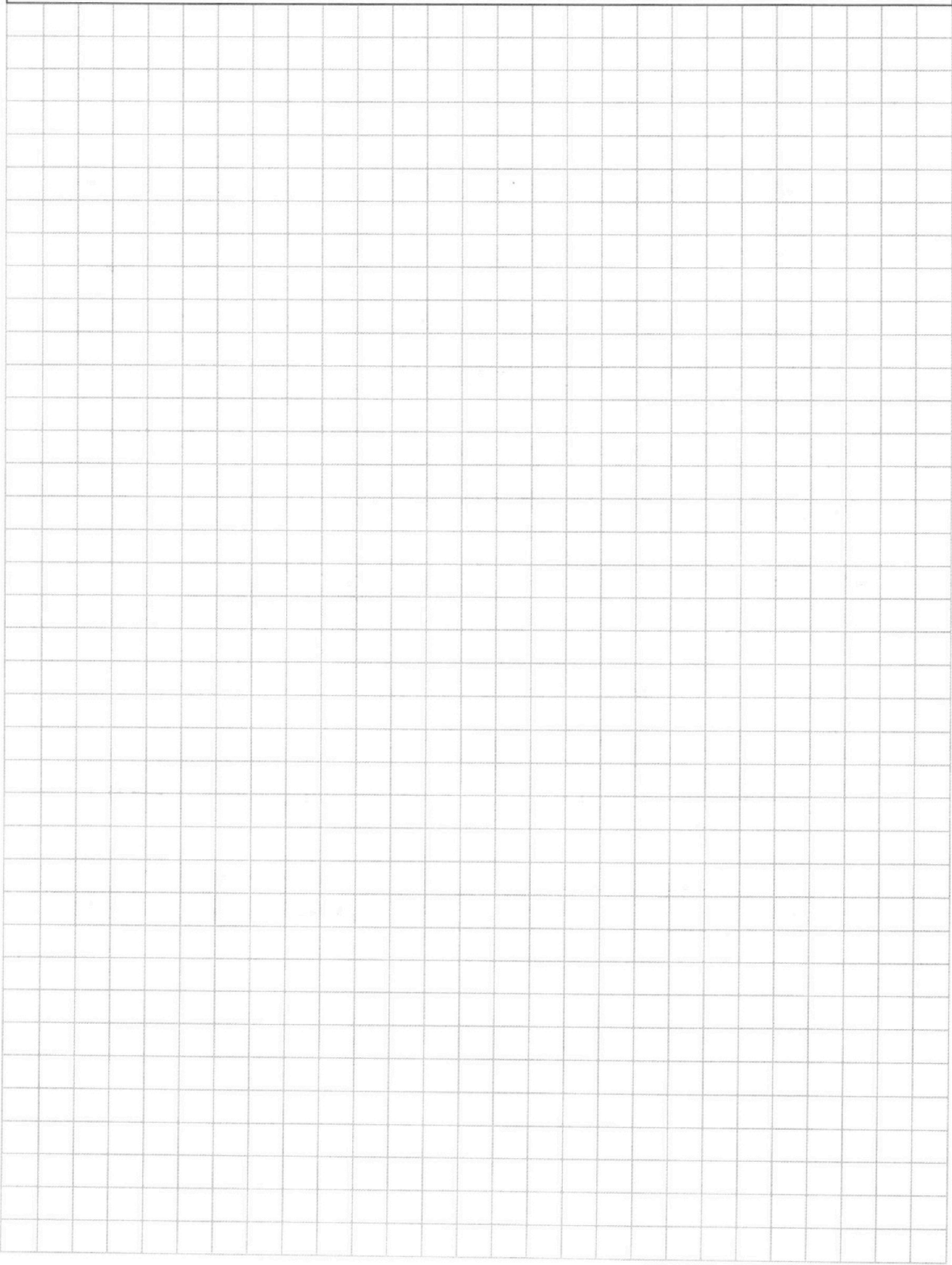
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



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





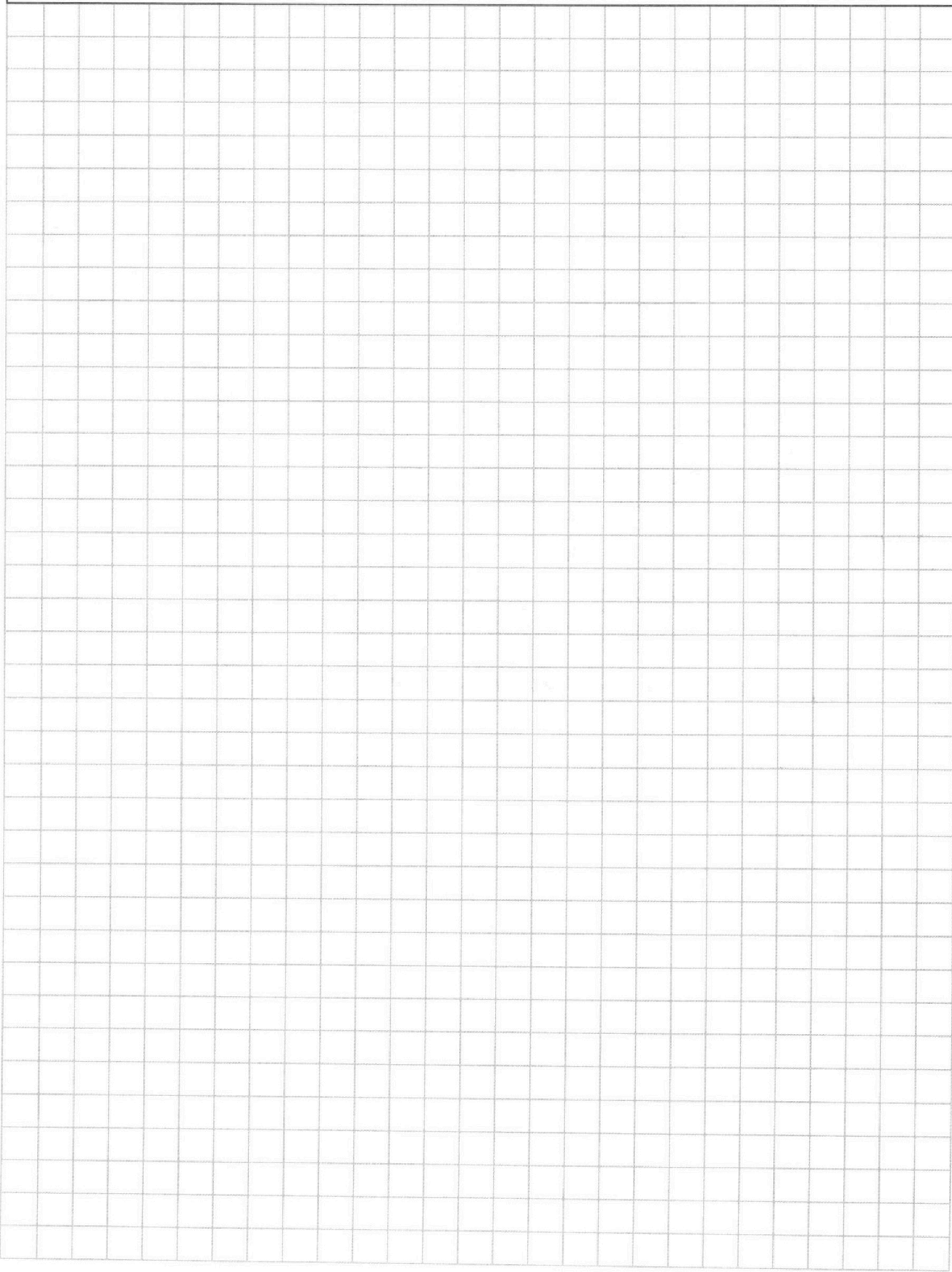
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



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:

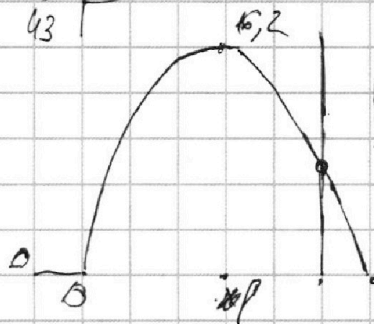
- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

$$414 = (100 + \frac{114}{3}) \cdot 3$$

$$\begin{array}{r} 86 \overline{) 43} \\ 86 \\ \hline \end{array}$$



$$\sqrt{84400} = 290$$

$$= 20\sqrt{211}$$

$$139 \cdot 3$$

$$\begin{array}{r} 139 \overline{) 17} \\ 139 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 139 \overline{) 11} \\ 139 \\ \hline \end{array}$$

$$k \cdot x(x - 2l) = 16,2$$

$$k \cdot l(l - 2l) = 16,2$$

$$-kl^2 / \mu = 16,2 \mu$$

$$-kl^2 = 16,2 \mu^2$$

$$\frac{V_0 - V_{x1}}{V_{y1}} = \frac{V_0 - V_{x2}}{V_{y2}}$$

$$V_{x1}^2 + V_{y1}^2 = V_{x2}^2 + V_{y2}^2$$

$$\begin{array}{r} 250 \overline{) 192} \\ 192 \\ \hline \end{array}$$

$$\frac{5}{6} 2l = \frac{5}{3} l$$

$$\begin{array}{r} 211 \overline{) 14} \\ 14 \\ \hline \end{array}$$

$$32,4 \sqrt{3,24} =$$

$$4900$$

$$k \cdot \frac{5}{3} l (\frac{5}{3} l - 2l) = \frac{5}{3} kl \cdot (-\frac{1}{3} l) =$$

$$\frac{24 \cdot 54600}{4900} = -kl^2 \cdot \frac{5}{9} = 16,2 \cdot \frac{5}{9} =$$

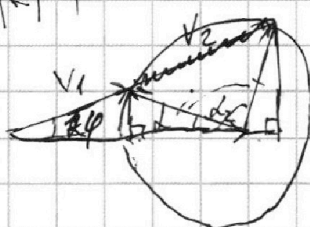
$$\frac{490}{81} = 6 \frac{2500}{81}$$

$$50 + 30 + 1 = 81/9 = 9 \mu$$

$$V_1 V_2 = V^2 - U^2$$

$$\begin{array}{r} 211 \overline{) 13} \\ 13 \\ \hline \end{array}$$

$$250 \mu$$



$$V_y = gt_1$$

$$H = V_y t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = \frac{gt_1^2}{2}$$

$$\sqrt{\frac{2H}{g}} = \frac{9}{5} c$$

$$(V - U_x)^2 + U_y^2 = V_1^2$$

$$\sqrt{\frac{31 \cdot 324}{100 \cdot 25}} = \frac{9}{5}$$

$$\begin{array}{r} 125 \\ + 125 \\ \hline 250 \\ + 250 \\ \hline 500 \\ + 125 \\ \hline 625 \\ + 125 \\ \hline 750 \\ + 125 \\ \hline 875 \\ + 125 \\ \hline 1000 \end{array}$$

$$D = 100000 - 15600 = 84400$$

$$h = V_y t_2 - \frac{gt_2^2}{2} = gt_1 \cdot \frac{5}{3} t_1 - \frac{g \cdot \frac{25}{9} t_1^2}{2} =$$

$$\begin{array}{r} 414 \\ + 443 \\ \hline 1257 \\ + 1257 \\ \hline 2514 \\ + 2514 \\ \hline 5028 \\ + 5028 \\ \hline 10056 \\ + 10056 \\ \hline 20112 \end{array}$$

$$\frac{V - U \cos \alpha_1}{U \sin \alpha_1} = \frac{V - U \cos \alpha_2}{U \sin \alpha_2} = \frac{24}{4}$$

$$= gt_1^2 \left( \frac{5}{3} - \frac{25}{18} \right) =$$

$$= gt_1^2 \left( \frac{20}{18} - \frac{25}{18} \right) =$$

$$= \frac{1}{10} \cdot \frac{81}{25} \cdot \frac{81}{91} = 9$$

$$\frac{V - U \cos \alpha_1}{V_2 \cos \alpha_1} = \frac{V - U \cos \alpha_2}{V_2 \cos \alpha_2}$$

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!

$$\frac{u \sin d_1}{v_1 \sin \varphi} = \frac{u \sin d_2}{v_2 \sin \varphi} \quad \frac{\sin d_1}{v_1} = \frac{\sin d_2}{v_2} \quad \frac{\sin d_1}{\sin d_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

$$400 \cdot 216 - \frac{216 \cdot 216}{4} = 216 \cdot (400 - 54) =$$

$$\begin{array}{r} 42 \\ \times 146 \\ \hline 1296 \\ \times 146 \\ \hline 584 \\ \times 146 \\ \hline 21316 \end{array}$$

$$\frac{V - u \cos d_1}{\sin d_1} = \frac{V - u \cos d_2}{\sin d_2}$$

$$\frac{V - u \cos d_1}{V - u \cos d_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

$$\sin d_1 = \frac{v_1}{v_2} \sin d_2$$

$$\cos^2 d_1 = 1 - \sin^2 d_1 = 1 - \frac{v_1^2}{v_2^2} \sin^2 d_2 =$$

$$= 1 - \frac{v_1^2}{v_2^2} (1 - \cos^2 d_2) =$$

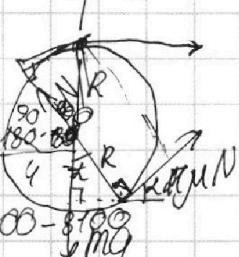
$$= 1 - \frac{v_1^2}{v_2^2} + \frac{v_1^2}{v_2^2} \cos^2 d_2$$

$$213,16 \quad V - u \sqrt{1 - \frac{v_1^2}{v_2^2} \sin^2 d_2} = \frac{v_1}{v_2} V - u \cos d_2 \frac{v_1}{v_2}$$

$$54 \cdot 4 = 216$$

$$V \left(1 - \frac{v_1}{v_2}\right) = u \left( \cos d_2 \frac{v_1}{v_2} \sqrt{1 - \frac{v_1^2}{v_2^2} \sin^2 d_2} - \cos d_2 \frac{v_1}{v_2} \right)$$

$$V^2 \left(1 - \frac{v_1}{v_2}\right)^2 = u^2 \left(1 - \frac{v_1^2}{v_2^2} \sin^2 d_2 + \frac{v_1^2}{v_2^2} (1 - \sin^2 d_2)\right) - 2 \sqrt{1 - \frac{v_1^2}{v_2^2} \sin^2 d_2}$$



$$400 \cdot 180 - \frac{1}{4} \cdot 45600 = T = \mu N$$

$$160000 - \frac{1}{4} \cdot 45600 = T = \mu N$$

$$400 \cdot 200 - 200 \cdot 300 = \mu N \cdot R \cdot 0,8 = \mu N \cdot R \cdot 0,6 \quad 40(200\sqrt{211})$$

$$200 \cdot 500 - 100 \cdot 300 = \mu N \cdot R \cdot 0,8 = \mu N \cdot R \cdot 1,8 \quad 40,5 \approx 2000$$

$$= 10000(10 - 3) = \mu = \frac{1}{3} \quad 400 - 50 \cdot \frac{t}{1000}$$

$$\approx 7 \cdot 10^4 \quad 400 \sqrt{20\sqrt{211}} \cdot 2 \quad dQ = (400 - 50 \cdot \frac{t}{1000}) dt$$

$$\frac{r}{4} - 400t + 45600 = 0 \quad 45600 = Q = 400t - 50 \cdot \frac{t^2}{2000} =$$

$$= 400 \cdot 200 - 50 \cdot 200$$