

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 09-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



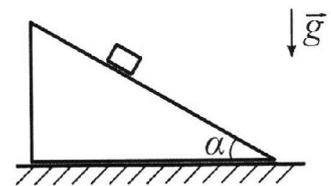
1. Шайба массой $m=0,4$ кг движется поступательно по гладкой горизонтальной плоскости. Скорость шайбы изменяется со временем по закону $\vec{V}(t) = \vec{V}_0 \left(\frac{t}{T} - 1 \right)$, здесь \vec{V}_0 – вектор начальной скорости, модуль начальной скорости $V_0 = 2$ м/с, постоянная $T = 4$ с.

1. Найдите путь S , пройденный шайбой за время от $t=0$ до $t=3T$.
2. Найдите модуль F горизонтальной силы, действующей на шайбу.
3. Найдите работу A силы F за время от $t=0$ до $t=T$.

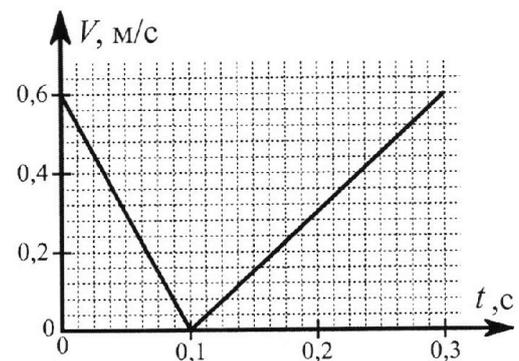
2. Камень брошен под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. За первые $T = 2$ с полета модуль скорости камня уменьшился в два раза. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

1. Найдите вертикальное перемещение H камня за первые $T = 2$ с полета.
2. Найдите модуль $|\vec{r}(T)|$ перемещения камня за первые $T = 2$ с полета.
3. Найдите радиус R кривизны траектории камня в момент времени $T = 2$ с.

3. На шероховатой горизонтальной плоскости стоит клин. Шайбу кладут на шероховатую наклонную плоскость клина и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется по покоящемуся клину. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Поступательное движение шайбы до и после остановки происходит по одной и той же прямой. Масса шайбы $m = 0,4$ кг, масса клина $1,5m$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



1. Найдите $\sin \alpha$, здесь α – угол, который наклонная плоскость клина образует с горизонтом.
2. Найдите модуль N силы нормальной реакции, с которой горизонтальная плоскость действует на клин в процессе движения шайбы по клину при $0 < t < 0,1$ с.
3. При каких значениях коэффициента μ трения скольжения клина по горизонтальной плоскости клин будет находиться в покое при $0 < t < 0,3$ с?

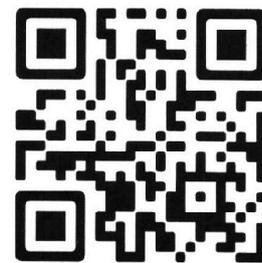




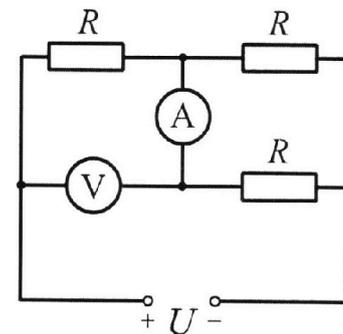
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 09-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. В электрической цепи (см. схему на рис.) сопротивления трех резисторов одинаковы и равны $R = 200$ Ом. Цепь подключена к источнику постоянного напряжения $U = 120$ В. Сопротивление амперметра пренебрежимо мало по сравнению с R , сопротивление вольтметра очень велико по сравнению с R .



1 Найдите силу I тока, текущего через источник.

2 Найдите показание I_A амперметра.

3 Какая мощность P рассеивается в цепи?

5. В калориметр, содержащий воду при неизвестной температуре t_1 °С, помещают лед, температура которого $t_2 = -20$ °С. Масса льда равна массе воды. После установления теплового равновесия отношение массы воды к массе льда $n = 11/9$.

1. Найдите долю δ массы льда, превратившейся в воду.

2. Найдите начальную температуру t_1 воды калориметре.

В теплообмене участвуют только лед и вода. Удельная теплоёмкость льда $c_{\text{л}} = 2,1 \cdot 10^3$ Дж/(кг·°С), удельная теплоёмкость воды $c_{\text{в}} = 4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·°С), удельная теплота плавления льда $\lambda = 3,36 \cdot 10^5$ Дж/кг, температура плавления льда $t_0 = 0$ °С.



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи **отдельно**.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются **отдельно**. Порча QR-кода недопустима!

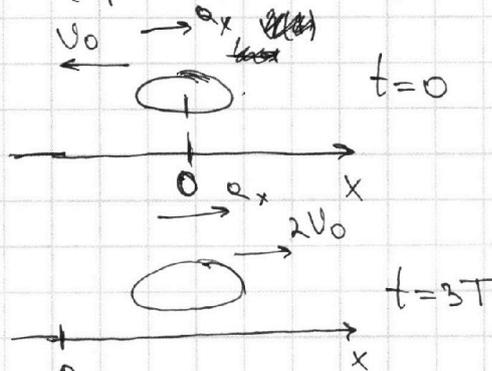
Дано: $m = 0,4 \text{ кг}$; $\vec{V}(t) = \vec{V}_0 \left(\frac{t}{T} - 1 \right)$; $V_0 = 2 \frac{\mu}{\text{с}}$; $T = 4 \text{ с}$

1. S - ? ($t = 0 \rightarrow t = 3T$)

2. F - ?

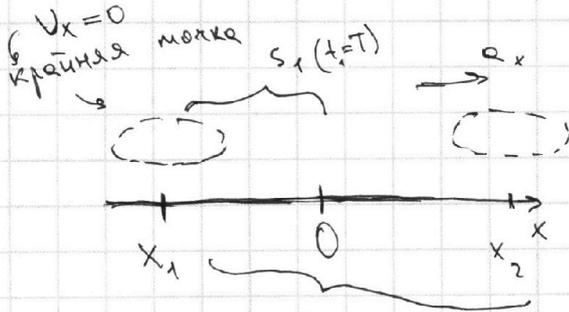
3. A ($t = 0 \rightarrow t = T$)

① $\vec{V}(0) = -\vec{V}_0$
 $\vec{V}(3T) = 2\vec{V}_0$



$$V_x = -V_0 + a_x t$$

$$2V_0 = -V_0 + a_x 3T \Rightarrow a_x = \frac{3V_0}{3T} = \frac{V_0}{T} = \frac{2 \frac{\mu}{\text{с}}}{4 \text{ с}} = \frac{1}{2} \frac{\mu}{\text{с}^2}$$



$$S = |S_1| + |S_2|$$

крайняя точка: $V_x = 0$

$$V_0 = a_x t_1$$

$$t_1 = \frac{V_0}{a_x} = T = 4 \text{ с}$$

$$t_2 = 3T - t_1 = 2T = 8 \text{ с}$$

$$S_1 = -V_0 t_1 + \frac{a_x t_1^2}{2} = -V_0 T + \frac{a_x T^2}{2}$$

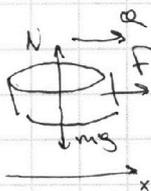
$$S_1 = -2 \frac{\mu}{\text{с}} \cdot 4 \text{ с} + \frac{\frac{1}{2} \frac{\mu}{\text{с}^2} \cdot 16 \text{ с}^2}{2} = -8 \mu + 4 \mu = -4 \mu$$

$$S_2 = \frac{a_x t_2^2}{2} = \frac{\frac{1}{2} \frac{\mu}{\text{с}^2} \cdot 64 \text{ с}^2}{2} = 16 \mu$$

$$S = |S_1| + |S_2| = 4 \mu + 16 \mu = 20 \mu$$

③ от 0 до T
пройденное расст. - $|S_1|$
 $A = F \cdot S_1 = 0,2 \text{ Н} \cdot 4 \mu$
 $A = 0,8 \text{ Дж}$

②



2 закон Ньютона

$$2 \text{ Н}: m \vec{a} = \sum \vec{F} = \vec{N} + m \vec{g} + \vec{F}$$

$$\textcircled{x}: m a_x = F \Rightarrow F = 0,4 \text{ кг} \cdot \frac{1}{2} \frac{\mu}{\text{с}^2} = 0,2 \text{ Н}$$

Ответ: 1: $S = 20 \mu$; 2: $F = 0,2 \text{ Н}$; 3: $A = 0,8 \text{ Дж}$



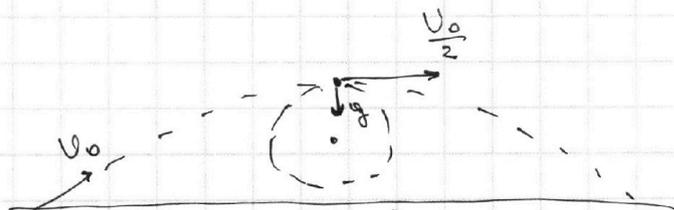
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
2 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\frac{|\vec{r}(T)|}{T} = \frac{gT}{2} \cdot \sqrt{\frac{7}{3}} \Rightarrow |\vec{r}(T)| = \frac{gT^2}{2} \cdot \sqrt{\frac{7}{3}} = 20 \cdot \sqrt{\frac{7}{3}} \text{ м}$$



$$R_{kp} = \frac{v^2}{a_n} \Rightarrow R_{kp} = \frac{v_0^2}{g} = \frac{g^2 T^2}{g}$$

$$R_{kp} = \frac{gT^2}{3} = \frac{40}{3} \text{ м}$$

Т.к. $\frac{v_0}{2} \perp gT$, (из треугольника скоростей)
то $\frac{v_0}{2} \parallel$ касательной к параболе
в вершине

↓ скорость на вершине параболы

↓
 $a_n = g$, где a_n - центрострем. ускорение

Ответ: 1: $H = 20 \text{ м}$; 2: $|\vec{r}(T)| = 20 \cdot \sqrt{\frac{7}{3}} \text{ м}$; 3: $R_{kp} = \frac{40}{3} \text{ м}$

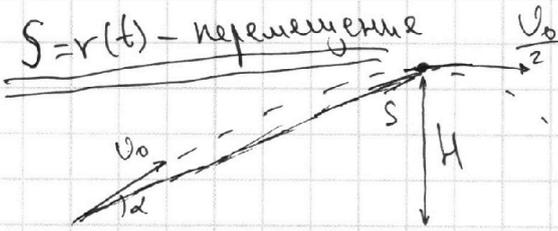


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

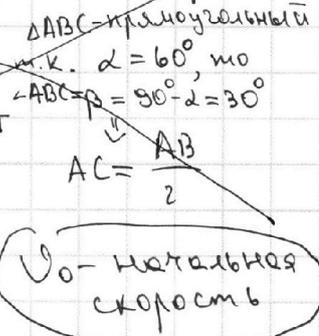
1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 из 2

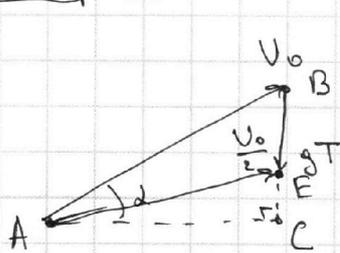
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



Построим треугольник скоростей:



Построим треугольник скоростей:



$AB = V_0$; $BE = gT$; $AE = \frac{V_0}{2}$

$AC = \cos \alpha AB$

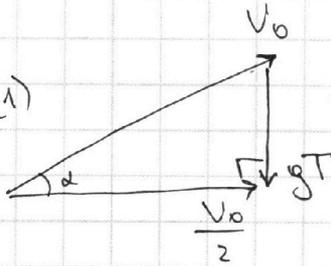
$AC = \cos 60^\circ AB = \frac{1}{2} V_0$

Тогда $AE = AC = \frac{1}{2} V_0$

ΔAEC - пр и $\angle ACE = \angle AEC = 90^\circ$

Значит AE совпадает с AC

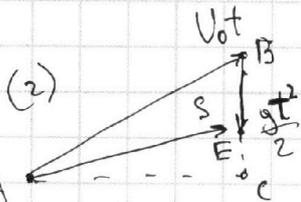
(1)



По теор. Пифагора: $V_0^2 = \frac{V_0^2}{4} + g^2 T^2$

$V_0^2 = \frac{g^2 T^2}{\frac{3}{4}} = \frac{4g^2 T^2}{3}$

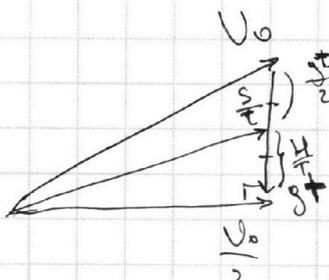
Построим треугольник перемещений:



Здесь: $AE = S$
 $CE = H$

Совместим треугольники (1) и (2):

$H^2 = \frac{g^2 T^4}{4}$



Отсюда: $\frac{H}{T} = \frac{gT}{2} \Rightarrow H = \frac{gT^2}{2} = \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot 4 \text{ с}^2}{2}$

$H = 20 \text{ м}$

Тогда: $\frac{|\vec{r}(t)|}{T} = \frac{|\vec{S}|}{T} = \sqrt{\frac{V_0^2}{4} + \frac{H^2}{T^2}}$ (по теор. Пифагора)

$\frac{|\vec{r}(T)|}{T} = \sqrt{\frac{g^2 T^2}{3} + \frac{g^2 T^2}{4}} = gT \sqrt{\frac{7}{12}} = \frac{gT}{2} \cdot \sqrt{\frac{7}{3}}$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$V=0$ \rightarrow вверх 2 ЗН: $F_{\text{мп1}} = mV$ \rightarrow $s = \frac{0,6 \cdot 0,1}{2} = 0,03 \text{ м}$

$\textcircled{1}: m a_1 = F_{\text{мп1}} + m g \sin \alpha$ $\textcircled{2}: m g \cos \alpha = N$

$g_{\text{эф}} (1,5m):$ $1,5mg + N \cos \alpha - F_{\text{мп1}} \sin \alpha = N_0$ \textcircled{R}

$N \sin \alpha + F_{\text{мп1}} \cos \alpha = F_{\text{мп2}}$ \textcircled{U}

$N_0 = 1,5mg + m g \cos^2 \alpha - m g \cos \alpha \sin \alpha$

$N_0 = 1,5mg + m g \cdot \frac{319}{400} - m \cdot (g \sin^2 \alpha - a_2) =$
 $= m (1,5g + \frac{319}{400} g - \frac{81}{400} g + a_2) = 1,078 \text{ Н}$

$a_1 = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{0,6}{0,1} = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

~~$m a_2 = m g \cos \alpha + m g \sin \alpha$~~

~~$m g (g \cos \alpha + g \sin \alpha)$~~

вниз

2 ЗН: $\textcircled{1}: m a_2 = -F_{\text{мп1}} + m g \sin \alpha$ $\textcircled{2}: N = m g \cos \alpha$

$\mu = \frac{a_2 - g \sin \alpha}{-g \cos \alpha} = \frac{a_2 + g \sin \alpha}{g \cos \alpha}$

$a_2 = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{0,6}{0,2} = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

$m a_2 = m g \sin \alpha - m g \cos \alpha$

$m a_1 = m g \cos \alpha + m g \sin \alpha$

$m a_2 + m a_1 = 2 m g \sin \alpha$

$\rightarrow \sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{9 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{9}{20}$

ОТТ: $\cos \alpha = \sqrt{1 - \frac{81}{400}} = \frac{\sqrt{319}}{20}$

Ответ: ~~1. 1,078 Н~~ 1: $\sin \alpha = \frac{9}{20}$; 2: $N_0 = 1,078 \text{ Н}$

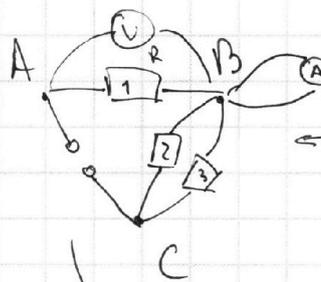
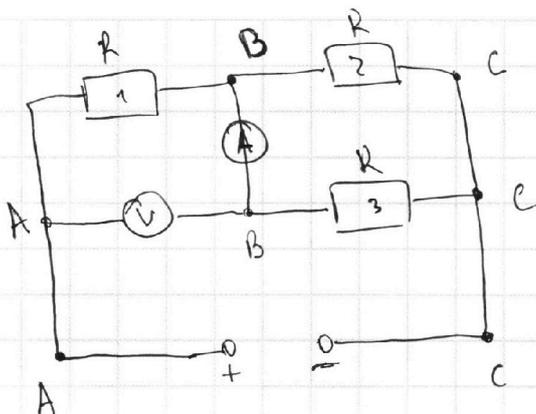


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

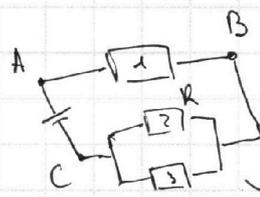
1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 из 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

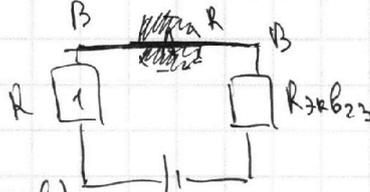


Тогда перестроим схему и уберём V и A



разрыв цепи провод

$$R_{экв23} = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R}} = \frac{R}{2}$$

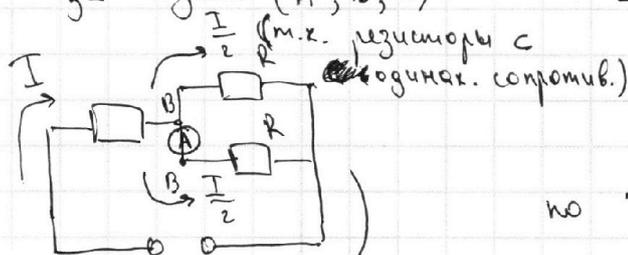


$$R_{экв} = R + R_{экв23} = \frac{3}{2} R = 300 \text{ Ом}$$

по закону Ома: $I = \frac{U}{R_{экв}} = \frac{120 \text{ В}}{300 \text{ Ом}} = \frac{2}{5} \text{ А}$

$I \rightarrow I = 0,4 \text{ А}$

Обозначим резисторы цифрами как показано на рисунке (1, 2, 3), и места одинаковых потенциалов буквами (A, B, C)



Амперметр будет показывать ток $\frac{I}{2} = 0,2 \text{ А}$

По закону Джоуля-Ленца: $P = UI = 120 \text{ В} \cdot 0,4 \text{ А} = 48 \text{ Вт}$

Ответ: 1: $I = 0,4 \text{ А}$; 2: $\frac{I}{2} = 0,2 \text{ А}$; 3: $P = 48 \text{ Вт}$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 из 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$m_B = m_A = m$$

$$n = \frac{11}{9} = \frac{m_B + m_B \delta}{m_A - m_A \delta} = \frac{m + m\delta}{m - m\delta} \Rightarrow \begin{cases} m + m\delta = 11x \\ m - m\delta = 9x \end{cases} \quad \left(\begin{array}{l} x - \text{какая-то} \\ \text{масса в кг} \end{array} \right)$$

$$\begin{cases} 2m\delta = 2x \rightarrow m - x = 9x \\ \delta = \frac{x}{m} \end{cases} \quad \leftarrow m = 10x$$

$$\left(\delta = \frac{x}{10x} = \frac{1}{10} \right)$$

~~В~~ в калориметре расплавилось только $\delta = \frac{1}{10}$ часть массы льда, ~~то~~ значит, температура не могла подняться выше температуры плавления льда $t_0 = 0^\circ\text{C}$, то есть установившаяся температура в калориметре $t_{\text{уст}} = 0^\circ\text{C}$.

$$Q_B = Q_A$$

$$\text{УТБ: } c_B m (t_1 - t_{\text{уст}}) = c_A m (t_{\text{уст}} - t_2) + \lambda_A m \delta$$

$$c_B m t_1 = c_A m (t_{\text{уст}} - t_2) + \lambda_A m \delta + c_B m t_{\text{уст}}$$

$$\underline{t_1} = \frac{c_A m (t_{\text{уст}} - t_2) + c_B m t_{\text{уст}} + \lambda_A m \delta}{c_B m} = \frac{c_A (t_{\text{уст}} - t_2) + c_B t_{\text{уст}} + \lambda_A \delta}{c_B}$$

$$= \frac{2,1 \cdot 10^3 \frac{224}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 20^\circ\text{C} + 4,2 \cdot 10^3 \frac{224}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0^\circ\text{C} + 3,36 \cdot 10^4 \frac{224}{\text{кг}} \cdot \frac{1}{10}}{4,2 \cdot 10^3 \frac{224}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}}$$

$$= \frac{4,2 \cdot 10^4 + 3,36 \cdot 10^4}{4,2 \cdot 10^3} ^\circ\text{C} = \frac{42 + 33,6}{4,2} ^\circ\text{C} = \frac{75,6}{4,2} ^\circ\text{C} = \underline{18^\circ\text{C}}$$

Ответ: 1: $\delta = \frac{1}{10}$; 2: $t_1 = 18^\circ\text{C}$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА ИЗ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

ЧЕРНОВИК

Problem 1: $m_1 = m_2 = m$, $c_1 m_1 a_1 = c_2 m_2 a_2 + \lambda m_2$

$x = x_0 + v_0 t - \frac{a t^2}{2}$

$x_2 = \frac{a t^2}{2}$

$v_0 = a t$

$x = v_0 t + \frac{v_0 t}{2}$

$x = 3 T v_0 + 1,5 T v_0$

$x_1 = v_0 t - \frac{a t^2}{2}$

$x = 4,5 T v_0 = 4,5 \cdot 4 \cdot 2 = 36 \text{ м}$

$ma = F$

$F = m \frac{v_0}{T} = \frac{9 \cdot 4 \cdot 2}{x} = 0,24$

Problem 2: $m_1 + m_2 = 11$, $m_1 - m_2 = 9$

$2m_2 = 2$

$m_2 = 1 \rightarrow \sigma = \frac{1}{m}$

$m = 10$

$T = 2 \text{ с}$

$R_{\text{эф}} = \frac{V_0}{g}$

$mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$

$mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = mg \sin \alpha$

$M = 0$

$v_y = v_0 \sin \alpha$

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

$400 - 81 = 319$

$\frac{4}{t} = \frac{v_0}{2}$

$\frac{4}{3} + \frac{3}{4} = \frac{4+3}{12} = \frac{7}{12}$

$\frac{4g^2 T^2}{3} = \frac{g^2 T^2}{3} + g^2 T^2$

$t_k = 0$

$c_2 m (t_1 - t_2) = c_1 m (t_2 - t_1) + \lambda m_2$

$t_1 = \frac{c_1 m (t_2 - t_1) + \lambda m_2 + c_2 m t_2}{c_2 m}$

$ma = -F_{\text{мп}} - mg \sin \alpha$

$N = mg \cos \alpha$

$N = \mu N$

$N \sin \alpha =$

$1,5 mg + N \cos \alpha + F_{\text{мп}} \sin \alpha = N$

Problem 3: $\frac{756}{42} = 18$

$\frac{75,6}{42} = 1,8$

$\frac{756}{42} = 18$

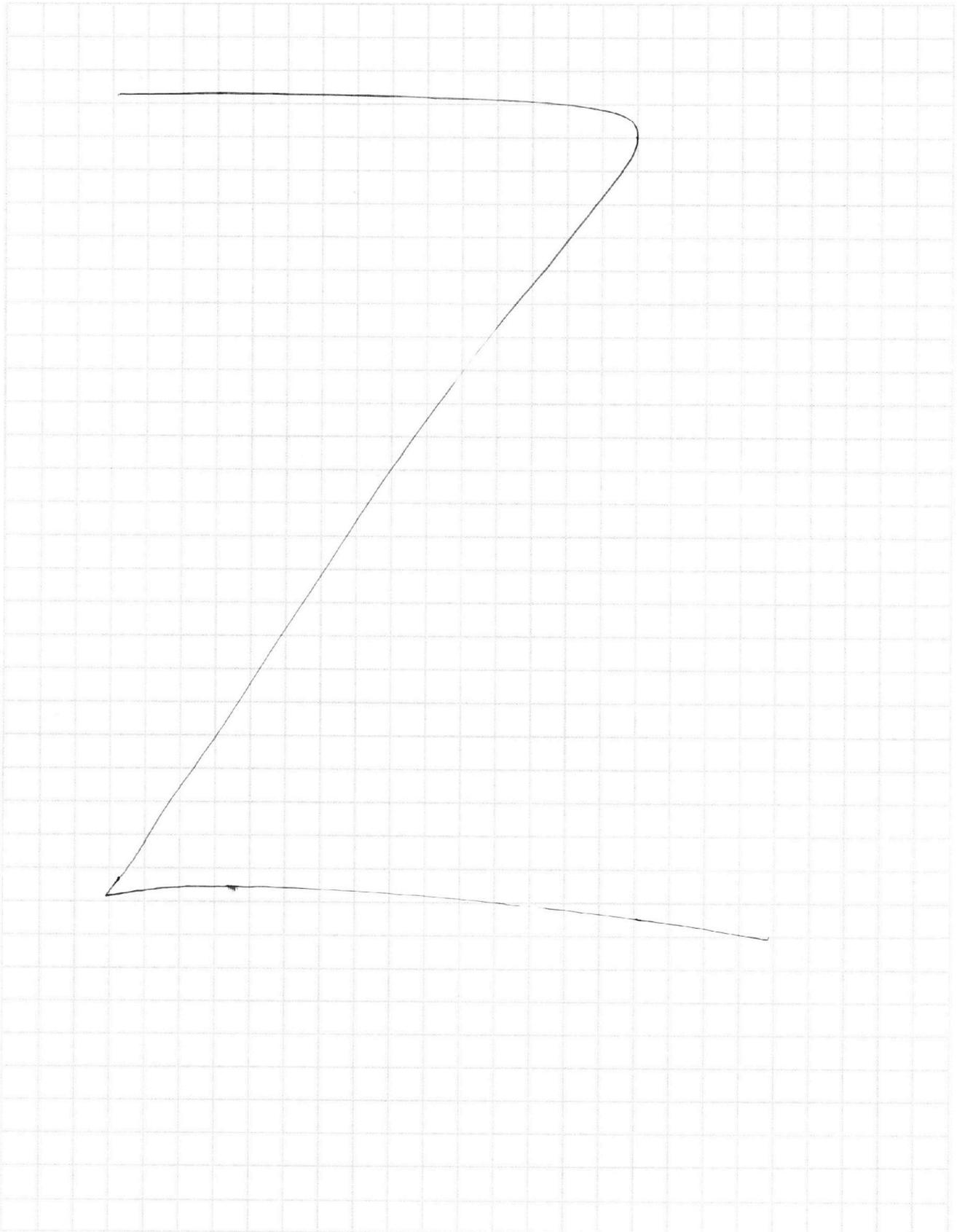


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!





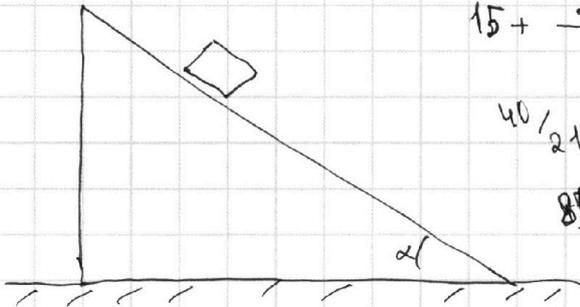
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

ЧЕРНИК



$$15 + \frac{238}{40} + 6$$

$$40 \mid 21 + \frac{238}{40}$$

$$\frac{840 + 238}{40} = \frac{1078}{40} = \frac{539}{20}$$

$$\begin{array}{r} -10 \\ 319 \\ \hline 81 \\ \hline 238 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 539 \overline{) 50} \\ \underline{50} \\ 350 \\ \underline{350} \\ 400 \\ \underline{400} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 24 \\ \times 139 \\ \hline 8500 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 200 : 4 = 50 \\ 34 \\ \times 1078 \\ \hline 50 \\ \hline 5390 \end{array}$$

$$0,4 \cdot \frac{539}{20} = \frac{539}{50}$$

$$\begin{array}{r} \times 1,78 \\ 50 \\ \hline 00 \end{array}$$

$$a_1 + a_2 = 2g \sin \alpha$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu a_1 = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha \\ \mu a_2 = -\mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha \end{array} \right. +$$

$$a_1 + a_2 = 2g \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2g} = \frac{20}{20} = 1$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!

