



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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

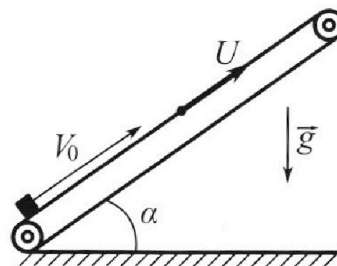


1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за $T = 2$ с.
- 1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.
 - 2) Теннисист посылает мяч с начальной скоростью V_0 под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии $S = 20$ м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым. Все высоты отсчитываются от точки старта.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,8$ (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 4$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = \frac{1}{3}$. Движение коробки прямолинейное.



- 1) За какое время T после старта коробка пройдет в первом опыте путь $S = 1$ м?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 2$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 4$ м/с.

- 2) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 2$ м/с?

- 3) На какой высоте H , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же скорости V_0 за одинаковое время.

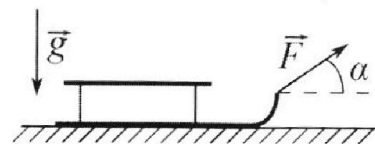
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения скорости V_0 действие внешней силы прекращается.

- 1) Найдите коэффициент μ трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

- 2) Через какое время T после прекращения действия силы санки остановятся? Ускорение свободного падения g .

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

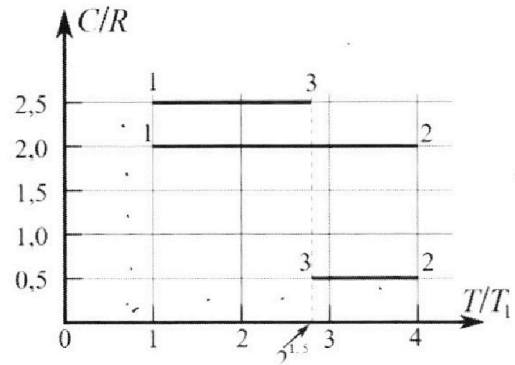


Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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

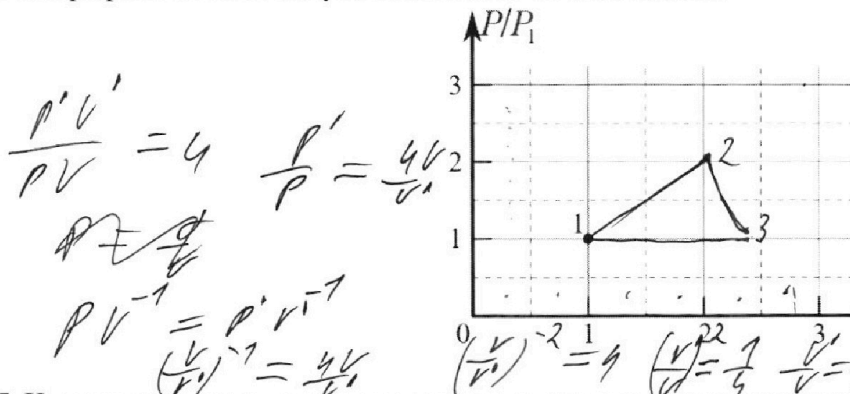
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 $T_1 = 400$ К, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К).



1) Найдите работу A_{12} газа в процессе 1-2.

2) Найдите КПД η цикла.

3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объем в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



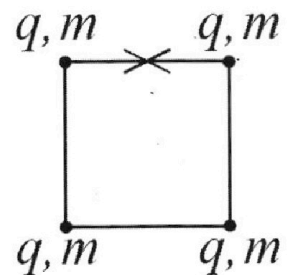
$$2^{\frac{3}{2}} = \int_2^3 \frac{1}{\sqrt{v}} dv = \sqrt{8}$$

$$P'V' = \nu R \cdot 4T = 2\nu R T$$

$$PV = \nu R T \cdot \nu$$

$$P = \frac{1}{2} P'$$

5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .



1) Найдите силу T натяжения нитей.

Одну нить пережигают.

2) Найдите скорость V любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.

3) На каком расстоянии d от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных сверху (на рисунке)?

Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.

$$\frac{2 - \frac{5}{2}}{2 - \frac{3}{2}} = \frac{4 - 5}{4 - 3} = -1 \quad \frac{4}{2 \cdot 10}$$

$$\frac{2 - 3 + 0.5(2\sqrt{2} - 4) + 2.5 \cdot (-2)}{2 - 3}$$

$$\frac{V'}{V} = \frac{V}{V'} \cdot 4$$

$$V'^2 = 4V^2 \quad V' = 2V$$

$$PV^{-1} = \text{const}$$

$$P \sim \frac{1}{V}$$

$$\frac{P'}{P} = 4 \quad \frac{P'}{P} = \frac{V}{V'} \cdot 4$$

$$PV^{-1} = P'V'^{-1} \quad \left(\frac{V'}{V}\right)^{-1} = \frac{P'}{P} = \frac{V}{V'}$$

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!

$$T = 20 \text{ мс}$$

$$S = 200 \text{ м}$$

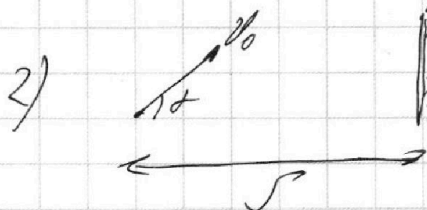
v_0 ?
hmax?

$$1) v_0 - g t = 0$$

$$t = T$$

скорость только
по оси y

$$v_0 = g T = 20 \text{ м/с}$$



$$\left. \begin{aligned} y &= v_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2} \\ u &= v_0 \cos \alpha t \end{aligned} \right\} \Rightarrow y = x \tan \alpha - \frac{g x^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} (1 + \tan^2 \alpha)$$

$x = S$ м.м. применяем в формулу

$$y = S \cdot \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} (1 + \tan^2 \alpha) \quad y - \text{max}$$

отм-0 $\tan \alpha$ - параболы ветвями вниз

$$-\frac{g S^2}{2 v_0^2} \tan^2 \alpha + S \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2} = y$$

$$\text{вершина } \tan \alpha = \frac{-b}{2a} = \frac{-S}{-2 \cdot \frac{g S^2}{2 v_0^2}} = \frac{v_0^2}{g S}$$

подставим

$$h_{\max} = y = \frac{S \cdot v_0^2}{g S} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \cdot \frac{v_0^4}{g^2 S^2} =$$

$$= \frac{v_0^2}{g} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} - \frac{v_0^2}{2 g} = \frac{v_0^2}{2 g} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} =$$

$$= \frac{20^2}{2 \cdot 10} - \frac{10 \cdot 20^2}{2 \cdot 20^2} = 20 - 5 = 15 \text{ м}$$

ответ: $v_0 = g T = 20 \text{ м/с}$
 $h_{\max} = y = 15 \text{ м}$

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!

$$l_1 = V_0 t_1 - \frac{a t_1^2}{2} = 4 \cdot 0,2 - \frac{10 \cdot 0,2^2}{2} = 0,6 \text{ м}$$

$$l_2 = \frac{V^2}{2a} = \frac{2^2}{2 \cdot 6} = \frac{2}{6} = 0,33 \text{ м}$$

$$H = (l_1 + l_2) \sin \alpha = \left(\frac{6}{10} + \frac{1}{3} \right) \cdot 0,8 = \frac{6,3 + 10}{30} \cdot 0,8 =$$

$$= \frac{2,8}{30} \cdot \frac{8}{10} = \frac{56}{75} \text{ м}$$

Ответ: 1) $\frac{56}{75}$ м 2) $0,6$ м 3) $H = \frac{56}{75}$ м

$$T = \frac{V_0}{g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha} + \sqrt{\frac{2 \Delta S}{g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha}} \quad \Delta S = S - S_1 = 0,2 \text{ м}$$

$$l = V_0 \cdot \frac{V_0 - V}{g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha} - \frac{(g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) \cdot \frac{(V_0 - V)^2}{2}}{2}$$

$$H = \left(l + \frac{V^2}{2(g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha)} \right) \sin \alpha$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1
☐

2
☒

3
☐

4
☐

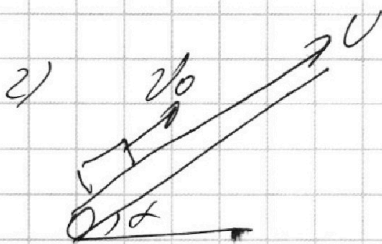
5
☐

6
☐

7
☐

МФТИ

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



н2 ускорение (1)

$$V = 2 \text{ м/с} \quad V_0 = 4 \text{ м/с}$$

$$a = g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha \text{ (из уравнения движения (отм-0 левый вектор вверх))}$$

Когда скорость частицы станет V тогда ее скорость от-но земли = 0.

$$t = \frac{V_0 - V}{a} = \frac{V_0 - V}{g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha} = \frac{4 - 2}{10} = 0,2 \text{ с}$$

$$L = V_0 \cdot t - \frac{a t^2}{2} = V_0 t - \frac{(g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) t^2}{2} =$$

$$= 4 \cdot 0,2 - \frac{10 \cdot 0,2^2}{2} = 0,8 - \frac{10 \cdot 0,04}{2} = 0,6 \text{ м}$$

3) Скорость станет 0 когда ее скорость от-но земли равна V и направлена вниз.

$a = \text{const}$ н.н. момент когда скорость от-но земли
 $t = \frac{V_0}{a} = \frac{V_0}{g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha} = \frac{4}{10} = 0,4 \text{ с}$

$$L = V_0 t - \frac{a t^2}{2} = V_0 t - \frac{g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha}{2} t^2$$

до скорости V $a_1 = g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha = a$ н.н. от-но земли или направление вниз.

$$m a = m g \sin \alpha - \mu m g \cos \alpha \quad a_2 = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha =$$

$$= 6 \text{ м/с}^2$$

$$t_1 = \frac{V_0 - V}{a_1} = \frac{4 - 2}{10} = 0,2 \text{ с}$$

$$t_2 = \frac{V}{a_2} = \frac{2}{6} = 0,33 \text{ с}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

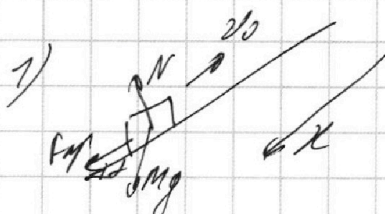
МФТИ

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

$$H = \frac{1}{3} \quad V_0 = 4 \text{ м/с}$$

$$S_{\text{мт}} = 0,8$$

- 1) Т-? $S = 1 \text{ м}$
2) L-? $U = 2 \text{ м/с}$
3) H-?



$$ma = mgs_{\text{мт}} + F_{\text{тр}} \mu$$

$$N = mg \cos \alpha \quad F_{\text{тр}} = \mu N \cdot \cos \alpha = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

$$a = g s_{\text{мт}} + \mu g \cos \alpha$$

Найдем время когда скорость будет 0 и продолжим
равномерно.

$$V_0 - (g s_{\text{мт}} + \mu g \cos \alpha) t_1 = 0$$

$$t_1 = \frac{V_0}{g s_{\text{мт}} + \mu g \cos \alpha} = \frac{4}{10 \cdot 0,8 + \frac{1}{3} \cdot 10 \cdot 0,6} = 0,4 \text{ с} \quad \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0,6$$

$$S_1 = \frac{V_0^2}{2a} = \frac{V_0^2}{2(g s_{\text{мт}} + \mu g \cos \alpha)} = \frac{4^2}{2 \cdot 10} = 0,8 \text{ м}$$

потом он пойдет вниз на $S_2 = 0,2 \text{ м}$

$$ma_2 = mgs_{\text{мт}} - \mu mg \cos \alpha = 4 \text{ м/с}^2$$

$$a_2 = g s_{\text{мт}} - \mu g \cos \alpha$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{2S_2}{a_2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2}{4}} = 0,2 \text{ с}$$

$$T = t_1 + t_2 = 0,4 + 0,2 = 0,6 \text{ с}$$

$$S_2 = \frac{a_2 t_2^2}{2} \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2S_2}{a_2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2}{4}} = \sqrt{\frac{0,4}{4}} = \sqrt{\frac{0,2}{2}} \text{ с}$$

$$T = t_1 + t_2 = \left(0,4 + \sqrt{\frac{0,2}{2}} \right) \text{ с}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

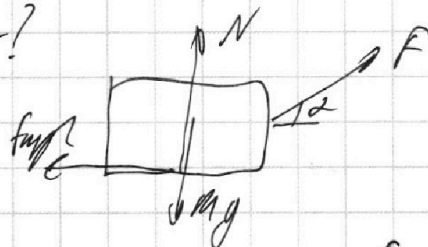
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

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

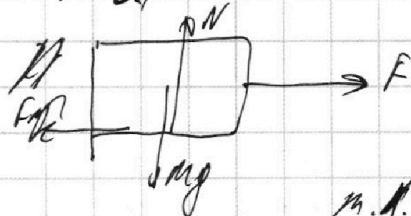
2) v_0 $T_1 = T_2$
 f, α

μ -?
 T -?



$N + f \sin \alpha = mg$ по вертикали. $f_{\text{тр}} = \mu N$ условие

2-й закон Ньютона:
 $ma_1 = f \cos \alpha - f_{\text{тр}} = f \cos \alpha - \mu (mg - f \sin \alpha)$



$ma_2 = f - \mu N = f - \mu mg$

м.д. $T_1 = T_2$ $v_0 = \text{const} \Rightarrow a_1 = a_2$

$f \cos \alpha - \mu (mg - f \sin \alpha) = f - \mu mg$

$f (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) = f$

$\cos \alpha + \mu \sin \alpha = 1$

$\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$

$\sin \alpha \neq 0$

$\cos \alpha \neq 1$

4) $v_0 - aT = 0$
2-й закон Ньютона.

$ma = \mu mg$ $a = \mu g$

$T = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0 \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) g}$

ответ: $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$ $T = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0 \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) g}$

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!

№4 продолжение (2)

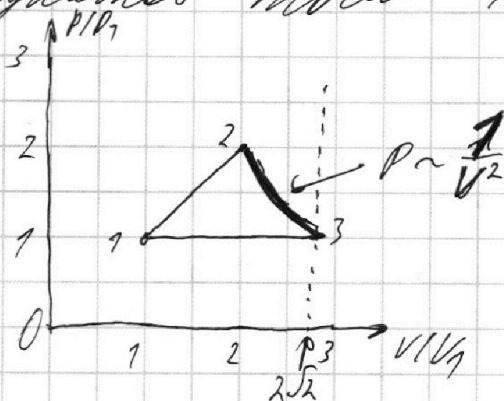
точка 3 с координатами $(2\sqrt{2}, 1)$

проблем процесс 37

$$C = 2.5$$

$$\frac{2.5 - \frac{5}{2}}{2.5 - 3} = \frac{0}{2} = 0 \Rightarrow PV^0 = \text{const} \Rightarrow P = \text{const}$$

Как можно видеть из приведенных
данных точки 1 и 3 лежат на изобаре



Ответ: 1) $A_{12} = \left(\frac{C_2}{T_1} - \frac{1}{2}\right) V R \cdot (T_2 - T_1) = 4986 \text{ Дж}$

2) $\eta = \frac{6.5 - 4.52}{6}$

3) см. график.

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!



на продолжение (1)

$$= \frac{2 \cdot 3 + 0,5 \cdot (2\sqrt{2} - 4) + 2,5 \cdot (2\sqrt{2} - 4)}{2 \cdot 3}$$

$$= \frac{6 + \sqrt{2} - 2 + 2,5 - 5\sqrt{2}}{6} =$$

$$= \frac{6,5 - 4\sqrt{2}}{6}$$

3) $1 \rightarrow 2$ $C = 2$ $PV^{\frac{C-1}{C-1}} = \text{const}$ *полипропа*
 $\frac{2 - \frac{5}{2}}{2 - \frac{3}{2}} = \frac{4-5}{4-3} = -1 = \text{const}$ $C = \text{const}$

$PV^{-1} = \text{const}$ $P = 2V$ *линейная зависимость*

$P_1 V_1 = \nu R T_1$ $P' V' = \nu R \cdot 4 T_1$

$\frac{P' V'}{P_1 V_1} = 4$ $\frac{P_1}{V_1} = \frac{P'}{V'} = \frac{4 P_1 V_1}{V'^2}$ $V' = 2 V_1$
 $P = 2 P_1$

можно 2 координаты $(2P, 2V)$ $(2; 2)$

на 2-3 $C = 0,5$ $\frac{0,5 - \frac{5}{2}}{0,5 - \frac{3}{2}} = \frac{2-5}{1-3} = 2$

$PV^2 = \text{const}$

$4 P_1 V_1 = 4 \nu R T_1$

$P'' V'' = \nu R T_1 \cdot 2\sqrt{2} \Rightarrow \frac{P'' V''}{P_1 V_1} = 2\sqrt{2}$

$2 P_1 (2 V_1)^2 = P'' \cdot V''^2 = \frac{2\sqrt{2} \cdot P_1 V_1 \cdot V''^2}{V''}$

$8 P_1 V_1^2 = 2\sqrt{2} P_1 V_1 V''$

$8 V_1 = 2\sqrt{2} V''$

$V'' = \sqrt{\frac{16}{2}} = 2\sqrt{2} V_1$
 $P'' = \frac{P_1 V_1 \cdot 2\sqrt{2}}{V''} = P_1$

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

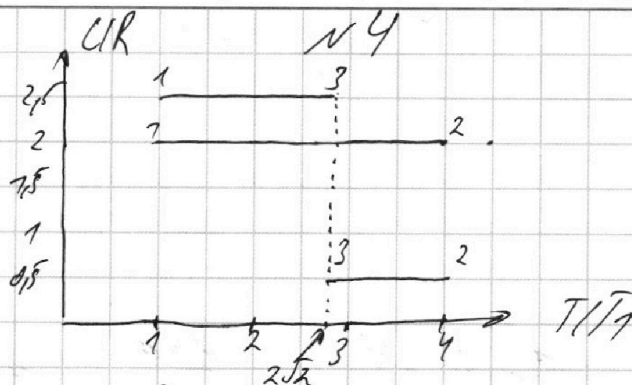
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

$V = 1 \text{ мм/с}$
 $T_1 = 400 \text{ К}$



$$1) Q_{12} = A_{12} + \frac{1}{2} V R \Delta T = C_{12} V \cdot \Delta T$$

$$A_{12} = \left(\frac{C_{12}}{R} - \frac{1}{2} \right) \cdot V R \Delta T_2 = \left(\frac{C_{12}}{R} - \frac{1}{2} \right) V R \cdot (T_2 - T_1) =$$

$$= \left(2 - \frac{3}{2} \right) \cdot 1 \cdot 831 \cdot (4 - 1) \cdot 400 = 4986 \text{ Дж}$$

$$2) Q_{23} = A_{23} + \frac{1}{2} V R (T_3 - T_2) = \frac{1}{2} \cdot V R \cdot (T_3 - T_2)$$

$$A_{23} = \left(\frac{C_{23}}{R} - \frac{1}{2} \right) V R T_3 - T_2 = \left(0.5 - \frac{3}{2} \right) \cdot 1 \cdot 831 \cdot (2\sqrt{2} - 4)$$

$$Q_{31} = A_{31} + \frac{1}{2} V R (T_1 - T_3) = 7$$

$$A_{31} = \left(\frac{C_{31}}{R} - \frac{1}{2} \right) V R (T_1 - T_3)$$

Q_H — процесс 1-2
т.к. в отливке
Т парам.

$$Q = \frac{A}{Q_H} = V R \left(\left(\frac{C_{12}}{R} - \frac{1}{2} \right) \cdot (T_2 - T_1) + \left(\frac{C_{23}}{R} - \frac{1}{2} \right) (T_3 - T_2) + \left(\frac{C_{31}}{R} - \frac{1}{2} \right) (T_1 - T_3) \right)$$

$$= \frac{C_{12}}{R} \cdot \frac{1}{2} \cdot V R \cdot (T_2 - T_1) + \frac{C_{23}}{R} \cdot (T_3 - T_2) + \frac{C_{31}}{R} \cdot (T_1 - T_3)$$

$$= \frac{2 \cdot 3 \cdot 400 + 0.5 \cdot (2\sqrt{2} - 4) \cdot 400 + 2.5 \cdot (1 - 2\sqrt{2}) \cdot 400}{2 \cdot 3 \cdot 400} =$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

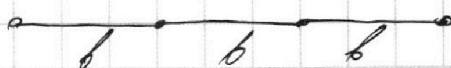
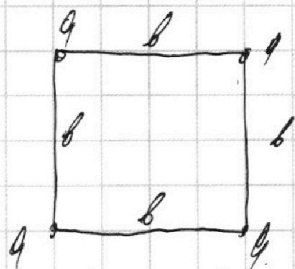
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

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



vs промис



$$E_{no} = \left(2 \cdot \frac{4q^2}{b} + \frac{4q^2}{\sqrt{2}b} \right) \cdot \frac{4}{2} = \frac{4q^2}{b} + \frac{2}{\sqrt{2}} \frac{4q^2}{b}$$

$$E_{nk} = \frac{3q^2}{b} + \frac{2q^2}{2b} + \frac{q^2}{3b}$$

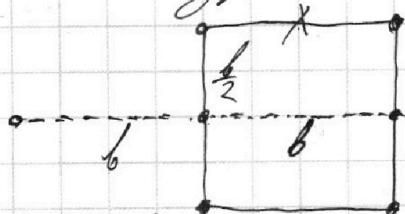
$$\text{ИЗУ: } E_{no} = E_{nk} + E_{kim}$$

$$\frac{4q^2}{b} \cdot (4 + \sqrt{2}) = \frac{4q^2}{b} \cdot \left(3 + 1 + \frac{1}{3} \right) + \frac{4m^2}{2}$$

$$2m^2 = \frac{4q^2}{b} \cdot \left(4 + \sqrt{2} - 4 \frac{1}{3} \right) = \frac{4q^2}{b} \cdot \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3} \right)$$

$$V = \sqrt{\frac{4q^2}{6m} \cdot \frac{\sqrt{2} - \frac{1}{3}}{2}}$$

3) у. и. штыли расположены м. и. вышние
штыли не действуют $\Rightarrow$ в конце ряда
выстроились в линию центр которой совпадает
с центром квадрата. Линия должна быть



они-о или проходящей
через центр квадрата
и центр вершин
штылей.

из теоремы Пифагора

$$\delta = \sqrt{b^2 + \frac{b^2}{4}} = b \sqrt{1 + \frac{1}{4}} = b \frac{\sqrt{5}}{2}$$

Ответ: 1) $T = \frac{4q^2}{b^2} \frac{\sqrt{2} + 4}{4}$ 2) $V = \sqrt{\frac{4q^2}{6m} \cdot \frac{\sqrt{2} - \frac{1}{3}}{2}}$ 3) $\delta = b \frac{\sqrt{5}}{2}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

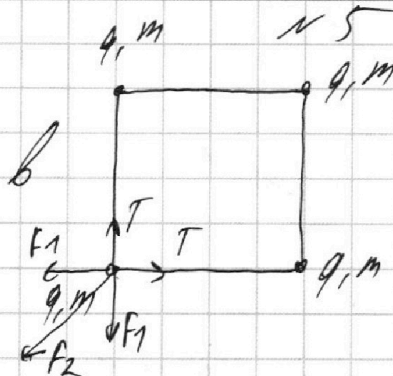
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

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



1, 4, 6



картина симметричная

и f_1, f_2 для каждого заряда одинаковы.

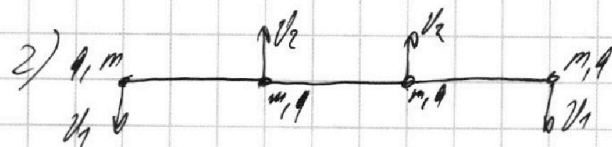
$$f_1 = \frac{kq^2}{b^2} \quad f_2 = \frac{kq^2}{2b^2}$$

$$2T \cos 45^\circ = 2f_1 \cos 45^\circ + f_2$$

$$T \cdot \sqrt{2} = f_1 \cdot \sqrt{2} + f_2$$

для равновесия.
2 f_1 и 2 T направлены по диагонали
 f_2 тоже по диагонали.

$$T = f_1 + \frac{f_2}{\sqrt{2}} = \frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{2\sqrt{2}b^2} = \frac{kq^2}{b^2} \left(\frac{1}{2\sqrt{2}} + 1 \right) = \frac{kq^2}{b^2} \left(\frac{\sqrt{2}}{4} + 1 \right) = \frac{kq^2}{b^2} \cdot \frac{\sqrt{2} + 4}{4}$$



по симметрии скорости будут направлены $\perp$

и так av_1 , скорости крайних равны и скорости средних равны. Скорость шарика в с.о. этого шарика $\perp$ линии, которая из с.о. $2mv_1 = 2mv_2 \Rightarrow v_1 = v_2 = v$ и шарик. Скорость всех шариков одинаковая.

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!

$$\frac{V_0}{g} = T$$

$$1 + \frac{g}{V_0^2} = \frac{g}{2V_0^2} (1 + \frac{g}{V_0^2})$$

$$1 - \frac{g}{2V_0^2} = \frac{g}{2V_0^2}$$

$$1 + \frac{g}{V_0^2} = \frac{V_0^2}{g}$$

$$\frac{g \cdot V_0^2}{g} - \frac{g^2}{2V_0^2} = \frac{g^2}{2V_0^2} \cdot \frac{V_0^4}{g^2} = \frac{V_0^2}{g}$$

$$\frac{V_0^2}{g} - \frac{g^2}{2V_0^2} = \frac{20^2}{20} - \frac{20 \cdot 20^2}{2 \cdot 20}$$



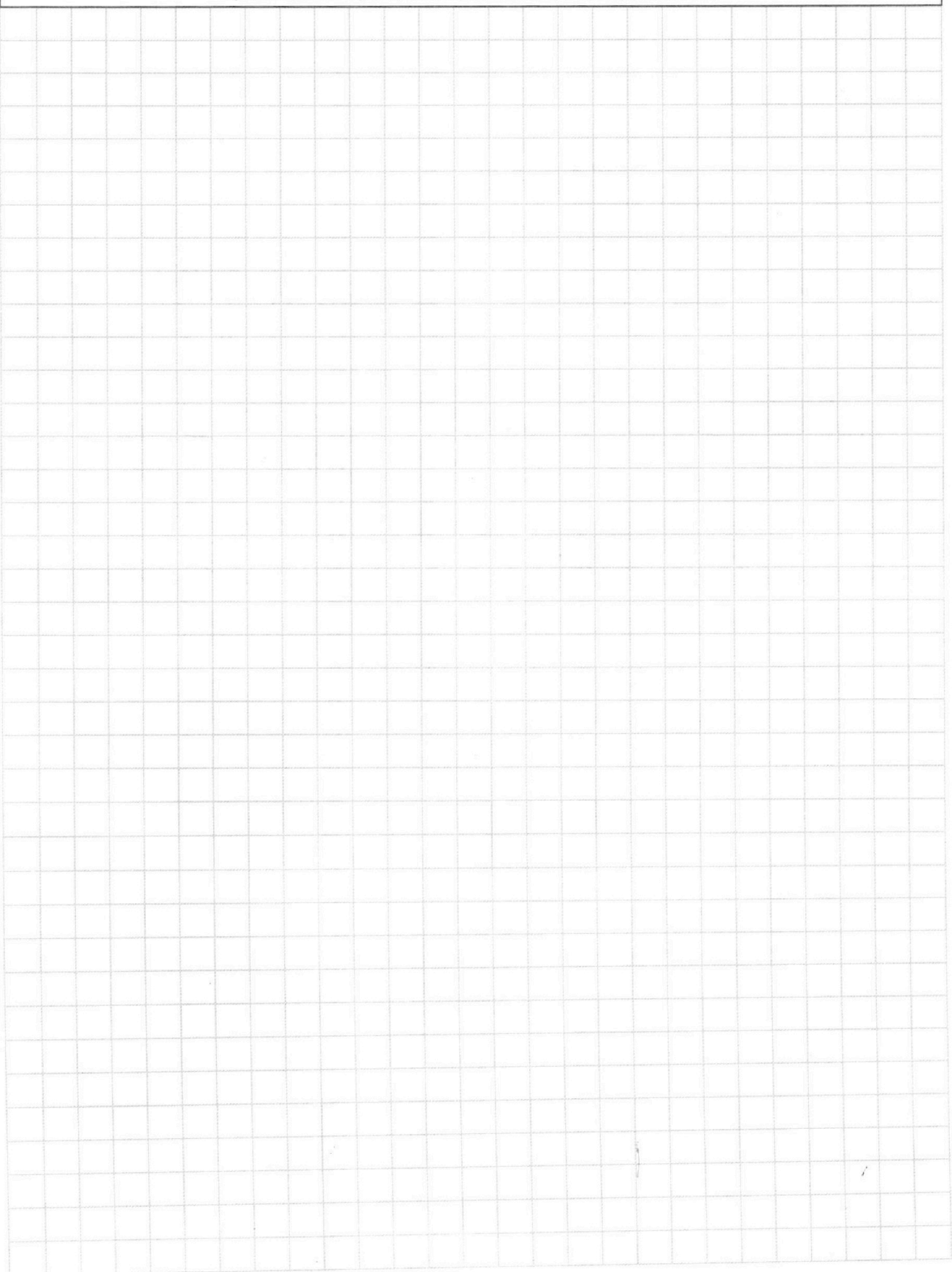
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!





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

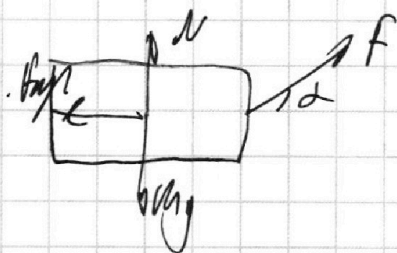
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$0,6 + \frac{v_0^2}{2(g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha)} =$$

$$= 0,6 + \frac{2^2}{2 \cdot 6} = 0,6 + \frac{1}{3}$$

$$\frac{6}{10} + \frac{1}{3} = \frac{18 + 10}{30} = \frac{28}{30} \cdot \frac{6}{10}$$

$$= \frac{14}{5} \cdot \frac{4}{15} = \frac{56}{75}$$



$$F \sin \alpha + N = mg$$

$$ma = F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha)$$

$$\frac{4^2 - 2^2}{2 \cdot 10} = \frac{12}{2 \cdot 10} = 0,6 \quad ma = F \cos \alpha - \mu mg$$

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

$$\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$\frac{v^2}{2(g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha)} = \frac{4^2}{2 \cdot 10} = 0,8$$

$$\frac{v^2}{g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha} = \frac{4^2}{10} = 0,8$$

$$g \sin \alpha = \frac{(g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha) + \mu g \sin \alpha}{2}$$

$$+ = \sqrt{\frac{2 \cdot 15}{9}} = \frac{2 \cdot 92}{6} \sqrt{\frac{0,2}{3}}$$

$$\frac{v^2 - 6^2}{2(g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha)} + \frac{v^2}{2(g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha)}$$

$$\frac{2^2}{2 \cdot 6} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3}$$



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!

$$\frac{v_0}{g} = T \quad v_0 = gT = 20 \text{ м/с}$$

$$y = x \tan \alpha - \frac{g}{2v_0^2} (x + \frac{v_0^2}{g})^2$$

$$x - \frac{g}{2v_0^2} \cdot 2x \tan \alpha = 0$$

$$\tan \alpha = \frac{v_0^2}{g}$$

$$y = 5 - \frac{v_0^2}{g} - \frac{g}{2v_0^2} - \frac{g}{2v_0^2} \cdot \frac{v_0^4}{g^2} =$$

$$= \frac{v_0^2}{g} - \frac{g}{2v_0^2} - \frac{v_0^2}{2g} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{g}{2v_0^2}$$

$$\frac{20^2}{2 \cdot 10} - \frac{10 \cdot 20^2}{2 \cdot 20^2} = 20 - 5 = 15$$

$$a = g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha = 10 \cdot 0,8 + \frac{1}{5} \cdot 10 \cdot 0,6 = 10$$

$$\frac{v_0^2}{a} = \frac{4^2}{10} = 1,6 \text{ с} \quad \frac{4}{10}$$

$$\frac{v_0 - v}{g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha} = \frac{2}{10} = 0,2 \text{ с}$$

$$4 \cdot 0,2 - \frac{10 \cdot 0,2^2}{2} = 0,8 - 0,2 = 0,6 \text{ м}$$

$$\frac{v}{10} = 0,2 \text{ с} \quad \frac{v^2}{2 \cdot 10} + v \cdot t = 0,2 + 2 \cdot 0,2$$

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!



$$\frac{2,5 - \frac{1}{2}}{2,5 - \frac{3}{2}} = \frac{5-5}{5-5}$$

$$\left(2 - \frac{3}{2}\right) \cdot 8,37 \cdot 3 \cdot 400$$

$$0,5 \cdot 8,37 \cdot 3 \cdot 400$$

$$8,37 \cdot 600$$

$$\begin{array}{r} 837 \\ \times 6 \\ \hline 4986 \end{array}$$

$$T_2 - T_1 + T_3 - T_2 + T_4 - T_3$$

$$Q_{12} = A_{12} + \frac{1}{2} V R (T_2 - T_1) = \frac{C_{12}}{R} \cdot V R (T_2 - T_1)$$

$$\left(\frac{C_{12}}{R} - \frac{1}{2}\right) V R (T_2 - T_1) = A_{12}$$

$$A_{23} = \left(\frac{C_{23}}{R} - \frac{1}{2}\right) V R (T_3 - T_2)$$

$$A_{31} = \left(\frac{C_{31}}{R} - \frac{1}{2}\right) V R (T_1 - T_3)$$

$$\eta = \frac{\frac{C_{12}}{R} \cdot (T_2 - T_1) + \frac{C_{23}}{R} \cdot (T_3 - T_2) + \frac{C_{31}}{R} \cdot (T_1 - T_3)}{\frac{C_{12}}{R} \cdot (T_2 - T_1)}$$

$$\frac{2 \cdot 3 + 1,5 \cdot (2\sqrt{2} - 4) + 2,5 \cdot (4 - 2\sqrt{2})}{2 \cdot 3}$$

$$\frac{6 + \sqrt{2} - 2 + 2,5 - \sqrt{2}}{6} = \frac{6,5 - 4\sqrt{2}}{6}$$

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!



$$\frac{0,5 - \frac{5}{2}}{0,5 - \frac{3}{2}} = \frac{1-5}{1-3} = \frac{-4}{-2} = 2$$

$$pV^2 = const$$

$$2p \cdot 2V = pR \cdot 4T$$

$$p'V' = pR \cdot 2\sqrt{2}T$$

$$\frac{p'V'}{pV} = 2\sqrt{2} \quad \frac{p'}{p} = \frac{V}{V'} \cdot 2\sqrt{2}$$

$$2p \cdot (2V)^2 = p'V'^2$$

$$\frac{p'}{p} = \frac{2 \cdot (2V)^2}{V'^2} = \frac{V}{V'} \cdot 2\sqrt{2}$$

$$\frac{pV^2}{V'^2} = \frac{V}{V'} \cdot 2\sqrt{2}$$

$$\frac{p'V'}{pV} = 2\sqrt{2}$$

$$p' = \frac{2\sqrt{2} pV}{V'}$$

$$2p \cdot (2V)^2 = p'V'^2 = \frac{2\sqrt{2} p \cdot V \cdot V'^2}{V'}$$

$$8pV^2 = 2\sqrt{2} V'$$

$$V' = \frac{4}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{16}}{\sqrt{2}} = \sqrt{8} = 2\sqrt{2}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

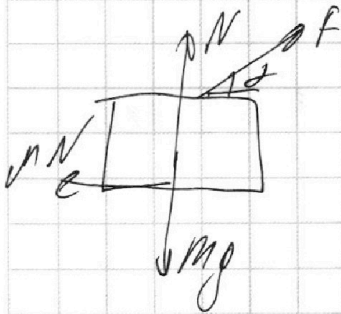
Отметьте крестиком номер задачи,

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!



$$N + F \cos \alpha = mg$$

$$N = mg - F \cos \alpha$$

$$ma_1 = F \cos \alpha - \mu (mg - F \cos \alpha)$$

$$ma_2 = F - \mu mg$$

$$a_1 = a_2$$

$$F \cos \alpha - \mu (mg - F \cos \alpha) = F - \mu mg$$

$$F (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) = F$$

$$\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$\cos \alpha + \mu \sin \alpha = 1$$

$$\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$= \frac{C}{R} \cdot V R (\sqrt{3} - \sqrt{2})$$

C - CV

$$\frac{0,5 - \frac{1}{2}}{0,5 - \frac{3}{2}} = \frac{\frac{1}{2} - \frac{5}{2}}{\frac{1}{2} - \frac{3}{2}} = \frac{-4}{-2} = 2$$

$$\bar{r}_2 - \bar{r}_1 + \bar{r}_3 - \bar{r}_2 + \bar{r}_4 - \bar{r}_3 =$$

PU

$$\sqrt{2 \cdot 3 + 0,5(2\sqrt{24}) + 4,5 \dots}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

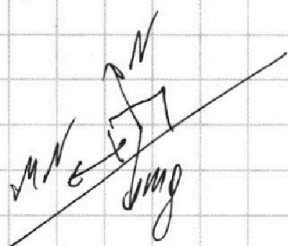
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1+0.64}}$$

$$\frac{0.8}{0.6}$$



N2

$$ma = mgs \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha$$

$$a = g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha$$

$$s = v_0 \cdot t - \frac{at^2}{2} =$$

$$= v_0 \cdot t - \frac{(g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) t^2}{2}$$

$$= 1 = 4 \cdot t - \frac{(10 \cdot 0.8 + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 0.6) t^2}{2}$$

$$= 4t - \frac{8 + 2.5}{2} t^2 = 4t - 5t^2 = 1$$

$$5t^2 - 4t + 1 = 0$$

$$\Delta = 16 - 20 = -4$$

$$\sqrt{4^2 - 4 \cdot 5}$$

$$\frac{28}{30} \cdot \frac{8}{10} =$$

$$= \frac{24}{5} \cdot \frac{4}{15}$$

$$= \frac{56}{75}$$

$$v = v_0 - (g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) t = 0$$

$$\frac{0.16}{0.80}$$

$$t = \frac{4}{10 \cdot 0.8 + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 0.6} = 0.4$$

$$\frac{24}{58}$$

$$4 \cdot 0.4 - \frac{5 \cdot 0.4^2}{2} = 1.6 - 0.8 = 0.8$$

$$10 \cdot 0.8 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 0.6 = 8 - 3 = 5$$

$$t = \frac{v_0 - v}{a}$$

$$10 \cdot 0.8$$

$$1$$

$$0.8 -$$

$$\frac{10 \cdot 0.04}{2} =$$

$$v_0 - at = -v$$

$$\frac{2v}{a} =$$

$$t = \frac{v_0 + v}{a}$$

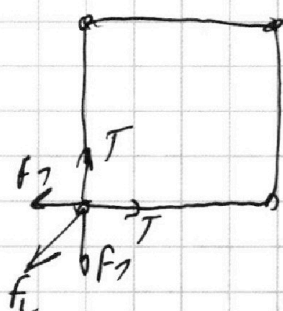
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$F_1 = \frac{4q^2}{b^2} \quad F_2 = \frac{4q^2}{2b^2}$$

$$2T \cos 45^\circ = 2F \cos 45^\circ + F_2 =$$

$$= K$$

$$T \sqrt{2} = F_1 \sqrt{2} + F_2$$

$$T = F_1 + \frac{F_2}{\sqrt{2}} = \frac{4q^2}{b^2} + \frac{4q^2}{2\sqrt{2}b^2} =$$

$$E_{n1} = \frac{4Kq^2}{b} + \frac{24q^2}{\sqrt{2}b} = \frac{4q^2}{b^2} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = \frac{4+\sqrt{2}}{4}$$

$$E_{n2} = \frac{3}{b} + \frac{24q^2}{2b} + \frac{4q^2}{3b}$$

$$\frac{4q^2}{b} + \frac{24q^2}{\sqrt{2}b} - \frac{34q^2}{b} - \frac{24q^2}{2b} - \frac{4q^2}{3b} =$$

$$= \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3} \right) \frac{4q^2}{b} = \frac{4mq^2}{2} = 2mq^2$$

$$v = \sqrt{\frac{\sqrt{2} - \frac{1}{3}}{2} \frac{4q^2}{mb}}$$

$$\sqrt{\frac{b}{4} + b^2} = \frac{\sqrt{5}}{2} b$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



$$A_{12} = A_{12} + \frac{1}{2} VR (T_1 - T_2) = \frac{5}{12} VR (T_2 - T_1)$$

$$A_{12} = \left(\frac{5}{12} - \frac{1}{2}\right) VR (T_2 - T_1) = \left(2 - \frac{3}{2}\right) \cdot 8,31 \cdot 3 \cdot 400$$

$$\begin{array}{r} 1 \cdot 831 \\ 831 \\ \hline 6 \\ 4986 \end{array}$$

$$\eta = \frac{\frac{5}{12} (T_2 - T_1) + \frac{600 \cdot 8,31}{12} (T_3 - T_2) + \frac{600}{12} (T_1 - T_3)}{\frac{600}{12} \cdot (T_2 - T_1)}$$

$$\frac{2 \cdot 3 + 0,5 \cdot (2\sqrt{2} - 4) + 2,5 (1 - 2\sqrt{2})}{6}$$

$$= 6 + \sqrt{2} - 2 + 2,5 - 5\sqrt{2} =$$

$$= \frac{6,5 - 4\sqrt{2}}{6}$$

$$\begin{array}{r} 7,4 \\ 4 \\ \hline 5,6 \end{array}$$

$$\frac{0,5 - \frac{5}{2}}{0,5 - \frac{3}{2}} = \frac{1 - 5}{1 - 3} = \frac{-4}{-2} = 2$$

$$PV^2 = \text{const}$$

$$2P \cdot (2V)^2 = P' \cdot V'^2$$

$$4PV = 4V'P'$$

$$P'V' = PV \cdot 2\sqrt{2}$$

$$\frac{P'V'}{PV} = 2\sqrt{2}$$

$$8PV = \frac{2\sqrt{2} PV}{V'} \cdot V'^2$$

$$V' = \frac{8}{2\sqrt{2}} = \frac{4}{\sqrt{2}} = \sqrt{8} = 2\sqrt{2}$$

$$P' = \frac{2\sqrt{2} PV}{2\sqrt{2}} = P$$