



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 10-01

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

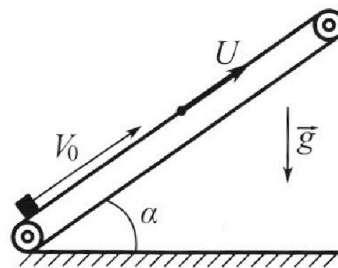


1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за  $T = 2$  с.
- 1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.
  - 2) Теннисист посылает мяч с начальной скоростью  $V_0$  под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии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

Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. 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  $\alpha$  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.

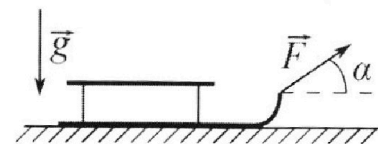
- 2) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 2$  м/с?

- 3) На какой высоте  $H$ , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. 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  $\alpha$  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  $\mu$  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.

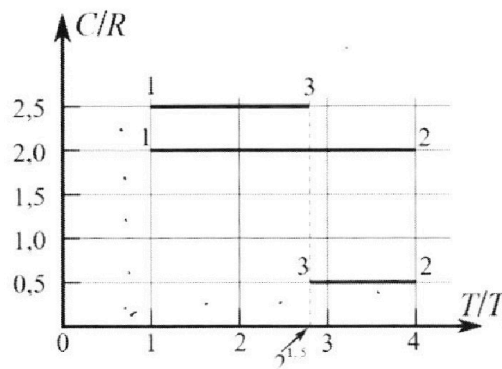
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

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



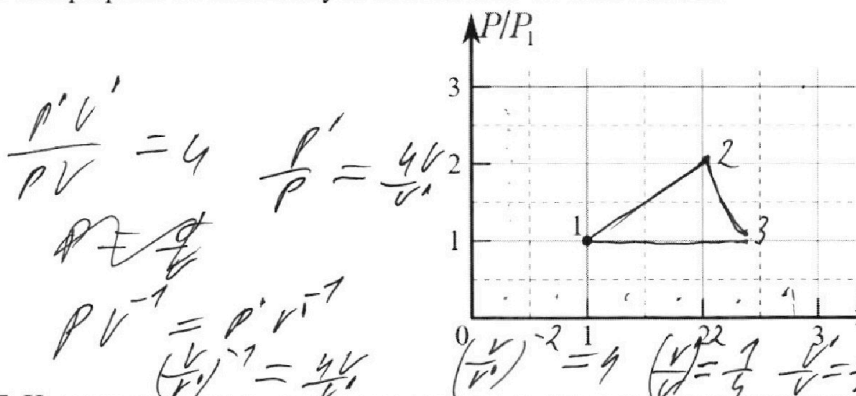
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2, 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  $\eta$  цикла.

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



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

$$PV^{-1} = P'V'^{-1}$$

$$\left(\frac{V'}{V}\right)^{-1} = \frac{4V'}{V}$$

$$2^{\frac{3}{2}} = \sqrt{2^3} = \sqrt{8} = 2\sqrt{2}$$

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

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

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

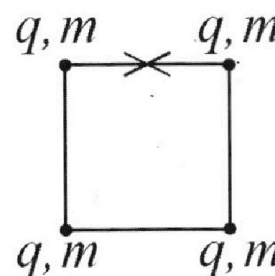
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $b$  (см. рис.). Масса каждого шарика  $m$ , заряд  $q$ .

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.

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

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

$$\frac{V'}{V} = \frac{V}{V'} \cdot 4 \quad PV^{-1} = P'V'^{-1}$$

$$V'^2 = 4V^2 \quad V' = 2V \quad P' \sim \frac{1}{V'}$$

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

$$PV^{-1} = P'V'^{-1} \quad \left(\frac{V'}{V}\right)^{-1} = \frac{P'}{P} = \frac{4}{V'}$$

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!

$$T = 20 \text{ с}$$

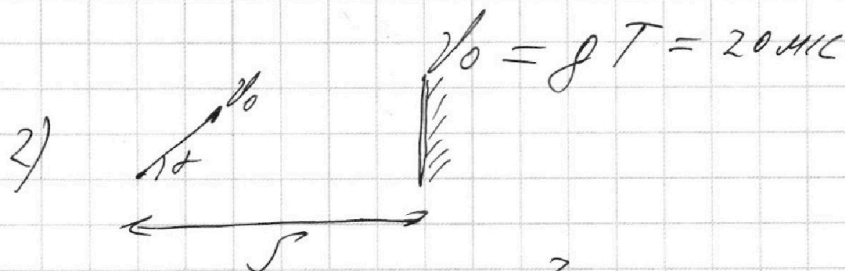
$$S = 200 \text{ м}$$

$v_0$ ?  
hmax?

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

$$t = T$$

скорость только по оси y



$$y = v_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2}$$

$$x = v_0 \cos \alpha t$$

$$\Rightarrow y = x \tan \alpha - \frac{g x^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} (1 + \tan^2 \alpha)$$

$x = S$  м.м. вынуждено в штырь

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

y - max

отм-о  $\tan \alpha$  - парабола симметрична оси

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

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

подставим

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

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

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

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!

$$l_1 = v_0 t_1 - \frac{a t_1^2}{2} = 12 \text{ м/с} \cdot 0,2 - \frac{10 \cdot 0,2^2}{2} = 0,6 \text{ м}$$

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

$$H = (l_1 + l_2) \sin \alpha = \left( \frac{6}{10} + \frac{1}{3} \right) \cdot 0,8 = \frac{6,3 + 10}{30} \cdot 0,8 = \\ = \frac{2,8}{30} \cdot \frac{8}{10} = \frac{56}{75} \text{ м}$$

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

$$T = \frac{v_0}{g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha} + \sqrt{\frac{2 \Delta s}{g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha}}$$

$$\Delta s = s - s_1 = 0,2 \text{ м}$$

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

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

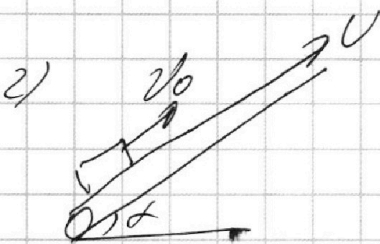
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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



нз продолжение (1)

$$v = 2 \text{ м/с} \quad v_0 = 4 \text{ м/с}$$

$$a = g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha \text{ (из продолжения условия (отм-0 линия вверх идет вверх))}$$

Когда скорость будет равна нулю  $v = 0$   
 когда ее скорость  $v = 0$   $v_{\text{отм-0}} = 0$ .

$$t = \frac{v_0 - v}{a} = \frac{v_0 - v}{g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha} = \frac{4 - 2}{10} = 0,2 \text{ с}$$

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

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

3) Скорость камня 0 когда ее скорость  $v = 0$  и направлена вниз.

~~$v_0 = \text{const}$  м.н. момент когда скорость  $v = 0$  линия~~

 ~~$t = \frac{v_0 - v}{a} = \frac{v_0}{g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha} = \frac{4}{10} = 0,4 \text{ с}$~~

~~$l = v_0 t - \frac{a t^2}{2} = v_0 t - \frac{g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha}{2} t^2$~~

до скорости  $v$   $a_1 = g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha = a$   $10 \text{ м/с}^2$   
 м.н.  $v = 0$  линия  $v = 0$   $v = 0$  линия

$$a_2 = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = 6 \text{ м/с}^2$$

$$t_1 = \frac{v_0 - v}{a_1} = \frac{4 - 2}{10} = 0,2 \text{ с}$$

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

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

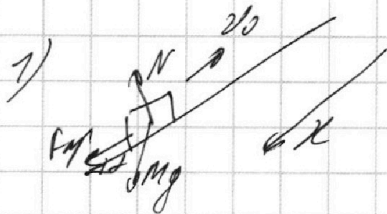
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 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!

$\mu = \frac{1}{3}$   $v_0 = 4 \text{ м/с}$   $\sin \alpha = 0,8$   
 1) T-?  $S = 1 \text{ м}$   
 2) L-?  $U = 2 \text{ м/с}$   
 3) H-?



$$ma = mg \sin \alpha + F_{\text{тр}}$$

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

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

Найдём время когда скорость будет 0 и сойдем наклонные.

$$v_0 - (g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) t_1 = 0$$

$$t_1 = \frac{v_0}{g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha} = \frac{4}{10 \cdot 0,8 + \frac{1}{3} \cdot 10 \cdot 0,6} = 0,4 \text{ с} \quad \cos \alpha = \sqrt{1 - 0,8^2} = 0,6$$

$$S_1 = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{v_0^2}{2(g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha)} = \frac{4^2}{2 \cdot 10} = 0,8 \text{ м}$$

потом он начнет влезть на  $S_2 = 0,2 \text{ м}$

~~$$2S = \frac{at^2}{2} = (g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) t_2^2$$

$$t_2 = \frac{\sqrt{2S}}{g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha} = \frac{\sqrt{2 \cdot 0,2}}{10} = 0,2 \text{ с}$$

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

$$S_2 = \frac{a_2 t_2^2}{2} \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2S_2}{a_2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2}{6}} = \sqrt{\frac{0,4}{6}} = \sqrt{\frac{0,2}{3}} \text{ с}$$

$$T = t_1 + t_2 = \left( 0,4 + \sqrt{\frac{0,2}{3}} \right) \text{ с}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

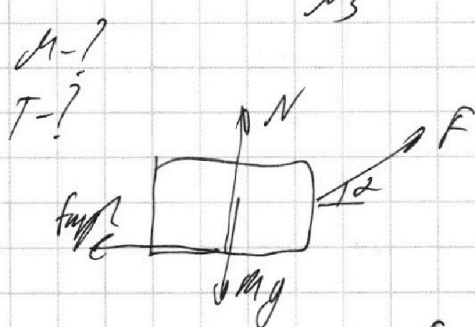
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

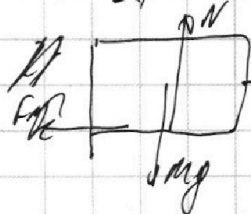


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$v_0$   $T_1 = T_2$   
 $f, \alpha$   
 1)



$N + f \sin \alpha = mg$  по y направлению.  $f_{\text{тр}} = \mu N$  ~~уменьшается~~  
 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.  $T_1 = T_2$   $v_0 = \text{const} \Rightarrow a_1 = a_2$

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

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

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

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

$\sin \alpha \neq 0$   
 $\cos \alpha \neq 1$

2)  $v_0 - aT = 0$   
 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



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

№4 продолжение (2)

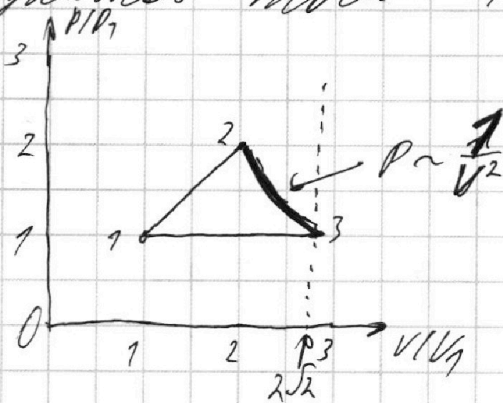
точка 3 с координатами  $(2\sqrt{2}, 1)$

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 вывести из непрерывным  
контуров точки 1 и 3 лемма на графиках



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)  $\eta = \frac{4.5 - 4.5\sqrt{2}}{6}$

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



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



на промежуток (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)  $1 \rightarrow 2$   $C = 2$   $PV^{\frac{C-1}{C}} = \text{const}$  *полипроцесс*  $C = \text{const}$

$$\frac{2 - \frac{5}{2}}{2 - \frac{3}{2}} = \frac{4-5}{4-3} = -1 = \text{const}$$

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

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

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

можно 2 координаты  $(2P_1, 2V_1)$   $(2; 2)$

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

$PV^2 = \text{const}$

$4 P_1 V_1 = 4 \nu R T_1$

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

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

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

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

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

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

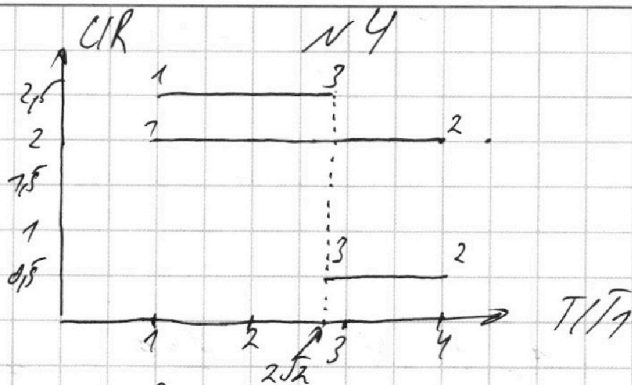
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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!

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



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

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

$$= \left( 2 - \frac{3}{2} \right) \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot (4 - 1) \cdot 400 = 4986 \text{ Вт/м}^2$$

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

$$A_{23} = \left( \frac{C_{23}}{R} - \frac{1}{2} \right) V R T_3 - T_2 = \left( 0,5 - \frac{3}{2} \right) \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot (2,5\sqrt{2} - 4)$$

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

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

$Q_H$  - мощность 12  
м.м. в направлении  
T паралл.

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

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

$$= \frac{2 \cdot 3 \cdot 400 + 0,5 \cdot (2,5\sqrt{2} - 4) \cdot 400 + 2,5 \cdot (1 - 2,5\sqrt{2}) \cdot 400}{2 \cdot 3 \cdot 400} =$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

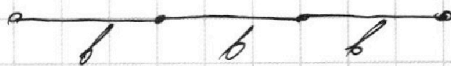
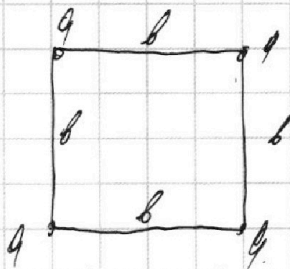
1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7

МФТИ

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



15 методом



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

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

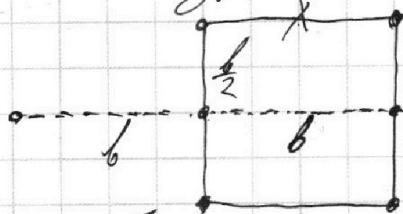
ИЗУС:  $E_{no} = E_{nk} + E_{knn}$

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

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

$$v = \sqrt{\frac{ka^2}{6m} \cdot \frac{\sqrt{2} - \frac{1}{3}}{2}}$$

2) у.н. итманы доромшад м.н. бичимне шуву ке дэйтмэкуот => b нонце дарады бастаромше в ринишо центр нонгорей савинишо с центром квадрата шуву дэйтмэкуот



ош-о ши промеркуей шуву дэйтмэкуот и центр квадрата и центр верней итм.

шуву методом Пифагора

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

ответ: 1)  $T = \frac{ka^2}{b^2} \frac{\sqrt{2} + 4}{4}$  2)  $v = \sqrt{\frac{ka^2}{6m} \cdot \frac{\sqrt{2} - \frac{1}{3}}{2}}$  3)  $d = b \frac{\sqrt{5}}{2}$

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

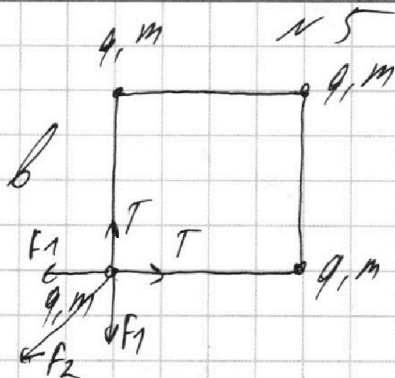
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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 симметрии  
↓  
T и  $f_1, f_2$  для  
каждого  
заряда одинаковы.

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

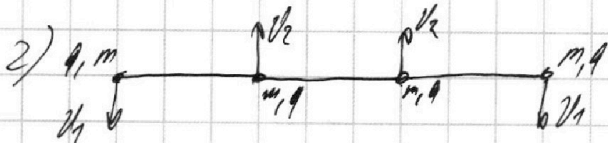
$$2T \cos 45^\circ = 2f_1 \cos 45^\circ + f_2$$

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

Тогда равновесие.  
2  $f_1$  и 2 T направлены  
по диагоналям  
и  $f_2$  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 ⊥

и так  $v_{f1}$ , скорости крайних равны и  
скорости средних равны. Скорость шарика в с.о.  
цз ЗСЦ.  $2mv_1 = 2mv_2 \Rightarrow v_1 = v_2 = v$  и шарик  
Скорость всех шариков одинакова

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!

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

$$\mu \cdot \text{tg} \alpha = \frac{g \mu^2}{2V_0^2} (1 + \text{tg}^2 \alpha)$$

$$\mu = \frac{g \mu^2}{2V_0^2} \cdot \text{tg} \alpha$$

$$\text{tg} \alpha = \frac{V_0^2}{g \mu}$$

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

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

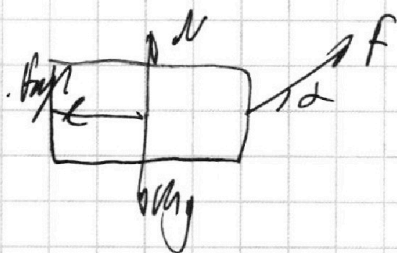


$$0,6 + \frac{v_0^2}{2(\rho \sin \alpha - \mu g \cos \alpha)} =$$

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\frac{v^2 - v_0^2}{2(\rho \sin \alpha + \mu g \cos \alpha)} + \frac{v_0^2}{2(\rho \sin \alpha - \mu g \cos \alpha)}$$

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

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!

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

$$y = x \tan \alpha - \frac{g x^2}{2 v_0^2} (1 + \tan^2 \alpha)$$

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

$$\tan \alpha = \frac{v_0}{g x}$$

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

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

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

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

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

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

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





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!

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

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

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

$$8,37 \cdot 600$$

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

$\Delta - \Delta + \Delta - \Delta + \Delta - \Delta + \Delta - \Delta$

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

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

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

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

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

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

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

$$2p \cdot 2V = p'V' \cdot 4T$$

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

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

$$42p \cdot (2V)^2 = p'V'^2$$

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

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

---

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

$$42p \cdot (2V)^2 = p'V'^2 = \frac{2\sqrt{2} p \cdot V \cdot V'^2}{V'}$$

$$84pV^2 = 2\sqrt{2} pV'$$
$$V' = \frac{4}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{16}}{\sqrt{2}} = \sqrt{8} = 2\sqrt{2}$$

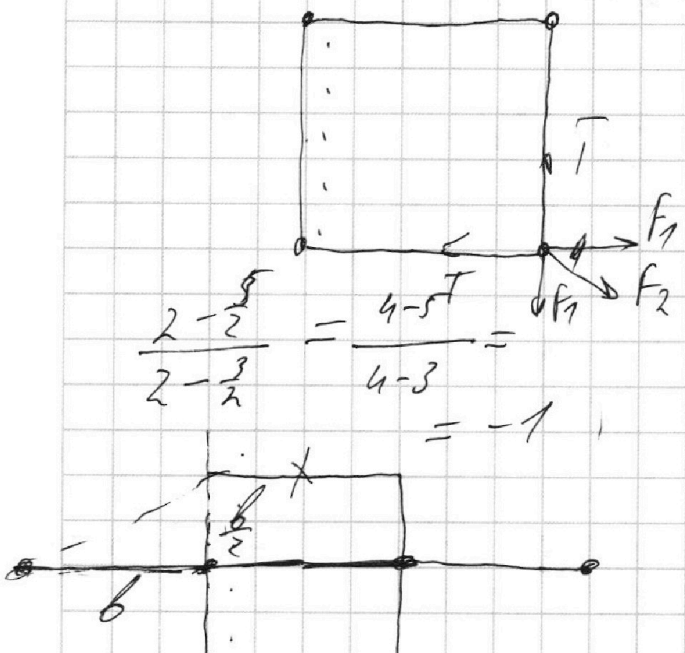
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$2T \cos 45^\circ = F_2 + 2F_1 \cos 45^\circ$$

$$F_1 = \frac{4a^2}{b^2}$$

$$F_2 = \frac{4a^2}{2b^2}$$

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

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

$$4,44 = 5,6 = \frac{4a^2}{b^2} \left( \frac{1}{\sqrt{2}} + 1 \right)$$

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

$$200 \cdot 8,373$$

$$600 \cdot 8,37$$

$$4 + \frac{1}{3} = \frac{13}{3}$$

$$\begin{array}{r} 7 \\ 837 \\ \hline \end{array}$$

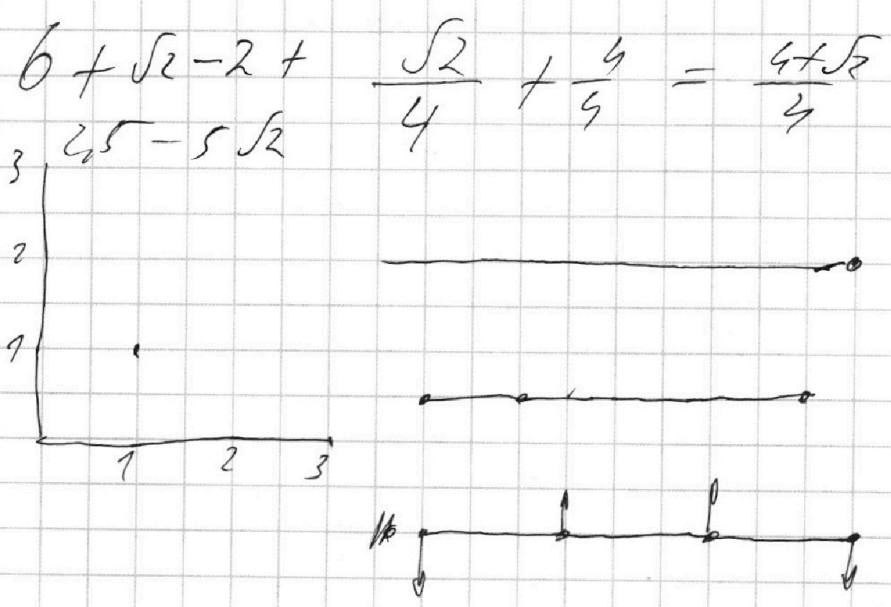
$$4986$$

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

$$200 \cdot 8,37$$

$$\begin{array}{r} 77 \\ 837 \\ \hline \end{array}$$

$$4986$$



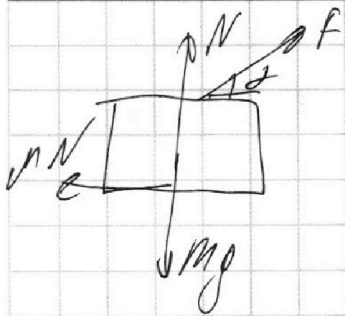
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7



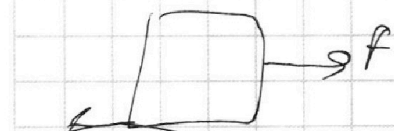
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



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

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

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



$$ma_2 = F - \mu mg$$

$$a_1 = a_2$$

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

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

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

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

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

$$Q = A_{12} + \frac{1}{2} \nu R \Delta t = C \nu R \Delta t$$

$$A = \left(C - \frac{1}{2}\right) \nu R \Delta t$$

RR

$$Q_{23} = A_{23} + \frac{1}{2} \nu R (\sqrt{3} - \sqrt{2})$$

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

C - CV

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

$$\sqrt{2} - \sqrt{1} + \sqrt{3} - \sqrt{2} + \sqrt{4} - \sqrt{3} = \sqrt{4} = 2$$

$$\sqrt{2 \cdot 3 + 0,5(2\sqrt{24}) + 1,5 \dots}$$

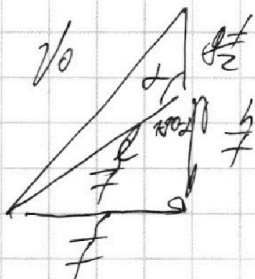
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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



$$S_0 = \frac{v_0 t}{2} \cdot \frac{g}{v_0} = \frac{g t^2}{2}$$

$$\frac{g}{2} \cdot \frac{v_0 t}{2} \cdot \sin \alpha = \frac{g}{2} \sin \alpha$$

$$180 - 90 - 180 + \alpha = \alpha - 90$$

$$y = v_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2} = 0$$

$$x = v_0 \cos \alpha t$$

$$y = x \tan \alpha - \frac{g x^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} \quad x = 5$$

$$\frac{g}{2 v_0^2} x^2$$

$$5 \tan \alpha - \frac{g x^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$5 - \frac{g \cdot 5^2}{2 v_0^2} \cdot 2 \tan \alpha = 0$$

$$1 - \frac{g \cdot 5}{2 v_0^2} \tan \alpha = 0$$

$$\tan \alpha = \frac{v_0^2}{g \cdot 5} \quad \left[ 20 - 5 = 15 \right]$$

$$-\frac{g \cdot 5^2}{2 v_0^2} \cdot \tan^2 \alpha + 5 \tan \alpha$$

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

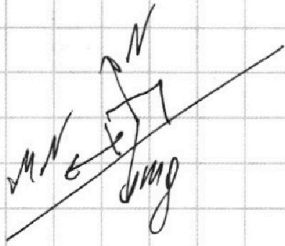


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$\cos \alpha = \frac{11 - 9,6}{9,6}$$

$$\frac{1,36}{9,6}$$



NR

$$m a = m g \sin \alpha + m R \cos \alpha$$

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

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

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

$$= 1 = 4 \cdot t - \frac{(10 \cdot 0,8 + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 9,6) t^2}{2}$$

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

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

$$t = \frac{4 \pm \sqrt{4^2 - 4 \cdot 5 \cdot 1}}{2 \cdot 5}$$

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

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

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

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

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

$$\frac{3}{0,16} \cdot \frac{1}{0,80}$$

$$t = \frac{4}{10 \cdot 0,8 + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 9,6} = 0,4$$

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

$$4 \cdot 0,4 - 5 \cdot 0,4^2 = 1,6 - 0,8 = 0,8$$

$$10 \cdot 0,8 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 9,6 = 8 - 48 = -40$$

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

$$10 \cdot 0,8$$

1

$$0,8 - \frac{10 \cdot 0,04}{2} =$$

$$v_0 - a t = -v$$

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

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

=

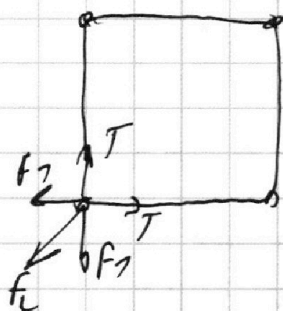
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



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

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

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

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

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

$$E_{n2} = \frac{3kq^2}{b} + \frac{2kq^2}{2b} + \frac{kq^2}{3b}$$

$$\frac{4kq^2}{b} + \frac{2kq^2}{\sqrt{2}b} - \frac{3kq^2}{b} - \frac{2kq^2}{2b} - \frac{kq^2}{3b} =$$

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

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

$$A_{12} = \left(\frac{5}{12} - \frac{1}{2}\right) VR (T_2 - T_1) = \left(2 - \frac{3}{2}\right) \cdot 8,37 \cdot 3 \cdot 400$$

$$\begin{array}{r} 1 \cdot 837 \\ 837 \\ \hline 1674 \\ \hline 2511 \end{array}$$

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

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

$$= 6 + \sqrt{2} - 2 + 2,5 - 5\sqrt{2} = 7,5 - 4\sqrt{2}$$

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

$$\begin{array}{r} 7,5 \\ - 4 \\ \hline 3,5 \\ \hline 5,6 \end{array}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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