

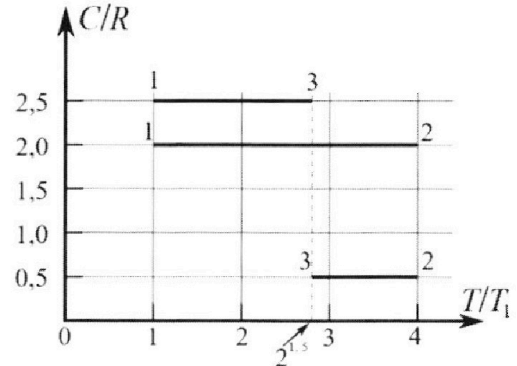
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

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



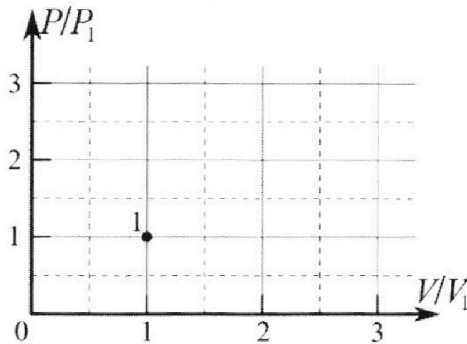
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2,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



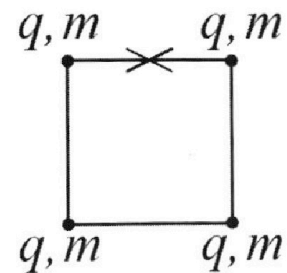
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $b$  (см. рис.). Масса каждого шарика  $m$ , заряд  $q$ .

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.



# 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.

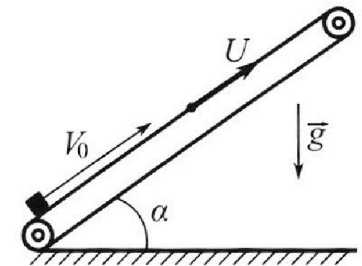
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

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.

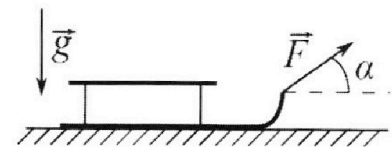
2) На как ом расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 2$  м/с?

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.

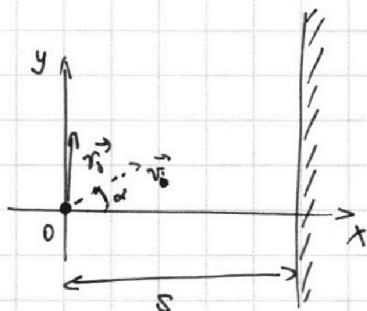
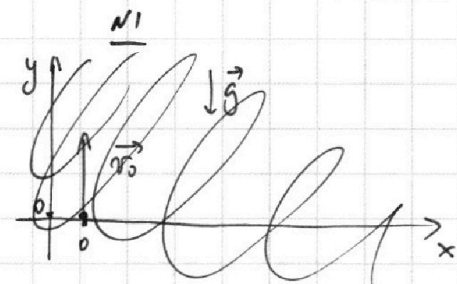
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$1) \quad y = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$$

$$v_y = v_0 - g t$$

В точке наиб. высоты  $v_y = 0$

$$\boxed{v_0 = g \frac{h}{g} T = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2\text{с} = \boxed{20 \frac{\text{м}}{\text{с}}}}$$

2) Запишем уравнение траектории мяча (выберем координатную систему).

$$x = v_0 \cos \alpha t; \quad t = \frac{x}{v_0 \cos \alpha}$$

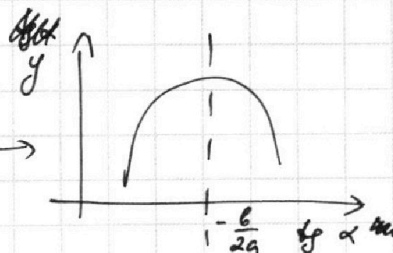
$$y = v_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2} = \frac{v_0 \sin \alpha \cdot x}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g \cdot x^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} = \text{tg} \alpha \cdot x - x^2 \frac{g}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} \quad \textcircled{=}$$

$$\parallel \frac{1}{\cos^2 \alpha} = \frac{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = 1 + \text{tg}^2 \alpha$$

$$\textcircled{=} \text{tg} \alpha \cdot x - x^2 \frac{g(1 + \text{tg}^2 \alpha)}{2 v_0^2} = x \cdot \text{tg} \alpha - x^2 \frac{g}{2 v_0^2} - x^2 \frac{g \text{tg}^2 \alpha}{2 v_0^2}$$

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

$$y = -\text{tg}^2 \alpha \cdot \frac{x^2 g}{2 v_0^2} + \text{tg} \alpha \cdot x - \frac{x^2 g}{2 v_0^2}$$



В момент, когда мяч ударился об стену:  $x = s$   
~~высота мяча~~  $y$  - хотим макс.

$y(\text{tg} \alpha)$  - парабола ветвей вниз. значит, макс.  $y$  при  $\text{tg} \alpha$  соотв. вершине параболы.

$(x_0; y_0)$  - коорд. верш.

$$x_0 = -\frac{b}{2a} = + \frac{x^2}{2 \cdot \frac{x^2 g}{2 v_0^2}} = \frac{v_0^2}{x g} = \text{tg} \alpha_0 = \frac{v_0^2}{g s}$$

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!

N1 (программ.)

$$y_{\alpha_0} = \frac{v_0^2}{gS} = \frac{v_0^2}{g \cdot x}$$

$$y_{\max} = -y_{\alpha_0}^2 \frac{x^2 g}{2v_0^2} + y_{\alpha_0} \cdot x - \frac{x^2 g}{2v_0^2} =$$

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

$$= \frac{v_0^2}{2g} - \frac{g x^2}{2v_0^2} = \frac{v_0^4 - g^2 x^2}{2g v_0^2} = \frac{20^4 - 10^2 \cdot 20^2}{2 \cdot 10 \cdot 20^2} = \frac{400 - 100}{20} = \boxed{15 \text{ м}}$$

(проверим размер  $\frac{\frac{M^4}{c^4} - \frac{M^2 \cdot M^2}{c^4}}{\frac{M}{c^2} \cdot \frac{M^2}{c^2}} = \frac{M^4 \cdot c^4}{c^4 \cdot M^3} = M; \text{ (V) } )$

Ответ: 1) 20 м/с  
2) 15 м

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

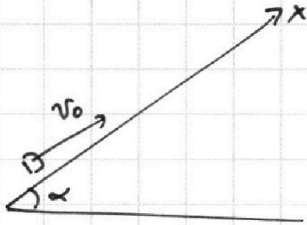
1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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

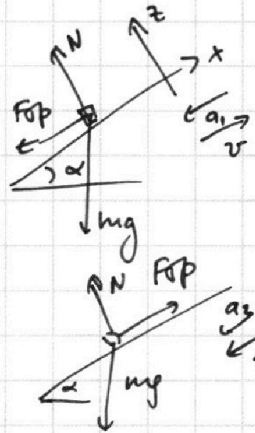


N2



$$\sin \alpha = \frac{4}{5}$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \frac{16}{25}} = \sqrt{\frac{9}{25}} = \frac{3}{5}$$



II з.и. (x; z)

$$mg \cos \alpha = N$$

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

$$a_1 = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

$$a_1 = 10 \left( \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5} + \frac{4}{5} \right) = \boxed{10 \frac{M}{c^2}}$$

$$\mu g \cos \alpha = N$$

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

$$a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

$$a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

$$a_2 = 10 \left( \frac{4}{5} - \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5} \right) = \boxed{6 \frac{M}{c^2}}$$

уравнение движения ↑ по ленте: (6 ИСО лент)

$$x_{\uparrow} = v_0' t - \frac{a_1 t^2}{2} = v_0' t - 5 t^2$$

$$v_x = v_0' - a_1 t = v_0' - 10 t$$

уравнение движ. ↓ по ленте (8 ИСО лент)

$$x = -\frac{a_2 t^2}{2} = -3 t^2$$

$$v_x = -a_2 t = -6 t$$

t отсчитывается от момента начала движ. вниз

момент остановки исп. на ленте:

$$v_0' - 10 t_0 = 0 ; t_0 = \frac{v_0'}{10} ; x_0 = \frac{(v_0')^2}{10} - 5 \cdot \frac{(v_0')^2}{10}$$

$$1) t_0 = \frac{v_0}{10} = \frac{4}{10} = \frac{2}{5} c ; x_0 = \frac{4}{10} \cdot \frac{2}{5} - 5 \cdot \frac{4}{25} = \frac{4}{5} M$$

осталось пройти  $\frac{1}{5}$  м:

$$|x| = 3 t_1^2 = \frac{1}{5} ; t_1 = \frac{1}{\sqrt{15}}$$

$$T = t_1 + t_0 = \left( \frac{2}{5} + \frac{1}{\sqrt{15}} \right) c$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

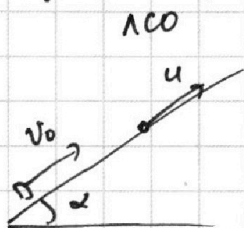
1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

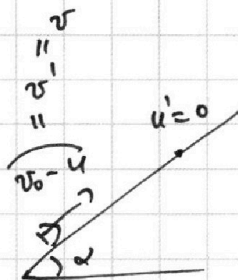
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



2) (продолжение)



$\Rightarrow$   
 $-u$



$$v = 4 - 2 = 2 \text{ м/с}$$

$$u = 2 \text{ м/с}$$

уск.  $a_1, a_2$  не угм.

$$t'_0 = \frac{r}{10} = \frac{2}{10} = \frac{1}{5} \text{ с}; \quad x'_0 = 2 \cdot \frac{1}{5} - 5 \cdot \frac{1}{5^2} = \frac{1}{5} \text{ м}$$

или хотим момент, когда:

$$v = u; \quad v' = u - u = 0. \quad (1)$$

или

$$v = -u; \quad v' = -2u = -4 \text{ м/с} \quad (2)$$

(1) момент смены напр. движ:  $x'_0 = \frac{1}{5}$

$$\boxed{L} = x'_0 + u t'_0 = \frac{1}{5} + 2 \cdot \frac{1}{5} = \boxed{\frac{3}{5} \text{ м}}$$

(2) при движ. вниз момент

$$v = -a_2 t_2 = -2u; \quad t_2 = \frac{2u}{a_2} = \frac{4}{6} = \frac{2}{3} \text{ с}$$

$$\Delta x = -\frac{a_2 t_2^2}{2} = -\frac{3 \cdot 4}{9} = -\frac{4}{3} \text{ м}$$

$$\boxed{L} = x'_0 + u t'_0 + \Delta x + u t_2 = \frac{3}{5} - \frac{4}{3} + 2 \cdot \frac{2}{3} = \boxed{\frac{3}{5} \text{ м}}$$

3)  $v = 0; \quad v' = 0 - u = -u$

коробка едет вниз:

$$v = -a_2 t_3 = -u; \quad t_3 = \frac{u}{a_2} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3} \text{ с}$$

$$\Delta x = -\frac{a_2 t_3^2}{2} = -\frac{3 \cdot 1}{9} = -\frac{1}{3} \text{ м}$$

$$x_3 = x'_0 + u t'_0 + \Delta x + u t_3 = \frac{3}{5} - \frac{1}{3} + \frac{2 \cdot 1}{3} = \frac{3}{5} + \frac{1}{3} = \frac{9+5}{15} = \frac{14}{15} \text{ м}$$

$$K = x_3 \sin \alpha = \left[ \frac{14}{15} \cdot \frac{4}{5} \right] = \frac{56}{75} \text{ м}$$

Ответ: 1)  $\left( \frac{2}{5} + \frac{1}{\sqrt{5}} \right) \text{ с}$ ; 2)  $\frac{3}{5} \text{ м}$ ; 3)  $\frac{56}{75} \text{ м}$

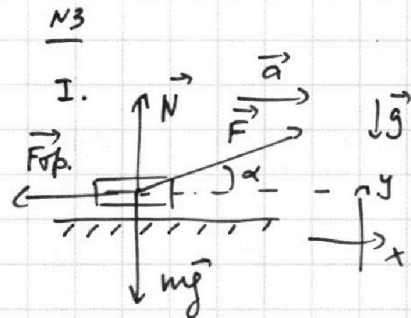
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!

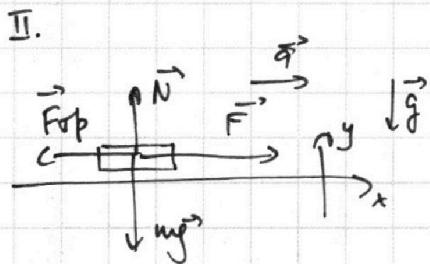


II з.к. (ка x и ка y)

$$ma = F \cos \alpha - F_{sp} = F \cos \alpha - \mu N$$

~~$$mg = N + F \sin \alpha; N = mg - F \sin \alpha$$~~

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



$$N = mg$$

$$ma = F - F_{sp} = F - \mu mg$$

$$v = v_0 + at; t = \frac{v - v_0}{a}; v_0 = 0; t = \frac{v}{a}$$

$$t_1 = t_2; \frac{v}{a_1} = \frac{v}{a_2}; a_1 = a_2$$

1)  $ma = mg$

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

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

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

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

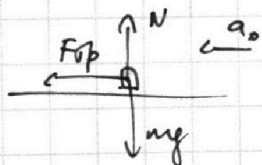
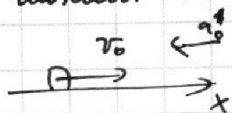
$$\boxed{\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}}$$

Ответ:

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

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

2) момент начала отсчета - внешний г. шат прекращено



$$N = mg$$

$$ma_0 = F_{sp} = \mu mg$$

$$a_0 = \mu g$$

II з.к.

сачки ост:  $v_x = 0$

$$v_x(T) = 0$$

$$v_x(T) = v_0 - a_0 T = 0$$

$$v_0 = a_0 T$$

$$\boxed{T = \frac{v_0}{a_0} = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



№4

Заметим, что, если  $p = \text{const}$

$$Q = A + \Delta U = p \Delta V + \frac{3}{2} \Delta R \Delta T = \frac{5}{2} \Delta R \Delta T = c \Delta T; \quad c = \frac{5}{2} R = 2,5 R$$

значит процессы 1-3 изобарические.

$$pV = \nu RT$$

$$Q = \Delta U + A$$

$$Q = c \Delta T$$

У графика:

$$T_2 = 4T_1$$

$$T_3 = \beta T_1$$

1)  $Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}$

$$A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = c_{12} \Delta T - \frac{3}{2} \Delta R \Delta T = 2R \cdot \nu \cdot 3T_1 - \frac{3}{2} \nu R \cdot 3T_1 =$$

$$= \nu RT_1 \left( 6 - \frac{9}{2} \right) = 1,5 \nu RT_1 = 1,5 \cdot 1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 400 \text{ К} =$$

$$= 1,5 \cdot 8,31 \cdot 400 \text{ Дж} = \boxed{4986 \text{ Дж}}$$

2)  $\eta = \frac{A}{Q_{\text{пол}}} = \frac{Q_{\text{пол}} - |Q_{\text{отг}}|}{Q_{\text{пол}}}$

3)  $n$  - коэф адiabатизма

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

$$n = \frac{c_p - c}{c_v - c}$$

$$n_{12} = \frac{2,5 - 2}{1,5 - 2} = -1$$

$$n_{13} = \frac{2,5 - 2,5}{1,5 - 2,5} = 0$$

$$c_p = 2,5 R$$

$$c_v = 1,5 R$$

$$n_{23} = \frac{2,5 - 0,5}{1,5 - 0,5} = 2$$

$$\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2}; \quad \frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1} \quad (*)$$

$$p_1 V_3^2 = p_2 V_2^2; \quad \frac{p_2}{p_1} = \frac{V_3^2}{V_2^2}$$

$$p_1 = p_3 \quad (**)$$

(1)  $p_1 V_1 = \nu RT_1$

(2)  $p_2 V_2 = 4 \nu RT_1$

(3)  $p_3 V_3 = \beta \nu RT_1$

$$\frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = 4; \quad \frac{p_2^2}{p_1^2} = 4; \quad \frac{p_2}{p_1} = 2; \quad \frac{V_2}{V_1} = 2$$

$$(**) \quad \frac{V_3^2}{V_2^2} = \frac{p_2}{p_1} = 2; \quad V_3^2 = 2 V_2^2 = 2 \cdot 4 V_1^2 = 8 V_1^2$$

$$\frac{p_3 V_3}{p_1 V_1} = \frac{\beta \nu RT_1}{\nu RT_1}$$

$$\frac{p_3}{p_1} \cdot 2\sqrt{2} = \beta$$

$p_3 = p_1$  (изобара)

$$\frac{p_3}{p_1} = 1$$

$$\frac{V_3^2}{V_1^2} = 8; \quad \frac{V_3}{V_1} = 2\sqrt{2}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1     2     3     4     5     6     7

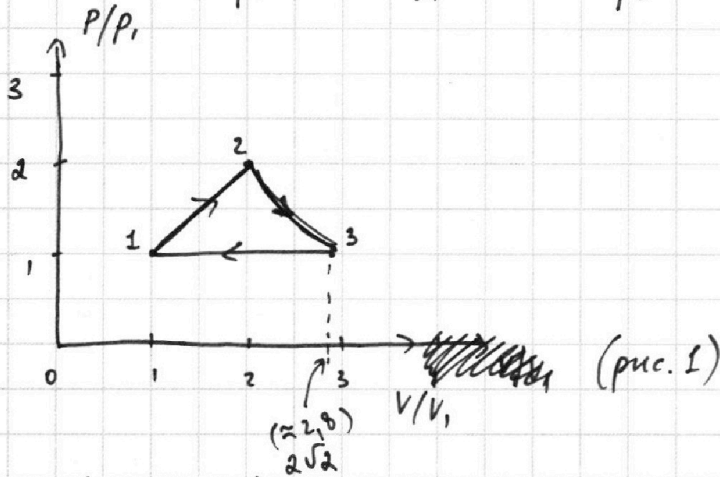
**МФТИ**

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



N4 (продолжение)

Итак:  $\frac{P_2}{P_1} = 2$  ;  $\frac{V_2}{V_1} = 2$  ;  $\frac{P_3}{P_1} = 1$  ;  $\frac{V_3}{V_1} = 2\sqrt{2}$



$2\sqrt{2} \approx 2.14 \approx 2.8$

(12, 13 - критические линии)

2) (УР-а соос.)

$\frac{P_3 V_3}{P_1 V_1} = \beta = 2\sqrt{2}$  ;  $T_3 = 2\sqrt{2} T_1$

$Q_{12} = c_{12} \Delta T = 2R \cdot 2 \cdot 3T_1 = 6\sqrt{2} RT_1 > 0$  ) подг.

$Q_{23} = c_{23} \Delta T = \frac{1}{2} R \cdot 2 \cdot (T_3 - T_2) = \frac{1}{2} \sqrt{2} R (2\sqrt{2} - 4) T_1 = (\sqrt{2} - 2) \sqrt{2} RT_1 = -(2 - \sqrt{2}) \sqrt{2} RT_1 < 0$  ) орг.

$Q_{31} = c_{31} \Delta T = \frac{5}{2} R \cdot 2 \cdot (T_1 - T_3) = \frac{5}{2} \sqrt{2} R (1 - 2\sqrt{2}) T_1 < 0$  ) орг.  
 $= \frac{5(1 - 2\sqrt{2})}{2} \sqrt{2} RT_1 < 0$

$\eta = \frac{Q_{non} - |Q_{org}|}{Q_{non}} = \frac{6\sqrt{2} RT_1 - (2 - \sqrt{2}) \sqrt{2} RT_1 - \frac{5(2\sqrt{2} - 1)}{2} \sqrt{2} RT_1}{6\sqrt{2} RT_1} =$   
 $= \frac{6 - (2 - \sqrt{2}) - \frac{5}{2}(2\sqrt{2} - 1)}{6} = \frac{6 - 2 + \sqrt{2} - \frac{5}{2} \cdot 2\sqrt{2} + \frac{5}{2}}{6} = \frac{6.5 - 4\sqrt{2}}{6} =$

$\eta = \left| \frac{13 - 8\sqrt{2}}{12} \right|$

- Ответы:
- 1) 4986%
  - 2)  $\frac{13 - 8\sqrt{2}}{12}$
  - 3) см. рис. 1

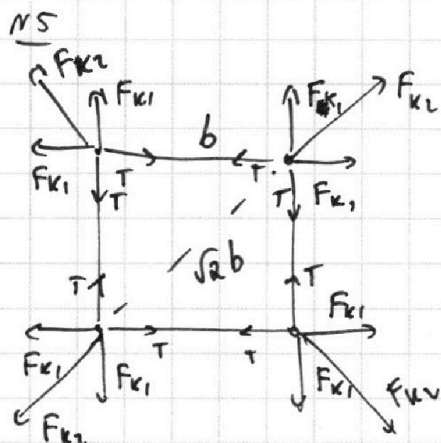
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!

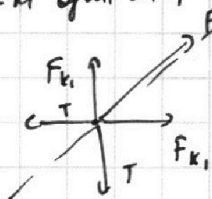


$$F_{k1} = \frac{kq^2}{b^2}$$

$$F_{k2} = \frac{kq^2}{\sqrt{2}b^2}$$

$$2F_{k2} = F_{k1}$$

картинка сил. T ортосков.  
р-м один шарик и сил, действ. на него:



или:  $\sqrt{2}$

$$F_{k2} + \sqrt{2} F_{k1} = \sqrt{2} T$$

или

$$T = \frac{F_{k2} + F_{k1}}{\sqrt{2}}$$

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

по перемещениям

$$E_1 = 4 \frac{kq^2}{b} + 2 \frac{kq^2}{\sqrt{2}b} = \frac{kq^2}{b} (4 + \sqrt{2})$$

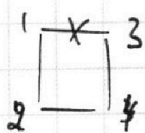
поле сцепств. (на преле.)

$$E_2 = W_{кин} + 3 \frac{kq^2}{b} + 2 \frac{kq^2}{\sqrt{2}b} + \frac{kq^2}{3b} =$$

$$= W_{кин} + \frac{kq^2}{b} \left(4 + \frac{1}{3}\right)$$

$$E_1 = E_2 \quad (3C7)$$

$$W_{кин} = \frac{kq^2}{b} \left(4 + \sqrt{2} - 4 - \frac{1}{3}\right) = \frac{kq^2}{b} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3}\right)$$



из симметрии:  $v_1 = v_3$

$$v_2 = v_4$$

$$v_1 + v_3 \quad v_2 + v_4$$

$$\text{следств (3C8): } 2v_1 = 2v_2; \quad v_1 \neq v_2 = v$$

Найдем v.

$$W_{кин} = \frac{4mv^2}{2} = 2mv^2 = \frac{kq^2}{b} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3}\right);$$

$$v = \sqrt{\frac{kq^2 \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3}\right)}{2bm}}$$

(допускается  
или  $v = \sqrt{\frac{kq^2 \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3}\right)}{2bm}}$ )

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

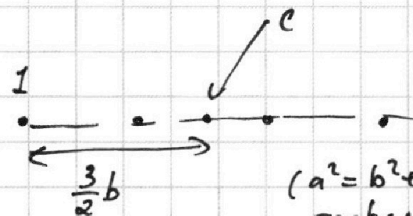
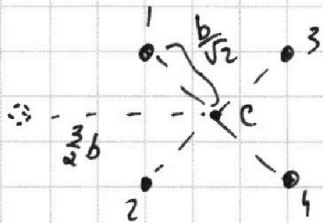
**МФТИ**

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

NS (прорисованные)

3) у. масс системы не цм. само положение, т.к. внешние силы нет

$c$  - у. масс

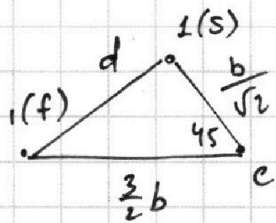


$(a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \alpha)$   
теорема косинусов

$$d^2 = \frac{b^2}{2} + \frac{9b^2}{4} - \cancel{2} \cdot \frac{b}{\sqrt{2}} \cdot \frac{3}{2} b \cos 45^\circ$$

$$d^2 = b^2 \left( \frac{1}{2} + \frac{9}{4} - \frac{3}{2} \right) = b^2 \frac{5}{4}$$

$$d = b \frac{\sqrt{5}}{2}$$



ответ: 1)  $T = \frac{kq^2}{b^2} \left( 1 + \frac{1}{2\sqrt{2}} \right)$

2)  $r = \sqrt{\frac{kq^2}{2bm} \left( \sqrt{3} - \frac{1}{3} \right)}$

3)  $d = b \frac{\sqrt{5}}{2}$



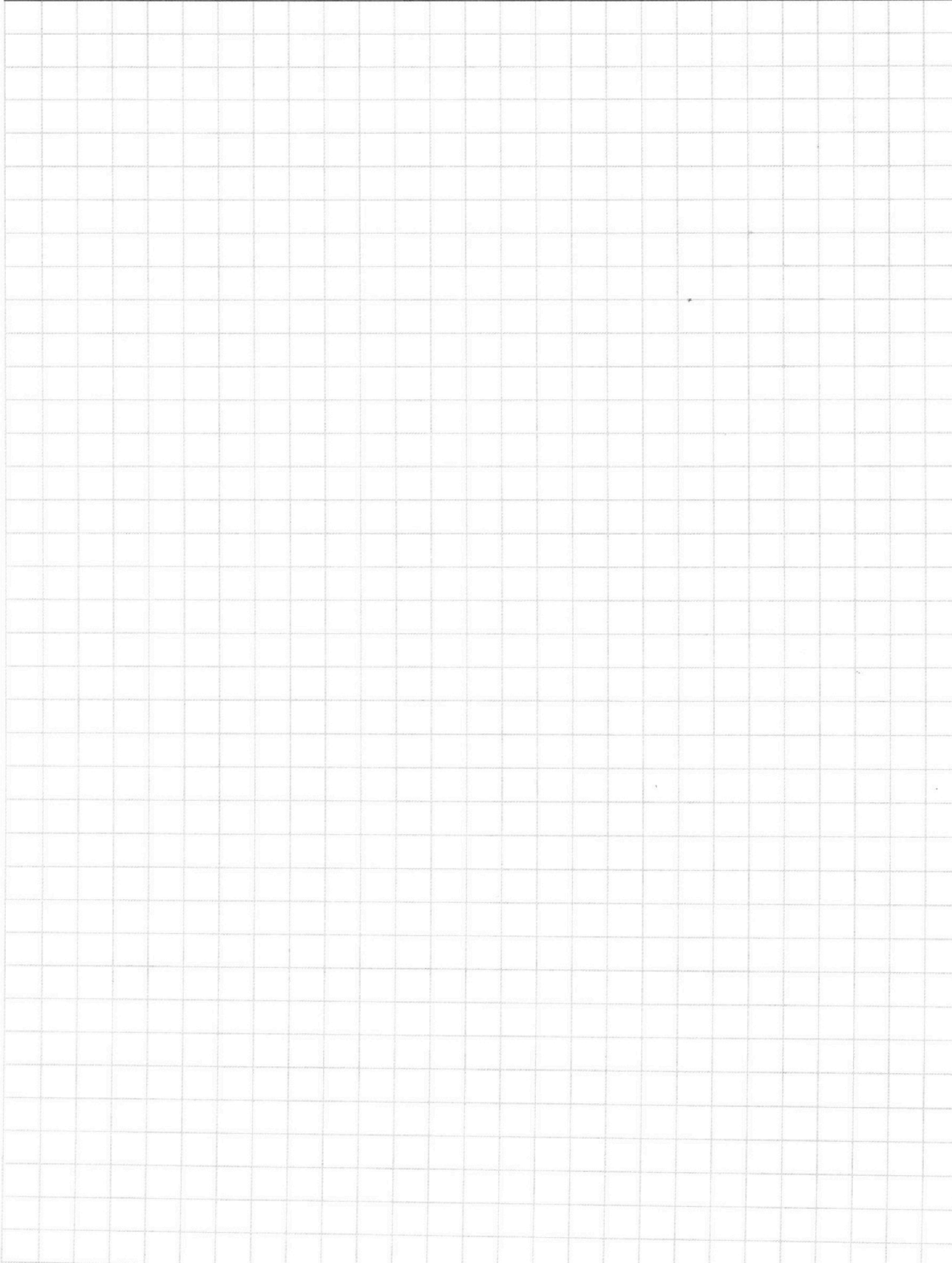
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!



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

$$p = \text{const}$$

$$Q = A + \alpha U$$

$$Q = p\alpha V + \frac{3}{2} \cancel{\alpha R \alpha T} = \frac{5}{2} \cancel{\alpha R \alpha T} = c \cancel{\alpha T}$$

$$Q = c \Delta T$$

$$c = \frac{Q}{\Delta T}$$

$$T_1 = T_1$$

$$T_2 = 4T_1$$

$$T_3 = \frac{25}{\beta} T_1$$

$$c = \frac{5}{2} R = 2,5 R$$

13 - углобар

$\frac{3}{2} R$  - углобар

$$\alpha U_{12} = \frac{3}{2} \alpha R (T_2 - T_1) = \frac{9}{2} \alpha R T_1$$

$$Q_{12} = c_{12} \Delta T = A_{12} + \alpha U_{12}$$

$$Q_{13} = c_{13} \Delta T = A_{13} + \alpha U_{13}$$

$$A_{12} = Q_{12} - \alpha U_{12} = c_{12} \Delta T - \frac{9}{2} \alpha R T_1$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ 1,5 \\ 4 \\ 6,0 \\ \hline 1 \\ 831 \\ 6 \\ \hline 4986 \end{array} \quad 18$$

$$\frac{c - c_p}{c - c_v} = \eta$$

$$\frac{c_p}{c_v} = \frac{5}{3}$$

$$c_p = 2,5 R$$

$$c_v = 1,5 R$$

$\eta_{12}$

$$\eta_{13} = 0$$

$$\eta_{23} = \frac{0,5 - 2,5}{0,5 - 1,5} = \frac{2}{1} = 2$$

$$\eta_{23} = 2$$

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

точка

$$p_2 V_2^2 = p_3 V_3^2$$

$$\frac{p_2}{p_3} = \frac{V_3^2}{V_2^2}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_3^2}{V_2^2}$$

$$p_3 = p_1$$

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

$$\frac{p}{V} = \text{const}$$

$$\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1}$$

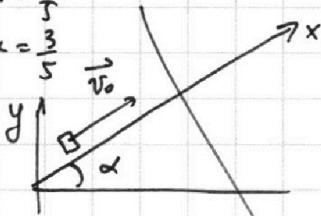
1  2  3  4  5  6  7

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



1)

$\sin \alpha = \frac{4}{5}$   
 $\cos \alpha = \frac{3}{5}$



(берем СИ)

$\Delta x_1 = v_0 t - \frac{a_1 t^2}{2} = 4t - 5t^2$

$t_{\text{верши}} = \frac{-b}{2a_1} = \frac{+4}{-10} = -\frac{2}{5}$

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

$D = 16 - 4 \cdot 5 < 0$

зн. получается го. вершины не имеет, и идет вниз

$x_{\text{верши}} = 4 \cdot \frac{2}{5} - 5 \cdot \frac{2}{5} = \frac{4}{5} \text{ м}$

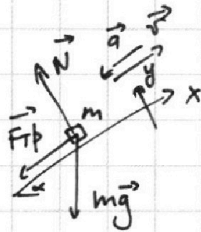
оси  $\frac{1}{5} \text{ м}$ :

$\Delta x_2 = \frac{a_2 t_2^2}{2} = \frac{1}{5} \text{ м}$   $\frac{6 \cdot t_2^2}{2} = 3t_2^2 = \frac{1}{5} \text{ м}$

$t_2 = \sqrt{\frac{1}{15}} \text{ с}$

$T = t_{\text{верши}} + t_2 = \frac{2}{5} + \frac{1}{\sqrt{15}}$

(Направимся  $\vec{v}_0$   $\perp$   $\vec{v}_0$  вверх по плоскости (часы условия))



II з.к на x,y:

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

$mg \cos \alpha = N$

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

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

(коробка движ. вверх)

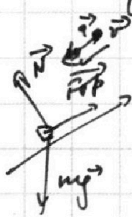
$a_1 = 10 \cdot (\frac{4}{5} + \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5}) = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

(коробка движ. вниз,  $F_{\text{тр}}$  направ.  $\uparrow$   $\perp$   $\vec{v}$ )

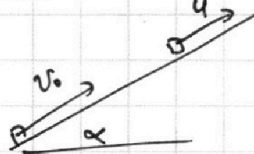
$ma = mg \sin \alpha - \mu N \cos \alpha$

$a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$

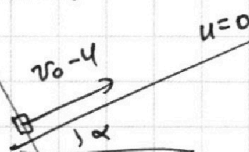
$a_2 = 10(\frac{4}{5} - \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5}) = \frac{10 \cdot 3}{3} = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$



ЛСО:



ЛСО вниз:



2) Перейдем в ЛСО вниз.

Коним  $v_{\text{к}}(t) = u$ ;  $v_{\text{к}}(t) = 0$

(коробка движ. вверх  $\perp$  ЛСО) (1)

$v_{\text{к}}(t) = -4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

(коробка движ. вниз  $\perp$  ЛСО) (2)

$v = v_0 - u = 4 - 2 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$L = ut + x' = 2 \cdot \frac{1}{5} + \frac{1}{5} = \frac{3}{5} \text{ м}$

(1)  $v^*(t) = v - a_1 t$

$0 = 2 - 10t$

$t_3 = \frac{1}{5} \text{ с}$

$x' = vt - \frac{a_1 t^2}{2} = \frac{2 \cdot 1}{5} - \frac{10 \cdot 1}{2} = \frac{1}{5} \text{ м (по левому)}$

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!

(2) ~~после~~ после остановки коробка едет вниз  $6 \text{ М/с}^2$

так  $v(t) = a_2 t$ ;  $a_2 t_4 = 4 \text{ М/с}$ ;  $t_4 = \frac{4}{6} = \frac{2}{3} \text{ с}$

$\Delta x = -\frac{a_2 t_4^2}{2} = -\frac{6 \cdot \frac{4}{9}}{2} = -\frac{4}{3} \text{ м}$

$x'' = \frac{1}{3} \Delta x + u t_4 = -\frac{4}{3} + 2 \cdot \frac{2}{3} = 0$

$L = \frac{3}{5} \text{ м} = L_{(1)} + 0$

$v_{\text{исо}_x}(\tau) = 0$ ;  $v_{\text{исо}_x}(\tau) = -2 \text{ М/с}$

коробка едет вниз по лифте

зависит от координат  $x, y$   
(см. карту координат)  
классов по осям — нач. положение.

В момент начала движения вниз коробка имеет координату

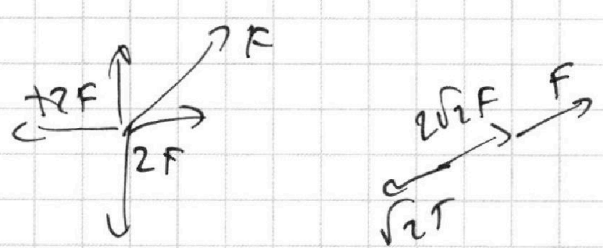
$x_1 = \frac{1}{5}$  (в ИСО)

$\Delta v_x(\tau) = -a_2 \tau$ ;  $6\tau = 12$   
(ИСО)  $\tau = \frac{1}{3} \text{ с}$

$x(\tau) = \frac{1}{5} - \frac{a_2 \tau^2}{2} = \frac{1}{5} - \frac{6 \cdot \frac{1}{9}}{2} = -\frac{2}{15}$

$x(\tau) = u(t_{\text{исог}} + \tau) - \frac{2}{15} = 2 \cdot \left(\frac{1}{5} + \frac{1}{3}\right) - \frac{2}{15} = 0$

$y = 0$



$\frac{1}{\sqrt{2}}$   
 $45^\circ$   
 $\frac{2}{2} = 1$

$\frac{2}{4} + \frac{9}{4} = 2 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{8}{4}$   
 $2 + \frac{9}{4} = 8$   
 $\frac{5}{4}$   
 $\frac{2\sqrt{2} + 1}{\sqrt{2}}$   
 $6^2$   
 $(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}})$