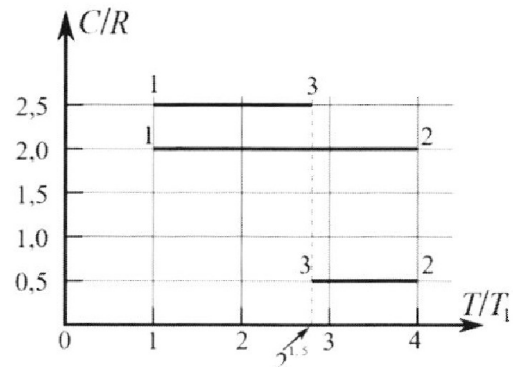


Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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

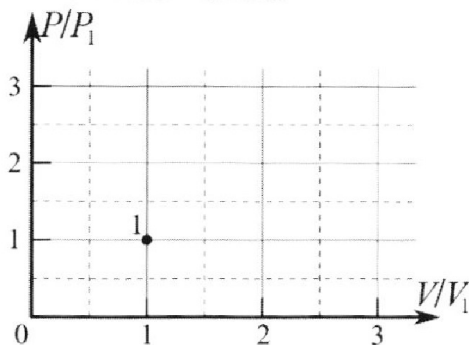
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



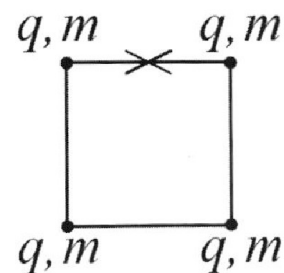
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

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.

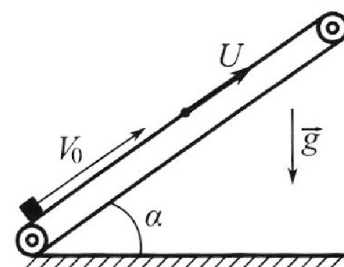
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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/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.

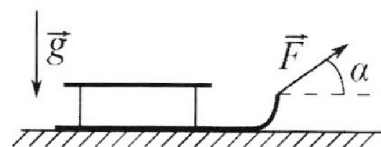
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

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.

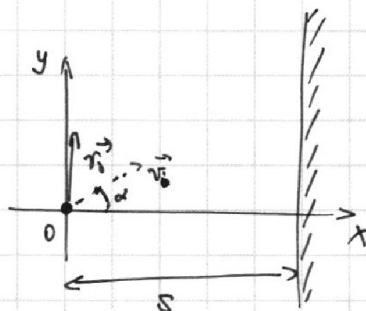
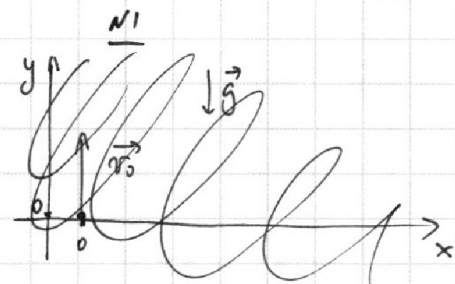
2) Через какое время T после прекращения действия силы санки остановятся? Ускорение свободного падения g .

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.



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!



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

$$v_y = v_0 - g t$$

В точке наиб. высь. $v_y = 0$

$$v_0 = g \frac{t_0}{2} T = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2\text{с} = \boxed{20 \frac{\text{м}}{\text{с}}}$$

2) Запишем у-е траектории мяча (выберем ко).

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

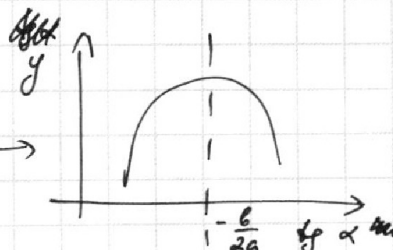
$$y = v_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2} = \frac{v_0 \sin \alpha \cdot x}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g \cdot x^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} = \tg \alpha \cdot x - x^2 \frac{g}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} \quad (\equiv)$$

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

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

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

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



В момент, когда мяч ударился об стенку: $x = S$

y — хотим макс.

~~гравитация~~

$y(\tg \alpha)$ — параболы ветвится вниз, значит, макс. y при $\tg \alpha$ соотв. вершине параболы.

$(x_0; y_0)$ — коорд. верш.

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

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.)

$$y_{\alpha_0} = \frac{v_0^2}{gS} = \frac{v_0^2}{gx}$$

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

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

$$= \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gx^2}{2v_0^2} = \frac{v_0^4 - g^2 x^2}{2gv_0^2} = \frac{20^4 - 10^2 \cdot 20^2}{2 \cdot 10 \cdot 20^2} = \frac{400 - 100}{20} = \boxed{15 \text{ м}}$$

(проверим разн.) $\frac{\frac{M^4}{c^4} - \frac{M^2 \cdot M^2}{c^4}}{\frac{M}{c^2} \cdot \frac{M^2}{c^2}} = \frac{\frac{M^4 \cdot c^4}{c^4} \cdot M^3}{c^4 \cdot M^3} = M; (\checkmark)$

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:

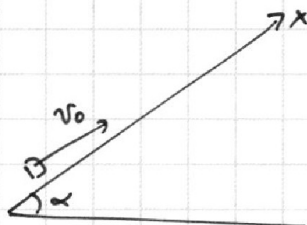
1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

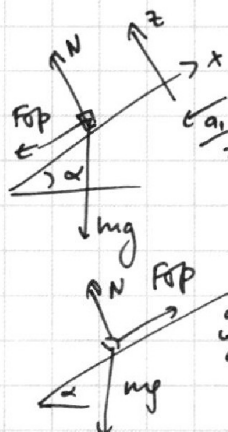


№2



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

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



II 3. И. (x; z)

$$mg \cos \alpha = N$$

$$\mu a_1 = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

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

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

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

$$\mu a_2 = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

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

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

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

уравнение движения ↑ по ленте: (6 ИСО лент)

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

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

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 кор. на ленте:

$$v_0' - 10 t_0 = 0 ; t_0 = \frac{v_0'}{10} ; x_0 = \frac{(v_0')^2}{20} = 5 \cdot \frac{(v_0')^2}{10}$$

$$1) t_0 = \frac{v_0}{10} = \frac{4}{10} = \frac{2}{5} \text{ с} ; x_0 = 4 \cdot \frac{2}{5} - 5 \cdot \frac{4}{25} = \frac{4}{5} \text{ м}$$

осталось пройти $\frac{1}{5}$ м:

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

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

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

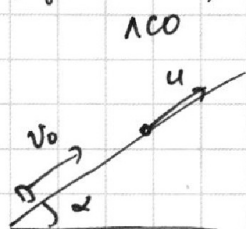
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

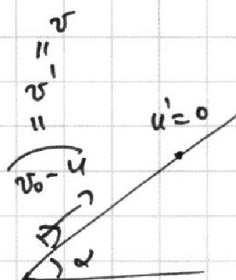
МФТИ

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

уз) (продолжение)



$\Rightarrow$
 $-u$



$$v = 4 - 2 = 2 \text{ м/с}$$

$$u = 2 \text{ м/с}$$

усл. a_1, a_2 не усл.

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

также 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: $x'_0 = \frac{1}{5}$

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

(2) при движ. вниз момент

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

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

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

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

каретка едет вниз:

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

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

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

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

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

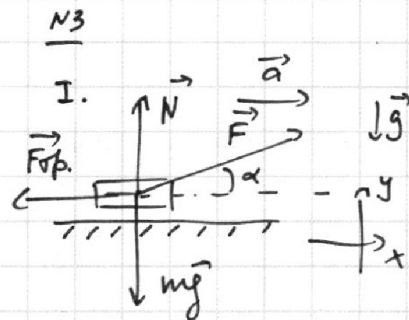
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



МФТИ

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



II 3.4. (на x и на y)

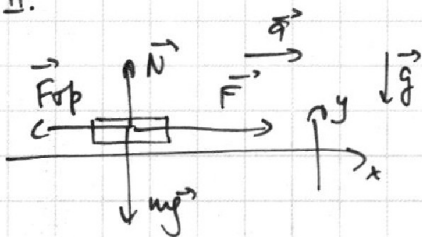
$$ma = F \cos \alpha - F_{\text{тр}} = F \cos \alpha - \mu N$$

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

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

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

II.



$$N = mg$$

$$ma = F - F_{\text{тр}} = F - \mu mg$$

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

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

1) $ma = mg$

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

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

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

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

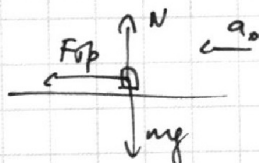
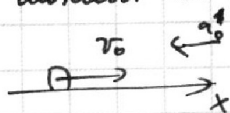
$$\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

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



$$N = mg$$

$$ma_0 = F_{\text{тр}} = \mu mg$$

$$a_0 = \mu g$$

$$\left. \begin{array}{l} N = mg \\ ma_0 = F_{\text{тр}} = \mu mg \\ a_0 = \mu g \end{array} \right\} \text{II 3.4.}$$

сачки от: $v_x = 0$

$$v_x(T) = 0$$

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

$$v_0 = a_0 T$$

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

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

Заметим, что, если $p = \text{const}$

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

значит процесс 1-3 изобарический.

$$\begin{aligned} pV &= \nu RT \\ Q &= Q_{\text{из}} + A \\ Q &= c \nu R \Delta T \end{aligned}$$

из графика:

$$T_2 = 4T_1$$

$$T_3 = 3T_1$$

$$\begin{aligned} 1) \quad Q_{12} &= A_{12} + Q_{\text{из}12} \\ A_{12} &= Q_{12} - Q_{\text{из}12} = c_{12} \nu R \Delta T - \frac{3}{2} \nu R \Delta T = 2R \cdot \nu \cdot 3T_1 - \frac{3}{2} \nu R \cdot 3T_1 = \\ &= \nu R T_1 \left(6 - \frac{9}{2} \right) = 1,5 \nu R T_1 = 1,5 \cdot 1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 400 \text{ К} = \\ &= 1,5 \cdot 8,31 \cdot 400 \text{ Дж} = \boxed{4986 \text{ Дж}} \end{aligned}$$

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

κ - коэф. адиабаты $pV^{\kappa} = \text{const}$

$$\begin{aligned} 3) \quad \kappa &= \frac{c_p - c}{c_v - c}; \quad \kappa_{12} = \frac{2,5 - 2}{1,5 - 2} = -1 \\ \kappa_{13} &= \frac{2,5 - 2,5}{1,5 - 2,5} = 0 \\ c_p &= 2,5R \\ c_v &= 1,5R \\ \kappa_{23} &= \frac{2,5 - 0,5}{1,5 - 0,5} = 2 \end{aligned}$$

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

$$\frac{p_1 V_1^2}{p_2 V_2^2} = 1; \quad \frac{p_2}{p_1} = \frac{V_1^2}{V_2^2} \quad (**)$$

$$\begin{aligned} (1) \quad p_1 V_1 &= \nu R T_1 \\ (2) \quad p_2 V_2 &= 4 \nu R T_1 \\ (3) \quad p_3 V_3 &= 3 \nu R T_1 \end{aligned}$$

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

$$\frac{p_3 V_3}{p_1 V_1} = \frac{3 \nu R T_1}{\nu R T_1} = 3$$

$$p_3 = p_1 \text{ (изобара)}$$

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

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

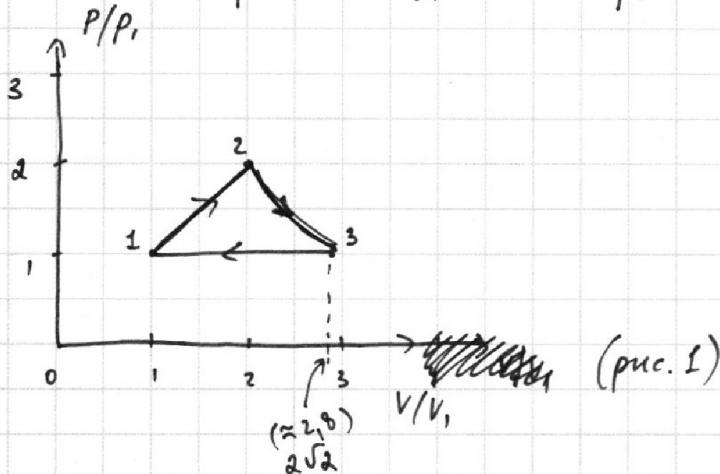
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

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



№4 (продолжение)

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 точки)

2) (уравнение состояния)

$\frac{(3)}{(1)}: \frac{p_3 V_3}{p_1 V_1} = \beta = 2\sqrt{2}$; $T_3 = 2\sqrt{2} T_1$

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

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

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

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

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

Ответ:

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

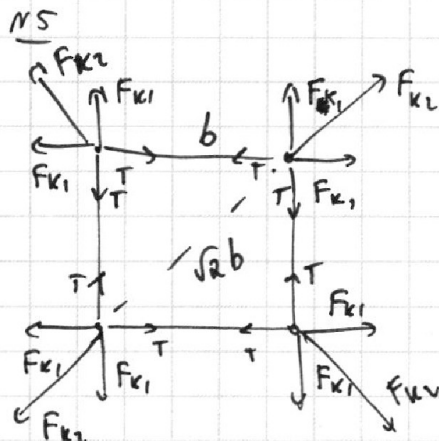
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!

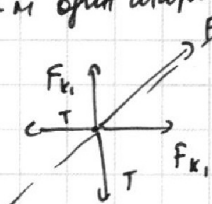


$$F_{k1} = \frac{kq^2}{b^2}$$

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

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

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



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

или

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

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

по периметру

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

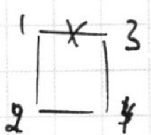
поле пересек. (на прел.)

$$E_2 = W_{кин} + 3 \frac{kq^2}{b} + 4 \frac{kq^2}{2b} + \frac{kq^2}{3b} =$$

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

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

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



из симметрии: $v_1 = v_3$, $v_2 = v_4$

или (3C8): $v_1 + v_3 = v_2 + v_4$; $v_1 \neq v_2 = v$

Найдем v.

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

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

(модуль скорости шарика)

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

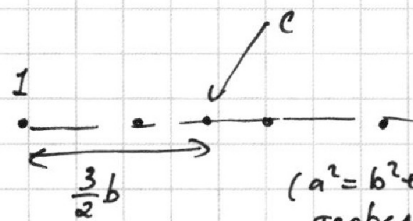
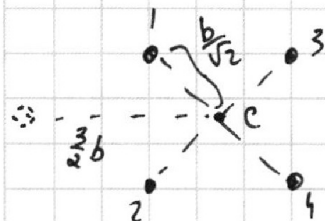
МФТИ

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

NS (прорисовка)

3) у. масс системы не изм. св-во положения, т.к. внешние
сил нет

c - у. масс



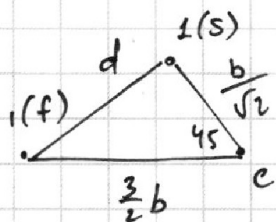
$$(a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \alpha)$$

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



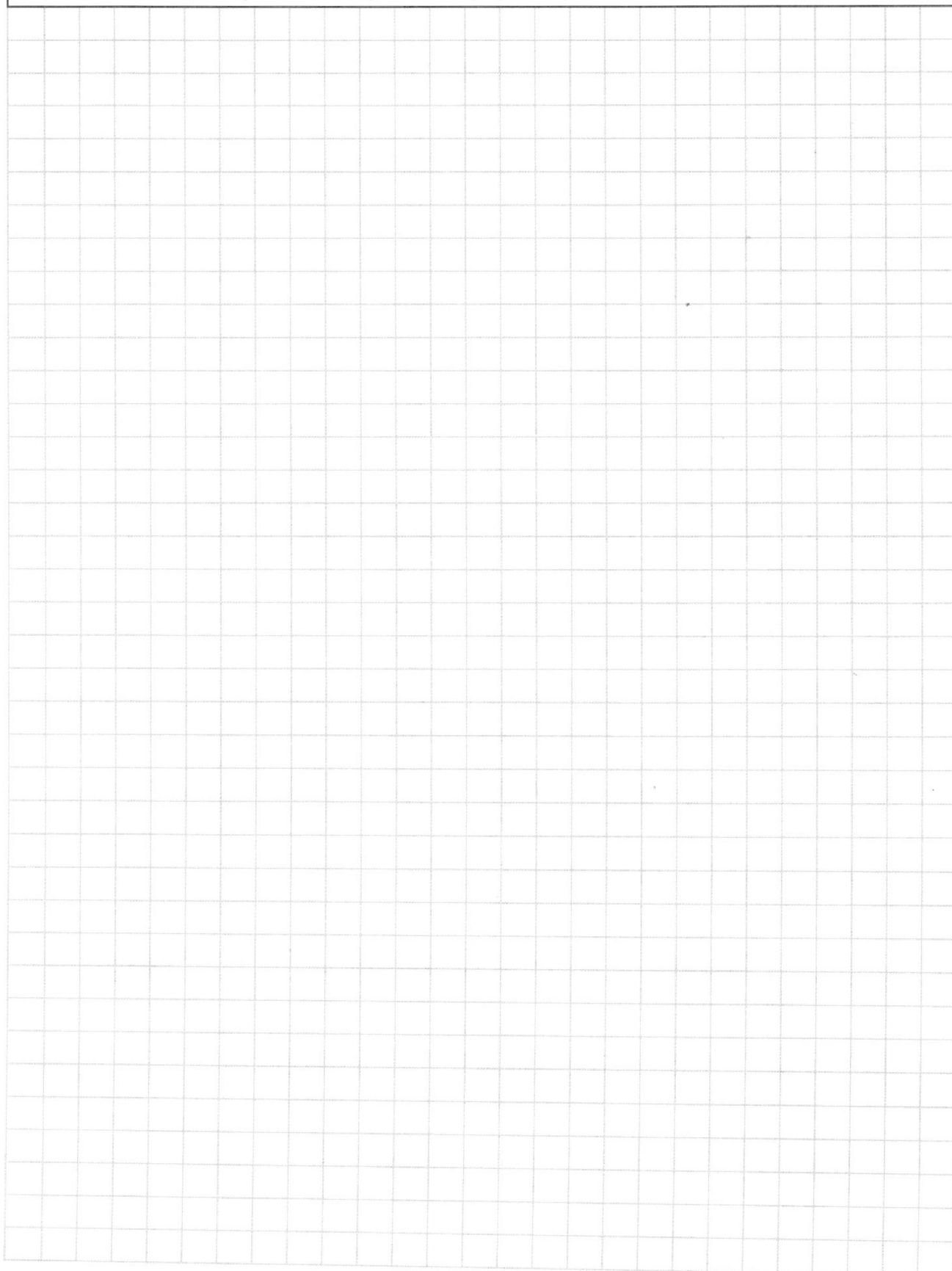
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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!

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

$$p = \text{const}$$

$$Q = A + \Delta U$$

$$Q = p\Delta V + \frac{3}{2} p\Delta V = \frac{5}{2} p\Delta V = c \Delta T$$

$$Q = c \Delta T$$

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

$$T_1 = T_1$$

$$T_2 = 4T_1$$

$$T_3 = \frac{25}{6} T_1$$

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

13 - углобар

$\frac{3}{2} R$ - углобар

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

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

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

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

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

$$\begin{array}{r} 1 \\ 831 \\ \hline 6 \\ 4986 \end{array} \quad 18$$

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

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

$$c_p = 2,5 R$$

$$c_v = 1,5 R$$

б/б

$$h_{13} = 0$$

$$h_{23} = \text{?}$$

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

$$h_{23} = 2$$

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

точка

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

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

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

$$p_3 = p_1$$

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

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

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

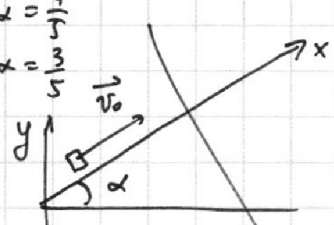
$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1}$$

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 в СИ)

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

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

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

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

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

зн. движется до вершины склона,
и идет вниз

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

или $\frac{1}{5} \text{ м}$:

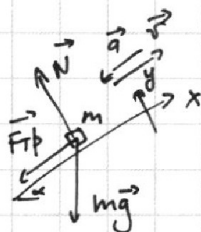
$$\Delta x_2 = \frac{a_2 t_2^2}{2} = \frac{1}{5} \text{ м}$$

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

$$t_2 = \frac{1}{\sqrt{15}} \text{ с}$$

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

(Направления $\vec{v}_0$ и $\vec{a}$ взяты
из рисунка (частные условия))



II з.и. на x,y:

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

$$mg \cos \alpha = N$$

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

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

(коробка движ. вверх)

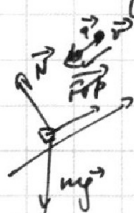
$$a = 10 \cdot \left(\frac{4}{5} + \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5} \right) = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

(коробка движ. вниз, $F_{\text{тр}}$ направл. в противополож. стр.)

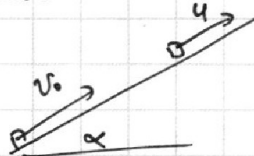
$$ma = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

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

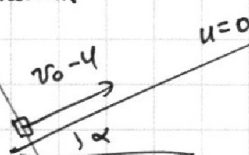
$$a_2 = 10 \left(\frac{4}{5} - \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5} \right) = \frac{10 \cdot 3}{5} = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$



ЛСО:



ЛСО вниз:



2) Период в ЛСО вниз.

Коним $v_k(t) = u$; $v_{kx}(t) = 0$

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

(коробка движ. вверх в ЛСО) (1)

(коробка движ. вниз в ЛСО) (2)

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

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

$$0 = 2 - 10t$$

$$t_3 = \frac{1}{5} \text{ с}$$

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

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

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!

(2) ~~после~~ ~~остановки~~ ~~коробка~~ ~~с~~ ~~виз~~ ^{6 м/с²}

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

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

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

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

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

коробка едет вниз по лифте

В момент начала движения вниз коробка имеет координату

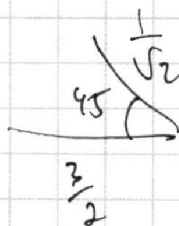
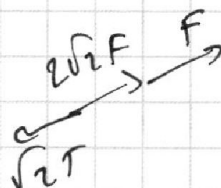
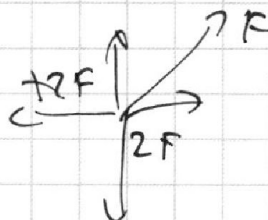
$x_1 = \frac{1}{5}$ (в ИСО)

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

$x(\tau) = \frac{1}{5} - \frac{a_2 \tau^2}{2} = \frac{1}{5} - \frac{6 \cdot \frac{1^2}{3^2}}{2} = -\frac{2}{15}$

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

$y = 0$



$\pi \cdot \frac{1}{2} = \frac{(2\sqrt{2} + 1) \cdot 6^2}{\sqrt{2}}$

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

зависит от координат x, y
(см. карту координат)
масса по осям осей — нач.
положения.