



# 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.

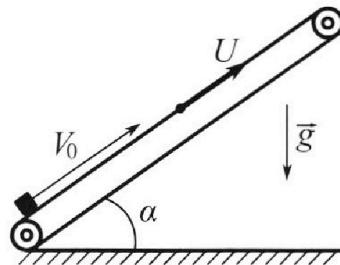
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

2) Теннисист посыпает 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  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . 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  $V_0 = 4 \text{ м/с}$ . 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  $U = 2 \text{ м/с}$ , и сообщают коробке скорость  $V_0 = 4 \text{ м/с}$ .

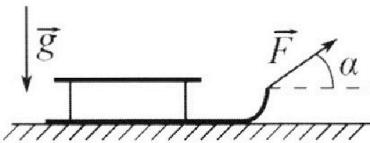
2) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 2 \text{ м/с}$ ?

- 3) На какой высоте  $H$ , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . 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.



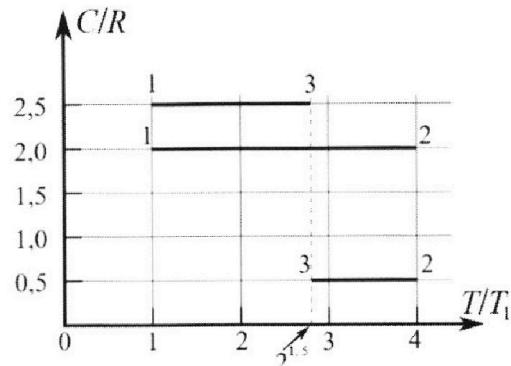
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

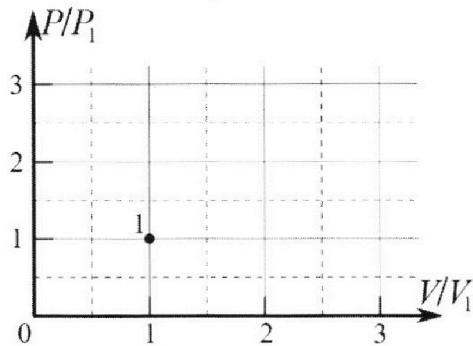


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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 процессы: 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).



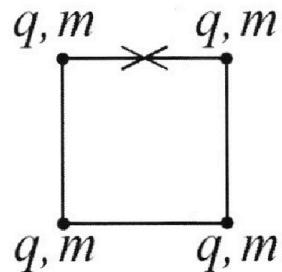
- 1) Найдите работу  $A_{12}$  газа в процессе 1-2.
- 2) Найдите КПД  $\eta$  цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах  $(P/P_1, V/V_1)$ , где  $P_1$  и  $V_1$  давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует 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 вверху (на рисунке)?

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



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 checked="" 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!

№1

Дано:

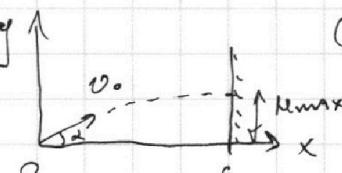
$$T = 2 \text{ с} \quad \left| \begin{array}{l} 1) v = v_0 - gt \Rightarrow 0 = v_0 - gT \Rightarrow v_0 = gT = 10 \cdot 2 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \\ 2) \end{array} \right.$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$S = 20 \text{ м}$$

$$v_0 = ?$$

$$h_{\max} = ?$$



Решение:

Для движения по ОХ:  $x = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$

$$S = v_0 \cos \alpha t \Rightarrow t = \frac{S}{v_0 \cos \alpha}$$

$$t = \frac{S}{v_0 \cos \alpha} = \frac{20}{20 \cos 45^\circ} = \frac{20}{20 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{20}{10\sqrt{2}} = \frac{2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2} \text{ с}$$

$$\text{ищите при } v_K = 0 \Rightarrow 0 = v_0 \sin \alpha - gt \Rightarrow v_0 \sin \alpha = g t = \frac{g S}{v_0 \cos \alpha}$$

$$\sin 2\alpha = \frac{2g S}{v_0^2} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 20}{20^2} = 1 \Rightarrow \alpha = 45^\circ, \text{ откуда } t = \frac{S}{v_0 \cos 45^\circ} = \frac{20}{20 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{20}{10\sqrt{2}} = \frac{2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2} \text{ с}$$

$$h = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} = 20 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \sqrt{2} - \frac{10 \cdot 2}{2} = 20 - 10 = 10 \text{ м}$$

Ответ:  $v_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;  $h_{\max} = 10 \text{ м}$



- |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" 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!

№2

Дано:

$$\sin \alpha = 0,8$$

$$v_0 = 4 \frac{m}{s}$$

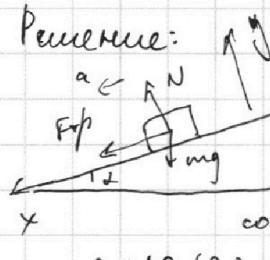
$$\mu = \frac{1}{3}, g = 10 \frac{m}{s^2}$$

$$s = 1 \text{ м}, u = 2 \frac{m}{s}$$

T-?

L-?

H-?



$$OX: F_f + mg \sin \alpha = ma$$

$$OY: N = mg \cos \alpha$$

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

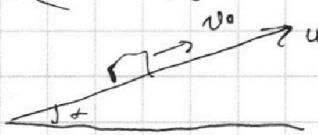
$$g(\cos \alpha + \sin \alpha) = a$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - 0,64} = 0,6 \Rightarrow a = 10 \left( \frac{1}{3} \cdot \frac{6}{10} + 0,8 \right)$$

$$a = 10 (0,2 + 0,8) = 10 \left( \frac{4}{5} \right)$$

Заметим что  $s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$ . если  $v = 0$ , а  $v_0 = 4$ , то

~~1) Максимальная скорость~~  $s_{\max} = \frac{16}{2 \cdot 10} = \frac{16}{20} = 0,8 \text{ м}$ .  $\Rightarrow$  Коробка не достигнет 1 м.  
~~(см. п.1 предыдущее)~~ 2) Переедет в ИСО транспортера.



Тогда  $v_{\text{кон}} = v_0 - u$ . На конечной скорости будет всё те же силы, т.к. коробка скользит, обгоняя цепь

сцепления макс. Виду по цепи,

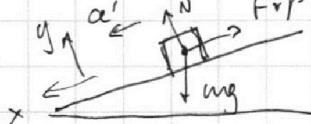
но при этом цепь и коробки не сдвигаются. При этом

$$0 = v_{\text{кон}} - at \Rightarrow t = \frac{v_{\text{кон}}}{a} = \frac{v_0 - u}{a} = \frac{4 - 2}{0,2} = 10 \text{ с}$$

$$L = ut - u \cdot \frac{v_0 - u}{a} = 2 \cdot \frac{4 - 2}{10} = 0,4 \text{ м}$$

$$L = \frac{u^2 - v_0^2}{2a} = \frac{0^2 - 4^2}{2 \cdot 0,2} = \frac{16}{0,4} = 40 \text{ м}$$

3) После момента ~~заноса~~:  $v_{\text{кон}} = 0$ :



$$OX: mg \sin \alpha - F_f = ma'$$

$$OY: N = mg \cos \alpha \Rightarrow mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma'$$

$$a' = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 10 \left( 0,8 - \frac{1}{3} \cdot \frac{6}{10} \right) = 10 (0,8 - 0,2) = 6 \left( \frac{m}{s^2} \right)$$

чтобы  $v = 0$  отн. Земли,  $v_{\text{кон}} = -2 \frac{m}{s}$

~~$v_{\text{кон}} = a't \Rightarrow -2 = 6 \cdot t \Rightarrow t = \frac{-2}{6} = \frac{1}{3} \text{ с}$~~

Тело преодолеет путь  $l_1 = L$  на ур.  $y_0$ .  $v_{\text{кон}} = 0$

$$\text{и путь } l_2 = \frac{u^2 - v_0^2}{2a'} = \frac{0^2 - 4^2}{2 \cdot 6} = \frac{16}{12} = \frac{4}{3} \text{ м}$$

Дто пути по цепи, отн. земли, макс. ~~вверх~~.

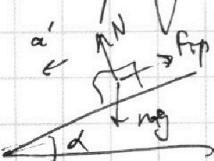
$$\text{Тогда } H = (L + l_2) \sin \alpha = (0,6 + \frac{4}{3}) \cdot 0,8 = (\frac{18+12}{3}) \cdot 0,8 = \frac{118 \cdot 0,8}{3} = \frac{844}{3000} \text{ м}$$

1) ~~Несколько метров~~: Тело проходит 0,8 м по транспортеру, останавливается, далее оно движется вниз с гр. уск.  $a'$

$$N = mg \cos \alpha \Rightarrow mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma' \Rightarrow a' = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 6 \left( \frac{m}{s^2} \right)$$

$\Rightarrow$  Тело движется вниз 0,2 м ~~2 м~~

и. проскакивание на гр. не име



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 checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

МФТИ

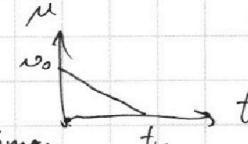
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

№ 2 прохождение:

$$S' = 2 \text{ м. } S' = a' \frac{t^2}{2} \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2S'}{a'}}$$

$$\cancel{S_{\max}} = v_0 t_1 - \frac{a t_1^2}{2} = \frac{v_0 t_1}{2} \Rightarrow t_1 = \frac{2S_{\max}}{v_0}$$

$$T = t_1 + t_2 = \sqrt{\frac{2S'}{a'}} + \frac{2S_{\max}}{v_0} = \sqrt{\frac{0,2 \cdot 2}{6}} + \frac{2 \cdot 0,8}{4} = \sqrt{\frac{0,4}{6}} + \frac{0,8}{2} = \sqrt{\frac{4}{60}} + 0,4 = \\ = \sqrt{\frac{2}{30}} + 0,4 = \sqrt{\frac{1}{15}} + 0,4 \quad (c)$$



Ответ:  $T = (0,4 + \sqrt{\frac{1}{15}}) \text{ с; } L = 0,6 \text{ м; } H = \frac{944}{3000} \text{ м}$

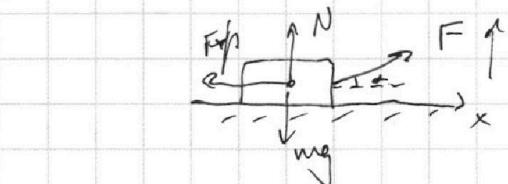
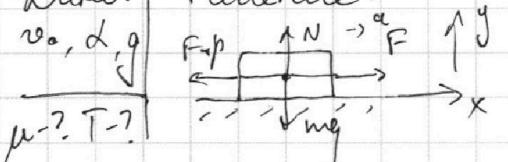


- |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" 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!

№3  
Дано: Решение:



1) Когда F действует, горизонтальна коинеци

$$OY: N = mg$$

$$OX: F - F_{fr} = ma \Rightarrow F - \mu mg = ma$$

Когда F действует, под углом к горизонту

$$OY: N + F_{cos\alpha} = mg \Rightarrow N = mg - F_{cos\alpha}$$

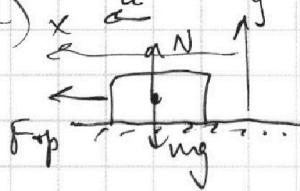
$$OX: F_{cos\alpha} - F_{fr} = ma$$

$$\begin{cases} F_{cos\alpha} - \mu mg + \mu F_{sin\alpha} = ma \\ F - \mu mg = ma \end{cases}$$

$$F_{cos\alpha} + \mu F_{sin\alpha} - F = 0 \Rightarrow \cos\alpha + \mu \sin\alpha - 1 = 0 \Rightarrow \mu \sin\alpha = 1 - \cos\alpha$$

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

2)  $\alpha'$  Когда сила перестала  
действовать, имеем



$$OX: F_{fr} = ma'$$

$$OY: N = mg \Rightarrow \mu mg = ma' \Rightarrow a' = \mu g$$

$$V_x = V_0 + a_x t \Rightarrow 0 = -V_0 + a' T \Rightarrow a' T = V_0$$

$$T = \frac{V_0}{a'} = \frac{V_0}{\mu g} = \frac{V_0 \sin\alpha}{g(1 - \cos\alpha)}$$

$$\text{Ответ: } \mu = \frac{1 - \cos\alpha}{\sin\alpha}; \quad T = \frac{V_0 \sin\alpha}{g(1 - \cos\alpha)}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

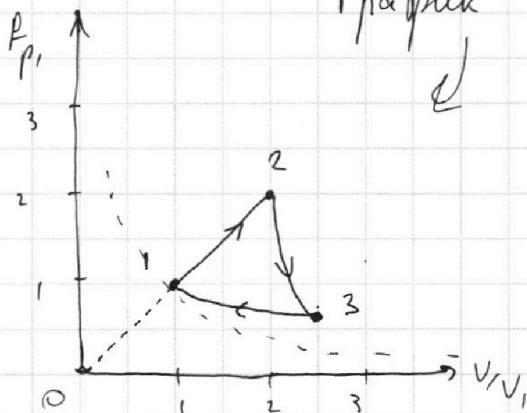
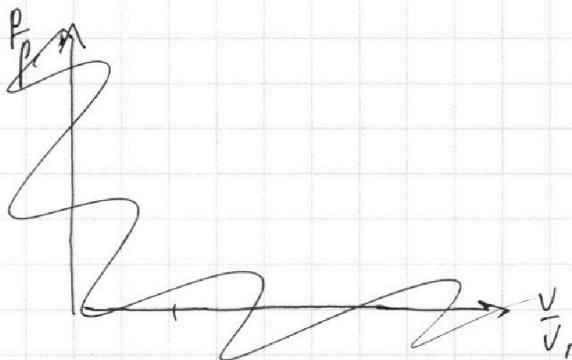
МФТИ

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

№

$$\frac{2p_1}{p_3} = \frac{V_3}{\sqrt{2} V_1} \Rightarrow p_3 = \frac{2\sqrt{2} p_1 V_1}{V_3}$$

$$p_1 V_3 - p_3 V_1 = p_1 V_3 - \frac{V_1}{V_3} 2\sqrt{2} p_1 V_1$$



Заметим, что если  $V_3 > 3V_1$ , то тк.  $p_3 V_3 = 2\sqrt{2} p_1 V_1$ , то

$$p_3 = \frac{2\sqrt{2} p_1 V_1}{3V_1} = \frac{2\sqrt{2}}{3} p_1 \Rightarrow p_3 > p_1 \text{ тк } 2\sqrt{2} > 3$$

$$A_{23} = 0.5 R T, (4 - 2\sqrt{2}) < A_{12} = 1.5 R T,$$

( $4 - 2\sqrt{2} < 1.5$     $2.5 < 2\sqrt{2}$ , верно, тк  $2\sqrt{2} \approx 2.8$ )

$\Rightarrow$  если  $p_3 > p_1$  и  $V_3 > 3V_1$ , то тк. при лин-зависимости

$$A_{23} = \frac{(p_2 + p_3)(V_3 - V_2)}{2}, \text{ тк } p_2 + p_3 > p_1 + p_2; V_3 - V_2 > V_1 \Rightarrow A_{23} > A_{12}, \text{ что}$$

ложно

$\Rightarrow V_3$  лежит между  $2V_1$  и  $3V_1$ .

если  $V_3 \in (V_2, V_1)$  ( $2V_1, 3V_1$ ), то  $p_3 \in (p_1 \sqrt{2}, \frac{2\sqrt{2}}{3} p_1) \Rightarrow p_3 > p_1$ .

Ответ:  $A_{12} = 4986 \text{ Дж}; y = \frac{6.5 - 4\sqrt{2}}{6}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" 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!

№4

$$3) p_1 V_1 = \text{JRT}, \quad p_2 V_2 = 4\text{JRT}, \quad p_3 V_3 = 2\sqrt{2} p_1 V_1$$

на ур. 1-2  $A > 0, \Delta U > 0, Q > 0$   
если  $p_2 V_2 = 2^2 p_1 V_1$ , то  $2 = 2, V_2 = 2V_1, p_2 = 2p_1$ , при этом  
 $\Delta U = 6\text{JRT}$ ,  $A = 1,5 \text{JRT} = 1,5 p_1 V_1$ , но если  $p_2 = 2p_1, V_2 = 2V_1$ , то  
 $A = \frac{(p_2 + p_1)(V_2 - V_1)}{2} = \frac{3p_1 \cdot V_1}{2} = 1,5 p_1 V_1 \Rightarrow$  добавляет в общ. усл.  
 $\Rightarrow$  ур. 1-2 - минимум,  $p \sim V$ .

Рассм. ур. 2-3. На этом ур.  $A > 0, \Delta T < 0, \Delta Q < 0 \Rightarrow$   
р. идёт вправо вниз.  $\Delta A_{23} = 2 \text{JRT}, (2\sqrt{2} - 4) = 1 \text{JT}, (\sqrt{2} - 2)$

$$\Rightarrow A_{23} = 2(2\sqrt{2}) \text{JT} - \text{JRT} = \text{JRT} - \text{JRT} \Rightarrow \text{единадцатка.}$$

$$pV^{\gamma} = \text{const.} \quad T = \frac{V}{2} \text{ для } i=3 \Rightarrow p_1 V_1^{\frac{5}{2}} = p_2 V_2^{\frac{5}{2}}$$

$$p_1^2 V_1^5 = p_2^2 V_2^5$$

$$p_2 V_2 = 4p_1 V_1 \Rightarrow p_2^2 V_2^2 = 16p_1^2 V_1^2$$

$$p_1^2 V_1^5 = 16p_1^2 V_1^2 \cdot V_2^3 \Rightarrow V_1^3 = 16V_2^3 \Rightarrow \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^3 = 2^4$$

$$\frac{V_1}{V_2} = 2\sqrt[3]{2}$$

$$V_1 = V_2 \text{ на р. } p_1, V_2 = V_3 \text{ на р. } p_2$$

$$\frac{V_2}{V_3} = 2\sqrt[3]{2} \Rightarrow V_2 =$$

Рассм. ур. 1-3. На этом ур.  $A < 0$  ( $A_{31} = \text{JRT}, (1-2\sqrt{2})$ ).

$$\Delta T < 0 \Rightarrow \text{точка 3}$$

единадцатка находится так, что она лежит на дарке высокой  
степени, но  $V_3 < V_1$ ,

$A_{23} = -\text{JRT}$ .  $\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \text{JRT} \Rightarrow Q < 0 \Rightarrow$  процесс идёт изнутри  
вног сферы единадцатки, но  $\Delta V > 0$  т.к.  $A_{23} > 0, T_2 > T_1 \Rightarrow$  точка 3  
лежит на сфере между 1 и 2.

$$\text{Если 2-3 - мин. ур., то } A_{23} = \frac{(p_2 + p_3)(V_3 - V_2)}{2} =$$

$$= p_2 V_3 - p_2 V_2 + p_3 V_3 - p_3 V_2 = p_2 V_3 - p_3 V_2 - 4p_1 V_1 + 2\sqrt{2} p_1 V_1 = 2p_1 V_3 - 2p_2 V_2 - p_1 V_1 (2 - \sqrt{2})$$

$$p_2 = 2p_1, V_2 = 2V_1, \quad = 2p_1 V_3 - 2p_2 V_2 - 2(2p_1 V_1 - \sqrt{2} p_1 V_1) = 2p_1 V_3 - 2p_1 V_1 (2 - \sqrt{2})$$

$$p_2 = \beta(V_3 - V_2) \Rightarrow \frac{p_2}{p_3} = \frac{V_3 - V_2}{V_0 - V_3} \quad \frac{p_2 V_2}{p_2 V_3} = \frac{T_2}{T_3} = \frac{4T_1}{2\sqrt{2}T_1} = \sqrt{2} \Rightarrow \frac{p_2}{p_3} = \frac{V_3 \sqrt{2}}{V_2}$$

$$p_3 = \beta(V_0 - V_3) \quad \frac{V_0 - V_2}{V_0 - V_3} = \frac{V_3 \sqrt{2}}{V_2} \quad V_0 V_2 - V_2^2 = V_0 V_3 \sqrt{2} - V_3^2 \sqrt{2} \quad \frac{p_2}{p_3} = \frac{2p_1}{p_3} = \frac{V_3 \sqrt{2}}{2V_1}$$

$$V_0^2 \sqrt{2} - V_2^2 = V_0(V_3 \sqrt{2} - V_2)$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" 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!

№4

Дано:

$$\begin{aligned} T_1 &= 400 \text{ K} \\ i &= 3, \text{ J=1 штено} \\ R &= 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{К}} \end{aligned}$$

$A_{12}$  - ?

$$y = \frac{A_{12}}{Q_{\text{ном}}} \quad (\frac{V}{V_1}) - ?$$

Решение:

$$c_{31} = 2,5R, \quad c_{12} = 2R, \quad c_{23} = \frac{R}{2}$$

$$T_2 = 4T_1, \quad T_3 = 2\sqrt{2}T_1 = 2\sqrt{2}T_1$$

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

$$Q_{12} = c_{12} \Delta T = 2JR(T_2 - T_1) = 2JR(4T_1 - T_1) = 6JR T_1$$

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

$$A_{12} = 6JR T_1 - 4,5JR T_1 = 1,5JR T_1$$

$$A_{12} = 1,5 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 400 = 6 \cdot 831 = 4986 \text{ (Дж)}$$

$$y = \frac{A_{12}}{Q_{\text{ном}}} \quad \text{Значит, что } T_1 - T_3 < 0, \quad T_3 - T_2 < 0, \quad T_2 - T_1 < 0$$

$$Q_{23} = c_{23} \Delta(T_3 - T_2) < 0, \quad Q_{31} = c_{31} \Delta(T_1 - T_3) < 0$$

$$\Rightarrow Q_{\text{ном}} = Q_{12} = 6JR T_1$$

$$A_y = A_{12} + A_{23} + A_{31}$$

$$(A_{12} = 1,5JR T_1) \quad A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = \frac{1}{2}JR(T_3 - T_2) - \frac{3}{2}JR(T_3 - T_2) =$$

$$= \frac{1}{2}JR(2\sqrt{2}T_1 - 4T_1) - \frac{3}{2}JR(2\sqrt{2}T_1 - 4T_1) = JR T_1(\sqrt{2} - 2) - 3JR T_1(\sqrt{2} - 2) =$$

$$= 3JR T_1(2 - \sqrt{2}) - 3JR T_1(2 - \sqrt{2}) = 2JR T_1(2 - \sqrt{2})$$

$$(A_{23} = 2JR T_1(2 - \sqrt{2}))$$

$$A_{31} = Q_{31} - \Delta U_{31} = \frac{1}{2}JR(T_1 - T_3) - \frac{3}{2}JR(T_1 - T_3) = JR(T_1 - T_3) =$$

$$= JR(T_1 - 2\sqrt{2}T_1) = JR T_1(1 - 2\sqrt{2})$$

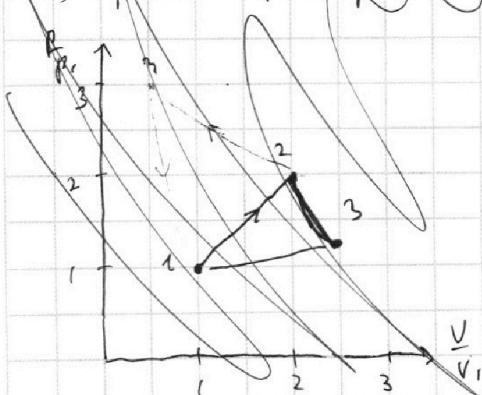
$$(A_{31} = JR T_1(1 - 2\sqrt{2}))$$

$$A_y = 1,5JR T_1 + 2JR T_1(2 - \sqrt{2}) + JR T_1(1 - 2\sqrt{2}) = JR T_1(1,5 + 4 - 2\sqrt{2} + 1 - 2\sqrt{2}) =$$

$$= JR T_1(6,5 - 4\sqrt{2})$$

$$y = \frac{JR T_1(6,5 - 4\sqrt{2})}{6JR T_1} = \frac{6,5 - 4\sqrt{2}}{6}$$

3)  $p_1 V_1 = JR T_1$ ,  $p_2 V_2 = JR T_2 = 4JR T_1 \Rightarrow p_2 V_2 = p_1 V_1$ .  $p_3 V_3 = 2\sqrt{2} p_1 V_1$





- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|

**МФТИ**

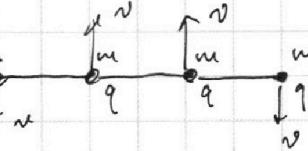
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

### N5 продолжение

$$W = W_n + W_K, \quad W_K = 2m v^2$$

$$W_n = \frac{3 \frac{kq^2}{b}}{2b} + \frac{2 \cdot \frac{kq^2}{2b}}{3b} + \frac{kq^2}{3b} = \frac{4kq^2}{6b} + \frac{kq^2}{3b} =$$

$$= \frac{12kq^2}{36} + \frac{kq^2}{36} = \frac{13kq^2}{36}$$

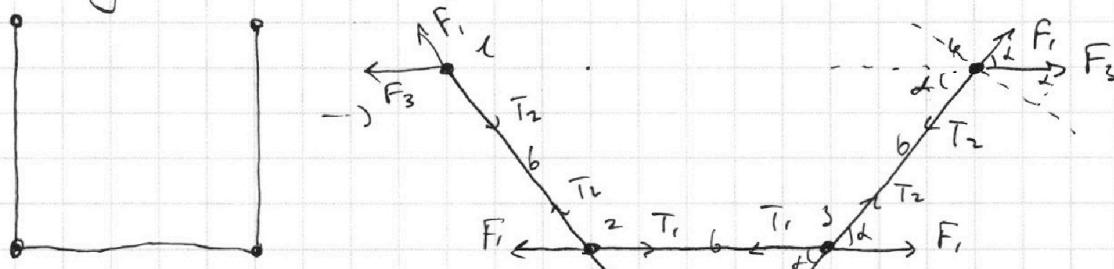


$$\text{Используем } \frac{kq^2}{b}(4 + \sqrt{2}) = 2m v^2 + \frac{13kq^2}{36} \Rightarrow 2m v^2 = \frac{kq^2}{6}(4 + \sqrt{2}) - \frac{13kq^2}{36}$$

$$2m v^2 = \frac{kq^2}{b}(4 + \sqrt{2} - \frac{13}{3}) = \frac{kq^2}{b}(\sqrt{2} - \frac{1}{3}) \Rightarrow v^2 = \frac{kq^2(\sqrt{2} - \frac{1}{3})}{2mb}$$

$$v = q \sqrt{\frac{k(\sqrt{2} - \frac{1}{3})}{2mb}}$$

3) Рассмотрим силы, действующие в системе б  
какой-то момент времени после перенесения частиц,  
но горизонт, как шарнир воспроизводится в движении.



силы замкнут. между шарнирами  
не изменяются, т.к. они всё время на б друг от друга и не  
могут быть так). ~~F1~~ б  
шарнир может временно. т.к. сдвигаться.  
 $T_1 + F_1 \cos \alpha = F_1 + T_2 \cos \alpha$   
 $F_1(1 - \cos \alpha) = T_1 - T_2 \cos \alpha$

Заметим что верхние шарниры звёзды, но сим. от к. нормаль.  
т.е. шарн 1 звёзды. но сим. от к. 2, а - от к. 3.

Заметим что в СО 2 шарнир будет звёзд. по сим. звёзд. 2. Аналогично в СО 3 и будет звёзд. по сим. звёзд. 3.  
при этом  $\tan \alpha = F_3 \sin \alpha$

$$F_1 = \frac{kq^2}{b^2}, \quad F_3 = \frac{kq^2}{(b + 2b \cos \alpha)^2} = \frac{kq^2}{b^2(1 + 2 \cos \alpha)^2}$$

$$\tan \alpha = \frac{kq^2}{b} - \frac{kq^2 \cos \alpha}{b^2(1 + 2 \cos \alpha)^2}$$

$$\text{Ответ: } v = q \sqrt{\frac{k(\sqrt{2} - \frac{1}{3})}{2mb}}; \quad T = \frac{kq^2}{b^2}(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}); \quad d = \frac{b}{2}$$

В системе симметрии все  
шарниры приходят  $\frac{b}{2}$  по вертикали



- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|

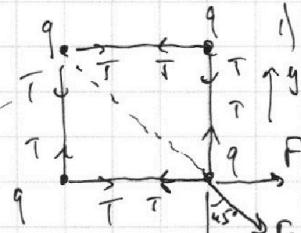
**МФТИ.**

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

n5

Дано:

Решение:

 $b, m, q, k$  $T - ?$  $v - ?$  $d - ?$ 

1) Так картинка симметрическая, все части тела имеют одинаковую массу. Рассмотрим правый нижний шарик для удобства.

$$F_1 = \frac{kq^2}{b^2}, \quad F_2 = \frac{4q^2}{(b\sqrt{2})^2} = \frac{4q^2}{2b^2} = \frac{F_1}{2}$$

$$\text{по } Oy: T = F_1 + F_2 \cos 45^\circ = F_1 + \frac{F_1}{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = F_1 \cdot \frac{\sqrt{2} + 1}{2}$$

$$T = F_1 \cdot \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{2}\right) = \frac{4q^2}{b^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{2}\right) = T \quad \text{в ответ}$$

2) Из симметрии заметим, что нижние шарики могут двигаться только по вертикали, тк при отклонении боковых шариков система имеет симметрию, сост. из 2 квадр. шариков, будут скомпенсированы по горизонтали. Так же из симметрии их скорости равны и одинаковы. Если они направлены вверх, то вертикально система имеет горизонт. напр. движ. при этом если шарики не в линии, то ~~они~~ проекции их скор. на горизонт. напр. неявные. Имеем:

скорости равны, тк по засадам и нач. и конеч. импульс по вертикали нульевой

Теперь движение делим на 3 случая.

$W = W_0$ , тк в системе действует только АОГИС. сила.

$W_0 = \omega W_1 + 2W_2$ , где  $W_1 = \frac{\omega q^2}{b}$ ,  $W_2 = \frac{\omega q^2}{b\sqrt{2}}$  ~~без симмод. диагональ. зарядов~~

$$W_0 = \frac{4\omega q^2}{b} + \frac{2\omega q^2\sqrt{2}}{b} = \frac{4\omega q^2}{b} + \frac{\omega q^2\sqrt{2}}{b} = \frac{\omega q^2}{b} (4 + \sqrt{2}), \quad W_{\text{ко}} = 0 \text{ тк } v_0 = 0$$

$$W = W_n + W_a = W_n = \frac{4mv^2}{2} = 2mv^2. \quad W_n = W_1 + W_2 + W_3 + W_4. \quad \text{Задача}$$

~~$W_n = 2 \left( \frac{\omega q^2}{b} + \frac{\omega q^2}{2b} + \frac{\omega q^2}{3b} + \frac{\omega q^2}{6} + \frac{\omega q^2}{6} + \frac{\omega q^2}{2b} + \frac{\omega q^2}{3b} \right) = 2 \left( \frac{3\omega q^2}{b} + \frac{2\omega q^2}{2b} + \frac{\omega q^2}{3b} \right) =$~~

~~$= 2 \left( \frac{3\omega q^2}{b} + \frac{\omega q^2}{6} + \frac{\omega q^2}{36} \right) = 2 \left( \frac{4\omega q^2}{b} + \frac{\omega q^2}{36} \right) = 2 \left( \frac{12\omega q^2 + \omega q^2}{36} \right) = \frac{2 \cdot 13\omega q^2}{36} = \frac{26\omega q^2}{36}$~~

~~$\frac{\omega q^2}{b} (4 + \sqrt{2}) = \frac{26\omega q^2}{36} + 2mv^2 \Rightarrow 2mv^2 = \frac{\omega q^2}{6} (4 + \sqrt{2}) - \frac{26\omega q^2}{36} =$~~

~~$= \frac{\omega q^2}{6} (4 + \sqrt{2} - \frac{26}{3}) = \frac{\omega q^2}{6} (\sqrt{2} - \frac{14}{3})$~~

см. предыдущее решение  $\Rightarrow$  ф. не симм.

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

$$Q = c \Delta T$$

$$1-2: C = \frac{1}{2} R \Delta T \Rightarrow Q_1 = 2R \Delta T \quad Q_{12} = 2R(4T_1 - T_1) = 6RT_1$$

$$Q = A \Delta U$$

$$A_{12} = Q_{12} / \Delta U_1 = 2R \Delta T_1 \cdot \frac{3}{2} \Delta R \Delta T_1 = \frac{1}{2} 3R \Delta T_1^2$$

$$A_{12} = \frac{3}{2} 3RT_1^2 = 1,5 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 400 = 4986 \text{ Dm}$$

$$\Delta T = 4T_1 - T_1 = 3T_1$$

$$\frac{T}{T_1} = 4 \Rightarrow T = 4T_1$$

$$8,31 \cdot 400 = 831 \cdot 4 = 1,5 \cdot 6$$

$$\frac{831}{4986}$$

$$y = \frac{A_{12}}{Q} = \frac{\frac{3}{2} 3RT_1^2}{6RT_1} = \frac{3}{2} RT_1$$

$$A_{31} = Q_{31} - \Delta U_{31}$$

$$Q_{31} = c \Delta T_{31} = 2,5 \text{ J} \cdot \Delta T_{31}$$

$$A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = \text{J} \cdot T_1 (\sqrt{2} - 2) - \frac{3}{2} \text{ J} \cdot R \cdot T_1 (\sqrt{2} - T_1)$$

$$A_{31} = 2,5 \text{ J} (T_1 - 2\sqrt{2}T_1) - \frac{3}{2} \text{ J} \cdot R \cdot T_1 (1 - \sqrt{2}) =$$

$$= \frac{5}{2} \text{ J} \cdot R \cdot T_1 (1 - 2\sqrt{2})$$

$$= \text{J} \cdot R \cdot T_1 (1 - 2\sqrt{2})$$

$$2^{\sqrt{2}} = 2\sqrt{2} - 4 \quad Q_{23} = \text{J} \cdot R \cdot T_1 (\sqrt{2} - 2)$$

$$= \text{J} \cdot R \cdot T_1 (\sqrt{2} - 2) - \frac{3}{2} \text{ J} \cdot R \cdot T_1 (2\sqrt{2} - 4) =$$

$$= \text{J} \cdot R \cdot T_1 (\sqrt{2} - 2) - 3 \text{ J} \cdot R \cdot T_1 (\sqrt{2} - 4) =$$

$$= 3 \text{ J} \cdot R \cdot T_1 (\sqrt{2} - 4) - \text{J} \cdot R \cdot T_1 (2 - \sqrt{2}) =$$

$$= 2 \text{ J} \cdot R \cdot T_1 (2 - \sqrt{2})$$

$$A_{45} = \frac{3}{2} \text{ J} \cdot R \cdot T_1 + 2 \text{ J} \cdot R \cdot T_1 (2 - \sqrt{2}) + \text{J} \cdot R \cdot T_1 (1 - 2\sqrt{2}) =$$

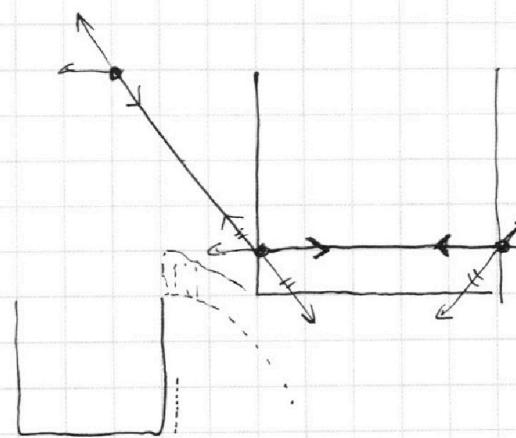
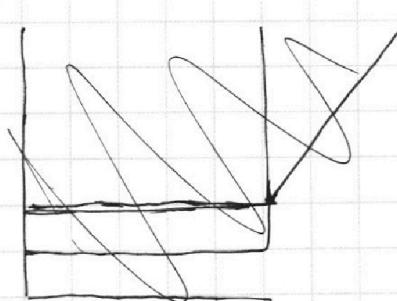
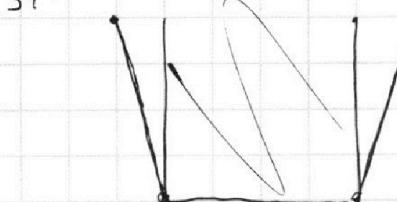
$$= \text{J} \cdot R \cdot T_1 (1,5 + 4 - 2\sqrt{2} + 1 - 2\sqrt{2}) = \text{J} \cdot R \cdot T_1 (6,5 - 4\sqrt{2})$$

$$y = \frac{\text{J} \cdot R \cdot T_1 (6,5 - 4\sqrt{2})}{60 \text{ J}}$$

$$\frac{831}{4986}$$

$$1,18 \cdot 0,8 \xrightarrow[1000]{118 \cdot 8} 0,544$$

$$\begin{array}{r} 118 \\ \times 8 \\ \hline 944 \end{array}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

Diagram of projectile motion:

$$h = \frac{v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{2g}$$

$$S = v_0 \cos \alpha t$$

$$t = \frac{S}{v_0 \cos \alpha}$$

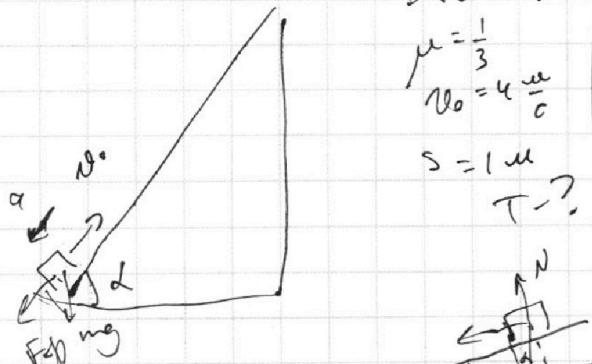
$$h = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{2g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha \cdot 2 \cdot 20^2 - 10 \cdot 20^2}{2 \cdot 20^2 \cos^2 \alpha} = \frac{40 \sin 2\alpha - 10}{2 \cos^2 \alpha} = \frac{20 \sin 2\alpha - 5}{\cos^2 \alpha}$$

$$v_0^2 \sin 2\alpha = 2g S$$

$$\sin 2\alpha = \frac{2g S}{v_0^2} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 20}{20^2} = 1 \Rightarrow \sin 2\alpha = 1 \Rightarrow \alpha = 45^\circ$$

$$t = \frac{20 \cdot 2}{20 \cdot \sqrt{2}} = \sqrt{2}$$

$$h = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} = 20 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \sqrt{2} - \frac{10 \cdot 2}{2} = 10 \text{ m}$$



$$\sin \alpha = 0,8$$

$$\mu = \frac{1}{3}$$

$$v_0 = 4 \frac{m}{s}$$

$$S = 1 \text{ m}$$

$$T = ?$$



$$ma = F_f + mg \sin \alpha$$

$$N = mg \cos \alpha$$

$$F_f = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

$$a = \frac{F_f + mg \sin \alpha}{m} = \frac{\mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha}{m}$$

$$\sin \alpha = 0,8 \quad \cos \alpha = \sqrt{1 - 0,64} = 0,6$$

$$a = \frac{1}{3} \cdot 10 \cdot 0,6 + 10 \cdot 0,8 = 10 \frac{m}{s^2}$$

$$S = v_0 T - \frac{at^2}{2}$$

$$t = \frac{S}{v_0} = \frac{1}{v_0}$$

$$T = \sqrt{4T - 5T^2}$$

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

$$\Delta = 16 - 20$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

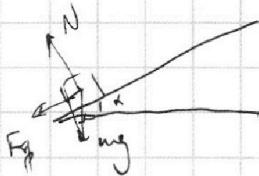
решение которой представлено на странице:



- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!



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

$$a = \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha = \frac{1}{3} \cdot 10 \cdot 0,6 + 10 \cdot 0,8 = 8 + 2 = 10$$

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

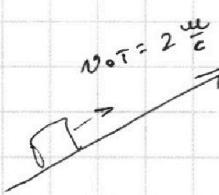
1076  
240

$$l = 4t - \frac{10t^2}{2}$$

$$\begin{aligned} l &= 4t - 5t^2 \\ l &= 4t - 5t^2 \\ l &= 16 - 20 \end{aligned}$$

$$\begin{cases} v = v_0 - gt \\ 0 = 4 - 10t \Rightarrow t = 0,4 \text{ s} \end{cases}$$

$$s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} = \frac{16}{20} \text{ m} \quad \text{не зайдёт?}$$



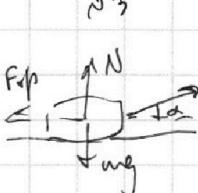
$$v_0 t = 2 \frac{a}{c}$$

$$v_0 = v_0 - gt$$

$$2gt = v_0 - u$$

$$t = \frac{v_0 - u}{a} = \frac{4 - 2}{10} = 0,2 \text{ s}$$

$$l = \frac{2^2 - 4^2}{-10 \cdot 2} = \frac{4^2 - 2^2}{20} = \frac{16 - 4}{20} = \frac{12}{20} = \frac{6}{10} = 0,6 \text{ m}$$

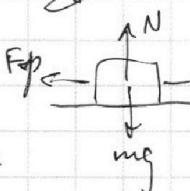


$$F_{\text{cos}\alpha} - F_f = ma$$

$$N + F_{\text{sin}\alpha} = mg$$

$$N = mg - F_{\text{sin}\alpha}$$

$$v_0 = at \Rightarrow a_1 = a_2 = \alpha$$



$$\begin{aligned} N &= mg \\ F &\leftarrow \uparrow N \\ F - F_f &= ma \\ F - \mu mg &= ma \end{aligned}$$

Дано:

$$v_0, \alpha$$

$$\begin{cases} F_{\text{cos}\alpha} - \mu mg + \mu F_{\text{sin}\alpha} = ma \\ F - \mu mg = ma \end{cases}$$

$$F_{\text{cos}\alpha} + \mu F_{\text{sin}\alpha} - F = 0$$

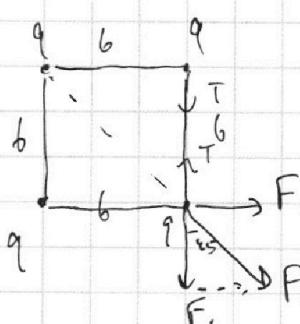
$$\mu F_{\text{sin}\alpha} = 1 - \cos \alpha$$

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

$$\cos \alpha + \mu \sin \alpha - 1 = 0$$

$$\mu \cancel{\sin \alpha} \cancel{\cos \alpha} + \cancel{\cos \alpha} - 1 = 0$$

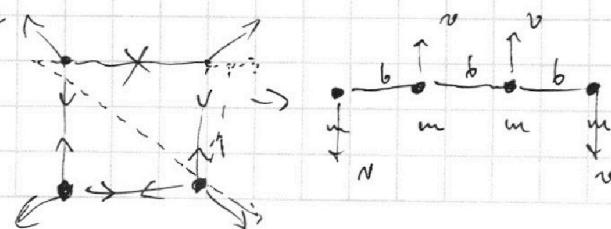
$$v_0 = a T \Rightarrow T = \frac{v_0}{a} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}$$



$$F_1 = \frac{kq^2}{b^2} = \frac{kq^2}{b^2}$$

$$F_2 = \frac{kq^2}{(b\sqrt{2})^2} = \frac{kq^2}{2b^2}$$

$$T = F_1 + F_2 \cos 45^\circ = \frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{2b^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{4kq^2 + kq^2\sqrt{2}}{8b^2} = \frac{kq^2}{4b^2} (4 + \sqrt{2})$$



$$W = \frac{kq^2}{f}$$