

**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023**



**Вариант 10-01**

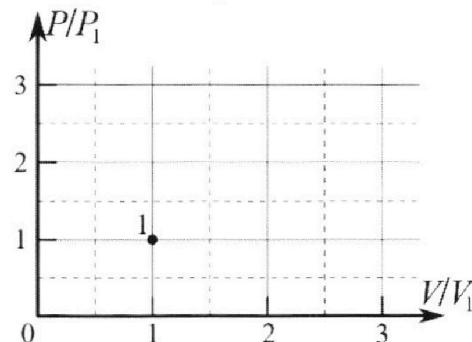
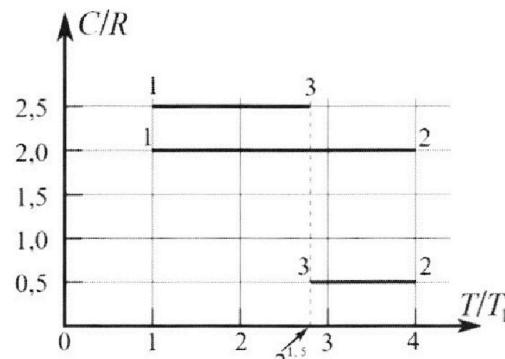
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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  $q$ .

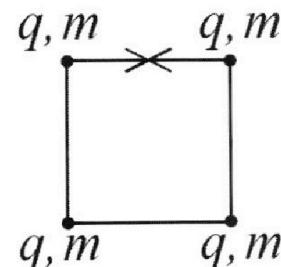
1) Найдите силу  $T$  натяжения нитей.

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 вверху (на рисунке)?

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





# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

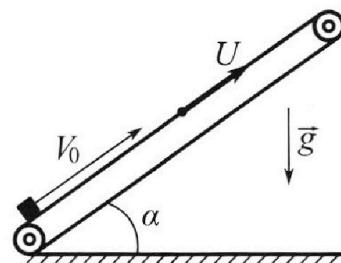


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

- V* 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.

- V* 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  $S = 1 \text{ м}$ ?

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

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

*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.*

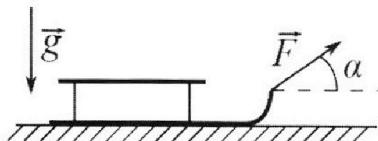
3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же скорости  $V_0$  за одинаковое время.

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.





- |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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!

*Задача № 1*

Дано:  $T = 20$ ;  $s = 20 \text{ м}$ ;  $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

Найти: 1)  $v_0 = ?$ ; 2)  $H = ?$

Решение: 1) мяч бросили вертикально вверх с  
какой-то скоростью  $v_0$ , тогда:

$$v(t) = v_0 - gt$$

2) Когда мяч достигнет максимальной высоты, его  
скорость будет равна 0, следовательно:

$$v(T) = 0 = v_0 - gT \Rightarrow v_0 = gT = 10 \cdot 2 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

3) Пусть:  $H$  - максимальная высота места удара  
~~шаром~~  $\alpha$  - угол броска к горизонту

При этом уравнение движения мяча:

$$x = v_0 \cos \alpha t \quad y = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

4) Найдём  $\alpha$  для максимальной высоты:

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

$$H = v_0 \sin \alpha \frac{s}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g}{2} \frac{s^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$H = s \operatorname{tg} \alpha - \frac{gs^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

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

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

$$H = s \operatorname{tg} \alpha - \frac{gs^2}{2v_0^2} \left( 1 + \operatorname{tg}^2 \alpha \right)$$

$$H = s \operatorname{tg} \alpha - \frac{gs^2}{2v_0^2} - \operatorname{tg}^2 \alpha \frac{gs^2}{2v_0^2}$$



- |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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!*Задача № 1 (прод.)*

$$4. \text{ prod.) } H = Stg\alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2} - tg^2\alpha \frac{gS^2}{2v_0^2}$$

Заметил, что это квадратное уравнение  
относительно ~~так~~  $tg\alpha$ .

Это парабола с "вершиной" ~~так~~  $tg\alpha = (-tg^2\alpha)$ ,  
следовательно максимальное значение  $H$   
~~будет~~ будет в вершине этой параболы.

$$\text{Понял: } tg\alpha = \frac{-S}{\frac{gS^2}{2v_0^2}} = \frac{S}{\frac{gS^2}{2v_0^2}} = \frac{v_0^2 S}{g S^2}$$

$$tg\alpha = \frac{v_0^2}{g S}$$

$$\text{Понял: } H = S \frac{\frac{v_0^2}{g S}}{\frac{g S^2}{2v_0^2}} - \frac{g S^2}{2v_0^2} - \frac{g S^2}{2v_0^2} \frac{v_0^2 S^2}{g^2 S^2}$$

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

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

$$H = \frac{\frac{20^2}{2 \cdot 10}}{\frac{10 \cdot 20^2}{2 \cdot 20^2}} = \frac{400}{20} - \frac{10}{2} = 20 - 5 = 15 \text{ м}$$

$$\text{Ответ: 1) } v_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$2) H = 15 \text{ м}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

6

7

МФТИ

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

Задача № 2 (пред.)

9. пред.)  $H = 1,8 \cdot 0,8 \text{ м} = 1,44 \text{ м}$

~~1,8~~  $\begin{array}{r} 1,8 \\ \times 0,8 \\ \hline 1,44 \end{array}$

Ответ: 1)  $T = \frac{\sqrt{15}}{15} + 0,4 \text{ с}$

2)  $L = 1,6 \text{ м}$

3)  $H = 1,44 \text{ м}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



- |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                                   | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <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!

### Задача № 2

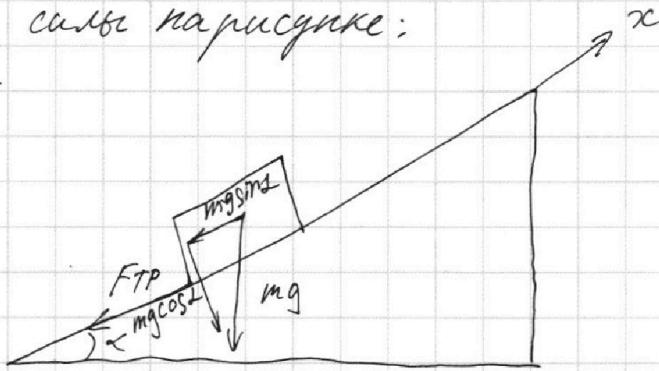
Дано:  $\sin \alpha = 0,8$ ;  $v_0 = 4 \frac{m}{s}$ ;  $\mu = \frac{1}{3}$ ;  $k = 2 \frac{N}{m}$ ;  $g = 10 \frac{m}{s^2}$ ;  $S = 1 \text{ м}$

Найти: 1)  $T = ?$ ; 2)  $L = ?$ ; 3)  $H = ?$

Решение:

1) Выпишем силы на рисунке:

$$F_{TP} = \mu N \\ (\text{меньше } mg)$$



2) Запишем II закон Ньютона в проекции на ось x:

$$ma = -mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha \\ a = -g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \quad / \quad (a = \text{const})$$

3) Найдём момент, когда скорость обратится в 0:

$$v_0 - g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)t_1 = 0 \quad t_1 = \frac{v_0}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

$$S(t_1) = \frac{v_0^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

$$S(t_1) = \frac{16}{2 \cdot 10(0,8 + \frac{1}{3}0,6)}$$

$$S(t_1) = \frac{16}{20(0,8 + 0,2)} = \frac{16}{20} = \frac{4}{5} = \frac{8}{10} = 0,8 \text{ м}$$

4) Запишем II закон Ньютона в проекции на ось x, когда меньше будет:  $a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

- |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                                   | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <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!

задача № 2 (нрэг.)

4. нрэг.)  $a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 10 (0,8 - \frac{1}{3} 0,6)$

$$a = 10 (0,8 - 0,2) = 10 \cdot 0,6 = 6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

5) Запишем ур. глум.:

$$S(t) = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2S_2}{a}}$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot (1 - 0,8)}{6}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2}{6}} = \sqrt{\frac{0,4}{6}}$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{4}{60}} = \sqrt{\frac{1}{15}} = \frac{1}{\sqrt{15}} = \frac{\sqrt{15}}{15} \text{ с}$$

6)  $T = t_1 + t_2 = \frac{\sqrt{15}}{15} + 0,4 \text{ с}$

$$t_1 = \frac{4}{10(0,8 + \frac{1}{3} 0,6)} = \frac{4}{10(0,8 + 0,2)} = \frac{4}{10} \text{ с}$$

$$t_1 = 0,4 \text{ с}$$

7) Коротко (наставка) 7) Во время остановки

коробку поставили на ленту транспортера, тем самым она приобрела скорость  $u$ .

После этого ей сообщили ещё  $v_0$  тем самым доведя её скорость до  $(v_0 + u)$  в нач. сд.

8) Возьмём  $x$  из пункта 3. Таким образом:

$$u = u + v_0 - g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) t_3$$

$$S(t_3) = \frac{(u + v_0)^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = \frac{36 - 4}{2 \cdot 10 \cdot 1} = \frac{32}{20} \text{ м}$$

$$S(t_3) = L = \frac{32}{20} \text{ м} = \frac{16}{10} = 1,6 \text{ м}$$

9)  $S(t_4) = \frac{(u + v_0)^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = \frac{36}{20} = \frac{18}{10} = 1,8 \text{ м}$

$$H = S(t_4) \sin \alpha = 1,8 \cdot 0,8 = 1,44 \text{ м}$$



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

### Задача № 3

Дано:  $V_0$ ,  $\alpha$ ,  $g$ ;

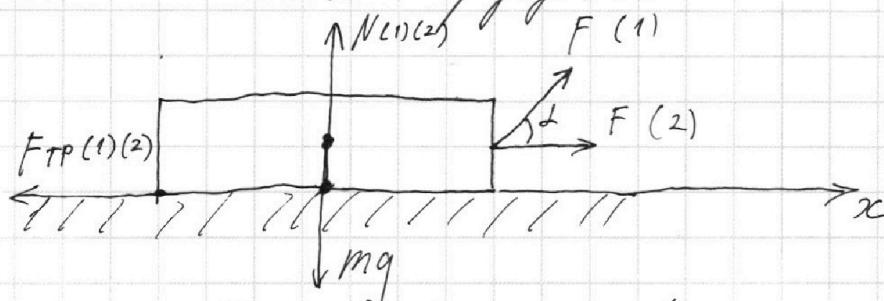
Найти: 1)  $m = ?$ ; 2)  $T = ?$

Решение: 1) На санки действуют постоянной по модулю силой  $\Rightarrow$  санки движутся равноускоренно.

Пусть  $a_1$  - уск. в первом случае;  $a_2$  - уск. во втором случае.

Поэтому по усл.:  $t = \frac{V_0}{a_1} = \frac{V_0}{a_2} \Rightarrow a_1 = a_2 = a$

2) Рассставим силы на рисунке:



3) Запишем II закон Ньютона в проекции на ось  $x$  для обоих случаев:

$$\begin{cases} ma = F \cos \alpha - F_{tp1} \\ ma = F - F_{tp2} \end{cases}$$

4)  $F_{tp1} = \mu N_1$ ,  $F_{tp2} = \mu N_2$  (так как санки едущи)

$$N_1 = mg - F \sin \alpha \quad N_2 = mg$$

5) Находим  $\mu$ :  $\begin{cases} ma = F \cos \alpha - F_{tp1} = F - F_{tp2} \\ F_{tp1} = \mu (mg - F \sin \alpha) \\ F_{tp2} = \mu mg \end{cases}$

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

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

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



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

**МФТИ**

Задача № 3 (прод.)

6) После достаточных  $\theta_0$  действие боковой силы прекращается в обоих случаях, следовательно:

$$N_1 = N_2 = mg \implies F_{TP1} = F_{TP2} = F_{TP} = \mu mg$$

7) Запишем  $\ddot{x}$  закон Ньютона:  $ma = -F_{TP} = -\mu mg$

8) Движение будет равноускоренное, следовательно:

$$v(t) = v_0 - \mu g t; \quad v(T) = 0$$

Из этого  $v_0 - \mu g T = 0 \Rightarrow T = \frac{v_0}{\mu g}$

$$\text{Понадобится: } T = \frac{v_0}{\mu g} \quad T = \frac{v_0}{\mu g}$$

$$g) \quad T = \frac{v_0}{\mu g} \quad \mu = \frac{1 - \cos \angle}{\sin \angle}$$

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

$$\text{Очевидно: 1) } \mu = \frac{1 - \cos \angle}{\sin \angle}$$

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

„Очевидно“ имеем смысл только при  $\mu > 0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{1 - \cos \angle}{\sin \angle} > 0$$

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 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!

Задача № 4  
Дано:  $\vartheta = 1 \text{ моль} \cdot K = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot K}$ ;  $T_1 = 400K$ ;  $уардик$ ;  $i = 3$   
Найти: 1)  $A_{12}=?$  2)  $q=?$  3)  $уардик$   
Решение:

1) В процессе 1-2:  $C_{12} = 2R \Rightarrow Q = 2R \Delta T_{12}$

$$\Delta T_{12} = 4T_1 - T_1 = 3T_1$$

$$Q = 2R \cdot 3T_1 = \underbrace{\frac{3}{2} R \cdot 3T_1}_{\Delta U \text{ при}} + A_{12}$$

$$6RT_1 = \frac{9}{2} RT_1 + A_{12} \Rightarrow A_{12} = RT_1 \left( 6 - \frac{9}{2} \right)$$

$$A_{12} = RT_1 \left( \frac{12 - 9}{2} \right) = \frac{3}{2} RT_1 = 1,5 RT_1$$

2) Тем же способом находим  $A_{23}, A_{31}$

В цикле 1-2 нагреваем тепло ( $Q_{12} > 0$ )

В циклах 2-3 и 3-1 тепло отводим ( $Q < 0$ )  
(температура трубы падает)

Нагрев:  $Q_{32} = 2,5 RT_1 (2^{1,5} T_1)$

$$Q_{32} = 2,5 RT_1 (T_1 - 2^{1,5} T_1)$$

$$Q_{31} = 2,5 RT_1 (1 - 2^{1,5})$$

$$2,5 RT_1 (1 - 2^{1,5}) = A_{31} + \frac{3}{2} k (T_1 - 2^{1,5} T_1)$$

$$2,5 RT_1 (1 - 2^{1,5}) = A_{31} + 1,5 RT_1 (1 - 2^{1,5})$$

$$A_{31} = RT_1 (1 - 2^{1,5})$$

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 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!

$$2. \text{ прог.) } Q_{23} = 0,5k(2^{1,5}T_1 - 4T_1)$$

$$Q_{23} = 0,5kT_1(2^{1,5} - 4)$$

$$0,5kT_1(2^{1,5} - 4) = 1,5kT_1(2^{1,5} - 4) + A_{23}$$

$$A_{23} = -kT_1(2^{1,5} - 4) = kT_1(4 - 2^{1,5})$$

$$3) A = A_{23} + A_{12} + A_{31} =$$

$$= 1,5kT_1 + (4 - 2^{1,5})kT_1 + kT_1(1 - 2^{1,5})$$

$$A = Q_{23} + A_{12} + A_{31} = \cancel{0,5kT_1(2^{1,5} - 4)} + \cancel{1,5kT_1(2^{1,5} - 4)}$$

$$\eta = \frac{A}{Q^+}$$

$$Q^+ = 6kT_1$$

$$\eta = \frac{1,5 + 4 - 2^{1,5} + 1 - 2^{1,5}}{6}$$

$$\left\{ \eta = \frac{6,5 - 2 \cdot 2^{1,5}}{6} = \frac{6,5 - 2^{2,5}}{6} \right.$$

$$A_{12} = 1,5kT_1 = \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 400 = 3 \cdot 8,31 \cdot 200 =$$

$$= 6 \cdot 8,31 \cdot 100 = 6 \cdot 831 = 4986 \text{ Дж}$$

$$\begin{array}{r} + 831 \\ \hline 4986 \end{array}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



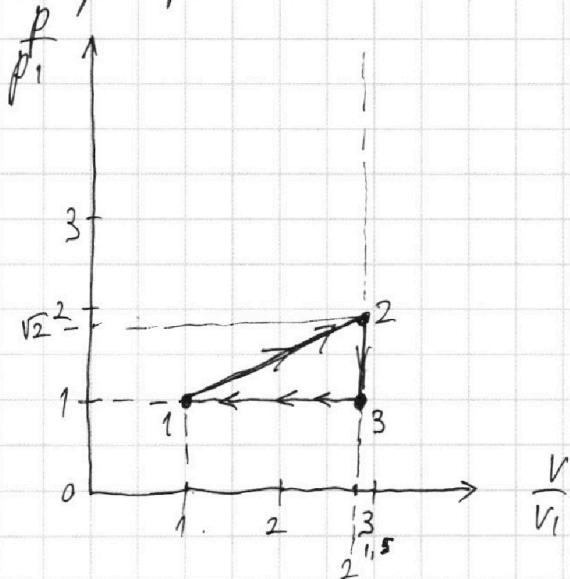
- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------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

Задача № 4 (прод.)

График цикла:



Процессы 1-2  
2-3

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{4}{2^{1,5}} = \sqrt{2}$$

$$2, S = \frac{i+2}{2} = \frac{3+2}{2} = \frac{5}{2} \Rightarrow (3-1) - \text{изодара}$$

$$\Rightarrow p_1 = p_3$$

$$\text{Тогда: } p_1 V_1 = kT_1$$

$$p_1 V_3 = kT_1 \cdot 2^{1,5}$$

$$\frac{V_1}{V_3} = \frac{1}{2^{1,5}}$$

$$\frac{V_3}{V_1} = 2^{1,5}$$

$p_{20}=$

$$kT_1 = p_2 V_3$$

$kT_2$

$$kT_1 = p_1 \frac{V_3}{2^{1,5}}$$

$$T_1 = \frac{p_2 2^{1,5}}{p_1}$$

$$p_2 = \frac{4 p_1}{2^{1,5}}$$

Объем: 1)  $A_{12} = 4986 \text{ dm}^2$

2)  $\gamma = \frac{6,5 - 2^{2,5}}{6} = \frac{13}{12} - \frac{2\sqrt{2}}{3} = \frac{13 - 8\sqrt{2}}{12}$

3) Всем на сор.



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

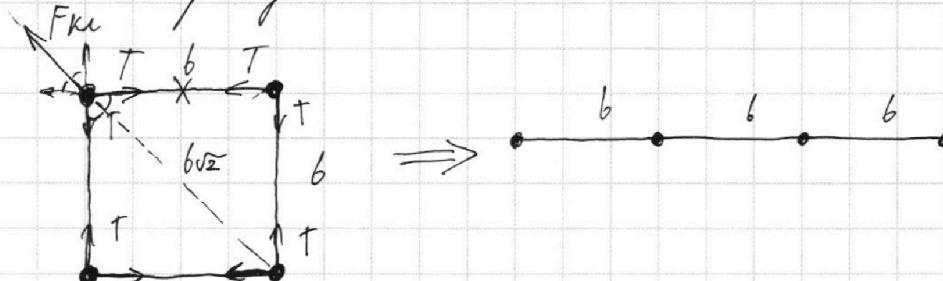
### Задача № 5

дано:  $m$ ;  $q$ ;  $b$

найти: 1)  $T$ ; 2)  $V = ?$ ; 3)  $\delta = ?$

решение:

1) Глянем силы на рисунке:



(Для удобства будем считать все заряды положительными)

2) Запишем условие равновесия для левого верхнего шарика:

$$T \frac{\sqrt{2}}{2} + T \frac{\sqrt{2}}{2} = K \frac{q^2}{(6\sqrt{2})^2} + K \frac{q^2}{b^2} \frac{\sqrt{2}}{2} + K \frac{q^2}{b^2} \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$2T \frac{\sqrt{2}}{2} = K \frac{q^2}{2b^2} + 2K \frac{q^2}{b^2} \frac{\sqrt{2}}{2}$$

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

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

$$T = K \frac{q^2}{b^2} \left( 1 + \frac{\sqrt{2}}{4} \right)$$

3) Найдём скорость  $V$  левого верхнего шарика:

Запишем для него 3С7:

$$K \frac{q^2}{b} + K \frac{q^2}{b} + K \frac{q^2}{b\sqrt{2}} = K \frac{q^2}{b} + K \frac{q^2}{2b} + K \frac{q^2}{36} + \frac{mV^2}{2}$$

$$\frac{mV^2}{2} = K \frac{q^2}{b} \left( 1 + 1 + \frac{1}{\sqrt{2}} - 1 - \frac{1}{2} - \frac{1}{3} \right)$$

$$\frac{mV^2}{2} = K \frac{q^2}{b} \left( 1 + \frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{2} - \frac{1}{3} \right)$$

$$mV^2 = K \frac{q^2}{b} \left( 2 + \frac{2}{\sqrt{2}} - 1 - \frac{2}{3} \right)$$



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 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!

~~Задача № 5 (урог.)~~

4. урог.)  $m V^2 = k \frac{q^2}{6} \left( 1 + \frac{2}{\sqrt{2}} - \frac{2}{3} \right)$

$m V^2 = k \frac{q^2}{6} \left( \sqrt{2} + \frac{1}{3} \right)$

$V^2 = \frac{k}{m} \frac{q^2}{6} \left( \sqrt{2} + \frac{1}{3} \right)$

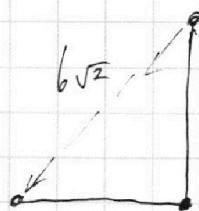
$V = q \sqrt{\frac{k}{m_6} \left( \sqrt{2} + \frac{1}{3} \right)}$

Ответ: 1)  $T = k \frac{q^2}{6^2} \left( 1 + \frac{\sqrt{2}}{4} \right)$

2)  $V = q \sqrt{\frac{k}{m_6} \left( \frac{1}{3} + \sqrt{2} \right)}$

~~Задача № 5 (урог.)~~

3)  $d = 6\sqrt{2}$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1                                   | 2                                   | 3                                   | 4                                   | 5                                   | 6                                   | 7                                   |
| <input checked="" 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. прог.)~~

$$T = \frac{4 - \sqrt{16 - 2 \cdot 10 \cdot 1 (0,8 + 0,6 \cdot \frac{1}{3})}}{10 (0,8 + 0,6 \cdot \frac{1}{3})}$$

~~Минимум~~

$$T = \frac{4 - \sqrt{16 - 20 (0,8 + 0,2)}}{13 - 2\sqrt{2}}$$

$$4 \cancel{T_1} = p_2 V_2$$

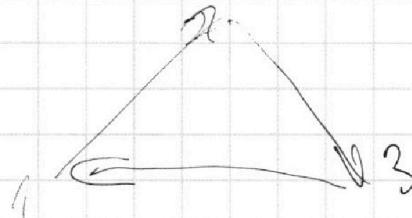
$$Q = 2 R I =$$

$$2 R I = A_{12} +$$

$$\frac{13 - 2\sqrt{2}}{12}$$

Чердачок

$$3 \cdot 4 =$$



~~Гипотенуза~~

$$6, S = \frac{\sqrt{13}}{2} \quad \text{дл} \quad \frac{\sqrt{13}}{12} - \frac{2^{2,8}}{2 \cdot 3} = \frac{\sqrt{13}}{12} - \frac{2^{1,8}}{3} =$$
$$\frac{2}{3} = \frac{2}{3} = \frac{\sqrt{2^3}}{3 \cdot \sqrt{13}} = \frac{\sqrt{8}}{3 \cdot \cancel{\sqrt{13}}} = \frac{\sqrt{8}}{3}$$

$$\sqrt{8} = \sqrt{4 \cdot 2} = 2\sqrt{2}$$



- 1  2  3  4  5  6  7

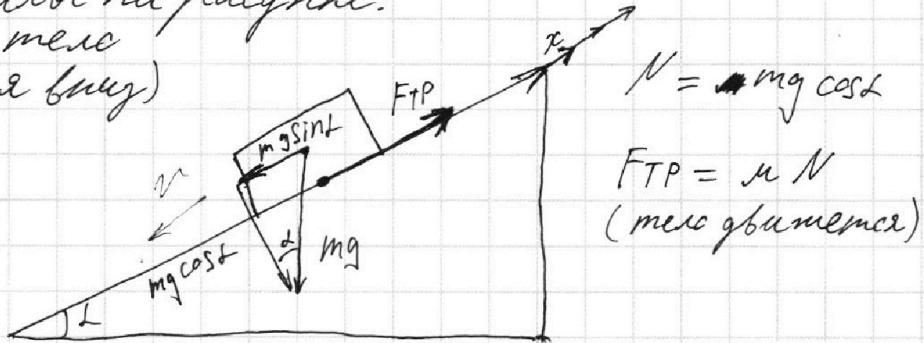
**МФТИ**

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

Задача № 2  
 Дано:  $\sin \alpha = 0,8$ ;  $v_0 = 4 \frac{m}{s}$ ;  $\mu = \frac{1}{3}$ ;  $U = 2 \frac{m}{s^2}$ ;  $g = 10 \frac{m}{s^2}$ ;  
 Найти: 1)  $T = ?$  2)  $L = ?$  3)  $H = ?$   $S = 1 m$

Демонстрируем:

1) Рассмотрим силы на рисунке:  
 (на рисунке тело скользит вниз)



2) Найдём скорость тела после прокатки  $S$  с помощью ЗСТ:

(Методик)

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + \mu g S \sin \alpha + \int m g \cos \alpha dS$$

$$v_0^2 = v_1^2 + 2 g S \sin \alpha + 2 g S \mu \cos \alpha$$

$$v_0^2 = v_1^2 + 2 g S (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

$$v_1 = \sqrt{v_0^2 - 2gS(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

3) Запишем II закон Ньютона в проекции на ось  $x$ :

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

$$a = -g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \Rightarrow \text{движение}$$

равнускоренное

$$\text{Польза: } \begin{cases} v(t) = v_0 + at \\ v(T) = v_1 \end{cases} \Rightarrow v_1 = v_0 + aT$$

$$v_1 = v_0 - g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) T$$

$$\sqrt{v_0^2 - 2gS(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = v_0 - g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) T$$

$$T = \frac{v_0 - \sqrt{v_0^2 - 2gS(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

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

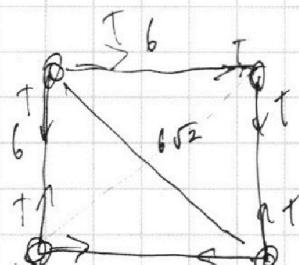
Черновик

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + m g S \sin \alpha + m m g \cos \alpha$$

$$\frac{i}{2} + 1 = \frac{i+2}{2} - \frac{i}{2}$$

$$i=3$$

$$\frac{3+2}{2} = \frac{5}{2} = 2,5$$



$$\frac{C}{R} \left( \frac{I}{T_1} \right)$$

$$2,5 + \frac{i+2}{2}$$

1-3 - изобража

$$T \frac{\sqrt{2}}{2} + T \frac{\sqrt{2}}{2} = k \frac{99}{(6\sqrt{2})^2} + k \frac{99}{6^2} \frac{\sqrt{2}}{2} + k \frac{99}{6^2} \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$2T \frac{\sqrt{2}}{2} = k \frac{9^2}{2 \cdot 6^2} + k \frac{9^2}{6^2} \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$T \sqrt{2} = k \frac{9^2}{6^2} \left( \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{2}}{2} \right) \quad C = 2R$$

$$T^2 = \frac{2}{3} = \frac{1}{3}$$

$$\int \frac{k q^2}{r^2} dr = \frac{k q^2}{r}$$

$$\frac{k q^2}{r^{-2}} \rightarrow \frac{k q^2 r^{-1-2}}{1-2} = -k q^2 r^{-1}$$

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

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

$$0,8^2 = 0,64 \quad 1 - 0,64 = 0,36 = 0,6 = \sqrt{2} + \frac{1}{3} = \frac{3\sqrt{2} + 1}{3}$$



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

**МФТИ.**

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

Черновик

дано:

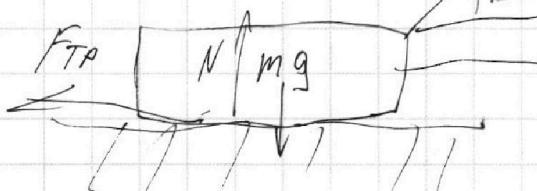
$v_0$

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

$$T = ? \quad 18 = \operatorname{tg} \alpha \frac{9S}{v_0^2}$$

$$m = ? \quad \frac{20^2}{20} - \frac{10 \cdot 20^2}{2 \cdot 20^2} F, \quad \frac{m v_0^2}{2} = mg H + \frac{m v^2}{2}$$

$$t = \frac{S}{v_0 \cos \alpha} \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{v_0^2}{9S}$$



$$N_1 = mg - F_s \sin \alpha$$

$$N_2 = mg$$

$$F_2 \quad y = v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}$$

$$H = S \operatorname{tg} \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2} - \operatorname{tg}^2 \alpha \frac{g S^2}{2 v_0^2}$$

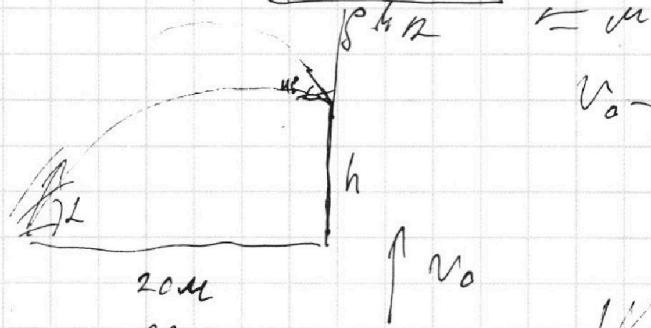
$$F_{TP1} = m (mg - F_s \sin \alpha)$$

$$F_{TP2} = \mu mg$$

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

$$1 \text{ m/s}^2 = \frac{F \cos \alpha + \mu (mg - F_s \sin \alpha)}{\mu m}$$

$$H = S \operatorname{tg} \alpha - \frac{g}{2} \frac{S^2}{v_0^2} \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$



$$v_0 - gt = c \quad F = \frac{v_0}{g}$$

$$gt = v_0 \quad v_0 = gT$$

УДАЛЯЮЩИЕ СИЛЫ

УДАЛЯЮЩИЕ СИЛЫ

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

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

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

$$y = v_0 \sin \alpha t - gt$$

$$v^2 = x^2 + y^2$$

$$h = \frac{gt^2}{2} = \frac{1}{2} \frac{v_0^2}{g} \frac{t^2}{\cos^2 \alpha} = \frac{v_0^2}{2g}$$

$$h = \frac{g + T^2}{2g} = \frac{g}{2}$$

$$H = v_0 \sin \alpha \frac{S}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g}{2} \frac{S^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha}$$