

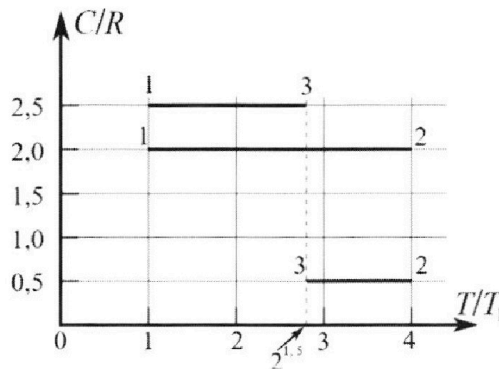
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 10-01

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



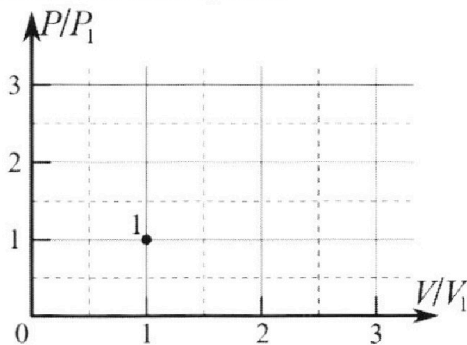
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2,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



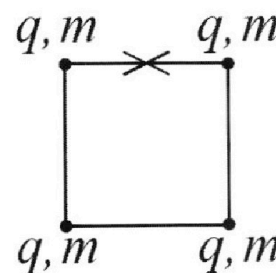
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $b$  (см. рис.). Масса каждого шарика  $m$ , заряд  $q$ .

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

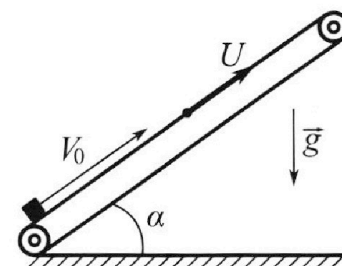
## Вариант 10-01



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

1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за  $T = 2$  с.
- 1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.
  - 2) Теннисист посылает мяч с начальной скоростью  $V_0$  под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии  $S = 20$  м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?
- Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым. Все высоты отсчитываются от точки старта.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол  $\alpha$  такой, что  $\sin \alpha = 0,8$  (см. рис.).
- В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость  $V_0 = 4$  м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте  $\mu = \frac{1}{3}$ . Движение коробки прямолинейное.



- 1) За какое время  $T$  после старта коробка пройдет в первом опыте путь  $S = 1$  м?

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

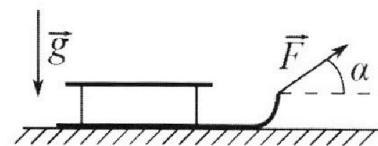
2) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 2$  м/с?

3) На какой высоте  $H$ , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

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

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

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения скорости  $V_0$  действие внешней силы прекращается.



- 1) Найдите коэффициент  $\mu$  трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.
- 2) Через какое время  $T$  после прекращения действия силы санки остановятся? Ускорение свободного падения  $g$ .

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

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!



Задача №1

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

Найти: 1)  $v_0 = ?$ , 2)  $H = ?$

Решение: 1) Мяч брошен вертикально вверх с какой-то скоростью  $v_0$ , тогда:

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

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

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

3) Пусть:  $H$  - максимальная высота места удара  
~~и~~  $\alpha$  - угол броска к горизонту  
Тогда: запишем уравнение движения мяча:

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

4) Найдем  $\alpha$  для максимальной высоты:

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

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

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

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

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

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

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

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 № 1 (прод.)

$$4. \text{ прод.}) H = S \operatorname{tg} \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2} - \operatorname{tg}^2 \alpha \frac{g S^2}{2 v_0^2}$$

Заметим, что это квадратное уравнение относительно  $\operatorname{tg} \alpha$ .

Это парабола с ветвями "вниз" ( $-\operatorname{tg}^2 \alpha$ ), следовательно "максимальное значение  $H$ " будет в вершине этой параболы.

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

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

$$\text{Тогда: } H = S \frac{v_0^2 g S}{g S^2} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \frac{v_0^4 S^2}{g^2 S^2}$$

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

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

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

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

$$2) H = 15 \text{ м}$$



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 (прод.)

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

~~$\frac{1,8}{0,8} \cdot 0,8$~~   
$$\begin{array}{r} + 1,8 \\ 0,8 \\ \hline 0,8 \cdot 4 = 1,44 \text{ м} \end{array}$$

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"/>	<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!



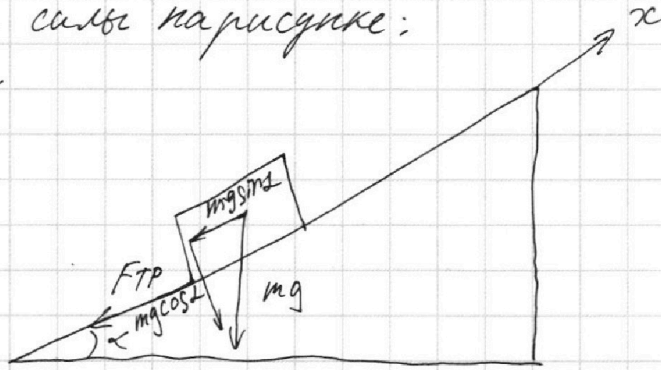
Задача № 2

Дано:  $\sin \alpha = 0,8$ ;  $v_0 = 4 \frac{m}{c}$ ;  $\mu = \frac{1}{3}$ ;  $\kappa = 2 \frac{m}{c}$ ;  $g = 10 \frac{m}{c^2}$ ;  $S = 1 \mu$   
Найти: 1)  $T = ?$  2)  $L = ?$  3)  $H = ?$

Решение:

1) Рассмотрим силы на рисунке:

$F_{TP} = \mu N$   
(тело едет)



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

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

3) Найдем момент, когда скорость обратится в 0:

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

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

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

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

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

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

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"/>	<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 №2 (прод.)

4. прод.)  $a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 10 \left( 0,8 - \frac{1}{3} \cdot 0,6 \right)$   
 $a = 10 \left( \overset{0,8}{\cancel{0,8}} - 0,2 \right) = 10 \cdot 0,6 = 6 \frac{\mu}{c^2}$

5) Запишем ур. гвм.:

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

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

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

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

$$t_1 = \frac{4}{10 \left( 0,8 + \frac{1}{3} \cdot 0,6 \right)} = \frac{4}{10 \left( 0,8 + 0,2 \right)} = \frac{4}{10} c$$

$$t_1 = 0,4 c$$

7) Коробку поставили F) Во втором окне  
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 лад. со.

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

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

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

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

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

$$H = S(t_4) \sin \alpha = 1,8 \cdot 0,8 = 1,44 \mu$$

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 №3

Дано:  $v_0, \alpha, g;$

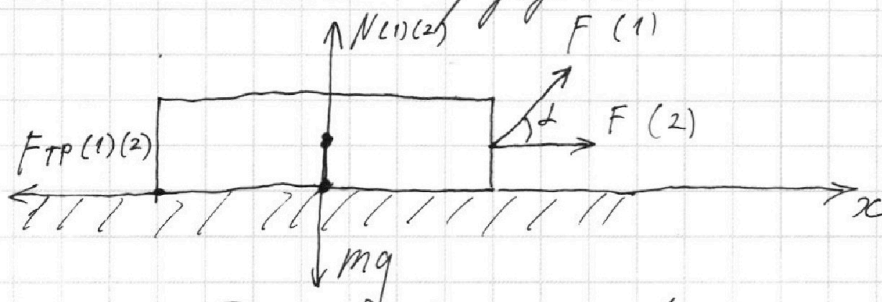
Найти: 1)  $m = ?$  2)  $T = ?$

Решение: На санки действуют постоянные по модулю силы  $\Rightarrow$  санки движутся равноускоренно.

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

Тогда по усл.:  $t = \frac{v_0}{a_1} = \frac{v_0}{a_2} \Rightarrow a_1 = a_2 = a$

2) Разставим силы на рисунке:



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

$$\begin{cases} ma = F \cos \alpha - FTP_1 \\ ma = F - FTP_2 \end{cases}$$

4)  $FTP_1 = \mu N_1$     $FTP_2 = \mu N_2$  (так как санки едут)

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

5) Найдем  $m$ :

$$\begin{cases} ma = F \cos \alpha - FTP_1 = F - FTP_2 \\ FTP_1 = \mu (mg - F \sin \alpha) \\ FTP_2 = \mu mg \end{cases}$$

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

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

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



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 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 (прод.)

б) После достижения  $v_0$  действие внешней силы прекратится в обоих случаях, следовательно:

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

в) Запишем II закон Ньютона:  $ma = -F_{TP} = -\mu mg$

$$a = -\mu g$$

г) Движение будет равноускоренное, следовательно:

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

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

Когда:  $v(T) = 0 = v_0 - \mu g T \quad T = \frac{v_0}{\mu g}$

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

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

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

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

„Ответ“ имеет смысл только при  $\mu > 0 \implies$

$$\implies \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} > 0$$

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:  $\nu = 1 \text{ моль}$ ;  $K = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ ;  $T_1 = 400 \text{ К}$ ; градусик;  $i = 3$   
Найти: 1)  $A_{12} = ?$  2)  $\eta = ?$  3) градусик  
Решение:

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

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

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

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

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

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

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

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

Погда:  ~~$Q_{31} = 2,5K(2T_1 - 2^{1,5}T_1)$~~

$$Q_{31} = 2,5K(T_1 - 2^{1,5}T_1)$$

$$Q_{31} = 2,5K T_1 (1 - 2^{1,5})$$

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

$$2,5K T_1 (1 - 2^{1,5}) = A_{31} + 1,5K T_1 (1 - 2^{1,5})$$

$$A_{31} = K T_1 (1 - 2^{1,5})$$

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. прог.) ~~Q<sub>23</sub> = 0,5K(2<sup>1,5</sup>T<sub>1</sub> - 4T<sub>1</sub>)~~

$$Q_{23} = 0,5KT_1(2^{1,5} - 4)$$

$$0,5KT_1(2^{1,5} - 4) = 1,5KT_1(2^{1,5} - 4) + A_{23}$$

$$A_{23} = -KT_1(2^{1,5} - 4) = KT_1(4 - 2^{1,5})$$

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

$$= 1,5KT_1 + (4 - 2^{1,5})KT_1 + KT_1(-1 - 2^{1,5})$$

~~$Q = 2Q_{23} + Q_{12} + Q_{31} = 6KT_1 + 1,5KT_1(4 - 2^{1,5}) + 1,5KT_1(-1 - 2^{1,5})$~~

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

$$Q^+ = 6KT_1$$

$$y = \frac{KT_1(1,5 + 4 - 2^{1,5} + 1 - 2^{1,5})}{6KT_1}$$

$$y = \frac{6,5 - 2 \cdot 2^{1,5}}{6} = \frac{6,5 - 2^{2,5}}{6}$$

$$A_{12} = 1,5KT_1 = \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 400 = 3 \cdot 8,31 \cdot 200 =$$

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

$$\begin{array}{r} \times 831 \\ 6 \\ \hline 4986 \end{array}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

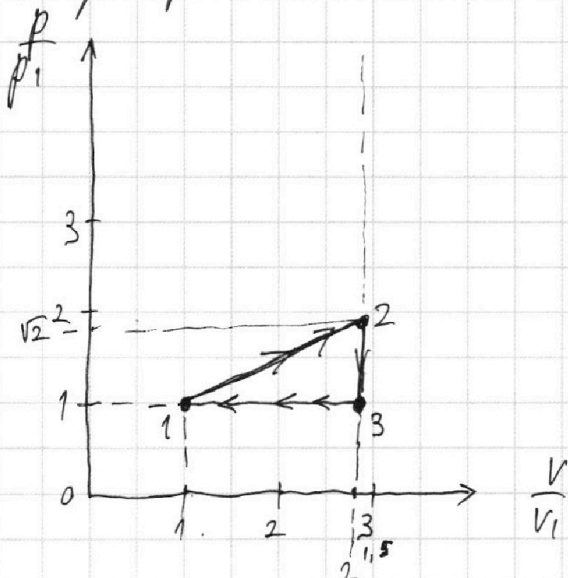
1  2  3  4  5  6  7

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 } линейные  
2-3 }

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

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

$$\Rightarrow p_1 = p_3$$

Тогда:  $p_1 V_1 = RT_1$

$$p_1 V_3 = RT_1 \cdot 2^{1,5}$$

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

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

$$4RT_1 = p_2 V_3$$

~~RT1~~

$$RT_1 = p_1 \frac{V_3}{2^{1,5}}$$

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

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

Ответ: 1)  $A_{12} = 4986 \text{ Дж}$

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

3) больше на ~~сам~~ стр.



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!



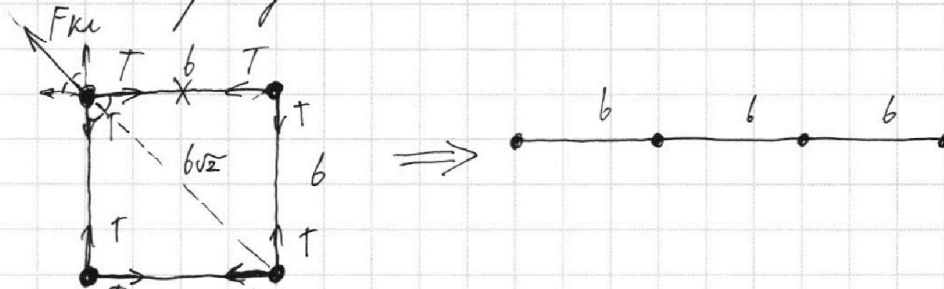
Задача № 5

Дано:  $m; q; b$

Найти: 1)  $T$  2)  $v = ?$  3)  $d = ?$

Решение:

1) Распишем силы на рисунке:



(Для удобства будем считать все заряды положительными)

2) Запишем условие равновесия для ~~л~~ левого верхнего шарика:

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

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

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

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

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

3) Найдем скорость  $v$  левого верхнего шарика:

Запишем для него ЗСЭ:

$$k \frac{q^2}{b} + k \frac{q^2}{b} + k \frac{q^2}{b\sqrt{2}} = k \frac{q^2}{b} + k \frac{q^2}{2b} + k \frac{q^2}{3b} + \frac{mv^2}{2}$$

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

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

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

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

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

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

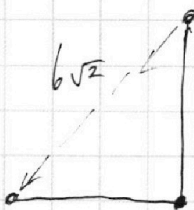
$$v = q \sqrt{\frac{k}{m b} \left( \sqrt{2} + \frac{1}{3} \right)}$$

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

2)  $v = q \sqrt{\frac{k}{m b} \left( \frac{1}{3} + \sqrt{2} \right)}$

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

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

МФТИ

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



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

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

$4R T_1 = p_2 V_3$

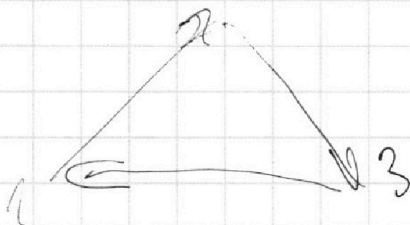
$Q = 2kJ =$

$2kJ = A_{12} +$

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

Черновик

$3 \cdot 4 =$



~~Анализ~~  $\frac{13}{12} - \frac{2^{2,8}}{2 \cdot 3} = \frac{13}{12} - \frac{2^{1,6 \cdot \frac{5}{2}}}{3} =$

$6,5 = \frac{13}{2}$

$\frac{2^{1,9}}{3} = \frac{2^{\frac{3}{2}}}{3} = \frac{\sqrt{2^3}}{3 \cdot 13} = \frac{\sqrt{8}}{3 \cdot 13} = \frac{\sqrt{8}}{39}$

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

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!

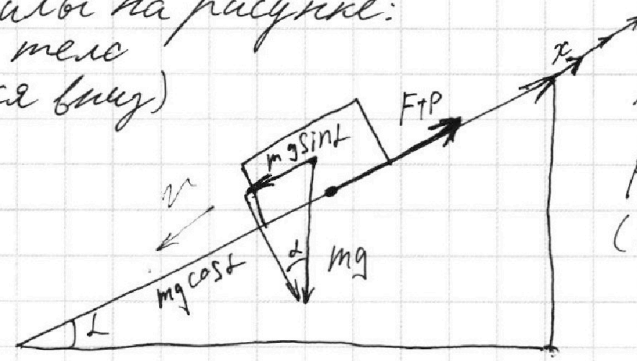


Задача №2

Дано:  $\sin \alpha = 0,8$ ;  $v_0 = 4 \frac{m}{c}$ ;  $\mu = \frac{1}{3}$ ;  $U = 2 \frac{m}{c}$ ;  $g = 10 \frac{m}{c^2}$ ;  
Найти: 1)  $T = ?$ ; 2)  $L = ?$ ; 3)  $H = ?$ ;  
;  $S = 1 m$  ;

Решение:

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



$N = mg \cos \alpha$   
 $F_{TP} = \mu N$   
(тело движется)

2) Найдем скорость тела после прохождения  $S$   
с помощью ЗСЭ:

Меридиан

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7

**МФТИ**

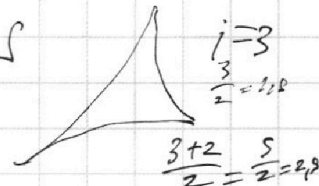
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



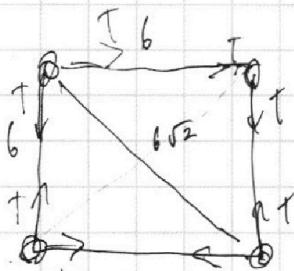
*Черновик*

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgS \sin \alpha + m g \cos \alpha S$$

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



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



1,5 T<sub>1</sub>     $\frac{i+2}{2}$   
1-3 - удар

$$T \frac{\sqrt{2}}{2} + T \frac{\sqrt{2}}{2} = k \frac{9g}{(6\sqrt{2})^2} + k \frac{9g}{6^2} \frac{\sqrt{2}}{2} + k \frac{9g}{6^2} \frac{\sqrt{2}}{2}$$

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

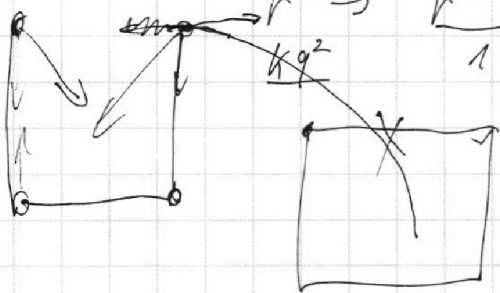
$$T \sqrt{2} = k \frac{9g}{6^2} \left( \frac{1}{2} + \sqrt{2} \right)$$

$$C = 2R$$

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

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

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



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

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

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

$$1 - 0,64 = 0,36 = 0,6$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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



Черновик

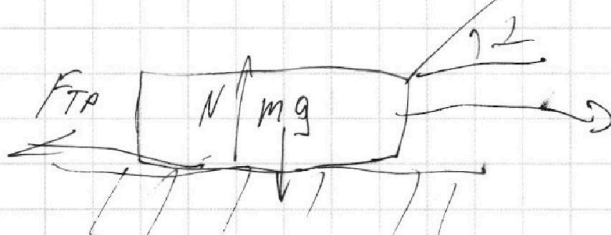
Дано:  $v_0$   $\alpha$  ~~задача №3~~  
 $\frac{1}{\cos^2 \alpha} = \tan^2 \alpha + 1$

$m = ?$   $\frac{20^2}{20} - \frac{10 \cdot 20^2}{2 \cdot 20^2}$

$T = ?$   $18 = \tan \alpha \frac{gS^2}{v_0^2}$

$\frac{mv_0^2}{2} = mgH + \frac{mv^2}{2}$

$t = \frac{S}{v_0 \cos \alpha}$   $\tan \alpha = \frac{v_0^2}{gS}$



$N_1 = mg - F \sin \alpha$

$N_2 = mg$

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

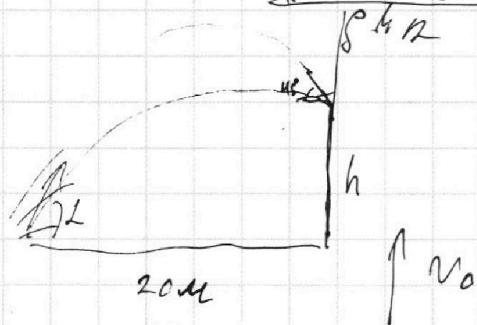
$F_{TP2} = \mu mg$

$ma = ma_0 = F - \mu mg = F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha)$

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

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

$\frac{1 - \mu \cos \alpha}{g h} = \mu$



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

~~$h = \frac{v_0^2}{2g}$~~

$h = \frac{gt^2}{2} = \frac{g}{2} \frac{v_0^2}{g^2} = \frac{v_0^2}{2g}$

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

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

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

$\dot{x} = v_0 \cos \alpha$

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

$v^2 = \dot{x}^2 + \dot{y}^2$