

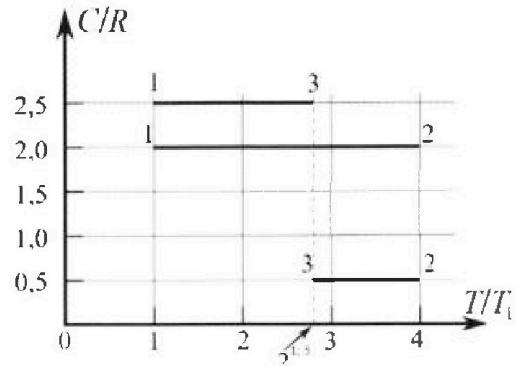
**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023**

**Вариант 10-01**

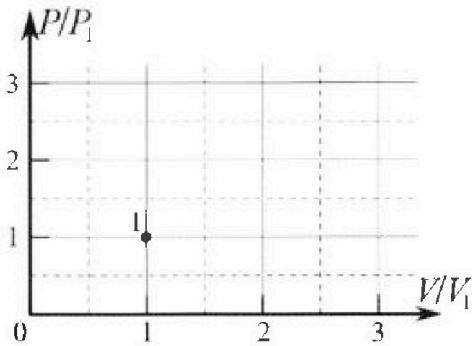


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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.



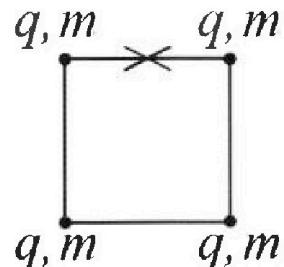
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $b$  (см. рис.). Масса каждого шарика  $m$ , заряд  $q$ .

- 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.

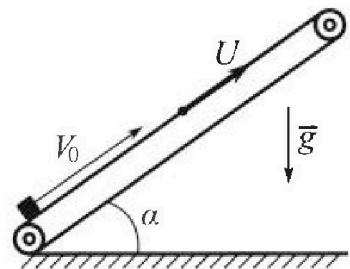
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

2) Теннисист 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  $g = 10$  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?

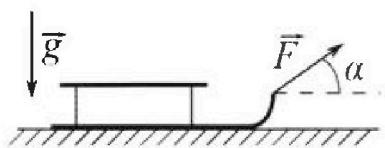
Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью  $U = 2$  м/с, и сообщают коробке скорость  $V_0 = 4$  м/с.

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.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

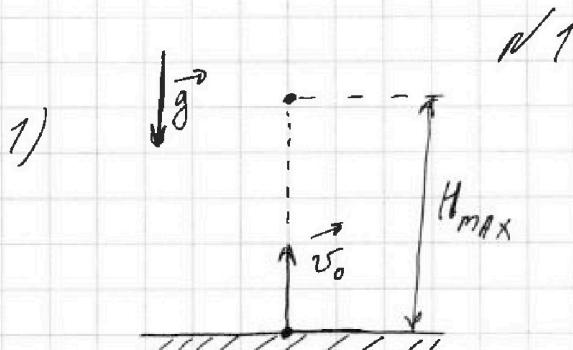
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



- |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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. Нарча QR-кода недопустима!



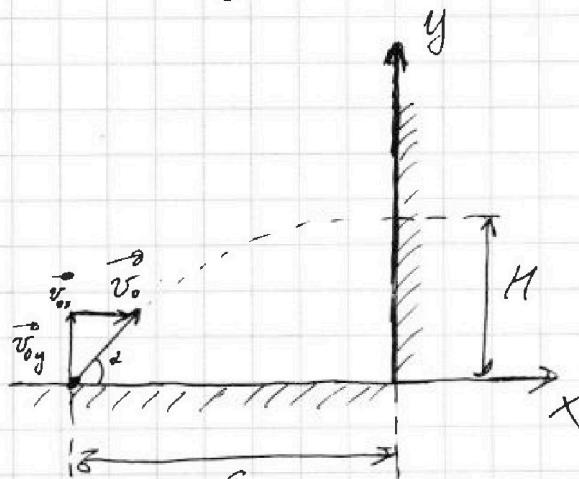
Скорость мяча через  
 $t$  секунд после начала  
движения равна:

$$v = v_0 - gt$$

В момент, когда мяч поднимется на высоту  
 $H_{max}$  его скорость  $v = 0 \text{ м/с}$ , находим:

$$v_0 - gt = 0 \quad v_0 = gt = 10 \cdot 2 = 20 \text{ м/с}$$

2)



$$v_{0x} = v_0 \cdot \cos \alpha$$

$$v_{0y} = v_0 \cdot \sin \alpha$$

$$S = v_{0x} \cdot t$$

Чтобы  $t$  - время до  
удара мяча о землю

$$S = v_{0x} \cdot \cos \alpha \cdot t$$

$$t = \frac{S}{v_{0x} \cdot \cos \alpha}$$

$$H = v_{0y} \cdot t - \frac{gt^2}{2} = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} =$$

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



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 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!

$$= \frac{2 v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha - g s^2}{2 v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} = \frac{s(v_0^2 \cdot \sin 2\alpha - g s)}{2 v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha}$$

Данное выражение принимает максимальное значение при ~~старт~~ максимальном  
углении  $\sin 2\alpha$ , т.е.  $\sin 2\alpha = 1 = \pm$

$$\Rightarrow 2\alpha = 90^\circ, \alpha = 45^\circ. \text{ Получаем:}$$

$$H_{\max} = \frac{20 \cdot (20^2 \cdot \sin 90^\circ - 10 \cdot 20)}{2 \cdot 20^2 \cdot \cos^2 45^\circ} = \\ = \frac{20 \cdot (400 - 200)}{2 \cdot 400 \cdot \frac{1}{4}} = \frac{4000}{400} = 10 \text{ м}$$

Ответ: 1)  $v_0 = 20 \text{ м/с}$

2)  $H_{\max} = 10 \text{ м.}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

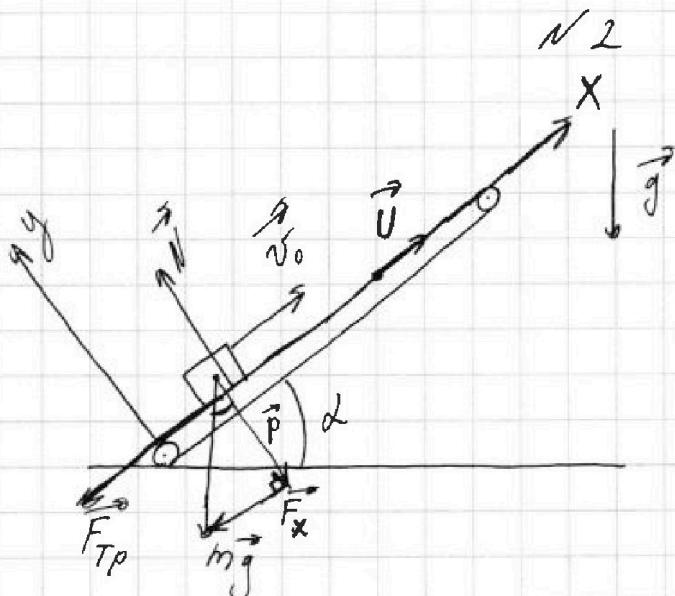
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



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



Введём оси

$Ox$  параллельную  
лине транспортира  
и  $Oy$  перпенди-  
кулярную линии  
транспортира.

$\vec{P}$  - сила давления коробки на лин.  
 $\vec{F}_x$  - проекция силы тяжести коробки на  $Ox$

$\vec{N}$  - сила реакции линии транспортира.

$\vec{F}_{Tp}$  - сила трения.

$$F_x = mg \cdot \sin \alpha \quad P = mg \cdot \cos \alpha$$

В проекции на  $Oy$ :  $N = P = mg \cdot \cos \alpha$

1) В проекции на  $Ox$  по 2 закону Ньютона:

$$m a_1 = F_x + F_{Tp} = mg \cdot \sin \alpha + \mu N =$$

$$= mg \cdot \sin \alpha + \mu mg \cdot \cos \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a_1 = g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = g (\sin \alpha + \mu \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}) =$$

$$= 10 \cdot (0,8 + \frac{1}{3} \sqrt{1 - 0,64}) = 10 \cdot (0,8 + \frac{1}{3} \cdot 0,6) = 10 \text{ м/с}^2$$



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

$\sqrt{2}$

Заметим, что через время  $t_1 = \frac{v_0}{a} =$

$= \frac{4}{10} = 0,4$  с коробка остановится и начнёт  
ехать вниз.

К моменту времени  $t_1$  коробка проедёт путь

$$\cancel{S_1 = v_0 t_1 - \frac{a_1 t_1^2}{2}} \quad S_1 = v_0 t_1 - \frac{a_1 t_1^2}{2} = \\ = 4 \cdot 0,4 - \frac{10 \cdot 0,16}{2} = 0,8 \text{ м}$$

т.е. ему осталось пройти  $S_2 = S - S_1 = 1 - 0,8 = 0,2$ .

Когда коробка поедет вниз, сила трения изменит

своё направление и будет направлена вправо,

Тогда в проекции на  $Ox$  по 2 закону Ньютона:

$$m a_2 = F_x - F_{T\mu} = mg \sin \angle - \mu m g \cos \angle$$

$$a_2 = g (\sin \angle - \mu (\cos \angle)) = g (\sin \angle - \mu (\sqrt{1 - \sin^2 \angle})) =$$

$$= 10 (0,8 - \frac{1}{3} \cdot 0,6) = 6 \text{ м/с}^2$$

$$\text{Тогда } t_2 \quad S_2 = \frac{a_2 \cdot t_2^2}{2} \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2 S_2}{a_2}}$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2}{6}} = \sqrt{\frac{1}{15}} \text{ с}$$

$$\text{Тогда искомое время } T = t_1 + t_2 = 0,4 + \sqrt{\frac{1}{15}} \text{ с}$$

2) Т.к. во момента, когда скорость коробки равна

$v = 2 \text{ м/с}$ , скорость коробки будет бывше скорости лесты,

то ~~сила~~ сила трения будет направлена влево, поэтому



- |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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

ускорение коробки до момента, когда коробка  
коробки и ленты сработают, равно  $a_1 = 10 \text{ м/с}^2$   
(вと同じ в пункте 1).

$$V = V_0 - a_1 t_3 \Rightarrow t_3 = \frac{V_0 - V}{a_1} = \frac{4 - 2}{10} = 0,2 \text{ с}$$

$$L = V_0 t_3 - \frac{a_1 t_3^2}{2} = 4 \cdot 0,2 - \frac{10 \cdot 0,04}{2} = 0,6 \text{ м}$$

3) В момент времени, рассмотренный в  
пункте 2 коробки и ленты сработают,  
и коробка ~~западет~~ об контактную ленту подогр  
етую, а следовательно она будет плавить  
направление и будет направлена вправо, тогда  
ускорение коробки после момента времени  $t_3$   
будет равно  $a_2 = 6 \text{ м/с}^2$  (вと同じ в  
пункте 1).

$$V = V_0 - a_2 t_4 \quad \text{где } V = 0 \text{ м/с} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t_4 = \frac{V - V_0}{a_2} = \frac{2 - 0}{6} = \frac{1}{3} \text{ с}$$

$$L_2 = V \cdot t_4 - \frac{a_2 t_4^2}{2} = 2 \cdot \frac{1}{3} - \frac{6 \cdot \frac{1}{9}}{2} =$$

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

Получаем, что коробка остановится на расстоянии

$$L_3 = L + L_2 = 0,6 + \frac{1}{3} = \frac{2,8}{3} = \frac{14}{15} \text{ м от точки старта.}$$



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!

$$\text{Тогда } H = L_3 \cdot \sin \alpha$$

$$H = \frac{14}{15} \cdot 0,8 = \frac{56}{75} \text{ м}$$

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

2)  $L = 0,6 \text{ м}$

3)  $H = \cancel{\frac{56}{75}} \text{ м.}$



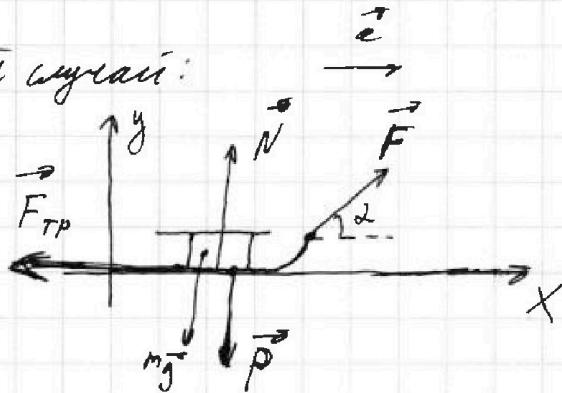
- |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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

1-й случай:



Oy:

$$P = mg - F \sin \alpha$$

$$N = P = mg - F \cdot \sin \alpha$$

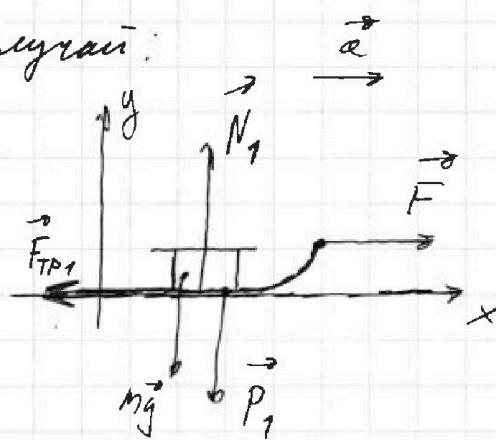
Ox:

$$F \cdot \cos \alpha - F_{Tp} = ma$$

$$F_{Tp} = \mu N$$

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

2-й случай:



Oy:

$$P_1 = mg$$

$$N_1 = P_1 = mg$$

Ox:

$$F - F_{Tp1} = ma$$

$$F_{Tp1} = \mu N_1$$

$$F - \mu mg = ma$$

Т.к. в обоих случаях

сами разгоняются

до одной и той же скорости

т.к. за равное время,

то в обоих случаях ускорение одинаково.

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!

N3

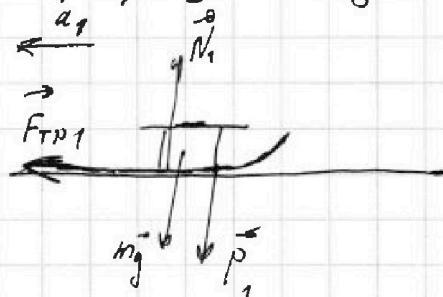
$$1) \begin{cases} F \cos \alpha - \mu(mg - F \cdot \sin \alpha) = ma \\ F - \mu mg = ma \end{cases}$$

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

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

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

2) Маневр прекращения действия силы  $F$ :



$$\text{Используем } P_1 = mg$$

$$N_1 = P_1 = mg$$

$$F_{Tp,1} = \mu N_1 = \mu mg$$

$$ma_1 = \mu mg \Rightarrow a_1 = \mu g$$

$$\text{Полукруг: } v_0^2 - a_1 T = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = \frac{v_0^2}{a_1} = \frac{v_0^2}{\mu g} = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha)g}$$

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

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

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!

№ 4

1) Температура газа в процессе 1-2 из уравнения работы

$$C_{12} = 2 \cdot R$$

$$\text{Тогда } Q_{12} = C_{12} (T_2 - T_1) = 2R \cdot (4T_1 - T_1) = \\ = 6T_1 R$$

$$\text{При этом } Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot R \cdot (4T_1 - T_1) = \\ = \frac{9}{2} T_1 R$$

$$A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = 6T_1 R - \frac{9}{2} T_1 R = \\ = \frac{72 - 9}{2} T_1 R = \frac{3}{2} T_1 R = \frac{3}{2} \cdot 400 \cdot 8,37 = \\ = 4986 \text{ Дж}$$

$$2) \eta = \frac{A_{\text{пол}}}{Q_0} = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_0}$$

где  $Q_0$  - подведенная к газу теплота.

$$Q_{23} = C_{23} \cdot (T_3 - T_2) = 0,5R \cdot (\sqrt{8}T_1 - 4T_1) = \\ = RT_1 \cdot (\sqrt{2}^2 - 2) < 0 \Rightarrow \text{во время процесса}$$

2-3 температура ~~и~~ к газу не подводилась.

$$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} \quad \Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \\ = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot R (\sqrt{8}T_1 - 4T_1) = 3RT_1 \cdot (\sqrt{2}^2 - 2)$$

$$A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = RT_1 (\sqrt{2}^2 - 2) - 3RT_1 \cdot (\sqrt{2}^2 - 2) =$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

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

$$= (\sqrt{2} - 2) / (RT_1 - 3RT_1) \stackrel{14}{=} - 2RT_1(\sqrt{2} - 2) = 2RT_1(2 - \sqrt{2})$$

$$Q_{31} = A_{31} \cdot (T_1 - T_3) = 2,5R(T_1 - \sqrt{8}T_1) = \\ = 5R\left(\frac{T_1}{2} - \sqrt{2}T_1\right) = 5RT_1\left(\frac{1}{2} - \sqrt{2}\right) < 0 \Rightarrow \text{без о.}$$

~~Q<sub>31</sub> = A<sub>31</sub> + A<sub>12</sub>~~, т.к. 3-1 температура не подводилась. Получаем, что генератор и нагрузка подводились только в процессе 1-2 =>

$$\Rightarrow Q_0 = Q_{12} = 6T_1R$$

$$Q_{31} = A_{31} + \Delta V_{31} \quad \Delta V_{31} = \frac{3}{2}\sqrt{R}(T_1 - T_3) = \\ = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot R \cdot (T_1 - \sqrt{8}T_1) = 3RT_1 \cdot \left(\frac{1}{2} - \sqrt{2}\right)$$

$$A_{31} = Q_{31} - \Delta V_{31} = 5RT_1 \cdot \left(\frac{1}{2} - \sqrt{2}\right) - 3RT_1 \cdot \left(\frac{1}{2} - \sqrt{2}\right) = \\ = \left(\frac{1}{2} - \sqrt{2}\right) \cdot (5RT_1 - 3RT_1) = 2RT_1 \cdot \left(\frac{1}{2} - \sqrt{2}\right)$$

$$\eta = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_0} = \frac{\frac{3}{2}T_1R + 2T_1R(2 - \sqrt{2}) + 2T_1R\left(\frac{1}{2} - \sqrt{2}\right)}{6T_1R} = \\ = \frac{\frac{3}{2} + 2(2 - \sqrt{2}) + 2\left(\frac{1}{2} - \sqrt{2}\right)}{6} = \frac{1,5 + 4 - 2\sqrt{2} + 1 - 2\sqrt{2}}{6} = \\ = \frac{6,5 - 4\sqrt{2}}{6} = \frac{13 - 8\sqrt{2}}{12}$$

Ответ: 1)  $A_{12} = 4986 \text{ Дж}$

2)  $\eta = \frac{13 - 8\sqrt{2}}{12}$

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"/> |

МФТИ



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

$$1) F \cdot \cos \alpha - \mu mg + M F \cdot \sin \alpha = F - \mu mg$$

$$\mu M F \sin \alpha = F - F \cdot \cos \alpha$$

$$\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{1 - \cos 60^\circ}{\sin 60^\circ} = \frac{(1 - \cos 60^\circ)^2}{(1 - \cos 60^\circ)(1 + \cos 60^\circ)} = \frac{\sqrt{3}}{1 + \cos 60^\circ}$$

$$2) V_0 - \alpha T = 0 \quad m = \mu mg \quad \alpha = \mu g = \frac{\sqrt{3}}{1 + \cos 60^\circ}$$

$$V_0 - \mu g T = 0$$

$$T = \frac{V_0}{\mu g} = \frac{V_0 \cdot \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) g} = \frac{8,37 \cdot 100 \cdot 6}{831 \cdot 6} = \frac{8,37}{831} \cdot 100 = 100 \text{ s}$$

$$U = \frac{3}{2} VR_{\text{eff}} = \frac{6}{837 \cdot 86}$$

$$U = 1 \text{ мВ}$$

$$3) C_{12} = 2 \cdot 8,37 - 2R \quad \frac{0,20}{K}$$

$$T_1 = 400 \text{ K} \quad T_2 = 1600 \text{ K}$$

$$Q_{12} = C_{12} (T_2 - T_1) = 2 \cdot 8,37 \cdot 1200 R = 2000 R$$

$$U_{12} = \frac{3}{2} VR \cdot (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \cdot R \cdot 1200 = 1800 R$$

$$U_{12} + A_{12} = Q_{12} \quad A_{12} = Q_{12} - U_{12} = 600 R$$

$$4) Q_{23} = C_{23} (T_3 - T_2) = 0,5 R \cdot (1587 \cdot 400 - 4 \cdot 400) = R (1587 \cdot 400 - 800) = 400 R / \sqrt{2} - 2$$

$$Q_{23} = A_{23} + U_{23} \quad U_{23} = \frac{3}{2} VR (T_3 - T_2) = 3 R (1587 \cdot 400 - 800) = 3200 R / \sqrt{2} - 2$$

$$A_{23} = Q_{23} - U_{23} = 400 R / \sqrt{2} - 2 - 1200 R / \sqrt{2} - 2 = (\sqrt{2} - 2) (-800 R) = (2 - \sqrt{2}) 800 R$$

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!

$$q_1 = 6 \text{ Н/с}^2$$

$$U = 2 \text{ м/с} = 2 - q_1 t_2^2 \quad \frac{0,8}{11,2}$$

$$q_1 t_2 = 4 \quad t_2 = \frac{4}{6} = \frac{2}{3} \text{ с}$$

$$L_2 = L + \frac{U^2 t_2}{2} - \frac{q_1 t_2^2}{2} = 0,6 + 2 \cdot \frac{\frac{2}{3}}{2} - \frac{6 \cdot \frac{4}{9}}{2} = \\ = 0,6 + \frac{4}{3} - \frac{4}{3} = 0,6 \text{ м}$$

3)

$$U = 0,4 \text{ м/с} = 2 - q_1 t_2^2 \quad q_1 = 6 \text{ Н/с}^2$$

$$t_2 = \frac{2}{q_1} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3} \text{ с}$$

$$L_2 = \frac{U^2 t_2}{2} - \frac{q_1 t_2^2}{2} = \frac{2}{3} - \frac{6 \cdot \frac{1}{9}}{2} = \frac{2}{3} - \frac{1}{3} = \frac{1}{3} \text{ м}$$

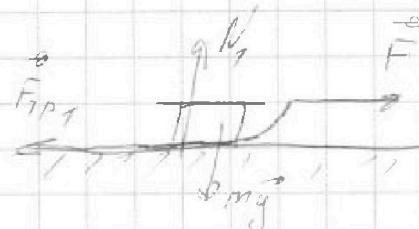
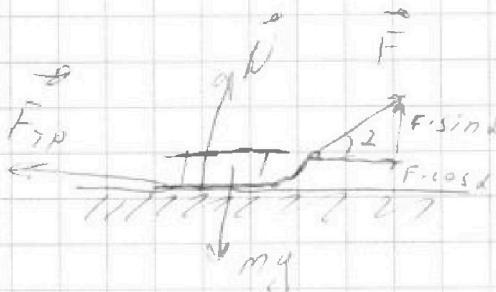
$$S = L + L_2 = 0,6 + \frac{1}{3} \text{ м} = \frac{7,8 + 1}{3} = \frac{2,8}{3} \text{ м} = \frac{28}{30} = \frac{14}{15} \text{ м}$$

$$H = S \cdot \sin \alpha = \frac{14}{15} \cdot 0,8 = \boxed{\frac{11,2}{15} \text{ м}} =$$

$$= \frac{11,2}{150} = \boxed{\frac{56}{75} \text{ м}}$$

$$\frac{14 \cdot 8}{15 \cdot 10} = \frac{11,2}{15 \cdot 5} = \frac{56}{75}$$

№ 3



$$N_1 = mg$$

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

$$ma = F - \mu mg$$

$$N = mg - F \cdot \sin \alpha$$

$$F_{NP} = \mu(mg - F \cdot \sin \alpha)$$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

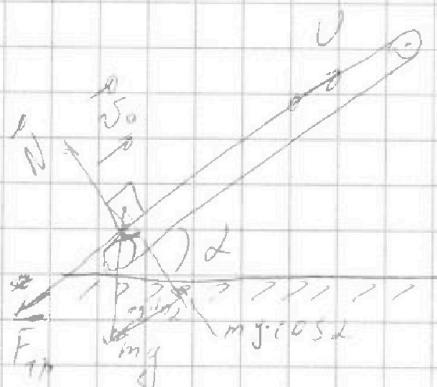
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



1/2

1/3

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

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

$$F_{\mu} = \mu N = \mu \cdot mg \cdot \cos \alpha$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - 0,6^2} = 0,8$$

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

$$a = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = 10 \left(0,8 + \frac{0,6}{3}\right) = 10 \text{ м/с}^2$$

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

$$v_0 - at = 0 \quad at = v_0 \quad t = \frac{v_0}{a} = \frac{4}{10} = 0,4 \text{ с}$$

$$t = 4 \text{ с} - 5t^2$$

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

~~$\frac{d}{dt}(2t^2 - 4t + 1)$~~

$$S_1 = \frac{1,6}{4} - \frac{0,1}{0,4} = 0,64 - 0,25 = 0,39 \text{ м}$$

Через  $t = 0,4$  с движение останавливается, а дальше блок

$$\text{ движет } s_2 = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

$$a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 10(0,8 - \frac{0,6}{3}) = 6,4 \text{ м/с}^2$$

$$s_1 + s_2 = S \quad S = s_1 - s_2 = 0,6 - 0,39 = 0,21 \text{ м}$$

$$s_2 = \frac{a_2 t_2^2}{2} \quad t_2 = \sqrt{\frac{2s_2}{a_2}} = \sqrt{\frac{0,21}{6,4}} = \sqrt{\frac{0,21}{16}} = \frac{\sqrt{21}}{40} \text{ с}$$

$$F = t_1 + t_2 = 0,4 + \sqrt{\frac{21}{16}} = 0,4 + \sqrt{\frac{21}{15}} \text{ с}$$

$$?) \quad a = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = 10 \text{ м/с}^2$$

$$L = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} = \quad V = v_0 - at \quad 2 = 4 - 10t \quad 10t = 4 - 2 = 2$$

$$= \frac{4 - 16}{20} = \quad L = v_0 t - \frac{a t^2}{2} = 4 \cdot 0,4 - \frac{10 \cdot 0,2^2}{2} = 10,6 \text{ м}$$

$$= \frac{-12}{20} = \frac{6}{10} = 0,6 \text{ м}$$

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!

$$\frac{200}{2 \cdot 400 \cdot \frac{3}{4}} = 200$$

$$1) \quad \begin{aligned} & \text{If } \frac{\sqrt{2}}{2} < \sin^2 \alpha \\ & \sin 2\alpha = 200 \\ & \cos^2 \alpha = \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 = \frac{3}{4} \end{aligned}$$

но макс. высота горизонтальная  $v_0 = 0$  м/с

$$v = v_0 - gt \quad v_0 - gt = 0 \quad \frac{20(400 \cdot \frac{3}{2} - 200)}{2 \cdot 400 \cdot \frac{3}{4}} =$$

$$v_0 = gt = 10 \cdot \frac{2}{3} = \frac{20}{3} \text{ м/с}$$

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

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

$$H = \frac{v_0 + v_0 \tan \alpha}{2} \cdot t =$$

$$= \frac{v_0 + v_0 \cdot \tan \alpha}{v_0 \cdot \cos \alpha} \cdot \frac{s}{v_0 \cdot \cos \alpha} =$$

$$v_{0y} = v_0 \cdot \sin \alpha \quad v_{0x} = v_0 \cdot \cos \alpha$$

$$s = v_{0x} \cdot t \quad t = \frac{s}{v_0 \cdot \cos \alpha}$$

$$H = v_{0y} t - \frac{gt^2}{2} = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} =$$

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

$$= \frac{2 v_0^2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha \cdot s - g s^2}{2 v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} = \frac{s(v_0^2 \cdot \sin 2\alpha - gs)}{2 v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha}$$

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!

3

$$Q_{37} = C_{37} (T_2 - T_3) = \frac{3}{2} R (200 - \sqrt{2} \cdot 400) = \frac{3}{2} R (200 - 2\sqrt{2} \cdot 400) = \frac{12(1-\sqrt{2})}{2} R = 6(1-\sqrt{2}) R$$

$$Q_{37} = A_{37} + U_{37} \quad U_{37} = \frac{3}{2} \sqrt{2} R (T_2 - T_3) = \frac{3}{2} \sqrt{2} R (200 - 400) = \frac{3}{2} \sqrt{2} R (-200) = -3\sqrt{2} R \cdot 200 = -600\sqrt{2} R$$

$$A_{27} = Q_{27} - U_{37} = \frac{3}{2} R (400 - \sqrt{2} \cdot 200) = \frac{3}{2} R (400 - 2\sqrt{2} \cdot 200) = \frac{3}{2} R (400 - 4\sqrt{2} \cdot 200) = 3R(200 - 2\sqrt{2} \cdot 200) = 600R(1 - \sqrt{2})$$

$$= (9 - 2\sqrt{2})(1000R - 600R) = (7 - 2\sqrt{2}) \cdot 400R$$

$$\eta = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{37}}{Q_{12} + Q_{23} + Q_{37}} = \frac{600R + (2 - \sqrt{2}) \cdot 800R + (7 - 2\sqrt{2}) \cdot 400R}{2400R + 400R(\sqrt{2} - 1) + 1000R(1 - \sqrt{2})} =$$

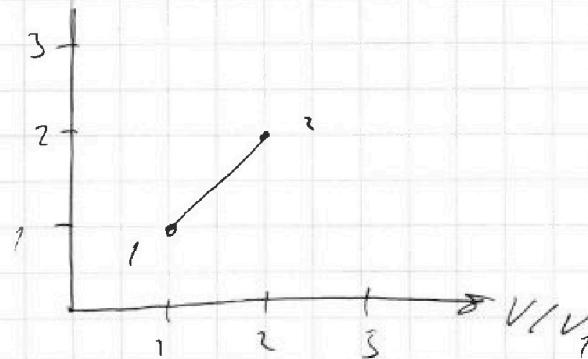
$$= \frac{600 + 1600 - 800\sqrt{2} + 400 - 800\sqrt{2}}{2400 + 400\sqrt{2} - 800 + 1000 - 2000\sqrt{2}} =$$

$$= \frac{2600 - 1600\sqrt{2}}{2600 - 1600\sqrt{2}} = 1$$

$$\beta = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{37}}{Q_{12}} = \frac{2600 - 1600\sqrt{2}}{2400} = \frac{26 - 16\sqrt{2}}{24} = \frac{13 - 8\sqrt{2}}{12}$$

т.к. бывшего изображалось только на уменьшение  $\beta$ -  
но ост. уменьш.  $Q < 0$

3)  $\rho V = DRT$  при  $T$ ,  $(9 - 2\sqrt{2})RT$ ,





На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

6

7

МФТИ

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

$$F = ma + \mu mg$$

$$m\ddot{y} = (ma + \mu mg)\cos\alpha - \mu my + \mu(ma + \mu mg)\sin\alpha$$

$$ma = ma\cos\alpha + \mu mg\cos\alpha - \mu my + \mu ma\cdot\sin\alpha + \mu^2mg\sin\alpha$$

$$ma(1 - \cos\alpha - \mu\sin\alpha) = \mu mg(\cos\alpha - 1 + \mu\sin\alpha)$$

$$-ma(\cos\alpha - 1 + \mu\sin\alpha) = \mu mg(\cos\alpha - 1 + \mu\sin\alpha)$$

$$a = -\mu g$$