

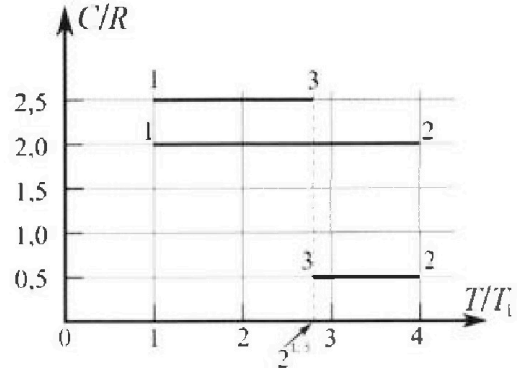
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

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



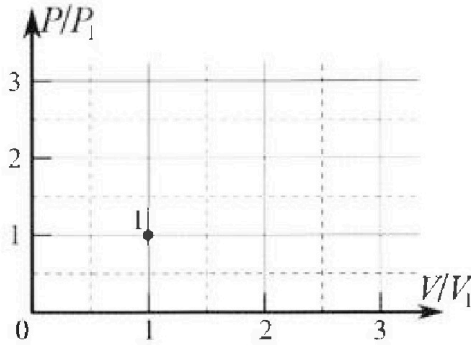
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2, 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  $A_2$  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.



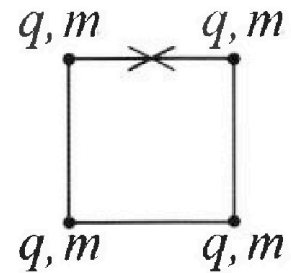
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $b$  (см. рис.). Масса каждого шарика  $m$ , заряд  $q$ .

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 сверху (на рисунке)?



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



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 10-01



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

1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за  $T = 2$  с.

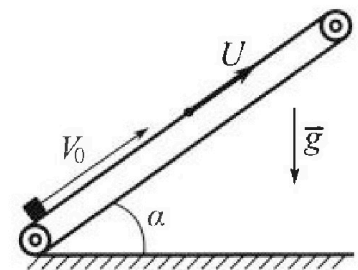
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

2) Теннисист посылает мяч с начальной скоростью  $V_0$  под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии  $S = 20$  м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?

Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/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.

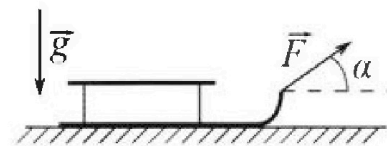
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рис.).

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.



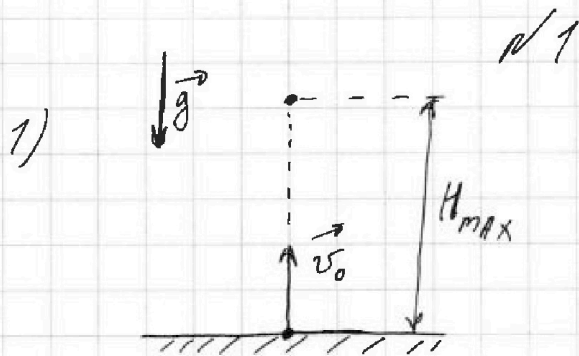
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



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

$$v = v_0 - g t$$

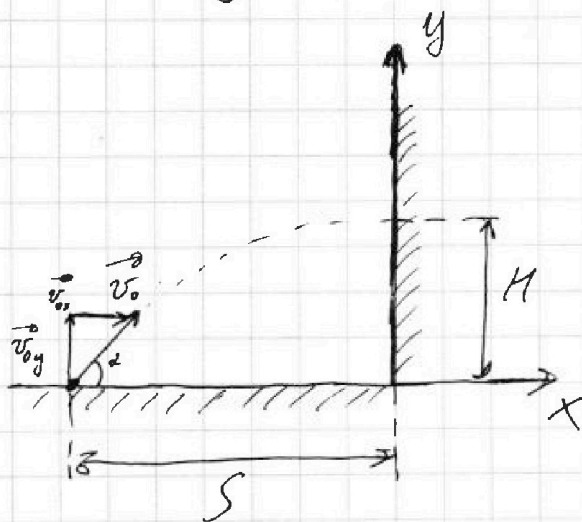
В момент, когда мяч поднимется на высоту

$H_{\max}$  его скорость  $v = 0$  м/с, поэтому:

$$v_0 - g T = 0$$

$$v_0 = g T = 10 \cdot 2 = 20 \text{ м/с}$$

2)



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

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

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

где  $t$  - время до  
удара мяча о стену

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

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

~~N 1~~

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

Данное выражение принимает максимальное

значение при ~~максимальном~~ максимальном

значении  $\sin 2\alpha$ , т.е.  $\sin 2\alpha = 1 \Rightarrow$

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

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

Ответ: 1)  $v_0 = 20 \text{ м/с}$

2)  $H_{\max} = 10 \text{ м}$ .

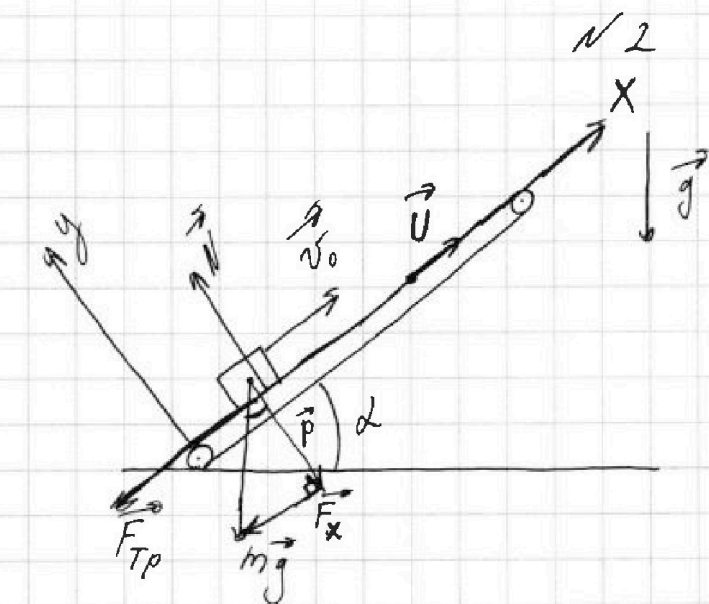
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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"/>	<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!



Введём оси

$Ox$  параллельную  
ленте транспортера  
и  $Oy$  перпенди-  
кулярную ленте  
транспортера.

$\vec{P}$  - сила давления коробки на ленту

$F_x$  - проекция силы тяжести коробки на  $Ox$

$N$  - сила реакции ленты транспортера.

$F_{Tp}$  - 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:

$$\begin{aligned} m a_1 &= F_x + F_{Tp} = mg \cdot \sin \alpha + \mu N = \\ &= mg \cdot \sin \alpha + \mu mg \cdot \cos \alpha \Rightarrow \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow a_1 &= g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = g (\sin \alpha + \mu \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}) = \\ &= 10 \cdot (0,8 + \frac{1}{3} \sqrt{1 - 0,64}) = 10 \cdot (0,8 + \frac{1}{3} \cdot 0,6) = 10 \text{ м/с}^2 \end{aligned}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

№2

Заметим, что через время  $t_1 = \frac{v_0}{a_1} =$

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

К моменту времени  $t_1$  коробка пройдёт путь

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

Т.е. ещё осталось проехать  $S_2 = S - S_1 = 7 - 0,8 = 0,2$  м.

Когда коробка поедет вниз, сила трения изменит своё направление и будет направлена вверх.

Тогда в продольном направлении по 2 закону Ньютона:

$$m a_2 = F_x - F_{\text{тр}} = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

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

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

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

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

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

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

$v = 2 \text{ м/с}$ , скорость коробки будет больше скорости ленты, то ~~назад~~ сила трения будет направлена влево, поэтому

1  2  3  4  5  6  7



✓2

ускорение коробки до момента, когда скорости  
коробки и ленты сравняются, равно  $a_1 = 10 \text{ м/с}^2$   
(вычислено 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 скорость коробки и ленты сравняются,  
и коробка ~~начнет скользить~~ относительно ленты поедет  
вниз, а следовательно сила трения изменит  
направление и будет направлена вправо, тогда  
ускорение коробки после момента времени  $t_3$   
будет равно  $a_2 = 6 \text{ м/с}^2$  (вычислено в  
пункте 1).

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

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

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

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

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
<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!

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

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

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

$$2) L = 0,6 \text{ м}$$

$$3) H = \frac{56}{75} \text{ м.}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

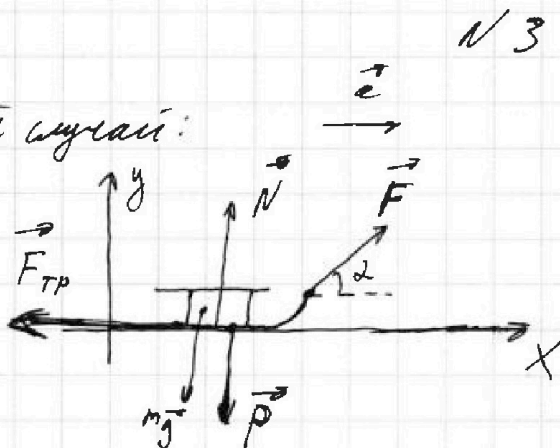
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**МФТИ**

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



1-й случай:



$O_y$ :

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

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

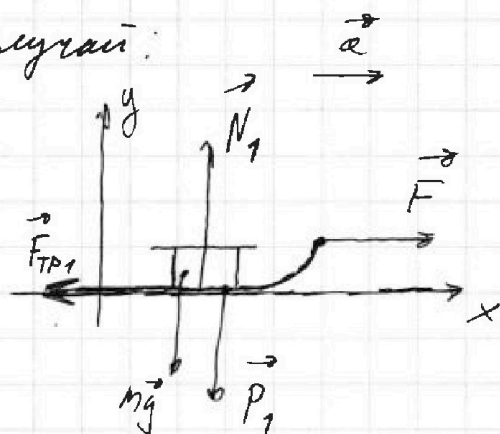
$O_x$ :

$$F \cos \alpha - F_{TP} = ma$$

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

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

2-й случай:



$O_y$ :

$$P_1 = mg$$

$$N_1 = P_1 = mg$$

$O_x$ :

$$F - F_{TP1} = ma$$

$$F_{TP1} = \mu N_1$$

$$F - \mu mg = ma$$

Т.к. в обоих случаях

силы разномысляются

до одной и той же скорости

$v_0$  за равное время,

то в обоих случаях ускорения сил одинаковы.

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"/>

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

МФТИ

№3

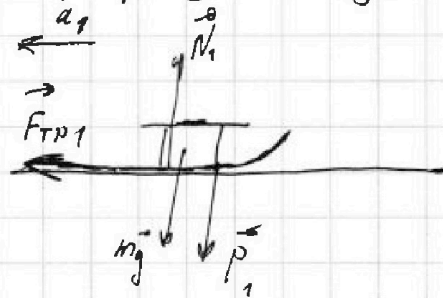
$$1) \begin{cases} F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha) = ma \\ F - \mu mg = ma \end{cases}$$

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

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

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

2) Найдите максимальную величину силы  $F$ :



$$\text{Условие } P_1 = mg$$

$$N_1 = P_1 = mg$$

$$F_{\text{тр},1} = \mu N_1 = \mu mg$$

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

Получаем:  $v_0 - a_1 T = 0 \Rightarrow$

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

Ответ: 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) Теплоёмкость газа в процессе 1-2 из уравнения равна

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

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

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

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

$$\begin{aligned} A_{12} &= Q_{12} - \Delta U_{12} = 6 T_1 R - \frac{9}{2} T_1 R = \\ &= \frac{12-9}{2} T_1 R = \frac{3}{2} T_1 R = \frac{3}{2} \cdot 400 \cdot 8,31 = \\ &= 4986 \text{ Дж} \end{aligned}$$

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

где  $Q_0$  - подведённая к газу теплота.

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

2-3 теплота ~~из~~ к газу не подводится.

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:



1  2  3  4  5  6  7



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

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

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

~~$Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31}$~~  *если 3-1 теплоота там же не  
позволилась. Получаем, что теплоота к возу  
позволилась только в процессе 1-2 =>*

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

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

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

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

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

МФТИ

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

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

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

$$\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{1 - \cos \alpha}{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}} = \frac{1 - \cos \alpha}{(1 - \cos \alpha) / \mu \cos \alpha} = \mu \cos \alpha$$

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

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

$$\mu g T = V_0 \quad T = \frac{V_0}{\mu g}$$

$$T = \frac{V_0 \cdot \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) g}$$

$$T = \frac{8,31}{\mu g}$$

$$8,31 \cdot 100 \cdot 6 = 831 \cdot 6$$

$$U = \frac{3}{2} \sqrt{R \alpha T} = \frac{6}{2} \sqrt{R \alpha T} = 3 \sqrt{R \alpha T} = 3 \sqrt{831 \cdot 6} = 4586$$

$$V = 1 \text{ мкм/с}$$

$$1) C_{12} = 2 \cdot 8,31 = 2R \quad \frac{Q_{12}}{k}$$

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

$$Q_{12} = C_{12} (T_2 - T_1) = 2R \cdot 1200 = 2400R$$

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

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

$$2) Q_{23} = C_{23} (T_3 - T_2) = 9,5R \cdot (\sqrt{8} \cdot 400 - 4 \cdot 400) = 9,5R \cdot 400(\sqrt{8} - 4) = 3800R(\sqrt{8} - 4)$$

$$Q_{23} = A_{23} + U_{23} \quad U_{23} = \frac{3}{2} \sqrt{R} (T_3 - T_2) = 3R(\sqrt{8} \cdot 400 - 4 \cdot 400) = 1200R(\sqrt{8} - 4)$$

$$A_{23} = Q_{23} - U_{23} = 9,5R(\sqrt{8} - 4) - 1200R(\sqrt{8} - 4) = (9,5 - 1200)R(\sqrt{8} - 4) = -1190,5R(\sqrt{8} - 4) = (2 - \sqrt{2})800R$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

1     2     3     4     5     6     7



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



$$a_1 = 6 \text{ м/с}^2$$

$$v = 2 \text{ м/с} = 2 - a_1 t_2$$

3  
14  
0,8  
11,2

$$a_1 t_2 = 4 \quad t_2 = \frac{4}{6} = \frac{2}{3} \text{ с}$$

$$L_2 = L + v t_2 - \frac{a_1 t_2^2}{2} = 0,6 + 2 \cdot \frac{2}{3} - \frac{6 \cdot \frac{4}{9}}{2} = 0,6 + \frac{4}{3} - \frac{4}{3} = 0,6 \text{ м}$$

3)  $v = 0 \text{ м/с} = 2 - a_1 t_2^2$      $a_1 = 6 \text{ м/с}^2$

$$t_2 = \frac{2}{a_1} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3} \text{ с}$$

$$L_2 = v t_2 - \frac{a_1 t_2^2}{2} = \frac{2}{3} - \frac{6 \cdot \frac{1}{9}}{2} = \frac{2}{3} - \frac{1}{3} = \frac{1}{3} \text{ м}$$

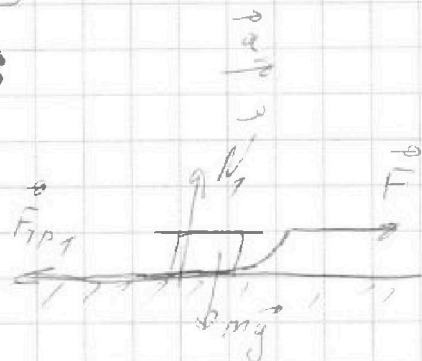
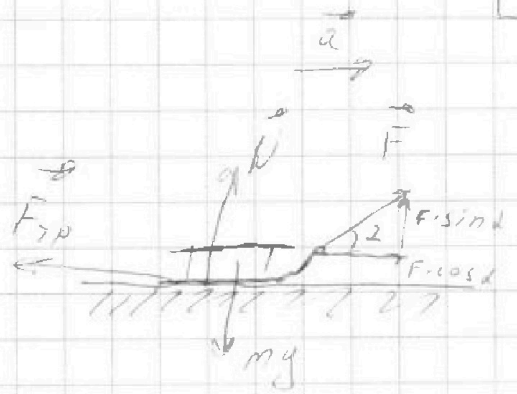
$$S = L + L_2 = 0,6 + \frac{1}{3} \text{ м} = \frac{1,8 + 1}{3} = \frac{2,8}{3} \text{ м} = \frac{28}{30} = \frac{14}{15} \text{ м}$$

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

$$= \frac{112}{150} = \frac{56}{75} \text{ м}$$

$$\frac{14 \cdot 8}{15 \cdot 10} = \frac{14 \cdot 4}{15 \cdot 5} = \frac{56}{75}$$

№ 3



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

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

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

$$N_1 = mg$$

$$F_{TP1} = \mu mg$$

$$ma = F - \mu mg$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

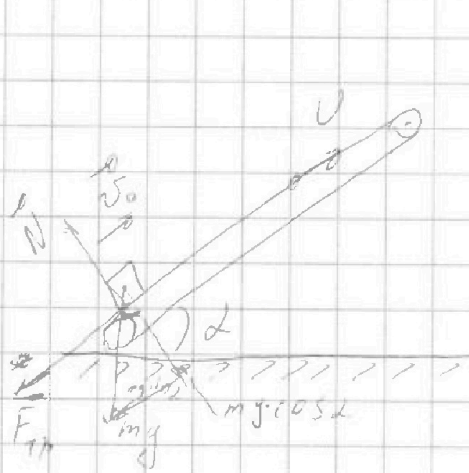
Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7



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



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

1,00	0,6
0,64	0,6
0,36	0,64

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

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

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

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

$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

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

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

$$D = 16$$

$$S_1 = 4 \cdot 0,4 - 5 \cdot 0,4^2 = 0,8 \text{ м}$$

через  $t = 0,4$  с скорость прекратится,  $0,6$  м и пойдет вниз  
в этот момент  $ma_1 = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$

$$a_1 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 10(0,8 - \frac{0,6}{3}) = 6 \text{ м/с}^2$$

$$S_1 + S_2 = S \quad S_2 = S - S_1 = 7 - 0,8 = 6,2 \text{ м}$$

$$S_2 = \frac{a_1 t_2^2}{2} \quad t_2 = \sqrt{\frac{2S_2}{a_1}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,2}{6}} = \sqrt{\frac{0,1}{3}} = \sqrt{\frac{2}{15}} \text{ с}$$

$$T = t_1 + t_2 = 0,4 + \sqrt{\frac{2}{15}} = 0,4 + \frac{1}{15} \text{ с}$$

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

$$L = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$

$$v = v_0 - at \quad 2 = 4 - 10t \quad 10t = 4 - 2 = 2$$

$$= \frac{4 - 16}{20}$$

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

$$= \frac{16}{20} = \frac{6}{10} = 0,6 \text{ м}$$

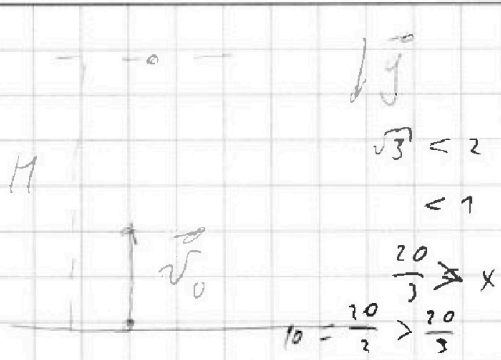
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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!



$$v_0 \sin \alpha = \frac{10}{t}$$

$$v_0 \cos \alpha = \frac{20}{t}$$

$$\frac{10}{20} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \Rightarrow \tan \alpha = \frac{1}{2}$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{4}{5} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{2}{\sqrt{5}}$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{1}{5} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{1}{\sqrt{5}}$$

$$v_0 = \frac{10}{t} \cdot \sqrt{5} = \frac{10\sqrt{5}}{t}$$

$$v_0 - gT = 0 \Rightarrow \frac{10\sqrt{5}}{t} - 10 = 0 \Rightarrow t = \frac{10\sqrt{5}}{10} = \sqrt{5}$$

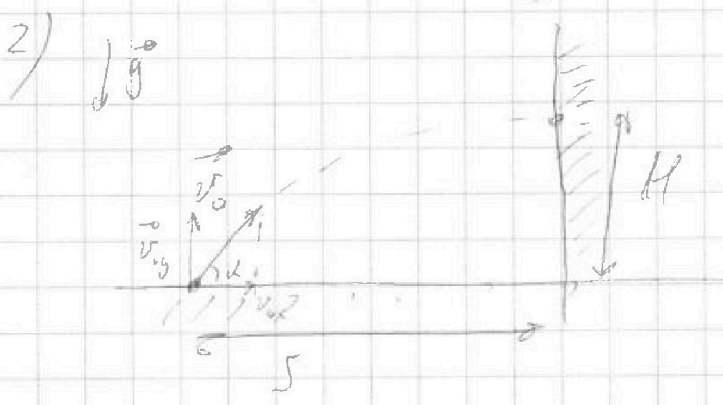
$$v_0 = \frac{10\sqrt{5}}{\sqrt{5}} = 10 \text{ м/с}$$

на малом высоте скорости мала  $v = 0$  м/с

$$v = v_0 - gt$$

$$v_0 - gT = 0$$

$$v_0 = gT = 10 \cdot 2 = 20 \text{ м/с}$$



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

$$v_y^2 - v_{0y}^2 = -2gt v_y$$

$$H = \frac{v_y^2 - v_{0y}^2}{-2g}$$

$$H = \frac{v_y + v_{0y}}{2} \cdot t =$$

$$= \frac{v_y + v_0 \sin \alpha}{2} \cdot \frac{S}{v_0 \cos \alpha} =$$

$$= \frac{2v_0 \sin \alpha - gt + v_0 \sin \alpha}{2} \cdot \frac{S}{v_0 \cos \alpha} =$$

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

$$S = v_{0,x} \cdot t \Rightarrow t = \frac{S}{v_0 \cdot \cos \alpha}$$

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

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

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



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



$$Q_{31} = C_{31} (T_1 - T_3) = 2,5R (\sqrt{8} \cdot 400 - \sqrt{8} \cdot 400) = 5R (200 - \sqrt{2} \cdot 400) = 1000R (1 - 2\sqrt{2})$$

$$Q_{31} = A_{31} + U_{31} \quad U_{31} = \frac{3}{2} UR (T_1 - T_3) =$$

$$A_{31} = Q_{31} - U_{31} = \frac{3R}{2} (400 - \sqrt{8} \cdot 400) = 3R (200 - \sqrt{2} \cdot 400) = 600R (1 - 2\sqrt{2})$$

$$= (1 - 2\sqrt{2}) (1000R - 600R) = (1 - 2\sqrt{2}) \cdot 400R$$

$$\eta = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}} = \frac{600R + (2 - \sqrt{2}) \cdot 800R + (1 - 2\sqrt{2}) \cdot 400R}{2400R + 400R(\sqrt{2} - 2) + 1000R(1 - 2\sqrt{2})}$$

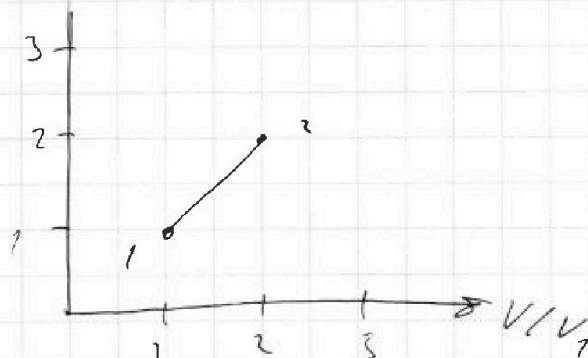
$$= \frac{600 + 1600 - 800\sqrt{2} + 400 - 800\sqrt{2}}{2400 + 400\sqrt{2} - 800 + 1000 - 2000\sqrt{2}}$$

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

$$\eta = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_{12}} = \frac{2600 - 1600\sqrt{2}}{2400} = \frac{26 - 16\sqrt{2}}{24} = \frac{13 - 8\sqrt{2}}{12}$$

Т.к. температура повышается только на участках 1-2 ~~и 2-3~~  
на ост. участках  $Q \leq 0$

3)  $pV = \nu RT \quad p/p_1 \quad (4 - 2\sqrt{2})RT,$





На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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

$$F = ma + \mu mg$$

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

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

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

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

$$a = -\mu g$$