



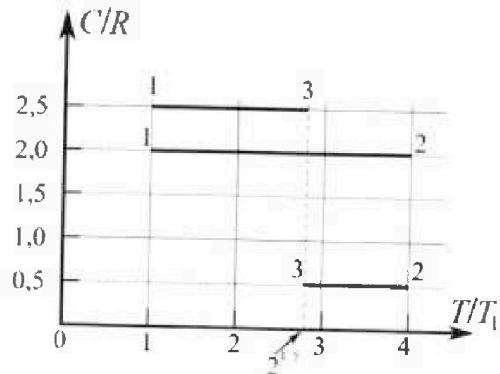
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01



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

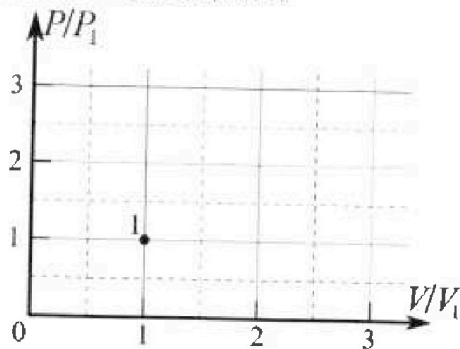
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2,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



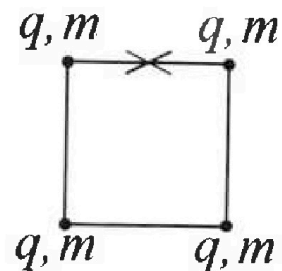
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $b$  (см. рис.). Масса каждого шарика  $m$ , заряд  $q$ .

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 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.

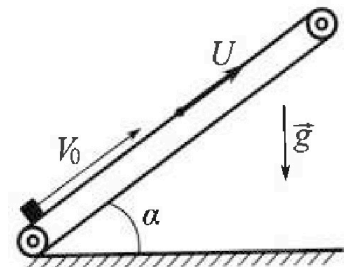
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

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.

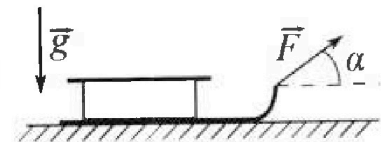
2) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 2$  м/с?

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.

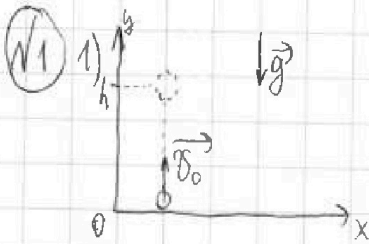
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



$h$  - ~~до~~ максимальная высота, на которую поднимается мяч

$$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{a_y t^2}{2}$$

$$h = 0 + v_0 T - \frac{gT^2}{2}$$

Запишем закон сохранения энергии: ( $\Delta E = 0$ )

$$E_{k,1} = E_{n,2}$$

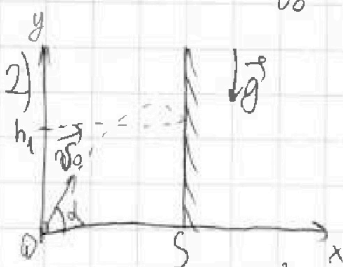
$$E_{k,1} = \frac{m v_0^2}{2} \quad \left( \begin{array}{l} \text{где } E_{k,1} - \text{кинетическая энергия мяча в} \\ \text{момент броска} \\ m - \text{масса мяча} \end{array} \right)$$

$$E_{n,2} = mgh \quad \left( \begin{array}{l} \text{где } E_{n,2} - \text{потенциальная энергия мяча} \\ \text{в момент нахождения его на} \\ \text{максимальной высоте} \end{array} \right)$$

Т.е.:

$$\begin{cases} h = v_0 T - \frac{gT^2}{2} \\ mgh = \frac{m v_0^2}{2} \end{cases} \Rightarrow \frac{v_0^2}{2g} = v_0 T - \frac{gT^2}{2} \Leftrightarrow v_0^2 - 2gT v_0 + g^2 T^2 = 0 \Leftrightarrow (v_0 - gT)^2 = 0 \Leftrightarrow v_0 = gT;$$

$$v_0 = 10 \frac{m}{s} \cdot 20 = 200 \frac{m}{s}$$



Пусть  $\alpha$  - угол к горизонту, под которым бросают мяч;  
 $h_1$  - высота, на которой мяч ударится о стенку;  
 $t$  - время от броска до удара о стенку

$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$$

$$\left. \begin{array}{l} S = 0 + v_0 \cos \alpha t \Leftrightarrow t = \frac{S}{v_0 \cos \alpha} \\ y = y_0 + v_{0y}t + \frac{a_y t^2}{2} \end{array} \right\} \Rightarrow h_1 = \frac{v_0 \sin \alpha \cdot S}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g \cdot S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} \Leftrightarrow$$

$$h_1 = 0 + v_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2}$$

$$\Leftrightarrow h_1 = S \cdot \tan \alpha - \frac{g \cdot S^2}{v_0^2 \cdot 2} \cdot (\tan^2 \alpha + 1);$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



1  2  3  4  5  6  7

ЛЮТИ

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

$$h_1 = 20 \cdot \operatorname{tg} \alpha - \frac{10 \cdot 20^2}{2 \cdot 20^2} (\operatorname{tg}^2 \alpha + 1) \Leftrightarrow h_1 = -5 \operatorname{tg}^2 \alpha + 20 \operatorname{tg} \alpha - 5 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow h_1 = -5 (\operatorname{tg}^2 \alpha - 4 \operatorname{tg} \alpha + 1) \Leftrightarrow h_1 = -5 (\operatorname{tg} \alpha - 2)^2 + 15$$

То есть  $h_1 \leq -5 \cdot 0 + 15 = 15 \text{ м}$  (Т.к. если  $\operatorname{tg} \alpha = 2$ , то  $h_1 = 15 \text{ м}$ ; а если  $\operatorname{tg} \alpha \neq 2$ ,  
то  $-5 (\operatorname{tg} \alpha - 2)^2 < -5 \cdot 0 \Rightarrow$   
 $\Rightarrow -5 (\operatorname{tg} \alpha - 2)^2 + 15 < 15 \text{ м}$ )

Значит, максимальная высота, на которой может удариться мяч о стенку равна 15 м

Ответ: 1)  $20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ; 2) 15 м



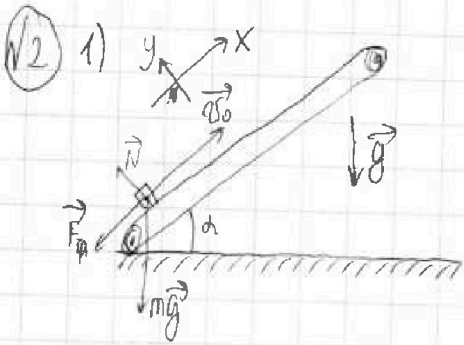
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

ЛМФТИ

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



Пусть  $m$  — масса коробки;  $N$  — сила реакции опоры во время первого опыта;  $F_{тр.}$  — сила трения во время первого опыта

$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$$

$$s = 0 + v_0 T - \frac{aT^2}{2} \left. \begin{array}{l} \text{т.к. на тело вдоль оси } OX \\ \text{действуют только сила тяжести} \\ \text{и сила трения противоположно} \\ \text{направлению движения,} \\ \text{то движение будет равнозамедл.} \\ \text{(пусть } a \text{ — модуль ускорения} \\ \text{вдоль оси } OX \end{array} \right\}$$

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \text{ (по 2-му закону Ньютона)}$$

$$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{тр.} = m\vec{a}$$

$$OX: -F_{тр.} - mg \sin \alpha = -ma$$

$$OY: N - mg \cos \alpha = 0$$

$$F_{тр.} = \mu N$$

$$\Rightarrow \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha = ma \Leftrightarrow a = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

~~$$\text{Тогда: } s = v_0 T - \frac{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) T^2}{2};$$~~

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

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

~~$$\text{т.е. } 1,4 = \frac{10^4}{2} \left( \frac{1}{3} \cdot 0,6 + 0,8 \right) \cdot T^2 \Rightarrow 1 = 4T - 5T^2 \text{ (e)}$$~~

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

$$v_x = v_{0x} + a_x t$$

Выясним, через какое время скорость коробки станет равна нулю.

$$0 = v_0 - g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)t \Rightarrow t = \frac{v_0}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{4^{\frac{m}{s}}}{10^{\frac{m}{s^2}} \left( \frac{1}{3} \cdot 0,6 + 0,8 \right)} = 0,4 \text{ (с)}$$

Выясним, какой путь пройдёт тело до этого момента:

$$L'' = 0 + v_0 t - \frac{at^2}{2} \Rightarrow L'' = v_0 t - \frac{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)t^2}{2} \Rightarrow L'' = 1,6 \text{ м} - 5 \cdot 0,16 \text{ м} = 0,8 \text{ (м)} < S$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

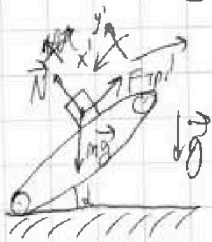
МФТИ

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

То есть, коробка пройдёт путь  $0,8\text{ м}$  до того, как остановиться, а затем ещё  $0,2\text{ м}$  ~~пр~~, двигаясь в противоположную сторону.

Посчитаем время  $\tau$ , за которое коробка пройдёт  $0,2\text{ м}$ , двигаясь вниз по ленте.

$$L' = 0 + 0 + \frac{a'' \tau^2}{2} \quad \left( L' = 0,2\text{ м}; a'' - \text{ускорение, которое коробка имеет, двигаясь вниз} \right)$$



$$\sum P = ma''$$

$$Oy': N = mg \cos \alpha$$

$$Ox': mg \sin \alpha - F_{tr}' = ma''$$

$$F_{tr}' = \mu N$$

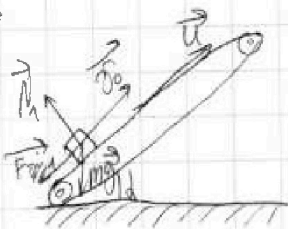
$$\left. \begin{array}{l} Oy': N = mg \cos \alpha \\ Ox': mg \sin \alpha - F_{tr}' = ma'' \\ F_{tr}' = \mu N \end{array} \right\} \rightarrow mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma'' \Rightarrow a'' = g \sin \alpha - \mu g$$

$$\text{т.е. } L' = \frac{g(\sin \alpha - \mu) \tau^2}{2} \Rightarrow \tau = \sqrt{\frac{2L'}{g(\sin \alpha - \mu)}}$$

$$T = t + \tau = 0,4\text{ с} + \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2\text{ м}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} (\frac{1}{3} - \frac{1}{3})}} = 0,4\text{ с} + \sqrt{\frac{0,4}{\frac{10}{3}}} = \left( 0,4 + \sqrt{\frac{0,6}{7}} \right) \text{ с}$$

$$\text{Ответ: } \left( 0,4 + \sqrt{\frac{0,6}{7}} \right) \text{ с}$$

3) ~~2)~~



Если выбрать систему отсчёта относительно ленты транспортера, то мы получим ~~вер~~ те же условия, что и в первом пункте задачи.

То есть ~~жара~~ скорость коробки относительно ленты транспортера будет равна 0 через  $t = 0,4\text{ с}$ ;

относительно В ИСО же, скорость коробки в этот момент будет равна скорости ленты транспортера (т.е.  $u = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ )

$$L''' = (v_0 + u)t - \frac{a''' t^2}{2} \Rightarrow L''' = (v_0 + u)t - \frac{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) t^2}{2}$$

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

(т.к. ускорение ~~не~~ в данном случае не зависит от начальной скорости)

$$L''' = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 0,4\text{ с} - \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} (\frac{1}{3} \cdot 0,6 + 0,8) \cdot 0,4^2 \text{ с}^2}{2} =$$

$$= 1,6\text{ м}; \quad \text{При этом } H = L''' \cdot \sin \alpha = 1,6\text{ м} \cdot 0,8 = 1,28\text{ м}$$

$$\text{Ответ: } \cancel{2) 0,8\text{ м}} \quad 3) 1,28\text{ м}$$



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!

$$2) \quad u = v_0 - at''' \quad | \rightarrow t''' = \frac{4-2}{10} = 0,2(c)$$
$$a = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

$$L = (v_0 + u) \cdot t''' - \frac{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) t'''^2}{2} \Rightarrow L = 6 \cdot 0,2 - \frac{10 \cdot 0,2 \cdot 0,2}{2} = 1(m)$$

Ответ: 2) 1м



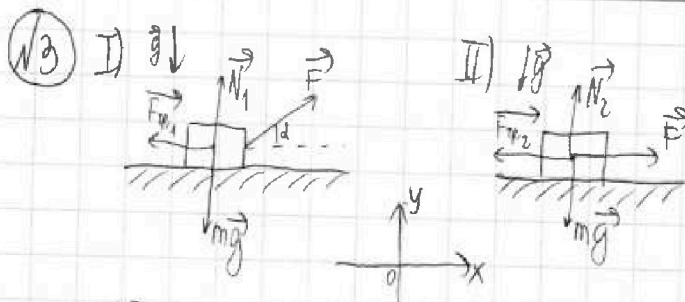
На одной странице можно оформлять только одну задачу.  
 Отметьте крестиком номер задачи,  
 решение которой представлено на странице:



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!



Пусть  $m$  - масса санок;  $F$  - сила, с которой тянут санки;  $N_1$  - сила реакции опоры в первом случае;  $N_2$  - сила реакции опоры во втором случае;  $F_{тр1}$  - сила трения в первом случае;  $F_{тр2}$  - сила трения во втором случае

I:  $\sum \vec{F} = m\vec{a}$  (по 2-й и 3-й Ньютона)  
 $\vec{F} + m\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{F}_{тр1} = m\vec{a}$

Ox:  $F \cos \alpha - F_{тр1} = ma_1$  (где  $a_1$  - ускорение в первом случае)

Oy:  $N_1 - mg + F \sin \alpha = 0$

$F_{тр1} = \mu N_1$

$\Rightarrow F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha = ma_1$

II:  $\sum \vec{F} = m\vec{a}$  (по 2-й и 3-й Ньютона)

$\vec{F} + \vec{N}_2 + \vec{F}_{тр2} + m\vec{g} = m\vec{a}$

Ox:  $F - F_{тр2} = ma_2$  (где  $a_2$  - ускорение во втором случае)

Oy:  $N_2 - mg = 0$

$F_{тр2} = \mu N_2$

$v_x = v_{0x} + a_x t$

I:  $v_0 = 0 + a_1 t_1$  (где  $t_1$  - время разгона с 0 до  $v_0$  в I случае)  
 II:  $v_0 = 0 + a_2 t_2$  (где  $t_2$  - время разгона с 0 до  $v_0$  во II случае)  
 $t_1 = t_2$  (по условию)

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



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

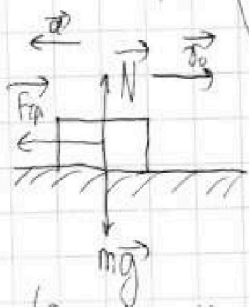
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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

$$2) v_x = v_{0x} + a_x t$$

$$0 = v_0 - |a'|T \quad (\text{где } a' - \text{модуль ускорения тела, после того как сила } F \text{ перестаёт действовать})$$



(Пусть  $N$  - сила реакции опоры после того, как  $F$  перестаёт действовать;  $F_{тр}$  - сила трения после того, как  $F$  перестаёт действовать)

(По 2-му закону Ньютона)

$$\sum \vec{P} = m\vec{a}$$

$$Oy: N - F_{тр} + N + mg = ma$$

$$Oy: N - mg = 0$$

$$Ox: -F_{тр} = -ma' \quad \Rightarrow a' = \frac{\mu mg}{m} = \mu g$$

$$F_{тр} = \mu N$$

$$T.e. \quad v_0 = a'T \Leftrightarrow T = \frac{v_0}{a'} = \frac{v_0}{\mu g} \quad (c) \Rightarrow T = \frac{v_0}{\left(\frac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha}\right)g} = \frac{v_0 \sin\alpha}{(1-\cos\alpha)g} \quad (d)$$

Ответ: 1)  $\frac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha}$ ; 2)  ~~$\frac{v_0}{\mu g}$~~   $\frac{v_0 \sin\alpha}{(1-\cos\alpha)g}$  (d)

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)  $T_2 = 4T_1 = 4 \cdot 400\text{K} = 1600\text{K}$  (температура газа в состоянии 2)

$T_3 = 2^{1.5} T_1 = 2^{1.5} \cdot 400\text{K} = 1600\sqrt{2}$  (К) (температура газа в состоянии 3)

$Q_{12} = C_{12} \nu (T_2 - T_1)$  ( $Q_{12}$  - кол-во теплоты, сообщенное газу в процессе 1-2;  $C_{12}$  - молярная теплоемкость газа в процессе 1-2;  $\nu$  - кол-во газа)

$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$  ( $\Delta U_{12}$  - изменение внутр. энергии газа в процессе 1-2)

$\Delta U_{12} = \frac{i}{2} \nu R (T_2 - T_1)$  ( $i=3$  - кол-во степеней свободы)

$\Rightarrow A_{12} = C_{12} \nu (T_2 - T_1) - 1.5 \nu R (T_2 - T_1) = (C_{12} - 1.5R) \nu (T_2 - T_1) \Rightarrow$

$\Rightarrow A_{12} = (2R - 1.5R) \nu (T_2 - T_1) = 0.5R \nu (T_2 - T_1);$

$A_{12} = 0.5 \cdot 8.31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 1 \text{ моль} \cdot (1600\text{K} - 400\text{K}) = (8.31 \cdot 6) \text{ Дж} = 4986 (\text{Дж})$

Ответ: 1) 4986 Дж

2)  $\eta = \frac{A_{12}}{Q_{12}}$  ( $A_{12}$  - работа газа за цикл;  $Q_{12}$  - кол-во теплоты, сообщенное газу за цикл)

$A_{12} = A_{12} + A_{23} + A_{31}$  ( $A_{23}$  - работа газа в процессе 2-3;  $A_{31}$  - работа газа в процессе 3-1)

$T_2 > T_1 \Rightarrow$  в процессе 1-2 газу сообщают теплоту

$T_2 > T_3 \Rightarrow$  в процессе 2-3 газ выделяет теплоту  $Q_{23}$  (т.е.  $Q_{23} < 0$ )

$T_3 > T_1 \Rightarrow$  в процессе 3-1 газ выделяет теплоту  $Q_{31}$  (т.е.  $Q_{31} < 0$ )

Значит,  $Q_{12} = Q_{12}$

Пусть  $C_{23}, C_{31}$  - молярные теплоемкости газа в процессах 2-3 и 3-1 соответственно  
( $\Delta U_{23}, \Delta U_{31}$  - изменения внутренней энергии газа в процессах 2-3 и 3-1 соответственно)

$Q_{23} = C_{23} \nu (T_3 - T_2)$

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!

$$Q_{31} = C_{31} \nu R (T_1 - T_3)$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3)$$

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}$$

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

$$\text{Т.е.: } \eta = \frac{A_{12} + C_{23} \nu (T_3 - T_2) - 1,5 \nu R (T_3 - T_2) + C_{31} \nu R (T_1 - T_3) - 1,5 \nu R (T_1 - T_3)}{C_{12} \nu (T_2 - T_1)} \cdot 100\% =$$

$$= \frac{A_{12} + 0,5 \nu R (T_3 - T_2) - 1,5 \nu R (T_3 - T_2) + 1,5 \nu R (T_1 - T_3) - 1,5 \nu R (T_1 - T_3)}{2 \nu R (T_2 - T_1)} \cdot 100\%;$$

$$\eta = \frac{4986 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} - 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 1 \text{ моль} \cdot (1600 \sqrt{2} \text{ К} - 1600 \text{ К}) + 1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot (400 \text{ К} - 1600 \sqrt{2} \text{ К})}{2 \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 1 \text{ моль} \cdot (1600 \text{ К} - 400 \text{ К})}$$

$$\cdot 100\% = \frac{4986 - 831 \cdot 1,6 (\sqrt{2} - 1) + 831 \cdot 4 (1 - 4 \sqrt{2})}{2 \cdot 831 \cdot 1,2} \cdot 100\% = \frac{831 \cdot 6 + 831 \cdot 1,2 - 831 \cdot 3,2 \sqrt{2}}{2 \cdot 831 \cdot 1,2}$$

$$\cdot 100\% \quad \text{✗}$$

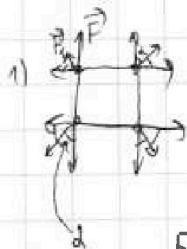
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



Т.к. шарик симметричен, отн-но центра противоположного угла квадрата, то все соседние шарки отталкиваются с силами  $F = \frac{kq \cdot (-q)}{b^2} = -\frac{kq^2}{b^2}$ ;

А все противоположные шарки отталкиваются с силой  $F_1 = \frac{kq^2}{(b\sqrt{2})^2} = \frac{kq^2}{2b^2} = \frac{F}{2}$

Т.е.  $T = 2(F + F_1 \cos \alpha)$ , где  $\alpha = 45^\circ \Rightarrow$

$$\Rightarrow T = 2\left(\frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2 \sqrt{2}}{2b^2 \cdot 2}\right) = \frac{2kq^2(4 + \sqrt{2})}{4b^2} = \frac{kq^2(4 + \sqrt{2})}{2b^2} \quad (H)$$

Ответ:  $\frac{kq^2(4 + \sqrt{2})}{2b^2} \quad (H)$



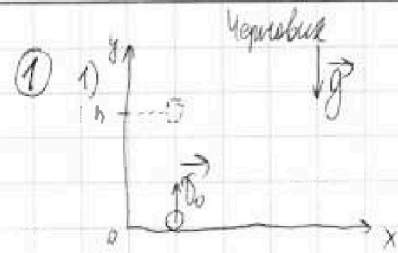
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$\begin{aligned}
 y &= y_0 + v_{0y}t + \frac{a_y t^2}{2} \\
 h &= 0 + v_0 T - \frac{g T^2}{2} \\
 E_{k1} &= E_{n1} \text{ (закон сохранения энергии)} \\
 \frac{m v_0^2}{2} &= mgh \Rightarrow h = \frac{v_0^2}{2g}
 \end{aligned}
 \Rightarrow \frac{v_0^2}{2g} = v_0 T - \frac{g T^2}{2} \quad (*)$$

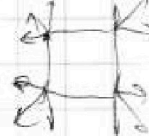
$$\begin{aligned}
 (*) \quad v_0^2 - 2gT v_0 + g^2 T^2 &= 0 \Rightarrow (v_0 - gT)^2 = 0 \Rightarrow v_0 = gT; \\
 \Delta &= g^2 T^2 - g^2 T^2 = 0
 \end{aligned}$$

$$v_0 = 10 \frac{m}{c} \cdot 20 = 20 \left( \frac{m}{c} \right)$$

2)

$$\begin{array}{r}
 \times 831 \\
 \times 20 \\
 \hline
 4986 \\
 16620 \\
 \hline
 13296 + 16620 \\
 \hline
 29916
 \end{array}$$

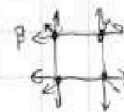
$$F_{\text{тягача}} = \frac{kv^2}{b^2} \quad \sqrt{F = \frac{kv^2}{b^2}}$$



$$F - \mu mg = ma \Rightarrow a = \frac{F}{m} - \mu g$$

$$v_0 = at$$

$$\frac{499261801}{498616}$$



$$T = \frac{3F}{b^2} = \frac{3kv^2}{b^2}$$

$$\begin{aligned}
 F \cos \alpha - \mu mg &= F \sin \alpha + \mu F \cos \alpha - \mu mg \Rightarrow \\
 \Rightarrow \mu &= \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2) \quad v_0 &= a' T \Rightarrow T = \frac{v_0}{a'} \Rightarrow T = \frac{v_0}{\mu g} \\
 a' &= \frac{\mu mg}{m} = \mu g
 \end{aligned}$$

$$C_{1-2} = \frac{1}{2} R$$

$$P = \text{const}; Q = \frac{1}{2} v R \Rightarrow C = \frac{3}{2} R$$

$$\begin{aligned}
 T_1 &= 400k \\
 T_2 &= 1600k \\
 T_3 &= 2^{15} \cdot 400k \\
 \frac{1}{2} R &
 \end{aligned}$$

$$2 \cdot 20T$$

$$C_{1-2} = 4(C_{2-3}) = 2R$$

$$P = \text{const}; R = \frac{1}{2} v R \Rightarrow C = \frac{3}{2} R$$

$$C_{1-3} = 5(C_{2-3}) = \frac{5}{2} R$$

$$1) \quad Q = 2R \cdot 3T_1 \Rightarrow A_{2-1} = 1.5 v R T_1 = 600 \cdot 0.31 = \frac{4986}{4986} (200)$$

$$2) \quad \eta = \frac{A_{1-2} + A_{2-3} + A_{3-1}}{Q_{1-2}} = 1.5 v R T_1 + \left( -\frac{1}{2} R \cdot \right) (4 - 2^{15}) T_1 + \frac{3}{2} v R (400k)$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

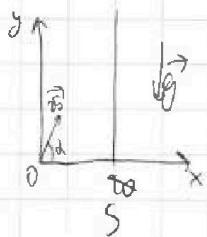
- 1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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



Черновик



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

$$h = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} \Rightarrow h = v_0 \sqrt{t^2 - \frac{S^2}{v_0^2}} - \frac{gt^2}{2}$$

$$\frac{4^3}{5} - \frac{1^3}{3} = \frac{7}{15}$$

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

$$h = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

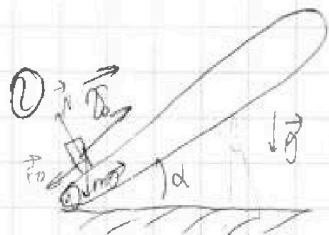
$$h = \frac{v_0 \sin \alpha \cdot S}{v_0 \cos \alpha} - \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} \Rightarrow h = S \tan \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$\Rightarrow h = 20 \tan \alpha - 5 \tan^2 \alpha - 5$$

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

$$h_{\max} = -5 \sqrt{1^2 + 20 \cdot 2} - 5 = 15 \text{ м}$$

$$F_{\text{пр}} + mg \sin \alpha = mg \sin \alpha \Rightarrow F_{\text{пр}} = 0$$



$$S_x = v_0 \cos \alpha t$$

$$S_y = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$mg \cos \alpha = N$$

$$F_{\text{пр}} = \mu mg \cos \alpha$$

$$\mu mg \cos \alpha = ma \Rightarrow a = \mu g \cos \alpha$$

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

$$2 = 4 - 10t^2$$

$$t^2 = 4t + 1$$

$$t = 0,2 \quad t = 6,2$$

$$\Rightarrow S = v_0 t - \frac{\mu g \cos \alpha t^2}{2}$$

$$2 = 4t - \frac{10 \cdot 0,6 \cdot 0,6 t^2}{2} \Rightarrow 2 = 4t - 1,8t^2$$

$$v_0 = g(\cos \alpha + \sin \alpha) t \Rightarrow t = \frac{v_0}{g(\cos \alpha + \sin \alpha)} = 0,4 \text{ с}$$

$$S = 1,6 - 10 \cdot \frac{10 \cdot 0,6 \cdot 0,6}{2} = 1,6 - 0,8 = 0,8$$

$$F_{\text{пр}} + N = mg \quad F_{\text{пр}} = \mu N$$

$$F_{\text{пр}} = \mu(mg - F_{\text{пр}}) \Rightarrow F_{\text{пр}} = \mu(mg - F_{\text{пр}})$$

$$F_{\text{пр}} \sin \alpha + N = mg \quad F_{\text{пр}} \cos \alpha - \mu(mg - F_{\text{пр}}) = ma$$

$$F_{\text{пр}} = \mu N$$

$$v_0 = at$$

$$\mu g \cos \alpha = a$$

$$H = \frac{4 \cdot 0,6}{2 \cdot 5} = 0,24$$

$$v_0 = at$$

