

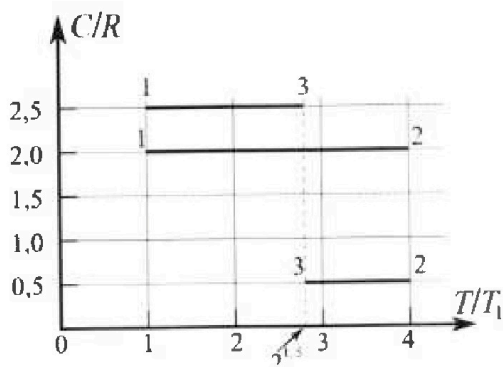
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

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



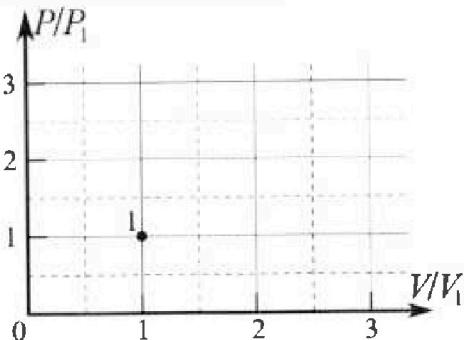
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1  $T_1 = 400$  К, универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/(моль·К).



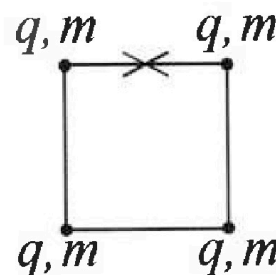
1) Найдите работу  $A_{12}$  газа в процессе 1-2.

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

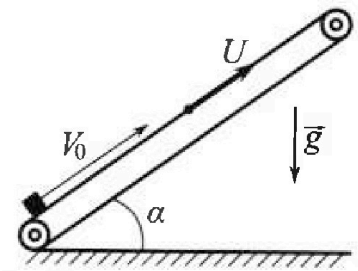


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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?

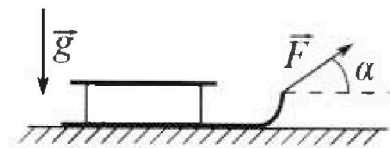
Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью  $U = 2$  м/с, и сообщают коробке скорость  $V_0 = 4$  м/с.

- 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:

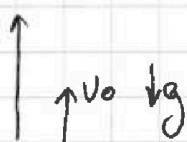
1	2	3	4	5	6	7
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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

1.

1) Равноускоренное движение.

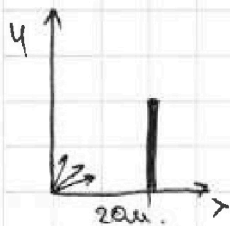


На ось  $y$ :

$v_0 - gT = 0$ , так скорость в верхней точке  $0$ .

$$v_0 = gT = 20 \text{ м/с}$$

2) Запишем проекции на оси  $x$  и  $y$ .



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

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

, где  $t$  - время полёта,  
 $\alpha$  - угол под которым был сделан бросок.

$$v_0 = 20 \text{ м/с}, S = 20 \text{ м} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = \frac{S}{v_0 \cos \alpha} = \frac{20}{20 \cos \alpha} = \frac{1}{\cos \alpha}$$

Подставим  $t$  в ур-е по оси  $y$ .

$$v_0 \cdot \sin \alpha - \frac{g}{2} \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha} = H$$

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

$$v_0 \cdot \sin \alpha - \frac{g}{2} (\sin^2 \alpha + 1) = H. \text{ Нам нужно } H_{\text{max}}.$$

$$H(\sin \alpha) \Rightarrow H_{\text{max}} \text{ при } \sin \alpha \quad \sin \alpha = -\frac{b}{2a} = -\frac{v_0}{-g} = 2.$$

$$H_{\text{max}} = 2 \cdot 20 - 5 \cdot 4 - 5 = 15 \text{ м}.$$

Ответ: 1) 20 м/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
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input 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. Печать QR-кода недоступна!

МФТИ



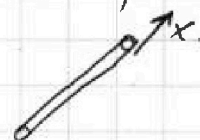
2.

$$N = mg \cos \alpha.$$

$$F_{\text{тяж}} = mg. \quad \sin \alpha = 0,8 \quad \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0,6.$$

$$F_{\text{тр. скольж}} = \mu \cdot N.$$

1) Запишем 2 закон Ньютона на ось  $x$ ,  
параллельную плоскости ленты.



$$x: m \bar{a}_x = \bar{F}_{\text{тр}} + \bar{F}_{\text{тяж}}$$

Заметим, что пока ~~она~~ коробка поднимается

$$\text{вверх} \quad m \bar{a}_x = -F_{\text{тр}} - F_{\text{тяж}} = -\mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha$$

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

Запишем кинем. ур-е для нахождения  $T$ .

$$v_0 \cdot T - \frac{a_x T^2}{2} = S.$$

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

~~Диск~~  $D = \sqrt{16 - 20} < 0$  значит коробка не  
поднялась вверх на расстоянии  $S$ .

Тогда найдём на сколько поднялась. -  $S'$

$$v_0 - a_x T_1 = 0 \quad T_1 = \frac{v_0}{a_x} = \frac{4 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} = 0,4 \text{ с.}$$

$$v_0 \cdot T - \frac{a_x T^2}{2} = 4 \cdot 0,4 - \frac{10 \cdot 0,4^2}{2} = 0,8 \text{ м.}$$

Тогда вниз коробка должна съехать ещё  $0,8 \text{ м}$

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!



При движении вниз

$$ma'_x = F_{\text{тяг}} - F_{\text{тр}} = mg(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

$$a'_x = -g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = -10 \cdot (0,8 - \frac{1}{3} \cdot 0,6) = -6 \text{ м/с}^2.$$

$$0,2 \text{ м} = \frac{|a'_x| \cdot T_2^2}{2} \Rightarrow T_2 = \sqrt{\frac{0,4}{6}} = \sqrt{\frac{1}{15}}$$

$$T = T_1 + T_2 = 0,4 + \frac{1}{\sqrt{15}} = \frac{4\sqrt{15} + 10}{10\sqrt{15}}$$

2) Можно записать закон сохранения

энергии:

$$\frac{mV_0^2}{2} = F_{\text{тр}} \cdot L + mgL \cdot \sin \alpha + \frac{mU^2}{2}$$

$$F_{\text{тр}} = \mu \cdot mg \cos \alpha$$

$$\frac{V_0^2}{2} = gL \cdot (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) + \frac{U^2}{2}.$$

$$L = \frac{V_0^2 - U^2}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{16 - 4}{2 \cdot 10 \cdot (1)} = 0,6 \text{ м}.$$

3) Всегда помним, что до того момента,

пока скорость коробки больше скорости

ленты сила трения будет направлена вниз  
параллельно ленте, после вверх.

До момента, когда скорость коробки стала  
равна скорости ленты коробка проехала вверх  
 $L = 0,6$  (найдено из (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 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. Поря QR-кода недопустима!

Тогда ~~ускорение~~ ускорение коробки после  
этого момента  $a_x' = \text{---} - 6 \text{ м/с}^2$

До остановки пройдет время  $t'$

~~Уравнение~~  $U' - (a_x) \cdot t' = 0$

~~т.е.  $t' = \frac{U'}{a_x}$~~   $t' = \frac{U'}{|a_x|} = \frac{2 \text{ м/с}}{6 \text{ м/с}^2} = \frac{1}{3} \text{ с.}$

~~Известно~~

Пройденное расстояние  $L'$

$$L' = U' \cdot t' - \frac{|a_x| t'^2}{2} = 2 \cdot \frac{1}{3} - \frac{6 \cdot \frac{1}{9}}{2} = \frac{1}{3} \text{ м.}$$

$$\begin{aligned} \text{Тогда } H &= (L + L') \cdot \sin \alpha = \left(0,6 + \frac{1}{3}\right) \cdot 0,8 = \frac{8}{10} \cdot \frac{20}{30} = \\ &= \frac{224}{300} \text{ м} \end{aligned}$$

Ответ: 1)  $T = \frac{4\sqrt{15} + 10}{10\sqrt{15}}$  2) 0,6 м 3)  $\frac{224}{300}$  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"/>

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

МФТИ

3.

1) Запишем для обоих случаев закон изменения импульса.

$$\Delta p_{\text{канеи}} = m \cdot (V_0 - 0) = mV_0.$$

1)  $F$  под углом  $\alpha$ .

$$N_1 = mg - F \sin \alpha. \quad F_{\text{тр}_1} = \mu N_1$$

$$\begin{aligned} \Delta p_x &= F \cdot \cos \alpha \cdot \Delta t - F_{\text{тр}_1} \cdot \Delta t = (F \cos \alpha - F_{\text{тр}_1}) \Delta t = \\ &= (F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha)) \Delta t. \end{aligned}$$

$m$  - масса саней.

$\Delta t$  - время разгона.

2)  $F$  - горизонтально.

$$\Delta p_x = F \cdot \Delta t - F_{\text{тр}_2} \Delta t = \Delta t (F - \mu mg)$$

$$F_{\text{тр}_2} = \mu \cdot N_2 \quad N_2 = mg.$$

В обоих случаях изменение импульса саней одинаково, т.е. можем их приравнять. Время из условия тоже равно.

$$(F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha)) \Delta t = \Delta t (F - \mu mg).$$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

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

2) Минимальный импульс саней после отпущения  $mV_0$ , конечный 0.

$$\Delta p = 0 - mV_0$$

Сила изъединившая шипулье это сила трения  $F_{тр} = \mu \cdot N = \mu mg$ ,

$$\Delta p = - F_{тр} \cdot T, \text{ где } T - \text{время через которое санки остано-}$$

~~во~~ вятся

$$-mV_0 = -\mu mg T.$$

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

Ответ: 1)  $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{g \sin \alpha}$  2)  $T = \frac{V_0}{g} \cdot \frac{g \sin \alpha}{1 - \cos \alpha}$



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

4.

~~$T_0 = 400 \text{ K}$~~   $T_0 = 400 \text{ K}$ ,  $J = 1 \text{ моль}$

$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$$T_1 = T_0 = 400 \text{ K} \quad T_2 = 4T_0 = 1600 \text{ K} \quad T_3 = T_0 \cdot 2^{1,5} = \sqrt{8} \cdot 400$$

Все

1) Запишем 1 закон термодинамики.

$$Q = \Delta U + A.$$

$$A = Q - \Delta U.$$

$$\text{В процессе } 1-2, \Delta U = \frac{3}{2} J R \Delta T = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 1200 \cdot R = 1800 R.$$

$$Q = C_{1-2} \Delta T \cdot J = 2 \cdot 1200 \cdot R = 2400 R$$

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

$$\text{Тогда } A = Q - \Delta U = 600 R.$$

$$2) \eta = \frac{A_{\text{полн}}}{Q_{\text{обш}}}$$

$$Q_{\text{обш}} = Q_{12} + (Q_{23}) + Q_{31}.$$

~~$Q_{12} = C_{12} \Delta T_{12} \cdot J = C_{12} \Delta T_{12}$~~   $Q_{12} = C_{12} \Delta T_{12} \cdot J = C_{12} \Delta T_{12}$   $\Delta T_{12} = 1200 \text{ K}$

$$Q_{23} = C_{23} \Delta T_{23} \quad \Delta T_{23} = 400 (2^{1,5} - 4)$$

$$Q_{31} = C_{31} \Delta T_{31} \quad \Delta T_{31} = 400 (1 - 2^{1,5})$$

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. Печать QR-кода недопустима!

$$Q_{\text{общ}} = 2R \cdot 1200 - \overset{400}{\cancel{1000}} (0,5R \cdot (2^{1,5} - 1)) - 2,5R \cdot (1 - 2^{-1,5})$$

$$= R (2400 - 200 \cdot 2^{1,5} + 800 - 1000 + 1000 \cdot 2^{-1,5}) =$$
$$= (2200 + 800 \cdot 2^{-1,5}) R.$$

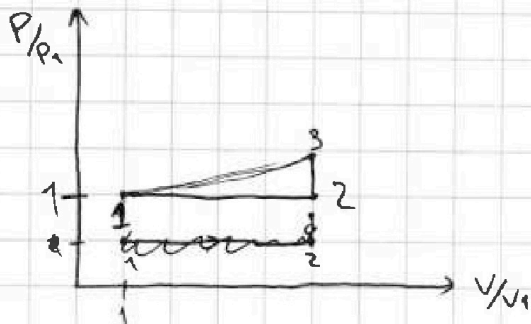
$$\eta = \frac{A_n}{Q_0} = \frac{A_{12}}{Q_0} = \frac{600}{2200 + 800 \cdot 2^{-1,5}}$$

3.) Заметим, что

$$C_{1-2} - C_{2-3} = \frac{1}{2} R \quad \text{это ур-е Маера}$$

где  $C_{1-2}$  - изобарный процесс.  $p = \text{const}$

$C_{2-3}$  - изохорный  $V = \text{const}$ .



1-2 изобарный

2-3 изохорный

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P}{P_1} = \frac{T_2}{T_3} = \frac{4T_1}{2^{1,5}T_1} = 2^{0,5}$$

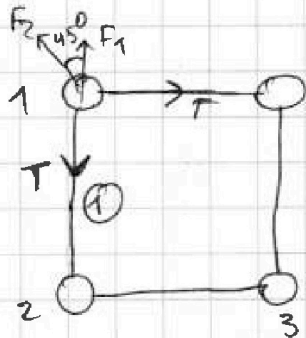
1  2  3  4  5  6  7



5

1) Рассмотрим один из шариков

и ~~нити~~ нить.



Вертикальная нить (1).

Компенсирует силы по оси параллельной ей (1)

это силы отталкивания между

1 и 2 шариками и 1 и 3.

Расстояние между 1 и 3  $\sqrt{2}b$

$$F_1 = k \cdot \frac{q^2}{b^2}$$

$$F_2 = k \cdot \frac{q^2}{2b}$$

Тогда из (1)  $T = F_1 + F_2 \cdot \cos 45^\circ = \frac{4 + \sqrt{2}}{4} F_1$

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

2) ~~После того как шарика развернется и~~

~~них будет касательная скорость~~

~~и движение будет представлять движ.~~

~~по окружности~~

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"/>

МОТИ

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

$$m a_y = F_{A3}$$

~~$F_{A3}$  - это сила между краями и ее действие вертикали.~~

2) Работа совершённая силой пошла на увеличение энергии шариков (всех 4) отталкивания.

$$\frac{1}{2} m v^2 = F_{оттолк} \cdot 2b.$$

$F_{оттолк}$  (расстояния) - эта сила зависит от расстояния

$$F_{оттолк} = \frac{F_1 + F_2}{2} = \frac{kq^2}{b} \left(1 + \frac{1}{8}\right) = \frac{kq^2}{b} \cdot \frac{10}{18}.$$

$$v = \sqrt{\frac{20 kq^2}{18 m \cdot 2}} = \sqrt{\frac{10}{18} \frac{kq^2}{m}}$$

3) На расстоянии  $d = \frac{b}{2} \cdot \sqrt{2}$

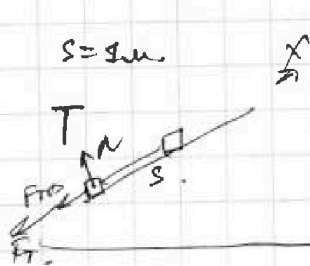
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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. Порука QR-кода недопустима!



$$8 + \frac{1}{3} \cdot 10 \cdot 0,86 = 9,2.$$

$$v_0 T - \frac{(g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) T^2}{2} = 0.$$

$$u = 2u/c$$

$$v_0 = 4u/c$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m u^2}{2} + m g L \sin \alpha + \mu m g \cos \alpha \cdot L.$$

$$v_0 = u.$$

$$-4,6 T^2 + 4 T^2 = 1.$$

$$T_{1,2} = \frac{-4 \pm \sqrt{16 - 4 \cdot 4,6}}{-9,2}$$

$$m \frac{m v^2}{2} = m g s \sin \alpha + \mu m g \cos \alpha \cdot s + \frac{m v^2}{2}$$

$$x: m a_x = -\mu N - m g \sin \alpha = -(\mu m g \cos \alpha + m g \sin \alpha) = -m g (\cos \alpha \cdot \mu + \sin \alpha)$$

$$a_x = g (\cos \alpha \mu + \sin \alpha) = 10 \cdot (0,36 \cdot \frac{1}{3} + 0,8) = 9,2 \text{ м/с}^2.$$

$$v_0 = 4u/c$$

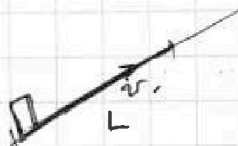
$$s = v_0 \cdot T - \frac{9,2 T^2}{2} = 1.$$

$$\begin{matrix} m g \sin \alpha & \mu m g \cos \alpha \\ 8 & 1,2 \end{matrix}$$

$$-4,6 T^2 + 4 T^2 - 1 = 0.$$

$$T_{1,2} = \frac{-4 \pm \sqrt{16 - 4 \cdot 4,6}}{-9,2}$$

$$\boxed{\sin \alpha + \cos \alpha \mu = 0,8 + \frac{1}{3} \cdot 0,6 = 1.}$$



В. с. о. (вверх)

$$v_0 = 4u/c - 2u/c = 2u/c. \quad v' = 0u/c.$$

$$u = 2u/c.$$

$$v_0' - at = u$$



$$\frac{m v_0'^2}{2} - \frac{m u^2}{2} =$$

$$= \mu m g L \cdot (\sin \alpha + \cos \alpha \cdot \mu).$$

$$\frac{4^2}{2} - \frac{2^2}{2} = 6 = 10 \cdot L \cdot 1. \quad L = 0,6 \text{ м.}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



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



$$V_0 - gT = 0 \quad V_0 = gT = 20 \text{ м/с.}$$

$$V_0 \cdot \cos \alpha \cdot t = 20 \text{ м.} \quad t = \frac{1}{\cos \alpha}.$$

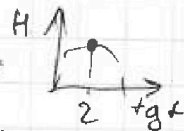
$$H = V_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} = 20 \cdot \text{tg} \alpha - \frac{g}{2 \cos^2 \alpha} = 20 \cdot \text{tg} \alpha - \frac{g}{2} (\text{tg}^2 \alpha + 1)$$

$$\frac{1}{\cos^2 \alpha} = \text{tg}^2 \alpha + 1 = \frac{\sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} + 1.$$

•  $H_{\max}$ .

$$H = -\text{tg}^2 \alpha \frac{g}{2} + 20 \text{tg} \alpha - 5$$

$$x = -\frac{b}{2a} = -\frac{20}{2 \cdot (-\frac{g}{2})} = -\frac{20}{-g} = 2 \text{ м.}$$



$$-4 \cdot 5 + 20 \cdot 2 - 5 = 15 \text{ м.}$$

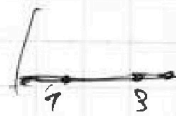
$$\text{tg} \alpha = t$$

$$-5t^2 + 20t - 5 = H. \quad t_{1,2} = \frac{-20 \pm \sqrt{400 - 4 \cdot 25}}{-10}$$

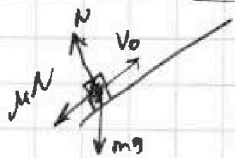
$$\begin{cases} V_0 \cos \alpha \cdot t = 20 \text{ м} & t = \frac{1}{\cos \alpha} \\ V_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} = 20 \cdot \text{tg} \alpha - 5 \cdot (\text{tg}^2 \alpha + 1) \end{cases}$$

$$-5 \text{tg}^2 \alpha + 20 \text{tg} \alpha - 5 = H.$$

$$H_{\max} \text{ при } x = -\frac{b}{2a} = \frac{-20}{-10} = 2.$$



$$-5 \cdot 4 + 20 \cdot 2 - 5 = 15 \text{ м.}$$



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

$$H = 8 \cdot \sin \alpha = 0,8 \text{ м.}$$

$$\frac{mv^2}{2} = \mu N \cdot s + mgh. \quad N = mg \cos \alpha$$

$$v^2 = 2\mu g \cos \alpha + 2gh = 16 \text{ м}^2/\text{с}^2.$$

$$\frac{2}{3} \cdot 10 \cdot 0,36 + 20 \cdot 0,8$$

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. Печать QR-кода недоступна!



$$m \frac{v_0^2}{2} = F \cos \alpha \cdot s$$

$$m \frac{v_0^2}{2} = F \cos \alpha \cdot t$$

$$\frac{AP}{At} = F$$

$$k \frac{q^2}{r^2} = k \cdot 2 \cdot \frac{q^2}{r^2} \cdot c$$

$$m v_0 = F \cdot \cos \alpha \cdot t - \mu \cdot N \cdot t = (F \cos \alpha - \mu N) t$$

$$\frac{m v_0}{t}$$

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

$$\frac{m v_0}{t} = F \cdot \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha) \quad N_2 = mg$$

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

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

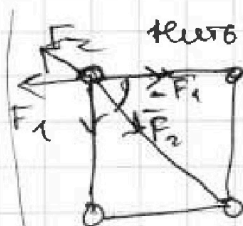
$$F \cdot (1 - \cos \alpha) = \mu \cdot F \cdot \sin \alpha$$

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

$$\frac{m v_0^2}{2} = \mu mg \cdot s$$

$$k \frac{q^2}{r^2} \cdot m (\infty - v_0) = -\mu mg \cdot \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{v_0}{\mu g} = \left( \frac{v_0}{1 - \cos \alpha} \right) \frac{1}{g} = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g \cdot (1 - \cos \alpha)} \quad C = \frac{D \cdot 2}{\mu \cdot g \cdot r^2}$$



$$T = F_1 + F_2 \cos 45^\circ =$$

$$F_1 = k \frac{q^2}{b^2} = \frac{k q^2}{b^2} \left( 1 + \frac{\sqrt{2}}{2} \right)$$

$$F_2 = k \cdot \frac{q^2}{(b\sqrt{2})^2} = \frac{k q^2}{4b^2}$$



ср. сн

$$\frac{D \cdot 2}{\mu \cdot g \cdot r^2} \quad \frac{D \cdot \mu \cdot g}{r^2}$$

$$\frac{D \cdot \mu \cdot g \cdot 2}{r^2 \cdot \mu \cdot g} = \frac{\mu \cdot g \cdot 2 \cdot k}{r^2}$$

$$\frac{\mu \cdot g \cdot k}{m \cdot g}$$

$$\frac{D \cdot 2}{\mu \cdot g \cdot r^2} = k$$

ср. сн

$$C = \frac{D \cdot 2}{\mu \cdot g \cdot r^2}$$

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. Пору QR-кода недопустима!



$$\frac{mV_0^2}{2} = (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) mg \cdot s + \frac{mV^2}{2}$$

$$8 = 10$$

$$a =$$



$$\frac{mV_0^2}{2} = (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) mg \cdot s$$

$$s = \frac{8}{10} = 0,8 \text{ м}$$

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

$$V_0 - (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) t = 0$$

$$\frac{(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) t^2}{2} = 0,8$$

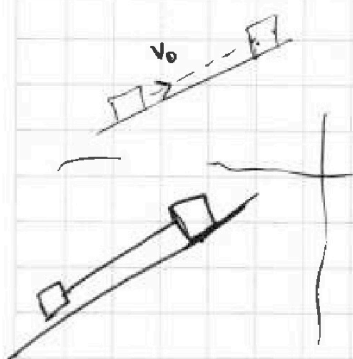
$$t = \frac{4}{1} = 4 \text{ с}$$

$$t = \sqrt{\frac{0,4}{0,6}} = \sqrt{\frac{2}{3}}$$

$$0,8 - \frac{1}{3} \cdot 0,6$$

$$T = \sqrt{\frac{2}{3}} + 4 \text{ с}$$

Энергия  
Е<sub>к</sub>



До момента  $V' = 2 \text{ м/с}$ .  $a = \mu \cos \alpha + \sin \alpha$

После  $a = -\mu \cos \alpha + \sin \alpha = 0,6 \text{ м/с}^2$

$$2 - 0,6t = 0$$

$$t = \frac{20}{6}$$

$$L' = 2 \cdot t - \frac{0,6t^2}{2} = \frac{20}{3} - \frac{0,6 \cdot 400}{72} = \frac{480 - 240}{72}$$

$$H = (L - L') \sin \alpha = (0,8 - 3 \frac{1}{3}) \cdot 0,8 =$$

$$= \frac{240}{72} = 3 \frac{24}{72} = 3 \frac{1}{3}$$

$$= (\frac{8}{10} - \frac{10}{3}) \cdot 0,8 = \frac{-82}{30} \cdot \frac{8}{10} = \frac{656}{300}$$

6 м/с  $L' = 2 \cdot \frac{10}{3} - \frac{0,6 \cdot 100}{72} = \frac{200}{3} - \frac{60}{180} = \frac{1200 - 60}{180} = \frac{1140}{180} = 6 \frac{1}{3}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

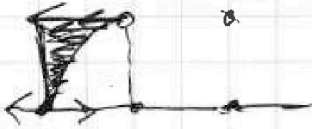
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



$$F = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{R^2}$$



$$C = \frac{3}{2} R = i \cdot R$$

$$Dx = \frac{3}{2} J R T$$

$$\frac{Dx}{\text{молб} \cdot k}$$

$$A_{1,2} =$$

$$\frac{Dx}{k \cdot \text{молб}}$$

$$\frac{Q}{T} = C$$

$$\frac{C}{R} \cdot \frac{T}{T_1} =$$

$$\frac{Dx}{\text{молб}} = \frac{Dx}{\text{молб} \cdot R} \cdot k$$

$$\frac{Q}{T \cdot \text{молб}} = \frac{Q}{\Delta t}$$

$$\frac{C}{R} \cdot \frac{T}{T_1}$$

$$A_{1,2} = Dx$$

$$\frac{C}{R} \text{ const.}$$

$$A = Dx$$

$$\frac{C}{R} = \frac{Dx}{\text{молб} \cdot R} \cdot \text{молб} \cdot k$$

$$\frac{C}{R} = \frac{1}{3} \frac{m R}{R}$$

$$C = J R \cdot T =$$

$$J = 1 \text{ молб}$$

$$R = 8,31$$

$$i = \frac{3}{2}$$

$$C_{1,2} =$$

$$C_{1,2} = 2 \cdot R$$

$$A = Dx$$

$$C_{1,2} = 2 \cdot \frac{Dx}{\text{молб} \cdot k}$$

$$\Delta T = 2T_1 - T_1 = 1200 \text{ K}$$

$$C \cdot J = \frac{2 Dx}{k}$$

$$\Delta T =$$

$$A = \frac{3}{2} J R \Delta T$$

$$A = C \cdot J$$

$$\Delta T =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8,31$$

$$\frac{C}{R} \cdot C \Delta T \cdot J = Dx = \frac{Dx}{\text{молб}} \cdot k$$

$$\Delta T = 1200$$

$$A_{1,2} = C \cdot J T$$

$$\frac{C}{R} = 2 \quad C = 2R$$

$$A = Q - \Delta U = Q - \frac{3}{2} J R \Delta T$$

$$Q = C J \Delta T = 2 R J \Delta T =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot R \Delta T = 1200 = 600 \cdot 8,31$$

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!



1-2.

$$2-3 \quad \Delta T = 4T_1 - \sqrt{2^3} T_1 = T_1 \cdot 2(2 - \sqrt{2^3})$$

$$A = Q_1 - Q_2$$

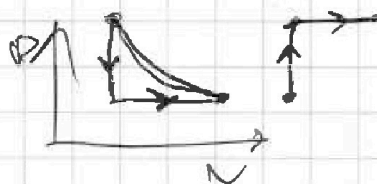
$$2R \cdot \Delta T - \frac{3}{2} R \Delta T = A_{1,2} = \frac{1}{2} R \Delta T =$$

$$T_1 = 400 \text{ K}$$

$$T_2 = 1600 \text{ K}$$

$$T_3 = 2^{1.5} \cdot 400$$

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



$$Q_{\text{общ}} = Q_{13} + Q_{23} - Q_{21} =$$

$$= C_{13} \Delta T + C_{23} \Delta T - C_{21} \Delta T =$$

$$= 2 \cdot 1200 + 2.5 \cdot (400) (2^{1.5} - 1) -$$

$$C \Delta T,$$

$$C_p - C_v = \frac{R}{2}$$

1-2 изобарный  $p = \text{const}$   $A = p \cdot \Delta V = 0.5(400) - (4 \cdot 2^{1.5})$

2-3 - изохорный,  $V = \text{const}$   $A = 0$ .

$$\frac{3}{2} R \Delta T = Q_{23}$$

$$C \Delta T = 2R \cdot \Delta T - \frac{3}{2} R \Delta T = A = \frac{1}{2} R \cdot \Delta T = 600 R$$

$$2400 - 1000 + 1000 \cdot 2^{1.5} - 800 + 200 \cdot 2^{1.5} =$$

$$= 600 + 1200 \cdot 2^{1.5} = 2580$$



$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$