



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.

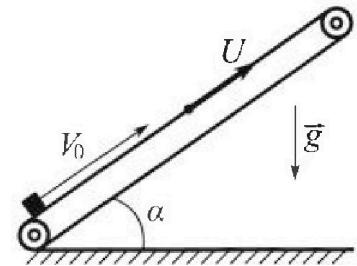
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

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.

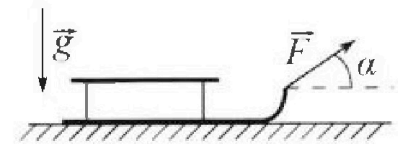
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рис.).

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.

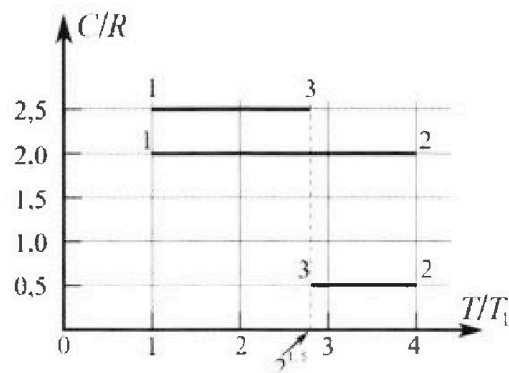


# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

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

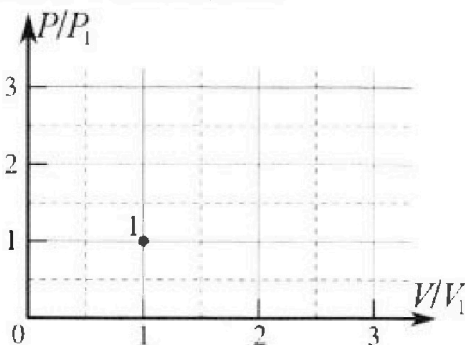
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2,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



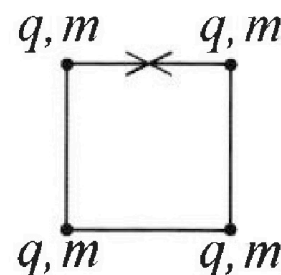
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $b$  (см. рис.). Масса каждого шарика  $m$ , заряд  $q$ .

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.

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!

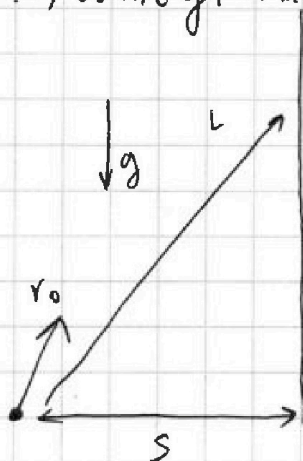


1) ЧР-е движения; на максимальной высоте  $V_k = 0$  т.к. экстремум

$$v_0 = gT = g$$

Отв.: 1) ~~20 м/с~~  $gT = 20 \text{ м/с}$   $v_0 = gT = 10 \text{ м/с}^2 \cdot 2 \text{ с} = 20 \text{ м/с}$

2)



1) ЧР-е движение в вект. виде,  $\vec{v}_k$  - скорость перед ударом об стену,  $L$  - перемещение

$$\vec{v}_k = \vec{g}t + \vec{v}_0$$

$$\vec{L} = \frac{\vec{v}_0 + \vec{v}_k}{2} t$$

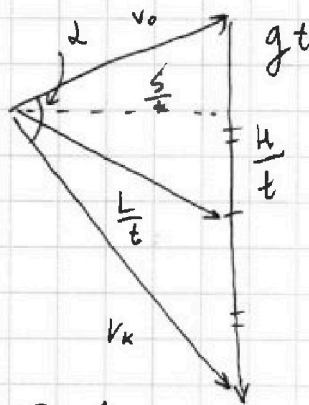
$H_{\text{max}}!$   
макс. высота

2) нарисуем векторный  $\Delta$  скоростей, в нем  $\frac{L}{t}$  медиана

3) из закона сохр. энергии

$$v_k^2 = v_0^2 - 2gH$$

$$v_k = \sqrt{v_0^2 - 2gH}$$



4) запишем площадь  $S_{\Delta}$  вект.  $\Delta$

$$S_{\Delta} = \frac{s}{t} \cdot gt \cdot \frac{1}{2} = v_0 \sqrt{v_0^2 - 2gH} \cdot \sin \alpha \cdot \frac{1}{2}$$

$$S_g = v_0 \sqrt{v_0^2 - 2gH} \cdot \sin \alpha$$

т.к.  $H_{\text{max}} \rightarrow \sqrt{v_0^2 - 2gH} \text{ min} \rightarrow \sin \alpha_{\text{max}}$

$$\sin \alpha_{\text{max}} = 1$$

$$S_g = v_0 \sqrt{v_0^2 - 2gH_{\text{max}}}$$

$$S^2 g^2 = v_0^2 (v_0^2 - 2gH_{\text{max}})$$

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!

$$S^2 g^2 = v_0^2 (v_0^2 - 2gH_{\max})$$

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

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

$$\begin{aligned} \text{Обс.: 2) } H_{\max} &= \frac{v_0^2}{2g} - \frac{S^2 g}{2v_0^2} = \frac{g^2 T^2}{2g} - \frac{S^2 g}{2g^2 T^2} = \\ &= \frac{gT^2}{2} - \frac{S^2}{2gT^2} = \left( \frac{10 \cdot 4}{2} - \frac{400}{2 \cdot 10 \cdot 4} \right) \text{ м} = (20 - 5) \text{ м} = 15 \text{ м} \end{aligned}$$

$$\text{Обс.: 2) } H_{\max} = \frac{gT^2}{2} - \frac{S^2}{2gT^2} = 15 \text{ м}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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



$$\frac{T^2}{2} g (\mu \cos d + \sin d) - V_0 T + S = 0$$

$$T = \frac{V_0 \pm \sqrt{V_0^2 - 2Sg(\mu \cos d + \sin d)}}{g(\mu \cos d + \sin d)}$$

нам нужен меньший корень, т.к. роется в 1 раз и это путь

$$T = \frac{V_0 - \sqrt{V_0^2 - 2Sg(\mu \cos d + \sin d)}}{g(\mu \cos d + \sin d)}$$

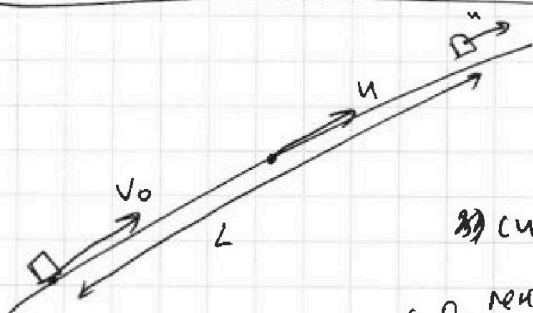
$$T = \frac{V_0 - \sqrt{V_0^2 - 2Sg(\mu \sqrt{1 - \sin^2 d} + \sin d)}}{g(\mu \sqrt{1 - \sin^2 d} + \sin d)}$$

$$T = \frac{4 - \sqrt{16 - 2 \cdot 1 \cdot 10 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot \sqrt{1 - \frac{64}{100}} + 0,8\right)}}{10 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot \sqrt{1 - \frac{64}{100}} + 0,8\right)} \quad c =$$

$$= \frac{4 - \sqrt{16 - 20 \cdot (0,2 + 0,8)}}{10 \cdot (0,2 + 0,8)} \quad c = \frac{4 - \sqrt{4}}{2 \cdot 10} \quad c$$

$D < 0 \Rightarrow$  никогда не роерет

Отв.: 1)  $T \in \emptyset$



2) В с.о. ленты, в конце остановится, в начале скорость отн. ленты  $V_0 - u > 0$

3) силы те же, что и в п.1

ч.р. движ. в с.о. ленты

$$S_1 B = \frac{(V_0 - u)^2}{2g(\mu \cos d + \sin d)} = \frac{4}{20} \text{ м} = 0,2 \text{ м}$$

Отв.: 2) 0,2 м

$$a = g(\mu \cos d + \sin d)$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

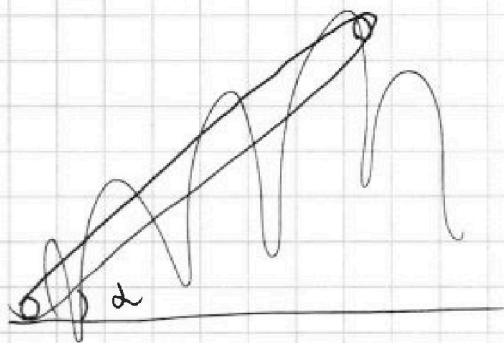
МФТИ

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

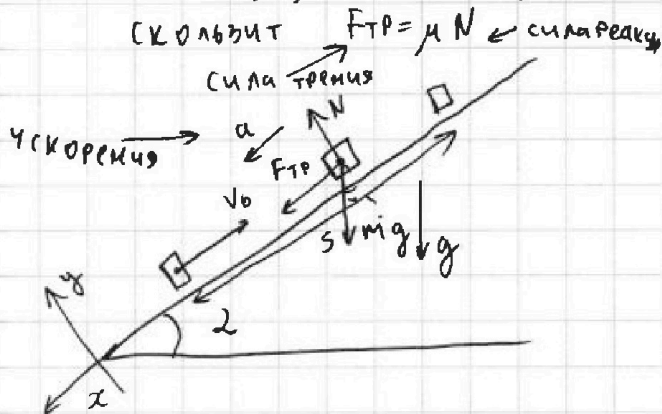


T-1

m - масса коробки



1) расставим силы на скользкой поверхности коробки, т.к.



2) II закон Ньютона

$$Oy: N = mg \cos \alpha \quad (F_{тр} = \mu mg \cos \alpha)$$

$$Ox: ma = F_{тр} + mg \sin \alpha = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

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

3) ~~Уравнение движения на Ox:~~

~~$$S = \frac{v_0^2}{2a}$$~~

3) ~~Закон сохр. энергии изменение кин. энергии~~

~~$$\frac{mv_0^2}{2} - \mu mg \cos \alpha \cdot s = \frac{mv_k^2}{2} + mg s \sin \alpha$$~~

~~$$v_0^2 - 2\mu g \cos \alpha \cdot s = v_k^2 + 2g s \sin \alpha$$~~

4) ~~Уравнение движения на Ox~~

~~$$S = v_0 T - \frac{aT^2}{2} = v_0 T - \frac{T^2}{2} \cdot g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$~~

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

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

~~$$v_k^2 = v_0^2 + 2gS$$~~

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7

МФТИ

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



3) в с.о. ленты, если в с.о. земли  $v_k = 0$ , то в с.о. ленты  $v_k' = -u$ , перемещение  $S$

$$S = \frac{u^2 - (v_0 - u)^2}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{4 - 4}{2 \cdot 10} = 0 \text{ м}$$

Закон сохр. энергии изменение кин. энергии

$$\frac{m v^2}{2} - \mu m g \cos \alpha \frac{H}{\sin \alpha} = m g H$$

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

$$H \left( g + \mu g \left( \frac{2 \mu}{\sin \alpha} + 1 \right) \right) = v_0^2$$

$$H = \frac{v_0^2}{g \left( \frac{2 \mu \cos \alpha}{\sin \alpha} + 1 \right)}$$

отм. ленты  
лента сместилась

$$L = S_1 + S_0$$

время до  $u$

$$S_0 = u t = 0,4 \text{ м}$$

$$t = \frac{v_0 - u}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = 0,2 \text{ с}$$

$$S_{\text{итог}} = \frac{(v_0 - u)^2}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} + \frac{u(v_0 - u)}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = 0,6 \text{ м}$$

3) если в с.о. земли  $v_k = 0$ , то в с.о. ленты  $v_k' = -u$

$S_1'$  - перем. отм. ленты

$$S_1' = \frac{u^2 - (v_0 - u)^2}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = 0 \text{ м}$$

$S_0'$  - перем. ленты

$$S_0' = u t = \frac{u v_0}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{2 \cdot 2}{10 - 1} = 0,4 \text{ м}$$

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

$$t = \frac{v_0 - u - v_0 + u}{-g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{v_0}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}$$

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 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!



$$\frac{H}{\sin \alpha} = S_0' + S_1'$$

$$H = (S_0' + S_1') \sin \alpha = 0,4 \cdot 0,8 \text{ м} = 0,01 \cdot 32$$

$$\text{Dmb: } 3) H = \left( \frac{v^2 - (v_0 - u)^2}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} + \frac{uv_0}{(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)g} \right) \sin \alpha = 0,32 \text{ м}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

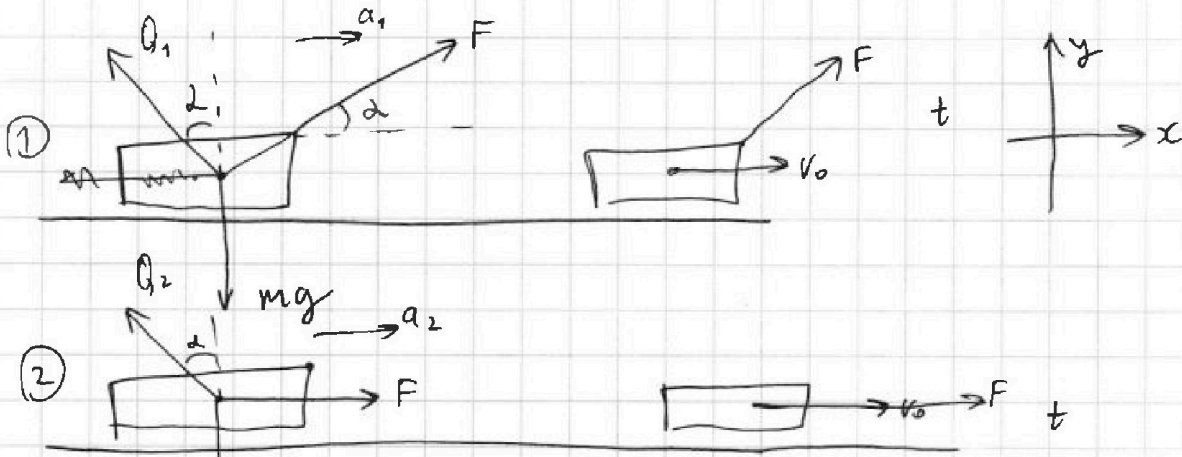
Отметьте крестиком номер задачи,

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!



расставим силы на скользящие гайки, по этому  $N_1 = Q_1 \sin \alpha$

$F_{тр} = \mu N$  ← сила трения, ← сила реакции, и соответс<sup>твенно</sup>  $F_{тр1} = Q_1 \sin \alpha$   $F_{тр2} = \mu N_2$

таким образом, по лямбда сила реакции  $Q_1$  и  $Q_2$  направлена по  $\alpha = \arctg(\mu)$  к вертикали

II 3-я нз Ньютона

$$Q_1 = F_{тр1} \sin \alpha$$

$$Q_2 = F_{тр2} \sin \alpha$$

①  $O_y: N_1 + F \sin \alpha = mg$

$O_x: ma_1 = F \cos \alpha - F_{тр1} = F \cos \alpha - \mu N_1$

②  $O_y: N_2 = mg$

$O_x: ma_2 = F - F_{тр2} = F - \mu mg$

т.к. время одинаковое  $(t = \frac{v_0}{a_1} = \frac{v_0}{a_2}) \Rightarrow a_1 = a_2 = a$

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

$$ma = F - \mu mg$$

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

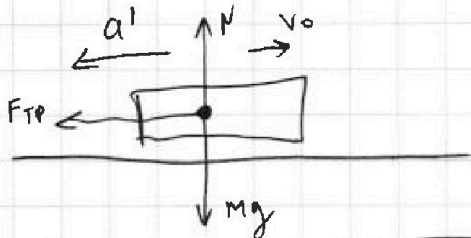
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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

Омб.: 1)  $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$        $\sin \alpha \neq 0$      $\alpha \neq 0^\circ$

2) силы, когда F перестало



$$ma' = F_{тр} = \mu N = \mu mg$$

$$N = mg$$

$$a' = \mu g$$

чр. р. в. ж.

Омб.: 2)  $T = \frac{V_0}{\mu g}$

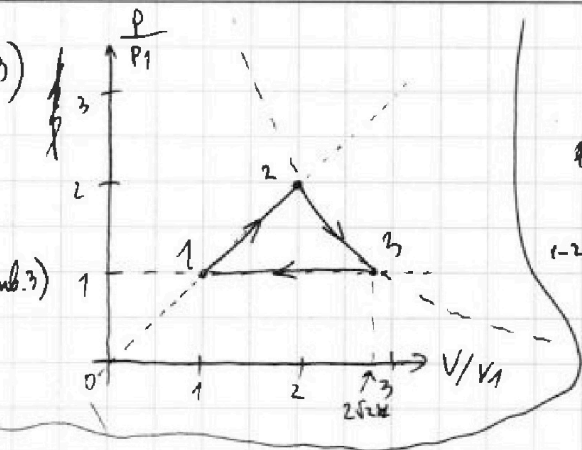
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7



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



Т.к. на каждом участке  $\gamma = C = const$   
1 начало термодинамики

$\Delta A_{12} = \int_{12} p dV = \int_{12} p dV$   $\Delta T_{12} \rightarrow \Delta A_{12}$  - к любой точке на промежутке

1-2  $\nu C_{12} \Delta T_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} + \Delta A_{12}$

$\Delta A_{12} = \frac{1}{2} \nu R \Delta T_{12}$

$\Delta A_{12} = \frac{3}{2}$   $\downarrow$  линейно  $\leftarrow$  считаем по 2 точкам

~~УР-е состояния~~

$pV = \nu RT$   
 $\Delta pV + V \Delta p + p \Delta V = \nu R \Delta T$   
 $\int p dV$

~~$A_{12} = p_1 V_1 - k \cdot x$~~   
 $\nu C = pV$

~~УР-е состояния~~  
 $pV = \nu RT$

если допустить ось  $\left(\frac{C}{R}\right)$  и ось  $\left(\frac{T}{T_1}\right)$  на  $\nu R$

$\nu C(\nu RT) \rightarrow \nu C(pV) \rightarrow \nu C(pV)$  на каждом участке  $pV = const$

~~УР-е сост.~~ ~~продифференцируем~~ ~~тер. сост~~

$\int_{p_1}^p p dV = \nu R \left( \frac{dp}{p} + \frac{dV}{V} \right) = \frac{dT}{T}$

2-3 1 начало термодинамики

(обозначения аналогичны)

2-3  $\nu C_{23} \Delta T_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} + \Delta A_{23}$

$\Delta A_{23} = -\nu R \Delta T_{23}$

3-1

$\nu C_{31} \Delta T_{31} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{31} + \Delta A_{31}$

$\Delta A_{31} = \nu R \Delta T_{31}$

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) Записан 1 начало термодинамики  $m, 1-2, 2-3, 3-1$   $v = 1 \text{ моль}$

$$v C_{12} \Delta T_{12} = \frac{3}{2} v R \Delta T_{12} + A_{12} \quad \text{из графика} \quad \Delta T_{12} = 3T_1$$

из графика

$$\begin{aligned} C_{12} &= 2R \\ C_{13} &= 0,5R \\ C_{23} &= 3,5R \end{aligned}$$

$$A_{12} = v 2R \cdot 3T_1 - \frac{3}{2} v R \cdot 3T_1 = v R \cdot 3T_1 \left( 2 - \frac{3}{2} \right)$$

$$A_{12} = \frac{3}{2} v R T_1 = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 400 \text{ Дж}$$

$$A_{12} = 3 \cdot 2 \cdot 831 = 3 \cdot 1662 = 4986 \text{ Дж}$$

$$\begin{array}{r} 11 \\ 1662 \\ \cdot 3 \\ \hline 4986 \end{array}$$

Отв.: 1)  $A_{12} = \frac{3}{2} v R T_1 = 4986 \text{ Дж}$

2)  $\eta = \frac{Q_1 + Q_2}{Q_1}$   $Q_1$  - газ получил  $(Q_2)$  - газ отдал  
 $\Delta T > 0$   $\Delta T < 0$

$$Q_1 = v C_{12} 3T_1 = 2 v R T_1 \cdot 3$$

$$Q_2 = - \left( v C_{23} (4T_1 - 2^{\frac{3}{2}} T_1) + v C_{13} (2^{\frac{3}{2}} T_1 - T_1) \right)$$

$$Q_2 = - \left( v 0,5R \cdot 4T_1 - v 0,5R \cdot 2^{\frac{3}{2}} T_1 + v \frac{5}{2} R \cdot 2^{\frac{3}{2}} T_1 - v \frac{5}{2} R T_1 \right)$$

$$Q_2 = - v R T_1 \left( 2 - 2^{-1} \cdot 2^{\frac{3}{2}} + 5 \cdot 2^{-1} \cdot 2^{\frac{3}{2}} - \frac{5}{2} \right) = - v R T_1 \left( \frac{1}{2} - 2^{\frac{1}{2}} + 5 \cdot 2^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$Q_2 = - v R T_1 \left( \frac{1}{2} + 2\sqrt{2} \right) - v R T_1 \left( \frac{1}{2} + 4\sqrt{2} \right)$$

$$Q_2 = - v R T_1 \left( 4\sqrt{2} - \frac{1}{2} \right) - v R T_1 \cdot \left( -\frac{1}{2} + 2^2 \cdot 2^{-1} \cdot 2^{\frac{3}{2}} \right) = - v R T_1 \left( \frac{1}{2} + 2\sqrt{2} \right)$$

$$\eta = \frac{8 v R T_1 + (4\sqrt{2} - \frac{1}{2}) v R T_1}{8 v R T_1} = \frac{4\sqrt{2} - \frac{1}{2}}{8} = \frac{5}{4} - 2\sqrt{2}$$

$$1 - \frac{\sqrt{2}}{3} + \frac{1}{12}$$

$$\eta = \frac{11}{12} - 4\sqrt{2} = \frac{11}{12} - \frac{2}{3}\sqrt{2} = \frac{13}{12} - \frac{2}{3}\sqrt{2}$$

Отв.: 2)  $\eta = \frac{13 - 4\sqrt{2}}{12}$

~~Отв.: 2)  $\eta = \frac{13}{12} - \frac{2}{3}\sqrt{2}$~~

Отв.: 2)  $\eta = \frac{13}{12} - \frac{\sqrt{2}}{3}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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



$$\ln \frac{V_3}{V_2} = \ln \frac{T_2}{T_3}$$

$$\frac{V_3}{V_2} = \frac{T_2}{T_3} = \frac{p_2 V_2}{T_3 \cdot p_3} \cdot \frac{T_2 \nu R}{p_3 V_3}$$

$$V_3 = \sqrt{V_2 T_2 \nu R} \cdot \frac{1}{\sqrt{p_3}}$$

$$p_2 = V_3 \cdot T_3 \cdot \nu R \cdot \frac{1}{V_2^2}$$

$$p_3 = V_2 T_2 \nu R \cdot \frac{1}{V_3^2}$$

для участка 1-2

$$p = V_3 \cdot T_1 \cdot \nu R \cdot \frac{1}{V_1^2}$$

2-3

$$p = V_2 \cdot T_2 \cdot \nu R \cdot \frac{1}{V_2^2} \quad p = V_2 \cdot T_2 \cdot \nu R \cdot \frac{1}{V_2^2}$$

3-1

$$p = \text{const}$$

1-2 ————— 2-3 ————— сравнить точка

точка 2:  $p_2 V_2 = \nu R T_2 = \nu R \cdot 4 T_1$  УР. СОСТ.

точка 1:  $p_1 V_1 = \nu R T_1 =$

$\frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = 4$  на прямой из 0  $\Rightarrow \left(\frac{p_2 V_2}{p_1 V_1}\right) = (2)^2$   
 → отношение площадей  
 точка 3

$$p_3 V_3 = \nu R T_3 = \nu R T_1 \cdot 2^{\frac{3}{2}} \cdot 2^{\frac{3}{2}}$$

$$\frac{p_3 V_3}{p_1 V_1} = 2^{\frac{3}{2}}$$

→ отношение площадей

$$p_3 = p_1$$

$$V_3 = 2^{\frac{3}{2}} V_1 = 2\sqrt{2} V_1 \approx 3.8 V_1$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7



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



$$\Delta A_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}$$

$$\Delta A_{23} = -\nu R \Delta T_{23}$$

$$\Delta A_{31} = \nu R \Delta T_{31}$$

$$\Delta A = p \Delta V$$

$$pV = \nu RT$$

разделим на  $\nu R$  каждого

$$\frac{1}{V} = \frac{p}{\nu R \cdot T}$$

$$\frac{\Delta V_{12}}{V_{12}} = \frac{1.5}{2} \frac{\Delta T_{12}}{T_{12}}$$

$$\frac{\Delta V_{31}}{V_{31}} = \frac{\Delta T_{31}}{T}$$

$$\frac{\Delta V_{23}}{V_{23}} = -\frac{\Delta T_{23}}{T_{23}}$$

$$\frac{dV_{12}}{V_{12}} = \frac{3}{2} \frac{dT_{12}}{T_{12}}$$

$$\frac{dV_{31}}{V_{31}} = \frac{dT_{31}}{T_{31}}$$

$$\int_{V_1}^{V_2} \frac{dV_{12}}{V_{12}} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{3}{2} \frac{dT_{12}}{T_{12}}$$

$$\int_{V_3}^{V_1} \frac{dV_{31}}{V_{31}} = \int_{T_3}^{T_1} \frac{dT_{31}}{T_{31}}$$

$$\int_{V_2}^{V_3} \frac{dV_{23}}{V_{23}} = -\int_{T_2}^{T_3} \frac{dT_{23}}{T_{23}}$$

$$\ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{3}{2} \ln \frac{T_2}{T_1}$$

интегрируем

$$\ln \frac{V_3}{V_2} = \ln \frac{T_2}{T_3}$$

$$\frac{V_3}{V_2} = \frac{T_2}{T_3} = \frac{p_2 V_2}{\nu R T_3}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{3}{2}}$$

$$V_2 = \frac{V_1}{T_1^{\frac{3}{2}}} \cdot T_2^{\frac{3}{2}} = \frac{V_1}{T_1^{\frac{3}{2}}} \cdot \frac{p_2 V_2}{\nu R}$$

$$V_2 = \frac{V_1}{T_1^{\frac{3}{2}}} \cdot \frac{p_2 V_2}{(\nu R)^{\frac{1}{2}}}$$

$$V_2^2 = \frac{V_1^2}{T_1 \cdot \nu R} p_2 \cdot V_2$$

$$1 = \frac{V_1^2}{T_1^3} \cdot \frac{1}{(\nu R)^3} p_2^3 \cdot V_2$$

$$V_2 = \frac{V_1^2}{T_1 \cdot \nu R} \cdot p_2$$

$p_2 = V_2$   
участку

$$p_2 = \frac{1}{\nu R} \sqrt{\frac{1}{V_1^2 \cdot V_2}} \quad p_2 = \frac{1}{\nu R} \sqrt{\frac{1}{V_1^2 \cdot V_2}}$$

$$p_2 = V_2 \cdot \frac{T_1 \nu R}{V_1^2}$$

на участке 1-2

участку 1-2

$$p_2 = \sqrt{\frac{1}{V_1^2 \cdot V_2}} \quad p_2$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

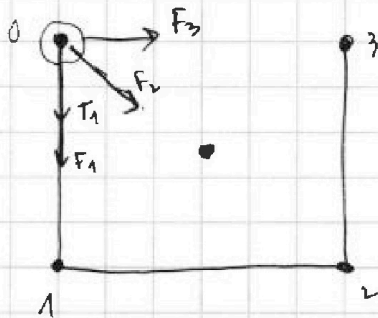
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



посчитаем из м. ~~потенц.~~ энергии, выбрав 0 в ц. м.

$$\frac{mv^2}{2} = \int_{y_1}^{y_2} F_1 \cdot dr + \int_{y_2}^{y_3} F_2 \cdot dr + \int_{y_3}^{y_4} F_3 \cdot dr$$

суммарная сила



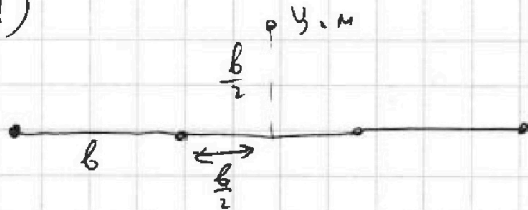
$$dF = \frac{kq^2}{r^2} dr \quad dr \cdot F = \frac{kq^2}{r^2} dr$$

$$F = \frac{kq^2}{r^3} \quad \int dr \cdot F = \int \frac{kq^2}{r^2} dr = kq^2$$

разобьём на 2 движения т.к.

сила потенциальна, и не изменяется

1)



2)



от поворота ничего не меняется

сила натяжения работу не совершает

$$\int_{y_1}^{y_2} F dr = kq^2 \int_{y_1}^{y_2} \frac{dr}{r^2} = -1 \cdot kq^2 \frac{1}{r} = \frac{kq^2}{r}$$

$$= \frac{kq^2}{y_2} - \frac{kq^2}{y_1}$$

считаем для каждой силы и получаем

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

$$\frac{mv^2}{2} = kq^2 \left( \frac{kq^2}{b} \left( 1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{2} \right) \right) = \frac{kq^2}{b} \cdot \dots$$

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{kq^2}{b} \left( \frac{6\sqrt{2} - 2\sqrt{2} + 6 - 3\sqrt{2}}{6\sqrt{2}} \right) = \frac{kq^2}{b} \frac{\sqrt{2} + 6}{6\sqrt{2}}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

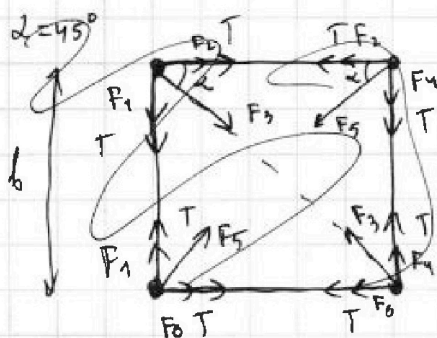


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



3)

из симметрии силы натяжения одинаковы, ось симм.

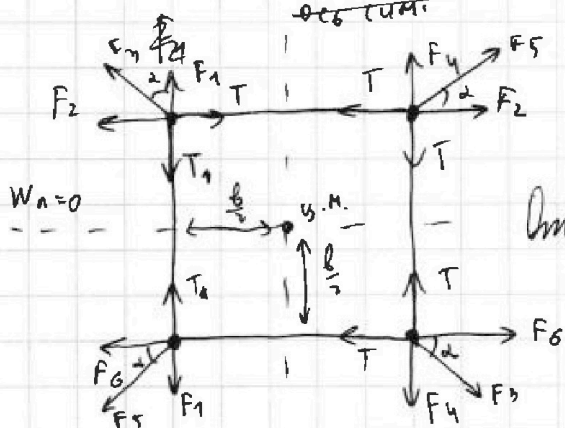


$$F_1 = F_2 = F_4 = F_6 = k \frac{q^2}{b^2}$$

$$F_3 = F_5 = k \frac{q^2}{2b^2}$$

3-и Купола

II 3-и Ньютона на 1 из зарядов (из симметрии все одинаковы, ось симм.)



$$T = F_4 + \frac{F_3}{\sqrt{2}} = k \frac{q^2}{b^2} + \frac{kq^2}{\sqrt{2} \cdot 2b^2}$$

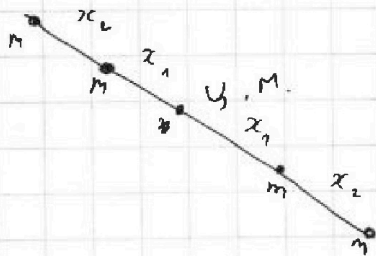
$$\text{Итого: } T = \frac{kq^2}{b^2} \left( 1 + \frac{1}{2\sqrt{2}} \right)$$

2) рассмотрим силы на систему  $\sum F = 0$  по ч

после пережигания  $\Rightarrow$  центр масс не поведет на  $\frac{b}{2}$  погор. и по вертик. от всех

по т. о равн. ч.м.,

шарики на хорзятся на прямой в случае



$$2(x_1 + x_2) = \frac{3}{4}b$$

$$x_1 + x_2 = \frac{3}{8}b$$



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

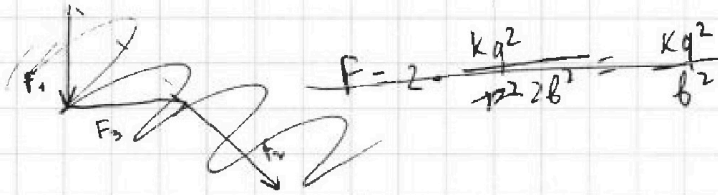
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$V^2 = \frac{1}{m} \frac{kq^2}{b} \frac{\sqrt{2} + b}{3\sqrt{2}}$$

$$V = q \sqrt{\frac{k}{mb}} \cdot \sqrt{\frac{\sqrt{2} + b}{3\sqrt{2}}}$$

ОТВ.: 2)  $V = q \sqrt{\frac{k}{mb}} \sqrt{\frac{\sqrt{2} + b}{3\sqrt{2}}}$

3) ~~ВЕРЕН~~ (СМ. ПРИМЕР) СЛУ ОТ 1 2 3 В НАЧАЛЕ ЭНЕРГИЮ В НАЧАЛЕ



$$W_1 = 2k \frac{q^2}{b} + \frac{kq^2}{\sqrt{2}b}$$

$$d^2 = \left(\frac{3b}{2} - \frac{b}{2}\right)^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2 = b^2 + \frac{b^2}{4} = \frac{5b^2}{4}$$

ОТВ.: 3)  $d = \frac{\sqrt{5}}{2} b$



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 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!

