



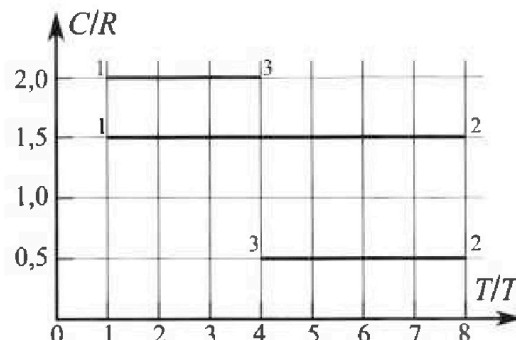
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02



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

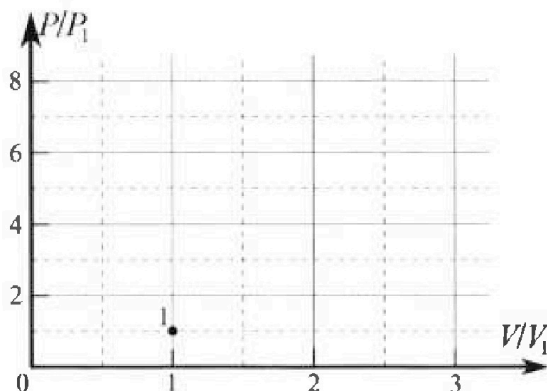
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 равна $T_1 = 200$ К, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К).



1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.

2) Найдите КПД η 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 a (см. рис.). Сила натяжения каждой нити T .

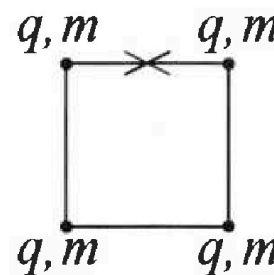
1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика.

Одну нить пережигают.

2) Найдите кинетическую энергию K 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)?

Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.

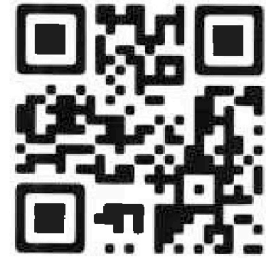




Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-02

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



1. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Вектор начальной скорости мяча образует угол $\alpha = 45^\circ$ с горизонтальной плоскостью. Горизонтальное перемещение мяча за время полета $L = 20$ м.

1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

Если футболист направляет мяч под различными углами к горизонту, из той же точки с начальной скоростью V_0 к высокой вертикальной стенке, то наибольшая высота, на которой происходит соударение мяча со стенкой, равна $H = 3,6$ м.

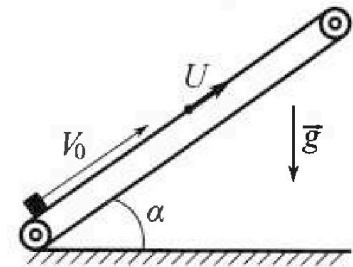
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,6$ (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 6$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = 0,5$.

Движение коробки прямолинейное.



1) Какой путь S пройдет коробка в первом опыте к моменту времени $T = 1$ с?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 1$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 6$ м/с (см. рис.).

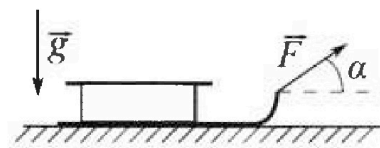
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

3) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же кинетической энергии K на одинаковых участках пути.

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

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения кинетической энергии K действие внешней силы прекращается.



1) Найдите коэффициент μ трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

2) Найдите перемещение S санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения g . Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

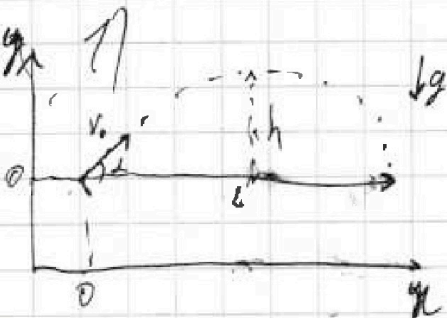
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$x = v_0 \cdot t \cdot \cos \alpha \quad x = L \quad L = \frac{v_0^2 \cdot 2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{g}$$

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

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

$$v_0 \cdot \sin \alpha - \frac{g t}{2} = 0 \quad t = \frac{2 v_0 \cdot \sin \alpha}{g}$$

$$20 = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{g}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{20g}{\sin^2 \alpha}} = \sqrt{\frac{20 \cdot 10}{1}} = \sqrt{200} = 10\sqrt{2} \text{ м/с}$$

Ответ: $v_0 = 10\sqrt{2} \text{ м/с}$

$$1) \quad x = \frac{L}{2} \quad y = h \quad t_{\text{up}} = \frac{t}{2} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$h = v_0 t_{\text{up}} - \frac{g t_{\text{up}}^2}{2} = \frac{2 v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} - \frac{g}{2} \cdot \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g^2}$$

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

$$h_{\text{max}} = \frac{200 \cdot 1}{4 \cdot 10} = 5 \text{ м} \Rightarrow s > \frac{L}{2}$$

$$3,6 = \frac{200 \cdot \sin^2 \alpha}{2 \cdot 10} = 10 \sin^2 \alpha \quad \sin^2 \alpha = 0,36 \quad \sin \alpha = 0,6$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - 0,36} = \sqrt{0,64} = 0,8$$

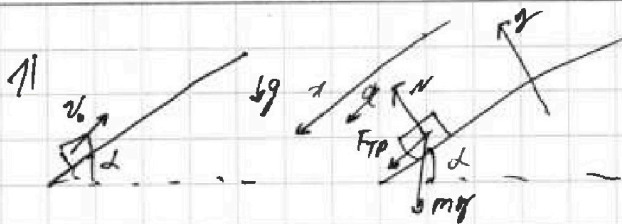
$$s = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha \cdot \cos^2 \alpha \cdot 2}{g} = \frac{200 \cdot 0,6 \cdot 0,8 \cdot 2}{10} = 40 \cdot 0,6 \cdot 0,8 = 24 \cdot 0,8 = 19,2 \text{ м}$$

Ответ: $s = 19,2 \text{ м}$



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!



$$Ox: ma = F_{TP} + mg \cdot \sin \alpha$$

$$Oy: 0 = N - mg \cdot \cos \alpha$$

$$N = mg \cdot \cos \alpha$$

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

$$\sin \alpha = 0,6$$

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{1-0,36}}{\sqrt{1+\sin^2 \alpha}} = \frac{\sqrt{0,64}}{\sqrt{1+0,36}} = 0,8$$

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

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

$$a = 10 \cdot (0,5 \cdot 0,8 + 0,6) = 10 \cdot 1 = 10 \frac{m}{c^2}$$

L - расстояние
1 путь леммы
от точки старта

$$V = V_0 - a \cdot T$$

$$V_1 = 6 - 10 \cdot 1 = -4 \frac{m}{c}$$

$$V_2 = V_0 - a \cdot T_2 = 0$$

$$6 - 10 \cdot \frac{T_2}{2} = 0$$

$$T_2 = 1,2 \text{ c} \quad (V=0, L=\max)$$

$$L = V_0 T - \frac{a T^2}{2} = 6 \cdot 1 - \frac{10 \cdot 1^2}{2} = 1 \text{ m}$$

$$L_{\max} = V_0 T_2 - \frac{a \cdot T_2^2}{2} = 6 \cdot 0,6 - \frac{10 \cdot 0,6^2}{2} =$$

$$= 3,6 - 5 \cdot 0,36 = 3,6 - 1,8 = 1,8 \text{ m}$$



$$S = L_{\max} + (L_{\max} - L_1) = 1,8 + 1,8 - 1 = 2,6 \text{ m}$$

ответ: S = 2,6 m

2) $V_{\max 1} = V_0 - a = 6 - 1 = 5 \frac{m}{c}$

$V_{\max 2} = u = V_0 - a \cdot T_1$

$V_{\max 2} = u - u = 0 \frac{m}{c}$

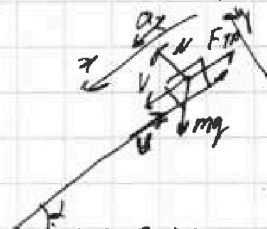
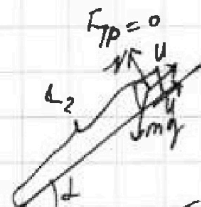
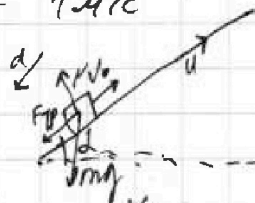
$1 = 6 - 10 \cdot T_1$

$V_{\text{start}} = 6 \frac{m}{c}$

ответ: $T_1 = 0,5 \text{ c}$ $10 T_1 = 5 \quad T_1 = 0,5 \text{ c}$

$u = 1 \frac{m}{c}$

3)



$$L_2 = V_0 T_1 - \frac{a T_1^2}{2} = 6 \cdot 0,5 - \frac{10 \cdot 0,5^2}{2} = 3 - 1,25 = 1,75 \text{ m}$$

страница 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
<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!

$$Ox: m a_2 = mg \cdot \sin \alpha - F_{тр} \quad Ma_2 = mg \cdot \sin \alpha - \mu mg \cdot \cos \alpha$$

$$Oy: 0 = N - mg \cdot \cos \alpha \quad a_2 = g \cdot (\sin \alpha - \mu \cdot \cos \alpha)$$

$$F_{тр} = \mu \cdot N = \mu \cdot mg \cdot \cos \alpha \quad a_2 = 10 \cdot (0,6 - 0,5 \cdot 0,8) = 2,4 \text{ м/с}^2$$

$$0 = v - a t_3 = 1 - 2 \cdot t_3 \quad t_3 = 0,5 \text{ с}$$

$$L_3 = v \cdot t_3 - \frac{a t_3^2}{2} = 1 \cdot 0,5 - \frac{2 \cdot 0,5^2}{2} = 0,5 - 0,25 = 0,25 \text{ м}$$

$$L = L_2 + L_3 = 1,75 + 0,25 = 2 \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } L = 2 \text{ м}$$

Страница 2

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

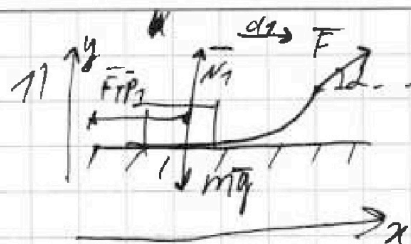
Отметьте крестиком номер задачи,

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!



$$K = S \cdot F_{рез}$$

$$K_1 = S_1 \cdot F_{рез1} \quad F_{рез1} = m a_1$$

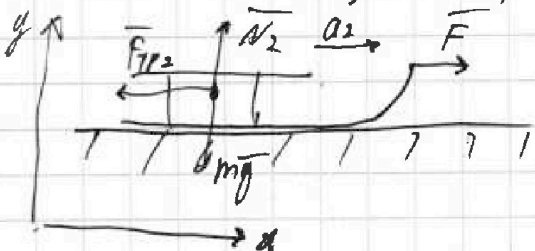
$$K_2 = S_2 \cdot F_{рез2} \quad F_{рез2} = m a_2$$

$$\text{Ox: } m a_1 = F \cdot \cos \alpha + F_{тр1} \quad m a_1 = F \cdot \cos \alpha - \mu (m g - F \cdot \sin \alpha)$$

$$\text{Oy: } 0 = N_1 - m g + F \cdot \sin \alpha \quad m a_1 = F \cdot \cos \alpha + \mu \cdot F \cdot \sin \alpha - \mu m g$$

$$N_1 = m g - F \cdot \sin \alpha \quad F_{тр} = \mu \cdot N_1$$

$$m a_1 = F \cdot (\cos \alpha + \mu \cdot \sin \alpha) - \mu m g = F_{рез1}$$



$$\text{Ox: } m a_2 = F - F_{тр2}$$

$$\text{Oy: } 0 = N_2 - m g \quad N_2 = m g$$

$$F_{тр2} = \mu \cdot N_2 = \mu m g$$

$$m a_2 = F - \mu m g = F_{рез2}$$

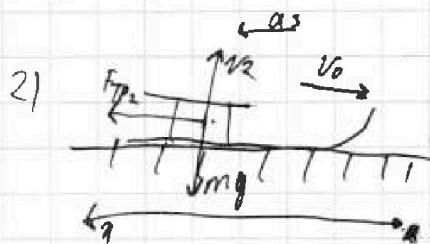
$$m a_1 = m a_2 \quad F \cdot (\cos \alpha + \mu \cdot \sin \alpha) - \mu m g = F - \mu m g$$

$$F_{рез1} = F \cdot (\cos \alpha + \mu \cdot \sin \alpha) - \mu m g \quad F \cdot (\cos \alpha + \mu \cdot \sin \alpha) = F$$

$$F_{рез2} = F - \mu m g \quad F_{рез2} = F - \mu m g \quad \cos \alpha + \mu \cdot \sin \alpha = 1$$

$$K = S \cdot (F \cdot (\cos \alpha + \mu \cdot \sin \alpha) - \mu m g) \quad \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

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



$$F_{тр2} = \mu \cdot N_2 \quad N_2 = m g$$

$$F_{тр2} = \mu m g \quad \text{Ox: } m a_3 = F_{тр2} = \mu m g = F_{рез3}$$

$$a_3 = \mu g$$

Умножаем на 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!

$$K = S \cdot F_{\text{рез}3}$$

$$S = \frac{v_1^2}{2as} = \frac{2 \cdot S \cdot \mu \cdot g}{2 \cdot \mu \cdot g} \quad s = S$$

$$K = S \cdot \mu \cdot mg$$

$$\frac{m v_1^2}{2} = S \cdot \mu \cdot mg$$

$$v_1 = \sqrt{2 \cdot S \cdot \mu \cdot g}$$

$$K = L \cdot F_{\text{рез}2}$$

$$K = L \cdot (F - \mu mg) = \frac{m v_1^2}{2}$$

$$L = \frac{m v_1^2}{2(F - \mu mg)} = \frac{K}{F - \mu mg}$$

$$K = S \cdot F_{\text{рез}3}$$

$$K = L \cdot (F \cdot \cos \alpha + \mu \cdot \sin \alpha \cdot mg)$$



$$0 = v_1 - a_3 \cdot t \quad t = \frac{v_1}{a_3}$$

$$S = v_1 \cdot t - \frac{a_3 \cdot t^2}{2} = \frac{v_1^2}{a_3} - \frac{v_1^2}{2a_3} = \frac{v_1^2}{2a_3}$$

$$F_{\text{рез}3} \cdot t = m v_1$$

$$\mu mg \cdot \frac{v_1}{a_3} = m \cdot a_3 \quad a_3 = \mu g$$

$$F_{\text{рез}2} \cdot t_1 = m v_1$$

$$(F - \mu mg) t_1 = m v_1$$

$L \cdot F_{\text{рез}2} = S \cdot F_{\text{рез}3}$ L - расстояние действия сил (пути)

$$S = \frac{L \cdot F_{\text{рез}2}}{F_{\text{рез}3}}$$

$$S = \frac{m v_1^2}{2}$$

$$S = \frac{K}{\mu mg} = \frac{m \cdot 2 \cdot S \cdot \mu \cdot g}{2 \cdot \mu \cdot mg} = S$$

$$v_1^2 = \frac{2 L (F - \mu mg)}{m} = 2 \cdot S \cdot \mu \cdot g$$

$$S = \frac{L (F - \mu mg)}{m \cdot \mu \cdot g}$$

$$S = \frac{K}{\mu mg} = \frac{K \cdot \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) \cdot m \cdot g}$$

$$\text{Ответ: } S = \frac{K \cdot \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) \cdot m \cdot g}$$

Страница 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. Печать QR-кода недоступна!

~~1) $Q = \Delta U + A_{312}$ $A_{31} = -A_{312}$ $\dot{V} = 1 \text{ моль}$
 $Q = \frac{i}{2} \dot{V} R \Delta T + A_{312}$ $|A_{312}| = |A_{311}|$
 $Q = \dot{V} C \Delta T = \dot{V} \cdot 2R \cdot 3T_1$ $\Delta T = T_2 - T_1 = -3T_1$
 $\frac{i}{2} \dot{V} R \cdot 3T_1 + A_{312} = \dot{V} \cdot 2R \cdot 3T_1$
 $|A_{312}| = \dot{V} \cdot 2R \cdot 3T_1 - \frac{i}{2} \dot{V} R \cdot 3T_1 = \dot{V} R \cdot 3T_1 \left(2 - \frac{i}{2}\right) = 1 \cdot 8,31 \cdot 3 \cdot 200 \cdot \left(2 - \frac{3}{2}\right) = 2493 \text{ Дж}$
 $|A_{311}| = 1 \cdot 8,31 \cdot 3 \cdot 200 \cdot \frac{1}{2} = 1 \cdot 100 \cdot 3 \cdot 8,31 = 831 \cdot 3 = 2493 \text{ Дж}$~~

Или $Q = \dot{V} \cdot 2R \cdot 3T_1$ $Q = \Delta U + A_{312}$

$Q = \frac{i}{2} \dot{V} R \Delta T + A_{312}$

$Q = \dot{V} \cdot C \cdot \Delta T = \dot{V} \cdot 2R \cdot 3T_1$

$-\dot{V} \cdot 2R \cdot 3T_1 = -\frac{i}{2} \cdot \dot{V} R \cdot 3T_1 + A_{312}$

$A_{312} = \frac{i}{2} \cdot \dot{V} R \cdot 3T_1 - \dot{V} \cdot 2R \cdot 3T_1 = \dot{V} R \cdot 3T_1 \left(\frac{i}{2} - 2\right)$

$A_{31} = -A_{312} = \dot{V} R \cdot 3T_1 \left(2 - \frac{i}{2}\right) = 1 \cdot 8,31 \cdot 3 \cdot 200 \cdot \left(2 - \frac{3}{2}\right) =$

$= 8,31 \cdot 3 \cdot 100 = 2493 \text{ Дж}$ Ответ: $A_{31} = 2493 \text{ Дж}$

2) $\eta = \frac{Q_H - Q_X}{Q_H} = \frac{A}{Q_H} = 1 - \frac{Q_X}{Q_H}$

$Q_H \rightarrow Q_{12}$ нагревается газ ($\Delta T > 0, C = \text{const} \Rightarrow Q > 0$)

$Q_X \rightarrow Q_{23} + Q_{31}$ - газ остывает ($\Delta T < 0, C = \text{const} \Rightarrow Q < 0$)

$Q_{12} = \frac{i}{2} \dot{V} R \Delta T_{12} + A_{12} = \dot{V} \cdot C_{12} \Delta T_{12} = \dot{V} \cdot C_{12} \cdot 7T_1 = 1 \cdot 7,5R \cdot 7 \cdot 200 =$
 $= 1 \cdot 7,5 \cdot 8,31 \cdot 7 \cdot 200$

Страница 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

МФТИ

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

$$Q_{12} = \nu \cdot C_{12} \cdot \Delta T_{12} = 1 \cdot 1,5R \cdot 7 \cdot T_1 = 200 \cdot \frac{3}{2} \cdot R \cdot 7 = 831R$$

$$= 100 \cdot 8,31 \cdot 3 \cdot 7 = 831 \cdot 21 = 17451 \text{ Дж}$$

$$\begin{array}{r} 831 \\ \times 21 \\ \hline 1662 \\ + 16620 \\ \hline 17451 \end{array}$$

$$\Delta T_{23} = 4T_1 - 8T_1 = -4T_1$$

$$Q_{23} = \nu \cdot C_{23} \cdot \Delta T_{23} = 1 \cdot 0,5 \cdot R \cdot 4T_1 =$$

$$= 1 \cdot \frac{1}{2} \cdot 8,31 \cdot 4 \cdot 200 = -831 \cdot 4 = -3324 \text{ Дж}$$

$$\begin{array}{r} 831 \\ \times 4 \\ \hline 3324 \end{array}$$

$$\Delta T_{31} = 4T_1 - 11T_1 = -3T_1$$

$$Q_{31} = \nu \cdot C_{31} \cdot \Delta T_{31} =$$

$$= 1 \cdot 2 \cdot R \cdot 3T_1 = 6 \cdot 200 \cdot 8,31 =$$

$$= 12 \cdot 831$$

$$Q_{\text{н}} = 21 \cdot 831 \text{ Дж} \quad \eta = 1 - \frac{16 \cdot 831}{21 \cdot 831} = 1 - \frac{16}{21} = \frac{5}{21}$$

$$Q_{\text{х}} = |Q_{23}| + |Q_{31}| = 12 \cdot 831 + 4 \cdot 831 = 16 \cdot 831$$

Ответ: $\eta = \frac{5}{21}$

$$3) \quad P_1 V_1 = \nu \cdot R \cdot T_1 \quad A_{12} + \Delta U_{12} = Q = C_{12} \cdot \nu \cdot \Delta T_{12}$$

$$P_2 V_2 = \nu \cdot R \cdot T_2 = \nu \cdot R \cdot 8T_1 \quad A_{12} = C_{12} \cdot \nu \cdot 7T_1 - \frac{i}{2} \nu \cdot R \cdot 7T_1$$

$$P_2 V_2 = 8 \cdot P_1 V_1 \quad A = P \cdot \Delta V = 1,5R \cdot \nu \cdot 7T_1 - \frac{i}{2} \nu \cdot R \cdot 7T_1 =$$

$$P_2 \cdot V_1 = 8 P_1 \cdot V_1 \quad = \nu \cdot R \cdot 7T_1 \cdot \left(\frac{3}{2} - \frac{3}{2} \right) = 0$$

$$P_2 = 8 P_1 \quad A_{12} = 0 \Rightarrow \Delta V = 0 \Rightarrow V_2 = V_1$$

$$P_3 V_3 = \nu \cdot R \cdot 4T_1 = 4 P_1 V_1 = \frac{P_2 V_2}{2} \quad \text{Справка 2}$$

$$A_{31} + \Delta U_{31} = C_{31} \cdot \nu \cdot \Delta T_{31} \quad A_{31} = 2R \cdot \nu \cdot 3T_1 - \frac{i}{2} \nu \cdot R \cdot 3T_1$$

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!



$$A_{31} = v \cdot R \cdot 3T_1 \cdot \left(2 - \frac{c}{2}\right) = v \cdot R \cdot \frac{3}{2} T_1 = \frac{3}{2} P_1 V_1$$

~~$$A_{23} + v_{23} = C_{23} \cdot v \cdot T_{23}$$~~

~~$$A_{23} = R \cdot \frac{1}{2} \cdot v \cdot 4T_1 - \frac{c}{2} \cdot v \cdot R \cdot 4T_1 = 4T_1 \cdot v \cdot R \cdot \left(\frac{1}{2} - \frac{3}{2}\right) = -4vR \cdot T_1$$~~

~~$$|A_{23}| = 4vR T_1 = 4P_1 V_1$$~~

A - мощность по градиенту

$$A_{23} = \frac{8P_1 + P_3}{2} \cdot (v_3 - v_1) = 4P_1 + \frac{P_3}{2} \cdot (4P_1 + \frac{P_3}{2}) \cdot (v_3 - v_1) = 4P_1 v_1$$

$$A_{31} = \frac{P_1 + P_3}{2} \cdot (v_3 - v_1) = \left(\frac{P_1}{2} + \frac{P_3}{2}\right) \cdot (v_3 - v_1) = \frac{3}{2} P_1 V_1$$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{P_1 + P_3}{2} \cdot (v_3 - v_1) &= \frac{3}{2} P_1 V_1 \\ P_3 v_3 &= 4P_1 v_1 \end{aligned} \right. \quad v_3 = \frac{4P_1 v_1}{P_3}$$

$$\frac{P_1 + P_3}{2} \cdot \left(\frac{4P_1 v_1}{P_3} - v_1 \right) = \frac{3}{2} P_1 v_1$$

$$\frac{1 + P_3}{2} \cdot \left(\frac{4}{P_3} - 1 \right) = \frac{3}{2} \quad \text{Умножим:}$$

$$\frac{4 + 4P_3}{2P_3} - \frac{1 + P_3}{2} = \frac{3}{2}$$

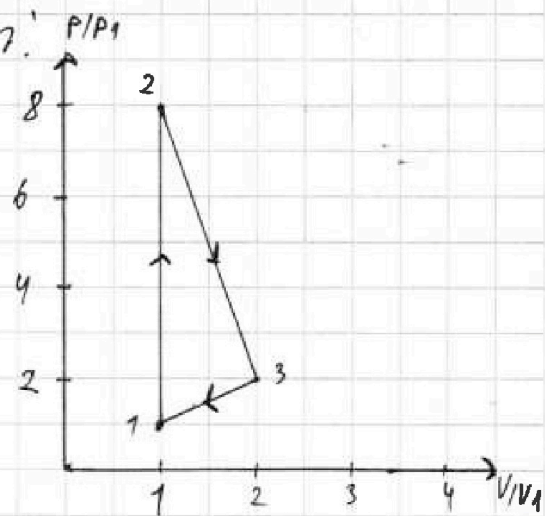
$$\frac{4 + 4P_3 - P_3 - P_3^2}{2P_3} = \frac{3}{2}$$

$$-P_3^2 + 3P_3 + 4 = 3P_3$$

$$-P_3^2 + 4 = 0$$

$$P_3^2 = 4$$

Страница 3



$$P_3 = 2 \quad P_3 = -2 \Rightarrow P_3 = 2 \quad \text{по условию } \frac{P_3}{P_1} = 2 \quad v_3 = \frac{4}{2} = 2 \quad \text{по условию } \frac{v_3}{v_1} = 2$$

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!

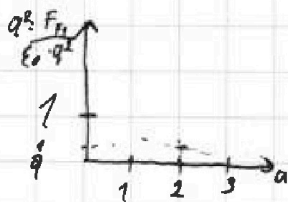


$$F_4 = \frac{\epsilon_0 \cdot q^2}{a^2} + \frac{\epsilon_0 \cdot q^2}{4a^2} + \frac{\epsilon_0 \cdot q^2}{9a^2} = \frac{\epsilon_0 \cdot q^2}{a^2} \cdot \left(1 + \frac{1}{4} + \frac{1}{9} \right)$$

$$F_{\text{res}} = F_{\text{рез}} = \frac{\epsilon_0 \cdot q^2}{a^2} \cdot \left(\frac{1}{2} + \sqrt{2} \right)$$

$$\Delta E_{n1} = m \cdot a_{11}$$

$$\begin{array}{r} 9 \ 4 \\ 8 \ 2 \ 2 \\ \hline 1 \ 0 \\ 8 \\ \hline 2 \ 0 \end{array}$$



F_{k1} — сила взаимного притяжения шариков 1

$$a_{\text{оп}} = \sqrt{3}$$

$$F_{k1 \text{ оп}} = \frac{\epsilon_0 \cdot q^2}{3a}$$

$$F_{k2 \text{ оп}} =$$

$$W_{11} = \frac{\epsilon_0 \cdot q}{a^2}$$

$$W_{12} = \frac{\epsilon_0 \cdot q}{9a^2}$$

$$E_{n11} = m \cdot W_{11} \cdot l_{11} = m \frac{\epsilon_0 \cdot q}{a^2} \cdot a = \frac{m \epsilon_0 \cdot q}{a}$$

$$E_{n12} = m \cdot W_{12} \cdot l_{12} = m \cdot \frac{\epsilon_0 \cdot q}{9a^2} \cdot 3a = \frac{m \cdot \epsilon_0 \cdot q}{3a}$$

$$|E_{n1}| = E_{n11} - E_{n12} = \frac{m \epsilon_0 \cdot q}{a} - \frac{m \cdot \epsilon_0 \cdot q}{3a} = \frac{2}{3} \frac{m \epsilon_0 \cdot q}{a}$$

$$W_{21} = \frac{\epsilon_0 \cdot q}{2a^2}$$

$$W_{22} = \frac{\epsilon_0 \cdot q}{4a^2} \quad \text{Омблем: } K = \left(\frac{1}{6} + \frac{\sqrt{2}}{2} \right) \cdot \frac{m \cdot \epsilon_0 \cdot q}{a}$$

$$|E_{n2}| = E_{n21} - E_{n22} = \frac{m \cdot \epsilon_0 \cdot q}{2a^2} \cdot \sqrt{2} \cdot a - \frac{m \cdot \epsilon_0 \cdot q}{4a^2} \cdot a =$$

$$= \frac{m \cdot \epsilon_0 \cdot q}{2a} \cdot \sqrt{2} - \frac{m \cdot \epsilon_0 \cdot q}{2a} = \frac{m \cdot \epsilon_0 \cdot q}{a} \cdot \left(\frac{\sqrt{2}-1}{2} \right)$$

$$K = \frac{2}{3} \frac{m \cdot \epsilon_0 \cdot q}{a} + \frac{\sqrt{2}-1}{2} \cdot \frac{m \cdot \epsilon_0 \cdot q}{a} = \frac{m \cdot \epsilon_0 \cdot q}{a} \left(\frac{2}{3} + \frac{\sqrt{2}-1}{2} \right)$$

Страница 2

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

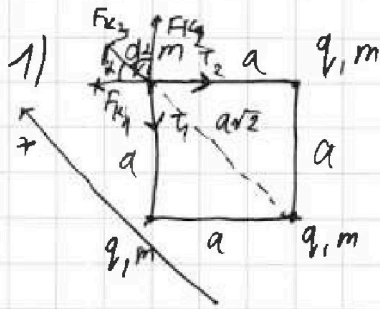
Отметьте крестиком номер задачи,

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!



$\alpha = 45^\circ$

$F_{K1} = \frac{\epsilon_0 \cdot q^2}{a^2}$ $F_{K2} = \frac{\epsilon_0 \cdot q^2}{a^2} \Rightarrow F_{K1} = F_{K2}$

$\vec{F}_{K1} + \vec{F}_{K2} + \vec{F}_{K3} = \vec{T}_1 + \vec{T}_2$

$\vec{T}_1 + \vec{T}_2 = \sqrt{2} T = T\sqrt{2}$

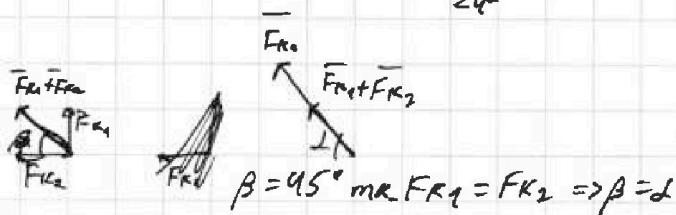
$T_1 = T_2$
по симметрии

$\vec{F}_{K1} + \vec{F}_{K2} = \sqrt{F_{K1}^2 + F_{K2}^2} = \sqrt{\frac{2\epsilon_0^2 q^4}{a^4}} = \frac{\epsilon_0 \cdot q^2}{a^2} \sqrt{2}$

$F_{K1} = F_{K2}$

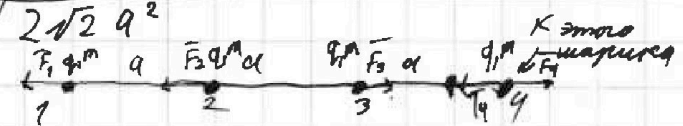
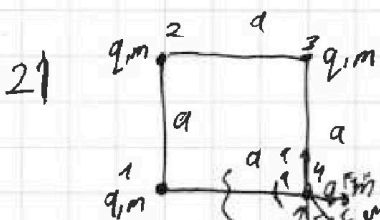
$F_{K3} = \frac{\epsilon_0 \cdot q^2}{2a^2}$

$\vec{F}_{K3} + (\vec{F}_{K1} + \vec{F}_{K2}) = \frac{\epsilon_0 \cdot q^2}{2a^2} + \sqrt{2} \frac{\epsilon_0 \cdot q^2}{a^2} = \frac{\epsilon_0 q^2 + 2\sqrt{2} \epsilon_0 q^2}{2a^2} =$
 $= \frac{\epsilon_0 \cdot q^2 \cdot (1 + 2\sqrt{2})}{2a^2} = T\sqrt{2}$



$T = \frac{\epsilon_0 \cdot q^2 \cdot (1 + 2\sqrt{2})}{2\sqrt{2} a^2}$

Ответ: $T = \frac{\epsilon_0 \cdot q^2 \cdot (1 + 2\sqrt{2})}{2\sqrt{2} a^2}$



$W_1 = \epsilon_0 \cdot \frac{q^2}{a^2}$

Δl_1 - изменение расстояния между 4 и 1
 $\Delta l_1 = 3a - a = 2a$
 $\Delta l_2 = 2a - \sqrt{2}a = a(2 - \sqrt{2})$
 $\Delta l_3 = a - a = 0 \Rightarrow \Delta E_{n3} = 0$

$E_{n1} = E_{n2} + E_K$
 $E_K = E_{n1} - E_{n2}$

Страница 1

$K = E_{n1} - E_{n2} = \Delta E_n = \Delta E_{n1} + \Delta E_{n2} + \Delta E_{n3}$
 потенциальные энергии взаимодействия шариков 1, 2 и 3