



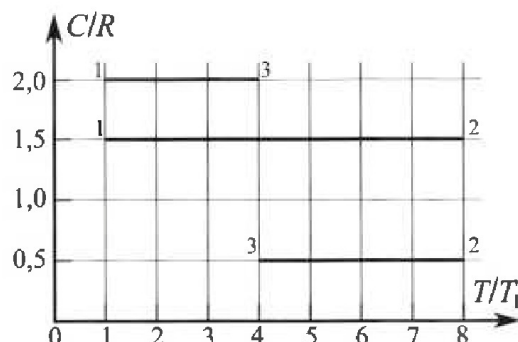
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-02

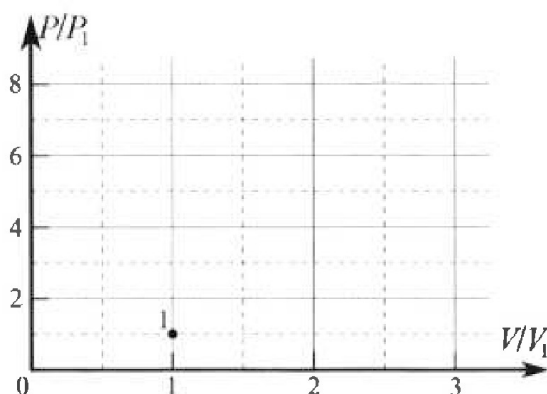
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



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).

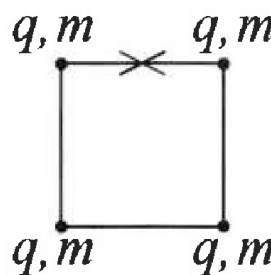


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует 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.

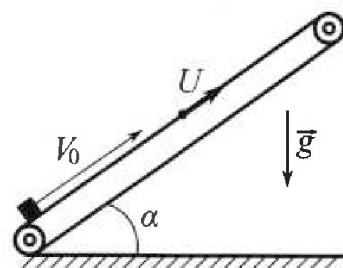
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

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.).

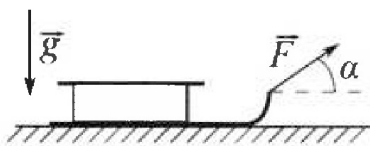
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

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.

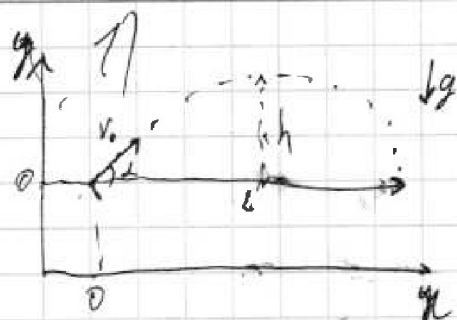
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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: $v_0 = 10\sqrt{2} \text{ м/с}$

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

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

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

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

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

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

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

Ответ: $s = 19,2 \text{ м}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

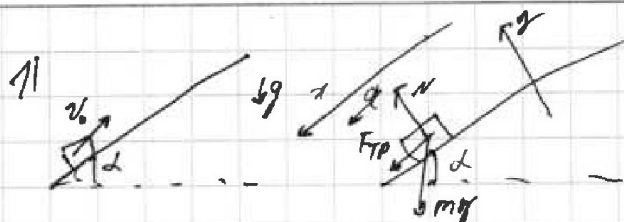
Отметьте крестиком номер задачи,

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!



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

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

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

$$F_{тр} = \mu \cdot N$$

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

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

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

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

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

1 - изменение
длины ленты
от точки старта

$$V = V_0 - a \cdot T_1$$

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

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

$$6 - 10 \cdot T_2 = 0$$

$$T_2 = 0,6 c \quad (V=0, L=\max)$$

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

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

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

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

$$\text{Ответ: } S = 2,6 m$$

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

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

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

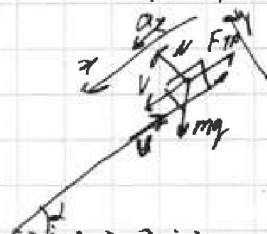
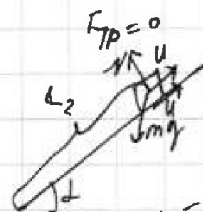
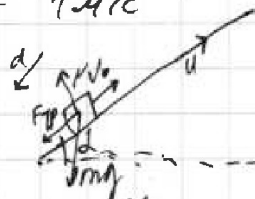
$$1 = 6 - 10 \cdot T_1$$

$$V_{\max 0} = 6 \frac{m}{c}$$

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

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

3)



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

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
☐

МФТИ

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

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

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

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

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

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

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

$$\text{Ответ: } L = 2 \text{ м}$$

Страница 2

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

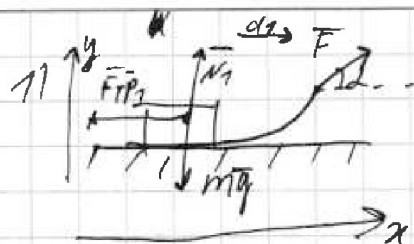
Отметьте крестиком номер задачи,

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!



$$K = S \cdot F_{\text{рез}}$$

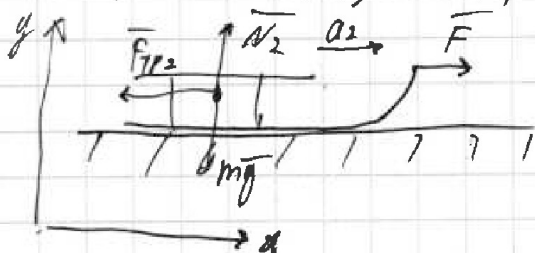
$$\begin{aligned} K_1 &= S_1 \cdot F_{\text{рез}1} & F_{\text{рез}1} &= m a_1 \\ \parallel & \parallel \Rightarrow \parallel & \parallel & \parallel \Rightarrow \parallel \\ K_2 &= S_2 \cdot F_{\text{рез}2} & F_{\text{рез}2} &= m a_2 \end{aligned}$$

$$\textcircled{0} x: m a_1 = F \cdot \cos \alpha + F_{\text{тр}1} \quad m a_1 = F \cdot \cos \alpha - \mu (m g - F \cdot \sin \alpha)$$

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

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

$$m a_1 = F \cdot (\cos \alpha + \mu \cdot \sin \alpha) - \mu m g = F_{\text{рез}1}$$



$$\textcircled{0} x: m a_2 = F - F_{\text{тр}2}$$

$$\textcircled{0} y: 0 = N_2 - m g \quad N_2 = m g$$

$$F_{\text{тр}2} = \mu \cdot N_2 = \mu m g$$

$$m a_2 = F - \mu m g = F_{\text{рез}2}$$

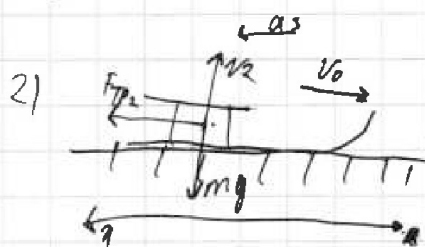
$$m a_1 = m a_2 \quad F \cdot (\cos \alpha + \mu \cdot \sin \alpha) - \mu m g = F - \mu m g$$

$$F_{\text{рез}1} = F \cdot (\cos \alpha + \mu \cdot \sin \alpha) - \mu m g \quad F \cdot (\cos \alpha + \mu \cdot \sin \alpha) = F$$

$$F_{\text{рез}2} = F - \mu m g \quad F_{\text{рез}2} = F - \mu m g \quad \cos \alpha + \mu \cdot \sin \alpha = 1$$

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

$$\textcircled{0} \text{ambem: } \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$



$$F_{\text{тр}2} = \mu \cdot N_2 \quad N_2 = m g$$

$$F_{\text{тр}2} = \mu m g$$

$$\textcircled{0} x: m a_3 = F_{\text{тр}2} = \mu m g = F_{\text{рез}3}$$

$$a_3 = \mu g$$

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
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МОТИ

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



$$K = S \cdot F_{\text{рез}3}$$

$$S = \frac{V_1^2}{2a_3} = \frac{2 \cdot 5 \cdot \mu \cdot g}{2 \cdot \mu \cdot g} \quad S = 5$$

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

$$\frac{m V_1^2}{2} = S \cdot \mu \cdot mg$$

$$V_1 = \sqrt{2 \cdot S \cdot \mu \cdot g}$$

$$K = L \cdot F_{\text{рез}2}$$

$$K = L \cdot (F - \mu mg) = \frac{m V_1^2}{2}$$

$$L = \frac{m V_1^2}{2(F - \mu mg)} = \frac{K}{F - \mu mg}$$

$$K = S \cdot F_{\text{рез}3}$$

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

$$L = \frac{K}{F - \mu mg}$$

$$F_{\text{рез}3} \cdot t = m V_1$$

$$\mu mg \cdot \frac{V_1}{a_3} = m \cdot a_3 \quad a_3 = \mu g$$

$$F_{\text{рез}2} \cdot t_1 = m V_1$$

$$(F - \mu mg) t_1 = m V_1$$

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

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

$$S = \frac{m V_1^2}{2}$$

$$S = \frac{K}{\mu mg} = \frac{m \cdot 2 \cdot 5 \cdot \mu g}{2 \cdot \mu \cdot mg} = 5$$

$$V_1^2 = \frac{2 L (F - \mu mg)}{m} = 2 \cdot 5 \cdot \mu \cdot g$$

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

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

$$0 = V_1 - a_3 \cdot t \quad t = \frac{V_1}{a_3}$$

$$S = V_1 \cdot t - \frac{a_3 \cdot t^2}{2} = \frac{V_1^2}{a_3} - \frac{V_1^2}{2a_3} = \frac{V_1^2}{2a_3}$$

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

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 черновой и не проверяется. Печать QR-кода недопустима!

1) $Q = \Delta U + A_{312}$ $A_{31} = A_{312}$ $V = 1 \text{ моль}$
 $Q = \frac{i}{2} V \cdot R \cdot \Delta T + A_{312}$ $|A_{312}| = |A_{311}|$
 $Q = V \cdot C \cdot \Delta T = V \cdot 2R \cdot 3T_1$ $\Delta T = T_1 - 4T_1 = -3T_1$
 $\frac{i}{2} V \cdot R \cdot 3T_1 + A_{312} = V \cdot 2R \cdot 3T_1$
 $|A_{312}| = V \cdot 2R \cdot 3T_1 - \frac{i}{2} V \cdot R \cdot 3T_1 = V \cdot R \cdot 3T_1 \left(2 - \frac{i}{2}\right) = 1 \cdot 8,31 \cdot 3 \cdot 200 \cdot \left(2 - \frac{3}{2}\right) = 1249,5 \text{ Дж}$
 $|A_{312}| = 1249,5 \cdot 3 \cdot 200 \cdot \frac{1}{2} = 1 \cdot 100 \cdot 3 \cdot 8,31 = 2493 \text{ Дж}$

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

Q

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

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

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

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

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

$= 8,31 \cdot 3 \cdot 100 = 2493 \text{ Дж}$ 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 ($\Delta T < 0$, $C = \text{const} \Rightarrow Q < 0$)

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

Страница 7

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!

$$Q_{12} = \nu \cdot C_{12} \cdot \Delta T_{12} = 1 \cdot 1,5R \cdot 7 \cdot T_1 = 200 \cdot \frac{3}{2} \cdot R \cdot 7 = 1050R$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$= -12 \cdot 831$$

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

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

Ответ: $\eta = \frac{5}{21}$

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

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

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

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

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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



$$A_{31} = V \cdot R \cdot 3T_1 \cdot \left(2 - \frac{1}{2}\right) = V \cdot R \cdot \frac{3}{2} T_1 = \frac{3}{2} p_1 V_1$$

$$A_{23} + p_3 V_{23} = C_{23} \cdot V \cdot T_{23}$$

$$A_{23} = \frac{1}{2} \cdot V \cdot 4T_1 - \frac{1}{2} \cdot V \cdot R \cdot 4T_1 = 4T_1 \cdot V \cdot R \cdot \left(\frac{1}{2} - \frac{3}{2}\right) = -4VR \cdot T_1$$

$$|A_{23}| = 4VR T_1 = 4p_1 V_1$$

A - мощность ног уградином

$$A_{23} = \frac{8p_1 + p_3}{2} \cdot (V_3 - V_1) = 4p_1 + \frac{p_3}{2} \cdot (4p_1 + \frac{p_3}{2}) \cdot (V_3 - V_1) = 4p_1 V_1$$

$$A_{31} = \frac{p_1 + p_3}{2} \cdot (V_3 - V_1) = \left(\frac{p_1}{2} + \frac{p_3}{2}\right) \cdot (V_3 - V_1) = \frac{3}{2} p_1 V_1$$

$$\left\{ \frac{p_1 + p_3}{2} \cdot (V_3 - V_1) = \frac{3}{2} p_1 V_1 \right.$$

$$\left. \begin{aligned} p_3 V_3 &= 4p_1 V_1 \\ V_3 &= \frac{4p_1 V_1}{p_3} \end{aligned} \right\}$$

$$\frac{p_1 + p_3}{2} \cdot \left(\frac{4p_1 V_1}{p_3} - V_1 \right) = \frac{3}{2} p_1 V_1$$

$$\frac{1 + p_3}{2} \cdot \left(\frac{4}{p_3} - 1 \right) = \frac{3}{2} \quad \text{Умножим:}$$

$$\frac{4 + 4p_3}{2p_3} - \frac{1 + p_3}{2} = \frac{3}{2}$$

$$\frac{4 + 4p_3 - p_3 - p_3^2}{2p_3} = \frac{3}{2}$$

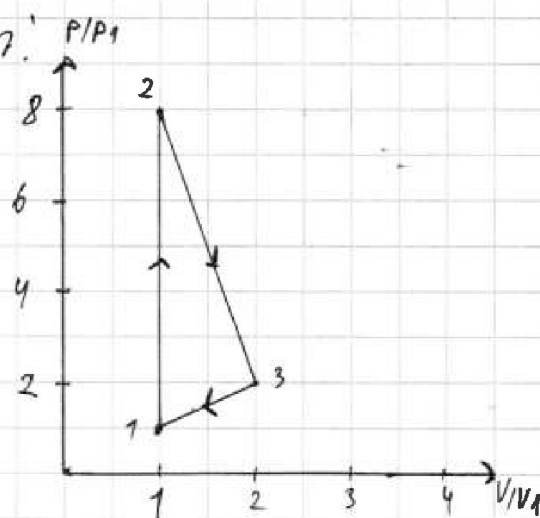
$$-p_3^2 + 3p_3 + 4 = 3p_3$$

$$-p_3^2 + 4 = 0$$

$$p_3^2 = 4$$

Страница 3

$$p_3 = \pm 2 \quad p_3 = -2 \Rightarrow p_3 = 2 \quad \text{можем } \frac{p_3}{p_1} = 2 \quad V_3 = \frac{4}{2} = 2 \quad \text{можем } \frac{V_3}{V_1} = 2$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

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

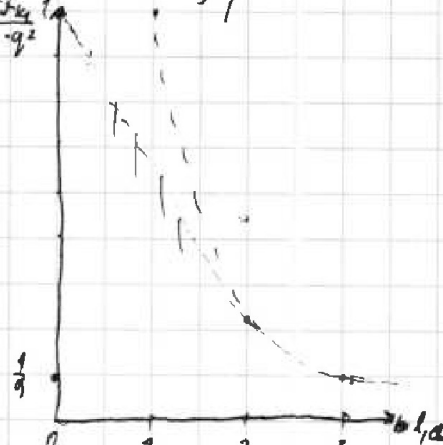
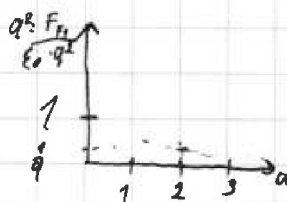


$$F_4 = \frac{\epsilon_0 \cdot q^2}{a^2} + \frac{\epsilon_0 \cdot q^2}{4a^2} + \frac{\epsilon_0 \cdot q^2}{9a^2} = \frac{\epsilon_0 \cdot q^2}{a^2} \cdot \left(1 + \frac{1}{4} + \frac{1}{9}\right)$$

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

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

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



F_{K1} — сила взаимного притяжения шариков 1

$$F_{K1 \text{ пр}} = \frac{\epsilon_0 \cdot q^2}{3a}$$

$$F_{K1 \text{ пр}} = \frac{\epsilon_0 \cdot q^2}{3a}$$

$$F_{K2 \text{ пр}} =$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Страница 2

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

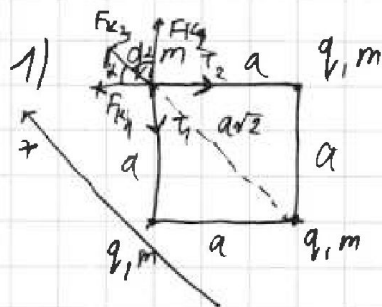
Отметьте крестиком номер задачи,

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!



$$\alpha = 45^\circ$$

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

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

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

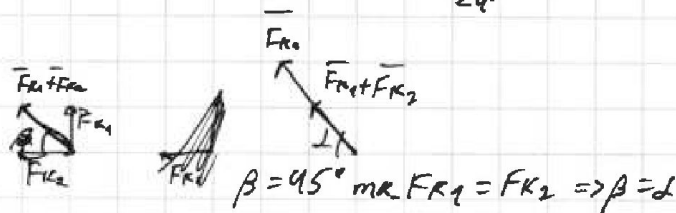
$$T_1 = T_2$$

по условию

$$F_{K1} = F_{K2}$$

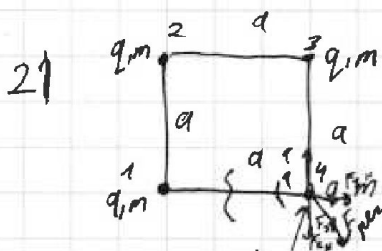
$$F_{K3} = \frac{\epsilon_0 \cdot q^2}{2a^2}$$

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



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

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



К этому шарика

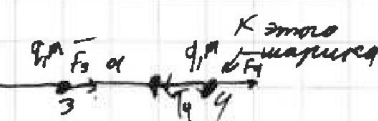
$$E_{n1} = E_{n2} + E_K$$

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

$$K = E_{n1} - E_{n2} = \Delta E_n = \Delta F_1 \text{ to } E_{n2} \text{ to } E_{n3}$$

потенциальные энергии взаимодействия шариков 1, 2 и 3

Страница 1



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

Δl_1 - изменение расстояния между 4 и 1

$$\Delta l_1 = 3a - a = 2a$$

$$\Delta l_2 = 2a - \sqrt{2}a = a(2 - \sqrt{2})$$

$$\Delta l_3 = a - a = 0 \Rightarrow \Delta E_{n3} = 0$$