



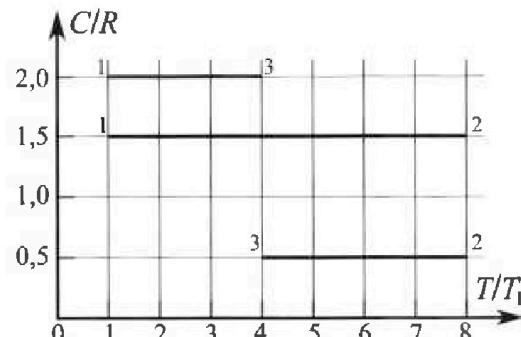
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023**

Вариант 10-02

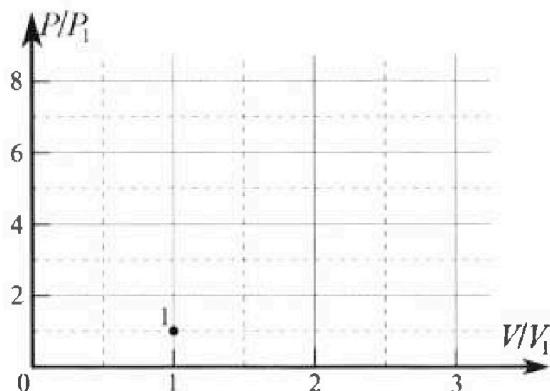


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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).

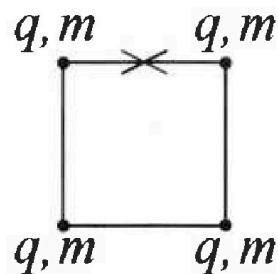


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует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

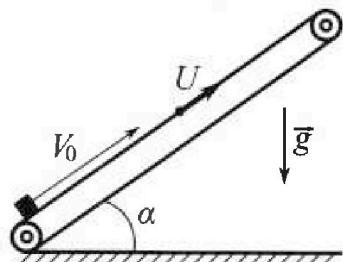
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

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?

В 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

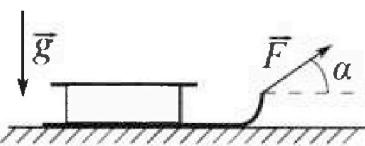
$$U = 1 \text{ м/с}?$$

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 |
| <input checked="" 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!



$$x = V_0 \cdot t \cdot \cos \alpha \quad x = L \quad L = \frac{V_0^2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{g}$$

$$y = V_0 \cdot t \cdot \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} \quad = \frac{V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{g}$$

$$V_0 \cdot t \cdot \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} = 0$$

$$V_0 \cdot \sin \alpha - \frac{gt}{2} = 0 \quad t = \frac{2V_0 \cdot \sin \alpha}{g}$$

$$20 = \frac{V_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g} \quad V_0 = \sqrt{\frac{20g}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{20 \cdot 10}{1}} = \sqrt{200} = 10\sqrt{2} \text{ м/c}$$

Ответ: $V_0 = 10\sqrt{2} \text{ м/c}$

$$2) x = \frac{L}{2} \quad y = h \quad \frac{t}{2} = \frac{V_0 \sin \alpha}{g}$$

$$h = V_0 t \cdot \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} = \frac{2V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{g} - \frac{g}{2} \cdot \frac{4V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{g^2}$$

$$h = \frac{V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{g} - \frac{g}{2} \cdot \frac{2V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{g^2} = \frac{2V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha - V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$h = \frac{200 \cdot 1}{4 \cdot 10} = 5 \Rightarrow s > \frac{L}{2}$$

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

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

$$s = \frac{V_0^2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha \cdot 2}{g} = \frac{200 \cdot 0,6 \cdot 0,8 \cdot 2}{10} = 40 \cdot 0,6 \cdot 0,8 = 24 \cdot 0,8 = 19,2 \text{ м}$$

Ответ: $s = 19,2 \text{ м}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

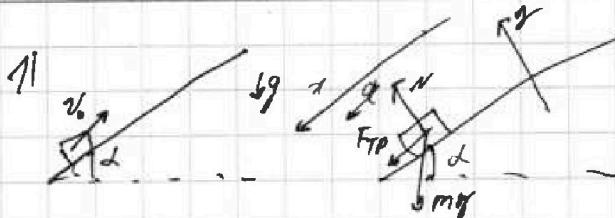
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" 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!



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

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

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

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

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

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

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

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

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

L_1 - начальное
расстояние
от точки старта

$$V_1 = V_0 - a \cdot T_1$$

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

$$L_1 = V_0 \cdot T_1 - \frac{a \cdot T_1^2}{2} = 0$$

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

$$T_1 = 0,6 \text{ c} \quad (V=0, L=\text{max})$$

$$2) V_{\text{max}} = V_0 - a \cdot T_1 = 6 - 10 \cdot 1 = 5 \frac{m}{s} \quad V_{\text{max}} = U = V_0 - a \cdot T_1$$

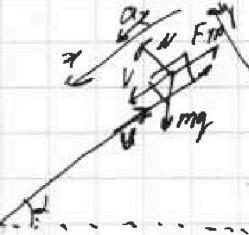
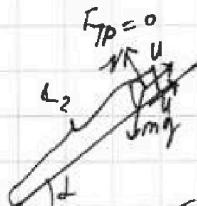
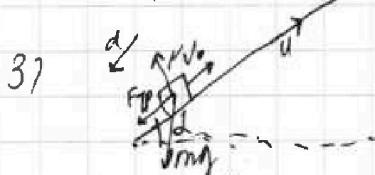
$$V_{\text{max}} = U - U = 0 \frac{m}{s}$$

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

$$V_{\text{max}} = 6 \frac{m}{s}$$

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

$$U = 1 \frac{m}{s}$$



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

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"/> |

МФТИ.

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

$$on: m a_2 = mg \cdot \sin \alpha - F_{T_p} \quad ma_2 = mg \cdot \sin \alpha - \mu mg \cdot \cos \alpha$$

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

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

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

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

$$L = L_1 + L_3 = 1,75 + 0,25 = 2 \text{ м}$$

Oтвeти: $L = 2 \text{ м}$

Страница 2

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

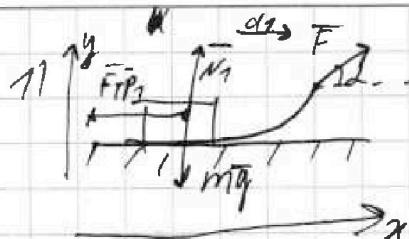
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!



$$K = S \cdot F_{\text{рез}}$$

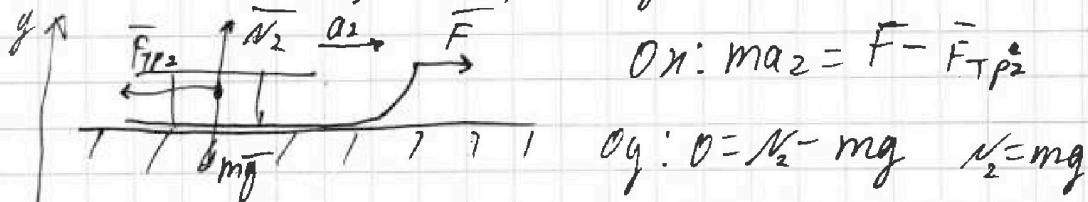
$$K_1 = S_1 \cdot F_{\text{рез}1}, \quad F_{\text{рез}1} = m a_1 \\ || \Rightarrow || \quad || \Rightarrow || \quad || \Rightarrow || \\ K_2 = S_2 \cdot F_{\text{рез}2}, \quad F_{\text{рез}2} = m a_2$$

$$\text{Ox: } m a_1 = F \cdot \cos \alpha - F_{T\mu 1} \quad m a_1 = F \cdot \cos \alpha - \mu (m g - F \cdot \sin \alpha)$$

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

$$N_1 = m g - F \cdot \sin \alpha \quad F_{T\mu 1} = \mu \cdot N_1$$

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



$$\text{Ox: } m a_2 = F - F_{T\mu 2}$$

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

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

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

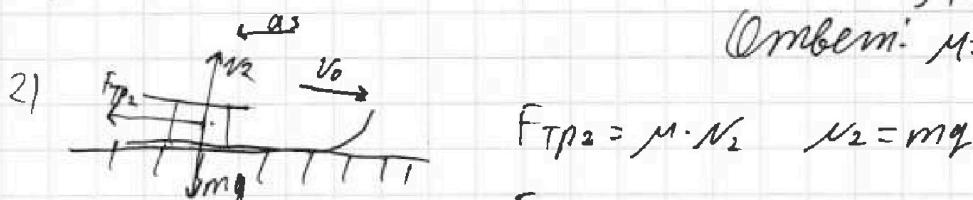
~~$$m a_1 = m a_2 \quad F \cdot (\cos \alpha + \mu \cdot \sin \alpha) - \mu m g = F - \mu m g$$~~

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

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

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

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



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

$$F_{T\mu 2} = \mu m g \quad \text{Oн: } m a_3 = F_{T\mu 2} = \mu m g = F_{\text{рез}3}$$

Согласуется

$$a_3 = M g$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

$$K = s \cdot F_{\text{рез},3}$$

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

$$K = s \cdot \mu \cdot m \cdot g$$

$$\frac{m V_1^2}{2} = s \cdot \mu \cdot m \cdot g$$

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

$$K = L \cdot F_{\text{рез},2}$$

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

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

~~$$K = s \cdot F_{\text{рез},3}$$~~

~~$$K = L \cdot (F \cdot (\cos \alpha + \mu \cdot \sin \alpha) \cdot m \cdot g)$$~~

~~$$L = \frac{K}{F - \mu m g}$$~~

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

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

$$F_{\text{рез},3} \cdot t = m \cdot V_1$$

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

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

~~$$F_{\text{рез},2} \cdot t_1 = m V_1$$~~

~~$$(F - \mu m g) \cdot t_1 = m V_1$$~~

Страница 2

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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. Порча QR-кода недопустима!

~~1) $Q = \Delta U + A_{312}$~~

~~$Q = \frac{1}{2} \Delta R \cdot \alpha T + A_{312}$~~

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

~~$\frac{1}{2} V \cdot R \cdot 3T_1 + A_{312} = V \cdot 2R \cdot 3T_1$~~

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

~~$|A_{312}| = 1 \cdot 8,31 \cdot 3 \cdot 200 \cdot \frac{1}{2} = 1 \cdot 100 \cdot 3 \cdot 8,31 = 831 \cdot 3 = 2493 \text{ Дж}$~~

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

Q

$$Q = \frac{1}{2} V R \cdot \alpha T + A_{312}$$

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

$$-V \cdot 2R \cdot 3T_1 = -\frac{1}{2} V \cdot R \cdot 3T_1 + A_{312}$$

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

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

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

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

$Q_H \rightarrow Q_{1-2}$ называется раз $(\Delta T > 0, C - \text{const} \Rightarrow Q > 0)$

$Q_H \rightarrow Q_{23} + Q_{31}$ - раз оставляет $(\Delta T < 0, C - \text{const} \Rightarrow Q < 0)$

$$C_{12} = 7,5 \cdot R \quad \Delta T_{12} = 8T_1 - T_1 = 7T_1$$

$$Q_{12} = \frac{1}{2} V \cdot R \cdot \alpha T_{12} + A_{12} = V \cdot C_1 \cdot \alpha T_{12} = V \cdot C_1 \cdot \Delta T_{12} = 7 \cdot 7,5 \cdot 7 \cdot 200 =$$

$$= 1,15 \cdot 8,31 \cdot 7 \cdot 200$$

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 |
| <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. Порча QR-кода недопустима!

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

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

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

$$Q_{23} = V \cdot C_{23} \cdot \Delta T_{23} = 1 \cdot 0,5R \cdot 9T_1 =$$
$$= 7 \cdot \frac{1}{2} \cdot 8,31 \cdot 4 \cdot 200 = -831 \cdot 4 = 3324 \text{ дж}$$

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

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

$$Q_{31} = V \cdot C_{31} \cdot \Delta T_{31} = -1 \cdot 2 \cdot R \cdot 3T_1 = -6 \cdot 200 \cdot 8,31 =$$

$$-12 \cdot 831$$

$$Q_n = 21 \cdot 831 \text{ дж} \quad \eta = 1 - \frac{16 \cdot 831}{21 \cdot 831} = 1 - \frac{16}{21} = \frac{5}{21}$$

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

Ответ: $\eta = \frac{5}{21}$

$$3) P_1 V_1 = V \cdot R \cdot T_1$$

$$A_{12} + \Delta V_{12} = Q = C_{12} \cdot V \cdot \Delta T_{12}$$

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

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

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

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

MFTI

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

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

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

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

~~$$|A_{23}| = 4V_R T_1 = 4p_1 V_1$$~~

A - получаем под графиком

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

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

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

~~$$p_3 V_3 = 4p_1 V_1 \quad V_3 = \frac{4p_1 V_1}{p_3}$$~~

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

~~$$\frac{1+p_3}{2} \cdot \left(\frac{4}{p_3} - 1\right) = \frac{3}{2} \quad \text{решим: } \frac{p_1}{p_3}$$~~

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

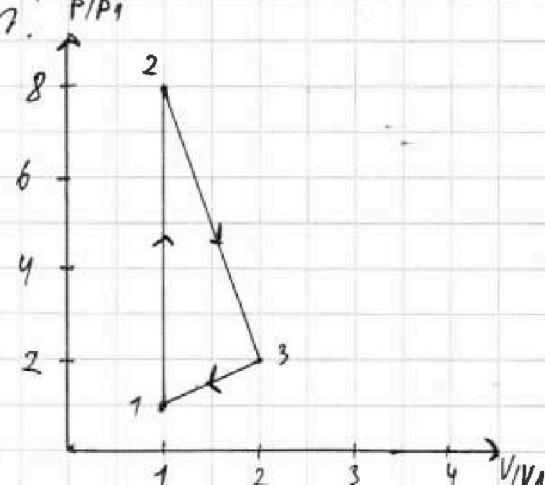
~~$$\frac{4+4p_3 - p_3 - p_3^2}{2p_3} = \frac{3}{2}$$~~

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

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

~~$$p_3^2 = 4$$~~

Страница 3



$$P_3 = 2 \quad p_3 = 2 \quad \text{так как } \frac{p_3}{p_1} = 2 \quad V_3 = \frac{4}{2} = 2 \quad \text{так как } \frac{p_3}{V_1} = 2$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ.

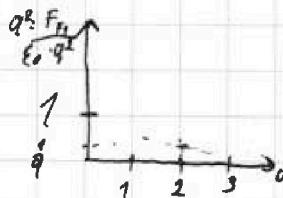


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$F_4 = \frac{\varepsilon_0 \cdot q^2}{a^2} + \frac{\varepsilon_0 \cdot q^2}{4a^2} + \frac{\varepsilon_0 \cdot q^2}{9a^2} = \frac{\varepsilon_0 \cdot q^2}{a^2} \cdot \left(1 + \frac{1}{4} + \frac{1}{9}\right)$$

$$F_{\text{рез}} = F_{\text{рез}} = \frac{\varepsilon_0 \cdot q^2}{a^2} \cdot \left(\frac{1}{2} + \sqrt{2}\right)$$

$$\Delta E_{n1} = m \cdot \omega_{n1}$$



$$\begin{array}{r} -q/4 \\ -8/2/1/2 \\ 1/0 \\ 8/2/0 \end{array}$$

$$F_{K1 \text{ оп}} =$$

$$F_{K1 \text{ оп}} = \frac{\varepsilon_0 \cdot q}{3a}$$

F_{K1} — сила взаимодействия с шариком 1



$$F_{K2 \text{ оп}} =$$

$$W_{11} = \frac{\varepsilon_0 \cdot q}{a^2} \quad W_{12} = \frac{\varepsilon_0 \cdot q}{9a^2}$$

$$\Delta E_{n1} = m \cdot w_{11} \cdot l_{11} = m \frac{\varepsilon_0 \cdot q}{a^2} \cdot a = \frac{m \varepsilon_0 \cdot q}{a}$$

$$\Delta E_{n12} = m \cdot w_{12} \cdot l_{12} = m \cdot \frac{\varepsilon_0 \cdot q}{3a^2} \cdot 2a = \frac{m \cdot \varepsilon_0 \cdot q}{3a}$$

$$\Delta E_{n1} = \Delta E_{n1} - \Delta E_{n12} = \frac{m \varepsilon_0 \cdot q}{a} - \frac{m \cdot \varepsilon_0 \cdot q}{3a} = \frac{2m \varepsilon_0 \cdot q}{3a}$$

$$W_{21} = \frac{\varepsilon_0 \cdot q}{2a^2} \quad W_{22} = \frac{\varepsilon_0 \cdot q}{4a^2} \quad \text{Ответ: } K = \left(\frac{1}{6} + \frac{\sqrt{2}}{2}\right) \cdot \frac{m \cdot \varepsilon_0 \cdot q}{a}$$

$$\Delta E_{n2} = \Delta E_{n21} - \Delta E_{22} = \frac{m \cdot \varepsilon_0 \cdot q}{2a^2} \cdot \sqrt{2} \cdot a -$$

$$- \frac{m \cdot \varepsilon_0 \cdot q}{2a^2} \cdot 2a = \frac{m \cdot \varepsilon_0 \cdot q \cdot \sqrt{2}}{2a} - \frac{m \cdot \varepsilon_0 \cdot q}{2a} = \frac{m \cdot \varepsilon_0 \cdot q \cdot (\sqrt{2} - 1)}{2a}$$

$$\Delta E_{n2} = \frac{2m \cdot \varepsilon_0 \cdot q}{3a} + \frac{\sqrt{2} - 1}{2} \cdot \frac{m \cdot \varepsilon_0 \cdot q}{a} = \frac{m \cdot \varepsilon_0 \cdot q}{a} \left(\frac{2}{3} + \frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{1}{2} \right)$$

Ответ: 2

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

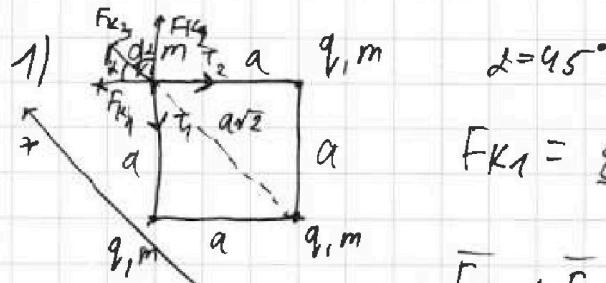
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" 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!



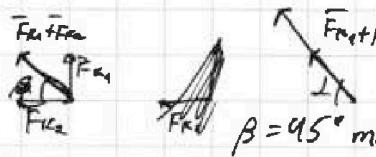
$$\bar{T}_1 + \bar{T}_2 = \sqrt{2} T^2 = T\sqrt{2}$$

$T_1 = T_2$
по условию

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

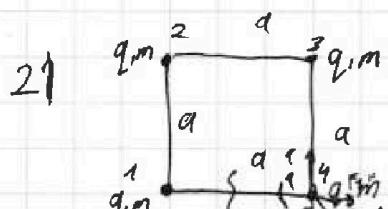
$$F_{K3} = \frac{\epsilon_0 \cdot q^2}{2a^2}$$

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



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

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

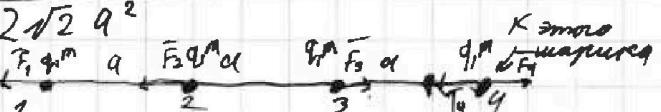


$$E_{n1} = E_{net} + E_K$$

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

$$K = E_{n1} - E_{n2} = E_{n1} - F_{n1} t + E_{n2} + E_{n3}$$

поменялась ли энергия за счет отскока шарика?



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

Δl₁ - изменение расстояния между q и 1
 $\Delta l_1 = 3a - a = 2a$
 $\Delta l_2 = 2a - \sqrt{2}a = a(2 - \sqrt{2})$
 $\Delta l_3 = a - a = 0 \Rightarrow \Delta E_{n3} = 0$

Страница 1