



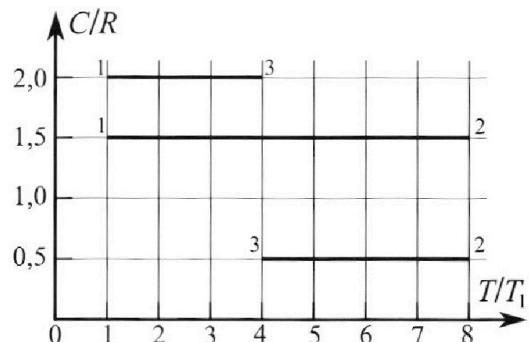
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023**



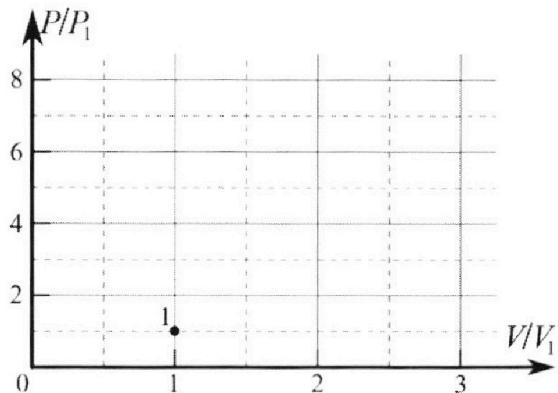
Вариант 10-02

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).

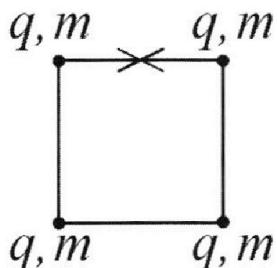


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует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

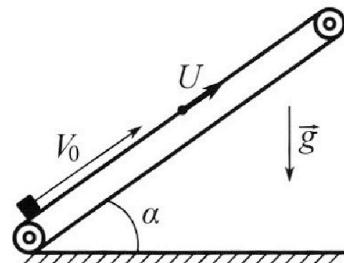
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

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?

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.).

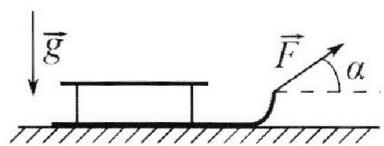
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки *во втором опыте* будет равна

$$U = 1 \text{ м/с?}$$

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.

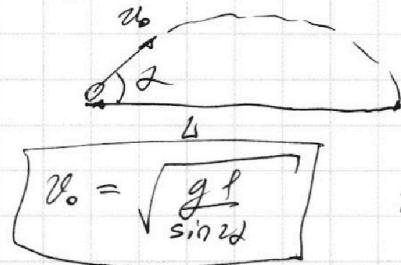
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input 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!

v1. a)



$$v_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin^2 \theta}}$$

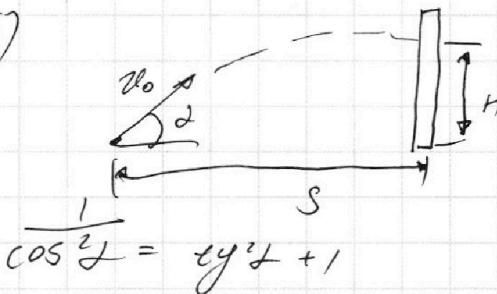
Время полета: $t = \frac{2v_0 \sin \theta}{g}$

$$v_x = v_0 \cos \theta = \text{const}$$

$$L = v_0 \cos \theta \cdot t = \frac{v_0^2 \sin \theta}{g}$$

$$v_0 = \sqrt{200} \frac{m}{s}$$

b)



$$\frac{1}{\cos^2 \theta} = \epsilon y^2 + 1$$

$$H = v_0 \sin \theta \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

$$t = \frac{S}{v_0 \cos \theta}$$

$$H = S \cdot \frac{v_0 \sin \theta}{v_0 \cos \theta} - \frac{g}{2} \frac{S^2}{v_0^2 \cos^2 \theta} = \\ = S \epsilon y \theta - \frac{g S^2}{2 v_0^2} (\epsilon y^2 + 1)$$

Как известно, что $H = H_{\max}$, значит ищем производную H_{\max}
находим $\epsilon y \theta_{\max}$

$$(H_{\max})' = 0 = \left(S \epsilon y \theta - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \epsilon y^2 + 1 \right)' = S \epsilon y \theta' - \frac{g S^2}{2 v_0^2} (\epsilon y^2)'$$

$$0 = S \cdot \frac{1}{\cos^2 \theta} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} 2 \cdot \epsilon y \theta \cdot \frac{1}{\cos^2 \theta}$$

$$1 = \frac{g S}{2 v_0^2} \epsilon y \theta \Rightarrow \epsilon y \theta_{\max} = \frac{2 v_0^2}{g S}$$

$$H = S \cdot \frac{2 v_0^2}{g S} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \cdot \frac{2 v_0^2}{g^2 S^2} + \left(- \frac{g S^2}{2 v_0^2} \right) = \frac{v_0^2}{g} - \frac{v_0^2}{2 g} - \frac{g S^2}{2 v_0^2}$$

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

$$S = v_0 \sqrt{\frac{v_0^2}{4 g^2} - \frac{2 H}{g}}$$

$$S = v_0 \sqrt{\frac{4 v_0^2}{4 g^2} - \frac{2 H}{g}}$$

$$S = 16 \text{ m}$$

Ответ: $v_0 = 10 \sqrt{2} \frac{m}{s}$

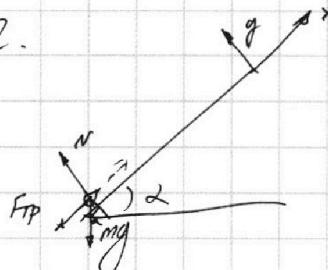
$S = 16 \text{ m}$

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

№2.



II 3-й закон: $Oy: N = mg \cos \alpha$

$Ox: a_x = -\mu mg \cos \alpha / m = -\mu g \cos \alpha$ (пока шар движется
наверх) $= -\mu g \sin \alpha$

$$a_x = -g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

така когда движется вниз

$$a_x' = -g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

1) до остановки: $a_x = -10(0,6 + 0,8 \cdot 0,5) \frac{m}{s^2} = -10 \frac{m}{s^2}$,

значит в момент T , он уже остановится, тк $aT > 20$.

Время до остановки: $t = \frac{v_0}{a_x} = 0,6s$

Когда остановки: $a_x'' = -10(0,6 - 0,4) \frac{m}{s^2} = -2 \frac{m}{s^2} \Rightarrow$

$$\Rightarrow S = \frac{v_0}{2} \cdot t + \frac{|a_x| \cdot (T-t)^2}{2}$$

$$S = \frac{6}{2} \cdot 0,6m + \frac{-2 \cdot 0,4^2}{2} m = 1,8m + 0,16m = 1,96m$$

2) Коробка будет иметь скорость v вверх,
при v погаснет а при спуске.

Однако произойдет коробка будет погашать α
прежде будет действовать $a_{x''}$, пока $v_x > 21$,
когда же $v_x = 21$ проскользованием пролетят, а пока когда
 $v_x < 21$ сила трения будет действовать вверх.
В первом случае все равно получим $v=0$.

$$T_{11} = \frac{v_0 - v}{a_x} \Rightarrow T_{11} = \frac{6-1}{10} s = 0,5s$$

После этого $a = a_x'$: $T_{12} = T_{11} + \Delta T \quad \Delta T = \left| \frac{2U}{a_x'} \right| \quad \Delta T = \frac{2 \cdot 1}{2} s = 1s$

$$T_{12} = 1,5s, \text{ окончательно: } T_1 = \begin{bmatrix} 0,5s \\ 1,5s \end{bmatrix}$$

Коробка остановится в момент времени: $T_{11} + \frac{\Delta T}{2}$:

$$L = \frac{v_0 - v}{2} \cdot T_{11} + \frac{v}{2} \Delta T = \frac{5}{2} \cdot 0,5s + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}s = \frac{25}{4}s = 6,25s$$

Ответ: $S = 1,96m \quad T_1 = \begin{bmatrix} 0,5s \\ 1,5s \end{bmatrix} \quad L = 6,25s$.

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

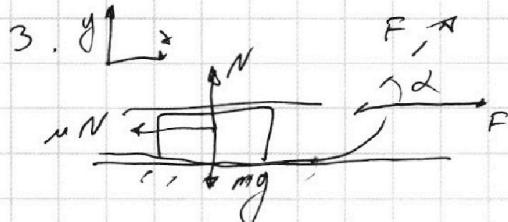
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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!



То движение силою gs приобретается или это движение к проходит один и тот же путь:

$$\text{Задача: 1) } -F_{Tp}S + FS = K \quad 2) -F_{Tp}S + F \cos \alpha S = K$$

Приложим к движению уравнение:

$$F_{\parallel} = \mu N_1 = \mu mg \quad N_2 = mg - F \sin \alpha$$

$$F_{Tp} = \mu mg - \mu F \sin \alpha$$

$$-F_{Tp}S + FS = -F_{Tp}S + F \cos \alpha S$$

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

$$\mu F \sin \alpha = F(1 - \cos \alpha) \Rightarrow \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

Такое движение времени не, если тормозят:

$$\mu mg = ma \quad a = \frac{\omega}{t} \quad t = \frac{\omega}{\alpha} \quad a = \frac{\omega^2}{\alpha}$$

$$\mu g = \frac{\omega^2}{\alpha} \quad \frac{m \omega^2}{\alpha} = K \Rightarrow \omega^2 = \frac{K}{m}$$

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

$$\text{Ответ: } \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \quad S = \frac{K \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) mg}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

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

№4.

а) Чему, начиная работу машинных валов, найдя работу газа A_{31}' .

$$3(3): \Delta Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31}'$$

внеш. момента изгиба
турбины

$$A_{31}' = -A_{21} = \sqrt{(T_3 - T_2)(C_{31} - \frac{3}{2}R)}$$

$\Delta Q_{31} = C_{31} \Delta T_{31}$ - по определению.

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2}R \cdot J \cdot \Delta T_{31}$$

$$A_{31}' = \sqrt{(T_3 - T_2)(C_{31} - \frac{3}{2}R)} \quad A_{31}' = 300 \cdot 3,51 \text{ дж} \approx 2,5 \text{ к дж}$$

б)

$$\eta = \frac{Q_+ + Q_-}{Q_+}, \text{ здесь } Q_+ - \text{ подводимая} (>0), Q_- - \text{ отводимая} (<0).$$

$$Q_+ = \sqrt{(C_{12} \cdot (T_2 - T_1))} \quad Q_- = \sqrt{(C_{23} (T_3 - T_2) + C_{31} (T_1 - T_3))}$$

$$\eta = \frac{C_{12} T_2 - C_{12} T_1 + C_{23} T_3 - C_{23} T_2 + C_{31} T_1 - C_{31} T_3}{C_{12} T_2 - C_{12} T_1} =$$

$$= \frac{T_1 (C_{31} - C_{12}) + T_2 (C_{12} - C_{23}) + T_3 (C_{23} - C_{31})}{C_{12} (T_2 - T_1)}$$

$$\eta = \frac{T_1 \cdot 0,5 R + 8 T_2 \cdot 1 R + 4 T_3 \cdot (-1,5) R}{1,5 R \cdot 7 T_1} = \frac{0,5 + 8 - 6}{10,5}$$

$$= \frac{2,5}{10,5} = \frac{5}{21}$$

в) Для постоянной производительности насоса запасы давления
попутного : $P V^n = \text{const}$, где $n = \frac{C_P - C}{C_V - C}$, найдём n для
таких процессов :

$$n_1 = \frac{\frac{5}{2} - \frac{3}{2}}{\frac{3}{2} - \frac{5}{2}} = 0 \quad n_2 = \frac{\frac{5}{2} - \frac{1}{2}}{\frac{1}{2} - \frac{5}{2}} = 2 \quad n_3 = \frac{\frac{5}{2} - \frac{1}{2}}{\frac{1}{2} - \frac{5}{2}} = -1$$

Найдём p_1, V_1 : $p_1 V_1 = \sqrt{R T_1} \Rightarrow \frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad p_1 V_1^{\circ} = p_2 V_2^{\circ}$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad V_2 = V_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} = 8 V_1 \quad p_2 = p_1$$

$$p_3, V_3: \quad p_1 V_1^{-1} = p_3 V_3^{-1} \Rightarrow \frac{p_1}{p_3} = \frac{V_1}{V_3} \quad \frac{p_1 V_1}{p_3 V_3} = \text{const} \frac{T_1}{T_3}$$

$$\frac{V_1}{V_3} = \sqrt{\frac{T_1}{T_3}} \quad V_3 = V_1 \sqrt{\frac{T_1}{T_3}} = 2 V_1$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <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!

При постоянной теплоемкости уравнение состояния:

$$PV^n = \text{const.}, \text{ где } n = \frac{C_p - C}{C_v - C} \text{ найдём } n \text{ для процессов:}$$
$$n_1 = \frac{\frac{5}{2} - \frac{3}{2}}{\frac{3}{2} - \frac{3}{2}} \rightarrow \infty \quad n_2 = \frac{\frac{5}{2} - \frac{1}{2}}{\frac{3}{2} - \frac{1}{2}} = 2 \quad n_3 = \frac{\frac{5}{2} - \frac{4}{2}}{\frac{3}{2} - \frac{4}{2}} = -1$$

Для 1-2: $P_1 V_1^n = P_2 V_2^n \Rightarrow V_1 = V_2 \quad \frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{T_1}{T_2}$

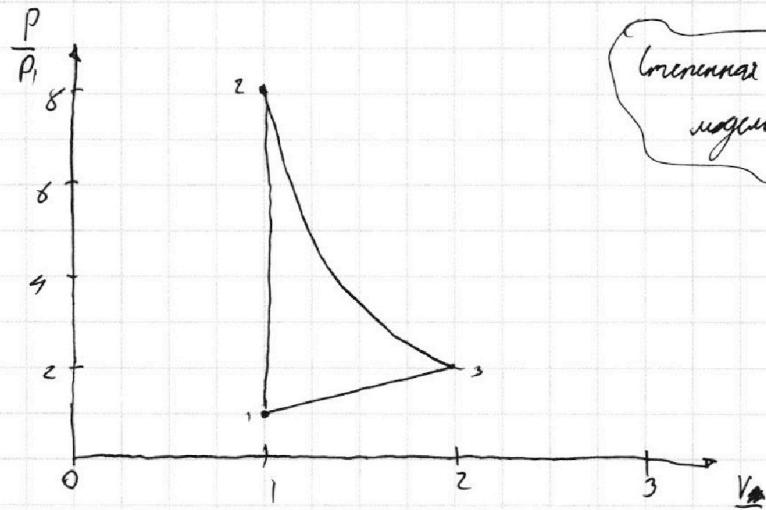
$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad P_2 = P_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} = 8P_1 \quad \therefore P_2 = 8P_1, \quad V_1 = V_2$$

Для 2-3: $P_2 V_2^n = P_3 V_3^n \quad \frac{P_2 V_2}{P_3 V_3} = \frac{T_2}{T_3} \quad \frac{V_2^n}{V_3^n} \cdot \frac{V_2}{V_3} = \frac{T_2}{T_3}$

$$V_3 = V_2 \cdot \frac{T_2}{T_3} = V_2 \cdot 2 \quad P_3 = P_2 \cdot \left(\frac{V_2}{V_3}\right)^2 = 8P_1 \cdot \frac{1}{4} = 2P_1$$

1-2 - прямая \perp оси V ,
1-3 - прямая

$$P = P_2 V_2^n \cdot \frac{1}{V_2^n}$$



Бесконечная характеристика модели

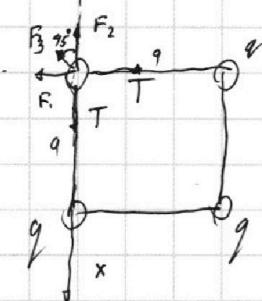
Ответ: $A_{61} = 2,5 \times \text{две}$ $\eta = \frac{5}{21}$

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



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

N 5. a) Нарисуйте силы, действующие на один шарик:



$$Ox: F_2 + F_3 \cdot \cos 45^\circ = T$$

В силу принципа парности все
линейшие силы будут равны.

$$F_3 = k \frac{q^2}{(2a)^2} = k \frac{q^2}{2a^2} \quad F_2 = k \frac{q^2}{a^2}$$

$$\frac{k}{a^2} \frac{q^2}{a^2} + \frac{1}{2} \frac{k}{a^2} \frac{q^2}{2} = T \quad q^2 \cdot \frac{k}{a^2} \frac{\sqrt{2}+4}{4} = T$$

$$q = \sqrt{\frac{4a^2 T}{k(\sqrt{2}+4)}}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \Rightarrow$$

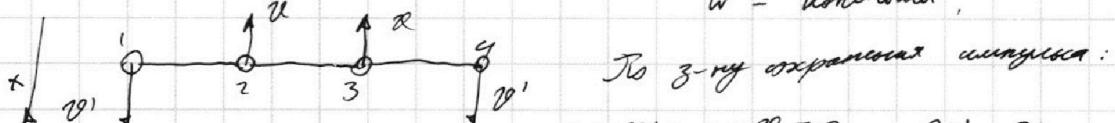
$$q = 4a \sqrt{\frac{\pi\epsilon_0 T}{\sqrt{2}+4}}$$

б) Понятно, что в силу симметрии у двух верхних
шаров будет парная сила, действующая на них. Эта сила одна, а у двух
нижних шаров симметрическая сила между собой:

Тогда у верхних - k , а у нижних - k_2 .

$$3C3: W_0 = 2K_1 + 2K_2 + W$$

W_0 - начальная энергия взаимодействия
 W - изменение.



$$2m\dot{v}_2 + 2m\dot{v}_3 = 0 \quad v_3' = -v_2$$

значит в этот момент как энергия всех шариков
равна K .

$$4K = W_0 - W = \sum_{i=1}^4 q (q_{i0} - q_i) = q \sum_{i=1}^4 (q_{i0} - q_i)$$

Продолжим шариками.

Изменение у каждого шарика q_i опишем в таком:

$$q_0 = \frac{kq}{a} \cdot 2 + \frac{kq}{2a} = \frac{kq}{2a} (4 + \sqrt{2}) \quad q_1 = q_3 = k \frac{q}{a} + k \frac{q}{2a} + \frac{kq}{3a} =$$

$$= \frac{kq}{6a} (6 + 3 + 2) = \frac{11}{6} \frac{kq}{a} \quad q_2 - q_3 = \frac{kq}{a} \cdot 2 + \frac{kq}{2a} = \frac{5kq}{2a}$$

$$4K = q \left(2 \left(\frac{kq}{2a} (4 + \sqrt{2}) - \frac{11}{6} \frac{kq}{a} \right) + 2 \left(\frac{kq}{2a} (4 + \sqrt{2}) - \frac{5kq}{2a} \right) \right) = q \left(2kq(4 + \sqrt{2}) - \frac{11}{3} \frac{kq}{a} - 5 \frac{kq}{a} \right) = \frac{kq^2}{a} \left(8 + 2\sqrt{2} - \frac{11}{3} - 5 \right) = \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{1}{3} (9 + 6\sqrt{2} - 11) = \frac{kq^2}{3a} (6\sqrt{2} - 2)$$

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!

$$K = \frac{kq^2}{12a} (6\sqrt{2} - 2)$$

б) Так как величины силы не

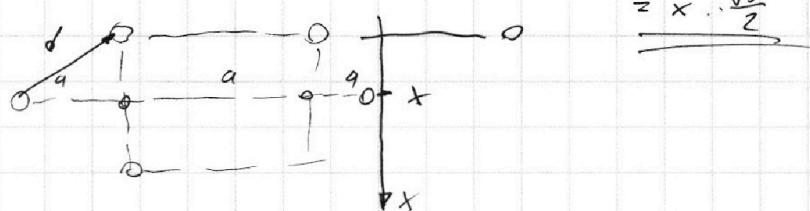
действуют, а как мы видели в задаче имеем:

$\tau_{14} = \tau_{23}$ $\Rightarrow \tau_{14} = \tau_{23}$ Тогда $x_0 = 0$ м, где изображены

находились заряды, т.к. находятся на одной прямой

и попадают нормально единице, изображаем её x

$$x = -(x + a) \quad x = \frac{a}{2}, \text{ тогда } d = \sqrt{x^2 + a^2} = \sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + a^2} =$$



~~Решение:~~ Вернёмся к б) : мы получили $K = \frac{kq^2}{12a} (6\sqrt{2} - 2)$

поставим q :

$$K = \frac{6\sqrt{2} - 2}{12a} \cdot \frac{k}{a} \cdot \frac{4a^2 T}{k(4 + \sqrt{2})} = \frac{6\sqrt{2} - 2}{12 + 3\sqrt{2}} a T$$

Ответ: $q = 4a \sqrt{\frac{\pi T \epsilon_0}{\sqrt{2} + 4}}$ $K = \frac{6\sqrt{2} - 2}{12 + 3\sqrt{2}} a T$

$$d = x \cdot \frac{\sqrt{5}}{2}$$



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!

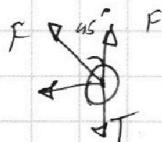
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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



$$T = F_1 + F_2 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2\sqrt{2}}{4a} = \frac{kq^2}{4a}(4+\sqrt{2}) \quad F_1 = \frac{kq^2}{a^2}$$

$$q = \frac{4at}{k(4+\sqrt{2})}$$

$$\varphi_0 = \frac{kq}{a^2} \cdot 2 + \frac{kq}{\sqrt{2}a} = \frac{kq^2}{2a} + \frac{kq\sqrt{2}}{2a} = \frac{kq}{2a}(4+\sqrt{2})$$

$$\varphi_1 = \varphi_4 = \frac{kq}{a^2} + \frac{kq}{2a} + \frac{kq}{3a} = \frac{kq}{6a}(6+3+2) = \frac{11}{6} \frac{kq}{a}$$

$$\varphi_2 = \varphi_3 = \frac{kq}{a^2} \cdot 2 + \frac{kq}{2a} = \frac{5kq}{2a}$$

$$\begin{aligned} A &= 4\varphi_0 - \varphi_1 - \varphi_2 - \varphi_3 - \varphi_4 = \frac{kq}{a^2} (4(4+\sqrt{2}) - \frac{11}{6} \cdot 2 - \frac{5}{2} \cdot 2) = \\ &= \frac{kq}{a^2} (16+8\sqrt{2} - \frac{11}{3} - 5) = \frac{kq}{a^2} \cdot \frac{1}{3} (6(4+\sqrt{2}) - 11 - 15) = \\ &= \frac{kq}{a^2} \cdot \frac{1}{3} (24+6\sqrt{2} - 11 - 15) = \frac{kq}{a^2} \cdot \frac{1}{3} (6\sqrt{2} - 2) \end{aligned}$$

$$k = \frac{kq^2}{9a^2} \cdot \frac{1}{3} (6\sqrt{2} - 2) \quad \sqrt{1 + \frac{1}{9}} = \sqrt{\frac{5}{4}} = \frac{\sqrt{5}}{2}$$

$$q = \sqrt{\frac{4a^2 T}{k(\sqrt{2}+4)}} = 4a \sqrt{\frac{\pi T \epsilon_0}{\sqrt{2}+4}}$$

$$q^2 = 16a^2 \frac{\pi T \epsilon_0}{\sqrt{2}+4}$$

$$K = \frac{6\sqrt{2}-2}{3\sqrt{2}} \cdot \frac{kq}{a^2} \cdot \frac{4a^2 T}{k(\sqrt{2}+4)} = \frac{6\sqrt{2}-2}{3(\sqrt{2}+4)} a T$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

$$n_1 = \frac{5 - 3}{3 - 3} = \cancel{\infty}$$

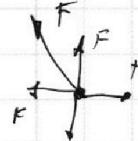
$$\frac{P_1}{P_3} = \frac{V_1}{V_3} \quad \frac{P_1 V_1}{P_3 V_3} = \frac{T_1}{T_3} \quad \frac{V_1}{V_3} = \sqrt{\frac{T_1}{T_3}} \quad V_3 = V_1 \cdot \sqrt{\frac{T_3}{T_1}} =$$

$$= 2V_1$$

$$P_3 = P_1 \cdot \frac{V_3}{V_1} = 2P_1$$

$$P_2 V_2^2 = P_3 V_3^2 \quad P_2 = P_3 \quad P_3 = P_2 \cdot \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^2$$

$$P = \frac{P_1}{V_1} \cdot V$$



$$Q_+ = 1,5 \cdot 7 = 7 + 3,5 = 10,5$$

$$Q_- = 2 \cdot 3 + 0,5 \cdot 4 = 6 + 2 = 8$$



$$P_2 = P_3 \cdot 4 = 300R \quad P_3 = \frac{P_2}{4} = \frac{300}{4}R =$$

$$P_2 V_2^2 = P_3 V_3^2 = 2P_1$$

$$\sqrt{200} \cdot \sqrt{\frac{200}{100} - \frac{22}{10}} = \sqrt{200} \cdot \sqrt{2 - 0,92} = \sqrt{200} \cdot \sqrt{1,08} = \sqrt{256} = 16$$

$$8,31 \cdot 3 = 24,93 \quad P_2 V_2^2 = P_3 V_3^2$$

$$\eta = \frac{10,5 - 8}{195} = \frac{2,5}{195} = \frac{5}{390} \quad \frac{P_2 V_2}{P_3 V_3} = \frac{T_2}{T_3} \quad \frac{V_3}{V_2} = \frac{T_3}{T_2}$$

$$1-2 \quad V = \text{const} \quad 2-3 \quad PV^2 = \text{const} \quad V_3 = V_2 \cdot \frac{T_2}{T_3} = 2V_1$$

$$3-1 \quad \frac{P}{V} = \text{const} \quad P_1 V_1^2 = P_2 V_2^2 \quad P = P_1 V_1^2 \cdot \frac{1}{V^2}$$

$$V_1 = V_2 \quad \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad P_2 = P_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} = 8P_1$$

$$\frac{P_1}{P_3} = \frac{V_1}{V_3}$$

$$\frac{P_1 V_1}{P_3 V_3} = \frac{T_1}{T_3} \quad \frac{V_1}{V_3} = \sqrt{\frac{T_1}{T_3}} \quad V_3 = V_1 \cdot \sqrt{\frac{T_3}{T_1}} = 2V_1$$

$$P_3 = P_1 \cdot \frac{V_3}{V_1} = 2P_1$$



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!



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"/> |

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

 МФТИ

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

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

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

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1 \quad \tan^2 \alpha = \frac{H}{L} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g^2} \quad t = \frac{H}{v_0 \cos \alpha}$$

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

$$H(\alpha) = S \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2} (\tan^2 \alpha + 1)$$

$$0 = \frac{S}{\cos^2 \alpha} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} 2 \tan \alpha \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha} \quad H = \frac{v_0^2}{g} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \frac{v_0^4}{g^2 S^2}$$

$$\frac{g S}{2 v_0^2} \tan^2 \alpha = 1 \quad \tan \alpha = \frac{v_0^2}{g S} + \frac{g S^2}{2 v_0^2}$$

$$H = \frac{v_0^2}{g} - \frac{v_0^2}{2 g} + \frac{g S^2}{2 v_0^2} \quad \left| S^2 = \frac{v_0^2}{g} \left(H - \frac{v_0^2}{2 g} \right) \right| \frac{m^2 \cdot m^4}{c^2 \cdot m^2}$$

2.

$$K \quad 1) \quad N = mg - F_{\text{阻力}} \quad F_{\text{阻力}} = \mu (mg - F_{\text{空气}}) = K$$

$$N = mg$$

$$F_{\text{阻力}} = \mu mg$$

$$-\mu mg + FS = K$$

$$F_{\text{阻力}} = \mu (mg - F_{\text{空气}})$$

$$F_{\text{空气}} - \mu mg + \mu F_{\text{空气}} = -\mu mg + K$$

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

$$F = m \frac{d\theta}{dt}$$

$$k = \mu mg S$$

рас.

$$F_{\text{空气}} - \mu mg c +$$

$$\begin{aligned} & \frac{1}{3} \frac{1}{2} \frac{1}{2} \frac{1}{2} \\ & \frac{1}{3} \frac{1}{2} \frac{1}{2} \frac{1}{2} \end{aligned}$$

$$F_p = F - \mu mg$$

$$ma = F - \mu mg$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

$$Q_{31} = A_{31} + \sqrt{R(T_1 - T_3)}$$

$$C \sqrt{T - T_3} = A_{31} + \sqrt{R(T_1 - T_3)}$$

$$A_{31} = \sqrt{(T_1 - T_3)(C - R)}$$

$$C dT = p dV + \sqrt{R} dT$$

$$\eta = \frac{Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}}{Q_{12}}$$

$$\text{если } C = p \frac{dV}{dT} + \frac{3}{2} \sqrt{R}$$

$$Q_{12} = 10,5 T_1 R$$

$$Q_{31} = 2 R \cdot 3 T_1 = G \frac{R}{dT} = \frac{p dV + \sqrt{R} dP}{dR} = \frac{2,5}{10,5}$$

$$Q_{23} = 0,5 R (8 - 9) \frac{T}{p dV + V dP} = \sqrt{R} dT$$

$$(p dV + V dP) \frac{C}{R} = p dV + \frac{C_V}{k} p dV + \frac{C_V}{k} V dP \quad p_2 V_2^{\frac{2}{k}} = p_3 V_3^{\frac{2}{k}}$$

$$\frac{V_3}{V_2} \cdot p dV + V dP C = p dV R + C_V p dV + C_V V dP \quad \frac{p_2 V_2}{p_3 V_3} = \frac{T_2}{T_3}$$

$$C p dV + V dP C = p dV \cdot C_p + V dP \cdot C_V \frac{V_2}{V_3} \frac{V_3^{\frac{2}{k}}}{V_2^{\frac{2}{k}}} = \frac{T_2}{T_3}$$

$$\frac{p_3}{p_1} = \frac{V_1^{\frac{2}{k}}}{V_3^{\frac{2}{k}}} \sim V dP (C_V - C) = p dV (C_p - C) \quad V_3 = V_2 \cdot \frac{T_2}{T_3}$$

$$V dP = p dV \frac{C_p - C}{C - C_V} \quad \frac{p_2}{p_1} = \frac{V_1^{\frac{2}{k}}}{V_2^{\frac{2}{k}}} \quad p_1 V_1^{\frac{2}{k}} = p_2 V_2^{\frac{2}{k}}$$

$$\frac{p_2 V_3}{p_1 V_1} = \frac{T_3}{T_1} \quad \frac{dP}{P} = \frac{dV}{V} \cdot \frac{C_p - C}{C - C_V} = n$$

$$V_3 = 8 V_1 \cdot \frac{8}{9}$$

$$\frac{p_2}{p_3} = \frac{V_2}{V_3}$$

$$p_3 V_3 \quad P \quad n_1 = \frac{\frac{5}{2} - \frac{3}{2}}{\frac{3}{2} - \frac{3}{2}} = 0$$

$$p_1 = p_2$$

$$\frac{P_2}{V_2} = \frac{P_3}{V_3}$$

$$n_2 = \frac{\frac{3}{2} - \frac{9}{2}}{\frac{3}{2} - \frac{3}{2}} = -1 \quad \frac{P}{V} = \text{const}$$

$$P_2 V_2 = \sqrt{R} T_2 \quad P_3 V_3 = \sqrt{R} T_3$$

$$\frac{p_1 V_1}{p_3 V_3} = \frac{T_1}{T_3}$$

$$n_3 = \frac{\frac{5}{2} - \frac{1}{2}}{\frac{3}{2} - \frac{1}{2}} = \frac{4}{2} = 2 \quad P$$

$$\left(\frac{V_3}{V_2} \right)^2 = \frac{T_3}{T_2} = \frac{1}{2}$$

$$P_1 V_1 = \sqrt{R} T_1 \quad P_3 V_3 = \sqrt{R} T_3$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow V_2 = 8 V_1$$

$$\frac{V_3}{V_1} = \frac{8}{\sqrt{2}}$$

$$\frac{P_2 V_2}{P_3 V_3} = \frac{T_2}{T_3} \quad \frac{V_2 P_3}{V_3 P_2} = \frac{T_2}{T_3} = \frac{1}{2}$$

$$P_1 V_1^2 = P_3 V_3^2$$

$$\frac{P_2 V_2}{P_3 V_3} = \frac{T_2}{T_3} \quad P_2 V_2^2 = P_3 V_3^2$$

$$\frac{P_2}{P_3} = \left(\frac{V_3}{V_2} \right)^2$$

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