



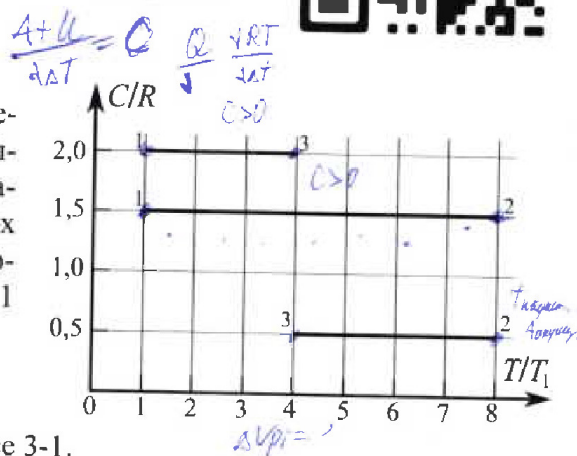
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

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

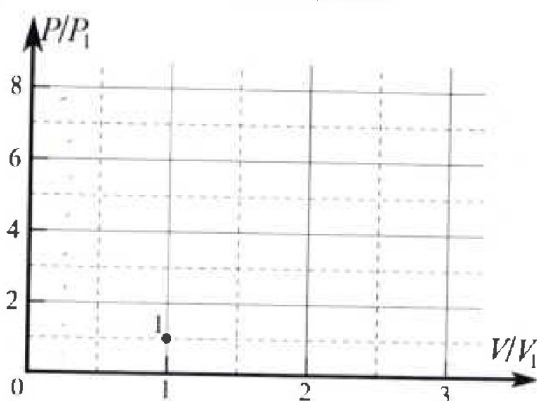


4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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

$$\frac{1}{\pi \epsilon_0} K = \frac{4\pi}{\epsilon_0} \quad ?$$
$$\frac{1}{4\pi \epsilon_0} K = \frac{1}{\epsilon_0}$$



$$\frac{K q^2}{r^2} (4\pi \epsilon_0 r^2) = \frac{q^2}{\epsilon_0}$$
$$K = \frac{1}{\epsilon_0}$$
$$\frac{K q^2}{r^2} (5\pi \epsilon_0 r^2) = \frac{q^2}{\epsilon_0}$$
$$K = \frac{1}{4\pi \epsilon_0}$$

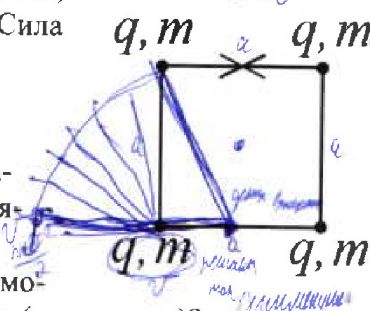
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной a (см. рис.). Сила натяжения каждой нити T .

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)?

Элементарная постоянная ϵ_0 . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.



$$\frac{mv^2}{2} = K$$
$$\frac{\pi}{\epsilon_0} \frac{2\pi}{\epsilon_0} = K$$
$$K_{\text{центр}} \epsilon_0$$
$$ES = \frac{q}{\epsilon_0}$$
$$K = \frac{1}{\epsilon_0} \frac{2\pi}{4\pi}$$
$$\epsilon_0 = K$$
$$\epsilon_0 \{K\} - ?$$
$$K = \frac{4\pi}{\epsilon_0} - ?$$
$$K = \frac{1}{\epsilon_0} - ?$$



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.

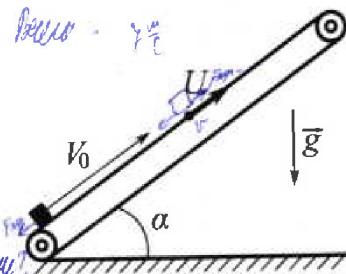
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

Уск. орение 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.).

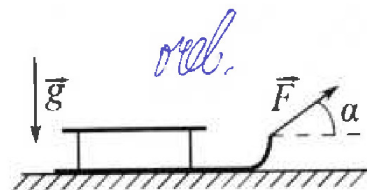
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

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!

$$M \frac{1}{\cos^3 \beta} - \frac{g s}{v^2} \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \beta}}{\cos^3 \beta} = 0 \quad |\cos \beta \neq 0$$

$$1 - \frac{g s}{v^2} \frac{\sin \beta}{\cos \beta} = 0$$

$$1 = \frac{g s}{v^2} \cdot \tan \beta \Rightarrow \tan \beta = \frac{v^2}{g s} = \frac{\sin \beta}{\cos \beta}$$

$$M = \frac{v \sin \beta}{\cos \beta} - \frac{g s^2}{v^2 \cos^3 \beta} =$$

$$= s \tan \beta - \frac{g s^2}{2 v^2} \cdot \frac{1}{\cos^3 \beta} =$$

$$= \frac{s v^2}{g s} - \frac{g s^2}{2 v^2} \cdot \frac{1}{\cos^3 \beta}$$

$$\frac{\sqrt{1 - \cos^2 \beta}}{\cos \beta} = \frac{v^2}{g s}$$

$$\cos^2 \beta \cdot v^2 = g^2 s^2 (1 - \cos^2 \beta)$$

$$g^2 s^2 = \cos^2 \beta (v^4 + g^2 s^2)$$

$$\cos^2 \beta = \frac{g^2 s^2}{v^4 + g^2 s^2}$$

$$M = \frac{v^2}{g} - \frac{g s^2}{2 v^2} \cdot \frac{1}{\frac{g^2 s^2}{v^4 + g^2 s^2}} =$$

$$= \frac{v^2}{g} - \frac{g s^2}{2 v^2} \cdot \frac{v^4 + g^2 s^2}{g^2 s^2} =$$

$$= \frac{v^2}{g} - \frac{g s^2}{2 v^2} \cdot \frac{v^4}{g^2 s^2} - \frac{g s^2}{2 v^2} \cdot \frac{g^2 s^2}{g^2 s^2} =$$

$$= \frac{v^2}{g} - \frac{v^2}{2 g} - \frac{g s^2}{2 v^2} = M$$

$$M = 36; v = 10\sqrt{2}; g = 10$$

$$3,6 = \frac{(10\sqrt{2})^2}{10 \cdot 2} - \frac{10 \cdot s^2}{2 \cdot (10\sqrt{2})^2} =$$

$$= \frac{200}{20} - \frac{10 s^2}{400} = 10 - \frac{s^2}{40} = 3,6$$

$$\frac{s^2}{40} = 6,4$$

$$s^2 = 64 \cdot 4$$

$$s = \sqrt{8^2 \cdot 2^2} =$$

$$= 8 \cdot 2 = 16 \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } s = 16 \text{ м}$$

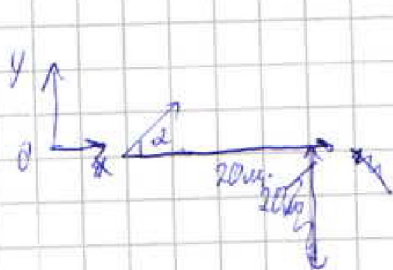
На одной странице можно оформить только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



1/

$$1/ \quad v=0 = \sin 2 \alpha \cdot \frac{gt^2}{2} \Rightarrow t = \frac{2v \sin \alpha}{g}$$

$$2/ \quad x = 20x = \cos 2 \alpha \cdot \frac{2v^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g}$$

$$v = \sqrt{\frac{20 \cdot 10}{\frac{2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}}}} = \frac{10\sqrt{2} \text{ м}}{\text{с}}$$

Ответ: $v = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$



$$y = H = v \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} - \text{max}$$

$$x = S = v \cos \alpha t \Rightarrow t = \frac{S}{v \cos \alpha}$$

$$y' = 0 =$$

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

$$H'(\alpha) = 0$$

$$0 = S \left(\frac{\sin \alpha}{\cos^2 \alpha} \right)' - \frac{g S^2}{2 v^2} \cdot \left(\frac{1}{\cos^3 \alpha} \right)'$$

$$= S \frac{\cos \alpha \cos \alpha + \sin \alpha \sin \alpha}{\cos^3 \alpha} - \frac{g S^2}{2 v^2} \cdot (\cos^{-3} \alpha)' = S (1 + \tan^2 \alpha) -$$

$$- \frac{g S^2}{2 v^2} \cdot + 3 \cos^{-4} \alpha \cdot \sin \alpha = 1 + \tan^2 \alpha - \frac{g S^2}{v^2} \frac{\sin \alpha}{\cos^3 \alpha} = 0$$

$$1 + \tan^2 \alpha - \frac{g S}{v^2} \frac{\sin \alpha}{\cos^3 \alpha} = 0$$

$$1 + \frac{\sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} - \frac{g S}{v^2} \frac{\sin \alpha}{\cos^3 \alpha} = 0$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha}$$

$$1 + \frac{1 - \cos^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} - \frac{g S}{v^2} \cdot \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}}{\cos^3 \alpha} = 0$$



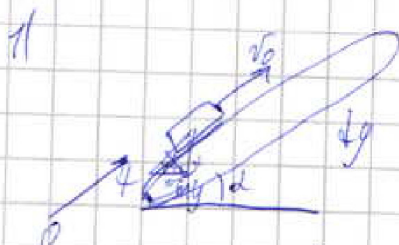
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$0,6^2 = 0,64$$

$$0,8^2 = 0,64$$

$$v = v_0 - \frac{mgsin\alpha + mgcos\alpha\mu}{m} \Rightarrow a = g(sin\alpha + cos\alpha\mu) = const$$

$$a = 10 \cdot t = 10 \frac{m}{s^2}$$

$$s = vt - \frac{at^2}{2} = 6 \cdot 1 - \frac{10(0,6 + \sqrt{1 - 0,6^2} \cdot 0,5) \cdot 1^2}{2} =$$

$$= 6 - \frac{10(0,6 + 0,8 \cdot 0,5)}{2} = \frac{6 - 0,6 + 0,4}{2} =$$

$$Answer: s = 1m$$

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

2) Если блок в начале пути имеет скорость v_0 , то при движении в сторону v_0 он будет двигаться с ускорением a .

$$v_k = v_0 - at = 5 \frac{m}{s}$$

$$v_{k,1} = v_k - at = 5 - 10t = 0$$

В момент времени t_1 блок останавливается, затем он будет двигаться в сторону v_0 .

$$v_{k,1} = v_0 - at + at = v_k$$

$$6 - 1 = 10(0,6 + 0,8 \cdot 0,5)t$$

$$5 = 10t \Rightarrow t_1 = 0,5c$$

$$Answer: t_1 = 0,5c.$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

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

3) Перемещение в СО транспорта:

$$V_k = V_0 - u - at$$

Перемещение в СО земли

$$V_k = V_0 - u - at \quad u = 0$$

$$V_0 = at$$

$$6 = 10t \Rightarrow t = 0.6$$

Перемещение в СО транспорта:

$$S_{\text{тран}} = (V_0 - u)t - \frac{at^2}{2}$$

Значит, что после того, как V_k станет равно 0
направление движения транспорта изменится.

$$t_{\text{возв}} V_k = 0 = T_1 + at$$

$$\Delta t = \frac{u - at}{a} = 0$$

$$a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) =$$

$$= 10 \cdot (0.6 - 0.5 \cdot 0.8) = 10 \cdot 0.2 = 2$$

$$\Delta t = \frac{1}{2} = 0.5$$

$$t_{\text{возв}} = 0.5 + 0.5 = 1$$

$$S_{\text{общ}} = S_1 + S_2$$

$$S_1 = (V_0 - u)T_1 - \frac{aT_1^2}{2}; \quad S_2 = u\Delta t - \frac{a_2\Delta t^2}{2}$$

$$S_{\text{общ}} = 5 \cdot 0.5 - \frac{10 \cdot 0.5^2}{2} + 1 \cdot 0.5 - \frac{2 \cdot 0.5^2}{2} =$$

$$= 0.5 \cdot 6 - 5 \cdot 0.5^2 - 1 \cdot 0.5^2 = 0.5 \cdot 6 - 6 \cdot 0.5^2 = 0.5 \cdot 6(1 - 0.5) =$$

$$= 0.5 \cdot 6 \cdot 0.5 = 0.25 \cdot 6 = 1.5 \text{ м. Ответ: } L = 1.5 \text{ м}$$



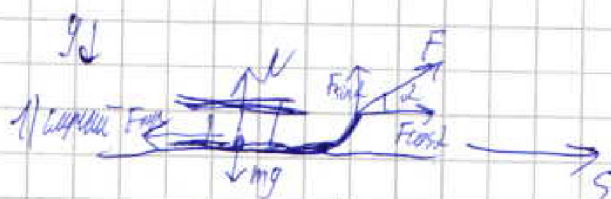
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



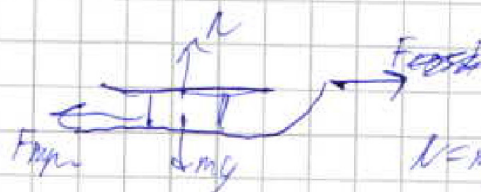
$$A_2 = A_1 = K; \quad S_1 = S_2$$

$$A = F_{\text{тр}} \cdot S$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N; \quad N = mg - F \sin \alpha \quad \text{3-й закон Ньютона}$$

$$K = A_1 = F \cos \alpha \cdot S - \mu(mg - F \sin \alpha) S$$

2) сверху



$$N = mg, \quad F_{\text{тр}} = \mu N$$

3-й закон Ньютона

$$K = A_2 = F S - \mu mg S$$

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

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

$$F(1 - \cos \alpha) = F \sin \alpha \mu$$

$$\text{Отсюда:} \quad \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}, \quad \alpha \neq 0^\circ$$

Положив нулю или сила F перпендикулярна плоскости на
самом горизонте:



$$F_{\text{тр}} = \mu N, \quad N = mg$$

$$K = S_1 \cdot F_{\text{тр}} = S_1 \cdot \mu mg$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$S_1 \mu mg = K$$

$$S_1 = \frac{K}{\mu mg} = \frac{K \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) mg}$$

Ответ: $S_1 = \frac{K \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) mg}, \alpha \neq 0^\circ$
 ~~$\alpha \neq 90^\circ$~~ $\alpha \neq 0$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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

1-2-3-1

$i=3$

$$13 - C_{\text{отт}} + = \text{const}$$

$$C = \frac{A_{\text{отт}}}{\Delta T} = \frac{\frac{3}{2} R \Delta T + \Sigma A}{\Delta T} = 2R$$

Для изохоры процесс $\Delta A = \text{const}$

$$\Sigma A + P \Delta V = \text{const}$$

$$1,5R + \frac{\Sigma A}{\Delta T} = 2R \Rightarrow \Sigma A = \frac{1}{2} R \Delta T$$

1-2 $C_{\text{отт}} +$

$$C = \frac{\frac{3}{2} R \Delta T + \Sigma A}{\Delta T} = 1,5R \Rightarrow \Sigma A = 0$$

1-2 - процесс
изотермический
 $T \uparrow$

3-2

$$C = \frac{\frac{3}{2} R \Delta T + \Sigma A}{\Delta T} \Rightarrow \Sigma A = -R \Delta T$$

$\Delta T = \text{const} \parallel$
 $\Delta A \sim \Delta T$
3-2 процесс
изотермический
охлаждение
 $T \downarrow$

$$1) A_{13} = \frac{1}{2} R \Delta T = \frac{1}{2} \cdot 10,31 \cdot (4T_1 - T_1) =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 10,31 \cdot 3T_1 =$$

$$= \frac{8,31 \cdot 3 \cdot 200}{2} = 8,31 \cdot 300 = 8,31 \cdot 3 = 2493 \text{ Дж}$$

$$\text{Ответ: } A_{13} = 2493 \text{ Дж}$$

$$2) \eta = \frac{Q_{\text{н}} - Q_{\text{к}}}{Q_{\text{н}}} = \frac{A}{Q_{\text{н}}} = 1 - \frac{Q_{\text{к}}}{Q_{\text{н}}}$$

Значит, что на участке 1-2 температура возрастает
и ΔA на участке 1-2 $C_{\text{отт}}$ от T_1 до T_2
 $> 0 \Rightarrow$ на участке
1-2 $C_{\text{отт}}$ возрастает

A на участке 2-3 - температура убывает и т.д.
у нас числа, что $\Delta A = -R \Delta T \Rightarrow$ на 2-3 убывает количество

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!



$$\eta = 1 - \frac{Q_{\text{от}}}{Q_{\text{пр}}} = 1 - \frac{C_{p3} \rho_3 \Delta T_{33}}{\frac{C_{p3} \rho_3 \Delta T_{33} + C_{p2} \rho_2 \Delta T_{22}}{2}}$$

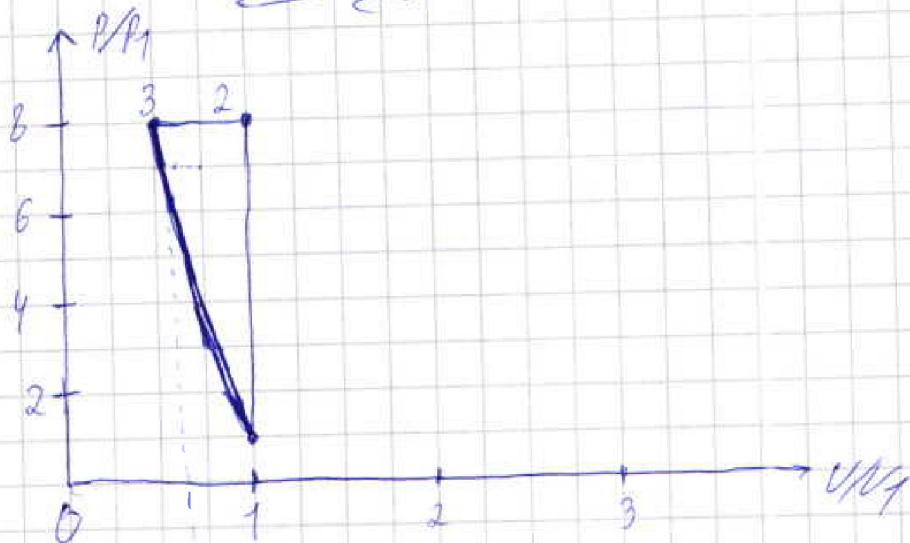
$$= 1 - \frac{0,5 \cdot 0,3 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 14}{2 \cdot 8}$$

$$= 1 - \frac{0,5 \cdot 4 \cdot 14}{2 \cdot 3 + 1,5 \cdot 14} = 1 - \frac{2}{6 + 7 + 3,5} = 1 - \frac{2}{16,5} = \frac{14,5}{16,5}$$

$$\eta = \frac{14,5 - 2}{16,5} = \frac{12,5}{16,5} = \frac{125}{165} = \frac{25}{33}$$

Итого: $\eta = \frac{25}{33}$

3/



$V_1 \cdot P_1 = \nu R T_1$ - Закон Менделеева-Клапейрона

1) 1-2 - изохора ($V = \text{const}$) $T_2 = 8T_1$

$V_2 = V_1$

$P_2 = \frac{\nu R 8T_1}{V_1}$

$8P_1 = P_2$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$\begin{aligned}
 2) \quad \eta &= 1 - \frac{Q_c}{Q_n} = 1 - \frac{C_{31} \cdot 3T_1 + C_{23} \cdot 4T_1}{C_{12} \cdot 4T_1} = \\
 &= 1 - \frac{\frac{C_{31} R}{R} \cdot 3T_1 + \frac{C_{23} R}{R} \cdot 4T_1}{\frac{C_{12} R}{R} \cdot 4T_1} = \\
 &= 1 - \frac{2 \cdot 3 + 0.5 \cdot 4}{1.5 \cdot 4} = 1 - \frac{6+2}{10.5} = \frac{10.5-8}{10.5} = \\
 &= \frac{2.5}{10.5} = \frac{25}{105} = \frac{5}{21} \\
 \text{Ответ: } \eta &= \frac{5}{21}
 \end{aligned}$$

3) 23 - изобразим схему.

$$T_3 = 4T_1$$

$$P_1 = P_3$$

$$v_{p1} \cdot v_1 = 8T_1 \cdot R$$

$$v_{p1} = v_3 \quad 4T_1 \cdot R$$

$$\frac{v_1}{v_3} = \frac{v_1}{2}$$

$$3) \quad \frac{\Delta A}{\Delta T} = -\frac{1}{2} R = \text{const}$$

$$\underline{\Delta pV + p \Delta V = -\frac{1}{2} R \Delta T}$$

так как формула написана
касательная в точке:
для того, чтобы получить
формулу 3).

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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



$$-\frac{1}{2} \Delta R \Delta F \Delta A$$

$$+ R \Delta F - p \Delta V + \Delta p \Delta V = \frac{1}{2} ((R \Delta F) + (p \Delta V) + (p \Delta V)) = p \Delta V =$$

$$K_{\text{изм}} = -\frac{1}{2} \frac{R \Delta F + p \Delta V}{p \Delta V}$$

$$\text{Порядок } P_{\text{изм}} = 6 \text{ ПЗ}$$

$$\text{изм } \Delta R \Delta F = p \Delta V$$

при 7 ПЗ

$$R \Delta F + p \Delta V = \Delta R \Delta F$$

$$\Delta A = p \Delta V = -\frac{1}{2} (p \Delta V + \Delta p \Delta V) - \text{для процесса 7П}$$

$$\frac{3}{2} p \Delta V = -\frac{1}{2} \Delta p \Delta V$$

$$\Delta V = -\frac{V_i}{3p} = K$$

$$\Delta p = \frac{-3p}{V_i} \Delta V$$

$$\text{Порядок } K_1 = \frac{-3 \cdot 8 \text{ ПЗ}}{0,5 V_1} = -48 \frac{\text{ПЗ}}{V_1}$$

$$K_6 = \frac{-3 \cdot 3 \text{ ПЗ}}{0,67 V_1} = -9 \frac{\text{ПЗ}}{0,67 V_1} = -14 \frac{\text{ПЗ}}{V_1}$$

$$\Delta V_6 = 0,065$$

$$K_7 = \frac{-3 \cdot 2 \text{ ПЗ}}{0,75 V_1} = -6 \frac{\text{ПЗ}}{0,75 V_1} = -8 \frac{\text{ПЗ}}{V_1}$$

$$\Delta V_7 = 0,08$$

Изменение температуры
исходного
процесса.

при 7 ПЗ $\Delta p \in \text{маленькая } p$

$$\Delta V_1 = \frac{+1}{0,5} V_1 = 2 V_1$$

$$K_2 = \frac{-3 \cdot 7 \text{ ПЗ}}{(0,5 + \frac{1}{4}) V_1} = \frac{-21 \text{ ПЗ}}{0,75 V_1} \approx -28 \frac{\text{ПЗ}}{V_1}$$

$$\Delta V_2 = \frac{+1}{4,2} V_1 \approx 0,25$$

$$K_3 = \frac{-3 \cdot 6 \text{ ПЗ}}{0,5 + 0,049 V_1} = \frac{-18 \text{ ПЗ}}{0,55 V_1} = -32,7 \frac{\text{ПЗ}}{V_1}$$

$$\Delta V_3 = \frac{1}{3,5} V_1 = 0,285 V_1$$

$$K_4 = \frac{-3 \cdot 5 \text{ ПЗ}}{0,55 + 0,1} = \frac{-15 \text{ ПЗ}}{0,65 V_1} = -23 \frac{\text{ПЗ}}{V_1}$$

$$K_5 = \frac{-3 \cdot 4 \text{ ПЗ}}{(0,55 + 0,04) V_1} = \frac{-12 \text{ ПЗ}}{0,59 V_1} = -20,3 \frac{\text{ПЗ}}{V_1} \Rightarrow \Delta V_5 = 0,05$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

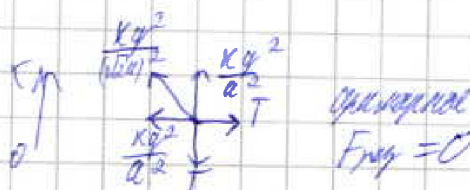
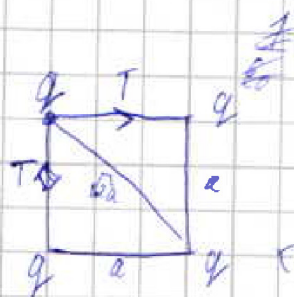
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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

$F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$ и/или аналогично, т.к. сила взаимодействия
всех зарядов симметрична
и касательная ко кругам
параллельна.

и
Все заряды симметричны, т.е.
для них, что не
имеет значения.



$$T = \frac{kq^2}{a^2} + \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{kq^2}{2a^2}$$

$$T = \frac{kq^2}{a^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{2} \right) =$$

$$= \frac{kq^2}{a^2} \left(\frac{4 + \sqrt{2}}{4} \right)$$

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

$$1) |q| = 2a \sqrt{\frac{T}{(4 + \sqrt{2})k}}$$

2) Рассчитываем ЗСЭ:

для зарядов расположенных сверху

$$E_k = \frac{kq^2}{r} \quad ; \quad v = \alpha$$

$$E_{k1} = \frac{kq^2}{r} \cdot 2 + \frac{kq^2}{\sqrt{2}r}$$

$$E_{k2} = \frac{kq^2}{r} + \frac{kq^2}{2r} + \frac{kq^2}{3r}$$

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!

$$E_{\text{к1}} = E_{\text{к2}} + E_{\text{к3}}$$

$$\frac{kq_1^2}{a} - \frac{kq_1^2}{2a} + \frac{kq_1^2}{\sqrt{2}a} = \frac{kq_1^2}{a} + \frac{kq_1^2}{2a} + \frac{kq_1^2}{3a} + K$$

$$K = \frac{kq_1^2}{a} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{2} - \frac{1}{3} \right) =$$

$$= \frac{kq_1^2}{a} \left(\frac{6 - 3\sqrt{2} - 2\sqrt{2}}{6\sqrt{2}} \right) =$$

$$= \frac{kq_1^2}{a} \left(\frac{6 - 5\sqrt{2}}{6\sqrt{2}} \right)$$

$$K = \frac{kq_1^2}{a} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{2} - \frac{1}{3} \right) =$$

$$= \frac{kq_1^2}{a} \left(\frac{6\sqrt{2} + 6 - 3\sqrt{2} - 2\sqrt{2}}{6\sqrt{2}} \right) =$$

$$= \frac{kq_1^2}{a} \left(\frac{6\sqrt{2} - 5\sqrt{2} + 6}{6\sqrt{2}} \right) =$$

$$= \frac{kq_1^2}{a} \left(\frac{\sqrt{2} + 6}{6\sqrt{2}} \right)$$

$$q_1^2 = \frac{4\pi\alpha^2}{(4 + \sqrt{2})K}$$

Определим:

для удобства
напишем:

$$K = \frac{k \cdot 4\pi\alpha^2}{a(4 + \sqrt{2})} \left(\frac{\sqrt{2} + 6}{6\sqrt{2}} \right) =$$

$$= \frac{T\alpha(\sqrt{2} + 6) \cdot 2}{(4 + \sqrt{2}) \cdot 3\sqrt{2}}$$

1) т.е. $K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \Rightarrow q = \sqrt{\frac{4\pi\alpha^2 \cdot 4\pi\epsilon_0}{(4 + \sqrt{2})}} = 4\alpha \sqrt{\frac{T\epsilon_0}{4 + \sqrt{2}}}$

Определим:

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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



3) Известно, что из шариков ссы в поперечной плоскости
вращаются, центр масс шариков (системы)
бурж находится на вертикали,
и в момент, когда шарик будет на
1 градус: шарик из шариков бурж
преломляется ось (вертикаль)

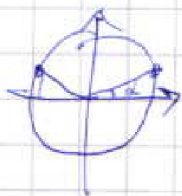


Известно, что кинетическая
и потенциальная.

По теореме косинусов:

$$x^2 = 2a^2 - 2a^2 \cos(180-2)$$

$$\cos(180-2) = -\cos 2$$



$$x^2 = 2a^2(1 + \cos 2)$$

радиус

$$F_{\text{бурж}} = \frac{Kq^2}{a^2} 2 \left(\frac{Kq^2}{a^2} \sin 2 + \frac{Kq^2}{2a^2(1+\cos 2)} \sin \frac{2}{2} \right)$$

$$F_{\text{бурж}} = 2 \left(\frac{Kq^2}{a^2} \right)$$

3) Известно, что при вращении у системы ссы
минимальный заряд вращается. Известно что

$$\frac{mv_1^2}{2} = K_{\text{вращ. шарик}} = \frac{T\alpha(\sqrt{2}+6)/2}{(4+\sqrt{2}) \cdot 3\sqrt{2}}$$

$$\begin{aligned} \frac{mv_2^2}{2} K_{\text{вращ. шарик}} &= \frac{Kq_1^2}{a} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}} + 1 - 1 - \frac{1}{2} \right) = \frac{4Ta^2}{(4+\sqrt{2})} \cdot \frac{K}{a^2} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} + 1 \right) \\ &= \frac{4Ta}{(4+\sqrt{2})} \left(\frac{\sqrt{2}-1}{2} \right) = \frac{2aT(\sqrt{2}-1)}{(4+\sqrt{2})} \end{aligned}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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

$$v_1^2 = a^2 R^2$$

$$v_2^2 = a^2 (R-a)^2$$

$$\frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{R^2}{(R-a)^2} = \frac{(\sqrt{2}+6) \cdot 2}{(4\sqrt{2}+3\sqrt{2}) \cdot 2} = \frac{(\sqrt{2}+6)}{3\sqrt{2}(\sqrt{2}-1)}$$

$$R^2 (6-3\sqrt{2}) = (R^2 - 2aR + a^2) (\sqrt{2}+6)$$

$$6R^2 - 3\sqrt{2}R^2 = \sqrt{2}R^2 + 6R^2 - 2\sqrt{2}aR + \sqrt{2}a^2 - 2aR + 6a^2$$

$$4\sqrt{2}R^2 - 2\sqrt{2}aR + \sqrt{2}a^2 - 2aR + 6a^2 = 0$$

Заметим, что расстояние см в центре кин-

иу центр масс системы не увеличивается:



Умножив $\frac{1}{2}$ на $\sqrt{2}$ в формуле и в формуле

из второго уравнения,
можно найти d

d из первого уравнения

$$d^2 = a^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2 = a^2 + \frac{1}{4}a^2 - \frac{5}{4}a^2$$

Ответ: $d = \frac{\sqrt{5}}{2} a$