



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?

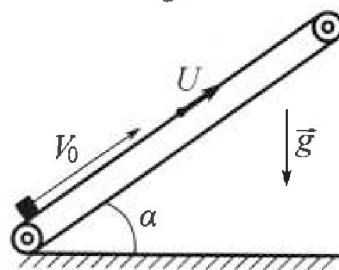
Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

$$20 \cdot 6 \quad 120 \quad 12 \cdot 8 \\ 96$$

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.).

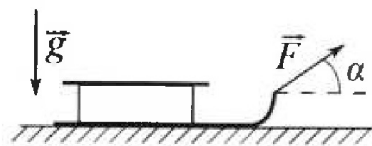
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

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.



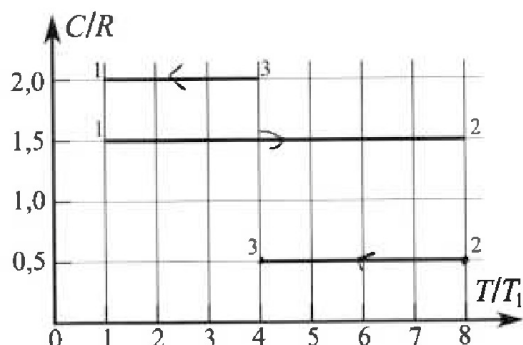
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-02

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



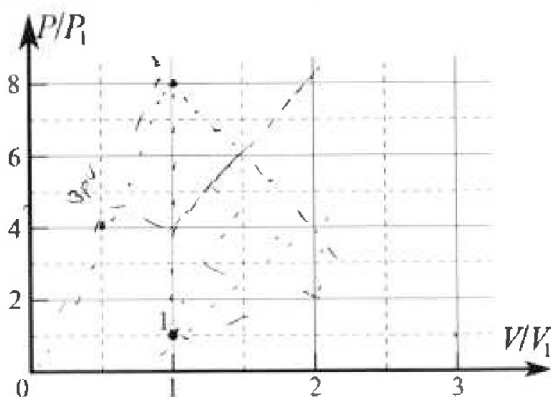
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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

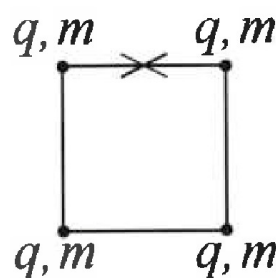
1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика.

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.



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

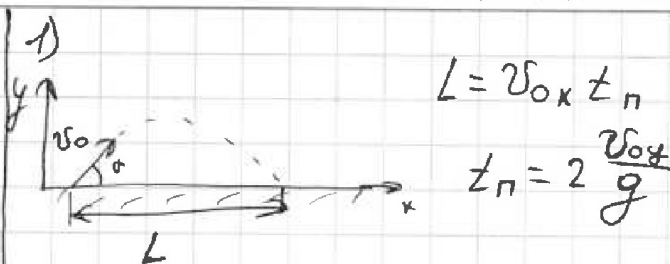
1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



Дано
 $\alpha = 45^\circ$
 $L = 20 \text{ м}$
 $H = 36 \text{ м}$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
 $v_0 = ? \text{ м/с}$



$$L = v_{0x} t_n$$

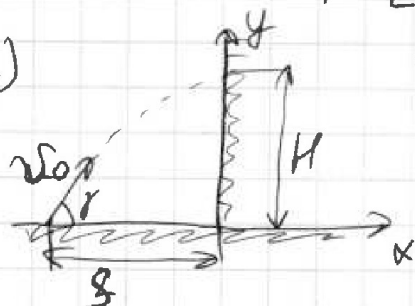
$$t_n = 2 \frac{v_{0y}}{g}$$

$$L = \frac{2 v_{0x} v_{0y}}{g} = \frac{2 v_0 \cos \alpha \cdot v_0 \sin \alpha}{g} =$$

$$= \frac{2 v_0^2 \sin 2\alpha}{g} = L \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{L \cdot g}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{20 \cdot 10}{\sin(2 \cdot 45)}} = \sqrt{200}$$

$$v_0 = 10\sqrt{2} \approx 14,14 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2)



Уточню H длина маятника, а не высота
 $H_{\text{мая}} = H$, где $H_{\text{мая}} = \text{длина}$. Высота в
 конце маятника
 γ - угол между v_0 и осью x.

$$H = v_{0y} t_n - \frac{g t_n^2}{2} \quad t_n = \frac{v_0 \sin \gamma}{g} \quad t_n - \text{время подъема}$$

$$H = \frac{v_0 \sin \gamma \cdot v_0 \sin \gamma}{g} - \frac{g \cdot v_0^2 \sin^2 \gamma}{2g^2} = \frac{v_0^2 \sin^2 \gamma}{2g} \Rightarrow$$

$$\sin \gamma = \sqrt{\frac{2gH}{v_0^2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 3,6}{200 \cdot 10}} = \sqrt{0,36} = 0,6$$

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

То S - половина длины маятника (L - длина маятника до центра)

$$S = v_0 \cos \gamma \cdot t_n = v_0 \cos \gamma \cdot \frac{v_0 \sin \gamma}{g}$$

$$S = \frac{v_0^2 \cos \gamma \sin \gamma}{g} = \frac{200 \cdot 0,8 \cdot 0,6}{10} = 9,6 \text{ м}$$

Ответ: $v_0 = 14,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $S = 9,6 \text{ м}$

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

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

Дано:

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

$$v_0 = 6 \frac{m}{s}$$

$$\mu = 0,5$$

$$L = 10$$

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

$$v_1' = 1 \frac{m}{s}$$

$$S - ?$$

$$T_1 - ?$$

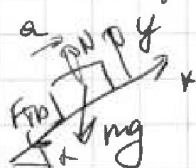
$$L - ?$$

1)

Кровлю будем считать $L > L_{\text{кр}}$ $L_{\text{кр}}$ - время подъема

$$T_{\text{кр}} = \frac{\Delta v}{a} \quad \Delta v = v_0 - 0 = v_0 \quad (\text{т.к. тело на ленте.})$$

2.3. Н. для кровли:



Ох:

$$ma = -mgs \sin \alpha - F_{\text{тр}}$$

$$Oy: N = mg \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha$$

$$ma = -mgs \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha \quad | \cdot \frac{1}{m}$$

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

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - 0,6^2} = 0,8$$

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

$$T_{\text{кр}} = \frac{v_0}{a} = \frac{6}{10} = 0,6$$

т.к. $T_{\text{кр}} < L$, то тело поднимется на ленте вверх и начнет вращ (т.к. $mgs \sin \alpha > \mu mg \cos \alpha$).

$$S_{\text{max}} = \frac{v_0^2}{2a}$$

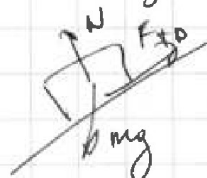
S_{max} - расстояние до макс. точки.

$$S_{\text{max}} = \frac{6^2}{2 \cdot 10} = \frac{36}{20} = 1,8 \text{ м}$$

$$S_1 = a_1 \left(\frac{L - T_{\text{кр}}}{2} \right)^2$$

S_1 - расстояние между конечной макс. точкой a_1 - ускорение тела по 2.3.Н. для кровли

$$S_1 = 8 \cdot \left(\frac{1 - 0,6}{2} \right)^2$$



$$mgs \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma$$

$$S_1 = 8 \cdot 0,4^2 = 0,16 \text{ м}$$

$$a = 10 \cdot 0,6 - 0,5 \cdot 10 \cdot 0,8 = 2 \frac{m}{s^2}$$

$$S = S_{\text{max}} + S_1 = 1,8 + 0,16 = 1,96 \text{ м}$$

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!

2) т.к. $v' = u$, то отн. фазовый фронт неподвижен относительно в лд-континуума, тогда $v_{отн} = v' - u = 0$ $\frac{u}{c}$

$$v_{отн} = v_0 - u = 6 - 1 = 5 \frac{u}{c}$$

$$a_3 = a = -10 \frac{u}{c^2}$$

$$T_2 = \frac{\Delta v}{a} = \frac{v_{отн} - v'_{отн}}{a} = \frac{5 - 0}{10} = \frac{5}{10} = 0,5 c$$

3) ~~в лд-континууме~~ $v_{отн} = v'' - u = 0 - 1 = -1 \frac{u}{c}$, то
если

$$3) L = \frac{v_0^2 - 0^2}{2a} = \frac{36^2}{2 \cdot 10} = 1,8 \mu$$

Ответ: $S = 1,96 \mu; T_1 = 0,5 c; L = 1,8 \mu$



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. Нормы QR-кода недопустимы!

Дано: K, α, g $l = l_1 = l_2$ (по укл.) l_1, l_2 - кривые разгона

$\mu - ?$
 $S - ?$

3C):

$$\begin{cases} 1) F \cdot \cos \alpha \cdot l = K + \mu(mg - F \sin \alpha) l \\ 2) F l = K + \mu mg l \end{cases}$$

из (2) $\Rightarrow l = \frac{K}{F - \mu mg}$, подставляем во второе

$$\frac{F \cos \alpha \cdot K}{F - \mu mg} = K + \frac{\mu(mg - F \sin \alpha) \cdot K}{F - \mu mg} \quad | \cdot \frac{F - \mu mg}{K}$$

$$F \cos \alpha = F - \mu mg + \mu mg - F \sin \alpha \quad | \cdot \frac{1}{F}$$

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

2) где сила остановки:

$$K = A_{\text{тр}}'$$

$$A_{\text{тр}}' = F_{\text{тр}} \cdot S = \mu mg S$$

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

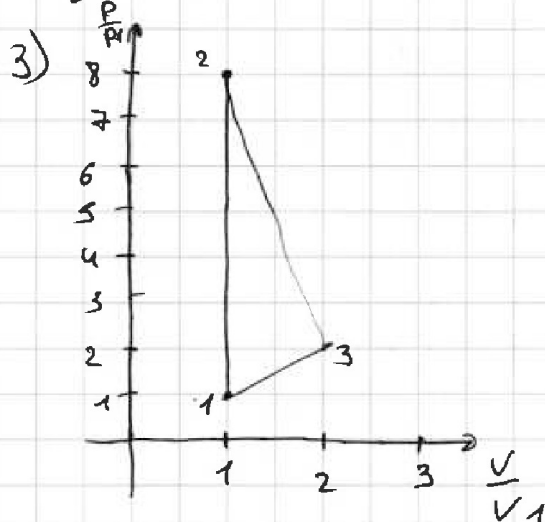
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

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

$$\eta \approx 23,9\%$$



$$C_{12} = 1,5R, \text{ так как } C_{12} = C_V$$

$$C_V = \frac{i+2}{2}R = 1,5R \quad C_V - \text{мольная теплоемкость при } V = \text{const}$$

$$\text{т.к. } C_{12} = C_V \Rightarrow 1-2 - \text{изохора}$$

уравнения состояния:

$$P_1 V_1 = \nu R T_1 \quad (1) \\ P_2 V_1 = \nu R T_2 \quad (2)$$

$$(1):(2) \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{8T_1} \Rightarrow$$

$$\text{т.к. } P = \text{const, то процесс } 2-3 \text{ изобарный} \Rightarrow P_2 = 8P_1$$

$$P V^\gamma = \text{const} \Rightarrow \text{процесс } 3-1 \text{ адиабатный}$$

$$dQ = dA + dU$$

$$0,5R \nu dT = dA + \frac{3}{2} \nu R dT \Rightarrow dQ = C_V \nu dT \quad dU = \frac{3}{2} \nu R dT$$

$$dA = -P \nu dV$$

$$dA = P \nu dV \quad \square$$

$$\text{процесс } 3-1 \text{ адиабатный, } \Rightarrow \frac{P}{V^\gamma} = \text{const}$$

$$P_3 V_3 = P_1 V_1$$

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

$$\frac{P_3}{P_1} = \frac{P_1}{P_2} = \frac{P_1}{8P_1} = \frac{1}{8}$$

$$P_3 = \frac{P_1}{8} \quad P_1 = 8P_3$$

$$P_1 = 8P_3$$

$$\frac{8P_1}{V_1^2} = \frac{P_1}{V_3^2}$$

$$\left(\frac{V_3}{V_1}\right)^2 = \frac{1}{8}$$

$$\frac{V_3}{V_1} = \frac{1}{\sqrt{8}} = \frac{1}{2\sqrt{2}}$$

$$1$$

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

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

Дано:

$$T_1 = 200 \text{ K}$$

$$R = 8,31$$

$$\frac{C}{R} \left(\frac{T}{T_1} \right) = 5$$

$$1) A_{31} = ?$$

$$2) \eta = ?$$

$$3) \frac{P}{P_1} \left(\frac{V}{V_1} \right) = ?$$

$$Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31}$$

$$Q_{31} = C \Delta T_{31} \quad \Delta U_{31} = \frac{3}{2} R T_{31}$$

$$Q_{31} = C (T_1 - 4T_1) \quad \Delta U_{31} = \frac{3}{2} R (T_1 - 4T_1)$$

$$Q_{31} = -3C T_1 \quad \Delta U_{31} = -\frac{9}{2} R T_1$$

$$-6R T_1 = A_{31} - \frac{9}{2} R T_1 \quad \frac{C_{31}}{R} = 2 \text{ (у зап.)}$$

$$|A_{31}| = \left| \frac{9}{2} R T_1 - 6R T_1 \right| = 1,5 R T_1 = 1,5 \cdot 200 \cdot 8,31$$

$$|A_{31}| = 300 \cdot 8,31 = 2493 \text{ Дж}$$

$$2) \eta = \frac{Q_{\text{пол}} - Q_{\text{отд}}}{Q_{\text{пол}}}$$

$$Q_{\text{пол}} = Q_{12} + Q_{23} + Q_{31} = 1,5 R (8T_1 - T_1) + 0,5 R (8T_1 - 4T_1) + C_{12} T_1$$

$$Q_{\text{пол}} = 1,5 R \cdot 7T_1 - 2 R T_1 - 6 R T_1 = 2,5 R T_1$$

$$A_{12} = Q_{12} + \Delta U_{12} = 1,5 R T_1 + \frac{3}{2} R \cdot 7T_1 = 21 R T_1$$

$$A_{23} = Q_{23} + \Delta U_{23} = -2 R T_1 - \frac{3}{2} R (8T_1 - 4T_1) = -8 R T_1$$

$$A_{31} = Q_{31} + \Delta U_{31} = -6 R T_1 + \frac{9}{2} R T_1 = -1,5 R T_1$$

$$A_0 = A_{12} + A_{23} + A_{31} = 21 R T_1 - 8 R T_1 - 1,5 R T_1 = 11,5 R T_1$$

$$Q_{\text{пол}} = Q_{12} = C_{12} \Delta T = 1,5 R (8T_1 - T_1) = 10,5 R T_1$$

$$Q_{\text{отд}} = |Q_{23}| + |Q_{31}| = 0,5 R (8T_1 - 4T_1) + 2 R (4T_1 - T_1) = 2 R T_1 + 6 R T_1$$

$$= 8 R T_1 \quad \eta = \frac{Q_{\text{пол}} - Q_{\text{отд}}}{Q_{\text{пол}}} = \frac{10,5 R T_1 - 8 R T_1}{10,5 R T_1} = \frac{2,5}{10,5} = \frac{5}{21}$$

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. Поря QR-кода недопустима!

$$\varphi_{12}' = \frac{kq}{3a} \quad \varphi_{33}' = \frac{kq}{2a} \quad \varphi_{42}' = \frac{kq}{a}$$

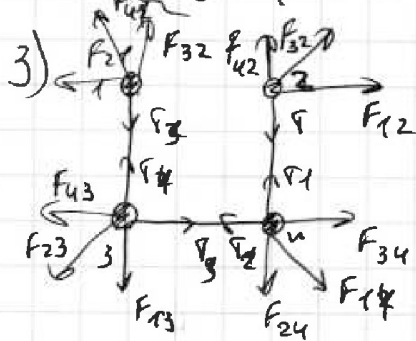
$$\varphi_2' = \frac{kq}{3a} + \frac{kq}{2a} + \frac{kq}{a} = \frac{2kq}{6a} + \frac{3kq}{6a} + \frac{6kq}{6a} = \frac{11kq}{6a}$$

$$W_1 = W_2 + K$$

$$K = W_1 - W_2 = q(\varphi_2 - \varphi_2') = \left(\frac{kq(2\sqrt{2}+1)}{\sqrt{2}a} - \frac{11kq}{6a} \right) q$$

$$K = \frac{kq^2}{a} \left(\frac{(2\sqrt{2}+1) \cdot 6\sqrt{2}}{6\sqrt{2}} - \frac{11}{6} \right) = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a} \left(\frac{12\sqrt{2}+6-11\sqrt{2}}{6\sqrt{2}} \right) =$$

$$K = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a} \left(\frac{\sqrt{2}+6}{6\sqrt{2}} \right) = \frac{4\pi\epsilon_0 T a^2}{(\sqrt{2}+4)4\pi\epsilon_0 a} \left(\frac{\sqrt{2}+6}{6\sqrt{2}} \right) = \frac{4aT(\sqrt{2}+6)}{\sqrt{2}+4} \left(\frac{1}{6\sqrt{2}} \right)$$



рассмотрим силы

по 3-й м.к. Кулона. Силы попарно равны, а кумб не рассматриваем

$$|F_{21}| = |F_{12}| \quad |T| = |T_1|$$

$$|F_{41}| = |F_{14}| \quad |T_2| = |T_3|$$

$$|F_{32}| = |F_{23}| \quad |T_4| = |T_5|$$

$$|F_{34}| = |F_{43}|$$

$$|F_{14}| = |F_{41}|$$

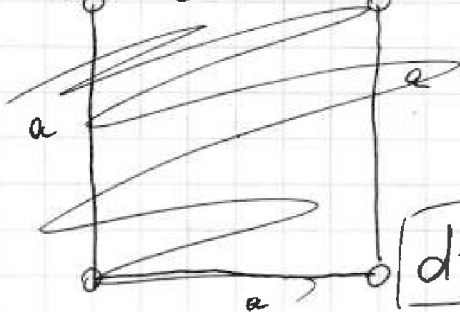
$$|F_{24}| = |F_{42}|$$

$$|F_{31}| = |F_{13}|$$

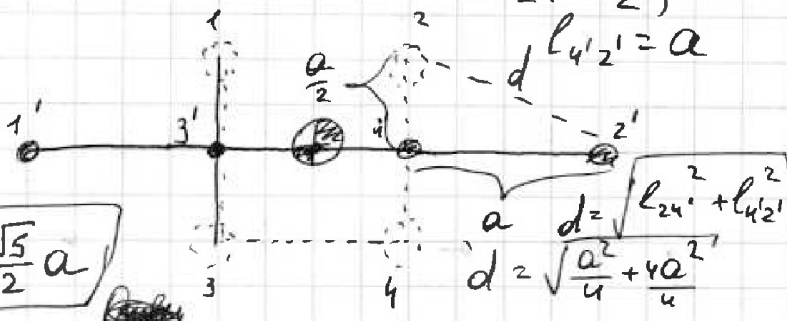
то есть все силы внутри замкнутой м.к.м.

$F_{\text{внут}} = M_e a_e$, т.к. $F_{\text{внут}} = 0$

$a_e = 0$, то есть, м.к. системы находится в одной точке



$$d = \frac{\sqrt{5}}{2} a$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

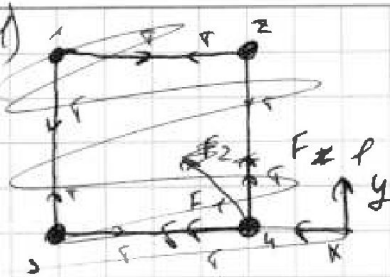
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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



a, T, ϵ_0
 $q = ?$ К-?
 $d = ?$

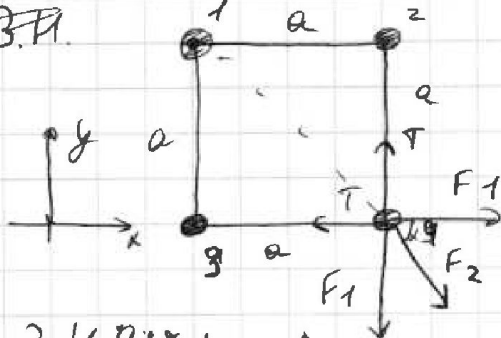


рассмотрим шар 4 (правый нижний)
 от остальных ($a=0$)

F_1 - кулон. сила взаимог. шаров 2 и 4; 4 и 3.

F_2 - кулон. сила взаимог. шаров (1 и 4)

2.3.11.



2.3.11. для 4 шаров

ОК: $F_2 \cos \alpha + F_1 - T = 0$ $\alpha = 45$ (1234 - квадрат, 14 - его диаг.)

$$F_2 = \frac{kqq}{2a^2}$$

$$F_1 = \frac{kqq}{a^2}$$

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

$$\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot 2a^2} \cdot \cos \alpha + \frac{2q^2}{2 \cdot 4\pi\epsilon_0 a^2} - T = 0$$

$$\frac{q^2(\cos \alpha + 2)}{8\pi\epsilon_0 a^2} = T \Rightarrow q = \sqrt{\frac{8\pi\epsilon_0 a^2 T}{\cos \alpha + 2}} = \sqrt{\frac{8\pi\epsilon_0 T}{\frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{2 \cdot 2}{2}}} a =$$

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

2) 3CЭ для 2: шаров:

$$W_1 = W_2 + K$$

$$W_1 = q\phi_2$$

ϕ_2 - потенциал шаров 2 в центре

$$\phi_2 = \phi_{12} + \phi_{32} + \phi_{42}$$

$$\phi_{12} = \frac{kq}{a}$$

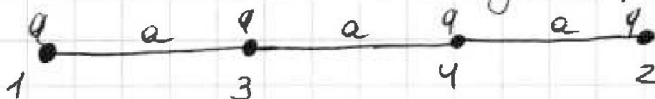
$$\phi_{32} = \frac{kq}{\sqrt{2}a}$$

$$\phi_{42} = \frac{kq}{a}$$

$$\phi_2 = \frac{kq}{a} + \frac{kq}{\sqrt{2}a} + \frac{kq}{a} = \frac{kq}{\sqrt{2}a} (\sqrt{2} + 1 + \sqrt{2}) = \frac{kq(2\sqrt{2} + 1)}{\sqrt{2}a}$$

$$W_2 = q\phi_2'$$

ϕ_2' - потенциал в центре когда все на одной прямой



$$\phi_2' = \phi_{12}' + \phi_{32}' + \phi_{42}'$$

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!

Дано:
K, α, g
μ = ? S = ?

Задача 3C3:

Черновик

$$K = A_{TP} \frac{m u_0^2}{2}$$

$$K = F_{TP} \cdot L$$

$$F \cdot L = \frac{m u_0^2}{2} + \mu m g L$$

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

$$C \Delta T = A + Q_u$$

$$2 \Delta T = A + \frac{3}{2} R \Delta T$$

$$3 \Delta T = A + \frac{3}{2} R \cdot 3 \Delta T$$

$$\frac{1+2}{2}$$

$$l = 2a$$

$$l = \frac{m u_0^2}{2 \mu m g} L$$

$$L = 2a$$

$$F = m a - \mu g m$$

$$L = \frac{K}{\mu g} \quad K = \mu g L m$$

$$m a l - \mu g m = \frac{m u_0^2}{2} + \mu g L$$

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

$$F L = K + \mu m g L$$

$$K (1 - \cos \alpha) = K \sin \alpha$$

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

$$1 - 2 \sin \alpha + \sin^2 \alpha = 1 - \sin^2 \alpha$$

$$2 \sin^2 \alpha - 2 \sin \alpha = 0$$

$$\sin \alpha = 0$$

$$2 \sin \alpha - 2 = 0$$

$$\sin \alpha = 1$$

$$F \cos \alpha L = K + \mu m g L - \mu F \sin \alpha L$$

$$F L = K + \mu m g L$$

$$F \cos \alpha = K + \mu m g - F \sin \alpha$$

$$F \cos \alpha - K - \mu m g + F \sin \alpha = 0$$

$$F L = K + \mu m g$$

$$F \cos \alpha L = K + \mu m g - F \sin \alpha L$$

7

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

МФТИ

1 2 3 4 5 6 7
☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒

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

$$F_{qp} = \mu N$$

$$N = \text{const}$$

Черновик

$$\begin{cases} F \cos \alpha + l = K + \mu mg - F \sin \alpha \\ Fl = K + \mu mgl \end{cases}$$

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

$$\frac{F \cos \alpha K}{F - \mu mg} = \frac{K + \mu (mg - F \sin \alpha) K}{F - \mu mg}$$

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

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

$$K \cos \alpha = K - \mu \sin \alpha K$$

$$\cos \alpha = 1 - \mu \sin \alpha$$

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

$$\frac{m \cdot \frac{u^2}{c^2} \cdot l}{m \frac{u^2}{c^2}}$$

$$\frac{K \cdot m^2}{m^2} = K$$

$$l = \frac{u_0}{a}$$

$$1,8$$

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

$$a = 10 \cdot 0,5 + 0,5 \cdot 10 \cdot 0,8$$

$$a = 6 + 4 = 10 \frac{m}{c^2}$$

$$\frac{u_0^2}{2a}$$

$$\frac{18}{20}$$

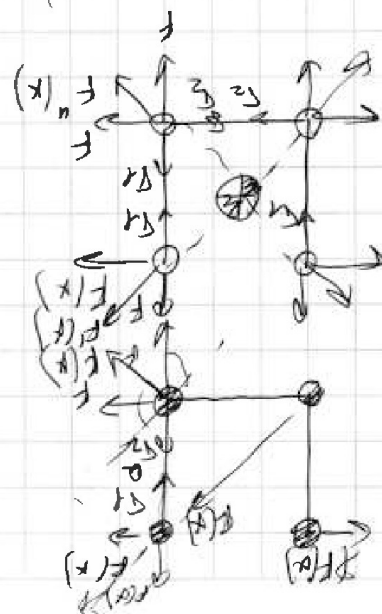
$$\frac{a t^2}{2} = \frac{2 \cdot 0,4^2}{2} = 0,16$$

$$A = 2P \Delta V - \frac{2}{3} P \Delta V = 0,5 P \Delta V = 0,5 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 3 \cdot 10^{-2} = 3000$$

$$l = \mu mg \Rightarrow l = \frac{K}{F - \mu mg}$$

$$A = C \Delta V - \frac{2}{3} P \Delta V$$

$$C \Delta V = A + \frac{2}{3} P \Delta V$$





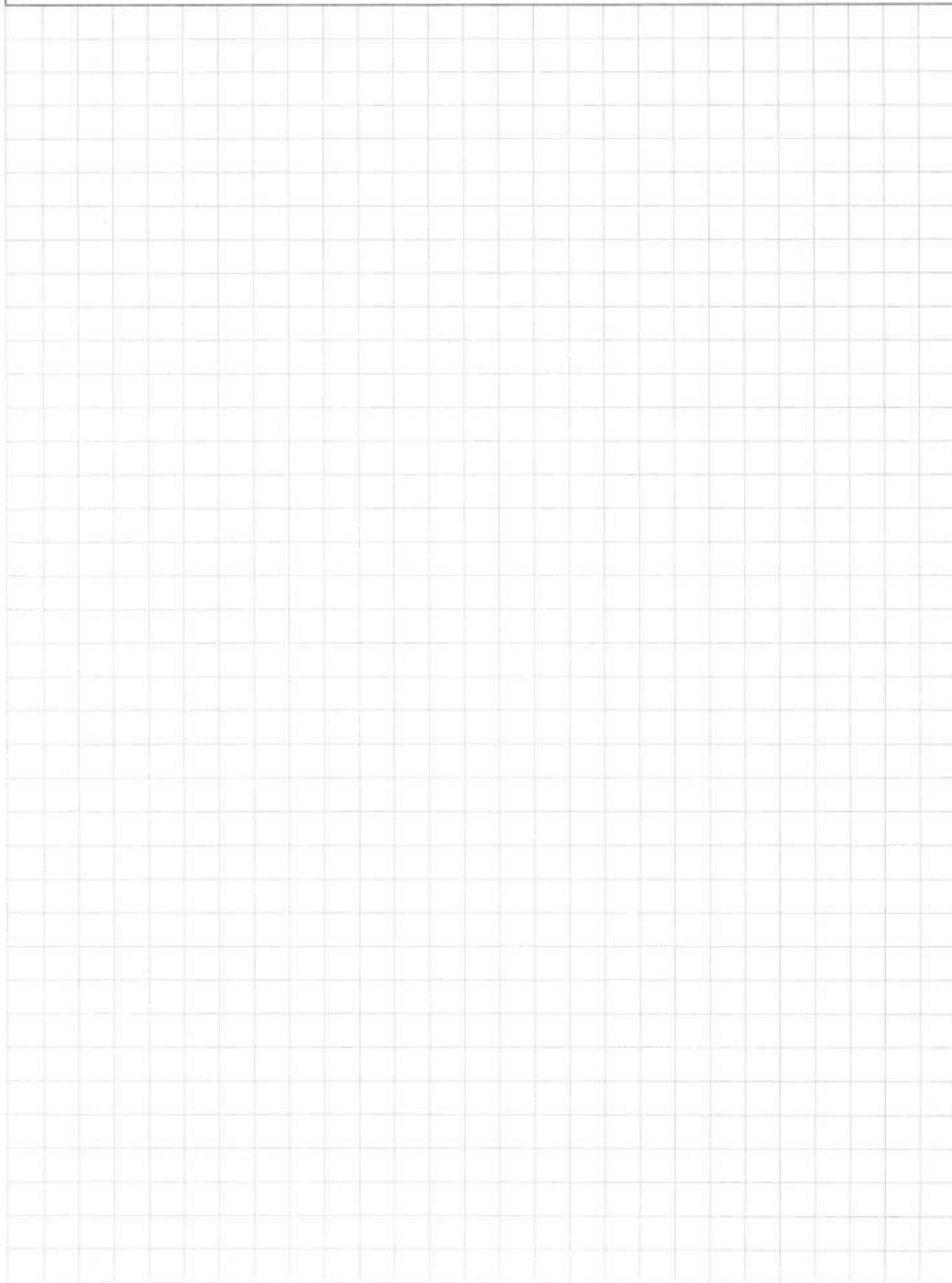
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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



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. Пирча QR-кода недопустима!

Дано:

$$T_1 = 200 \text{ K}$$

$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$$\frac{C_p(T_1)}{R(T_1)}$$

$$1) \frac{A_{31}}{P_1} \left(\frac{V}{V_1} \right) - ?$$

$$2) \frac{P}{P_1} \left(\frac{V}{V_1} \right) - ?$$

$$1) Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31}$$

Черновик!

$$pV^n = \text{const}$$

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

$$\Delta U = \frac{3}{2} R \Delta T_{31}$$

$$p = \frac{\alpha}{V^n}$$

$$2R \Delta (T_1 - 4T_1) = A_{31} + \frac{3}{2} R (T_1 - 4T_1)$$

$$-6R \Delta T_1 = A_{31} - \frac{9}{2} R \Delta T_1$$

$$A_{31} = \frac{9}{2} R \Delta T_1 - 6R \Delta T_1 = -1,5 R \Delta T_1$$

$$A = \int \frac{p}{V^n} dV$$

$$|A_{31}| = 1,5 R \Delta T_1$$

$$p dV = -R \Delta T$$

$$P_1 V_1 - P_2 V_2$$

$$\frac{300}{300}$$

$$A = \frac{\alpha V}{1-n}$$

$$|A_{31}| = 1,5 \cdot 8,31 \cdot 200 = 300 \cdot 8,31$$

$$2) Q_0 = P_1 V_1 - P_2 V_2 = \frac{P_1 + P_2}{2} (V_1 - V_2) - Q_{\text{out}}$$

$$3 \cdot 31 = 93$$

$$2493 \approx 2500 \text{ Дж}$$

$$Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}$$

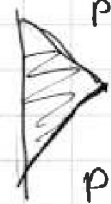
$$p_1$$

$$Q_{\text{out}}$$

$$8R \Delta T_1 - P_2 V_2 = -3R \Delta T_1$$

$$1,5R \Delta T_1 = -0,5R \Delta T_1 - 2R \Delta T_1$$

$$10,5R \Delta T_1 - 2R \Delta T_1 - 6R \Delta T_1 = 2,5R \Delta T_1$$



$$p_2 V_2 = 5 R \Delta T_1$$

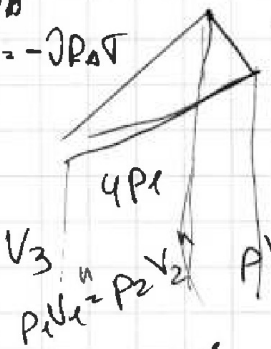
$$p_1 V_1 = 8$$

$$p_2 V_2 = 5$$

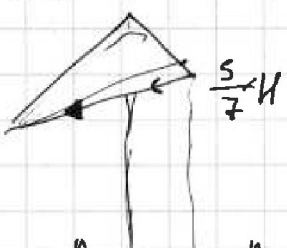
$$A_{\text{max}} = 2Q$$

$$A_{\text{max}} = 2$$

$$A = -R \Delta T$$



$$2,5R \Delta T_1 = \frac{1}{2} \cdot 8R \Delta T_1 \cdot H$$



$$P_1 V_1 - P_2 V_2 = \frac{5}{2} R \Delta T_1$$

$$\frac{10}{42} 2,5 R \Delta T_1$$

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

$$8V_2^{n-1} = 8V_1^{n-1}$$

$$P_1 \frac{V_1^n R T_1}{V_1} = \frac{V_2^n R T_2}{V_2}$$

$$R \Delta T = p dV \quad \frac{8}{3} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{n-1}$$

$$\frac{P_2 + P_3}{2} (V_3 - V_2)$$

$$\frac{\alpha}{V^n} dV = -R \Delta T$$

$$V_1^{n-1} = 4V_2^{n-1}$$

$$\frac{500}{42} \frac{2,5}{10,5} R \Delta T_1$$