



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

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



1. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Вектор начальной скорости мяча образует угол $\alpha = 45^\circ$ с горизонтальной плоскостью. Горизонтальное перемещение мяча за время полета $L = 20$ м.

1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

Если футболист направляет мяч под различными углами к горизонту, из той же точки с начальной скоростью V_0 к высокой вертикальной стенке, то наибольшая высота, на которой происходит соударение мяча со стенкой, равна $H = 3,6$ м.

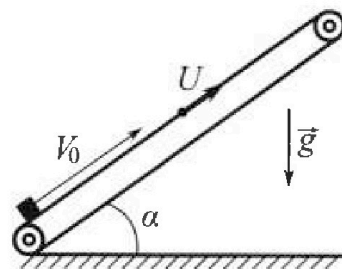
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

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

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,6$ (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 6$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = 0,5$.

Движение коробки прямолинейное.



1) Какой путь S пройдет коробка в первом опыте к моменту времени $T = 1$ с?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 1$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 6$ м/с (см. рис.).

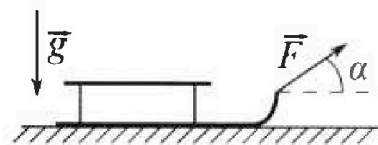
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

3) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же кинетической энергии K на одинаковых участках пути.

В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения кинетической энергии K действие внешней силы прекращается.



1) Найдите коэффициент μ трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

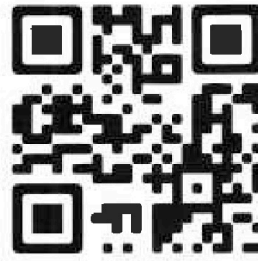
2) Найдите перемещение S санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения g . Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.



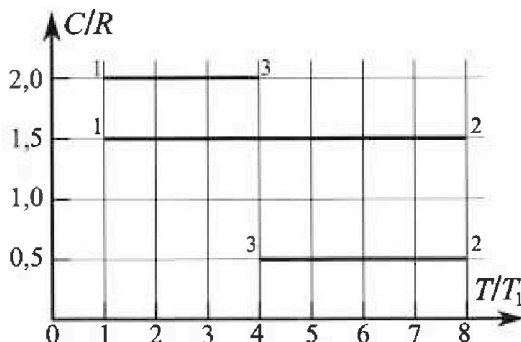
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-02

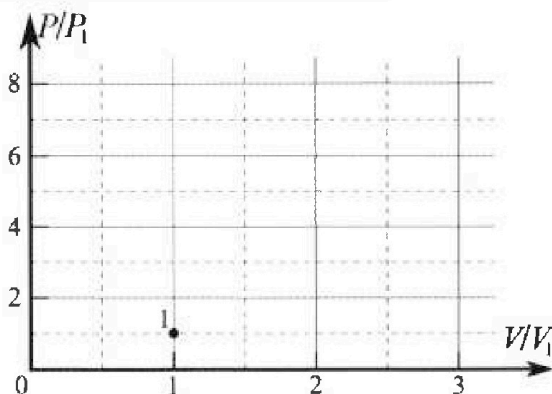
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



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).

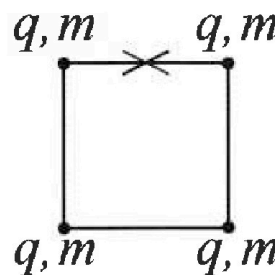


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объем в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует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

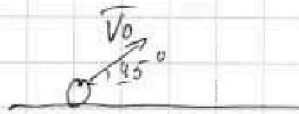
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

Задача №1



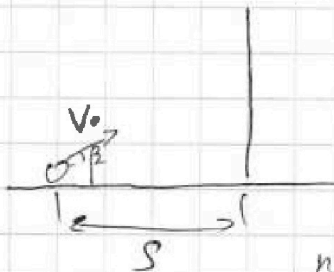
1) Время полёта мяча

$$t = \frac{2V_0 \sin 45^\circ}{g}$$

Гор. смещение равно:

$$L = V_0 \cos 45^\circ \cdot t = \frac{V_0^2 \sin 90^\circ}{g} = \frac{V_0^2}{g}$$

$$V_0 = \sqrt{Lg} = \sqrt{20 \text{ м} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



2) Пусть мяч запускают под
некоторым углом β .

На расстоянии S от точки старта
по гориз. координате мяч окажется через

$$t_1 = \frac{S}{V_0 \cos \beta}$$

Высота, на которую поднимется мяч за
это время равна

$$H = V_0 \sin \beta \cdot t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = \frac{V_0 \sin \beta \cdot S}{V_0 \cos \beta} - \frac{g \cdot S^2}{2V_0^2 \cos^2 \beta} =$$

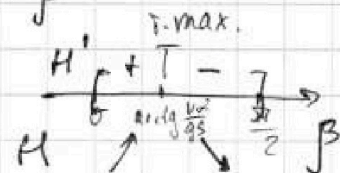
$$= S \tan \beta - \frac{gS^2}{2V_0^2 \cos^2 \beta}$$

~~Найти:~~

$$H' = S \cdot \frac{1}{\cos^2 \beta} - \frac{gS^2 \sin \beta}{V_0^2 \cos^3 \beta} = 0$$

$$V_0^2 \cos \beta = gS \sin \beta$$

$$\tan \beta = \frac{V_0^2}{gS}$$



Отсюда следует, что:

$$H_{\max} = \frac{V_0^2}{g} - \frac{gS^2}{2V_0^2} \left(1 + \frac{V_0^4}{g^2 S^2}\right) = 3,6 \text{ м}$$

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!

$$\frac{v_0^2}{g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} - \frac{gS^2}{2v_0^2} \cdot \frac{v_0^2}{gS^2} = 3,6 \text{ м}$$

$$\frac{2v_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} - \frac{v_0^2}{2g} = 3,6 \text{ м}$$

$$\frac{v_0^2}{2g} - 3,6 \text{ м} = \frac{gS^2}{2v_0^2}$$

$$\frac{200 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} - 3,6 \text{ м} = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot S^2}{2 \cdot 200 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}$$

$$10 \text{ м} - 3,6 \text{ м} = \frac{S^2}{40 \text{ м}}$$

$$6,4 \text{ м} = \frac{S^2}{40 \text{ м}}$$

$$S^2 = \frac{64 \text{ м}}{10} \cdot 40 \text{ м} \Rightarrow S = 16 \text{ м}$$

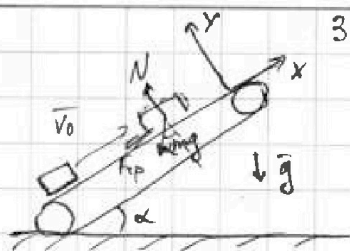
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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. Печать QR-кода недопустима!



Задача №2

1) На коробку действуют три силы:

mg , N , F_{fr}

~~В фазе~~ 2-й з-к Ньютона:

$$OX: ma_x = -mg \sin \alpha - F_{fr}$$

$$OY: 0 = N - mg \cos \alpha$$

Пока коробка движется

$$F_{fr} = \mu N \Rightarrow ma_x = -mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

Через время $T = 1\text{ с}$ скорость коробки равна:

$$\begin{aligned} V &= V_0 + a_x T = V_0 - (g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) T = \\ &= 6 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} (0,6 + 0,5 \cdot 0,8) \cdot 1\text{ с} = \\ &= 6 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = -4 \frac{\text{м}}{\text{с}} < 0 \end{aligned}$$

Видим, что ~~коробка~~ по скорости направлена
в против. сторону наклона $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ Будет коробка остановится раньше, чем
через 1 с. Скорость обнуляется за время $T_1 =$

Для коробки в наивысшей точке:

$$\begin{aligned} &= \frac{V_0}{a_x} = \frac{6 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \\ &= 0,6\text{ с} \end{aligned}$$

$$OX: ma_x = -mg \sin \alpha + F_{frx}$$

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

т.к. при этом $F_{fr} \leq \mu N = \mu mg \cos \alpha$
чтобы коробка не начала скользить назад:

$$\mu mg \cos \alpha \geq mg \sin \alpha \Leftrightarrow \mu \geq \tan \alpha = 0,5 \geq 0,75$$

неверно



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!

Значит коробка покатится вниз.

При этом сила трения поменяет направление и 2-ой 3-й законы запиш. след. образом:

$$OX: ma'_x = -\mu g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha = -6 \frac{m}{c^2} + 4 \frac{m}{c^2} = -2 \frac{m}{c^2}$$

За время t_1 коробка преодолит

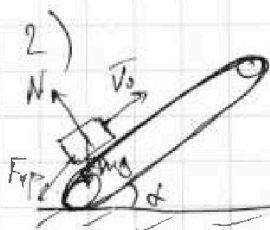
$$S_1 = 6 \frac{m}{c^2} \cdot t_1 - 10 \frac{m}{c^2} \cdot \frac{t_1^2}{2} = 3,6 \frac{m}{c^2} - 10 \cdot \frac{0,6^2}{2} m =$$

$$= 3,6 m - 5 \cdot \frac{36}{100} m = 1,8 m$$

За время $t_2 = 1c - 0,6c = 0,4c$:

$$S_2 = a' \frac{t_2^2}{2} = \frac{2 \frac{m}{c^2}}{2} \cdot (0,4c)^2 = 0,16 m$$

Итого $S = S_1 + S_2 = 1,8 m + 0,16 m = 1,96 m$



Как известно, сила трения направлена против отн. скорости. Скорость коробки отн. к накл. плоск. в нач. мом. вр. $v_0 - u = 5 \frac{m}{c}$ и напр. против $\vec{v}_0$.

Пока скорость коробки не станет равной $u = 1 \frac{m}{c}$ на нее действ. сила тр. скольжения $F_{тр} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$

~~3-й~~ 2-ой 3-й законы:

$$OX: ma_x = -\mu g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$$

$$a_x = -10 \frac{m}{c^2}$$

$$1 \frac{m}{c} = 6 \frac{m}{c^2} + a_x t_1 = 6 \frac{m}{c^2} - 10 \frac{m}{c^2} \cdot t_1 \Rightarrow$$

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



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

☐☒☐☐☐☐☐

МФТИ

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

3) Периодом в СО, движущуюся со скоростью лент u .

В этой системе отсчета движущаяся ~~при~~

макс. подвиге коробки аналогична п 1. Т.е. коробка покатится вниз (так как лента) с ускорением. Т.к. эта СО инерциальна, ускорение не поменяется $2 \frac{m}{c^2}$.
при переходе обратно, в ленту СО.

Скорость в ленту СО обратится в

$$0 \text{ через } T_2 = \frac{u}{2g} = 0,5 \text{ с}$$

За время T_1 коробка пройдет путь

$$S_1' = v_0 T_1 + \frac{a_x T_1^2}{2} = 6 \frac{m}{c} \cdot 0,5 \text{ с} - \frac{10 \frac{m}{c^2} \cdot (0,5 \text{ с})^2}{2} =$$
$$= 3 \frac{m}{c} - \frac{105}{84} \text{ м} = \frac{4}{4} \text{ м}$$

За время T_2 :

$$S_2' = u T_2 - \frac{a_x T_2^2}{2} = 1 \frac{m}{c} \cdot 0,5 \text{ с} - \frac{1}{4} \text{ м} = \frac{1}{4} \text{ м}$$

Т.к. скорость не поменяла направления, то

$$L = S_1' + S_2' = 2 \text{ м}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

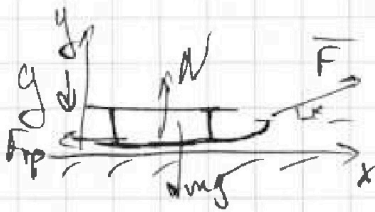
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

Задача №3



1) Пусть m - масса санок.
т.е. санки движ. по гор. равн-ти, то
2-й 3-й законы Ньютона применим след.обр:

$$OX: ma_x = F \cos \alpha - F_{\text{тр}}$$

$$OY: N + F \sin \alpha = mg$$

$$\text{Поскольку санки движутся: } F_{\text{тр}} = \mu N \Rightarrow \\ \Rightarrow F_{\text{тр}} = \mu (mg - F \sin \alpha)$$

По т. об изм. кин. энергии:

$$(1) (F \cos \alpha - \underbrace{\mu (mg - F \sin \alpha)}_{\text{и уч. прох. санками}}) S_0 = K - 0$$

Во втором случае $F_{\text{тр}} = \mu mg$

Аналогично:

$$(2) (F - \mu mg) S_0 = K - 0$$

Из (1) и (2):

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

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

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

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

2) Процесс торможения начинается после достижения санками кин. эн. K .



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!

При этом по н. об. изм. кин. энергии:

$$-mgs = 0 - k \Rightarrow s = \frac{k}{mg} = \frac{k \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) mg}$$

$\underbrace{\hspace{10em}}_{\substack{\text{масса} \\ \text{санок}}}$



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!

Задача 24

Заметим, что пр-сс 1-2 — изохорический, т.е.

$$Q = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + A \quad C = \frac{3}{2} R \Rightarrow A = 0$$

В процессе ~~2-3~~³⁻¹ давление пропорционал.

объему, т.е.

$$Q = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \frac{P_1 P_2}{2} (V_2 - V_1) =$$

$$= \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \frac{P_1 V_2 - P_1 V_1 + P_2 V_2 - P_2 V_1}{2} \left(\frac{P_2}{P_1} = \frac{P_1}{V_1} \right)$$

$$\Rightarrow Q = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \frac{1}{2} \nu R \Delta T = 2 \nu R \Delta T \Rightarrow$$

$$\Rightarrow C = 2R$$

1) Работа газа в процессе 3-1 равна

$$-A_{31} = -\frac{1}{2} \nu R \cdot 3T_1 = -\frac{3}{2} \nu R T_1$$

Работа над газом $A_{31} = \frac{3}{2} \nu R T_1 = \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 100 \text{ Дж} =$

$$= 3.891 \text{ Дж} \approx 2,5 \text{ кДж}$$

$$2) \quad \eta = \frac{A}{Q_n} = \frac{Q_n - Q_{\text{отг}}}{Q_n} = 1 - \frac{Q_{\text{отг}}}{Q_n}$$

Газ отдает тепло в процессах 2-3 и 3-1, т.е.

$$\frac{\Delta Q}{\Delta T} > 0, \text{ а } \Delta T < 0, \text{ то } \Delta Q < 0$$

ΔQ — тепло, получ. газом

$$Q_{\text{отг}} = |Q_{23}| + |Q_{31}| = \frac{1}{2} \nu R \cdot 4T_1 + 2 \cdot \nu R \cdot 3T_1 = 8 \nu R T_1$$

$$Q_n = |Q_{12}| = \frac{3}{2} \nu R \cdot 7T_1 = \frac{21}{2} \nu R T_1$$

Тогда

$$\eta = 1 - \frac{8 \nu R T_1}{\frac{21 \nu R T_1}{2}} = 1 - \frac{8 \cdot 2}{21} = \frac{21 - 16}{21} = \frac{5}{21}$$

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. Порча QR-кода недопустима!

1-2 - изохорный.

$$V_2 = 8V_1, \quad T_1 = T_2$$

$$\frac{P}{V} = \text{const} \quad \frac{P_1}{8V_1} = \frac{P_2}{8V_1} \Rightarrow P_2 = 8P_1$$

3-1 - газ расширяется пропорционально объему, т.е.

$$P = kV, \text{ применим в т. 1 } P_1 = kV_1 \Rightarrow k = \frac{P_1}{V_1}$$

$$V_3 = 4V_1$$

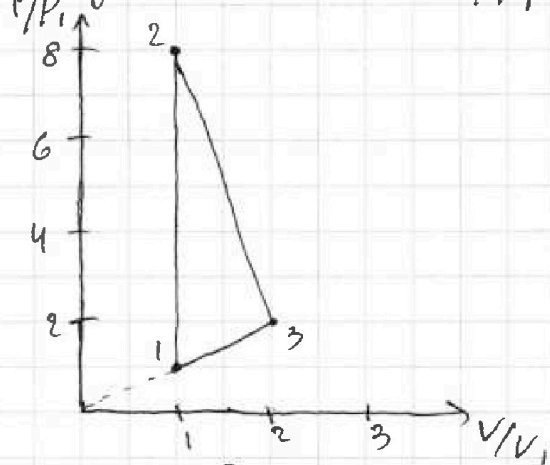
$$\frac{PV}{T} = \text{const} \Rightarrow \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_3 V_3}{T_3} = \frac{P_1}{4T_1} V_3^2$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_3 V_3^2}{V_1 \cdot 4T_1} \Rightarrow V_3 = 2V_1$$

$$P_3 = 2P_1$$

Исходя из этих данных можно построить

зависимость $(P/P_1, V/V_1)$:



$$\frac{dP}{dV} V + P = -\frac{6P_1}{V_1} V + P$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} R \Delta T + A \quad P_{23} = 14P_1 - \frac{6P_1}{V_1} V$$

$$A = \frac{8P_1 + 2P_1}{2} \cdot V_1 = 5P_1 V_1$$

$$A = \frac{P' + P''}{2} \cdot (V'' - V') = P' V''$$

$$dQ = \frac{3}{2} R dT + p dV$$

$$d(pV) = R dT = dpV + p dV$$

$$\frac{dQ}{dT} = \frac{3}{2} R + \frac{p dV}{dT} = \frac{3}{2} R + \frac{R p dV}{dpV + p dV} =$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

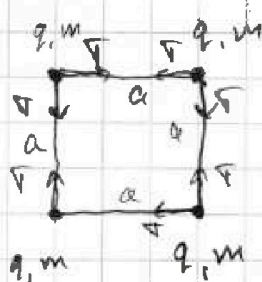
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

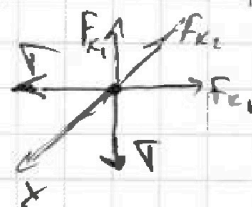
МФТИ

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

Задача №5.



1) Рассмотрим один заряд:



Сила со стороны
зарядов:

$$F_{k1} = \frac{kq^2}{a^2}$$

$$F_{k2} = \frac{kq^2}{2a^2}$$

Условие равновесия:

$$0x: 2T \cos 45^\circ = 2F_{k1} \cos 45^\circ + F_{k2}$$

$$\sqrt{2}T = \sqrt{2}F_{k1} + F_{k2} = \frac{2\sqrt{2}kq^2}{2a^2} + \frac{kq^2}{2a^2}$$

$$\sqrt{2}T = \frac{2\sqrt{2}+1}{2} \cdot \frac{kq^2}{a^2}$$

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

$$q = a \sqrt{\frac{2\sqrt{2}T}{(2\sqrt{2}+1)k}}, \text{ где } k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

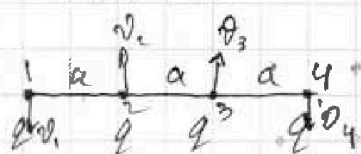
$$= a \sqrt{\frac{2\sqrt{2}T \cdot 4\pi\epsilon_0}{2\sqrt{2}+1}}$$

2) В нач. мом. времени

пот. эн. вз-я зарядов равна

$$E_{n1} = \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + 4 \frac{kq^2}{a} + 2 \frac{kq^2}{\sqrt{2}a}$$

Когда все шарик будут расположены
на одной прямой, ситуация окажется
такой:



т.к. изначально инициал системы
был равен нулю, а ~~ввиду~~
~~внешние~~ внешние силы отсутствуют, то
импульс системы в конце
пути равен 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!



При этом заметим, что расстояние между шариками будет равно a , т.к. при любом положении системы, ^{проекция} с которыми ~~шарик~~ соседние шарики взаимодействуют, будет больше проекции сии со стороны других шариков, заставляющие их сближаться. Ввиду этого скорости шариков будут перпендикулярны прямой, вдоль которой они расположатся.

Из симметрии системы получим, что скорости v_1 и v_4 а также v_2 и v_3 равны между собой (рис)

Из равенства 0 импульса системы, получим $v_1 = v_2 = v_3 = v_4 = v$

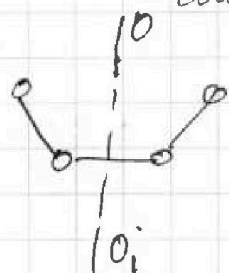
Из ЗСЭ:

$$E_{n1} = 4K + E_{n2}, \text{ где } E_{n2} = \frac{3kq^2}{a} + \frac{2kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{3a}$$

$$\frac{4kq^2}{a} + \frac{3\sqrt{2}kq^2}{3a} = 4K + \frac{3kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{3a}$$

$$\frac{(3\sqrt{2}-1)kq^2}{3a} = 4K \Rightarrow K = \frac{(3\sqrt{2}-1)kq^2}{12a}, \text{ где } K = \frac{1}{2}mv^2, \text{ а } q \text{ найдено в п. 1}$$

3) Ввиду симметрии системы, все, что будет происходить с шариками симметрично отн-но оси OO_1 (рис)



По т. о движении цм, положение центра масс останется неизменным ввиду отсутствия внеш. сил.

Но тогда:

C - пер. ц.м.

По т. Пифагора рас-е равно

$$y = \sqrt{a^2 + \frac{a^2}{4}} = \frac{\sqrt{5}}{2}a$$

