



# 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.

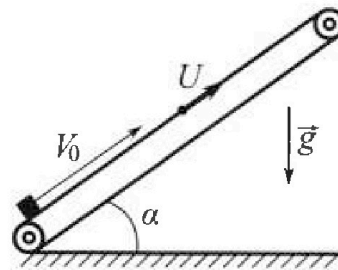
2) На каком расстоянии  $S$  от точки старта находится стенка?

Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол  $\alpha$  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.).

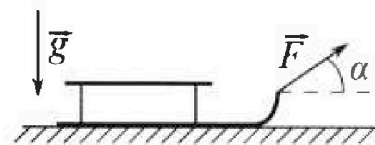
2) Через какое время  $T_1$  после старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 1$  м/с?

3) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. 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  $\alpha$  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  $\mu$  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.



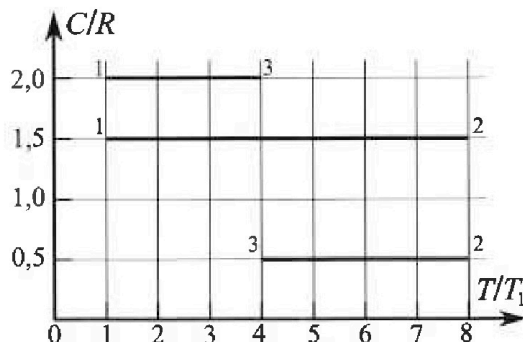
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-02



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

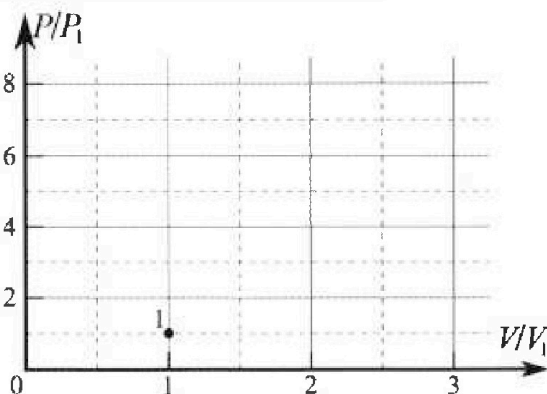
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3,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

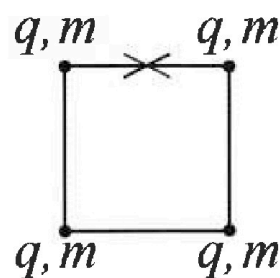
1) Найдите абсолютную величину  $|q|$  заряда каждого шарика.

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  $\epsilon_0$ . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

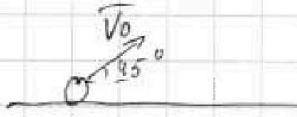
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



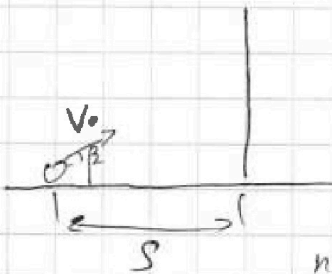
1) Время полёта мяча

$$t = \frac{2v_0 \sin 45^\circ}{g}$$

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  $\beta$ .

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

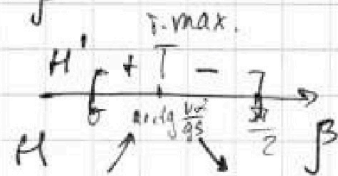
$$H = v_0 \sin \beta \cdot t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = \frac{v_0 \sin \beta \cdot S}{v_0 \cos^2 \beta} - \frac{g \cdot S^2}{2v_0^2 \cos^2 \beta} =$$
$$= S \tan \beta - \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \beta}$$

~~Итак, для~~

$$H' = S \cdot \frac{1}{\cos^2 \beta} - \frac{gS^2 \sin \beta}{v_0^2 \cos^3 \beta} = 0$$

$$v_0^2 \cos^2 \beta = gS^2 \sin \beta$$

$$\tan \beta = \frac{v_0^2}{gS}$$



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.

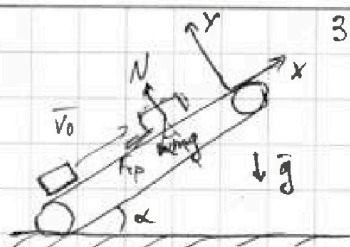
Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

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



Задача №2

1) На коробку действуют три силы:

$mg, N, F_{fr}$

~~В фазе~~ 2-й 3-й закон Ньютона:

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

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

$$\tan \alpha = \frac{0,6}{0,8} = \frac{3}{4}$$

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

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

Пока коробка движется

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

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

$$v = v_0 + a_x T = v_0 - (g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) T =$$

$$= 6 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} (0,6 + 0,5 \cdot 0,8) \cdot 1\text{c} =$$

$$= 6 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = -4 \frac{\text{м}}{\text{с}} < 0$$

Видим, что ~~коробка~~ скорость направлена в против. сторону начальной  $\Rightarrow$

$\Rightarrow$  Будет коробка остановится раньше, чем через 1 с. Скорость обнуляется за время  $t_1 =$

$$\text{Для коробки в наименьшей точке: } t_1 = \frac{v_0}{a_x} = \frac{6 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 0,6\text{c}$$

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

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

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

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

неверно

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

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



Значит коробка покатится вниз.

При этом сила трения поменяет направление и 2-й з-н Ньютона 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

$$S_1 = 6 \frac{m}{c^2} \cdot T_1 - 10 \frac{m}{c^2} \cdot \frac{T_1^2}{2} = 3,6 \frac{m}{c^2} - 10 \cdot \frac{0,6^2}{2} m =$$

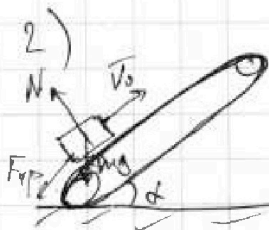
$$= 3,6 m - 5 \cdot \frac{36}{100} m = 1,8 m$$

$\frac{36}{2} = 18$

За время  $T_2 = 1c - 0,6c = 0,4c$ :

$$S_2 = a' \frac{T_2^2}{2} = 2 \frac{m}{c^2} \cdot (0,4c)^2 = 0,16 m$$

$$\text{Итого } S = S_1 + S_2 = 1,8 m + 0,16 m = 1,96 m$$



Как известно, сила трения направлена против отн. скорости. Скорость коробки отн. ко свету в нач. мом. вр.  $v_0 - u = 5 \frac{m}{c}$  а напр. против  $v_0$ .

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 з-н~~ 2-й з-н Ньютона:

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

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

$$1 \frac{m}{c} = 6 \frac{m}{c} + a_x T_1 = 6 \frac{m}{c} - 10 \frac{m}{c^2} \cdot T_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_1 = 0,5 c$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



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) Периодом в СО, движущуюся со скоростью лентки  $u$ .

В этой системе отсчета движущаяся ~~при~~

макс. подъеме коробки аналогична  $h$ . Т.е. коробка покажется вниз (так как,  $u < g$ ) с ускорением. Т.к. эта СО инерциальна ускорение не поменяется  $g$  при переходе обратно, в ленточ. СО.

Скорость в ленточ. СО обратится в

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

За время  $T_1$  коробка пройдет путь

$$S_1' = v_0 T_1 + \frac{a_x T_1^2}{2} = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 0,5 \text{ с} - \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot (0,5 \text{ с})^2}{2} = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}} - \frac{10 \cdot 0,25}{2} \text{ м} = \frac{4}{4} \text{ м}$$

За время  $T_2$ :

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

Т.к. скорость не поменяла направления, то

$$L = S_1' + S_2' = 2 \text{ м}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

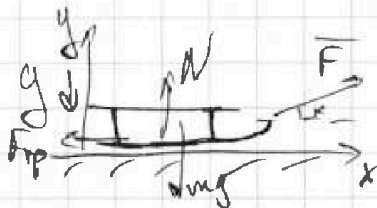
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

Задача №3



1) Дано  $m$  - масса санок.  
т.е. санки движ. по гор. пов-ти, т.е.  
2-й 3-й законы Ньютона всегда выполнят след.обр.:

$$OX: ma_x = F \cos \alpha - F_{тр}$$

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

Если санки движутся:  $F_{тр} = \mu N \Rightarrow$

$$\Rightarrow F_{тр} = \mu (mg - F \sin \alpha)$$

По т. об изм. кин. энергии:

$$(1) (F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha)) S_0 = K - 0$$

$S_0$  - путь проех. санками

Во втором случае  $F_{тр} = \mu mg$

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
<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!

При этом по н. об. изм. кин. энергии:

$$-m g S = 0 - k \Rightarrow S = \frac{k}{m g} = \frac{k \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) m g}$$

(масса 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



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-ес 1-2 — изохорический, т.е.

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

В процессе ~~2-3~~<sup>3-1</sup> движение пропорционально.

объему, т.е.

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

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

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

$$\Rightarrow C = 2R$$

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

$$= 3 \cdot 831 \text{ Дж} \approx 2,5 \text{ кДж}$$

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

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

$$\frac{\Delta Q}{\Delta T} > 0, \text{ а } \Delta T < 0, \text{ т.о. } \Delta Q < 0$$

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

$\Delta Q$  — тепло, получ. газом

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

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.

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

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

3-1 - Gay-Lussac пропорционально объему, т.е.

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

$$V_3 = 4V_1$$

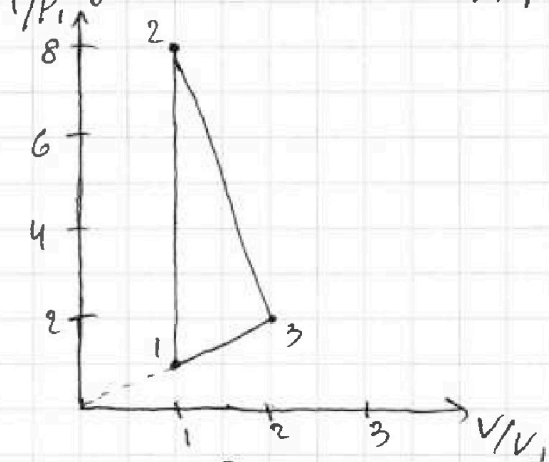
$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \text{const} \quad \frac{P V}{T} = \text{const} \Rightarrow \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_3 V_3}{T_3} = \frac{P_1 \cdot V_3^2}{V_1 \cdot 4T_1}$$

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

$$P_3 = 2P_1$$

Исходя из этих данных можно построить

зависимость  $(P/P_1, V/V_1)$ :



$$Q_{123} = \frac{3}{2} R \Delta T + A \quad P_{23} = 10P_1 - \frac{6P_1}{V_1} V$$

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

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

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

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

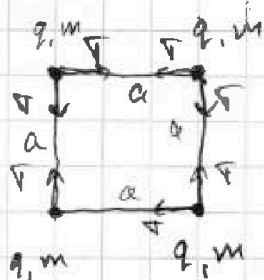
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

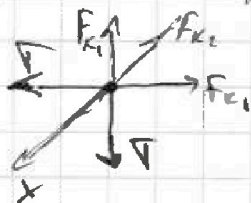
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



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:

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

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

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

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

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

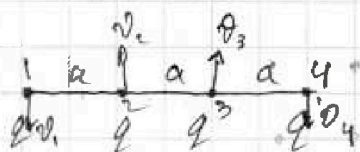
$$= a \sqrt{\frac{2\sqrt{2} T \cdot 4\pi\epsilon_0}{2\sqrt{2} + 1}}$$

2) В нач. мом. времени

пот. эн. вз-я зарядов равна

$$E_{п1} = \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + 2 \frac{kq^2}{\sqrt{2}a}$$

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



т.к. изначально шипулов системы был равен нулю, а ~~ввиду~~ внешние силы отсутствуют, то шипулов системы в конце тоже равен 0.

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!



При этом заметим, что расстояние между шариками будет равно  $a$ , т.к. при любом положении системы, <sup>проекция</sup> с которыми шарик соединены шарик <sup>соседний</sup> обкатывается, будет больше проекции  $ac$  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:

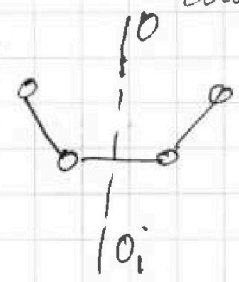
$$E_{n1} = 4K + E_{n2}, \text{ где } E_{n2} = \frac{3ka^2}{a} + \frac{2ka^2}{2a} + \frac{ka^2}{3a}$$

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

$$\frac{(3\sqrt{2}-1)ka^2}{3a} = 4K \Rightarrow K = \frac{(3\sqrt{2}-1)ka^2}{12a}, \text{ где } K = \frac{1}{2}mv^2$$

и  $q$  найдем в п. 1

3) Ввиду симметрии системы, все, что будет происходить с шариками симметрично относительно оси  $OO_1$  (рис)

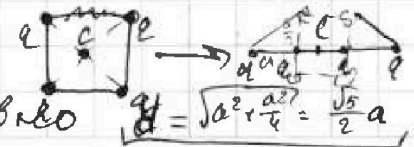


По т. о движении ц.м., положение центра масс останется неизменным ввиду отсутствия внеш. сил.

Но тогда:

$c$  - пер. ц.м.

По т. Пифагора рас-е равно



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



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

