



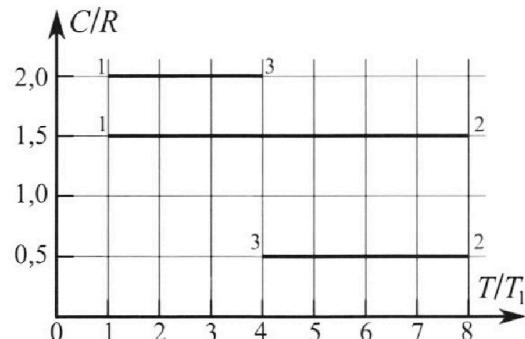
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

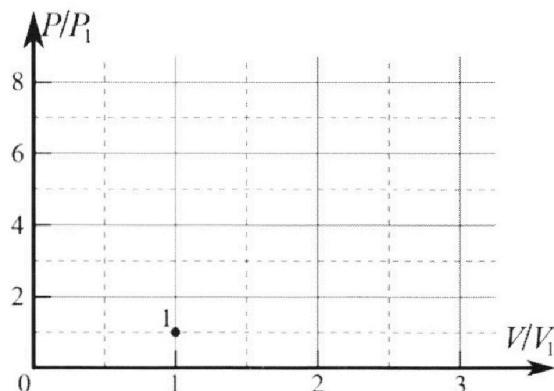


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1(см. рис.). Температура газа в состоянии 1 равна $T_1 = 200$ К, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К).

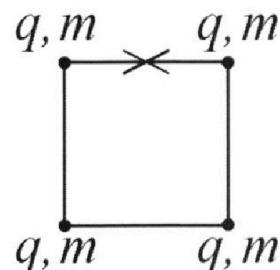


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует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



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

- 1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика. Одну нить пережигают.
- 2) Найдите кинетическую энергию K любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.
- 3) На каком расстоянии d от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных вверху (на рисунке)? Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.





Олимпиада «Физтех» по физике,

февраль 2023



Вариант 10-02

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

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

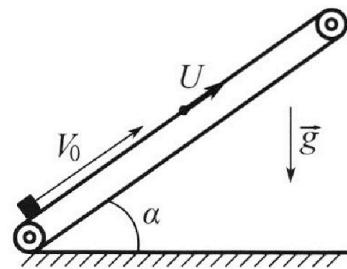
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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

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

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

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,6$ (см. рис.). В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 6$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = 0,5$. Движение коробки прямолинейное.



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

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

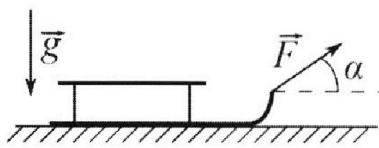
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна

$$U = 1 \text{ м/с}?$$

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

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

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



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

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

2) Найдите перемещение S санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения g .

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.



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

МФТИ.

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

(N1)

Дано:

$$\alpha = 45^\circ \quad g = 10 \text{ м/с}^2$$

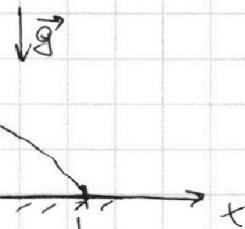
$$L = 20 \text{ м}$$

$$H = 3,6 \text{ м}$$

1) $v_0 - ?$

2) $S - ?$

Решение:



1) Найдем нач. скор. метра v_0

$$\begin{cases} \vec{r}(t) = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2} \\ \vec{v}(t) = \vec{v}_0 + \vec{a} t \end{cases}$$

$$x: x(t) = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2} = v_0 \cos \alpha t$$

$$y: y(t) = y_0 + v_{0y} t + \frac{a_y t^2}{2} = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

2) t_n - время полета метра $\Rightarrow x(t_n) = L \Rightarrow v_0 \cos \alpha t_n = L \Rightarrow t_n = \frac{L}{v_0 \cos \alpha}$

$$y(t_n) = 0 \Rightarrow v_0 \sin \alpha \cdot \frac{L}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g}{2} \cdot \frac{L^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha} = 0$$

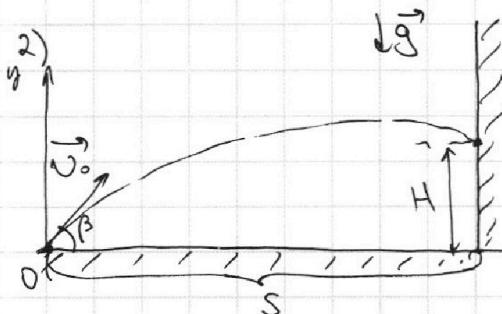
$$\tan \alpha \cdot L - \frac{gL^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} = 0 \quad \text{Триг. тожд.: } \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1 : \cos^2 \alpha$$

$$\tan \alpha \cdot L - \frac{gL^2}{2v_0^2} \cdot (\tan^2 \alpha + 1) = 0 \quad | \cdot 2v_0^2$$

$$2 \tan \alpha \cdot L \cdot v_0^2 - g L^2 (\tan^2 \alpha + 1) = 0 \Rightarrow \boxed{v_0} = \sqrt{\frac{gL^2 (\tan^2 \alpha + 1)}{2 \tan \alpha}} =$$

$$= \sqrt{\frac{gL (\tan^2 \alpha + 1)}{2 \tan \alpha}} = \sqrt{\frac{10 \text{ м}^2 \cdot 20 \text{ м} \cdot (1+1)}{2 \cdot 1}} = \sqrt{10 \cdot 10 \cdot 2} = 10\sqrt{2} \text{ м/с}$$

Ответ: $v_0 = 10\sqrt{2} \text{ м/с}$



3) угол, под которым будет достигнут контакт с землей, если конечное расстояние $H = 3,6 \text{ м}$.

$$\begin{cases} y(t) = v_0 \sin \beta t - \frac{gt^2}{2} \\ x(t) = v_0 \cos \beta t \end{cases}$$

~~т.к. t_n - время до у dara~~

$$y(t_n) = H \quad \{ v_0 \sin \beta t_n - \frac{g t_n^2}{2} = H \quad | \cdot 2 \\ x(t_n) = S \quad \{ v_0 \cos \beta t_n = S \Rightarrow t_n = \frac{S}{v_0 \cos \beta}$$

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

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

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

МФТИ.

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

$$H(\beta) = -\frac{3S^2}{2U_0^2} + \frac{g^2}{2} \beta + S \operatorname{tg}\beta - \frac{gS^2}{2U_0^2}$$

Значит зависимость $H(\beta)$ — квадратичная функция с ветвями
вниз. График — парабола. \Rightarrow максимальное значение
достигнуто в вершине $\operatorname{tg}\beta = -\frac{b}{2a}$

$$b = S \quad a = -\frac{gS^2}{2U_0^2}$$

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{\frac{S}{2U_0^2}}{\frac{-gS^2}{2U_0^2}} = \frac{U_0^2 \cdot \frac{S}{2}}{g^2 S^2} = \frac{U_0^2}{gS} \quad (\text{также участвует, при котором
достигается максимальная
высота } H)$$

$$\begin{aligned} H &= -\frac{gS^2}{2U_0^2} \cdot \frac{U_0^2}{g^2 S^2} + S \cdot \frac{U_0^2}{gS} - \frac{gS^2}{2U_0^2} = \\ &= -\frac{U_0^2}{2g} + \frac{U_0^2}{g} - \frac{gS^2}{2U_0^2} = \frac{U_0^2}{g} - \frac{gS^2}{2U_0^2} = H \quad | \cdot U_0^2 g \\ S &= \sqrt{\frac{U_0^4 - HU_0^2 g}{g^2}} = \sqrt{\frac{U_0^2(U_0^2 - Hg)}{g^2}} \Rightarrow \sqrt{\frac{U_0^4 - g^2 S^2}{g^2}} = H \cdot U_0^2 g \\ &\cancel{=\sqrt{\frac{(10\sqrt{2})^4 - 3,6((10\sqrt{2})^2)^2 \cdot 10m/c^2}{(10m/c^2)^2}}} = \\ &= \sqrt{2} \cdot \sqrt{200 - 36} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{164} = \\ &= \sqrt{2} \sqrt{2} \cdot \sqrt{82} = 2\sqrt{82} \text{ м} \end{aligned}$$

$$\text{Отб: } S = 2\sqrt{82} \text{ м}$$

$$U_0 = 10\sqrt{2} \text{ м/с}$$



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

МФТИ.

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

Дано №2

$\sin \alpha = 0,6$

$v_0 = 6 \text{ м/c}$

$\mu = 0,5$

$T = 1 \text{ с}$

$U = 1 \text{ м/c}$

$\odot g = 10 \text{ м/c}^2$

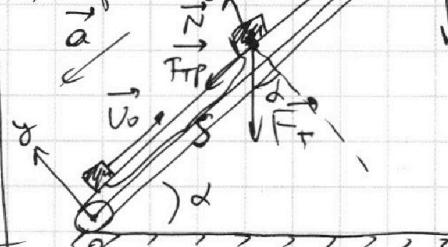
$S - ?$

$T_1 - ?$

$L - ?$

Решение:

1) Первый участок



$T = 1 \text{ с}$

 $m - \text{масса коробки}$

$\vec{F}_\Sigma = m \vec{a}$

$\vec{F}_T + \vec{F}_{TP} + \vec{N} = m \vec{a}$

$y: -F_f \cdot \cos \alpha + 0 + N = 0$

$N = mg \cos \alpha$

$x: -mg \cdot \sin \alpha - \mu N = -ma$

~~$mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha = ma \Rightarrow a = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$~~

$\vec{v}(+) = \vec{v}_0 + \vec{a}t \quad \vec{v}_x(+) = v_0 - at$

$\odot \vec{r}(+) = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2} \quad x(+) = v_0 t - \frac{at^2}{2}$

$x(t) = v_0 T - \frac{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{2} \cdot T^2 = S$

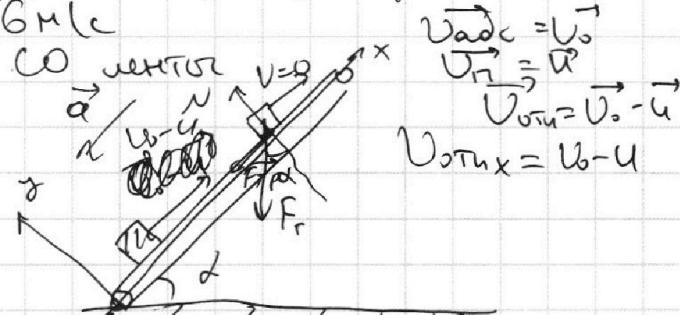
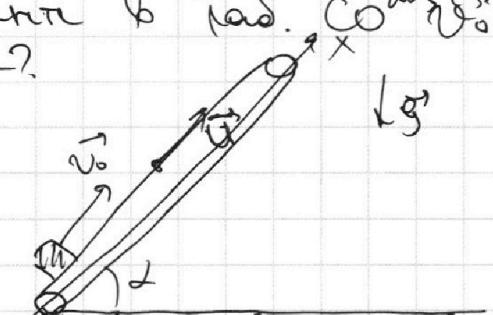
$S = 6 \text{ м/c} \cdot 1 \text{ с} - \frac{10 \text{ м/c}^2}{2} \cdot (0,6 + 0,5 \cdot 0,8) \cdot (1 \text{ с})^2 =$

$= 6 - 5 \cdot 1 \cdot 1 = 1 \text{ м}$

2) Второй участок.

Лента движется со скоростью $U = 1 \text{ м/c}$, скроп коробки на ленту в раб. $\vec{v}_0 = 6 \text{ м/c}$

$T_1 - ?$

Переведя какое время T_1 скроп $v_0 = U \Rightarrow v_{0T_1} = 0 \text{ м/c}$

$\vec{F}_\Sigma = m \vec{a} \quad \vec{F}_T + \vec{N} + \vec{F}_{TP} = m \vec{a} \quad x: -mg \sin \alpha - \mu N = -ma$

$y: 0 + N - mg \cos \alpha = 0$

$\mu g \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha = ma \Rightarrow a = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$

$\vec{v}(+) = \vec{v}_0 + \vec{a}t : x: v_x(t) = v_0 - U - at$

$v_x(T_1) = 0 : U - U - g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \cdot T_1 = 0$

$T_1 = \frac{U}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = \frac{6 \text{ м/c}}{10 \text{ м/c}^2 \cdot (0,6 + 0,5 \cdot 0,8)} = \frac{5 \text{ м/c}}{10 \text{ м/c}^2} = 0,5 \text{ с}$

$\text{Ответ: } T_1 = 0,5 \text{ с}$

$S = 1 \text{ м}$



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"/> |

МФТИ

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

$$\Rightarrow \psi_a = 0 \quad (L - ?)$$

~~Бланк~~



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

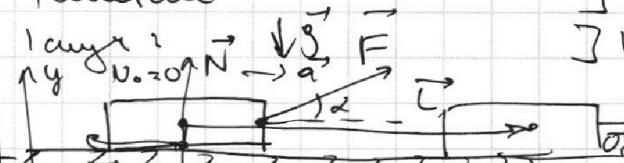
МФТИ

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

(3)

Дано:
 $v_0 = 0 \text{ м/c}$
 $w_k = K$
 F, α, g
 $\mu - ?$
 $S - ?$

Решение:



-]
L - расстояние которое проходит санок по рельсу
-]
M - масса санка
-]
~~V₀~~ - ~~конечная~~ скорость после разгона b
-]
1 сурок

$$\vec{F}_{\Sigma} = m\vec{a} \quad \vec{F}_T + \vec{F}_{Tp} + \vec{N} + \vec{F} = m\vec{a}$$

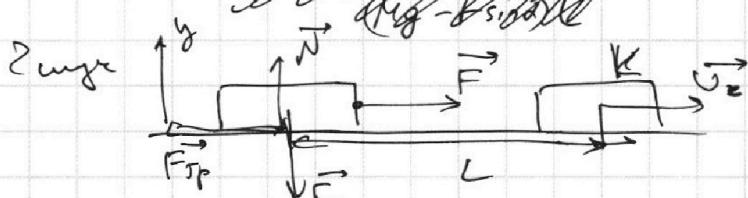
$$y: -Mg + N + F \cdot \sin \alpha = 0 \Rightarrow N = Mg - F \sin \alpha \Rightarrow$$

$$F_{Tp} = \mu N = \mu (Mg - F \sin \alpha)$$

Закон изменения энергии $\Delta W = \text{Act. сил.}$ (Потенциальная, энергия санок не меняется, т.к. они движутся по горизонтальной путь) \Rightarrow потери энергии не учитываются. $\Delta \text{ак. сил.} = \text{рабочая сила } F_{Tp}$.

$$\frac{MV_i^2}{2} - \frac{MV_f^2}{2} = \vec{F} \cdot \vec{L} + \vec{F}_{Tp} \cdot \vec{L} = F \cdot L \cos \alpha - \mu (Mg - F \sin \alpha) \cdot L$$

$$\frac{MV_i^2}{2} = K \text{ по условию} \Rightarrow K = F \cdot L \cos \alpha - \mu (Mg - F \sin \alpha) \cdot L \quad (1)$$



$$\vec{F}_{\Sigma} = m\vec{a} \quad \vec{F}_T + \vec{F}_{Tp} + \vec{N} = m\vec{a}$$

$$y: -Mg + N = 0 \Rightarrow N = Mg$$

$$F_{Tp} = \mu N = \mu Mg$$

$\Delta W = \text{Act. сил.} :$

$$K - 0 = FL - \mu Mg \cdot L \Rightarrow (F - \mu Mg) L = K \quad (2)$$

Уравнение $\cancel{\alpha = L}$

$$K = L (F \cos \alpha - \mu Mg + \mu F \sin \alpha) \quad (1)$$

$$K = L (F - \mu Mg) \quad (2)$$

$$(1) = (2) : F \cos \alpha - \mu Mg + \mu F \sin \alpha = F - \mu Mg$$

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

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



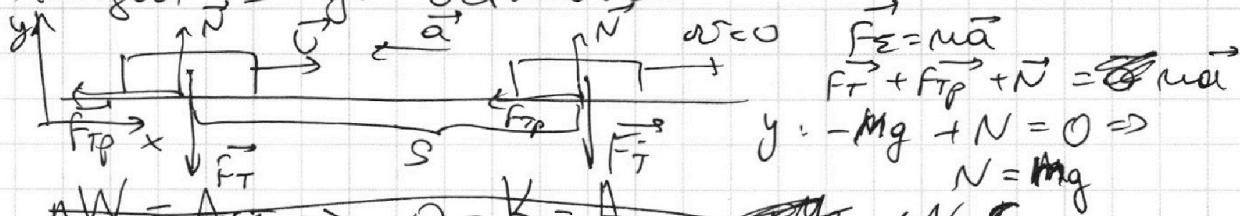
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

2) S - 3

В обоих случаях ~~один~~ санки бретают как зеркало.
Масса санок m и 1, 2 санки одинаковы \Rightarrow
сделать расчеты равнозначны санкам:

$$K = \frac{m \omega^2}{2} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{2K}{m}}$$

Найдем S по ~~стационарному~~



$$\Delta W = A\alpha \Rightarrow 0 - K = A F_{Tp} = \cancel{mg} - \mu N \cdot S$$

$$0 - N = -ma \Rightarrow \cancel{N} = \mu NS = \mu mg S$$

$$+ \mu mg = + \mu a \Rightarrow a = \mu g$$

~~если~~ $\mu g = \mu \cos \alpha + \mu \sin \alpha \Rightarrow \mu g = \mu (\cos \alpha + \sin \alpha)$

$$\Delta W = A\alpha = A F_{Tp}$$

$$0 - K = \cancel{mg} - F_{Tp} \cdot S = - \mu N \cdot S \Rightarrow K = \mu NS = \mu mg S \Rightarrow$$

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

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

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



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

МФТИ

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

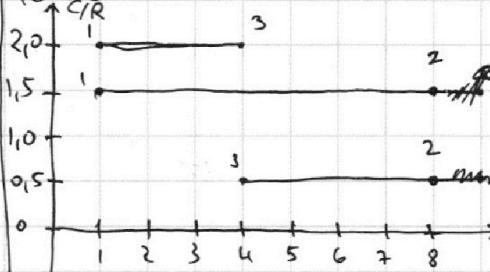
№4

Цикл 1-2-3-1

 $\eta = 1$ макс $\dot{E} = 3$ (входящий Газ) $\frac{C}{R} \left(\frac{I}{T_1} \right)$ $T_1 = 200K$
 $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{К}}$ $A_{31} - ?$ $\rho_{avg} - ?$ $\left(\frac{P}{P_1}, \left(\frac{V}{V_1} \right) \right) - ?$

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

Решение:



$$Q = \Delta U + A_{31} \dot{E}_{31} \quad (I \text{ квар})$$

$$C \cdot V \cdot \Delta T = \frac{i}{2} \partial R \Delta T + \rho \Delta V$$

Изотермический процесс

$$C \cdot V \cdot \Delta T = \frac{i}{2} \partial R \Delta T + 0$$

Изобарический процесс

$$C \cdot V \cdot \Delta T = \frac{i}{2} \partial R \Delta T + \partial R \Delta T$$

$$C_P = \left(\frac{i}{2} + 1 \right) R$$

$$\frac{C_P}{R} = \frac{3}{2} + 1 = \frac{5}{2}$$

$$pV^n = \text{const} \quad (\text{постоянный процесс в} \quad \text{под} \quad \text{изобарическом термодинамике})$$

$$n = \frac{C - C_P}{C - C_V}$$

$$pV = JRT, \quad J=1 \Rightarrow pV = RT$$

$$\frac{C_V}{R} = \frac{i}{2} = \frac{3}{2}$$

Процесс 1 → 2:

$$pV = \text{const} \Rightarrow p = \text{const} \Rightarrow V = \text{const} \Rightarrow n = \frac{2R - 2,5R}{2R - 1,5R} = \frac{-0,5R}{0,5R} = -1 \Rightarrow$$

Процесс 2 → 3:

$$C = 0,5R \Rightarrow n = \frac{0,5R - 2,5R}{0,5R - 1,5R} = \frac{-2R}{-R} = 2 \Rightarrow$$

Процесс 3 → 1:

$$C = 2R \Rightarrow n = \frac{2R - 2,5R}{2R - 1,5R} = \frac{-0,5R}{0,5R} = -1 \Rightarrow$$

Процесс 1 → 2: $C = 1,5R$: изотермический процесс; $V = \text{const}$; $\frac{p}{T} = \text{const}$.Процесс 2 → 3: $C = 0,5R$: $n = \frac{0,5R - 2,5R}{0,5R - 1,5R} = \frac{-2R}{-R} = 2$ Процесс 3 → 1: $C = 2R$: $n = \frac{2R - 2,5R}{2R - 1,5R} = \frac{-0,5R}{0,5R} = -1$ $pV^{-1} = \text{const} \Rightarrow p = V \cdot \text{const}$

$$p = \frac{RT}{P} \cdot \text{const} \Rightarrow p = \boxed{p = \frac{RT}{P} \cdot \text{const}}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

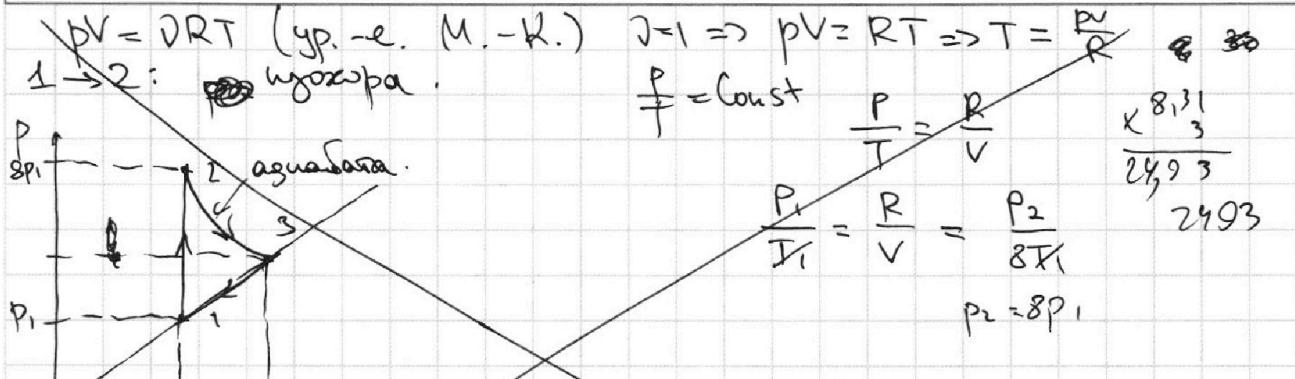
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

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



$$2 \rightarrow 3: PV^2 = \text{const}$$

$$8P_1 \cdot V_1^2 = P_3 \cdot V_3^2$$

$$8P_1 \cdot V_1 = R \cdot 8T_1 \quad | \quad \Rightarrow 8P_1 V_1 = R P_3 V_3$$

$$P_3 \cdot V_3 = R \cdot 4T_1 \quad | \quad \Rightarrow 8P_1 V_1 = R P_3 V_3$$

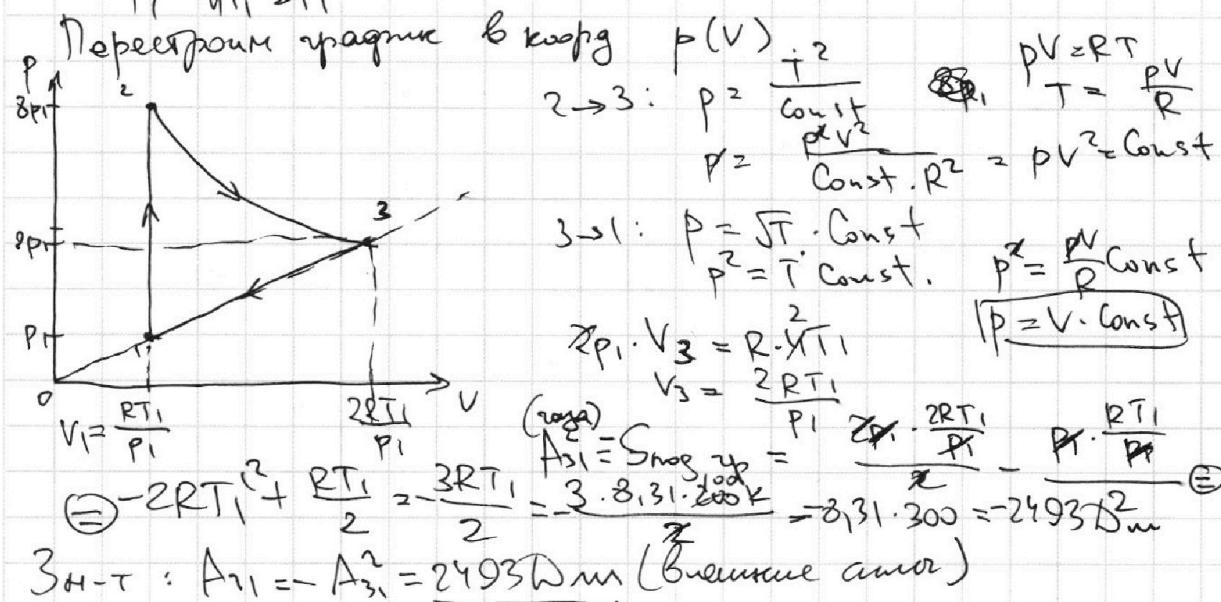
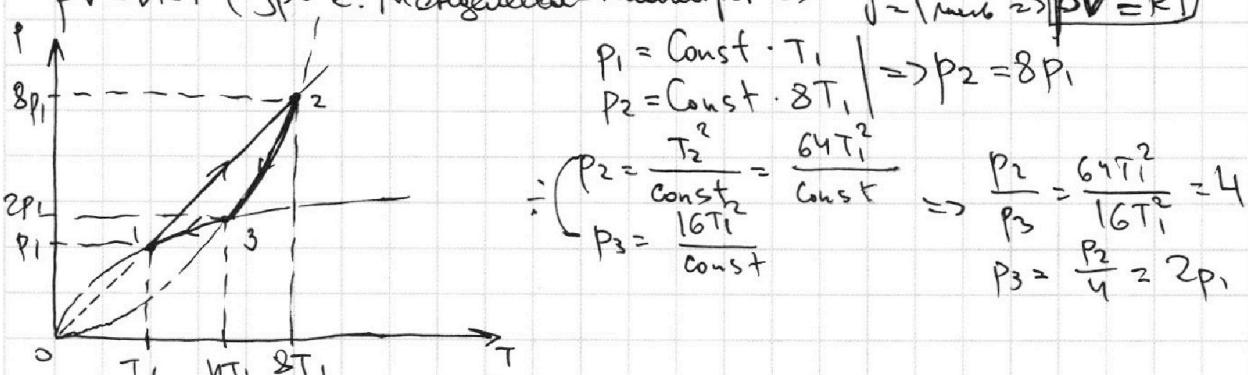
$$P_3 = \frac{4RT_1}{RV_1} = 2R \cdot \frac{T_1}{V_1} = 2R \cdot \frac{8P_1}{R} = 16P_1$$

$$8P_1 V_1 \cdot V_1 = P_3 V_3 \cdot V_3$$

$$8P_1 V_1 = P_3 V_3$$

$$V_3 = 2V_1$$

$$PV = \text{const}$$
 (упр. -е. Менделеев-Кюнель-Рота) $\Rightarrow PV = RT$





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

МФТИ.

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

2) Найти КПД.

~~Q~~ работа газа.

$$\eta = \frac{Ae}{Q^+}$$

плюс темп. раз (не ~~работа~~)

$$A = \cancel{Q} S_{\text{вн. упругости}} = A_{12} + A_{23} + A_{31} =$$

$$\begin{array}{r} 500 \\ 42 \\ \hline 80 \\ 63 \\ \hline 17 \end{array}$$

$$\begin{aligned} \text{Процесс } 2 \rightarrow 3: \quad pV^2 &= \text{const} \quad \cancel{8p_1} \cdot \left(\frac{RT_1}{p_1} \right)^2 = \text{const} = \\ A_{23} &= \int_{\frac{p_1}{RT_1}}^{\frac{p_1}{RT_2}} \frac{\text{const}}{V^2} dV = \left[-\frac{1}{V} \left(\frac{RT_1}{p_1} \right)^2 \right] = \\ &= \left(-\frac{1}{\frac{2RT_1}{p_1}} - \left(-\frac{1}{\frac{RT_1}{p_1}} \right) \right) = \left(-\frac{p_1}{2RT_1} + \frac{p_1}{RT_1} \right) \text{const} = \end{aligned}$$

$$= \frac{p_1}{2RT_1} \cdot \frac{8R^2T_1^2}{p_1} = 4RT_1$$

$$A_{31} = -1,5RT_1 \Rightarrow A_{\text{н.}} = 0 + 4RT_1 - 1,5RT_1 = 2,5RT_1$$

$$\begin{aligned} Q^+: \quad \cancel{Q} \quad 1 \rightarrow 2: \quad Q_{12} &= \Delta U_{12} + \cancel{A}_{12}^0 = \frac{3}{2} \partial R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2} R \cdot 7T_1 = \\ Q_{23} &= \Delta U_{23} + A_{23} = \frac{3}{2} \partial R(T_3 - T_2) + 4RT_1 = \frac{3}{2} R \cdot (-4T_1) + 4RT_1 < 0 \Rightarrow \end{aligned}$$

= ошиб.

$$Q_{31} < 0 \quad Q^+ = \frac{21}{2} RT_1$$

$$\eta = \frac{\frac{5}{2}RT_1}{\frac{21}{2}RT_1} = \frac{5}{2} \cdot \frac{2}{21} = \frac{5}{21}$$

Все эти числа $\frac{3}{2}RT_1$ выражены

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

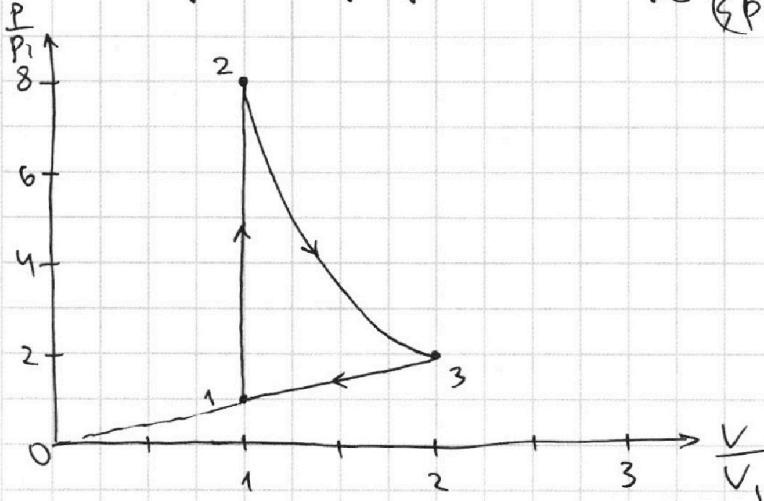
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

3) Построим график в координах $\frac{P}{P_1}(\frac{V}{V_1})$.



$$\text{Ответ: } A_{31} = \frac{3}{2}RT_1 = 2493 \text{Дж}$$

$$\eta = \frac{5}{21}$$

up. син бутылка

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

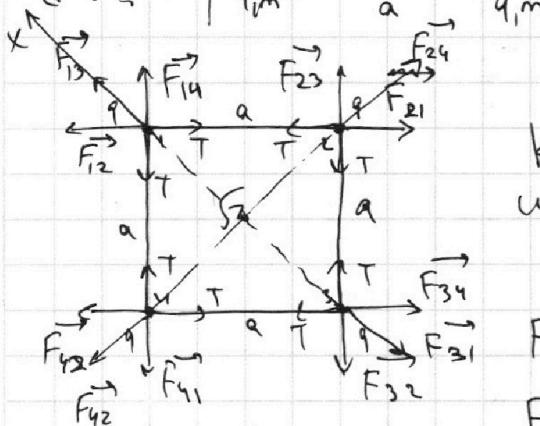
(N5)

Дано: a, T, ϵ_0 Решение:

(q1 - ?)

K - ?

d = 2



Шариками могут быть заряженные
отрицательными зарядами или же
положительными. В один случае
Заменим, что если когда шарик
заряжен положительно $q > 0$.

Они будут отталкиваться друг от друга.
Поэтому можно пренебречь силами
меж Тяжестей.

Каждый шарик создает в 1. поле с
зарядом $E = \frac{kq}{r^2} \Rightarrow F = Eq$ - сила
действия на заряд в поле другого
заряда.

$$F_{12} = F_{21} = \frac{kq}{a^2} \cdot q$$

$$F_{23} = F_{32} = \frac{kq}{a^2} \cdot q$$

$$F_{34} = F_{43} = \frac{kq}{a^2} \cdot q \quad F_{14} = F_{41} = \frac{kq}{a^2} \cdot q$$

$$F_{13} = F_{31} = \frac{kq}{(\sqrt{2}a)^2} \cdot q \quad F_{42} = F_{24} = \frac{kq}{(\sqrt{2}a)^2} \cdot q$$

Запишем первое условие равновесия (равнодейств. си,
действующих на заряд равна 0) для ~~заряда 2~~ заряда 2. Из этого
~~заряда~~ (поскольку имеем 1).

в проекции на ось x: $F_{13} + F_{14} \cdot \cos(45^\circ) + F_{12} \cdot \cos(45^\circ) -$
 $\frac{kq^2}{2a^2} + \frac{kq^2}{a^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{kq^2}{a^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} - 2T \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 0 \Rightarrow 2T \cdot \cos(45^\circ) = 0$

$$kq^2 + \cancel{2\sqrt{2}kq^2} + \sqrt{2}kq^2 - 2\sqrt{2}Ta^2 = 0$$

$$kq^2(1 + 2\sqrt{2}) = 2\sqrt{2}Ta^2 \Rightarrow q^2 = \frac{2\sqrt{2}Ta^2}{k(1 + 2\sqrt{2})} \quad \text{②}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \quad \text{③}$$

$$\text{② } q^2 = \frac{2\sqrt{2} \cdot Ta^2 \cdot 4\pi\epsilon_0}{(1 + 2\sqrt{2})} = \frac{2\sqrt{2} \cdot Ta^2 \cdot 4\pi\epsilon_0 (2\sqrt{2} - 1)}{7} =$$

$$= \frac{8\sqrt{2} Ta^2 \pi \epsilon_0 (2\sqrt{2} - 1)}{7} \Rightarrow q = \sqrt{\frac{8\sqrt{2} Ta^2 \pi \epsilon_0 (2\sqrt{2} - 1)}{7}}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

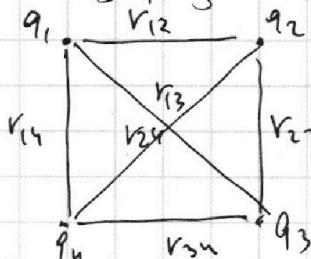


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

2) Определим перенесённую. Найдем потенциальную энергию
многочарника K после того как частицы сконцентрированы на одной
прямой. Рассмотрим систему из четырёх зарядов сдвигавших
также частицы. Вторая формула для энергии ближайшими
этих зарядов \Rightarrow д. решим.



$$W = \frac{kq_1q_2}{r_{12}} + \frac{kq_2q_4}{r_{24}} + \frac{kq_2q_3}{r_{23}} + \frac{kq_1q_4}{r_{14}} + \\ + \frac{kq_1q_3}{r_{13}} + \frac{kq_3q_4}{r_{34}} \quad (\text{одна из формул})$$

Запишем kq^2 потенциальную энергию W_p в виде $\frac{6}{a}$ зарядов в конфигурации.

$$W_p = \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{\sqrt{2}a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{\sqrt{2}a} + \frac{kq^2}{a} = \frac{13kq^2}{3a} (4 + \sqrt{2})$$

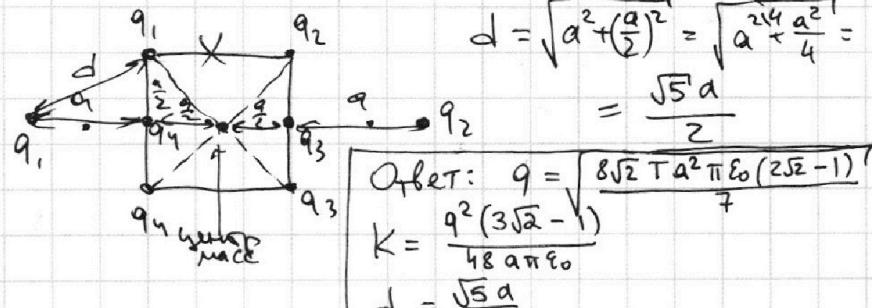
В силу симметричности рисунка можно понять, что скорости
двух верхних частиц будут одинаковы и двух нижних.
Также в начале неравенство скоростей частиц равно 0 \Rightarrow импульс
системы равно 0 \Rightarrow по закону сохранения импульса для
изолированной системы, ~~также~~ импульс в конце тоже должен быть равен 0.
Значит по изолированной системе консервативной масса должна
быть постоянной \Rightarrow у них одинак
масса K :

Закон сохранения энергии: $W_{p1} = W_{p2} + 4K$

$$\frac{kq^2}{a} (4 + \sqrt{2}) = \frac{13kq^2}{3a} + 4K \quad (3a \Rightarrow) \quad 3kq^2 (4 + \sqrt{2}) = 13kq^2 + 12Ka$$

$$12Ka = (3\sqrt{2} - 1)kq^2 \Rightarrow K = \frac{kq^2(3\sqrt{2} - 1)}{12a} = \boxed{\frac{q^2(3\sqrt{2} - 1)}{12a \cdot 4\pi\epsilon_0}}$$

3) Найдем расстояние d . (от левого верхнего заряда до места его остановки)
Заметим, что в системе из 4x зарядов и 3x масс не действуют
внешние силы \Rightarrow по т. о. двум первым массам он не передаётся.
Значит:



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

$$\begin{aligned} \text{Ответ: } q &= \frac{8\sqrt{2}Ta^2\pi\epsilon_0(2\sqrt{2}-1)}{7} \\ K &= \frac{q^2(3\sqrt{2}-1)}{48a\pi\epsilon_0} \\ d &= \frac{\sqrt{5}a}{2} \end{aligned}$$

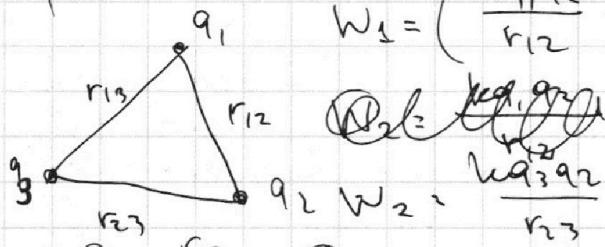


- | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <input checked=""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

МФТИ

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

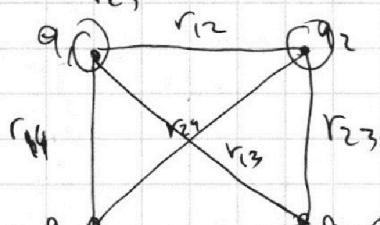
Черновик



$$W_1 = \left(\frac{kq_1,92}{r_{12}} + \frac{kq_1,93}{r_{13}} \right)$$

$$W_2 = \frac{kq_2,92}{r_{23}}$$

$$W = \frac{kq_1,92}{r_{12}} + \frac{kq_1,93}{r_{13}} + \frac{kq_2,93}{r_{23}}$$



$$W = \frac{kq_1,92}{r_{12}} + \frac{kq_2,93}{r_{23}} + \frac{kq_2,94}{r_{34}} +$$

$$+ \frac{kq_1,94}{r_{14}} + \frac{kq_1,93}{r_{13}} + \frac{kq_3,94}{r_{34}} \quad \text{=} \quad \text{---}$$

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

$$q_1 \xrightarrow{a} q_2 \xrightarrow{a} q_3 \xrightarrow{a} q_4$$

$$= \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{3a} + \frac{kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{a} = \frac{13kq^2}{3a} = W_{PK}$$

$$W_{P1} = \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{\sqrt{2}a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{\sqrt{5}a} + \frac{kq^2}{a} = \frac{4kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} = \frac{5kq^2}{a}$$

$$V_1 = \frac{kq^2}{a}, V_2 = \frac{kq^2}{\sqrt{2}a}, V_3 = \frac{kq^2}{\sqrt{5}a}, V_4 = \frac{kq^2}{a}$$

$$\frac{kq^2}{a} (4 + \sqrt{2}) = \frac{13kq^2}{3a} + \frac{kq^2}{a} \cdot 4 \Leftrightarrow 12ka = 3\sqrt{2}kq^2 - kq^2$$

$$3kq^2(4 + \sqrt{2}) = 13kq^2 + 12ka$$

$$12ka + 3\sqrt{2}kq^2 = 13kq^2 + 12ka$$

$$12ka = 3\sqrt{2}kq^2 - kq^2$$

$$K = \frac{kq^2(3\sqrt{2} - 1)}{12a}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

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

МФТИ.