



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.

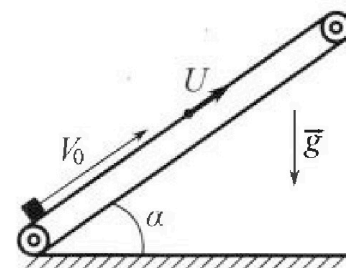
2) На каком расстоянии  $S$  от точки старта находится стенка?

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.).

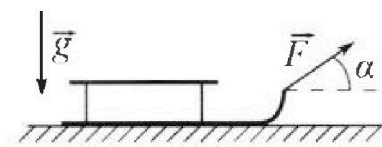
2) Через какое время  $T_1$  после старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 1$  м/с?

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.

м



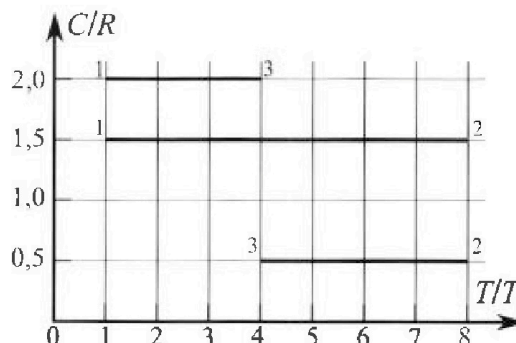
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-02

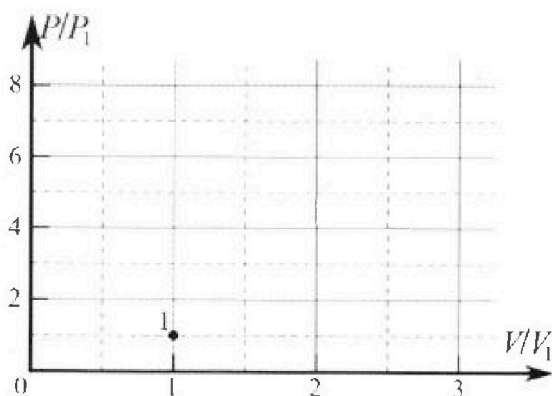


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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).

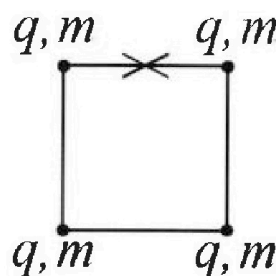


- 1) Найдите работу  $A_{31}$  внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД  $\eta$  цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах  $(P/P_1, V/V_1)$ , где  $P_1$  и  $V_1$  давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка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

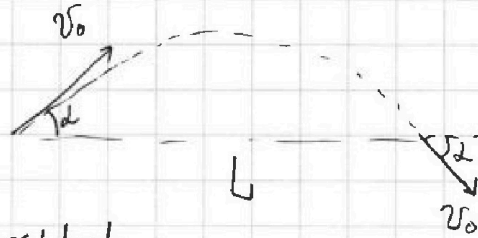
- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

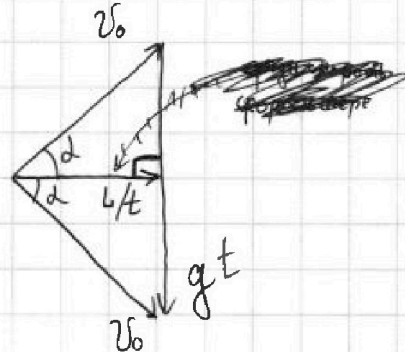
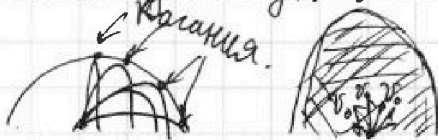
$L = 45^\circ$   
 $L = 20 \text{ м}$   
 $v_0 = ?$

$H = 3,6 \text{ м}$   
 $S = ?$   
 $g = 10 \text{ м/с}^2$



$v_0 \cos \alpha t = L$

Посмотрим на зону до которой футболист может докинуть мяч.



$x = v_0 \cos \beta t \rightarrow t = \frac{x}{v_0 \cos \beta}$

$y = v_0 \sin \beta t - \frac{gt^2}{2}$

$y = \frac{v_0 \sin \beta \cdot x}{v_0 \cos \beta} - \frac{g}{2} \frac{x^2}{v_0^2 \cos^2 \beta}$

$\frac{1}{\cos^2 \beta} = 1 + \tan^2 \beta$

$\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{x} = \frac{L}{t} \cdot \frac{gt}{x}$

$v_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin^2 \alpha}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 20}{1}} = 10\sqrt{2} \text{ м/с}$

$y = \tan \beta x - \frac{gx^2}{2v_0^2} \cdot (1 + \tan^2 \beta)$

$\pm g^2 \beta \cdot \frac{gx^2}{2v_0^2} - \tan \beta \cdot x + y + \frac{gx^2}{2v_0^2}$

можно очевидно, что точка

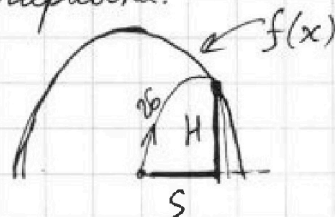
до которой футболист может докинуть мяч одним способом будет летать наисклонной нам границе зоны  $\Rightarrow D=0$

$D = x^2 - 4 \cdot \frac{gx^2}{2v_0^2} \cdot \left( y + \frac{gx^2}{2v_0^2} \right) = 0 \quad | \cdot \frac{2v_0^2}{gx^2}$

$f(x) = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gx^2}{2v_0^2} = y$  видим, что это парабола.

подставим  $y=H$  и  $x=S$

$\frac{v_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} = H$





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

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:



- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

$$\frac{v_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} = H$$

$$\sqrt{\left(\frac{v_0^2}{2g} - H\right) \cdot \frac{2v_0^2}{g}} = S = \sqrt{\left(\frac{200}{20} - 3,6\right) \cdot \frac{2 \cdot 200}{10}} = \sqrt{6,4 \cdot 40} = \sqrt{64 \cdot 54} = 16 \text{ м}$$

Ответ:  $v_0 = 1052 \text{ м/с}$ ;  $S = 16 \text{ м}$



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!

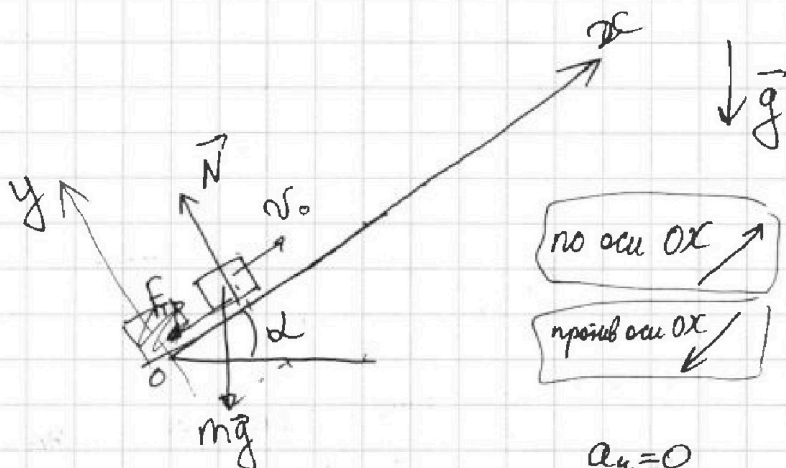
$$\sin \alpha = 0,6 = \frac{3}{5} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{4}{5}; \operatorname{tg} \alpha = \frac{3}{4} = 0,75$$

$$v_0 = 6 \text{ м/с}$$

$$\mu = 0,5 = \frac{1}{2}$$

$$T = 1 \text{ с}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$



$$\text{II закон Ньютона на ось } O_y: \vec{N} + m\vec{g} \cos \alpha = 0 \Rightarrow a_y = 0$$

$$\Rightarrow |N| = |mg \cos \alpha|$$

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

сила трения направлена против движения.

заметьте, что  $\mu = 0,5 < \operatorname{tg} \alpha = 0,75$ , значит коробка не будет покоиться на протяжении времени на транспортере.

$$\text{II закон Ньютона на ось } O_x: ma_x = -mg \sin \alpha \pm \mu mg \cos \alpha$$

зависит от того куда движется. Если относительно транспорта

1) сначала сила трения направлена против оси OX.

$a_{x1}$  - ускор. в данной ситуации.

$$ma_{x1} = -mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha \rightarrow a_{x1} = -g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = -10 \text{ м/с}^2$$

проверим, меняется ли своё направление сила трения через время  $T = 1 \text{ с}$ .

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. Печать QR-кода недопустима!

$v_k$  - скорость коробки через время  $T$

$$v_0 + a_{x1}T = v_k$$

$$v_k = v_0 - Tg(\sin\alpha + \mu\cos\alpha) = 6 - 1 \cdot 10 \cdot (0,6 + 0,8 \cdot 0,5) = -4 \text{ м/с}. v_k < 0 \Rightarrow$$

$\Rightarrow$  Получается, что сила трения меняет своё направление.

Найдём момент времени, когда это произойдёт  $T_3$

в этом случае скорость коробки отн. трансп. обнулится, а

так как транспортёр пойдёт со скоростью коробки обнулится

$$v_0 + a_{x1}T_3 = 0$$

$$T_3 = \frac{v_0}{g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)} = \frac{6}{10(0,6 + 0,8 \cdot 0,5)} = 0,6 \text{ с.}$$

~~а~~  $a_{x2}$  ускорение, когда  $F_{тр}$  направлена в по оси  $Ox$ .

$$ma_{x2} = \mu mg \cos\alpha - mg \sin\alpha$$

$$a_{x2} = g(\mu\cos\alpha - \sin\alpha) = 10 \cdot (0,5 \cdot 0,8 - 0,6) = -2 \text{ м/с}^2$$

в такой ситуации коробка будет двигаться время  $T_2 = T - T_3 = 0,4 \text{ с.}$

$S_1$  - путь пройденный за время  $T_3$

$S_2$  - путь пройденный за время  $T_2$ .

$$S = |S_1| + |S_2|$$

$$S_1 = v_0 T_3 + \frac{a_{x1} T_3^2}{2} = 6 \cdot 0,6 - \frac{10 \cdot 0,6^2}{2} = 1,8 \text{ м}$$

$$S_2 = 0 \cdot T_2 + \frac{a_{x2} T_2^2}{2} = \frac{-2 \cdot 0,4^2}{2} = -0,16 \text{ м}$$

$$\rightarrow S = 1,8 + 0,16 = \underline{1,96 \text{ м}}$$



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 нелопустима!

Вывод сделан по рисунку в условии  
Теперь транспортёр движется по направлению оси  $OY$  со скоростью

$U = 1 \text{ м/с}$  сначала сила трения будет направлена

против оси  $Ox$ ,  $\Rightarrow a_x = a_{x1}$

~~Значит когда~~

1 случай ~~скор~~ конечная скорость  $U$  коробки направлена по оси  $Ox$ . время движ =  $T_{11}$

~~скорость~~ скорость коробки относительно транспортёра обнутится.  $\Rightarrow$  при дальнейшем движении в случае 2 <sup>сила</sup> трения будет направлена по оси  $Ox$ .

Для первого случая. ~~время движ~~  $(v_0 - U) + a_{x1} T_{11} = 0$

$$T_{11} = \frac{v_0 - U}{-a_{x1}} = \frac{6 - 1}{-10} = 0,5 \text{ с}$$

во втором случае конечная скорость  $U$  коробки направлена против оси  $Ox$ . время движ =  $T_{12}$

$$T_{12} = T_{11} + \frac{-U - U}{a_{x2}} = 0,5 + \frac{-2}{-2} = 1,5 \text{ с}$$

~~время движ~~ время  $T_4$  - это время через которое скорость коробки обнутится после начала второго опыта.

$$T_4 = T_{11} + \frac{0 - U}{a_{x2}} = 0,5 + \frac{-1}{-2} = 1 \text{ с}$$

$$L = v_0 \cdot T_{11} + \frac{a_{x1} T_{11}^2}{2} + U(T_4 - T_{11}) + \frac{a_{x2} (T_4 - T_{11})^2}{2} = 6 \cdot 0,5 + \frac{(-10) \cdot (0,5)^2}{2} + 1 \cdot (1 - 0,5) + \frac{(-2) \cdot (1 - 0,5)^2}{2} = 3 - 1,25 + 0,5 - 0,25 = 2 \text{ м}$$

Ответ:  $S = 1,96 \text{ м}$ ;  $T_1 = 0,5 \text{ с}$  или  $1,5 \text{ с}$ ;  $L = 2 \text{ м}$



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. Печата QR-кода недопустима!

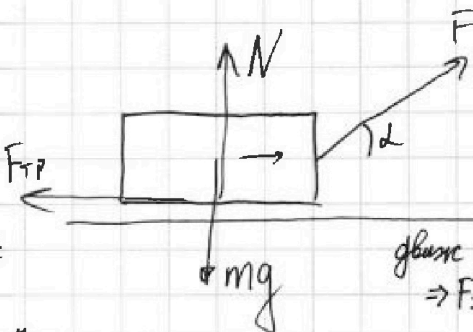


$K; d$   $l_1 = l_2 = l$  ← путь разгона.

$\mu = ?$

$S = ?$

$v$  - скорость в момент прекращения действ. силы  $F$



движ. пр.малее  $\Rightarrow F \sin \alpha < mg$

$$K = \frac{mv^2}{2}$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

$$N_1 = mg - F \sin \alpha \quad \text{так как } a_y = 0$$

$$\text{ЗУЭ: } F \cos \alpha l - \mu (mg - F \sin \alpha) l = K \rightarrow F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha) = \frac{K}{l}$$

Теперь ЗУЭ для второй ситуации:

$$N_2 = mg$$

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

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

$$F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha = \frac{K}{l}$$

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

$F_{\text{тр}}$  после достижения кинет. эк.  $\frac{F_{\text{тр}}}{F_{\text{тр}}} = \mu N_2$  (в общем случае сила реакции)  $F_{\text{тр}} = \mu mg$

~~$$K - \mu F_{\text{тр}} S = 0$$~~

масса санок  $m$  известна.

~~$$\text{ЗУЭ: } \frac{mv^2}{2} = \mu mg S \quad K - F_{\text{тр}} S = 0$$~~

$$K = \mu mg S$$

$$S = \frac{K}{\mu mg}$$

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

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

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

$$R = 8,31 \text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)}$$

$$\nu = 1 \text{ моль}$$

$$i = 3$$

$$C_{12} = \frac{3}{2} R$$

$$T_1 = T_1$$

$$T_2 = 8T_1$$

$$C_{23} = \frac{1}{2} R$$

$$T_3 = 4T_1$$

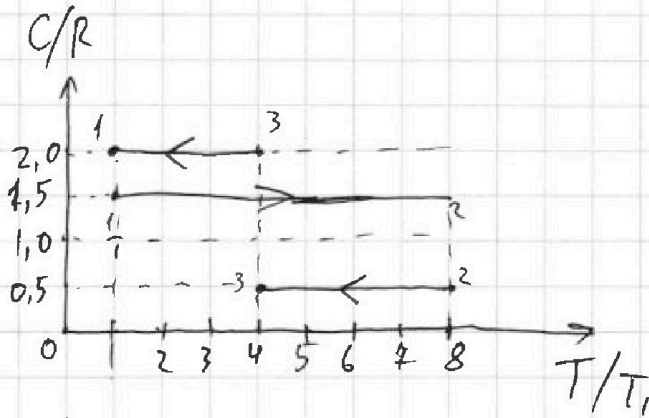
$$C_{31} = 2R$$

$$Q_{12} = C_{12} \Delta T$$

$$Q_{12} = C_{12} \cdot (8T_1 - T_1) = C_{12} \cdot 7T_1 = 7C_{12}T_1 > 0$$

$$Q_{23} = C_{23} \cdot (4T_1 - 8T_1) = -C_{23} \cdot 4T_1 = -4C_{23}T_1 < 0$$

$$Q_{31} = C_{31} \cdot (T_1 - 4T_1) = -C_{31} \cdot 3T_1 = -3C_{31}T_1 < 0$$



$$Q = \Delta U + A$$

$$Q = \frac{i}{2} \Delta(pV) + p \Delta V$$

$$C \Delta T = \frac{i}{2} \Delta(pV) + A$$

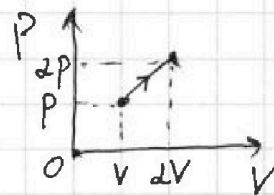
заметим, что для  $C = 2R$  при одноатомн. газе соответствует ~~этой~~ прямая пропорциональность  $pV$ !

$$pV = \nu RT \quad \Delta pV = \nu RT_K \Rightarrow T_K = \Delta^2 T$$

$$Q = C(\Delta^2 T - T) = \frac{i}{2} (\Delta p \cdot \Delta V - pV) + \frac{p + \Delta p}{2} (\Delta V - V)$$

$$CT(\Delta^2 - 1) = \frac{3}{2} pV(\Delta^2 - 1) + \frac{pV}{2}(\Delta^2 - 1)$$

$$C = \underline{\underline{2R}} \quad \text{при } \nu = 1 \quad C = 2R$$



, а для  $C = 1,5R$  изохорный процесс.

$$C \cdot \frac{p_2 V - p_1 V}{R} = \frac{3}{2} (p_2 V - p_1 V) \quad C = \frac{3}{2} R \quad \text{при } \nu = 1 \quad C = \underline{\underline{\frac{3}{2} R}}$$

$\Delta$  и  $\beta$  некие коэффициенты.



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!



$$p_1 V_1 = \nu R T_1 \quad (\nu = 1 \text{ моль})$$

$$p_2 V_1 = \nu R T_2 \Rightarrow p_2 = \frac{T_2}{T_1} p_1 = 8 p_1$$

1 → 2: изохорный

3 → 1: прямая пропорция

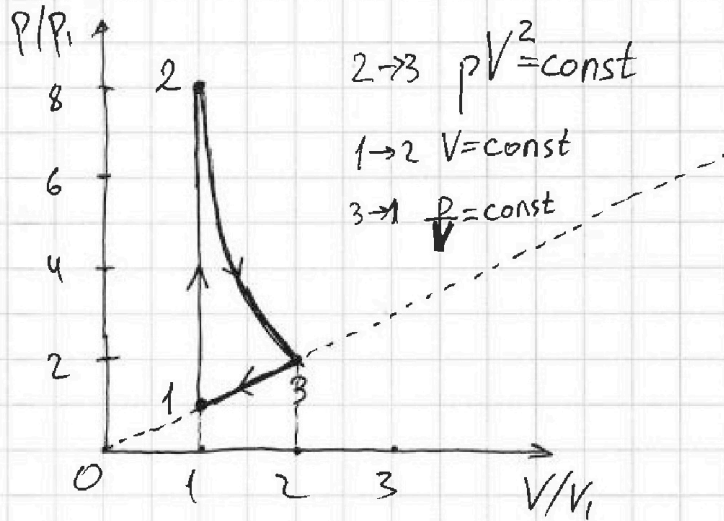
$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$p_3 V_3 = \nu R T_3$$

$$p_3 = \beta p_1 \quad ; \quad V_3 = \beta V_1$$

$$\beta^2 p_1 V_1 = \nu R \cdot 4 T_1$$

$$\beta^2 = 4 \Rightarrow \beta = 2 \Rightarrow p_3 = 2 p_1 \quad ; \quad V_3 = 2 V_1$$



Заметим, что процессу с теплоемкостью  $C = \frac{1}{2} R$  соответствует процесс  $pV^2 = \text{const}$  ( $i=3$ !!!)

Рассмотрим некий процесс 7 → 8, где  $pV^2 = \text{const}$ .

$$Q = \Delta U + A$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} (p_8 V_8 - p_7 V_7)$$

$$p_7 V_7 = \nu R T_7$$

$$p_8 V_8 = \nu R T_8$$

$$T_8 - T_7 = \frac{p_8 V_8 - p_7 V_7}{\nu R}$$

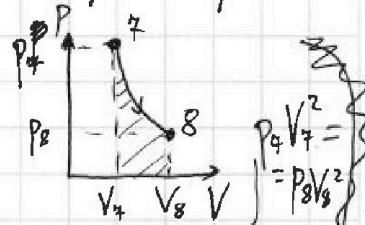
$$p_7 V_7^2 = p_8 V_8^2 = p V^2$$

$$p = \frac{p_7 V_7^2}{V^2}$$

$$A = \int_{V_7}^{V_8} p dV$$

$$A = \int_{V_7}^{V_8} \frac{p_7 V_7^2}{V^2} dV = -\frac{p_7 V_7^2}{V_8} + \frac{p_7 V_7^2}{V_7}$$

$$A = p_7 V_7 - p_8 V_8$$



$$C \cdot \frac{p_8 V_8 - p_7 V_7}{\nu R} = \frac{3}{2} (p_8 V_8 - p_7 V_7) - 1 (p_8 V_8 - p_7 V_7)$$

$$C = \frac{1}{2} \nu R \quad \text{при } \nu = 1 \quad C = \frac{R}{2}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



Теперь получив график цикла посчитаем  $A_{31}$  и  $\eta$

$$A_{31} = \frac{p_1 + 2p_1}{2} \cdot (2V_1 - V_1) = p_1 V_1 \cdot \frac{3}{2} = \frac{3}{2} \nu R T_1 = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 200 \cdot 8,31 = 2493 \text{ Дж}$$

$\begin{matrix} \times 8,31 \\ 300 \\ \hline 2493,00 \end{matrix}$  работа над газом

$Q_-$  отведённое тепло за весь цикл

$Q_+$  подведённое тепло за весь цикл.

$$\eta = 1 - \frac{|Q_-|}{|Q_+|}$$

$$|Q_-| = |Q_{23}| + |Q_{31}|$$

$$\eta = 1 - \frac{|-4C_{23}T_1 - 3C_{31}T_1|}{7C_{12}T_1}$$

$$|Q_+| = |Q_{12}|$$

$$\eta = 1 - \frac{|3C_{31} + 4C_{23}|}{7C_{12}} = 1 - \frac{|3 \cdot 2 + 4 \cdot 0,5|}{7 \cdot 1,5} = 1 - \frac{4}{2,1} = \frac{5}{2,1}$$

Ответ:  $A_{31} = 2493 \text{ Дж}$ ;  $\eta = \frac{5}{2,1}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

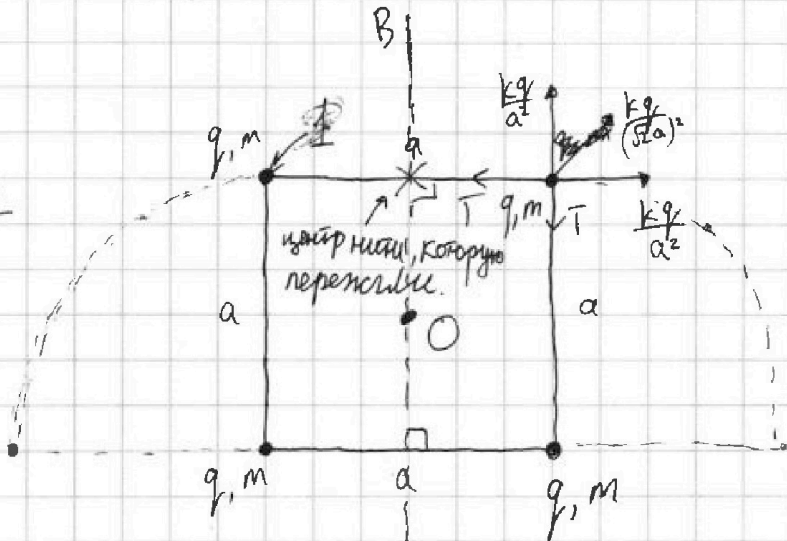
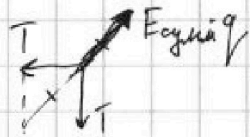
МФТИ

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

$a, T, \epsilon_0$   $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$   
 $K = ?$   $|q| = ?$   $d = ?$

$E_{\text{созд. зарядом}} = \frac{kq}{r^2}$

$\vec{E} = \frac{kq}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{|\vec{r}|}$



$\sqrt{2} T = E_{\text{сумм}} \cdot q$

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

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

$|q| = \sqrt{\frac{2\sqrt{2}}{2\sqrt{2} + 1} \cdot \frac{a^2 T}{(4\pi\epsilon_0)^{-1}}}$

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

~~при~~ система замкнута. Внешние силы ~~отсутствуют~~ (пренебрегли малые)

значит энергия и импульс ~~ее~~ системы сохраняются и центр масс покоится.

Очевидно, что шарики будут двигаться симметрично относительно прямой АВ проходящей перпендикулярно через центр пережимаемой нити лежащей в плоскости зарядов.

$\varphi_1 = \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{\sqrt{2}a}$

$\varphi_1 = \frac{kq^2}{a} \left(2 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right)$

потенциал ~~вот~~ зарядов в начальн. полож.

потенциал на очень большом рас. от системы.

$\varphi_{\infty} = 0$

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

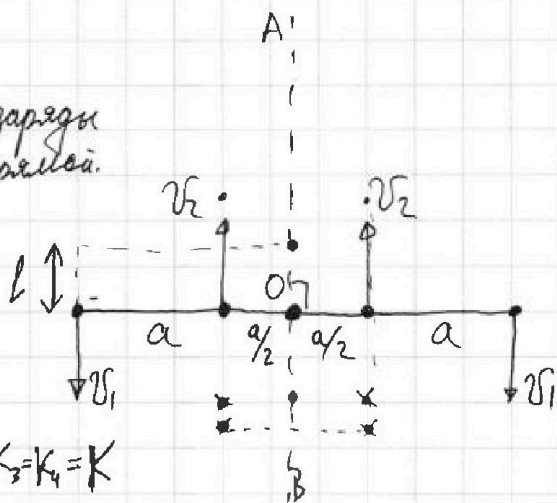
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

момент, когда ~~ни~~ заряды оказались на одной прямой.

ЗСЦ на ось АВ.

$$m\varphi_1 + m\varphi_2 - m\varphi_3 - m\varphi_4 = 0$$

$$\underline{\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi} \Rightarrow K_1 = K_2 = K_3 = K_4 = K$$



O - точка центра масс, очевидно она на нить проходит через эту точку и точка O делит нить пополам.

значит  $l = \frac{a}{2}$

$\varphi_2$  потенциал крайнего заряда  
когда все заряды на одн. прямой.  
 $\varphi_3$  пот. внутреннего заряда.

$$d = \sqrt{\left(\frac{3}{2}a\right)^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2} = \frac{a}{2} \sqrt{10} = a \cdot \sqrt{\frac{5}{2}}$$

Ответ!  $|q| = \sqrt{\frac{2\sqrt{2}}{2\sqrt{2}+1} \cdot \frac{a^2 \Gamma}{(4\pi\epsilon_0)^{-1}}}$ ;  $d = a \cdot \sqrt{\frac{5}{2}}$

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

$$\varphi_3 = \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a} = \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{5}{2}$$

$$\frac{4\varphi_1 - 2\varphi_2 - 2\varphi_3}{2} \leftarrow 4K = 0$$

$$2\varphi_1 - \varphi_2 - \varphi_3 = 4K$$

$$4K = \frac{kq^2}{a} \cdot \left(4 + \sqrt{2} - \frac{11}{6} - \frac{5}{2}\right) = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a} \left(-\frac{1}{3} + \sqrt{2}\right)$$

$$K = \frac{q^2}{16\pi\epsilon_0 a} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3}\right)$$

где  $|q| = \sqrt{\frac{2\sqrt{2} a^2 \Gamma \cdot 4\pi\epsilon_0}{2\sqrt{2}+1}}$



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!

$\alpha = 45^\circ$

$L = 20 \text{ м}$

$g = 10 \text{ м/с}^2$

$8p_1 V_1^2 = 8p_2 \cdot \left(\frac{3}{2} V_1\right)^2$

$8 = \frac{9}{4} n \quad n = \frac{32}{9}$

$t$  - полное время полета шара.

①  $v_0 \cos \alpha t = L$

поиграем  $t$  из ② в ①  $v_0 \cos \alpha \cdot \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = L$

$v_0^2 \sin 2\alpha = Lg \rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 20}{\sin(45^\circ \cdot 2)}} = 10\sqrt{2} \text{ м/с}$

$T = \frac{kq^2}{Fr^2} \quad q = \sqrt{\frac{Tr^2}{k}}$

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

$Q = c_\Delta T$

$Q = \Delta U + A$

$\frac{10 \cdot 200}{20} - \frac{10 \cdot 400}{400} = 0$

$48p_1 V_1^\gamma = 2p_2 \cdot (2V_1)^\gamma$

$4V_1^\gamma = 2^\gamma V_1^\gamma$

$\gamma = 2$

$pV^2 = \text{const}$

$C_\Delta T$

$T_2 - T_1 = \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{\nu R}$

$C \left( \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{\nu R} \right) = \frac{3}{2} \cdot (p_2 V_2 - p_1 V_1) + p_1 V_1 - \frac{p_1 V_1^2}{V_2}$

$p_1 V_1 = \nu R T_1$   
 $p_2 V_2 = \nu R T_2$

$p_1 V_1^2 = p_2 V_2^2$   
 $pV^2 = p_1 V_1^2$   
 $p = \frac{p_1 V_1^2}{V^2}$

