



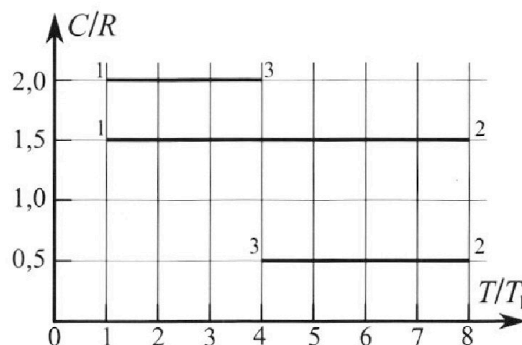
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-02



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

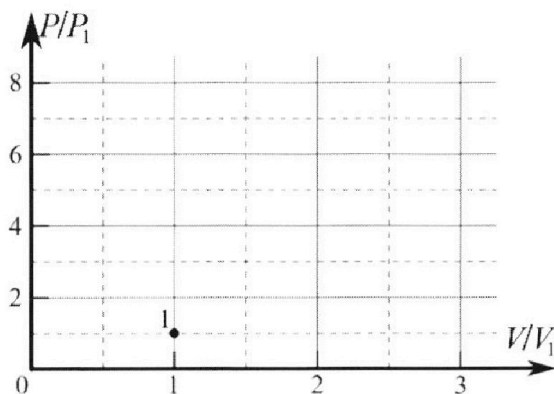
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3,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

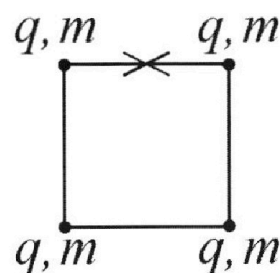
1) Найдите абсолютную величину  $|q|$  заряда каждого шарика.

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.





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.

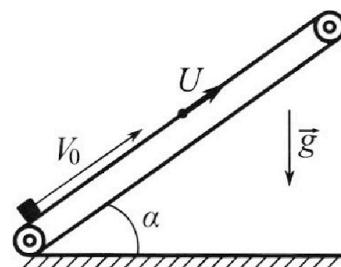
2) На каком расстоянии  $S$  от точки старта находится стенка?

Ускорение свобод ного 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

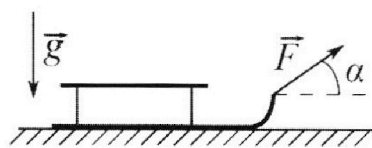
$$U = 1 \text{ м/с?}$$

3) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/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.

· 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!



$\alpha = 45^\circ$   
 $l = 20 \text{ м}$   
 $H = 3,6 \text{ м}$   
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$   
 1)  $v_0 = ?$   
 2)  $S = ?$



$$g_x = 0$$

$$g_y = -g$$

А движение мяча в проекции на:

$$Ox: x = v_0 \cos \alpha t$$

$$Oy: y = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}; \quad t - \text{время от начала полета мяча}$$

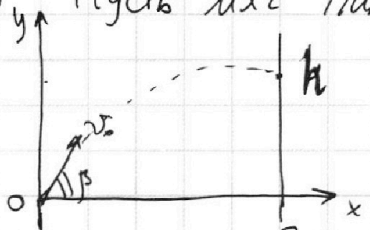
Рассмотрим момент  $t_0$  - падения мяча на землю

$$\begin{cases} x(t_0) = l \\ y(t_0) = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} v_0 \cos \alpha t_0 = l \\ v_0 \sin \alpha t_0 - \frac{gt_0^2}{2} = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} t_0 = \frac{l}{v_0 \cos \alpha} \\ t_0 = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} \end{cases}$$

$$t_0 = t_0 \Rightarrow \frac{l}{v_0 \cos \alpha} = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}; \quad v_0^2 = \frac{gl}{2 \sin \alpha \cos \alpha} = \frac{gl}{\sin 2\alpha}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{gl}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 20}{\sin(2 \cdot 45^\circ)}} = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

2) Пусть мяч падает под углом  $\beta$  к горизонтальной плоскости  
 $h$  - высота, на которой мяч бьется о стенку



А движение мяча в проекции:

$$Ox: x = v_0 \cos \beta t \Rightarrow t = \frac{x}{v_0 \cos \beta}$$

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

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

$$y(s) = h \Leftrightarrow h = s \tan \beta - \frac{gs^2}{2v_0^2} (1 + \tan^2 \beta)$$

$$H = \max(h) = \max\left(-\frac{gs^2}{2v_0^2} + s \tan \beta - \frac{gs^2}{2v_0^2} \tan^2 \beta\right) = \left(\begin{array}{l} \text{это парабола} \\ \text{отн } \tan \beta \in (-\infty; +\infty) \Rightarrow \\ \Rightarrow \text{max в вершине} \end{array}\right)$$

$$\tan \beta = -\frac{b}{2a} = \frac{+s}{2 \cdot \frac{gs^2}{2v_0^2}} = \frac{v_0^2}{gs}$$

$$H = h\left(\tan \beta = \frac{v_0^2}{sg}\right) = -\frac{gs^2}{2v_0^2} + \frac{s \cdot v_0^2}{sg} - \frac{gs^2}{2v_0^2} \cdot \frac{v_0^4}{s^2 g^2} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gs^2}{2v_0^2}$$

$$\frac{gs^2}{2v_0^2} = \frac{v_0^2}{2g} - H \Rightarrow s = \sqrt{\frac{v_0^4}{g^2} - \frac{2v_0^2 H}{g}} = \frac{v_0^2}{g} \sqrt{\frac{v_0^2 - 2gH}{v_0^2}} = \frac{10\sqrt{2}}{10} \sqrt{200 - 2 \cdot 10 \cdot 3,6} =$$

$$= \sqrt{2} \sqrt{200 - 72} = \sqrt{400 - 144} =$$

$$= \sqrt{256} = 16 \text{ м}$$

Ответ: 1)  $v_0 = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 14 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ; 2)  $S = 16 \text{ м}$

1  2  3  4  5  6  7

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



N2

Дано:

$\sin \alpha = 0,6$

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

$\mu = 0,5$

$T = 1c$

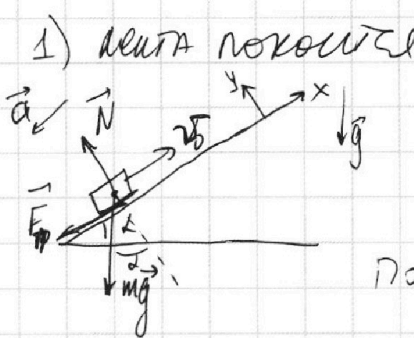
$u = 1 \frac{m}{c}$

$g = 10 \frac{m}{c^2}$

$S = ?$

$T_1 = ?$

$L = ?$



1) лента покоится ;  $\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - 0,6^2} = \frac{8}{10} = 0,8$

OyD:  $m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{тр}$

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

Ox:  $-ma = -mg \sin \alpha - F_{тр}$

по 1-му закону Ньютона - Ампера:  $F_{тр} = \mu N$

$ma = mg \sin \alpha + \mu N = mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$

$a = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = 10(0,6 + 0,5 \cdot 0,8) = 10 \frac{m}{c^2}$   
t-справе от начала

Вверхнее вдоль Ox:  $x = v_0 t - \frac{at^2}{2}$   
Тогда, после которой будет развернуть и тело начнет обратку:

$t_0 = -\frac{v_0}{-a} = \frac{v_0}{a} = \frac{6}{10(0,6 + 0,5 \cdot 0,8)} = \frac{6}{6,4} = 0,9375 c$

Значит к моменту  $T = 1c$  тело развернется и ипотетический путь  $S = |v_0(t_0 - 0) - \frac{a(t_0^2 - 0)}{2}| + |v_0(T - t_0) - \frac{a(T^2 - t_0^2)}{2}| =$

$= |6 \cdot 0,9375 - \frac{10}{2} \cdot (0,9375^2)| + |6(1 - 0,9375) - \frac{10}{2} \cdot (1^2 - 0,9375^2)| =$

$= |3,6 - 3 \cdot 0,8789| + |6 \cdot 0,0625 - 5 \cdot 0,0769| =$

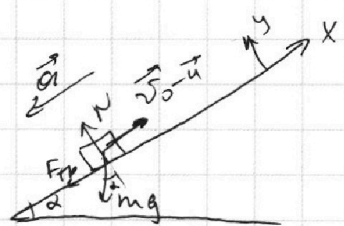
$= 1,8 + |2,4 - 3,21| = 1,8 + 0,8 = 2,6 m = 2,6 c$

2) Поу в ЛСО ~~сначала~~ коробка приобретает

скоростью  $u$ , то эти ленты, движущиеся со скоростью

$u$ , то в СО ленты коробка останавливается:

В СО ленты (инерц. сист отсчета) Аналогично п1:



OyD:  $m\vec{a} = \vec{N} + \vec{F}_{тр} + m\vec{g}$

Oy:  $N = mg \cos \alpha$ ;  $F_{тр} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$

Ox:  $ma = F_{тр} + mg \sin \alpha$

$a = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = 10(0,6 + 0,5 \cdot 0,8) = 10 \frac{m}{c^2}$

~~В СО ленты~~  $v_{x(t)} = (v_0 - u) - at$   
 $v_{x(t)} = 0 \Rightarrow u = v_0 - at \Rightarrow t_1 = \frac{v_0 - u}{a} = \frac{6 - 1}{10} = 0,5 c$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

3) из П2: в 50 левты

$$x(t) = (v_0 - u)t - \frac{at^2}{2}$$

$$v_x(t) = (v_0 - u) - at$$

Пусть  $T_2$  - момент времени в который  
скорость в ЛС0 = 0  $\Rightarrow$  в 50 левты:

$$\begin{cases} v_x(T_2) = -u \\ x(T_2) = L \end{cases}$$

$$\begin{cases} (v_0 - u) - aT_2 = -u \Rightarrow T_2 = \frac{v_0}{a} \\ (v_0 - u)T_2 - \frac{aT_2^2}{2} = L \end{cases}$$

$$L = (v_0 - u) \frac{v_0}{a} - \frac{a \cdot \frac{v_0^2}{a^2}}{2} = \frac{v_0}{a} \left( v_0 - u - \frac{1}{2} v_0 \right)$$

$$L = \frac{v_0}{2a} (v_0 - 2u) = \frac{6 \cdot (6 - 2)}{2 \cdot 10} = \frac{24}{20} = 1,2 \text{ м}$$

Ответ: ~~1) 2,6 м~~

1)  $S = 2,6 \text{ м}$

2)  $T_1 = 0,5 \text{ с}$

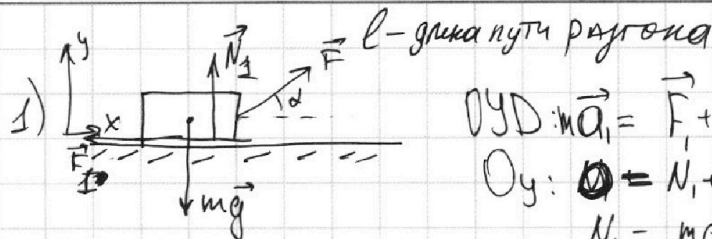
3)  $L = 1,2 \text{ м}$

1  2  3  4  5  6  7

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



№3  
 Дано:  
 $\alpha; k; l_1 = l_2$   
 ~~$l_1 = l_2$~~   
 $m = ?$   
 $S = ?$



$l$  - длина пути рагушка  
 ОУД:  $m\vec{a}_1 = \vec{F}_1 + \vec{F} + m\vec{g} + \vec{N}_1$   
 Оу:  $0 = N_1 + F \sin \alpha - mg$   
 $N_1 = mg - F \sin \alpha$

$m$  - масса санок

$N_1, N_2$  - сила нормальной реакции опоры

$F_1, F_2$  - сила трения; тк движется  $\Rightarrow$  По закону Кулона - Амаптона:  $F_1 = \mu N_1$

Закон Умножения  $\Rightarrow A_{F_1} = \vec{F}_1 \cdot \vec{l}_1 = F l_1 \cos \alpha$   $F_2 = \mu N_2$

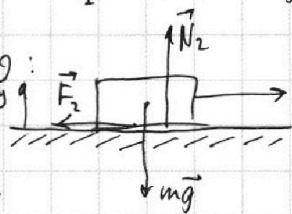
работа  
силы  
трения

$\rightarrow A_{F_1} = (\vec{F}_1, \vec{l}_1) = -F_1 l_1 = -\mu N_1 l_1 = -\mu l_1 (mg - F \sin \alpha)$

Закон Умножения Энергии (ЗУЭ):

$0 = K + A_{F_1} + A_{N_1} \Rightarrow \mu l_1 (mg - F \sin \alpha) = K + F l_1 \cos \alpha$

2) Аналогично:



ОУД:  $m\vec{a}_2 = \vec{F} + m\vec{g} + \vec{N}_2 + \vec{F}_2$   
 Оу:  $N_2 - mg = 0$   
 $N_2 = mg$

$F_2 = \mu N_2 = \mu mg$

$A_{F_2} = -\mu N_2 l_2 = -\mu mg l_2 = -\mu mgl_1$

$A_2 = (\vec{F}, \vec{l}_2) = F l_2 = F l_1$

ЗУЭ:  $0 = K + A_{F_2} + A_2 \Rightarrow \mu mgl_1 = K + F l_1$

т.е.  $\begin{cases} mgl_1 - F l_1 \sin \alpha \cdot \mu = K + F l_1 \cos \alpha \\ \mu mgl_1 = K + F l_1 \end{cases}$

$\ominus: F l_1 \sin \alpha \cdot \mu = F l_1 (1 - \cos \alpha) \Rightarrow \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$

$\mu = \frac{2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}}{2 \sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2}} = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$

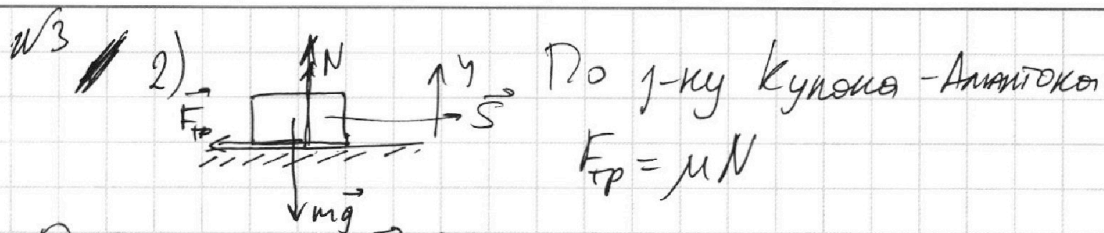
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!



ОУД:  $m\vec{a} = \vec{N} + \vec{F}_{TP} + m\vec{g}$

Оу:  $N = mg$

$F_{TP} = \mu N = \mu mg$

~~$F_{TP}$~~  на когда тело остановится, то оно пройдет  $S$ :

~~$A_{F_{TP}}$~~   $A_{F_{TP}} = (\vec{F}_{TP} | \vec{S}) = -F_{TP} S = -\mu mg S$

ЗУЭ:  $K + A_{F_{TP}} = 0$

↑ энергия вращае      ↑ упругая энергия      ↑ полная энергия

$K - \mu mg S = 0$

$S = \frac{K}{\mu mg} = \frac{K}{mg} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}$

Ответ: 1)  $\mu = \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}$

2)  $S = \frac{K}{mg} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}$

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!



№4  
 $T_1 = 200\text{K}$   
 $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К}\cdot\text{моль}}$   
 $i = 3; \nu = 1 \text{ моль}$   
 $A_{31} = ?$   
 $\eta = ?$   
 $p(V) = ?$



По 1-му закону Термодинамики:  
 $\delta Q = \delta A' + dU$   
 $\delta A' = p dV$   
 увеличение температуры газа  
 $\delta A'$  - элементарная работа газа

По опрег:  $C = \frac{\delta Q}{dT} \Rightarrow \delta Q = C dT$   
 $U = \frac{i}{2} \nu R T \Rightarrow dU = \frac{i}{2} \nu R dT \Rightarrow \delta A' = \delta Q - dU = (C - \frac{i}{2} \nu R) dT$

1)  $A_{31} = -A'_{31} = -\int_{T_3}^{T_1} (C - \frac{i}{2} \nu R) dT = -\nu (C_{31} - \frac{i}{2} \nu R) (T_1 - T_3)$   
 тк  $C_{31} = \text{const}$

$A_{31} = \nu (\frac{T_3}{T_1} - 1) (2R - 1,5R) T_1 = 1,0 \cdot 5,831 \cdot 200 \cdot (4-1) = 831 \cdot 3 = 2493 \text{ Дж}$

2)  $\eta = \frac{Q_{\text{н}} - |Q_{\text{х}}|}{Q_{\text{н}}}$ , где  $Q_{\text{н}}$  - тепло, приведенное в систему,  $Q_{\text{х}}$  - тепло, отведенное от системы

тк в процессе  $1 \rightarrow 2$   $T \uparrow$ , а  $2 \rightarrow 3$  и  $3 \rightarrow 1$   $T \downarrow$ , то

$Q_{\text{н}} = | \text{площадь под } C = \frac{C_{12}}{R} | = \nu 1,5 R \cdot (8-1) \cdot T_1 = \frac{3}{2} \cdot 7 \cdot 8,31 \cdot 200 \cdot 1 = 831 \cdot 21 = 831 + 16620 = 17451 \text{ Дж}$   
 $Q_{\text{н}} = 17451 \text{ Дж} = \frac{21}{2} \nu R T_1$

$|Q_{\text{х}}| = | \text{площадь под } (\frac{C}{R} = \frac{C_{23}}{R}) + (\frac{C}{R} = \frac{C_{31}}{R}) | =$   
 $= \nu (8-4) T_1 \cdot 0,5 R + \nu (4-1) T_1 \cdot 2 R = \nu R T_1 (0,5 \cdot 4 + 3 \cdot 2) = 8 \nu R T_1$

$\eta = \frac{Q_{\text{н}} - |Q_{\text{х}}|}{Q_{\text{н}}} = \frac{\frac{21}{2} \nu R T_1 - 8 \nu R T_1}{\frac{21}{2} \nu R T_1} = \frac{21 - 16}{21} = \frac{5}{21}$

13) 3) Ур-ие Менделеева - Клапейрона:  $p, V_i = \nu R T$

$C_{13} \nu dT = \delta Q_{13} = \delta A'_{13} + dU_{13} = p dV + \dots + \frac{i}{2} \nu R dT$

$C_{13} = 2R \Rightarrow 2 \nu R dT = p dV + \dots + \frac{3}{2} \nu R dT$



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!



$$\cancel{pV = 0,5 R dT} \Rightarrow 0,5 R dT = p dV$$

$$\left. \begin{array}{l} pV = RT \\ p dV + V dp = R dT \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{p dV + V dp}{0,5 R dT} = \frac{R dT}{R dT} \Rightarrow \frac{p dV + V dp}{0,5 R dT} = 1$$

Или  $p = 0,5 R dT \Rightarrow$

Положим:  $\frac{dT}{2T} = \frac{dV}{V} \Rightarrow \frac{1}{2} \int \frac{dT}{T} = \int \frac{dV}{V}$

$$\frac{1}{2} \ln T = \ln V + \ln C_0 \Rightarrow$$

При  $T = T_1 : V = V_1 \Rightarrow \ln C_0 = \frac{1}{2} \ln T_1 - \ln V_1$

Значит  $\frac{1}{2} \ln \frac{T}{T_1} = \ln \frac{V}{V_1} \Rightarrow \frac{V}{V_1} = \sqrt{\frac{T}{T_1}}$

$$T = \frac{pV}{R} \Rightarrow \frac{V}{V_1} = \sqrt{\frac{pV}{RT_1}} \Rightarrow \frac{V^2}{V_1^2} = \frac{pV}{p_1 V_1} \Rightarrow \frac{p}{p_1} = \frac{V}{V_1} \Rightarrow$$

$$\frac{V_3}{V_1} = \sqrt{\frac{T_3}{T_1}} = \sqrt{\frac{4}{1}} = 2 \text{ (так } T_3 \in (1,3))$$

12

$$p_3 = p_1 \cdot \frac{V_1}{V_3} = 2 p_1$$

$\Rightarrow$  прямая линия  
в системе координат

$$dTC_{1,2} = p dV + \frac{3}{2} R dT ; C_{1,2} = \frac{3}{2} R \Rightarrow p dV = 0 \Rightarrow V = \text{const}$$

$$\left. \begin{array}{l} p_1 V_1 = RT_1 \\ p_2 V_2 = RT_2 \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{p_2}{p_1} \cdot \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{8}{1} = 8$$

23

$$C_{2,3} = 0,5 R$$

$$\frac{1}{2} R dT = p dV + \frac{3}{2} R dT \Rightarrow p dV = -R dT \Rightarrow$$

$$\left. \begin{array}{l} p dV = -R dT \\ pV = RT \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \int \frac{dV}{V} = - \int \frac{dT}{T} \Rightarrow \ln V = -\ln T + K_0$$

При  $T = T_3 : V = V_3 \Rightarrow \ln V_3 = -\ln T_3 + K_0 \Rightarrow K_0 = \ln V_3 + \ln T_3$

тогда  $\ln V - \ln V_3 = \ln T_3 - \ln T_1 \Rightarrow \frac{V}{V_3} = \frac{T_3}{T_1} = \left( \frac{pV}{RT_3} \right)^{-1} \Rightarrow \frac{V}{V_3} = \frac{p_3 V_3}{pV}$

$$\Rightarrow \frac{V}{V_3} = \frac{p_3 V_3}{pV} \Rightarrow p = p_3 = \text{const} \quad pV^2 = p_3 V_3^2 = \text{const}$$

$$p_3 = \frac{RT_3}{V_3} \quad \text{т.е.} \quad \frac{p}{p_1} \cdot \left( \frac{V}{V_1} \right)^2 = \left( \frac{p_3}{p_1} \right) \cdot \left( \frac{V_3}{V_1} \right)^2 =$$

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

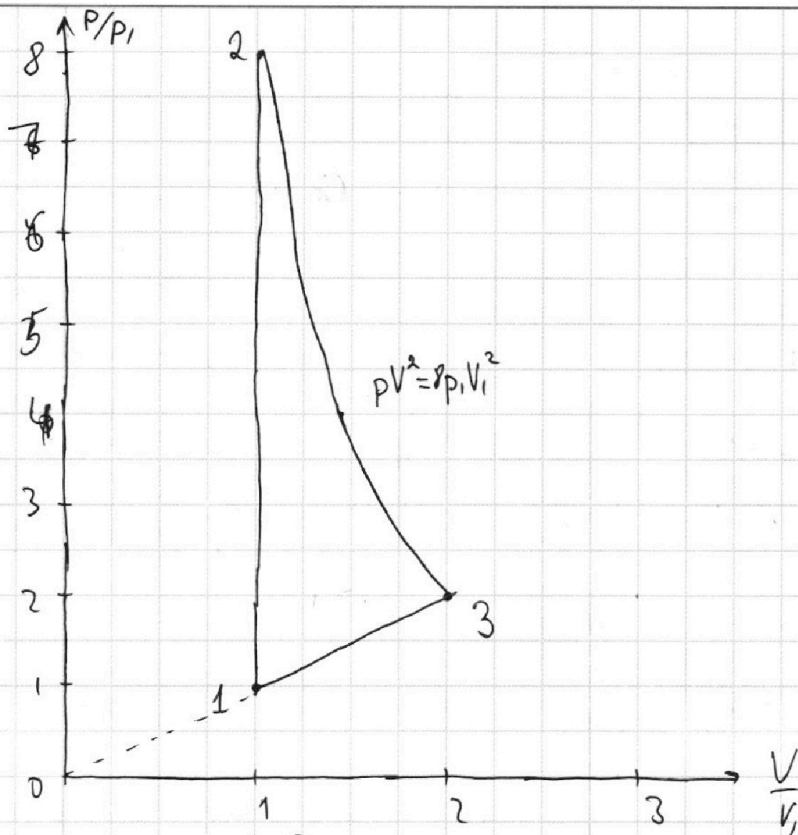
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!

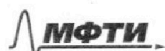


Ответ: 3) 1)  $A_{\text{з}} = 2493 \text{ Дж}$ ; 2)  $\eta = \frac{5}{21}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

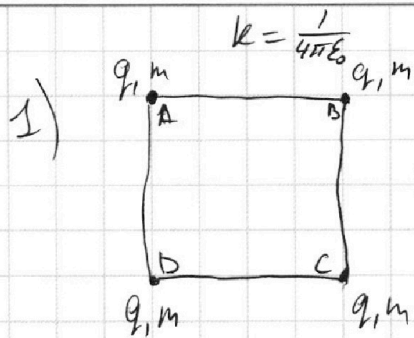
1  2  3  4  5  6  7



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



№5  
Дано:  $a, T, \epsilon_0$   
1)  $|Q|$  - ?  
2)  $k$  - ?  
3)  $d$  - ?



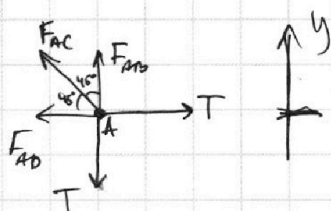
1-й закон Купона

$$\begin{cases} F_{AB} = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a^2}; & AC = \sqrt{2}a \\ F_{AC} = \frac{q^2}{8\pi\epsilon_0 a^2} = \frac{1}{2} F_{AB} \\ F_{AD} = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a^2} \\ F_{xy} = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 xy^2} \end{cases}$$

Рассмотрим левый верхний (A), где остальные аналогично

тк всё симметрично и накладывается при повороте  $\Rightarrow$

$\Rightarrow$  силы направлены  
направо



УПР  
Равновесие Oxy

Oy:  $F_{AB} + F_{AC} \cdot \cos 45^\circ = T$

$T = F_{AD} + \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{2} F_{AB} = F_{AB} \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}}\right)$

$T = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a^2} \left(\frac{4+\sqrt{2}}{4}\right) = \frac{kq^2}{a^2} \cdot \frac{4+\sqrt{2}}{4} \Rightarrow \frac{kq^2}{a^2} = \frac{4+\sqrt{2}}{4} T_a$

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

$|q| = 4a \sqrt{\frac{\pi\epsilon_0}{4+\sqrt{2}}}$  ;

2) Рассмотрим шарик A.

Шарик в центре:

$E_1 = E_{AB} + E_{AC} + E_{AD} = kq^2 \left(\frac{2}{2a} + \frac{\sqrt{2}}{2a} + \frac{2}{2a}\right) = \frac{kq^2}{2a} (4+\sqrt{2})$   
в центре.

$E_D = E_A = kq^2 \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{2a} + \frac{1}{3a}\right) = \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{11}{6}$

$E_C = E_B = kq^2 \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{a} + \frac{1}{2a}\right) = \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{5}{2}$

\*  $3C \Rightarrow 4E_1 = 2(E_A + E_B) + 4k$

$k = E_1 - \frac{1}{2}(E_A + E_B) = \frac{kq^2}{a} \left(\frac{4+\sqrt{2}}{2} - \frac{1}{2} \left(\frac{11}{3} + 5\right)\right) = \frac{kq^2}{42a} (24+6\sqrt{2} - 11-15)$

~~к~~

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

МФТИ

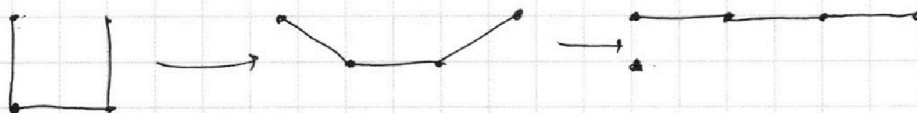
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$K = \frac{kq^2}{12a} (6\sqrt{2} - 2) = \frac{4+\sqrt{2}}{24} T_a (3\sqrt{2} - 1) = \frac{11\sqrt{2} - 2}{24} T_a$$

3) тк система симметрична, то она переобита так!

(только оти равнолечеие



или верга катоды, тк на концах верга  
взаимодействуют два заряда

$$\text{Скорость: } v = \sqrt{\frac{2K}{2m}} = \sqrt{\frac{11\sqrt{2} - 2}{12m} T_a}$$

$$\cancel{d} \quad d = \frac{1}{2}\pi a - a$$

потому что так надо.

Ответ:

$$1) |q| = 4a \sqrt{\frac{\pi \epsilon_0}{4 + \sqrt{2}}}$$

$$2) K = \frac{11\sqrt{2} - 2}{24} T_a$$

$$3) d = \left(\frac{\pi}{2} - 1\right) a$$



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7



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

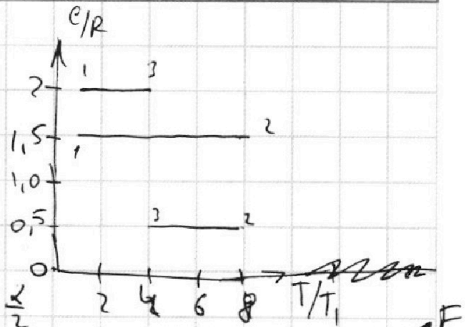
*решение*

$$\delta Q = \delta A' + dU = p dV + \cancel{\dots} + \frac{i}{2} \mathcal{V} R dT$$

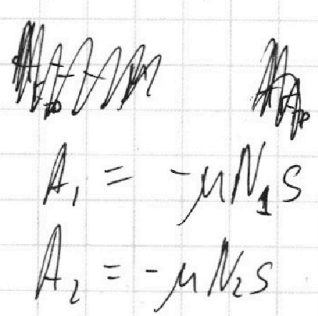
$$C = \frac{\delta Q}{dT} = p \frac{dV}{dT} + \cancel{\dots} + \frac{i}{2} \mathcal{V} R$$

$$C dT = \delta Q$$

$$\frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}}{2 \sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2}} = \tan \frac{\alpha}{2}$$

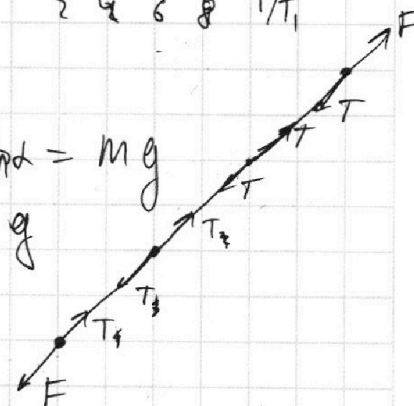


X  
X  
X  
X  
5



$$N_1 \neq F \sin \alpha = mg$$

$$N_2 = mg$$



$$K = F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha) s = F s - \mu m g s$$

$$F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha = E s \quad \mathcal{V} C R dT = p dV + \frac{i}{2} \mathcal{V} R dT$$

$$- \epsilon \frac{m M}{r}$$

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

$$a_2 = -\mu g - k \frac{q q}{r}$$

$$a_1 = -\mu g -$$

$$\cos \alpha = \frac{1 - 2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}}{1}$$

$$4 + \sqrt{2}$$

$$F = \frac{q^2}{4 \pi a^2 \epsilon_0}$$

$$T = \frac{q^2}{4 \pi a^2 \epsilon_0}$$

$$-4 \pi \epsilon_0 m =$$

$$+ 4 \pi k q = \frac{q}{\epsilon_0}$$

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

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

$$q = \dots$$

$$(3\sqrt{2} - 1)(4 + \sqrt{2}) =$$

$$= 12\sqrt{2} - 4 + 6 - \sqrt{2} =$$

$$= 11\sqrt{2} - 2$$

$$q = 2a \sqrt{\pi \epsilon_0}$$

$$\sqrt{\frac{4^2}{4 + \sqrt{2}}}$$

$$4 + \sqrt{2} \sqrt{4}$$



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"/>



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

