



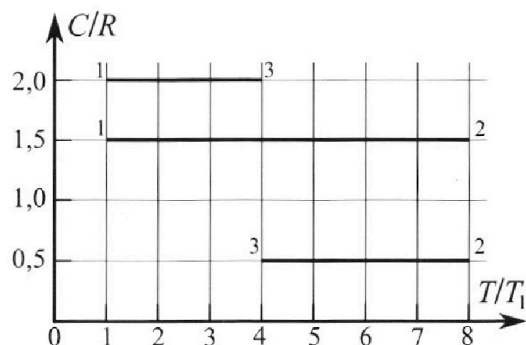
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

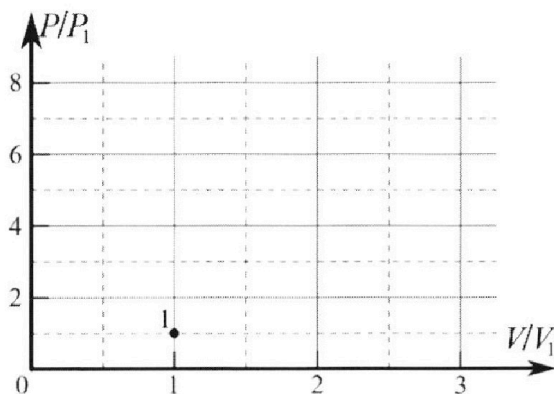
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



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).

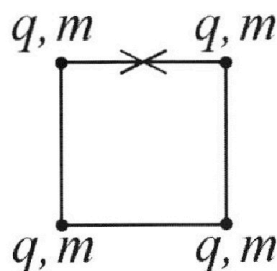


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует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

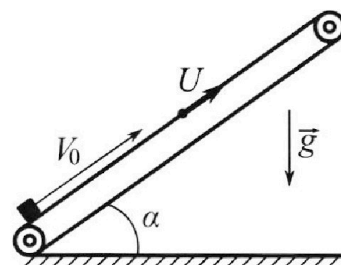
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

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.).

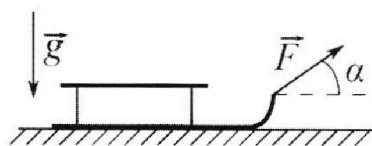
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

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 .

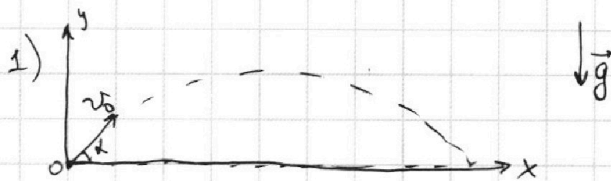
Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

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!



$\sqrt{1}$
 $\alpha = 45^\circ$
 $L = 20 \text{ м}$
 $H = 3.6 \text{ м}$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
 1) $v_0 = ?$
 2) $S = ?$



$g_x = 0$
 $g_y = -g$

Движение шара в проекции на:

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

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

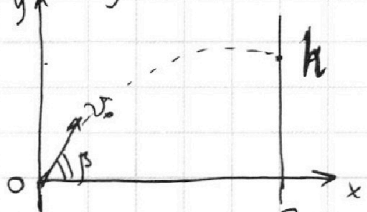
Рассмотрим момент t_0 - падение шара на землю

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

$t_0 = t_0 \Rightarrow \frac{L}{v_0 \cos \alpha} = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}; v_0^2 = \frac{gL}{2 \sin \alpha \cos \alpha} = \frac{gL}{\sin 2\alpha}$

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

2) Пусть шар пикнет под углом β к горизонтальной плоскости. h - высота, на которой шар бьется о стенку



Движение шара в проекции:

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

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

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

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

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

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

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

$\frac{gs^2}{2v_0^2} = \frac{v_0^2}{2g} - H \Rightarrow S = \sqrt{\frac{v_0^4}{g^2} - \frac{2v_0^2 H}{g}} = \frac{v_0^2}{g} \sqrt{1 - 2gH} = \frac{10\sqrt{2}}{10} \sqrt{200 - 2 \cdot 10 \cdot 3.6} =$
 $= \sqrt{2} \sqrt{200 - 72} = \sqrt{400 - 144} =$
 $= \sqrt{256} = 16 \text{ м}$

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!

№2
Дано:
 $\sin \alpha = 0,6$
 $v_0 = 6 \frac{m}{c}$
 $\mu = 0,5$
 $T = 1c$
 $u = 1 \frac{m}{c}$
 $g = 10 \frac{m}{c^2}$

1) Лента покоится; $\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - 0,6^2} = \frac{8}{10} = 0,8$
ОУД: $m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{тр}$
О_y: $0 = -mg \cos \alpha + N \Rightarrow N = mg \cos \alpha$
О_x: $-ma = -mg \sin \alpha - F_{тр}$
По 1-му закону 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 - время от начала

В движении вдоль О_x: $x = v_0 t - \frac{at^2}{2}$
Тогда, после которой будет развернуть и тело поедет обратно,

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

Зная к моменту $T = 1c$ тело развернется и пойдет назад

$$S = |v_0(t_0 - 0) - \frac{a(t_0^2 - 0)}{2}| + |v_0(T - t_0) - \frac{a(T^2 - t_0^2)}{2}| =$$

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

$$= |3,6 - 3 \cdot 0,9375| + |6 \cdot 0,0625 - 5 \cdot 0,0625| =$$

$$= 1,8 + 0,0625 = 1,8625m \approx 1,9m$$

2) Пусть в ЛСО ~~сначала~~ коробка приобретает скоростью u , то эти ленты, движущиеся со скоростью u , то в СО ленты коробка остановится:

В СО ленты (инерц. сист. отсчета)

Аналогично п1:

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

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

$$O_x: ma = F_{тр} + mg \sin \alpha$$

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

$$v_{x1} = (v_0 - u) - at$$

$$v_{x1}(t_1) = 0 \Rightarrow u = v_0 - at_1 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0 - u}{a} = \frac{6 - 1}{10} = 0,5c$$



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) из п2: в СО левый

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

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

Пусть T_2 - момент времени в который
скорость в ЛСО = 0 $\Rightarrow$ в СО левый:

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

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

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

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

Ответ: ~~1) 2,6 м~~

1) $S = 2,6 \text{ м}$

2) $T_1 = 0,5 \text{ с}$

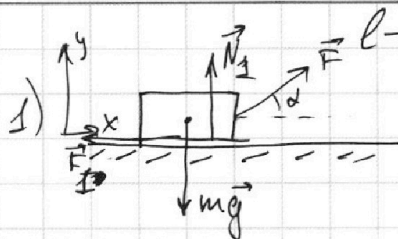
3) $L = 1,2 \text{ м}$

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~~
 $\mu = ?$
 $S = ?$



l — длина пути рычага

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 — сила нормальной реакции опоры

F_1 — сила трения; μ — коэффициент трения (по закону Кулона-Ампера):

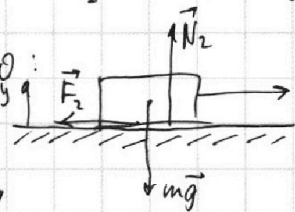
Закон Угличения $A_{F_1} = \vec{F}_1 \cdot \vec{l}_1 = -F_1 l_1 = -\mu N_1 l_1 = -\mu l_1 (mg - F \sin \alpha)$

работы
силы трения

Закон Угличения Энергии (ЗУЭ):

$0 = K + A_{F_1} + A_1 \Rightarrow \mu l_1 (mg - F \sin \alpha) = K + F l_1 \cos \alpha$

2) Аналогично:



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

$F_2 = \mu N_2 = \mu mg$

$A_{F_2} = -\mu N_2 l_2 = -\mu mg l_2 = -\mu mgl_2$

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

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

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

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

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



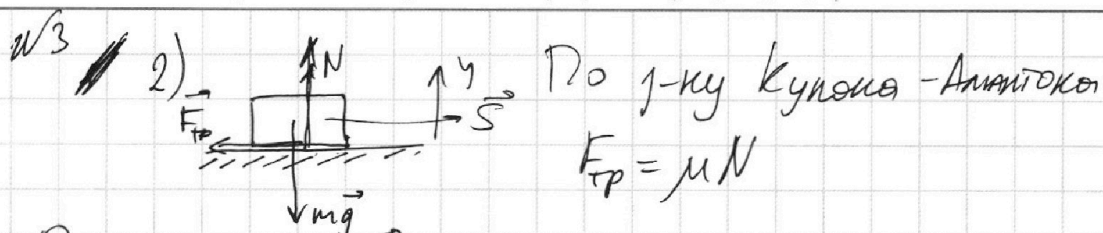
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



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

$$\text{Оу: } N = mg$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg$$

~~$A_{F_{\text{тр}}}$~~ на когда тело остановится, то оно пройдет S :

$$A_{F_{\text{тр}}} = (\vec{F}_{\text{тр}}; \vec{S}) = -F_{\text{тр}} S = -\mu mg S$$

$$\text{ЗУЭ: } K + A_{F_{\text{тр}}} = 0$$

↑ ↑ ↑
энергия упругая энергия
вытрате

$$K - \mu mg S = 0$$

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

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 ☐

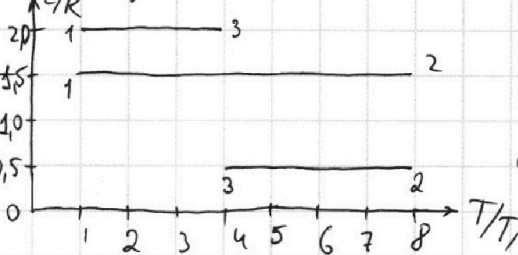
МФТИ

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



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

График по условию:



По I-му закону
 Термодинамики:
 $\delta Q = \delta A' + dU$
 $\delta A' = p dV$
 $\delta A' - \text{элементарная}$
 работа газа
 $dU - \text{изменение}$
 внутренней
 энергии
 газа

По опре: $C = \frac{\delta Q}{dT} \Rightarrow \delta Q = C dT$

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

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

$A_{31} = \nu (\frac{T_3}{T_1} - 1) (2R - 1.5R) T_1 = 1.0 \cdot 5831 \cdot 200 \cdot (4 - 1) = 831 \cdot 3 = 2493 \text{ Дж}$

2) $\eta = \frac{Q_H - |Q_X|}{Q_H}$, где Q_H - тепло, приведенное в систему
 Q_X - тепло, отведенное от системы

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

$Q_H = \left| \text{площадь под } \frac{C}{R} = \frac{C_{12}}{R} \right| = \int 1.5 R \cdot (8 - 1) \cdot T_1 = \frac{3}{2} \cdot 7 \cdot 831 \cdot 200 =$
 $= 831 \cdot 21 = 831 + 16620 = 17451 \text{ Дж}$
 $Q_H = 17451 \text{ Дж} = \frac{21}{2} \nu R T_1$

$|Q_X| = \left| \text{площадь под } \left(\frac{C}{R} = \frac{C_{23}}{R} \right) + \left(\frac{C}{R} = \frac{C_{31}}{R} \right) \right| =$
 $= \int (8 - 4) T_1 \cdot 0.5 R + \int (4 - 1) T_1 \cdot 2 R = \nu R T_1 (0.5 \cdot 4 + 3 \cdot 2) = 8 \nu R T_1$

$\eta = \frac{Q_H - |Q_X|}{Q_H} = \frac{\frac{21}{2} \nu R T_1 - 8 \nu R T_1}{\frac{21}{2} \nu R T_1} = \frac{21 - 16}{21} = \frac{5}{21}$

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

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

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

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!



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

$$\left\{ \begin{array}{l} pV = RT \\ p dV + V dp = RT dT \end{array} \right. \Rightarrow \frac{p dV + V dp}{pV} = \frac{RT dT}{RT} \Rightarrow \frac{dp}{p} + \frac{dV}{V} = \frac{dT}{T}$$

$$\cancel{dp} = 0,5 R dT \Rightarrow$$

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

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

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

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

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

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

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

или к началу координат

(12)

$$dT C_{12} = p dV + \frac{3}{2} R dT; C_{12} = \frac{3}{2} R \Rightarrow p dV = 0 \Rightarrow V = \text{const}$$

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

(23)

$$C_{23} = 0,5 R$$

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

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

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

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

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

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1
☐

2
☐

3
☐

4
☒

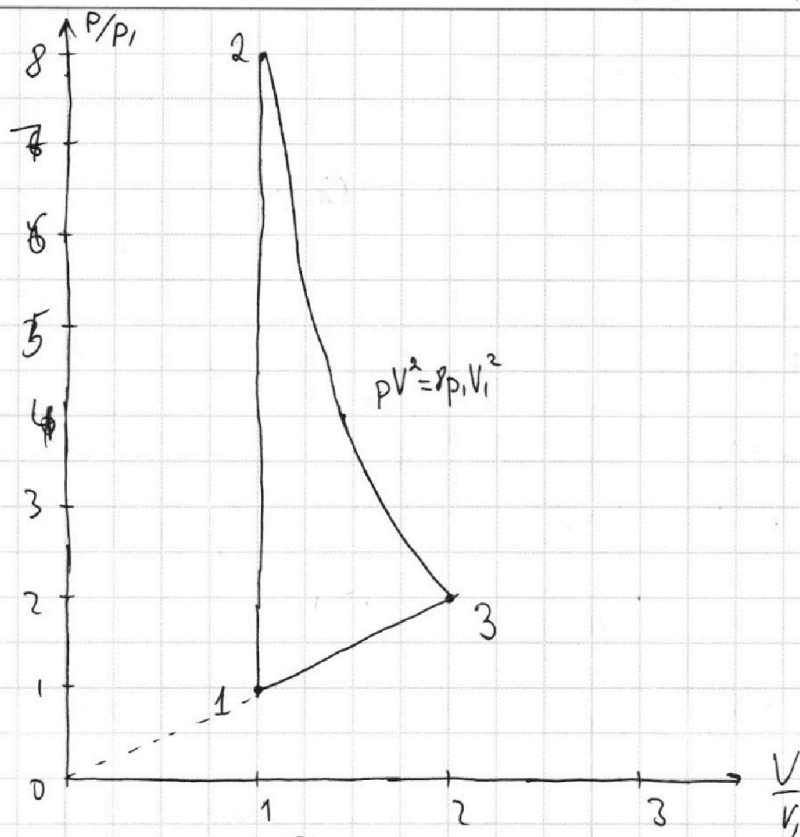
5
☐

6
☐

7
☐

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) $A_{\text{кр}} = 2493 \text{ Дж}$; 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
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

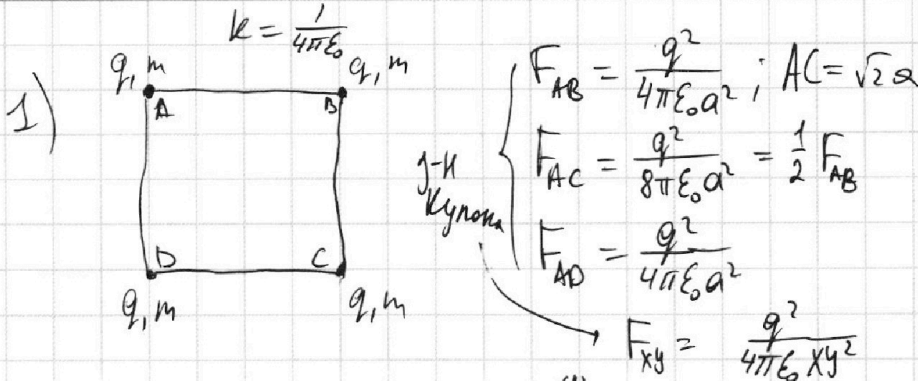
МФТИ

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, ϵ_0

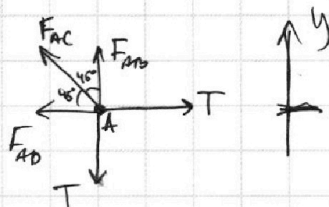
- 1) $|Q|$ - ?
- 2) K - ?
- 3) d - ?



Рассмотрим левый верхний, где остальные аналогично

тк всё симметрично и накладывается при повороте $\Rightarrow$

$\Rightarrow$
силы натяжения
нужны равны



УПР
Равновесие ОУ

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

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

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

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

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

2) Рассмотрим шарик A:

Электрич. в центре:

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

в центре:

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

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

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

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

~~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
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

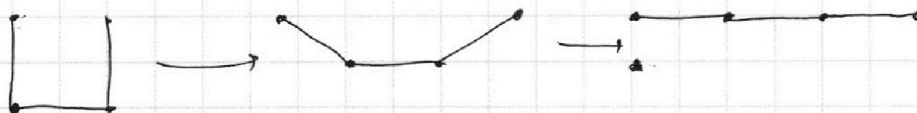
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



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

3) тк система симметрична, то она
перебивалась так!

(только оти расположение



нити верда катушки, тк на концах верда
взаимодействуют два заряда

скорость: $v = \sqrt{\frac{2K}{m}} = \sqrt{\frac{11\sqrt{2} - 2}{12m} Ta}$

~~длина~~ $d = \frac{1}{2}\pi a - a$

потому что так надо.

Ответ:

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

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

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

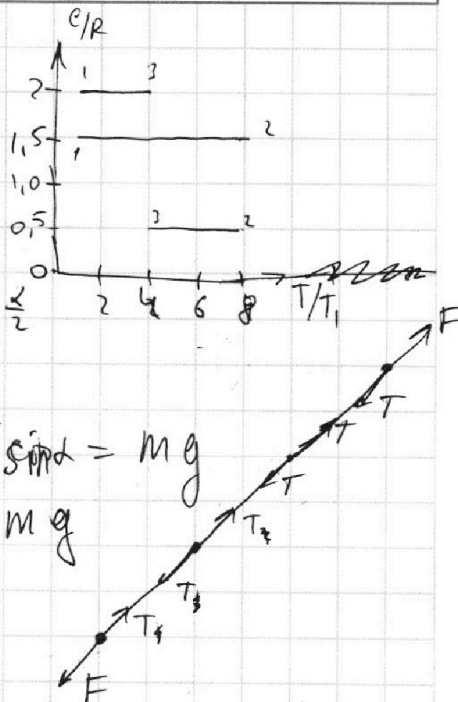
решение

$$\delta Q = \delta A' + dU = p dV + \frac{C}{2} R dT$$

$$C = \frac{\delta Q}{dT} = p \frac{dV}{dT} + \frac{C}{2} R$$

$$C dT = \delta Q$$

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



X
X
X
X
5

$$A_1 = -\mu N_1 s$$

$$A_2 = -\mu N_2 s$$

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

$$N_2 = mg$$

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

$$F \cos \alpha + \mu F s \sin \alpha = F s$$

$$\int C R dT = p dV + \frac{C}{2} R dT$$

$$- G \frac{mM}{r}$$

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

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

$$a_1 = -\mu g -$$

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

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

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

$$4 + \sqrt{2}$$

$$-4 \pi b m =$$

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

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

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

$$q = \frac{q}{\epsilon_0}$$

$$q = \frac{q}{\epsilon_0}$$

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

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

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

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

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

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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

