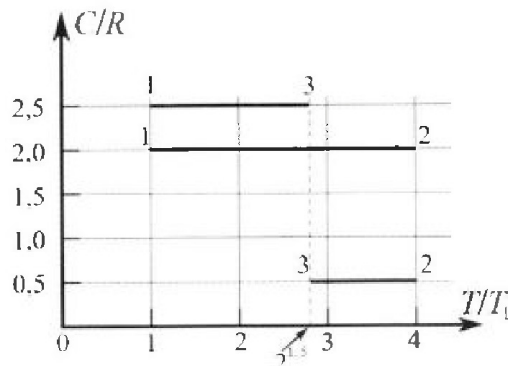


Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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

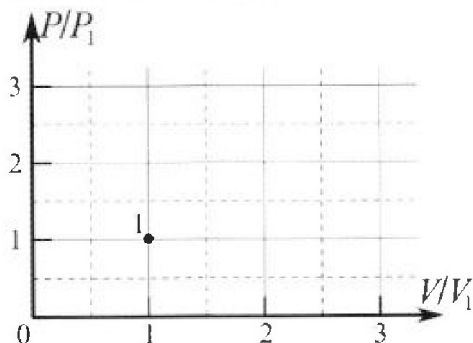
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 $T_1 = 400$ K, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·K).



1) Найдите работу A_{1-2} газа в процессе 1-2.

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.



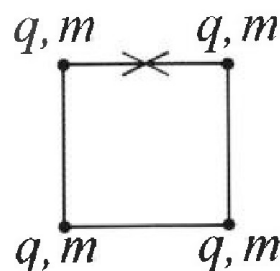
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

1) Найдите силу T натяжения нитей.

Одну нить пережигают.

2) Найдите скорость V 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)?



Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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



1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за $T = 2$ с.

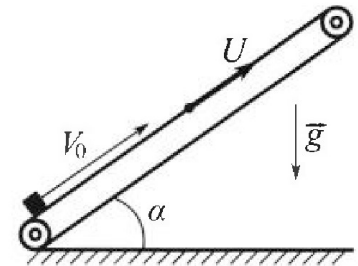
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

2) Теннисист посылает мяч с начальной скоростью V_0 под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии $S = 20$ м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым. Все высоты отсчитываются от точки старта.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,8$ (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 4$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = \frac{1}{3}$. Движение коробки прямолинейное.



1) За какое время T после старта коробка пройдет в первом опыте путь $S = 1$ м?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 2$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 4$ м/с.

2) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 2$ м/с?

3) На какой высоте H , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? 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 скорости V_0 за одинаковое время.

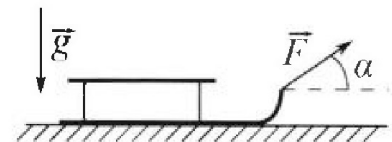
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения скорости V_0 действие внешней силы прекращается.

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

2) Через какое время T после прекращения действия силы санки остановятся? 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!



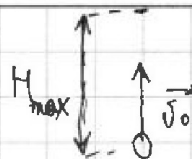
1) $v_{\text{на макс высоте}} = 0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow v_0 - g t \uparrow (t \text{ подъема}) = v_{\text{н}} = 0$$

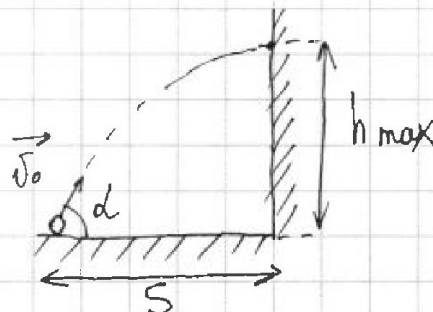
$$v_0 = g t \uparrow$$

$$v_0 \neq 10 \text{ м/с}$$

$$t \uparrow = T \Rightarrow v_0 = g T \Rightarrow v_0 = 10 \cdot 2 = 20 \text{ (м/с)}$$



2) мы знаем что высота удара
меха о стенку (h_{max}) максима-
льна $\Rightarrow$ самый эффективный
удар - удар, когда мех касается



стенки ~~в/мгн/мгн~~ на максимальной высоте подъема $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ ~~в/мгн/мгн~~ v_y (v по вертикали) меха в момент
удара = 0.

$$t (\text{полета до удара}) \cdot v_{0x} (\text{горизонтальная } v \text{ по горизонтальной}) = S$$

$$t \cdot v_{0y} - \frac{gt^2}{2} = h_{\text{max}}$$

при этом $t = \frac{v_{0y}}{g}$ (так v_y в момент удара = 0) $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \begin{cases} \frac{v_{0y} v_{0x}}{g} = S \\ \frac{v_{0y}^2}{g} - \frac{g \cdot v_{0y}^2}{2g^2} = h_{\text{max}} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} S = \frac{v_{0y} v_{0x}}{g} \\ h_{\text{max}} = \frac{v_{0y}^2}{2g} \end{cases}$$

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!

Из наших соображений $\Rightarrow$ Если бы стекла отсутствовало, то дальность полёта L составила бы $2S$, т.к. сопротивление воздуха мало $h_{\max}$ достигается в середине полёта.

$L = 40 \text{ м}$
 $L = v_x \cdot t_{\text{полёта}} = 2t$
 $L = v_x \cdot t_{\text{полёта}}$

$$h_{\max} = \frac{v_{ay}^2}{2g}$$

$$v_{ax} = v_x = v_0 \cdot \cos \alpha$$

$$v_{ay} = v_0 \cdot \sin \alpha$$

$$h_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$L = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = 40$$

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

$$\Rightarrow \sqrt{\sin^2 \alpha - \sin^4 \alpha} = \frac{1}{2} \Rightarrow \sin^2 \alpha - \sin^4 \alpha = \frac{1}{4} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow -t^2 + t - \frac{1}{4} = 0 \Rightarrow t^2 - t + \frac{1}{4} = 0, D = 1 - 1 = 0, t = \frac{1}{2} \Rightarrow \sin^2 \alpha = \frac{1}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sin \alpha = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow \alpha = 45^\circ \Rightarrow h_{\max} = \frac{20^2 \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2}{2 \cdot 10} = \frac{400}{40} = 10 \text{ (м)}$$

Ответ: $v_0 = 20 \text{ м/с}$, $h_{\max} = 10 \text{ м}$

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!

1) m - масса коробки

$\vec{R}$ (результатирующая всех сил,
приложенных к коробке) = $\vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} + m\vec{g}$

$$\begin{cases} \text{по } x: F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha = ma, \text{ где} \\ a - \text{ускорение коробки} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \text{по } y: N - mg \cos \alpha = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \mu N + mg \sin \alpha = ma \\ N = mg \cos \alpha \end{cases}$$

$$\Rightarrow \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha = ma$$

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

$$S_n = v_0 T - \frac{aT^2}{2} \Rightarrow aT^2 - 2v_0 T + 2S_n = 0 \quad \text{где } S_n - \text{пройденный путь.}$$

$$\Rightarrow g(\mu \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} + \sin \alpha) T^2 - 2v_0 T + 2S_n = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 10 \cdot \left(\frac{1}{3} \sqrt{1 - 0,8^2} + 0,8 \right) T^2 - 2 \cdot 4 T + 2 \cdot 1 = 0$$

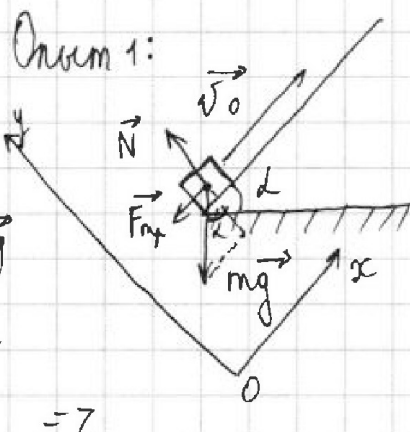
Перед решением уравнения проверим, успеет ли коробка пройти

$S_n = S = 1 \text{ м}$ перед ^{1-ой} остановкой:

$$\begin{cases} S_{\text{ост}}(S_{\text{до } 1\text{-ой остановки}}) = v_0 t_{\text{ост}} - \frac{a t_{\text{ост}}^2}{2} \Rightarrow \\ t_{\text{ост}} = \frac{v_0}{a} \end{cases}$$

$$\Rightarrow S_{\text{ост}} = \frac{v_0^2}{a} - \frac{v_0^2}{2a} = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{v_0^2}{2 \cdot g(\mu \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} + \sin \alpha)}$$

$$S_{\text{ост}} = \frac{4^2}{2 \cdot 10 \cdot \left(\frac{1}{3} \sqrt{1 - 0,8^2} + 0,8 \right)} = \frac{16}{2 \cdot 10 \cdot \left(\frac{0,6}{3} + 0,8 \right)} = \frac{16}{2 \cdot 10 \cdot 1} = 0,8 \text{ м}$$



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!

$S=1\text{ м}$ коробка пройдет еще до 1-ой остановки и мы можем
решать полученное уравнение

$$10 \cdot \left(\frac{1}{3} \sqrt{1-0,8^2} + 0,8 \right) T^2 - 2 \cdot 4 T + 2 \cdot 1 = 0$$

$$10 \cdot \left(\frac{0,6}{3} + 0,8 \right) T^2 - 8 T + 2 = 0 \Rightarrow 10 T^2 - 8 T + 2 = 0 \Rightarrow$$

$$= 5 T^2 - 4 T + 1 = 0, D = 16 - 20$$

коробка не успеет пройти $S=1\text{ м}$ до 1-ой остановки $\Rightarrow S_{\text{ост}} = 0,8\text{ м}$,
м.к.

то $S' (S' = S - S_{\text{ост}}) = 0,2\text{ м}$

$$S' = \frac{1}{2} a t'^2 \quad \left(t' = t_{\text{прохода}} - t_{\text{прохода}} S' \right) + \frac{a t'^2}{2}$$

$$\Rightarrow S' = \frac{a t'^2}{2} \Rightarrow t' = \sqrt{\frac{2 S'}{a}} \Rightarrow t' = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2}{10}} =$$

$$\left[a = 10 \cdot \left(\frac{1}{3} \sqrt{1-0,8^2} + 0,8 \right) = 10 \text{ м/с}^2 \right] = \sqrt{0,04} = 0,2 (\text{с})$$

$$T = t_{\text{ост}} + t' = \frac{v_0}{a} + t' \Rightarrow T = \frac{4}{10} + 0,2 = 0,6 (\text{с})$$

2) Мы понимаем, что пока коробка движется
"вверх" быстрее эскалатора, $F_{\text{тр}}$ будет "тащить"
ее вниз.

После того, как v коробки станет $= u$, $F_{\text{тр}}$
будет тащить ее "вверх"

$$F_{\text{тр}} = \mu \cdot N$$

$\downarrow$
const

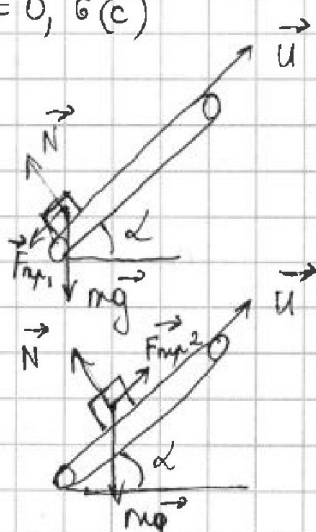
$$mg \cos \alpha$$

$$\Rightarrow F_{\text{тр}1} = F_{\text{тр}2} = F_{\text{тр}} \text{ из первого опыта}$$

Сним 2:

до момента,
когда v коробки не
станет $= 2 \text{ м/с}$

после:



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!

$\Rightarrow a_1$ (до момента когда $\vec{v}$ коробки станет $= u$) = a из первого опыта $= 10 \text{ м/с}^2$

$$\begin{cases} L = v_0 t_1 \left(t \text{ до момента, когда } \vec{v}_{\text{коробки}} \text{ станет } = u \right) - \frac{a t_1^2}{2} \Rightarrow \\ t_1 = \frac{v_0 - u}{a} \end{cases}$$

$$\Rightarrow L = \frac{v_0^2 - v_0 u}{a} - \frac{a (v_0 - u)^2}{2 a^2} = \frac{v_0 (v_0 - u)}{a} - \frac{(v_0 - u)^2}{2 a}$$

$$L = \frac{4 \cdot (4 - 2)}{10} - \frac{(4 - 2)^2}{2 \cdot 10} = \frac{8}{10} - \frac{4}{20} = \frac{8}{10} - \frac{2}{10} = \frac{6}{10} \text{ (м)}$$

3) Рассмотрим движение коробки после t_1 : теперь.

a_2 (а коробки после t_1) = a_{max} (в результате F_{max}) - $a_{\text{тр}}$ (в результате $F_{\text{тр}}$) $\Rightarrow a_2 = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha \Rightarrow$

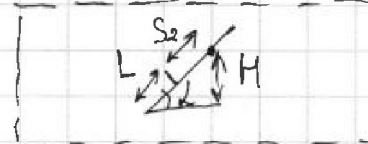
$$\Rightarrow a_2 = 10 \cdot 0,8 - \frac{1}{3} \cdot 10 \cdot \sqrt{1 - 0,8^2} = 8 - 2 = 6 \text{ (м/с}^2\text{)}$$

(при этом a_2 направлена „вниз“)

$$S_2 \text{ (S после } t_1 \text{ до 1-ой остановки)} = u t_2 \left(t \text{ после } t_1 \text{ до 1-ой ост.} \right) - \frac{a_2 t_2^2}{2}$$

$$\left. \begin{aligned} & t_2 = \frac{u}{a_2} \\ & \Rightarrow S_2 = \frac{u^2}{a_2} - \frac{a_2 \cdot u^2}{2 a_2^2} = \frac{u^2}{2 a_2} \end{aligned} \right\}$$

$$S_2 = \frac{2^2}{2 \cdot 6} = \frac{4}{12} = \frac{1}{3}$$



$$H = (L + S_2) \cdot \sin \alpha \Rightarrow H = \left(\frac{6}{10} + \frac{1}{3} \right) \cdot \frac{8}{10} = \frac{18 + 10}{30} \cdot \frac{8}{10} = \frac{28}{30} \cdot \frac{8}{10} = \frac{14}{15} \cdot \frac{4}{5} = \frac{56}{75}$$

$$\text{Ответ: } T = \frac{6}{10} \text{ с}, L = \frac{6}{10} \text{ м}, H = \frac{56}{75} \text{ м}$$

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!



1) В первом случае $\vec{R}_1$ (результирующая всех сил приложенных к санкам) $= \vec{N}_1 + \vec{F} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}1}$

$$Ox: F \cdot \cos \alpha - F_{\text{тр}1} = ma_1 \quad (m - \text{масса санок})$$

$$Oy: N_1 + F \sin \alpha - mg = 0$$

$$\begin{cases} a_1 = \frac{F \cos \alpha - F_{\text{тр}1}}{m} \\ N_1 = mg - F \sin \alpha \end{cases}$$

Во втором случае $\vec{R}_2 = \vec{N}_2 + \vec{F} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}2}$

$$\begin{cases} Ox: F - F_{\text{тр}2} = ma_2 \\ Oy: N_2 - mg = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a_2 = \frac{F - F_{\text{тр}2}}{m} \\ N_2 = mg \end{cases}$$

Время и конечная скорость разгона одинаковы в обоих случаях $\Rightarrow$

$$\Rightarrow a_1 = a_2 \Rightarrow \frac{F \cos \alpha - F_{\text{тр}1}}{m} = \frac{F - F_{\text{тр}2}}{m} \Rightarrow F \cos \alpha - F_{\text{тр}1} = F - F_{\text{тр}2}$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

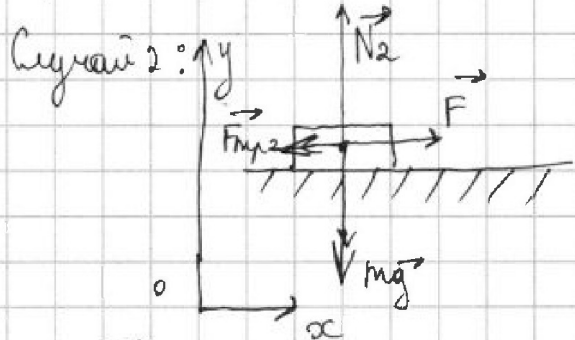
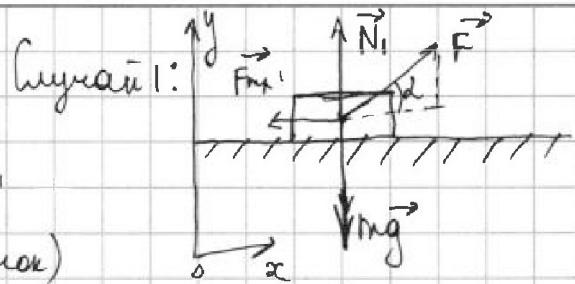
$$F_{\text{тр}1} = \mu (mg - F \sin \alpha); F_{\text{тр}2} = \mu mg$$

$$F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha) = F - \mu mg \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \mu (mg) - \mu (mg - F \sin \alpha) = F - F \cos \alpha \Rightarrow \mu = \frac{F - F \cos \alpha}{mg - mg + F \sin \alpha}$$

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

2) Найти a_2 (ускорение санок после прекращения



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!

действуют силы F :

$$\vec{R}_3 = \vec{N}_3 + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}3}$$

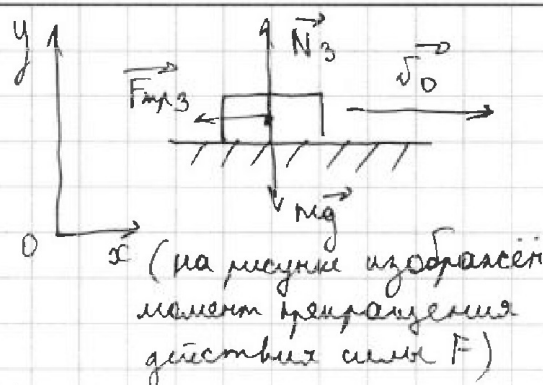
$$Ox: F_{\text{тр}3} = ma_3$$

$$Oy: N_3 - mg = 0 \Rightarrow N_3 = mg \quad || \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \mu N_3 = ma_3 \Rightarrow \mu mg = ma_3 \Rightarrow a_3 = \mu g$$

$$T = \frac{v_0}{a_3} \Rightarrow T = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0}{g \left(\frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \right)} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g - g \cos \alpha}$$

$$\text{Ответ: } \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}, \quad T = \frac{v_0 \sin \alpha}{g - g \cos \alpha}$$





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!

1) Процесс 1-2: $\Delta T_{12} = 3T_1$; $C_{12} = 2R$ (малая теплоемкость) $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{Q_{12}}{\Delta T_{12}} = \frac{Q_{12}}{3T_1} = 2\nu R \Rightarrow \frac{A_{12} + \Delta U_{12}}{3T_1} = 2\nu R \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_{12} = 6\nu RT_1 - \Delta U_{12} = 6\nu RT_1 - \frac{i}{2}\nu R \Delta T_{12} = 6\nu RT_1 - \frac{i}{2}\nu R \cdot 3T_1$$

$$\nu = 1 \text{ моль}, i = 3, T_1 = 400^\circ \text{K}, R = 8,31 \text{ Дж/моль}\cdot\text{K}$$

$$\Downarrow A_{12} = 6 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 400 - \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 3 \cdot 400 =$$

$$= 8,31 \cdot 400 \left(6 - \frac{3 \cdot 3}{2} \right) = 1,5 \cdot 400 \cdot 8,31 = 600 \cdot 8,31 =$$

$$= 4986 \text{ (Дж)}$$

$$2) \frac{1}{\eta} = \frac{Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}}{A_{12} + A_{23} + A_{31}} \Rightarrow \eta = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}}$$

~~$$\frac{Q_{12}}{\Delta T_{12}} = 2\nu R \Rightarrow \frac{1}{2}\nu R \Delta T_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R \cdot 3T_1 \Rightarrow \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 3 \cdot 400 =$$~~
~~$$= 9 \cdot 8,31 \cdot 200 =$$~~

$$\frac{Q_{12}}{\Delta T_{12}} = 2\nu R \Rightarrow Q_{12} = 2\nu R \cdot 3T_1 \Rightarrow Q_{12} = 2 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 3 \cdot 400 =$$

$$= 6 \cdot 400 \cdot 8,31 = 19944 \text{ (Дж)}$$

$$\frac{Q_{23}}{\Delta T_{23}} = C_{23} \cdot \nu = 0,5\nu R \Rightarrow Q_{23} = \frac{1}{2}\nu R \cdot T_1 \cdot (4 - 2^{1,5}) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q_{23} = \frac{1 \cdot 8,31 \cdot 400 \cdot (4 - 2^{1,5})}{2} = 1662 \cdot (4 - 2^{1,5})$$

$$A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} \Rightarrow A_{23} = \frac{1}{2}\nu R T_1 (4 - 2^{1,5}) - \frac{3}{2}\nu R T_1 (4 - 2^{1,5})$$

$$= \frac{1}{2}\nu R T_1 (4 - 2^{1,5}) - \frac{3}{2}\nu R T_1 (4 - 2^{1,5}) = \cancel{Q_{23}} \cdot \left(\frac{1}{2} - \frac{3}{2} \right) = -2Q_{23} \Rightarrow$$

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!

$$\Rightarrow A_{23} = -3324 \cdot (4 - 2^{15})$$

$$\frac{Q_{31}}{\Delta T_{31}} = C_{31} \cdot \gamma \Rightarrow Q_{31} = 2,5 R \gamma \cdot \Delta T_{31} = 2,5 \gamma R \cdot T_1 \cdot (2^{15} - 1) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q_{31} = 2,5 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 400 \cdot (2^{15} - 1) = 8310 \cdot (2^{15} - 1) \text{ (Дж)}$$

$$A_{31} = Q_{31} - \Delta U_{31} = 2,5 \gamma R T_1 (2^{15} - 1) - \frac{3}{2} \gamma R T_1 (2^{15} - 1) =$$

$$= \frac{2,5 - \frac{3}{2}}{2,5 - \frac{3}{2}} \cdot Q_{31} \Rightarrow A_{31} = \frac{2,5 - \frac{3}{2}}{2,5} Q_{31} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_{31} = \frac{\frac{5}{2} - \frac{3}{2}}{\frac{5}{2}} Q_{31} = \frac{2}{5} Q_{31} \Rightarrow A_{31} = 0,4 \cdot 8310 \cdot (2^{15} - 1) =$$

$$= 3324 \cdot (2^{15} - 1) \text{ (Дж)}$$

$$\eta = \frac{19944 + 1662 \cdot (4 - 2^{15}) + 8310 \cdot (2^{15} - 1)}{4986 - 3324(4 - 2^{15}) + 3324(2^{15} - 1)} =$$

$$= \frac{19944 + 6648 - 1662\sqrt{8} + 8310\sqrt{8} - 8310}{4986 - 13296 + 3324\sqrt{8} + 3324\sqrt{8} - 3324} =$$

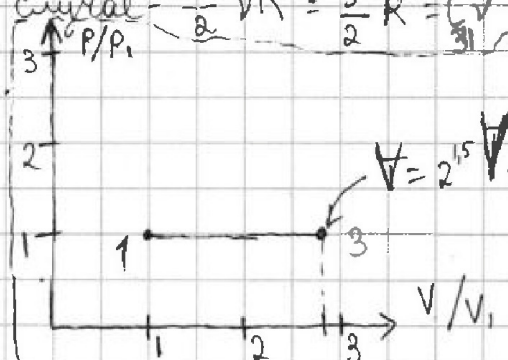
$$= \frac{18282 + 6648\sqrt{8}}{6648\sqrt{8} - 11634} \Rightarrow \eta = \frac{6648\sqrt{8} - 11634}{18282 + 6648\sqrt{8}}$$

$$3) C_{p,n} (\text{квот газа при } p = \text{const}) = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{A + \Delta U}{\Delta T} = \frac{p_0 \Delta V + \frac{5}{2} \gamma R \Delta T}{\Delta T} =$$

$$= \gamma R + \frac{5}{2} \gamma R = \text{в нашем случае} = \frac{5}{2} \gamma R = \frac{5}{2} R = C_{p,n} \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ процесс 3-1 — изохорный.

$$\Delta A_{31} = p_1 \cdot \Delta V$$





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!

$$U_1 = \sqrt{RT_1} \Rightarrow U_1 = 1.8,31 \cdot 400 = 3324$$

$$U_3 = \sqrt{RT_3} \Rightarrow U_3 = 1.8,31 \cdot 400 \cdot \sqrt{8} = 3324\sqrt{8} \quad || \Rightarrow$$

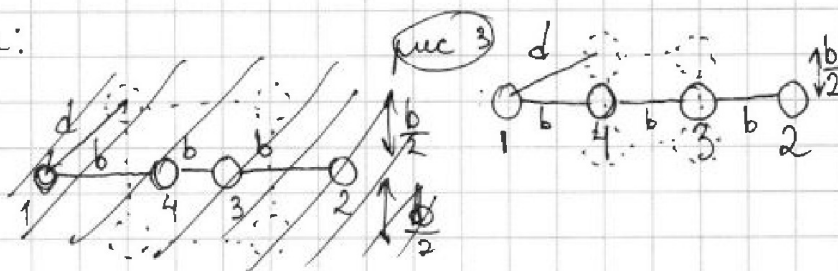
$$\Rightarrow \text{м.к } p_1 = p_3 \Rightarrow V_3 = V_1 \sqrt{8} \quad \text{---}$$

$$\text{Ответ: } A_{12} = 4986 \text{ Дж, } \eta = \frac{6648\sqrt{8} - 11634}{18282 + 6648\sqrt{8}}$$

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!

действовать на заряды 1 и 4 и 2 и 3 одинаково в вертикаль-
ных направлениях $\Rightarrow$ система перейдет в примерно
такое состояние:



при этом кол-во ~~зарядов~~ $E_k = mg \frac{b}{2}$ шарика 1 перейдет в $E_k =$
 $= \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v$ шарика 1 в момент когда все шарики выстроятся
в 1 линию $= \sqrt{gb}$

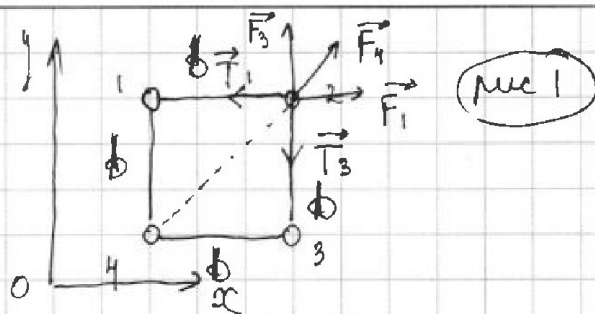
3) Из пункта 2 видно, что при этом шарики 1 и 2 будут
находиться на расстоянии $d = \sqrt{b^2 + \frac{b^2}{4}} = b\sqrt{1\frac{1}{4}} = b\sqrt{\frac{5}{4}} =$
 $= \frac{b\sqrt{5}}{2}$ (т.к. силы отталкивания будут „растаскивать“
заряды в противоположные стороны, а система придет
в „устойчивое“ равновесие, когда расстояния между шарика-
ми станут равны) (при попытке шаров 1 и 2 сблизиться
шары 4 и 3 в свою очередь разойдутся и они снова разо-
дятся)

Ответ: $T = \frac{kq^2(1+2\sqrt{2})}{2\sqrt{2} b^2}$, $v = \sqrt{gb}$, $d = \frac{b\sqrt{5}}{2}$

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!

1) Изобразим на рисунке
силы, действующие на 1 шарик,
при этом не будем изображать
силу тяжести, т.к. для решения пункта 1 она не нужна, т.к.
все шарики летят с одинаковой скоростью и $F_{тяж}$ не влияет
на натяжение нитей.

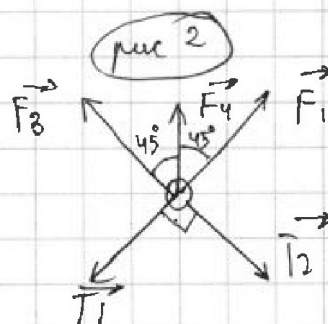


Относительно других шариков, шарик 2 находится в покое $\Rightarrow$
 $\Rightarrow \vec{R}$ (результатирующая всех сил, действующих на шарик, за
исключением $F_{тяж}$) $= \vec{F}_3$ (взаимодействие с шариком 3) +
 $+ \vec{F}_4$ (с шариком 4) $+ \vec{F}_1$ (... с шариком 1) $+ \vec{T}_1$ (натяжение нити
между шариками 12) $+ \vec{T}_3$ (... шариками 23)

Найдем сумму $\vec{F}_3, \vec{F}_4$ и $\vec{F}_1$: ясно что их резуль-
тирующая направлена от шарика 4, т.к. горизонталь-
ные составляющие сил F_3 и F_1 равны друг другу, а вер-
тикальная $F_4 = 0$, см. рис 2)

$\vec{R}_1$ (сумма сил $\vec{F}_3, \vec{F}_4$ и $\vec{F}_1$) направ-
лена вверх и $\neq 0$ ее модуль

$R_1 = F_4 + F_1 \cdot \sin 45^\circ + F_3 \sin 45^\circ$ (это
квадрат)



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!

$\vec{R}_2$ (сумма $\vec{T}_1$ и $\vec{T}_3$) направлена "вниз" и её модуль $R_2 = \sqrt{T_1^2 + T_3^2}$, а т.к. система симметрична, то все силы равны $T_1 = T_3 \Rightarrow R_2 = T\sqrt{2}$

т.к. $a_{заряд} = 0 \Rightarrow R_1 = R_2 \Rightarrow F_4 + \frac{F_1}{\sqrt{2}} + \frac{F_3}{\sqrt{2}} = T\sqrt{2} \Rightarrow$

$$\Rightarrow T = \frac{F_4 + \frac{F_1}{\sqrt{2}} + \frac{F_3}{\sqrt{2}}}{\sqrt{2}} = \frac{F_4\sqrt{2} + F_1 + F_3}{2}$$

$$F_4 = \frac{kq^2}{(b\sqrt{2})^2} \quad \left(\begin{array}{l} \text{диагональ квадрата} \\ \text{со стороной } b \end{array} \right) = \frac{kq^2}{2b^2}$$

$$F_1 = F_3 = \frac{kq^2}{b^2}$$

$$\Rightarrow T = \frac{\frac{kq^2\sqrt{2}}{2b^2} + \frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{b^2}}{2} = \frac{\frac{kq^2}{b^2\sqrt{2}} + \frac{2kq^2}{b^2}}{2} =$$

$$= \frac{kq^2}{b^2 \cdot 2\sqrt{2}} + \frac{kq^2}{b^2} = \frac{kq^2(1 + 2\sqrt{2})}{2\sqrt{2}b^2}$$

2) когда все шарики окажутся на одной высоте

E_n (потенциальная энергия) всех шариков будет одинакова.

Рассмотрим шарик 1: относительно шара 4 он обладает

$E_n = mg \cdot b \Rightarrow$ когда они окажутся на одной высоте (то и силы взаимно отталкивания в зарядовом поле)

будет высота $\frac{b}{2}$, т.к. силы натяжения нитей будут

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!

МФТИ



$$1) C_p(\text{при постоянном } p) = C_v(\text{при постоянном } V) + R$$

$$C_n(\text{,,полная" - теплоемкость газа массой } m_n) = Q/\Delta T$$

$$= \frac{Q}{\Delta T} \xrightarrow{A+\Delta U} = \frac{\nu R \Delta T + \frac{i}{2} \nu R \Delta T}{\Delta T} = \left(1 + \frac{i}{2}\right) \nu R \text{ при } p = \text{const},$$

$$\text{при } V = \text{const } A = 0 \Rightarrow \frac{Q}{\Delta T} = \frac{\frac{i}{2} \nu R \Delta T}{\Delta T} = \frac{i}{2} \nu R$$

$$C_p(\text{при постоянном } p) = \frac{5}{2} \quad C_v(\text{при постоянном } V) = \frac{3}{2}$$

наша среда, поэтому i в нашей среде $= 3, \nu = 1 \text{ моль}$

$$C_p = \frac{5}{2} \nu R = \frac{5}{2} R \quad C_v = \frac{3}{2} \nu R = \frac{3}{2} R$$

$$C_p = \frac{5}{2} \nu R \Rightarrow C_{pn} = \frac{5}{2} R \quad (C_{pn} - \text{теплоемкость всего газа при } p = \text{const})$$

$$C_v = \frac{3}{2} \nu R \Rightarrow C_{vn} = \frac{3}{2} R \quad (C_{vn} - \text{наша теплоемкость всего нашего газа при } V = \text{const})$$

$$\text{процесс 3-1 - изобарный } (C_{31n} = 2,5R) \quad 25 \cdot 40 = 1000$$

$$\text{Процесс 1-2: } \Delta T_{12} = 3T_1, C_{12} (\text{максимальная } C \text{ в процессе 1-2}) =$$

$$= 2R \Rightarrow \frac{Q_{12}}{\Delta T_{12}} = \frac{Q_{12}}{3T_1} = 2R \Rightarrow Q_{12} = 6RT_1$$

$$\Rightarrow \frac{A_{12} + \Delta U_{12}}{3T_1} = 2R \Rightarrow A_{12} = 6RT_1 - \Delta U_{12}$$

$$\Rightarrow A_{12} = 6RT_1 - \frac{3}{2} R \cdot 3T_1 = 6RT_1 - 4,5RT_1 = 1,5RT_1$$

$$T_1 = 400 \text{ K}, R = 8,31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К} \Rightarrow A_{12} = 1,5 \cdot 8,31 \cdot 400 = 600 \cdot 8,31$$

$$= 2^{\frac{3}{2}} = \sqrt{2^3} = \sqrt{8}$$