



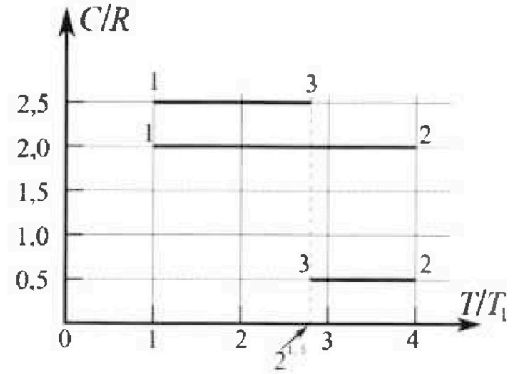
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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



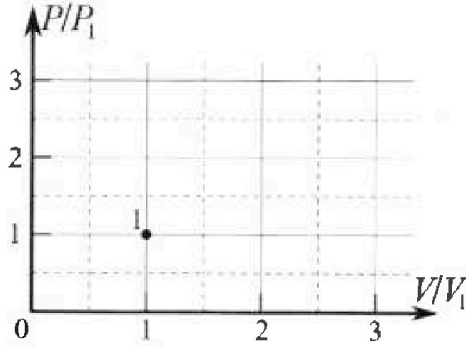
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



1) Найдите работу A_{12} 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.



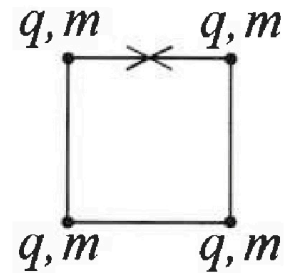
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

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.

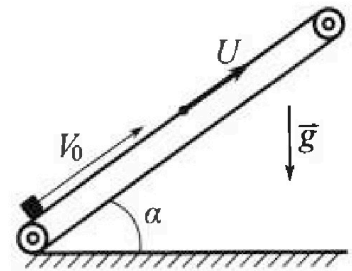
2) Теннисист посылает мяч с начальной скоростью V_0 под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии $S = 20$ м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?

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.

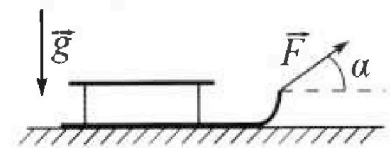
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

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
 На высоте максимального подъема скорость ядра v_x равна 0: $v_x = 0$. Скорость через время T ширится как $v_x = v_0 - gT \Rightarrow v_0 = v_x + gT = 0 + 10 \cdot 2 = 20 \frac{m}{c}$

Пусть ядрик запускают под углом α к горизонту, а об стенку он ударится через время t . Тогда $S = v_{0x} t = v_0 t \cdot \cos \alpha$, где v_{0x} - проекция скорости v_0 на ось, параллельную горизонту (ось x). Высота, на которой ядрик ударится об стенку h , она равна $h = v_{y0} t - \frac{gt^2}{2}$, где v_{y0} - проекция скорости v_0 на ось y , вертикальную ось: $h = v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}$

Из $S = v_0 t \cos \alpha$, $t = \frac{S}{v_0 \cos \alpha}$

$$h = v_0 \sin \alpha \cdot \frac{S}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g}{2} \cdot \left(\frac{S}{v_0 \cos \alpha}\right)^2 = S \cdot \tan \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$= \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha - gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} = \frac{S \sin \alpha}{\cos \alpha} - \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} = \frac{S}{\cos \alpha} \left(\sin \alpha - \frac{gS}{2v_0^2 \cos \alpha} \right)$$

$$= \frac{S}{\cos \alpha} \left(\frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha - gS}{2v_0^2 \cos \alpha} \right) = \frac{S}{\cos \alpha} \cdot \frac{v_0^2 \sin 2\alpha - gS}{2v_0^2 \cos \alpha} = \frac{S(v_0^2 \sin 2\alpha - gS)}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$= \frac{v_0^2 \sin 2\alpha - gS}{2v_0^2 - 2v_0^2 \sin^2 \alpha} = \frac{20 \cdot 20^2 \sin 2\alpha - 10 \cdot 20^2}{200 - 200 \sin^2 \alpha} = \frac{8000 \sin 2\alpha - 4000}{200 - 200 \sin^2 \alpha} = \frac{40 \sin 2\alpha - 20}{1 - \sin^2 \alpha}$$

В каком условии α может принимать значения от 0° до 90° .

Высота удара будет максимальна, если в этот момент будет достигаться максимальная высота полета $\Rightarrow v$ скорость по оси y v_y равна 0.

$$v_y = v_{y0} - gt = v_0 \sin \alpha - g \frac{S}{v_0 \cos \alpha} = 0 \Rightarrow v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha = gS \Rightarrow \sin 2\alpha = \frac{2gS}{v_0^2}$$

$$= \frac{2 \cdot 10 \cdot 20}{20^2} = 1 \Rightarrow \alpha = 45^\circ \quad \text{Высота } h = \frac{10 \cdot \sin 2 \cdot 45^\circ - 5}{1 - \sin^2 45^\circ} = \frac{5}{0.5} = 10 \text{ м}$$

Ответ: 10 м, $20 \frac{m}{c}$.

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!

$$= 0 \frac{u}{c^2}$$

До остановки тело пройдет $S_1 = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{4^2}{2 \cdot 10} = \frac{16}{20} = 0,8 \text{ м}$. Тогда после

остановки нужно пройти еще $S_2 = S - S_1 = 1 - 0,8 = 0,2 \text{ м}$ за время τ_1 :

$$S_2 = \frac{a_1 \tau_1^2}{2} + 0 \cdot \tau_1 \Rightarrow \tau_1 = \sqrt{\frac{2S_2}{a_1}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2}{6}} = \sqrt{\frac{0,2}{3}} = \sqrt{\frac{1}{15}}$$

$$\text{Тогда } T = \tau + \tau_1 = 0,4 + \sqrt{\frac{1}{15}} \text{ с} = \frac{2}{5} + \frac{2}{2\sqrt{15}} = \frac{2\sqrt{15} + 5}{5\sqrt{15}} \text{ с}$$

Во второй раз отныне до тех пор пока скорости коробки не станут равны $2 \frac{u}{c}$ (пока она не остановится отныне снова), у нее будет ускорение a , после этого a_1 .

В первый раз скорости и у коробки будет на высоте расстояния

$$L = \frac{v_0^2 - u^2}{2a} = \frac{4^2 - 2^2}{2 \cdot 10} = \frac{12}{20} = 0,6 \text{ м}. \text{ После этого тем будет переключиться}$$

с постоянным ускорением a_1 , след-но второй раз скорость коробки станет равной и также на расстоянии $L = 0,6 \text{ м}$. После достигнутой скорости и

коробка будет продолжать скакать по ленте и приобретет скорость 0 на расстоянии $S = \frac{u^2}{2a_1} = \frac{2^2}{2 \cdot 6} = \frac{4}{12} = \frac{1}{3} \text{ м}$ от точки, где скорость стала u .

$$\text{След-но } H = (L + S) \cdot \sin \alpha = 0,8 \cdot \left(0,6 + \frac{1}{3}\right) = 0,8 \cdot \frac{1+1,8}{3} = \frac{2,8 \cdot 0,8}{3} = \frac{2,24}{3} \text{ с}$$

$$= \frac{224}{300} = \frac{112}{150} = \frac{56}{75} \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } \frac{2\sqrt{3} + \sqrt{5}}{5\sqrt{3}} \text{ с; } 0,6 \text{ м; } \frac{56}{75} \text{ м.}$$

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"/>

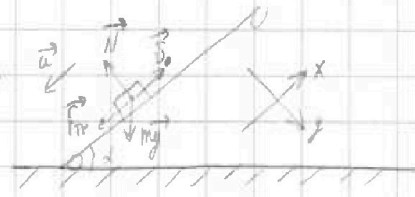
МФТИ

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



№2

Рассмотрим первый случай. Обозначим ось x параллельно и перпендикулярно трапеции.



Запишем 2 закона Ньютона и его проекции на оси:

$\vec{a}m = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{тр}$, где m - масса груза, a - ускорение, N - сила реакции опоры, $F_{тр}$ - сила трения.

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

$$Ox: -am = -mg \sin \alpha - F_{тр}, \text{ но } F_{тр} = \mu N$$

$$\text{Тогда } am = mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha \Rightarrow a = g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha$$

где $\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - 0,8^2} = 0,6$. Груз не остановится и ползёт скатываться, но ускорение изменится. Это произойдёт через время τ , т.е.

$$0 = v_0 - a\tau \Rightarrow \tau = \frac{v_0}{a} = \frac{v_0}{g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha} = \frac{10 \cdot 0,8 + \frac{1}{3} \cdot 10 \cdot 0,6}{8 + 2} = 0,4 \text{ с.}$$

Тело не пройдёт расстояние S за время τ , где $S = v_0 \tau - \frac{a\tau^2}{2}$ (формула для случая, когда ~~расстояние~~ путь пройден до остановки)

$$S = v_0 \tau - \frac{a\tau^2}{2} (g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) \Rightarrow 1 = 4\tau - 5\tau^2 \Rightarrow 5\tau^2 - 4\tau + 1 = 0$$

$D = \Delta 16 - 20 = -4 < 0 \Rightarrow$ тело остановится и покатится обратно до тела, как пройден S .

После остановки сила трения меняет своё направление, следовательно ускорение

$$\text{будет иметь вид } a_1 = \frac{mg \sin \alpha - F_{тр}}{m} = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = 0,8 \cdot 10 - \frac{1}{3} \cdot 10 \cdot 0,6 =$$

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. Поиск QR-кода недоступна!

Тогда $a_1 m - a_2 m = F \cos \alpha - \mu m g + \mu F \sin \alpha - (F - \mu m g)$

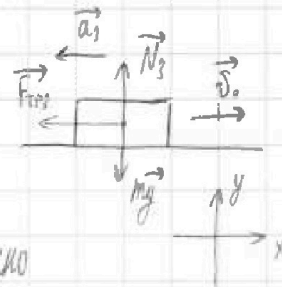
$$0 = F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha - F$$

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

Рассмотрим движение после достижения скорости v_0 .

Запишем 2 закона Ньютона и его проекции на те же оси:

$$\vec{a}_3 m = m \vec{g} + \vec{N}_3 + \vec{F}_{\text{тр3}}, \text{ где } a_3, N_3 \text{ и } F_{\text{тр3}} \text{ соответственно}$$



ускорение, сила реакции опоры и сила трения для этого случая.

$$Oy: 0 = N_3 - m g \Rightarrow N_3 = m g$$

$$Ox: a_3 m = F_{\text{тр3}}, \text{ где } F_{\text{тр3}} = \mu N_3 = \mu m g$$

$$a_3 = \mu g = \frac{(1 - \cos \alpha) g}{\sin \alpha}$$

Теперь сила приобретает скорость 0 через:

$$0 = v_0 - a_3 T \Rightarrow T = \frac{v_0}{a_3} = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g (1 - \cos \alpha)}$$

Ответ: $\frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} ; \frac{v_0 \sin \alpha}{g (1 - \cos \alpha)}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

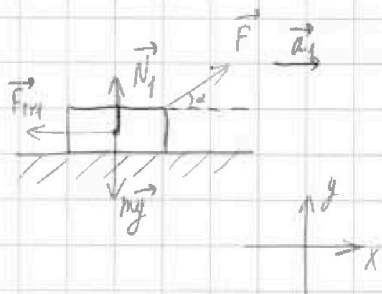
МФТИ

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



№3

Рассмотрим первый случай. Запишем 2 закона Ньютона и проецируем на ось x (параллельную горизонту) и на ось y (перпендикулярную горизонту).



$\vec{a}_1 m = \vec{F} + m\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{F}_{тр1}$, где F - сила, с которой тянут, N_1 - сила реакции опоры, m - масса саней, a_1 - ускорение в этом случае, $F_{тр1}$ - сила трения в этом случае.

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

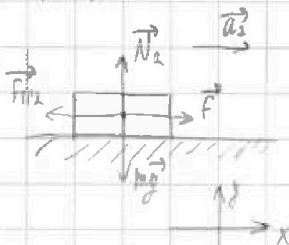
$$Ox: a_1 m = F \cdot \cos \alpha - F_{тр1}, \text{ но } F_{тр1} = \mu N_1$$

$$a_1 m = F \cdot \cos \alpha - \mu mg + \mu F \cdot \sin \alpha$$

Для второго случая: запишем 2 закона Ньютона и его проецируем на те же оси:

$\vec{a}_2 m = \vec{N}_2 + m\vec{g} + \vec{F}_{тр2} + \vec{F}$, где a_2 , N_2 и $F_{тр2}$ соответственно

ускорение, сила реакции опоры и сила трения для этого случая



$$Oy: 0 = N_2 - mg \Rightarrow N_2 = mg$$

$$Ox: a_2 m = F - F_{тр2}, \text{ но } F_{тр2} = \mu N_2$$

$$a_2 m = F - \mu mg$$

Пусть в обоих случаях разгон от 0 до v_0 шел все время τ . Тогда:

$$\left. \begin{aligned} v_0 &= 0 + a_1 \tau \\ v_0 &= 0 + a_2 \tau \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{v_0}{\tau} = a_1 = a_2$$

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!

Известно, что площади под участками графика должны быть равны работам на этих участках, а все площади не различны площадям - различны работ.

$$A_{12} = \frac{3}{2} JKT_1 \leq \frac{3}{2} P_1 V_1, \quad V_2 V_2 = 4 P_1 V_1.$$

Этому условию соответствует прямая из точки

(1; 1) в точку (2; 2). Чтобы найти точку, которая соответствует 2 и 3

составляя, условия следующие: $V_2 P_2 - V_1 P_1 \leq 3 V_1 P_1$, $A = \frac{V_2 P_2 - V_1 P_1}{A_{12}} \leq 2$,

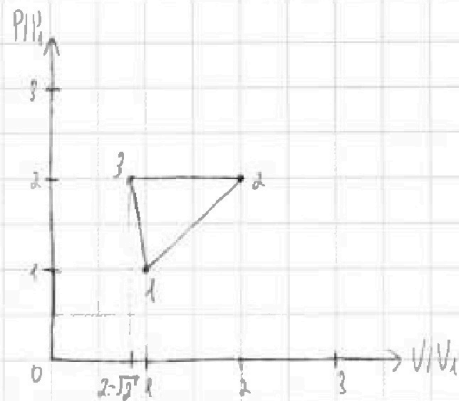
след-но ^{работы} ~~площадь~~ занимает $\frac{1}{2}$ какой-то площади след-но график - прямая под углом 45° , 2(2; 2).

$$V_3 P_3 - V_2 P_2 \leq V_1 P_1 (2^{15} - 4), \quad \frac{V_3 P_3 - V_2 P_2}{A_{23}} = \frac{V_1 P_1 (2^{15} - 4)}{V_1 P_1 (2^{15} - 4)} \leq 1, \text{ след-но}$$

работы занимает всю площадь под графиком (даже не хватает), это возможно

только при 3 (2-√2; 2), так как работы отрицательная.

ответ: 4986 Дж; $\frac{4\sqrt{2} - 3,5}{6}$.



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

Получаемые тепло Q равно $Q = C \Delta T$, Изменение внутренней энергии $\Delta U = \frac{i}{2} \nu R \Delta T$.
Работа газа A равна: $Q = A + \Delta U \Rightarrow A = Q - \Delta U = C \Delta T - \frac{i}{2} \nu R \Delta T =$
 $= \nu \Delta T (C - \frac{i}{2} R)$

Найдем ответ на первый вопрос: $A_{12} = \nu \Delta T_{12} (C_{12} - \frac{i}{2} R) = \nu (4T_1 - T_1) \cdot$
 $(2R - \frac{3}{2} R) = \frac{3}{2} \nu R T_1 = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 400 = 600 \cdot 8,31 = 4986 \text{ Дж}$

Найдем работу газа в процессах 2-3 и 3-1.

$A_{23} = \nu \Delta T_{23} (C_{23} - \frac{i}{2} R) = \nu (4T_1 - 2^{45} T_1) (0,5R - \frac{3}{2} R) =$
 $= -\nu R T_1 (4 - 2^{\frac{9}{2}}) = -\nu R T_1 (4 - 2\sqrt{2}^2) = \nu R T_1 (2\sqrt{2} - 4)$

$A_{31} = \nu \Delta T_{31} (C_{31} - \frac{i}{2} R) = \nu (2^{45} T_1 - T_1) (2,5R - \frac{3}{2} R) = \nu R T_1 (2^{45} - 1)$

Общая работа газа за цикл: $A_0 = A_{12} + A_{23} + A_{31} = \frac{3}{2} \nu R T_1 + 2^{45} \nu R T_1 -$
 $- 4 \nu R T_1 + 2^{\frac{9}{2}} \nu R T_1 - \nu R T_1 = 2^{\frac{9}{2}} \nu R T_1 - \frac{3}{2} \nu R T_1 = \nu R T_1 (4\sqrt{2} - 3,5) =$
 $= (4\sqrt{2} - 3,5) \cdot 8,31 \cdot 400 = 2524 (4\sqrt{2} - 3,5)$

Из графика видно, что газ получил тепло только на процессе 1-2, следовательно
все полученное тепло $Q_0 = \nu C_{12} \Delta T_{12} = \nu \cdot 2R \cdot 3T_1 = 6 \nu R T_1$

Эффект $\eta = \frac{A_0}{Q_0} = \frac{(4\sqrt{2} - 3,5) \nu R T_1}{6 \nu R T_1} = \frac{4\sqrt{2} - 3,5}{6} \approx$

Построим график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$.

Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона (далее УМК) для состояний 1, 2 и 3:

$V_1 P_1 = \nu R T_1, V_2 P_2 = \nu R T_2 = 4 \nu R T_1, V_3 P_3 = \nu R T_3 = 2^{45} \nu R T_1$

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!

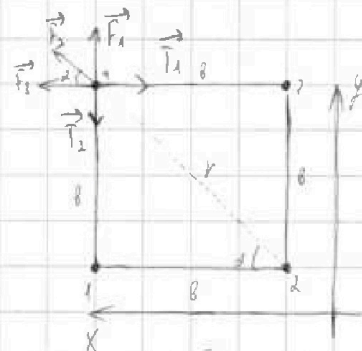
№5

Заметим, что в силу симметрии, все силы, действующие на шарика до начала движения со стороны других шариков и нитей равны, а сила натяжения каждой нити равна T .

Тогда достаточно рассмотреть только один шарик, например левый верхний.

Запишем второй закон Ньютона и его проекции на указанные

оси для этого шара (заранее пронумеруем шарики, как показано на рисунке).



$\vec{a}_m = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{T}_1 + \vec{T}_2$, где F_1, F_2 и F_3 — силы со стороны шаров 1, 2 и 3 соответственно, $T_1 = T_2 = T$ — силы натяжения нитей, угол α — угол между стороной квадрата и его диагональю (45°).

$$O_y: 0 = F_1 + F_2 \cdot \sin \alpha - T_2$$

$$O_x: 0 = F_3 + F_2 \cdot \cos \alpha - T_1$$

$$F_1 = k \frac{q^2}{b^2}, F_2 = k \frac{q^2}{r^2}, F_3 = k \frac{q^2}{b^2}, r^2 = 2b^2 \text{ (по т. Пифагора)}$$

$$\Rightarrow F_2 = k \frac{q^2}{2b^2} \Rightarrow T = F_1 + F_2 \cdot \sin \alpha = k \frac{q^2}{b^2} + k \frac{q^2}{2b^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = k \frac{q^2}{b^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right)$$

$$\Rightarrow \frac{kq^2(4+\sqrt{2})}{4b^2}$$

Скорость: $4 \frac{mv^2}{2} = 4k \frac{q^2}{b} + 2k \frac{q^2}{\sqrt{2}b^2} - 3C3 \text{ для системы}$

$$2mv^2 = 4k \frac{q^2}{b} (4 + \sqrt{2}) \Rightarrow v = \sqrt{\frac{kq^2(4+\sqrt{2})}{2mb}}$$

$d = \sqrt{b^2 + \frac{b^2}{4}} = \frac{\sqrt{5}}{2}b$, т.к. заряд $2q$ и $2q$ друг к другу, $3q$ и $4q$, а заряд $3q$ и $4q$ друг к другу.

Ответ: $\frac{kq^2(4+\sqrt{2})}{4b^2}$; $\sqrt{\frac{kq^2(4+\sqrt{2})}{2mb}}$; $\frac{\sqrt{5}}{2}b$.

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!



$$\begin{array}{r} \times 28 \\ 8 \\ \hline 224 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 280 \\ 56 \\ \hline 224 \end{array}$$

$$N = mg \cos \alpha$$

$$\Delta m = \mu F \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

$$a = \omega \cdot r = \frac{1}{6} \cdot \omega \cdot \frac{r}{3}$$

$$a = 2 \cdot 56$$

$$\mu N = \Delta m \Rightarrow \mu mg \cos \alpha = F - \mu mg$$

$$\mu mg \cos \alpha - F \sin \alpha = \Delta m = F - \mu mg$$

$$0 = F - F \cos \alpha - \mu F \sin \alpha$$

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

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

$$\frac{1}{2} (1 - 2 + \sqrt{2}) (1 + 2)$$

$$= \frac{1}{2} (\sqrt{2} - 1)$$

$$\mu = \frac{1}{2} (\sqrt{2} - 1)$$

$$a_0 = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} g$$

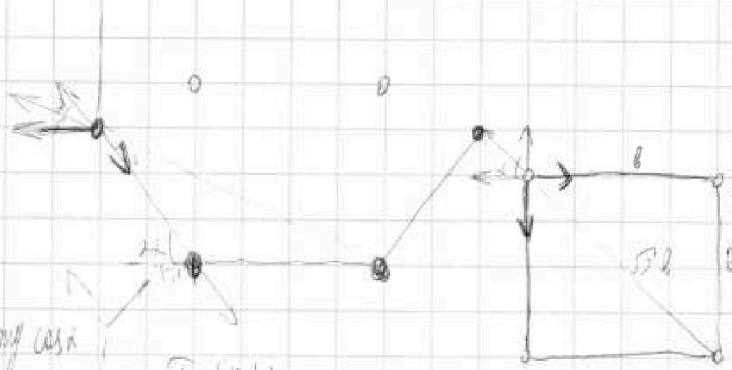
$$T = \frac{v_0}{a} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}$$

$$a_m = T \sin \alpha - F_1 \sin \alpha - F_2 \sin \alpha$$

$$T = F_1 + F_2 \cos \alpha + F_2 \cos \alpha = 2(2 - \sqrt{2})$$

$$a_m = F_2 \sin \alpha \cos \alpha + F_2 \sin \alpha \cos \alpha - F_2 \sin \alpha$$

$$2 \cdot (2 - \sqrt{2})$$



$$F = k$$

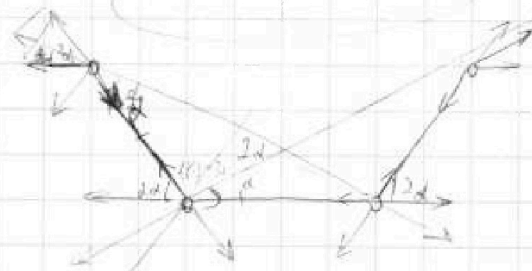
$$0 = T - k \frac{l^2}{2l^2} - k \frac{l^2}{2l^2}$$

$$T = k \frac{2l^2}{2l^2} = \frac{2kl^2}{2l^2}$$

$$\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$$

$$= \sqrt{1 - (2 \sin \alpha \cos \alpha)^2}$$

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



$$a_m = F_1 + F_2 \cos \alpha$$

$$+ F_2 \cos \alpha - T$$

$$a_m = F_1 + T$$

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!



$$\Delta Q = \Delta A + \Delta U$$

$$A = cU \Delta T - \frac{1}{2} J R \Delta T$$

$$= 2 R J \Delta T = \frac{2}{2} J R \Delta T$$

$$= \frac{1}{2} J \Delta T = \frac{1}{2} \cdot 0,2 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 1000 = 600 \text{ Дж}$$



$$A + \Delta U = Q$$

$$A = Q - \Delta U$$

$$= \frac{15-2}{2} \cdot (2-1) \cdot 1000$$

$$= J R \Delta T (2^{15}-1)$$

$$(2^2-1)(2$$

$$A = cU \Delta T - \frac{1}{2} J R \Delta T = J \Delta T \left(c - \frac{1}{2} R \right)$$

$$A_2 = 1 \cdot T_1 (4-2^{15}) \left(0,5 R - \frac{2}{2} R \right) = -R T_1 (4-2^{15}) = -\frac{1}{2} c U \Delta T$$

$$= -2 R T_1 (2 - \sqrt{2})$$

$$A_3 = 1 \cdot T_1 (2^{15}-1) (0,5 R - 1,5 R) = -T_1 R (2^{15}-1)$$

$$A_0 = 1,5 R T_1 + 4 R T_1 + 2 \sqrt{2} R T_1 + 2 \sqrt{2} R T_1 - R T_1$$

$$= -3,5 R T_1 + 4 \sqrt{2} R T_1 = R T_1 (4 \sqrt{2} - 3,5)$$

$$\eta = \frac{A_0}{Q_1} = \frac{R T_1 (4 \sqrt{2} - 3,5)}{6 R T_1} = \frac{4 \sqrt{2} - 3,5}{6} \approx \frac{4(1,41-1)}{6}$$

$$P_1 U_1 = J R T_1$$

$$\frac{2}{2} P_1 U_1$$

$$P_2 U_2$$

$$\begin{array}{r} \times 4,31 \\ 600 \\ \hline 498600 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 898 \\ 4 \\ \hline 2524 \end{array}$$

$$P_2 U_2 = J R T_2 = 4 J R T_1$$

$$P_3 U_3 = 4 P_1 U_1$$

$$P_3 U_3 = J R T_3 = 2^{15} J R T_1 = \sqrt{2} J R T_1$$

$$\frac{2}{2} M R^2 = R^2 = \frac{2}{2} M R^2$$

$$\frac{2}{2} M R^2 + M R^2 = \frac{5}{2} M R^2$$

$$P_4 U_4 = 3 J R T_1$$

$$\frac{3 \omega^2}{2} = \frac{2}{5 \cdot 2} \frac{m \omega^2}{5}$$

$$\frac{2}{5} M R^2$$