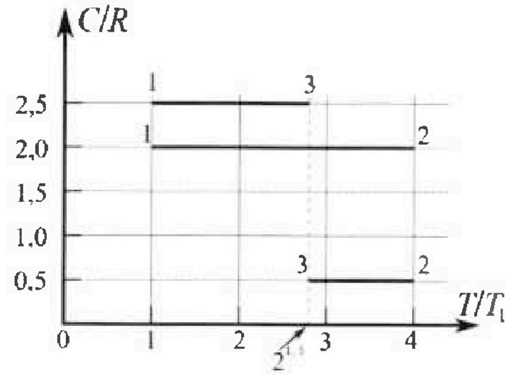
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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

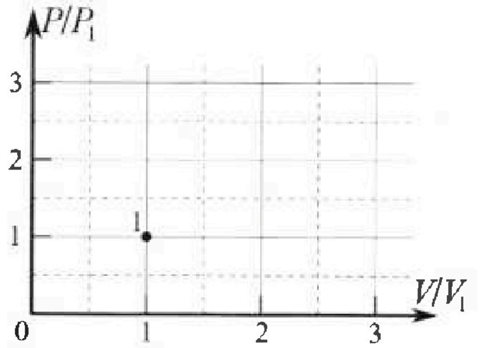
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



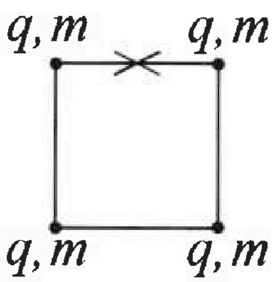
1) Найдите работу A_{12} газа в процессе 1-2.

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 расс тоянии d от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных вверху (на рисунке)?

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

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

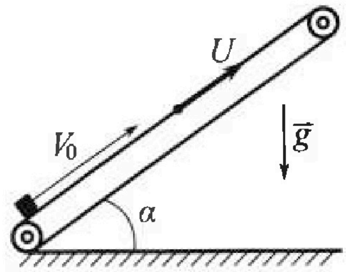
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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/с^2. Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопро тивление 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.).



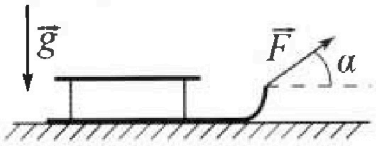
В первом опыте небольшую коробку ставят на *покоящуюся* ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 4$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = \frac{1}{3}$. Движение коробки прямолинейное.

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/с^2. 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.

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!

№1

На высоте максимального подъема скорость мяча υ_1 равна 0: $\upsilon_1 = 0$. Скорость через время T ищется как $\upsilon_1 = \upsilon_0 - gT \Rightarrow \upsilon_0 = \upsilon_1 + gT = 0 + 10 \cdot 2 = 20\,\frac{м}{с}$

Пусть мячик запускают под углом α к горизонту, а об стенку он ударится через время t. Тогда $S = \upsilon_{0x} t = \upsilon_0 t \cdot \cos\alpha$, где υ_{0x} - проекция скорости υ_0 на ось, параллельную горизонту (ось x). Высота, на которой мячик ударится об стенку h, она равна $h = \upsilon_y t - \frac{gt^2}{2}$, где υ_y - проекция скорости υ_0 на ось y, перпендикулярную горизонту: $h = \upsilon_0 t \cdot \sin\alpha - \frac{gt^2}{2}$

Из $S = \upsilon_0 t \cdot \cos\alpha$, $t = \frac{S}{\upsilon_0 \cdot \cos\alpha}$

$$h = \upsilon_0 \cdot \sin\alpha \cdot \frac{S}{\upsilon_0 \cdot \cos\alpha} - \frac{g}{2} \cdot \left(\frac{S}{\upsilon_0 \cdot \cos\alpha}\right)^2 = S \cdot tg\alpha - \frac{gS^2}{2\upsilon_0^2 \cdot \cos^2\alpha} =$$

$$= \cancel{\frac{2S\upsilon_0^2 \cdot \sin\alpha - gS^2}{2\upsilon_0^2 \cdot \cos^2\alpha}} \quad \frac{S\sin\alpha}{\cos\alpha} - \frac{gS^2}{2\upsilon_0^2 \cdot \cos^2\alpha} = \frac{S}{\cos\alpha}\left(\cancel{S}\sin\alpha - \frac{gS}{2\upsilon_0^2 \cdot \cos\alpha}\right) =$$

$$= \frac{S}{\cos\alpha}\left(\frac{2\upsilon_0^2 \cdot \sin\alpha \cdot \cos\alpha - gS}{2\upsilon_0^2 \cdot \cos\alpha}\right) = \frac{S}{\cos\alpha} \cdot \frac{\upsilon_0^2 \cdot \sin 2\alpha - gS}{2\upsilon_0^2 \cdot \cos\alpha} = \frac{S\upsilon_0^2 \cdot \sin 2\alpha - gS^2}{2\upsilon_0^2 \cdot \cos^2\alpha} =$$

$$= \frac{S\upsilon_0^2 \cdot \sin 2\alpha - gS^2}{2\upsilon_0^2 - 2\upsilon_0^2 \cdot \sin^2\alpha} = \frac{20 \cdot 20^2 \cdot \sin 2\alpha - 10 \cdot 20^2}{2 \cdot 20^2 - 2 \cdot 20^2 \cdot \sin^2\alpha} = \frac{8000 \sin 2\alpha - 4000}{800 - 800 \cdot \sin^2\alpha} = \frac{10\sin 2\alpha - 5}{1 - \sin^2\alpha}$$

В наших условиях α может принимать значения от $0°$ до $90°$.

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

$$u_y = \upsilon_y - gt = \upsilon_0 \sin\alpha - g\frac{S}{\upsilon_0 \cos\alpha} = 0 \Rightarrow \upsilon_0^2 \sin\alpha \cdot \cos\alpha = gS \Rightarrow \sin 2\alpha = \frac{2gS}{\upsilon_0^2} =$$

$$= \frac{2 \cdot 10 \cdot 20}{20^2} = 1 \Rightarrow \alpha = 45° \quad \text{Отсюда } h = \frac{10 \cdot \sin(2 \cdot 45°) - 5}{1 - \sin^2 45°} = \frac{5}{0{,}5} = 10\ м$$

Ответ: 10 м, 20 $\frac{м}{с}$.

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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

$= 6\ \frac{м}{с^2}$.

До остановки тело проедет $S_1 = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{4^2}{2\cdot 10} = \frac{16}{20} = 0{,}8$ м. Тогда после остановки нужно пройти ещё $S_2 = S - S_1 = 1 - 0{,}8 = 0{,}2$ м за время τ_1:

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

Тогда $T = \tau + \tau_1 = 0{,}4 + \sqrt{\frac{1}{15}}$ с $= \frac{2}{5} + \frac{2}{2\sqrt{15}} = \cancel{2} \; 2\left(\frac{2\sqrt{15}+5}{10\sqrt{15}}\right) =$

$= \frac{2\sqrt{15}+5}{5\sqrt{15}} = \frac{2\sqrt{3}+\sqrt{5}}{5\sqrt{3}}$ с

Во втором опыте до тех пор пока скорость коробки не станет равной $2\frac{м}{с}$ (пока она не остановится относ. ленты), у неё будет ускорение a, после этого a_1.

В первый раз скорость u у коробки будет на ~~высоте~~ расстоянии

$L = \frac{v_0^2 - u^2}{2a} = \frac{4^2-2^2}{2\cdot 10} = \frac{12}{20} = 0{,}6$ м. После этого тело будет перемещаться с постоянным ускорением a_1, след-но второй раз скорость коробки станет равной u также на расстоянии $L = 0{,}6$ м. После достижения скорости u коробка будет продолжать скользить по ленте и приобретёт скорость 0 на расстоянии $S = \frac{u^2}{2a_1} = \frac{2^2}{2\cdot 6} = \frac{4}{12} = \frac{1}{3}$ м от точки, где скорость станет u.

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

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

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

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

МФТИ

№2

Рассмотрим первый случай. Обозначим оси $Xиy$, параллельную и перпендикулярную транспортеру.

Запишем 2 закон 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.

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

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

Тогда $am = mg\cdot\sin\alpha + \mu mg\cdot\cos\alpha \Rightarrow a = g\sin\alpha + \mu g\cdot\cos\alpha$

где $\cos\alpha = \sqrt{1-\sin^2\alpha} = \sqrt{1-0{,}8^2} = 0{,}6$. Когда тело остановится и начнет скатываться, его ускорение поменяется. Это произойдет через время τ, т.е.

$0 = \upsilon_0 - a\tau \Rightarrow \tau = \frac{\upsilon_0}{a} = \frac{\upsilon_0}{g\sin\alpha+\mu g\cdot\cos\alpha} = \frac{4}{10\cdot 0{,}8+\frac{1}{3}\cdot 0{,}6\cdot 10} = \frac{4}{8+2} = 0{,}4$ с.

Тело не пройдет ~~расстояние~~ путь S за время T, где $S = \upsilon_0 T - \frac{aT^2}{2}$ (формула для случая, когда ~~расстоя~~ путь пройден до остановки)

$S = \upsilon_0 T - \frac{T^2}{2}(g\sin\alpha + \mu g\cdot\cos\alpha) \Rightarrow 1 = 4T - 5T^2 \Rightarrow 5T^2 - 4T + 1 = 0$

$D = \cancel{8}\ 16 - 20 = -4 < 0 \Rightarrow$ тело остановится и поскользит обратно до того, как пройдет S.

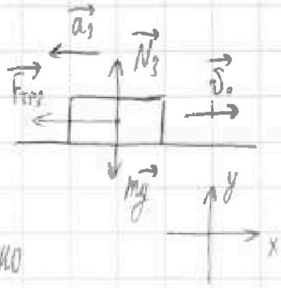
После остановки сила трения поменяет своё направление, след-но ускорение будет иметь вид $a_1 = \frac{mg\cdot\sin\alpha - F_{тр}}{m} = g\cdot\sin\alpha - \mu g\cdot\cos\alpha = 0{,}8\cdot 10 - \frac{1}{3}\cdot 10\cdot 0{,}6 =$

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

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

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

Рассмотрим движение после достижения скорости v_0.



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

$\vec{a_3} m = m\vec{g} + \vec{N_3} + \vec{F}_{тр3}$, где a_3, N_3 и $F_{тр3}$ соответственно ускорение, сила реакции опоры и сила трения для этого случая.

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

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

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

Тело снова приобретет 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:

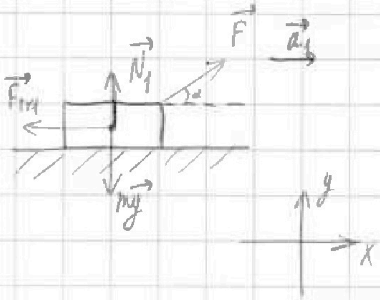
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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

МФТИ

№3

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



$\vec{a_1} m = \vec{F} + m\vec{g} + \vec{N_1} + \vec{F}_{TP1}$, где F – сила, с которой тянут, N_1 – сила реакции опоры в этом случае, m – масса саней, a_1 – ускорение в этом случае, F_{TP1} – сила трения в этом случае.

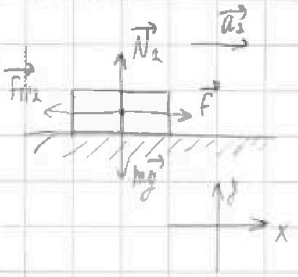
$Oy: \; 0 = N_1 + F \cdot \sin\alpha - mg \Rightarrow N_1 = mg - F\cdot\sin\alpha$

$Ox: \; a_1 m = F\cdot\cos\alpha - F_{TP1}$, но $F_{TP1} = \mu N_1$

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

Для второго случая запишем 2 закон Ньютона и его проекции на те же оси:

$\vec{a_2} m = \vec{N_2} + m\vec{g} + \vec{F}_{TP2} + \vec{F}$, где a_2, N_2 и F_{TP2} соответственно ускорение, сила реакции опоры и сила трения для этого случая



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

$Ox: \; a_2 m = F - F_{TP2}$, но $F_{TP2} = \mu N_2$

$a_2 m = F - \mu mg$

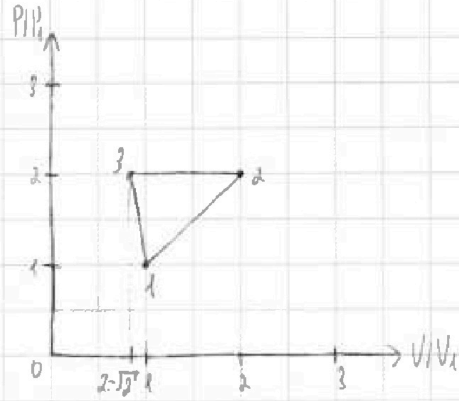
Путь в обоих случаях разгон от 0 до υ_0 ~~шел~~ шёл время τ. Тогда:

$$\left.\begin{aligned} \upsilon_0 &= 0 + a_1\tau \\ \upsilon_0 &= 0 + a_2\tau \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{\upsilon_0}{\tau} = a_1 = a_2$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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



Заметим, что площади под участками графика должны быть равны работам на этих участках, а ~~площади не~~ разница площадей – разнице работ.

$A_{12} = \frac{3}{2}\nu R T_1 = \frac{3}{2} P_1 V_1$, $V_2 P_2 = 4 P_1 V_1$.

~~Этим условиям соответствует прямая из точки (1; 1) в точку (2; 2).~~ Чтобы найти точку, который соответствуют 2 и 3 состояния, сделаем следующее: $V_2 P_2 - V_1 P_1 = 3 V_1 P_1$, $\cancel{A} \frac{V_2 P_2 - V_1 P_1}{A_{12}} = 2$, след-но ~~давление~~ работа занимает $\frac{1}{2}$ левой части площади, след-но график – прямая под углом 45°, 2(2; 2).

$V_3 P_3 - V_2 P_2 = V_1 P_1 (2^{1,5} - 4)$, $\frac{V_2 P_3 - V_2 P_2}{A_{23}} = \frac{V_1 P_1 (2^{1,5} - 4)}{V_1 P_1 (2^{1,5} - 4)} = 1$, след-но работа занимает всю площадь под графиком (давление не меняется). Это возможно только при 3 $(2 - \sqrt{2}; 2)$, так как работа 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 ☐

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

№4

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

Найдем ответ на первый вопрос $A_{12} = \nu\Delta T_{12}\left(C_{12} - \frac{i}{2}R\right) = \nu(4T_1 - T_1)$
$\left(2R - \frac{3}{2}R\right) = \frac{3}{2}\nu RT_1 = \frac{3}{2}\cdot 1\cdot 8{,}31\cdot 400 = 600\cdot 8{,}31 = 4986$ Дж

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

$A_{23} = \nu\Delta T_{23}\left(C_{23} - \frac{i}{2}R\right) = \nu(4T_1 - 2^{1{,}5}T_1)\left(0{,}5R - \frac{3}{2}R\right) =$
$= -\nu RT_1\left(4 - 2^{\frac{3}{2}}\right) = -\nu RT_1\left(4 - \sqrt{2^3}\right) = \nu RT_1\left(2\sqrt{2} - 4\right)$

$A_{31} = \nu\Delta T_{31}\left(C_{31} - \frac{i}{2}R\right) = \nu(2^{1{,}5}T_1 - T_1)\left(2{,}5R - \frac{3}{2}R\right) = \nu RT_1\left(2^{1{,}5} - 1\right)$

Общая работа газа за цикл: $A_0 = A_{12} + A_{23} + A_{31} = \frac{3}{2}\nu RT_1 + 2^{1{,}5}\nu RT_1 -$
$- 4\nu RT_1 + 2^{1{,}5}\nu RT_1 - \nu RT_1 = 2^{2{,}5}\nu RT_1 - \frac{7}{2}\nu RT_1 = \nu RT_1\left(4\sqrt{2} - 3{,}5\right) =$
$= \left(4\sqrt{2} - 3{,}5\right)8{,}31\cdot 400 = 2524\left(4\sqrt{2} - 3{,}5\right)$

Из графика видно, что газ получал тепло только на процессе 1-2, след-но
все полученное тепло $Q_0 = \nu C_{12}\Delta T_{12} = \nu\cdot 2R\cdot 3T_1 = 6\nu RT_1$

Откуда $\eta = \frac{A_0}{Q_0} = \frac{(4\sqrt{2} - 3{,}5)\nu RT_1}{6\nu RT_1} = \frac{4\sqrt{2} - 3{,}5}{6}$ *

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

Запишем уравнение Менделеева Клапейрона (далее УМК) ~~уж~~ для состояния 1, 2 и 3

$V_1P_1 = \nu RT_1$, $V_2P_2 = \nu RT_2 = 4\nu RT_1$, $V_3P_3 = \nu RT_3 = 2^{1{,}5}\nu RT_1$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

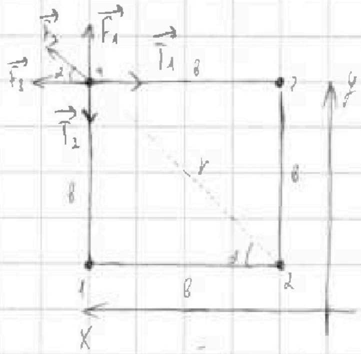
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

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 шарики 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 шары, 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°).

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

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

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

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

Скорость: $4\frac{mv^2}{2} = 4k\frac{q^2}{b} + 2k\frac{q^2}{\sqrt{2}b^2}$ — ЗСЭ для системы

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

$l = \sqrt{b^2 + \frac{b^2}{4}} = \frac{\sqrt{5}}{2}b$, т.к. заряды ~~т.к.~~ 1 и 2 идут вверх, 3 и 4 — вниз, а заряд 3 вращается вокруг 2, заряд 4 — вокруг 1.

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

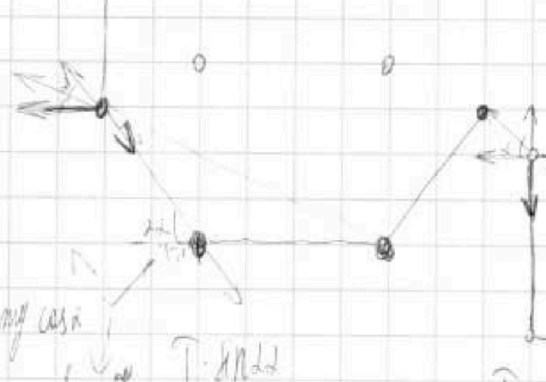
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

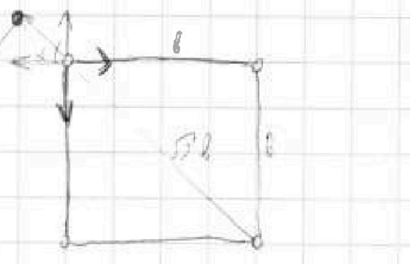
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

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

$28 \times 8 = 224$ $\qquad 280 - 56 = 224$





$N = mg\cos\alpha$

$am = mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha$

$T \cdot \sin 2\alpha$

$u = \omega \cdot 4r - \frac{1}{6}\omega \cdot \frac{1}{3}$

$F = k$

$8 - 2 = 6$

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

$mg = N \qquad am = F - \mu mg$

$T = k\frac{3q^2}{2\ell} = \frac{3kq^2}{2\ell}$

$N = mg - F\sin\alpha \qquad am = F\cos\alpha - \mu mg + \mu F\sin\alpha$

$0 = F - F\cos\alpha - \mu F \sin\alpha \qquad \sqrt{1-(\sin 2\alpha)^2} =$

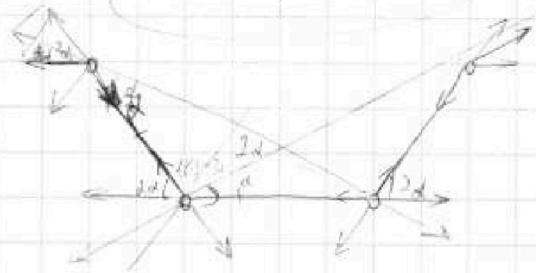
$F - F\cos\alpha = \mu F\sin\alpha \qquad = \sqrt{1-(2\sin\alpha\cos\alpha)^2} =$

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

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

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

$ma = \mu mg$



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

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

$\Delta = \qquad am = F_1 + F_2\cos\alpha +$

$+ F_3\cos 2\alpha - T$

$am = T\sin 2\alpha - F_1\sin 2\alpha - F_2\sin\alpha$

$T = F_1 + F_2\cos\alpha + F_3\cos 2\alpha \qquad 2(2-\sqrt{2})$

$am = -F_1 + T -$

$am = F_2\sin 2\alpha\cos\alpha + F_3\sin 2\alpha\cos 2\alpha - F_2\sin\alpha$

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

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!

МФТИ

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

$A = C\nu\Delta T - \frac{1}{2}\nu R\Delta T =$

$= 2R\nu\Delta T - \frac{3}{2}\nu R\Delta T =$

$= \frac{1}{2}R\nu\Delta T = \frac{1}{2}\cdot 8{,}31\cdot 1\cdot 2\cdot 400 = 6000{,}8\ Дж$

$A + \Delta U = Q$

$A = Q - \Delta U$

$\frac{1^{1,5}-2}{2}\cdot(2-)P_1V_1 =$

$= \cancel{\nu RT}\ P_1V_1(\cancel{2}\cdot 2^{1,5}-4)$

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

$\sqrt[3]{2}$

$A = C\nu\Delta T - \frac{1}{2}\nu R\Delta T = \nu\Delta T(C - \frac{1}{2}R)$

$A_2 = 1\cdot T_1(4-2^{1,5})(0{,}5R - \frac{3}{2}R) = -RT_1(4 - 2\sqrt{2}) =$

$= -2RT_1(2-\sqrt{2})$

$A_3 = 1\cdot T_1(2^{1,5}-1)(2{,}5R - 1{,}5R) = T_1R(2\sqrt{2}-1)$

$A_0 = 1{,}5RT_1 - 4RT_1 + 2\sqrt{2}RT_1 + 2\sqrt{2}RT_1 - RT_1 =$

$= -3{,}5RT_1 + 4\sqrt{2}RT_1 = RT_1(4\sqrt{2}-3{,}5)$

$\eta = \frac{A_0}{Q_1} = \frac{RT_1(4\sqrt{2}-3{,}5)}{6RT_1} = \frac{4\sqrt{2}-3{,}5}{6} \approx \frac{4\cdot 1{,}71-3{,}5}{6}$

$\times\ 8{,}31 \cdot 600 = 4986{,}00$

$\times\ 0{,}71 \cdot 4 = 2{,}84$

$P_1V_1 = \nu RT_1$ $\qquad \frac{3}{2}P_1V_1$ $\qquad P_2 = 2P_1$

$P_2V_2 = \nu RT_2 = 4\nu RT_1$

$P_2V_2 = 4P_1V_1$

$P_3V_3 = \nu RT_3 = 2^{1,5}\nu RT_1 = 2\sqrt{2}\,\nu RT_1$

$\frac{2}{5}mR^2 \quad R^2 = \frac{2}{3}mR^2$

$\frac{3}{2}mR^2 + mR^2 = \frac{5}{2}mR^2$

$= 3\nu RT_1$

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

$\frac{2}{3}mR^2$

$\frac{2}{5}mR^2$