



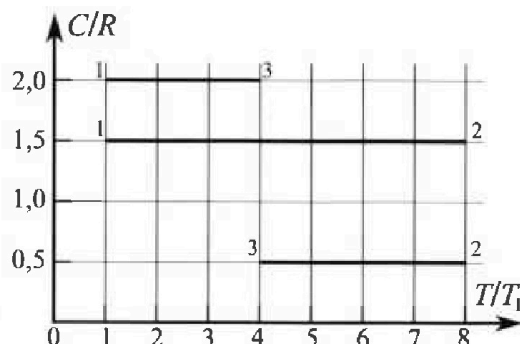
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

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



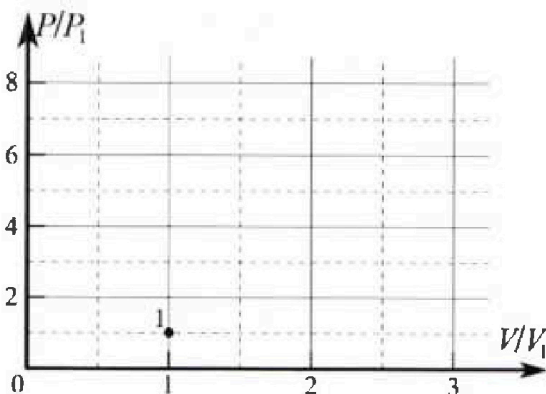
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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

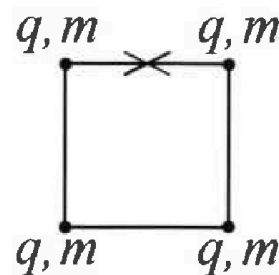
1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика.

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 вверху (на рисунке)?

Элементарная 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.

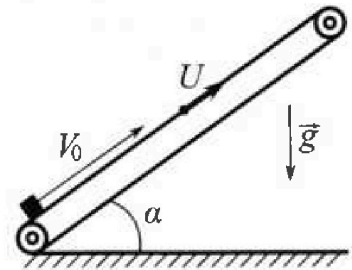
Если футболист направляет мяч под различными углами к горизонту, из той же точки с начальной скоростью V_0 к высокой вертикальной стенке, то наибольшая высота, на которой происходит соударение мяча со стенкой, равна $H = 3,6$ м.

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.).

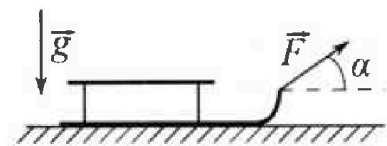
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

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.

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

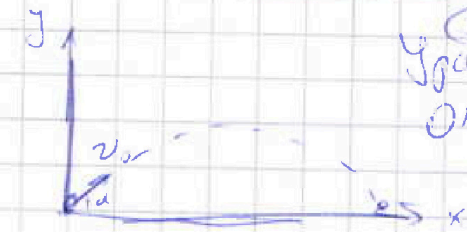
Отметьте крестиком номер задачи,

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. Печать QR-кода недоступна!



4 часть
Уравнения движения в проекции

Ox: $v_0 \cos \alpha \cdot t = x$, $g_x = 0$, $v_{0x} = v_0 \cos \alpha$

$x = v_0 \cos \alpha \cdot t$

Oy: $v_0 \sin \alpha \cdot t - g \frac{t^2}{2} = y$, $g_y = -g$, $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$

$y = v_0 \sin \alpha \cdot t - g \frac{t^2}{2}$

Пусть летел горизонтально — t_n — время полета

тогда $y(t_n) = 0 = v_0 \sin \alpha \cdot t_n - g \frac{t_n^2}{2}$ / : $t_n \neq 0$ —

$-v_0 \sin \alpha - g \frac{t_n}{2} = 0 \Rightarrow t_n = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$

$x(t_n) = L = 2v_0 \cos \alpha \cdot \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{4v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g}$

$\Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{Lg}{4 \sin \alpha \cos \alpha}}$; $v_0 = \sqrt{\frac{20 \cdot 10}{4 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}}} = \sqrt{200} \frac{m}{s}$

$x = v_0 \cos \alpha \cdot t$; $y = v_0 \sin \alpha \cdot t - g \frac{t^2}{2}$ Плеча и радиуса-вектора любого угла α :

$t = \frac{x}{v_0 \cos \alpha}$

$\rightarrow y = v_0 \sin \alpha \cdot \frac{x}{v_0 \cos \alpha} - g \frac{x^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$

$y = x \tan \alpha - \frac{g x^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$ (Угол α)
 $\frac{1}{\cos^2 \alpha} = \frac{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = 1 + \tan^2 \alpha \Rightarrow$

$\Rightarrow y = x \tan \alpha - \frac{g x^2}{2v_0^2} (1 + \tan^2 \alpha)$

при $x = L \Rightarrow h = L \tan \alpha - \frac{g L^2}{2v_0^2} - \frac{g L^2 \tan^2 \alpha}{2v_0^2}$

где h — высота центра о стенки
 $h(x) = \dots$ — квадратичная зависимость с ветвями
вниз \rightarrow есть максимум в вершине параболы
для α ; $x_0 = \frac{L}{2 \cos^2 \alpha}$; $x_{\text{max}} = \frac{L}{2 \cos^2 \alpha}$; $x_{\text{max}} = \frac{v_0^2}{gS}$

Поскольку $x_{\text{max}} \in y(x)$ \rightarrow при $x_{\text{max}} = \frac{v_0^2}{gS}$ — максимальная
высота \rightarrow в нашей задаче это $h \rightarrow$
 $\Rightarrow \frac{L}{2 \cos^2 \alpha} = \frac{v_0^2}{gS}$

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

МФТИ

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!

$$\Rightarrow H = s \cdot \frac{v_0^2}{g s} - \frac{g s^2}{2 v_0^2} \left(1 + \frac{v_0^2}{g^2 s^2} \right)$$

$$H = \frac{v_0^2}{g} - \frac{g s^2}{2 v_0^2} - \frac{g s^2}{2 v_0^2} \cdot \frac{v_0^2}{g^2 s^2}$$

$$H = \frac{v_0^2}{g} - \frac{g s^2}{2 v_0^2} - \frac{v_0^2}{2g}$$

$$H = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{g s^2}{2 v_0^2} \Rightarrow \frac{g s^2}{2 v_0^2} = -H + \frac{v_0^2}{2g}$$

$$s^2 = \frac{2 v_0^2}{g} \left(\frac{v_0^2}{2g} - H \right)$$

$$s^2 = \frac{v_0^2}{g} \left(\frac{v_0^2}{g} - 2H \right)$$

$$s = v_0 \sqrt{\frac{v_0^2 - 2H}{g}}$$

$$s = \sqrt{200} \frac{m}{c} \cdot \sqrt{\frac{200 \frac{m^2}{c^2}}{10} - 2 \cdot 3,6 m}$$

$$s = \sqrt{200} \cdot \sqrt{\frac{12,8 m^2}{c^2}} = \sqrt{20 \cdot 12,8} \frac{m}{c}$$

$$s = \sqrt{256} \frac{m}{c} \Rightarrow s = 16 m$$

Ответ: 1) $v_0 = \sqrt{\frac{2gH}{\sin^2 \alpha}} = \sqrt{200} \frac{m}{c}$

2) $s = v_0 \sqrt{\frac{v_0^2 - 2H}{g}} = 16 m$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

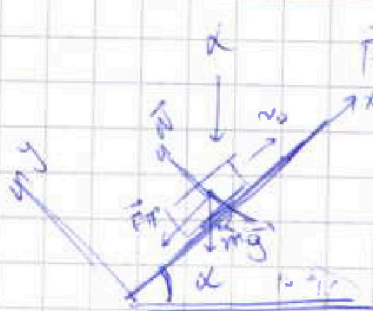
Отметьте крестиком номер задачи,

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 часть)
 $\vec{F}_{тр}$ направлена вверх в другую сторону относительно движения вниз

Выберем ось Ox вдоль наклонной и Oy перпендикулярно ей

по II закону Ньютона \rightarrow

$N + mg + \vec{F}_{тр} = m\vec{a}$, движение с постоянной скоростью (0x)

\rightarrow в проекции на Ox : $F_{тр} + mg_x = ma_x = 0$

Ox : $-F_{тр} - mg \sin \alpha = ma_x$ (проекции $N=0$)
т.к. \downarrow

Oy : $N + mg_y = ma_y = 0$, т.к. $a = a_x$ (проекции $F_{тр}=0$)
т.к. \downarrow

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

$F_{тр} = F_{тр \max} = \mu N$ - формула силы трения скольжения т.к. тело движется \rightarrow

$\Rightarrow F_{тр} = \mu mg \cos \alpha$

Ox : $ma_x = -\mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha \rightarrow$

$\rightarrow a_x = -g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$

$\sin \alpha = 0.6 = \frac{3}{5}$; $\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha = 1 \rightarrow \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$

$\cos \alpha = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \sqrt{\frac{16}{25}} = \frac{4}{5}$

$\rightarrow a_x = -g \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{4}{5} + \frac{3}{5} \right) \Rightarrow a_x = -g = -10 \frac{м}{с^2}$

вдоль Ox равнодействующая сил $\rightarrow x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$

$x = v_0 t + \frac{a_x t^2}{2} \Rightarrow |x| = S = v_0 T + \frac{a_x T^2}{2}$

$S = v_0 T - \frac{g T^2}{2} = 6 \frac{м}{с} \cdot 1 \text{с} - \frac{10 \frac{м}{с^2} \cdot 1^2 \text{с}^2}{2}$

$S = 1 \text{м}$

$\vec{v}_{\text{век}} = \vec{v}_{0x} + \vec{v}_{0y}$; по $Ox \rightarrow v_{\text{век}x} = v_{0x} + v_{0y}$

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!



равнозамед. движ (2 части) $a_k = -g$

$$u = v_0 + a_k T_1 \Rightarrow u = v_0 - g T_1 \Rightarrow T_1 = \frac{v_0 - u}{g} = 0,5 \text{ c}$$

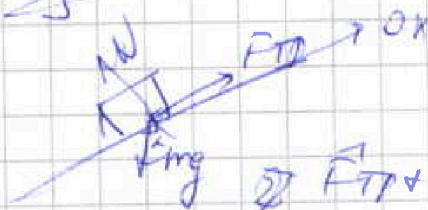
Заметим, что когда $v_{\text{зад}} = u$, то далее

при замедлении $F_{\text{тр}}$ направлена вверх
т.к. есть скорость (вн. центр)

$v_{\text{зад}} = v_{\text{зад}} - \Delta v_{\text{тр}} = u - u = 0$, а дальше
уменьшение скорости \rightarrow процесс $v_{\text{зад}} = 0$ в
длина l_1 - путь до $v_{\text{зад}} = u$

~~$v_2 = 0$~~

с.м.



$$F_{\text{тр}} + N + mg = 0$$

Ох: $F_{\text{тр}} - mg \sin \alpha = ma$
 $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$ - не изм.

$$a_k = \mu g \cos \alpha - g \sin \alpha = g(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)$$

$$a_k = g \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{4}{5} - \frac{3}{5} \right) = -\frac{1}{5} g$$

Далее по 0 \rightarrow $0 = u - \frac{1}{5} g T_2 \Rightarrow$

$$\Rightarrow T_2 = 5u$$

$$l_2 = u T_2 - \frac{g}{2} T_2^2; l_2 = u \cdot 5u - \frac{1}{2} g \cdot \frac{25u^2}{g}$$

$$l_2 = \frac{5}{2} u^2 = \frac{5}{2} \cdot 10^2 = 250 \text{ м}$$

$$L = l_1 + l_2 = 100 + 250 = 350 \text{ м}$$

Итого $s = \frac{v_0^2 - 0}{2g} = 100 \text{ м}, T_1 = \frac{v_0 - u}{g} = 0,5 \text{ c}$

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!

$$e_1 = v_0 \Delta t - \frac{g \Delta t^2}{2}; \text{ выр. к. } \Delta t \text{ (Значит)} \quad v_{\text{адв}} = u.$$

$$e_1 = \frac{v_0(v_0 - u)}{g} - \frac{(v_0 - u)^2}{g^2}$$

$$e_1 = \frac{v_0^2}{g} - \frac{v_0 u}{g} - \frac{v_0^2}{2g} - \frac{u^2}{2g} + \frac{2v_0 u}{g}$$

$$e_1 = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{u^2}{2g} = \frac{36 - 4}{2 \cdot 10} = \frac{32}{20} = 1.6 \text{ м}$$

$$L = e_1 + e_2 = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{u^2}{2g} + \frac{u^2}{2g} = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{36}{2 \cdot 10} = 1.8 \text{ м}$$

$$L = \frac{v_0^2 + 4u^2}{2g} = \frac{36 + 4}{2 \cdot 10} = 2 \text{ м}$$

Ответ: 1) $S = v_0 \Delta t - \frac{g \Delta t^2}{2} = 1 \text{ м}$

2) $T_1 = \frac{v_0 - u}{g} = 0.5 \text{ с}$

3) $L = \frac{v_0^2 + 4u^2}{2g} = 2 \text{ м}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7



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



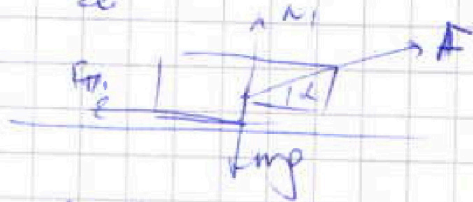
реш.

(1 часть)

$K_2 = K_1 = F$; угол K_1, K_2 разности сил напряжений в момент $t_1 = t_2$, A - высота всех сил.

разном с $0 \text{ до } v \rightarrow v - 0 = at = t = \frac{v}{a}$
 $l = \frac{at^2}{2} = \frac{v^2}{2a} \rightarrow l = \frac{v^2}{2a} \rightarrow v^2 = 2al$

1 сл.



$$K = \frac{mv^2}{2} = \frac{m \cdot 2al}{2} = mla$$

$F_{тр} = \mu N$, (сила тр. скольжения) т.к. ось xy едет.

$\vec{N} + \vec{F} + \vec{F}_{тр} + m\vec{g} = 0$; отсюда $N + F \sin \alpha = mg$
 ось x : $F \cos \alpha - F_{тр} = ma$

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

$K - 0 = A F_{тр} + A F = -\mu (mg - F \sin \alpha) l + F l \cos \alpha$

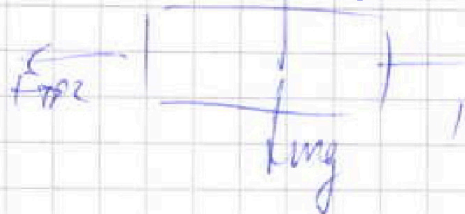
$l = \frac{v^2}{2a}$; $l = \frac{K}{2ma} = \frac{K}{ma}$

$K = l (-\mu mg + F \sin \alpha + F \cos \alpha)$

$2a \cdot \frac{K}{ma} = -\mu mg + F (\sin \alpha + \cos \alpha)$

$K = \frac{K}{2} \left(\frac{2\mu mg}{m} + F (\sin \alpha + \cos \alpha) \right)$

2 сл.



отсюда $N_2 = mg$
 $F - F_{тр} = ma_2$
 $F - \mu mg = ma_2$
 $a_2 = \frac{F}{m} - \mu g$

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!

$\omega \neq \alpha_1, \alpha_2$ $e = \frac{v^2}{2a_1}$ (2 части) $\ell, \omega = \omega_2, v = v_2 = v_1$

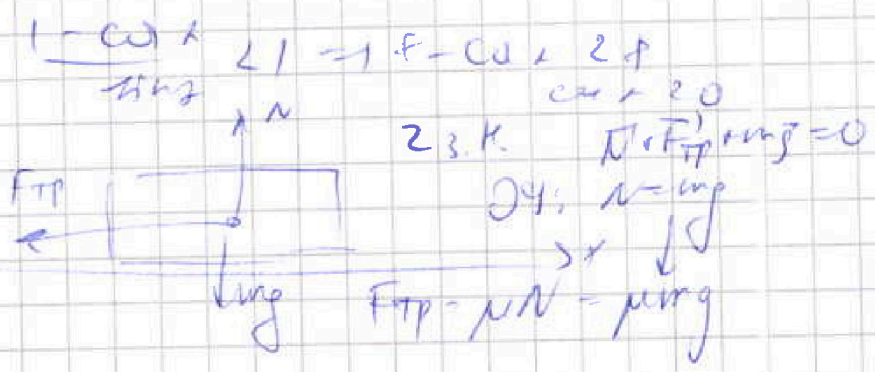
$\Rightarrow a_1 = a_2 = 1 \frac{F - \mu g}{m} = \mu \frac{F}{m}$ (сопротивл)

$\Rightarrow \frac{F}{m} = \frac{g}{\mu} \Rightarrow \mu = \frac{m g}{F}$ (если $\mu \leq 1$)

$\Rightarrow \mu \leq 1 \Rightarrow \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} > 0, \mu < 1$

$\Rightarrow \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} > 0, \mu < 1$

$K = \frac{mv_0^2}{2}$



$-\mu mg = \max = 1 \Rightarrow a_x = -\mu g$
 равнозамедл.

$S = v_0 t_1 + a_x t_1^2, v_0 - 0 = a_x t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0}{a_x}$

$S = \frac{v_0^2}{a_x} = \frac{v_0^2}{2\mu g} = \frac{2K}{2\mu mg} = \frac{K}{\mu mg}$

$K = \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow v_0^2 = \frac{2K}{m} \Rightarrow S = \frac{2K}{2\mu mg} = \frac{K}{\mu mg}$

Ответ: 1) $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$; 2) $S = \frac{K \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) mg}$

2) $S = \frac{K \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) mg}$

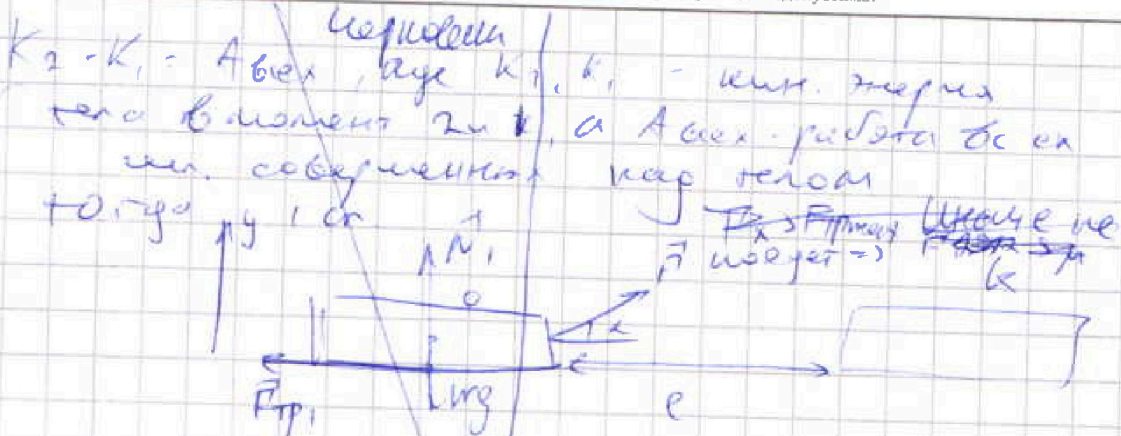
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



т.е. движется вправо засчет силы

$F \rightarrow F_{тр} < F_{трmax}$ и $F_{тр} = F_{трmax} = \mu N$
и равно (сопоставимый) силе трения

III 3 В. Коротко $\rightarrow \vec{F} + \vec{F}_{тр} + \vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}$

Возможна ли кат ускорением вав.

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

$\Rightarrow N = mg - F \sin \alpha \Rightarrow F_{тр} = \mu (mg - F \sin \alpha)$

K-O = $A_{тр} + A_F$ где $A_{тр}$, A_F работы $F_{тр}$ и F
(за путь e)

$A_{тр} = F_{тр} \cdot e \cos(180^\circ)$ и $e \vec{1} \vec{F}_{тр} - A_{тр} = -F_{тр} e$

$A_{тр} = \mu (mg - F \sin \alpha) e$

Замечание $F_x > F_{трmax}$ (иначе не скользит)

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

$\Rightarrow F \cos \alpha > \mu mg - \mu F \sin \alpha \Rightarrow$

$\Rightarrow F (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) > \mu mg$

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

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

$\Rightarrow \frac{K}{e} = F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha$

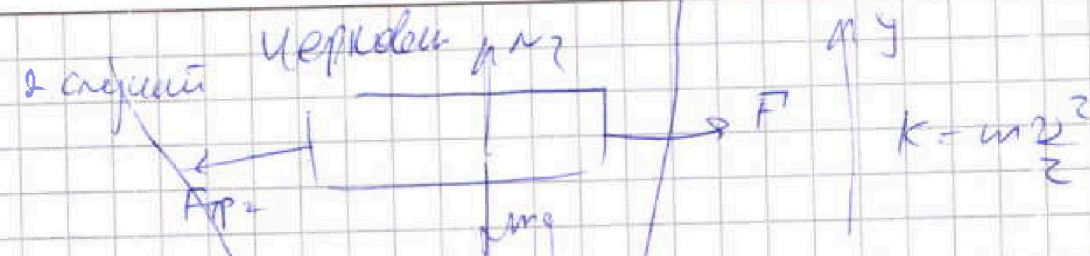
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



Аналогично (сл. из II з.к. ка $Oy =$)

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

Аналог. $F_{тр2} = F_{трmax} = \mu N_2 = \mu mg$

$K = 0 = F_{тр2} + F_c$, где $F_{тр2}$ и F_c — это

$F_{тр2}$ и K

$$F_{тр2} = -\mu mg \quad F_c = F \cos \alpha$$

$$F_c = F \cos \alpha$$

$$K = -\mu mg + F \cos \alpha - \frac{K}{r} = F \cos \alpha - \mu mg \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{K}{r} = F \cos \alpha - \mu mg - \frac{K}{r} \Rightarrow F \cos \alpha - \mu mg = \frac{K}{r}$$

сл. ускорения ка Ox . $F \cos \alpha - \mu mg = ma_1$
 $a_1 = \mu g; \frac{F \cos \alpha}{m}$

а $v = a_1 t$ (равноуск. движение)

$$r = a_1 \frac{v^2}{2a_1} \Rightarrow r = \frac{v^2}{2a_1} \Rightarrow r = \frac{v^2}{2 \left(\frac{F \cos \alpha - \mu mg}{m} \right)}$$

Аналог. 2 сл.

$$r = \frac{v^2}{2a_2}$$

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!



$\delta Q = C dT$ - (идеаль) - малые изм. теплота, dT - темп

$Q = c \Delta T \Rightarrow$ теплота это мощность кор профисом, если $\Delta T = 1$ кельв Q в 1 кельв, $\Delta T = 1$ кельв Q в 1 кельв

$Q = A + \Delta U$ - 13 Термодинамика
 в U - изм. внут. энерг. A - работа газа

$Q_{31} = C_{31} \Delta T = 2R \cdot (4T_1 - T_1) = -6RT_1$

$U = \frac{i}{2} \nu R T$; $\nu = 1$ моль $\Rightarrow U = \frac{3}{2} R T = 10U = \frac{3}{2} R \Delta T$
 $i = 3$ (3 атома)

$Q_{31} = \frac{3}{2} R (T_1 - 4T_1) + A_{31} \rightarrow$ работа газа

$\Rightarrow -6RT_1 = -\frac{9}{2} RT_1 + A_{31} \rightarrow$

$\Rightarrow A_{31} = -\frac{3}{2} RT_1$; $A_{31} = -A_{13}$

Работа внут. сил. противоположна
 по знаку работе газа $\rightarrow A_{31} = \frac{3}{2} RT_1$

$A_{31} = \frac{3}{2} \cdot R \cdot 31 \cdot \frac{1000}{273} \cdot 1$ (1 моль)

$A_{31} = 831 \cdot 3 \cdot 1000 = 2493$ Дж.

$\eta = 1 - \frac{Q_{out}}{Q_{in}}$, где Q_{in} - полученная теплота
 Q_{out} - отданная теплота
 (по модулю)

$Q_{12} = \frac{3}{2} R \cdot 4T_1 = 6RT_1$ $Q_{12} = \frac{3}{2} R T_1$

$Q_{23} = \frac{1}{2} R \cdot (-4T_1) = -2RT_1 < 0$

$Q_{31} = 2R \cdot (-3T_1) = -6RT_1 < 0$

$Q_{out} = |Q_{23} + Q_{31}| = 8RT_1$ (т.к. $Q_{23} < 0, Q_{31} < 0$)

$Q_{in} = Q_{12} = 6RT_1$

$\eta = \frac{6RT_1 - 8RT_1}{6RT_1} = \frac{-2}{6} = -\frac{1}{3}$

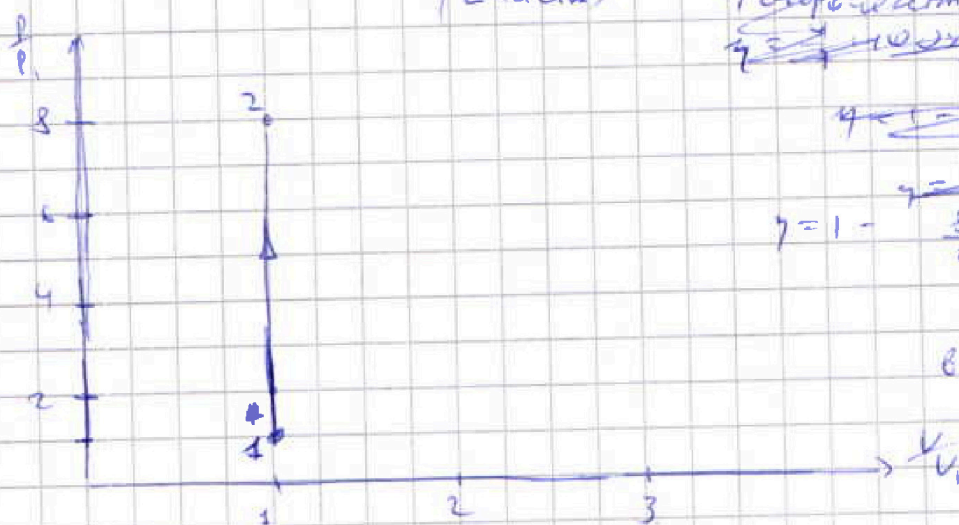
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



(2 част.)

4 (сгорела лампа)

~~$4 \rightarrow 1000 = 400$~~

~~$4 \leftarrow \frac{21 \text{ Вт}}{2} = 10.5 \text{ Вт}$~~

$\eta = 1 - \frac{3 \text{ Вт}}{21 \text{ Вт}} = 1 - \frac{1}{7} = \frac{6}{7}$

Второй $\eta = \frac{5}{21} = 100\%$

$\eta = \frac{400}{71}$

1) $\epsilon_{AT} = \frac{3 \text{ Вт}}{2(2-1)} + A$ (из уг. метода)

$AT (C - \frac{3}{2} R) = A$

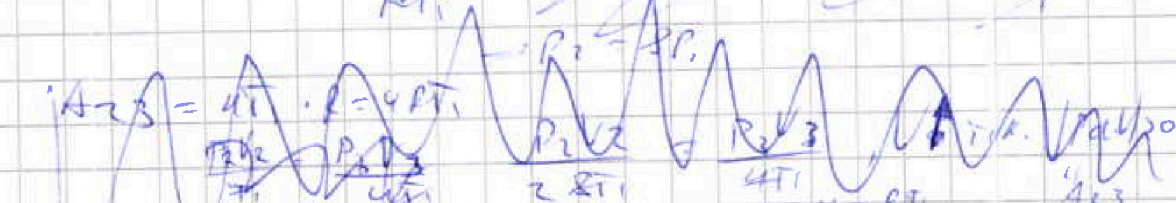
1 \rightarrow 2 $AT (\frac{3}{2} R - \frac{3}{2} R) = A - 1A = 0 \Rightarrow \int pdV = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow V < \omega$ и $\omega < V$ и $\omega < V$ и $\omega < V$

~~$P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow R \cdot \frac{P_1 V_1}{T_1} = R \cdot \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow P_2 = 8P_1$~~

~~$P_2 V_2 = R \cdot 8T_1$~~

~~$P_1 = 4P_1, T_2 = 8T_1 \Rightarrow$~~



$A_{23} = -4T_1 (\frac{1}{2} R - \frac{1}{2} R) = 4RT_1 \Rightarrow \int pdV > 0 \Rightarrow -1 \Delta V > 0 \Rightarrow V \uparrow$
 $A_{23} = 4 P_1 V_1$

$\frac{P_3 V_3}{4T_1} = \frac{P_1 V_1}{T_1} = P_1 \Rightarrow P_3 V_3 = 4 P_1 V_1$

$A_{31} = -3T_1 (\frac{1}{2} R - \frac{1}{2} R) = -\frac{3}{2} RT_1 = -\frac{3}{2} P_1 V_1$

Ответ: 1) $A_{31} = \frac{3}{2} RT_1 = 2453 \text{ Дж}$

2) $\eta = \frac{5}{21} = \frac{500}{21} \%$

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!

Закон Кулона: $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ $\alpha = 45^\circ$ т.к. квадрат симметричен

т.к. квадрат симметричен к вертикали - 45°

неизвест слева - направо

Сила от 1 и 4 с левой стороны и посмотрим что мы имеем

силы F_1 от 2 и 4, $F_2 = \frac{kq^2}{a^2}$

пот. Навара ра раз. между 1 и 2 - $10\sqrt{2}$

сила $F_2 = \frac{kq^2}{2a^2}$

т.к. $\sum \vec{F}_0 = 0$ по 2 и 3. Нютона

лучше сразу на оси:

$$Ox: T - F_1 - F_2 \cos 45 = 0$$

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

$$T = \frac{kq^2}{a^2} \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}} \right)$$

$$\rightarrow q = a \sqrt{\frac{T}{k \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}} \right)}}$$

$$k = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \rightarrow q = a \sqrt{\frac{4\pi \epsilon_0 T}{1 + \frac{1}{2\sqrt{2}}}}$$

Самое то, что у системы 4-х шариков нет внешней сил \Rightarrow центр масс находится, т.е. $\vec{m} \vec{a}_c = \vec{F}_{вн}$ и т.д.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:



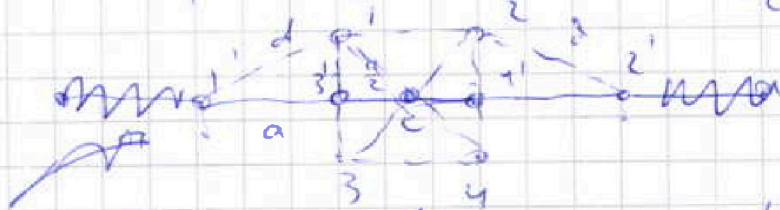
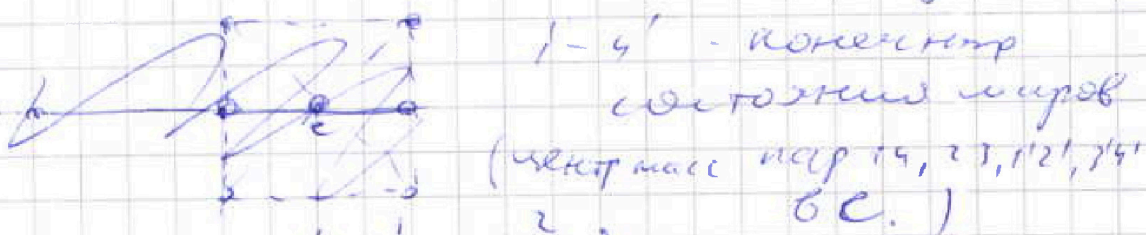
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

(часть 2)

тогда ~~во~~ центр масс квадрата
в качестве точки пересечения
диагоналей т.к. массы одинаковые
закрепит когда система будет
на одной прямой с центром
масс тогда должен находиться
в этой точке и это получится



примем очевидно что $12 // 34 // 1'2'$

т.к. 1 и 2 отстояют симметрично
от ког. и от центра

$$d^2 = a^2 + \frac{a^2}{4} \Rightarrow d = \frac{a}{2} \sqrt{5}$$

Ответ:

$$1) |q| = a \sqrt{\frac{2\pi\epsilon_0 T}{1 + \frac{1}{25\epsilon}}}$$

$$3) d = \frac{a}{2} \sqrt{5}$$



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

- 1 2 3 4 5 6 7

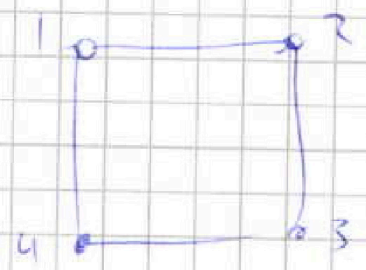


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
 страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

(3 части)

$K_2 - K_1 = A$; $A = -\Delta U$ (для сети ч.х / замкнут)

$K_2 = 4K$
 $U_2 = U_1$



для 14, 23, 43, 41, 32
 не мен

~~$U_2 = 4K$~~

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

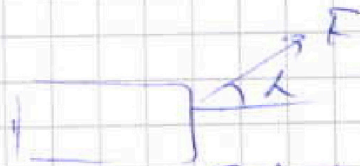
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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

Черновик
 $K = \frac{mv^2}{2}$



$$F \sin \alpha + N = mg$$
$$K_1 = mg - F \sin \alpha$$
$$N_2 = mg$$

$$F \cos \alpha - F_1 = ma_1$$
$$K_2 = F_2 = ma_2$$
$$F - F_1 = F \cos \alpha - F_2$$

$$C_{AT} = \frac{3}{2} K_{AT} \mu A$$
$$C_{pAT} + C_{vAT} = C_{AT}$$
$$A = \rho \cdot \omega \cdot \Delta t$$
$$\Delta x = \rho \Delta V$$

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!

Черновик.

$$k_2 - k_1 = A = \Delta U.$$

$$q_1 + q_2 = k_2 + k_3$$



$$4k = \Delta U$$

$$U_2 = (2 + \sqrt{2}) q E a$$

$$\varphi E = \frac{GM}{R^2}$$

$$U_2 = R q^2 q E (\dots + 2a + 3a)$$

$$2 \cdot 0.9 E + 2 \cdot 4 q E a$$

$$20 q E a$$

$$\sqrt{2851}$$

$$\sqrt{443}$$

$$18 q E a - \sqrt{2} q E a = 4k$$

~~Сила~~



$$F_n = \frac{mv^2}{R}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице.

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

МФТИ

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

Черновик

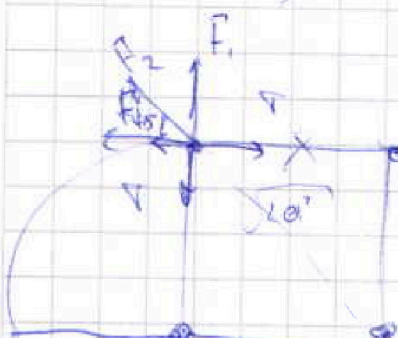
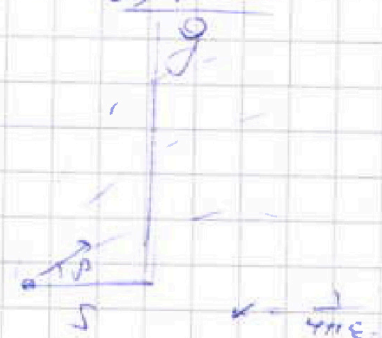
об
а

$$v_0 \cos \alpha t_n = L$$

$$v_0 \sin \alpha t_n = \frac{g t_n^2}{2} = 0$$

$$t_n = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$

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



$$F_1 + F_2 \cos \alpha = T$$
$$F_1 = \frac{kg^2}{a^2}, F_2 = \frac{kg^2}{2a^2}$$

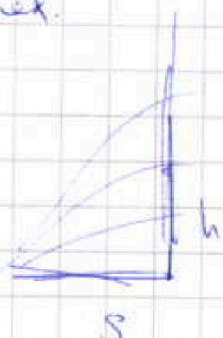
$$\frac{kg^2}{a^2} + \frac{kg^2}{2a^2} \frac{1}{\sqrt{2}} = T$$

$$\frac{kg^2}{a^2} \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}} \right) = T$$

$$g = a \sqrt{\frac{T \sqrt{2} \sqrt{2}}{1 + \frac{1}{2\sqrt{2}}}}$$

$$k_1 - k_2 = T \sin \alpha$$

$$\frac{mg^2}{2} =$$



$$g = \frac{h \sin \alpha}{s}$$

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!



Черновик



$N = mg \cos \alpha$
 $F_f = \mu mg \cos \alpha$
 $(mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha) = ma$
 $a = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$

$A_1 = \frac{1}{5} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{4}{5}$
 $\sin \alpha = \frac{3}{5}$
 $a = \frac{7}{5}g$
 $\Delta Q = \int C dt = C \Delta t$
 $\Delta Q = C \Delta T = Q = C \Delta T$

$\Delta Q = C \Delta T = Q = C \Delta T$
 $\frac{C}{R} \cdot \frac{T_2 - T_1}{T_1} = \frac{Q}{S R T_1} = Q$

$C = C_M C_V$
 $\frac{C_V}{C_V} = \gamma$
 $(\gamma + 1) C_V = C$
 $\frac{C_V + C_V \gamma}{2} = \frac{1}{2} R + \frac{1}{2} \gamma R = \frac{1}{2} R (\gamma + 1)$
 $\mu = \frac{1}{2}$
 $E = \frac{kg^2}{r^2}$

$C_{dT} = \frac{3}{2} R \Delta T + p \Delta V$
 $C \Delta T = \frac{3}{2} R \Delta T + p \Delta V$
 $(C - \frac{3}{2} R) \Delta T = p \Delta V$
 $(C - \frac{3}{2} R) \Delta T = p \Delta V$
 $p \Delta V + V \Delta p = 0$
 $A_{13} = \frac{1}{2} R \Delta T$
 A_{21}