Вектор мгновенной скорости $\vec{\upsilon} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{r}'(t)$

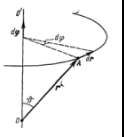
Средняя путевая скорость $\langle \upsilon \rangle = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$ $\upsilon_{ср} = \frac{S_{полн}}{t_{полн}}$

Тангенциальное ускорение $|\vec{a}| = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{\upsilon}}{\Delta t} = \frac{d\vec{\upsilon}}{dt} = \vec{\upsilon}'(t)$

$dr = R \cdot d\varphi$, $R = r \cdot \sin\alpha$, $dr = r \cdot d\varphi \cdot \sin\alpha$

$\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}$, $\omega_{ср} = \frac{\varphi_{полн}}{t_{полн}}$, $\vec{\beta} = \frac{d\vec{\omega}}{dt} = \frac{d^2\vec{\varphi}}{dt^2}$, $\vec{\beta} \uparrow\uparrow \Delta\vec{\omega}$

$dr = d\varphi \cdot r \cdot \sin\alpha = d\varphi \cdot R$, $\upsilon = \omega \cdot r \cdot \sin\alpha = \omega \cdot R$



$\vec{a}_n = [\vec{\beta}\,\vec{r}] = \frac{d\vec{\upsilon}}{dt}$, $a_n = \omega^2 R = \frac{\upsilon^2}{R} = \omega\upsilon$, $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{\nu}$, $\nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{T}$, $N = \frac{\varphi}{2\pi}$.

$F = G\frac{m_1 m_2}{r_{12}^2}$, $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ Н \cdot м^2/кг^2$,

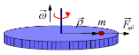
$F = G\frac{mM_з}{R_з^2} = mg$, $g_{грав} = 9{,}81 - 9{,}83\ м/с^2$

$\vec{F} = -k\vec{x}$. Закон Гука: $F = k\Delta l$.

$|\vec{P}| = |\vec{N}|$, $m\vec{g} + \vec{N} = 0$, $P = mg$

Поступательная сила инерции $\vec{F}_{in} = -m\vec{a}_0$,

Центробежная сила инерции $\vec{F}_{цб} = m\omega^2\vec{\rho}$



Сила Кориолиса $\vec{F}_{кор} = 2m[\vec{\upsilon}'\vec{\omega}]$, $\vec{p} = m\vec{\upsilon}$ $\vec{F} = m\vec{a} = \frac{m d\vec{\upsilon}}{dt} = \frac{d\vec{p}}{dt}$

Импульс силы $d\vec{p} = \vec{F}dt$. Центр масс $\vec{r}_c = \frac{\sum m_i \vec{r}_i}{\sum m_i}$

(движение платформы, из которой высыпается песок). $\upsilon(t) = \frac{F}{\mu} \ln \frac{m_0}{m_0 - \mu t}$.

(Движение платформы, нагружаемой песком). $\upsilon(t) = \frac{Ft}{m_0 + \mu t}$.

Зависимость скорости ракеты от ее массы $\vec{\upsilon} = -\vec{u}\ln\left(\frac{m_0}{m}\right)$

То же самое, только с учетом притяжения Земли $\upsilon = u\ln\left(\frac{m_0}{m}\right) - gt$

Работа постоянной силы $A = \vec{F} \times \vec{S} = FS\cos\alpha$

Работа силы на перемещении $dA = \vec{F} \cdot d\vec{r} = \vec{F} \cdot d\vec{s} = F \cdot \cos\alpha = F_s ds$

Работа силы упругости $A = \frac{k}{2}(x_1^2 - x_2^2)$.

Работа силы тяжести $A = mg(h_1 - h_2)$.

Работа гравитационной силы $A = GMm\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$

Мощность $N = \frac{dA}{dt} = \frac{\vec{F}d\vec{r}}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{\upsilon}$, $A = \Delta E_k = \frac{m\upsilon_2^2}{2} - \frac{m\upsilon_1^2}{2}$, $A = U_1 - U_2 = -\Delta U$

В поле однородной силы тяжести $U = mgh$. В поле упругой силы $U = \frac{kx^2}{2}$.

В гравитационном поле $U = -\frac{GMm}{r}$. Момент импульса $\vec{L} = [\vec{r}\vec{p}] = r \cdot p \cdot \sin\alpha = p \cdot l$.

Момент силы $\vec{M} = [\vec{r}\vec{F}] = r \cdot F \cdot \sin\alpha = F \cdot l$. Закон сохранения момента импульса $\vec{L} = I\vec{\omega} = const$

Формула замедления времени: $t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \upsilon^2/c^2}}$. Формула сокращения длины: $l = l_0\sqrt{1 - \upsilon^2/c^2}$.

Дефект масс: $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \upsilon^2/c^2}}$. Релятивистский импульс: $\vec{p} = m\vec{\upsilon} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \upsilon^2/c^2}}\vec{\upsilon}$

Энергия релятивистской частицы: $E_0 = m_0c^2$ (покоя), $E = mc^2$, $E_{кин} = m_0c^2\left(\frac{1}{\sqrt{1 - \upsilon^2/c^2}} - 1\right)$.

Количество вещества $\nu = \frac{m}{\mu} = \frac{N}{N_A} = \frac{V}{V\mu}$, $[\nu] = моль$, $N_A = 6.023 \cdot 10^{23}\ 1/моль$ – число Авогадро;

$p = \frac{F}{S}$, 1 атм. = 101325 Па = 760 мм. рт. ст.

уравнение состояния идеального газа. $C = \frac{P \cdot V}{T} = const$

$V = m\upsilon$; $p\upsilon = BT$; $B = \frac{C}{m}$; $pV = p V_\mu \nu = CT$; $p V_\mu = RT$; $\frac{C}{\nu} = R = MB$; $\rho = \frac{m}{V} = \frac{p\mu}{RT} = \frac{p}{BT}$;

$k = \frac{R}{N_A} = 1.38 * 10^{-23}\frac{Дж}{К}$; $p = \frac{kN_AT}{V_\mu} = kn_0T$; $n_0 = \frac{N_\mu}{V_\mu}$; $PV = \nu RT = \frac{m}{\mu}RT$

C – газовая постоянная, зависит от химического состава газа и пропорциональна его массе.

B – удельная газовая постоянная, зависит только от химического состава.

R = 8.31 Дж/К · моль – универсальная газовая постоянная.

ρ – плотность газа.

n_0 – концентрация молекул.

m – масса вещества;

μ – молярная масса (масса одного моля), $[\mu] = кг/моль$;

N – число молекул;

Внутренняя энергия идеального газа $U = \frac{i}{2}\nu RT$, $\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{i}{2}\nu R\Delta T$. $Q = \Delta U + A$

Теплоемкость идеального газа $C = \frac{dQ}{dT} = \frac{Q}{\Delta T}$, Молярная теплоемкость: $C_\nu = \frac{dQ}{dT \cdot \nu} = \frac{Q}{\Delta T \cdot \nu} = \frac{C}{\nu}$.

Удельная теплоемкость: $c = \frac{dQ}{dT \cdot m} = \frac{Q}{\Delta T \cdot m} = \frac{C}{m}$.

Теплоемкость при постоянном объеме: $C_\nu = \frac{i+2}{2}R$.

Теплоемкость при постоянном давлении: $C_\nu = \frac{i}{2}R$, $C_p - C_\nu = R$.

Молярные теплоемкости: $C_p - C_\nu = R/M$.

Коэффициент Пуассона (показатель адиабаты): $\gamma = \frac{C_p}{C_\nu} = \frac{i+2}{i}$.

Изотермический процесс: нет изменений внутренней энергии. $Q = A = \nu RT \ln\frac{V_1}{V_2} = \nu RT \ln\frac{P_1}{P_2}$

Изобарический процесс: $A = P \cdot \Delta V = \nu R \cdot \Delta T$, $\Delta U = \frac{i}{2}\nu R\Delta T = \frac{i}{2}P \cdot \Delta V$, $Q = A + \Delta U = \frac{i+2}{2}P \cdot \Delta V = \frac{i+2}{2}\nu R \cdot \Delta T$, $C_p = \frac{Q}{\nu \cdot \Delta T} = \frac{i+2}{2}R$

Изохорический процесс: работа газа равна нулю. $\frac{pV}{T} = \nu R$. $Q = \Delta U = \frac{i}{2}\delta\nu \cdot \Delta T$, $C_V = \frac{Q}{\nu \cdot \Delta T} = \frac{i}{2}R$

Адиабатный процесс: изменение количества теплоты равно нулю. $PV^\gamma = const$, $TV^{\gamma-1} = const, T^\gamma P^{\gamma-1} = const$. $A = -\Delta U$, или $P\Delta V = -mC_V\Delta T/M$. $A = \frac{m}{\mu}C_V\Delta T = \frac{m}{\mu} * \frac{R}{\gamma-1}\Delta T = \frac{p_1V_1}{\gamma-1}\left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right)$; $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$

Политропический процесс: теплоемкость постоянна. $PV^n = const$, $n = (C - C_p)/(C - C_\nu)$. $A = \frac{p_1V_1}{\gamma-1}\left(1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{n-1}\right)$. Средняя арифметическая и среднеквадратичная скорости движения молекулы газа:

$$\langle \upsilon \rangle = \int_0^\infty \upsilon F(\upsilon)d\upsilon = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_0}}$$

$$F(\upsilon) = \frac{dP}{d\upsilon} = 4\pi\upsilon^2\left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{3/2}\exp\left(-\frac{m\upsilon^2}{2kT}\right)$$

распределение Максвелла по скорости:

$$F(\upsilon) = \frac{dP}{d\upsilon} = 4\pi\upsilon^2\left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{3/2}\exp\left(-\frac{m\upsilon^2}{2kT}\right)$$

Барометрическая формула (на высоте)

$$p = p_0\exp\left(-\frac{\mu gh}{RT}\right)$$

Средняя концентрация молекул в поле

$$n = n_0\exp\left(-\frac{\mu gh}{RT}\right) = n_0\exp\left(-\frac{U}{kT}\right)$$

$$p = \frac{2}{3}n\langle E_{пост}\rangle;\ p = nkT,\ \langle E_{пост}\rangle = \frac{3}{2}kT.$$

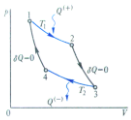
атомы	i пост	i вращ	iтого
1	3	0	3
2	3	2	5
3 (лин)	3	2	5
3 (нелин)	3	3	6
4 и больше	3	3	6

$$\langle E_{пост}\rangle = \frac{m\langle \upsilon \rangle^2}{2} = \frac{m}{2}(\upsilon_x^2 + \upsilon_y^2 + \upsilon_z^2) = \frac{3}{2}kT \quad U = \frac{i}{2}kT$$

Работа, совершенная газом за цикл: $A = Q_1 - Q_2$

К.п.д. тепловой машины: $\eta = \frac{A_{пол}}{A_{затр}} = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$, $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$.

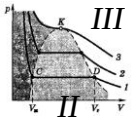
Энтропия $dS = \frac{dQ}{T}$, $\Delta S = \int_1^2 \frac{dQ}{T}$. В состоянии термодинамического равновесия энтропия максимальна. изохорический: $\Delta S = \frac{m}{\mu}C_V \ln\frac{T_2}{T_1}$, т.к. $V_1 = V_2$ изобарический: $\Delta S = \frac{m}{\mu}\int_{T_1}^{T_2} C_p \frac{dT_2}{T_1} = \frac{m}{\mu}C_p \ln\frac{T_2}{T_1}$.



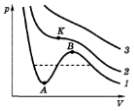
т.к. P1 = P2; изотермический: $\Delta S = \frac{m}{\mu}R \ln\frac{V_2}{V_1}$. т.к. $T_1 = T_2$; адиабатический: $\Delta S = 0$, т.к. $\delta Q = 0$

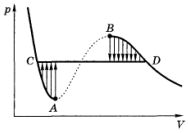
Уравнение Ван-дер-Ваальса: $(P + \frac{a\nu^2}{V^2})(V - \nu b) = \nu RT$, $(P + \frac{a}{V_\mu^2})(V_\mu - b) = RT$ (для одного моля)

Внутренняя энергия реального газа $U = C_VT - \frac{a}{V_\mu}$ (для одного моля), $U = C_VT - \frac{a\nu^2}{V} = \frac{i}{2}\nu RT - \frac{a\nu^2}{V}$ (для нескольких молей). $U = \nu C_VT - \frac{a\nu^2}{V}$



К – критическая точка, Ткр ., когда жидкая и газообразная фазы вещества неразличимы. CD - фазовый переход; I – жидкость; II – жидкость + газ; III – газ.





BD – пересыщенный пар, используют в камере Вильсона – установке по наблюдению треков заряженных частиц; CA – перегретая жидкость, используют в пузырьковой жидководородной камере.