

27.04.2020

Термодинамика.

Как складывается внутренняя энергия идеального газа — это динамика тепла, т.е. влияние в термодинамических процессах, связанных с передачей (переходом) теплоты.

1) Внутренняя энергия идеального газа — сумма кинетических энергий поступательного (вращательного, колебательного) и вращательного движения молекул газа. (Считаем что у идеального газа свободные степени свободы поступательного движения — это поступательное движение молекул, вращательное движение молекул — это вращательное движение молекул, колебательное движение молекул — это колебательное движение молекул.)

а) Уравнение состояния идеального газа  $N_A = 6.10^{23} \text{ моль}^{-1}$   $K = 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$   $n.c.$  Больцман

$$U = \sum_{j=1}^i \frac{m v_j^2}{2} = N \cdot \frac{m v_{rms}^2}{2} = N \cdot \frac{3}{2} kT = \frac{3}{2} \left( \frac{N}{N_A} \right) N_A kT = \frac{3}{2} \nu RT$$

$$U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT$$

б) Многоатомный идеальный газ  $U = \frac{i}{2} \nu RT$   $i$  — число степеней свободы молекул газа.

При очень низких температурах возбуждаются поступательные степени свободы (вращательные, колебательные), возбуждаются вращательные, колебательные и поступательные.

При высоких температурах возбуждаются поступательные и вращательные с.с. При очень низких температурах возбуждаются только поступательные с.с.

Газ	с.с.	По с.с.	По с.с.
одноатомный	3	—	3
двухатомный	3	2	5
трехатомный	3	3	6

Примеры: Внутренняя энергия идеального газа зависит только от температуры. (Если  $n, M = const$ )

2) Работа совершаемая газом (затрата газа)

$\delta A_T = P \cdot dV$   $\delta A_T$  — элементарная работа  $\neq dA$  т.е. не путать с  $dA$  — элементарно малая работа  $\neq dA$  — элементарно малая работа  $\neq dA$  — элементарно малая работа

$F \cdot dl = P \cdot S \cdot dl = P \cdot dV$   $dV$  — элементарный объем

Пример:  $A_T = \int_{V_1}^{V_2} P dV = \int_{V_1}^{V_2} P_1 dV = P_1 \int_{V_1}^{V_2} dV = P_1 (V_2 - V_1)$   $P_1 = P_2 = P$   $T = const$  т.е.  $P_1 V_1 = P_2 V_2$

Примеры: т.е. сила давления газа цилиндрическая и равна внешней силе (в равновесной ситуации), то  $\delta A_T = - \delta A_{внеш. сил.}$

26.04.2020

Первое начало термодинамики (закон сохр. энергии)

$\delta Q = dU + \delta A_r$

$\delta Q$  - количество переданное газу (элементарное тепло)  
 $dU$  - изменение внутренней энергии газа (электронное тепло)  
 $\delta A_r$  - работа газа (элементарная, от газа)

$\delta Q > 0 \Rightarrow$  газу передано тепло  $\Rightarrow$  газ расширяется  $\Rightarrow$  газ отдаст  $\delta Q_{отд} < 0$ !  
 $\delta Q < 0 \Rightarrow$  газ отдает тепло  $\Rightarrow$  газ сжимается, при этом тепло  $\delta Q_{отд} > 0$ !  
 $\delta Q_{отд} > 0$  и так не работает!

т.е.  $\delta Q = -\delta Q_{отд}$  - количество газу переданное тепло всегда алгебраически  
 Анонотация:  $\delta A_r = -\delta A_{внешн. сил}$  ! Минус!  $\delta Q, dU, \delta A_r$  - алгебраически  
 и  $dU \geq 0$   
величины

Термодинамика: (считать на эг. изопроцессах!)

a. Моноатомный газ  $V = const$

$C_{mv} = \frac{dQ_v}{dT} = \frac{dU_v}{dT} + \frac{\delta A_{rv}}{dT} = \frac{i}{2} \frac{V R dT}{dT} + \frac{P dV}{dT} = \frac{i}{2} R + \frac{P dV}{dT} = \frac{i}{2} R$  [Моль·К]

Моноатомный газ  $P = const$

$C_{mp} = \frac{dQ_p}{dT} = \frac{dU_p}{dT} + \frac{\delta A_{rp}}{dT} = \frac{i}{2} \frac{V R dT}{dT} + \frac{P dV}{dT} = \frac{i}{2} R + R = \frac{i+2}{2} R$

т.е.  $P = const \Rightarrow d(PV) = d(iRT)$   
 $P dV = dV dT$

$C_{mp} = C_{mv} + R$  где  $R$  - универсальная газовая постоянная  
 $\frac{C_{mp}}{C_{mv}} = \frac{i+2}{i}$

b. Газовый закон  $k = const$

$C_{gv} = \frac{dQ_v}{M dT} = \frac{\delta Q_v}{M dT} = \frac{1}{M} \frac{\delta Q_v}{dT} = \frac{1}{M} C_{mv}$  [Кр.К]

$C_{gp} = \dots = \frac{1}{M} C_{mp}$

в. Температуры  $V = const$

$C_v = \frac{\delta Q_v}{dT} = \left[ \frac{dU}{dT} \right] = \frac{1}{2} C_{mv}$

и при  $P = const$

$C_p = \dots = \frac{1}{2} C_{mp}$