

Молекулы газа хаотически движутся в отведенном им объеме, и взаимодействуют между собой. Следовательно, каждая из них обладает определенной энергией.

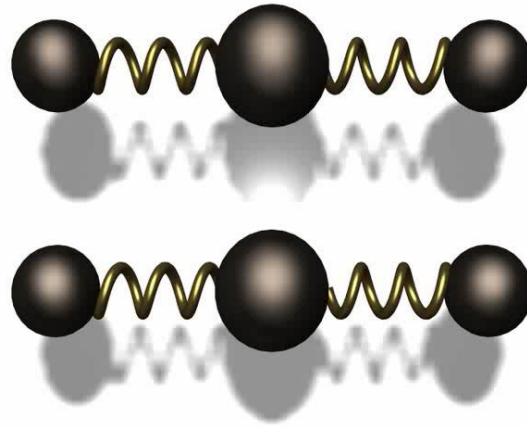
Движение может быть *поступательным, вращательным и колебательным.*

Различные типы движений называют *степенями свободы.*

Одноатомная молекула может двигаться по трем взаимно – перпендикулярным направления = (имеет три степени свободы поступательного движения)

Двухатомная молекула (гантель), кроме поступательных степеней свободы, имеет две вращательных степени свободы (вращение вокруг двух осей, перпендикулярных к ней).

У более сложных молекул три вращательных степени свободы.



Если атомы в молекуле могут колебаться с несколькими ($i_{\text{колеб}}$) частотами, то она имеет $2 i_{\text{колеб}}$ колебательных степеней свободы, так как средние значения кинетической и потенциальной энергии колебания равны.

При столкновениях между собой молекулы обмениваются энергией, и различные ее виды переходят друг в друга.



Больцман доказал: на каждую степень свободы приходится эн. $\frac{1}{2}kT$: *равномерное распределение энергии по степеням свободы.*

В итоге средняя эн. молекулы $\bar{\varepsilon} = \frac{i}{2}kT$,

$$i = i_{\text{пост}} + i_{\text{вращ}} + 2i_{\text{колеб}}.$$

3 2 или 3

$i_{\text{колеб}}$ - количество собственных частот

Внутр. эн. ТДС: $U = \text{кин. эн. молекул} + \text{эн. их}$
взаим.

$$R = k N_A$$

Для N молекул газа

$$U = N \frac{i}{2} kT = \frac{N}{N_A} \frac{i}{2} N_A kT = \nu \frac{i}{2} RT.$$

$$U = \nu \frac{i}{2} RT$$



Первый закон (начало) термодинамики

Внутреннюю энергию ТДС *можно изменить*

- 1) Механически*
- 2) Теплообменом*



Закон сохр. эн.: $Q = U_2 - U_1 + A$

- 1-й з-н ТД.

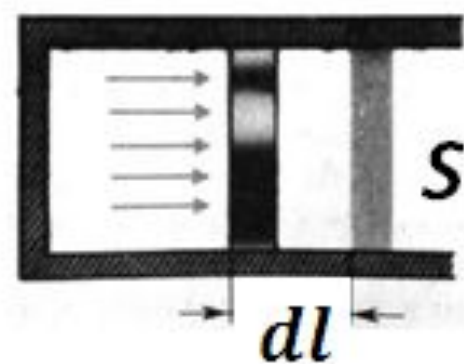
Переход системы $1 \rightarrow 2$ разделим на малые шаги

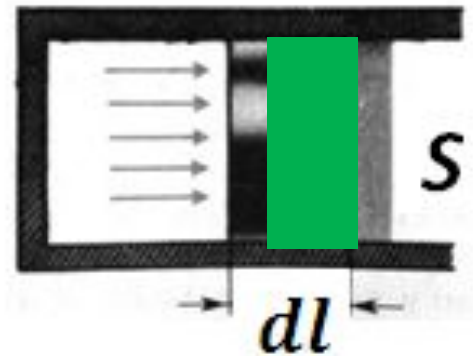
Для малого участка $\delta Q = dU + \delta A$.

(d , если изменение величины не зависит от формы пути, δ , если зависит).

● *Работа при изменении объема ТДС*

**Перемещ. внешних тел меняет
объем ТДС. При расширении газ
совершает работу**



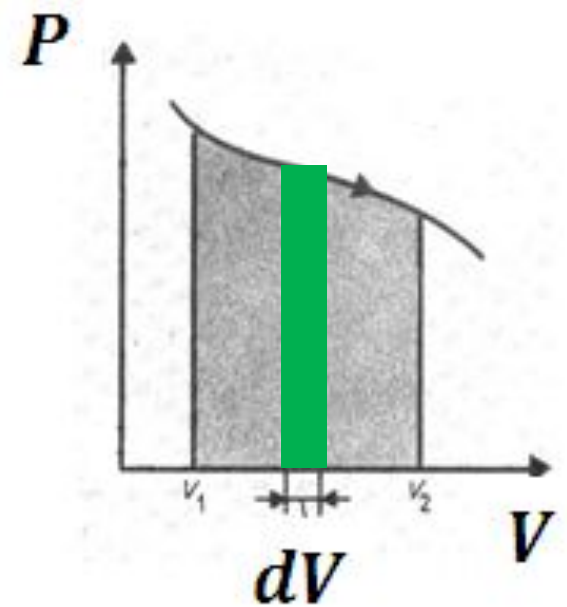


$$\delta A = PSdl = PdV. \text{ и}$$

$$A(1 \rightarrow 2) = \int_{V_1}^{V_2} P(V) dV$$

- площадь под кривой $P(V)$

соотв. процесса.



● 4.4. Теплоемкость

Передача Q в систему изменяет T и $dT \sim \frac{\delta Q}{M}$:

$$\delta Q = c M dT \text{ или } \delta Q = C \nu dT.$$

c - уд. теплоемкость, C - молярная теплоемк.

$C = \text{??} = c\mu$. Они зависят от типа процесса.



1-й з-н ТД и изопроцессы

Изопроцессы \Rightarrow $(V=const)$, $(T=const)$, $(P=const)$

$$\delta Q = dU + \delta A$$

$$\delta Q = C v dT.$$

$$\delta A = P dV$$

$$C v dT = dU + P dV ; C = \frac{1}{v} \left(\frac{dU}{dT} + P \frac{dV}{dT} \right)$$

зависит от процесса и вычисляется с помощью

$$PV = \nu RT$$

$$\delta Q = dU + \delta A$$

$$C = \frac{1}{\nu} \left(\frac{dU}{dT} + P \frac{dV}{dT} \right)$$

$$U = \nu \frac{i}{2} RT$$

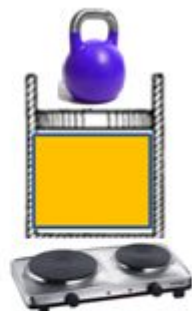
1) При $V = \text{const}$

$$C_V = \frac{i}{2} R$$



$\delta A = PdV = 0$, $\delta Q = dU$ поступающее тепло увеличивает U .

Для $1 \rightarrow 2$: $Q = U_2 - U_1 = \nu C_V (T_2 - T_1)$, а $T_{1,2}$ можно выразить через $P_{1,2}, V$ по у.К-М.



$$C = \frac{1}{\nu} \left(\frac{dU}{dT} + P \frac{dV}{dT} \right)$$

$$\delta Q = dU + \delta A$$

2) При $P = const$

$$C_P = \frac{1}{\nu} \left(\frac{dU}{dT} + P \frac{dV}{dT} \right) \quad U = \nu \frac{i}{2} RT$$

Из $PV = \nu RT$ следует $P \frac{dV}{dT} = \nu R$ и

$$C_P = \frac{i+2}{2} R$$

$$\delta Q = \nu C_P dT, \quad dU = \nu C_V dT, \quad \delta A = PdV$$

$$\nu C_P dT = \nu C_V dT + PdV$$

Тепло идет на увелич. U и совершение работы

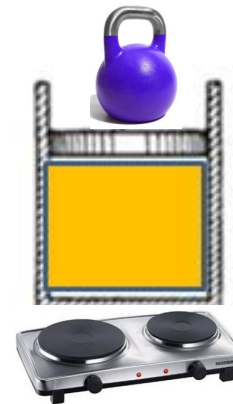
$$vC_P dT = vC_V dT + PdV$$

Для процесса $1 \rightarrow 2$:

$$vC_P(T_2 - T_1)$$

$$= vC_V(T_2 - T_1) + P(V_2 - V_1)$$

$V_{1,2}$ можно выразить через $T_{1,2}$ по у.К-М.



$$\delta Q = dU + \delta A$$

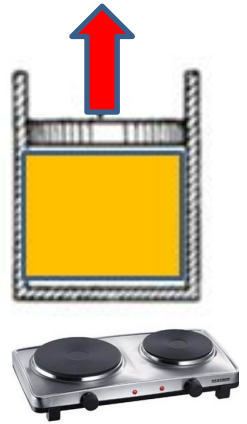
$$U = \nu \frac{i}{2} RT$$



3) При $T = const$ $dU = 0$; $\delta Q = \delta A$

все тепло идет на работу и не увеличивает T и U

Работа при изотермическом процессе



Из $PV = \nu RT$ следует $P = \nu RT \frac{1}{V}$.

$$\delta A = PdV, A = \int_{V_1}^{V_2} PdV = ?? =$$

$$\nu RT \ln \frac{V_2}{V_1} = ?? = \nu RT \ln \frac{P_1}{P_2}$$

(использовано $PV = \nu RT$).

ОТЧЕТ О ПРОДЕЛАННОЙ РАБОТЕ

Фамилия, имя

задачи	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Семинар 1														
Семинар 2														
Семинар 3														
Семинар 4														

Решенные вами задачи отметьте крестиком.

Условие задачи обязательно должно быть написано

Все обозначения и названия уравнений обязательно должны быть написаны.

Решение должно сопровождаться максимально подробным объяснением.

Все пропущенные занятия необходимо

отработать: законспектировать литературу,

указанную в соответствующем Задании.

В тетрадях:

Номера семинаров выделить фломастером

Номера решенных задач выделить фломастером

Заполнить Таблицу – Отчет о проделанной работе