

Термодинамика

- это раздел физики, изучающий тепловые свойства макро-скопических систем, не обращаясь к строению тел, составляющих систему.

Внутренняя энергия

определяется суммой кинетических энергий хаотического движения всех частиц тела относительно центра масс тела (молекул, атомов) и потенциальных энергий их взаимодействия друг с другом.

$$U = \sum E_k + \sum E_p$$

Потенциальная энергия – определяется взаимным расположением частиц

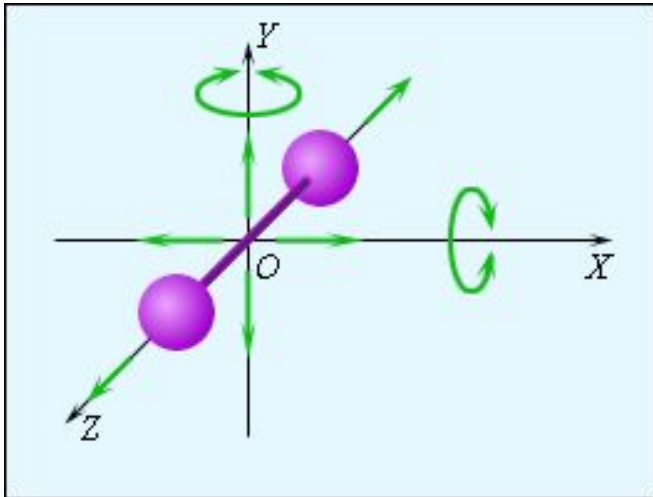
Кинетическая энергия частиц определяется температурой тела.

Меняется только при изменении температуры

Если система молекул находится в тепловом равновесии при температуре T , то средняя кинетическая энергия равномерно распределена между всеми степенями свободы и для каждой степени свободы молекулы она равна $\frac{1}{2}kT$

Число степеней свободы i

- это число независимых координат однозначно определяющих положение тела в пространстве



Одноатомный газ $i = 3$

Двухатомный газ $i = 5$

Многоатомный газ $i = 6$

Внутренняя энергия идеального газа

определяется только кинетической энергией движения молекул

Для одноатомного идеального газа:

$$U = N \cdot \overline{E_K} = N \cdot \frac{3}{2} kT = \frac{3}{2} \nu N_A kT = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} pV$$

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

Способы изменения внутренней энергии

- Совершение работы

работы

Самим телом
телом

Над

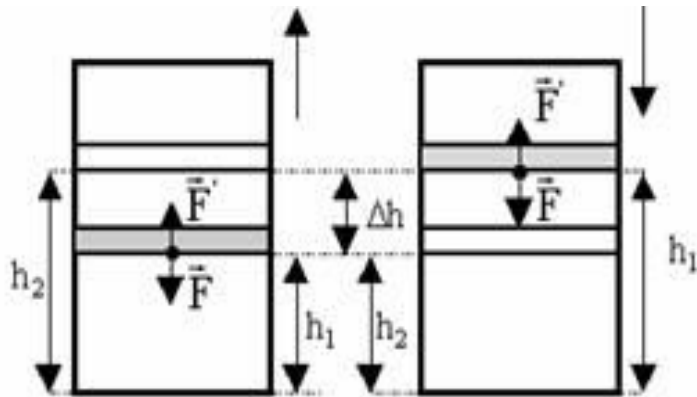
- Теплообмен:

1. Теплопроводность
2. Конвекция
3. Лучистый обмен

$$\Delta U = Q + A_{ВН}$$



Работа в термодинамике



Работа газа:

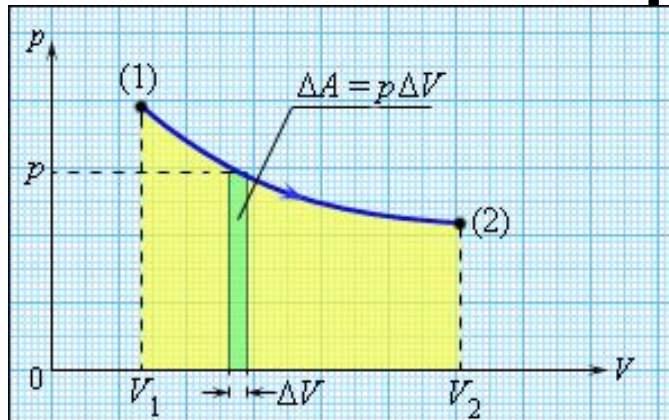
$$A' = F' \cdot s \cdot \cos(\vec{F}, d) = \\ = p \cdot s \cdot \Delta h = p \cdot \Delta V$$

По третьему закону
Ньютона:
Работа внешних сил над
газом:

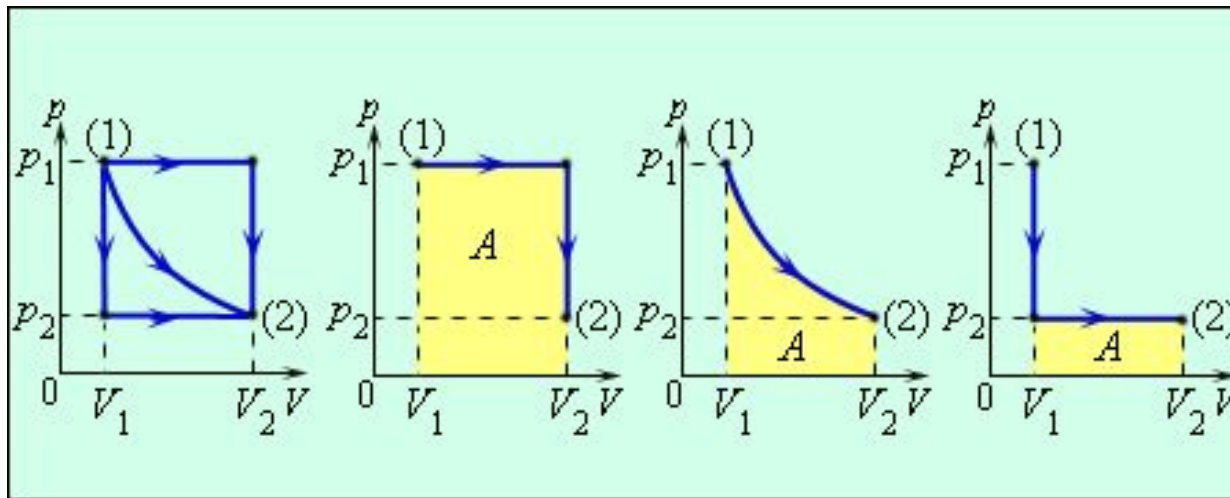
$$\vec{F} = -\vec{F}'$$

$$A = -A' = -p\Delta V$$

Геометрический смысл работы



Работа численно равна площади под графиком процесса на диаграмме (p, V).



Величина работы зависит от того, каким путем совершался переход из начального состояния в конечное.

Работа газа при изобарном нагревании

$$\begin{cases} pV_2 = \nu RT_2 \\ pV_1 = \nu RT_1 \end{cases} \Rightarrow A = p\Delta V = \nu R\Delta T$$

$\Delta V > 0$, работу совершает газ

$\Delta V < 0$, работу совершают

внешние силы над газом

Первый закон термодинамики

$$Q = \Delta U + A$$

Подводимая к системе теплота расходуется на совершение газом работы и изменение его внутренней энергии

$$Q = cm\Delta T = C\Delta T = C_m \nu \Delta T$$

- c - удельная теплоемкость вещества
- C – теплоемкость системы
- C_m – молярная теплоемкость вещества

Применение первого закона
термодинамики к **изобарному**
процессу

$$Q = \Delta U + A = C_p \nu \Delta T$$

$$\Delta U = \frac{i}{2} \nu R \Delta T \quad A = p \Delta V = \nu R \Delta T$$

$$Q = \frac{i}{2} \nu R \Delta T + \nu R \Delta T = \frac{i+2}{2} \nu R \Delta T$$

$$C_p = \frac{Q}{\nu \Delta T} = \frac{i+2}{2} R$$

Применение первого закона
термодинамики к **ИЗОХОРНОМУ**

процессу

$$\Delta V = 0 \Rightarrow A = 0 \quad Q = \Delta U$$

$$\Delta U = \frac{i}{2} \nu R \Delta T = C_V \nu \Delta T$$

$$Q = \frac{i}{2} \nu R \Delta T \quad C_V = \frac{Q}{\nu \Delta T} = \frac{i}{2} R$$

$$C_p - C_V = \frac{i+2}{2} R - \frac{i}{2} R = R$$

Теорема Майера

$$C_p - C_V = \frac{i+2}{2}R - \frac{i}{2}R = R$$

Газовая постоянная численно равна работе которую совершает 1 моль газа при изобарном нагревании на 1 К

$$A = \nu R \Delta T$$

Применение первого закона
термодинамики к **изотермическому**
процессу

$$\Delta T = 0 \Rightarrow \Delta U = 0$$

$$Q = A \qquad C_T = \frac{Q}{\nu \Delta T} = \infty$$

$$A = \nu R T \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

Адиабатный процесс

- протекает без теплообмена с окружающей средой

$$Q = 0 = A + \Delta U$$

$$A = -\Delta U = -\frac{i}{2} \nu R \Delta T = \frac{i}{2} \nu R (T_1 - T_2)$$

$$pV^\gamma = \text{const} \qquad \gamma = \frac{i+2}{i}$$