

# 熱力学第一法則

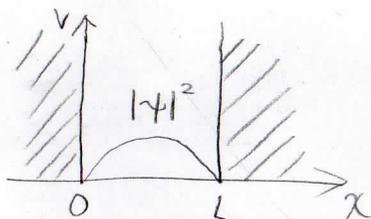
## ☆ 内部エネルギー $U$

系内の全エネルギー

(運動エネルギー + ポテンシャルエネルギー)

$$U(T) = U(0) + \frac{3}{2}nRT$$

零点エネルギー    熱運動のエネルギー



$$\begin{cases} E_n = \frac{n^2 h^2}{8mL^2} \\ \psi_n = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin\left(\frac{2\pi n x}{L}\right) \end{cases}$$

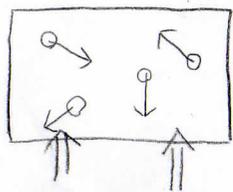
( $n=1, 2, 3, \dots$ )

$$E_1 = \frac{h^2}{8mL^2} \neq 0$$

$$U \equiv U(T) - U(0) = \frac{3}{2}nRT$$

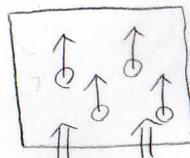
## ☆ $U$ が変化する要因

### ① 熱の移動



熱運動の平均速度  
 $\langle v \rangle \propto \sqrt{T}$   
温度が上昇すると  
分子は加速する

## ② 仕事



分子が加速されると、  
温度が上昇する。  
仕事を加えるのを止めて  
時間が経てば、運動方向  
はランダムになる

## ☆ 熱力学第一法則

内部エネルギーの変化量  $\Delta U$

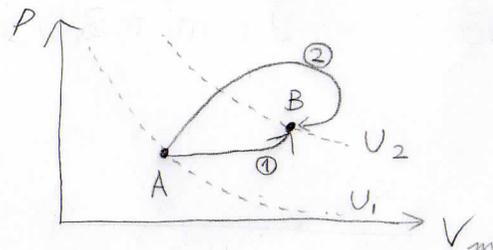
$$\Delta U = \underbrace{q}_{\text{系に与えられた熱量}} + \underbrace{w}_{\text{系がされた仕事}} \quad \text{熱力学第一法則}$$

- ・ 孤立系 ( $q=0, w=0$ ) のとき、内部エネルギーは一定
- ・ 熱量と仕事はエネルギーが動くときの形を表す
- ・ 第一種永久機関は作れない  
 $q=0, \Delta U=0$  のとき、  
外界へした仕事  $-w=0$

## ☆ 状態量

状態量: 系の状態だけで一意的に決まる量  
履歴や経路に依存しない

$U$  は状態量、 $q, w$  は非状態量



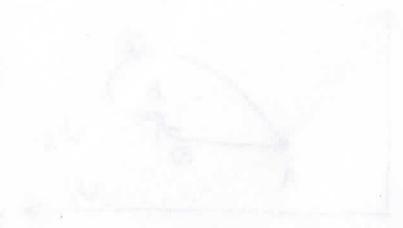
経路①と②で  $q, w$  は異なるが  
 $\Delta U$  は同じ、 $U$  は  $P$  と  $V_m$  で決まる  
 $U \rightarrow$  状態関数  
 $q, w \rightarrow$  経路関数

内部エネルギーの微小変化  $dU$

$$dU = \underline{dq} + \underline{dw}$$

本質的に異なるため区別

$$dq, d'q, dq$$



$$\left(\frac{RT}{V}\right) \sin\left(\frac{\pi}{2}\right) = \frac{RT}{V}$$

$$F = \frac{RT}{V}$$

$$U = U(T) = \frac{5}{2} nRT$$

