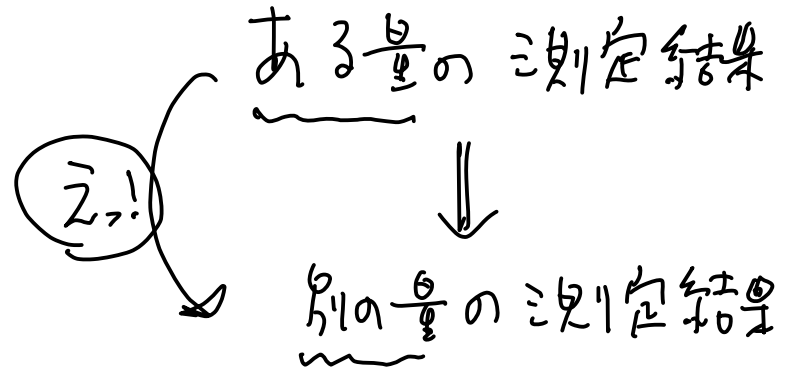
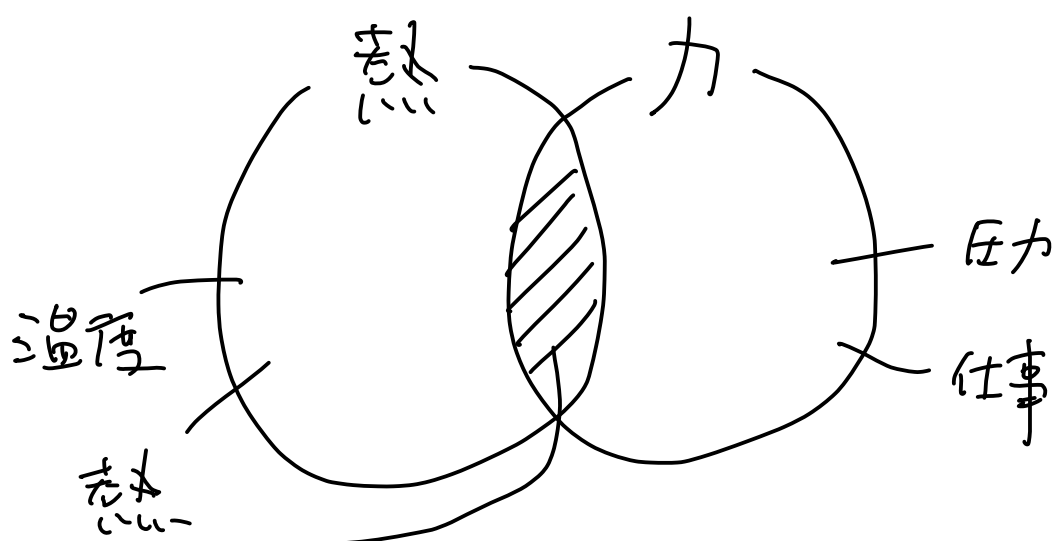


熱力学講義 I

20/05/13

佐々真一

§ 熱力学とは



• 熱学と力学の統一理論 •

▷ 「熱容量の体積依存性は状態方程式で決まる。」
e.g. 「熱容量, 断熱自由膨張, 断熱曲線 ⇒ 状態方程式」

§ 原理 という X-7

① 物質の個性 (熱容量, 状態方程式, ...) 電気, 磁気

マクロ

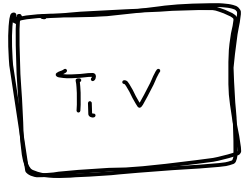
熱学

力学

e.g. 単純物質

$$C = C(T, V)$$

$$p = p(T, V)$$



$$C = C(T, V; \underbrace{A, N}) \quad p = p(T, V; \underbrace{A, N})$$

定義は後

- A 純物質
- 物質量 N

② 物質の種類に依存しない法則

熱力学法則

e.g. $\underline{dU = Tds - pdV}$

説明は6月

§ 熱力学で学ぶこと

ゴール: 熱力学三法則を使って、物質の個性の関係をキコにする
2707

そのためには...

- 熱力学三法則を理解し、使えるようになる。
- 物質の個性や現象を知る (整理する)。

新しい概念になじむ。

エンタルピー

(cf 「エンタルピー入門」, youtube)

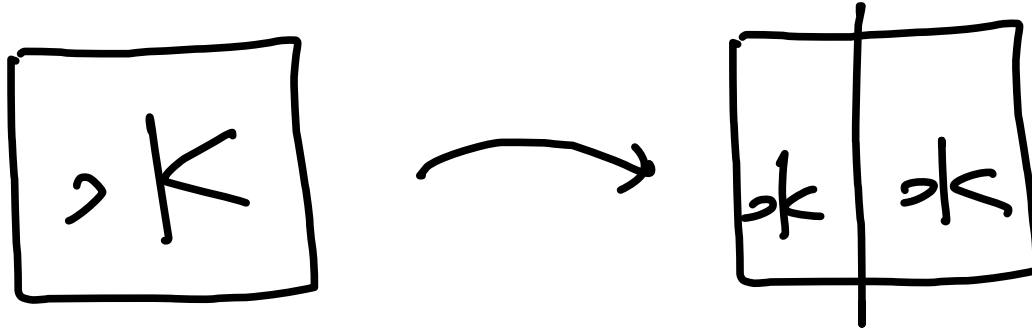
• 内部エネルギー
(高校)

• 自由エネルギー

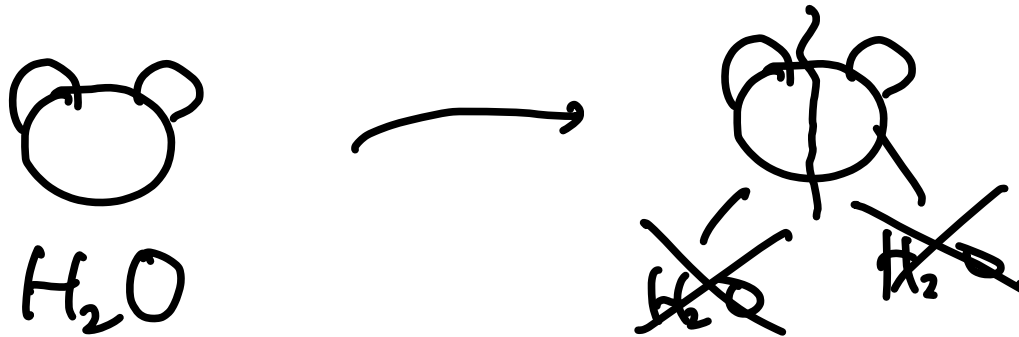
⑩ 補足: マクロな物質とは?

熱力学
が対象とする

物質



分子



ビスタクトの原理

② 注釈

。言葉が「中途半端に」「日常的」

代表例: 熱

⇒ 定義 を 意識する (こだわる)

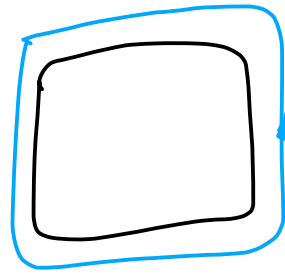
ただし、ここでの定義は 操作的定義 であり、

研究者が実験によって確認できる利便に
よって規定されたものとする

(現代数学の形式とは異なる; 「公理的熱力学」ではない)

。 過度計 。力学は前提にする

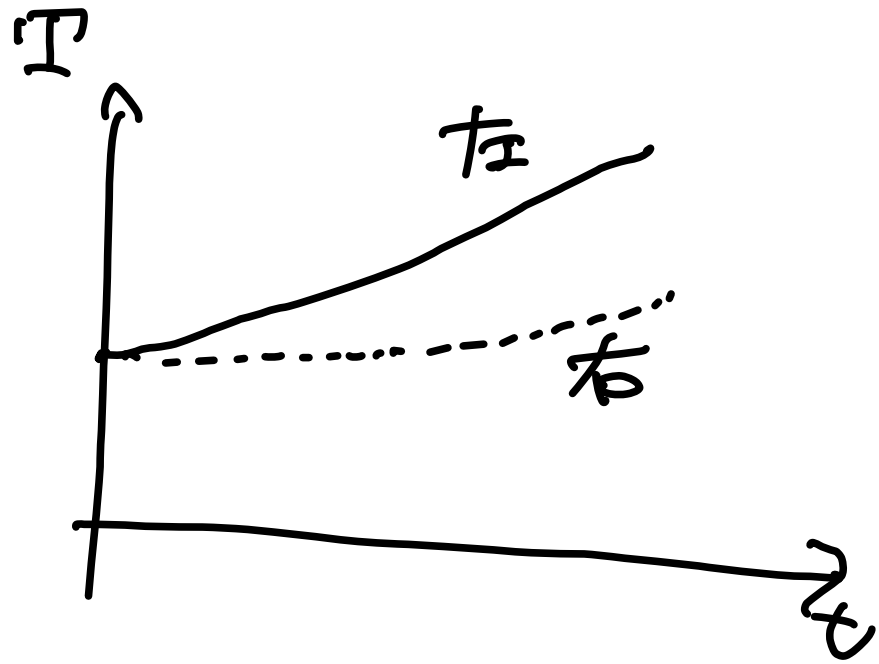
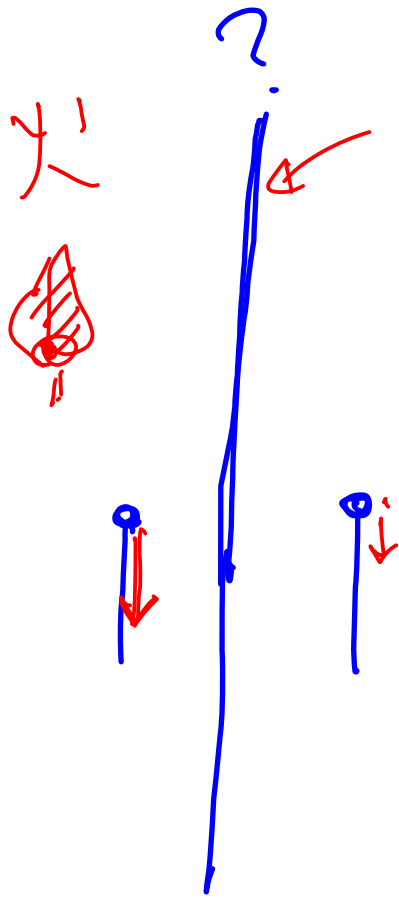
§ 例：断热材，断热壁



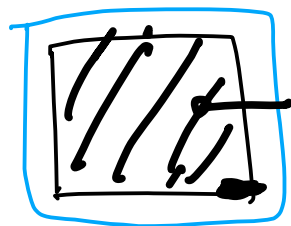
断热壁

操作的定义

「热」を定義せよと、
断热壁を定義する

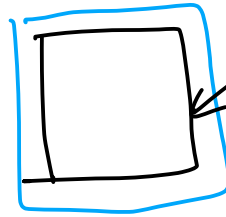


平衡状態



用意

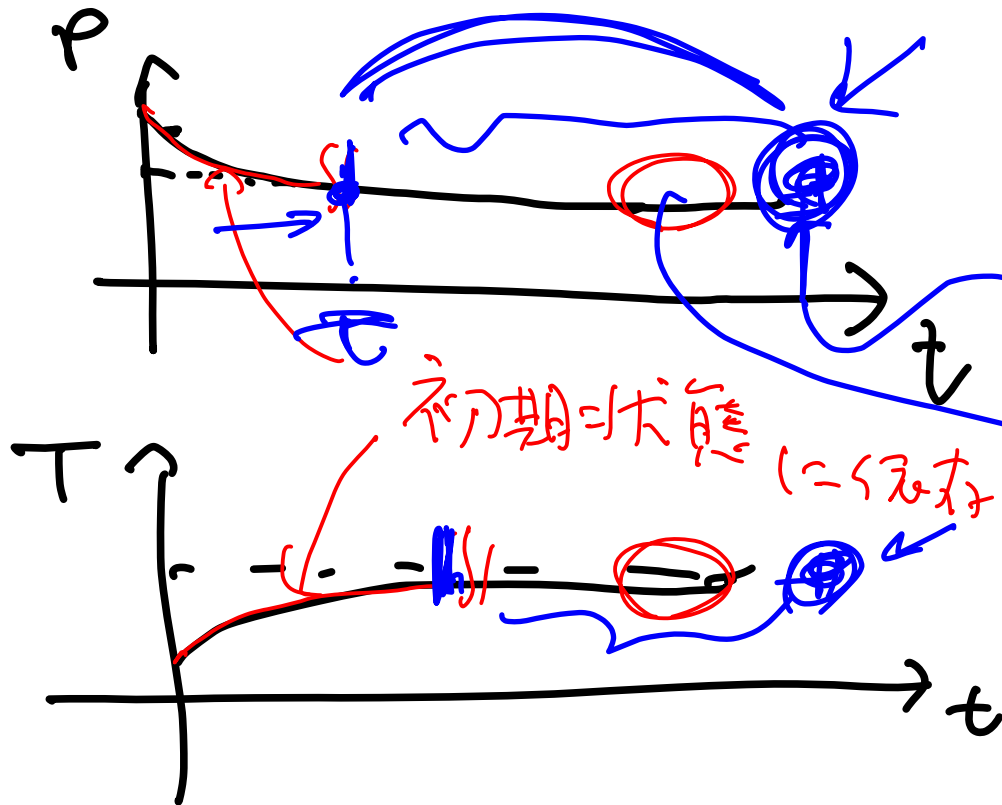
何もせずに
十分な長い時間放置



平衡状態

最初の用意に依存しない

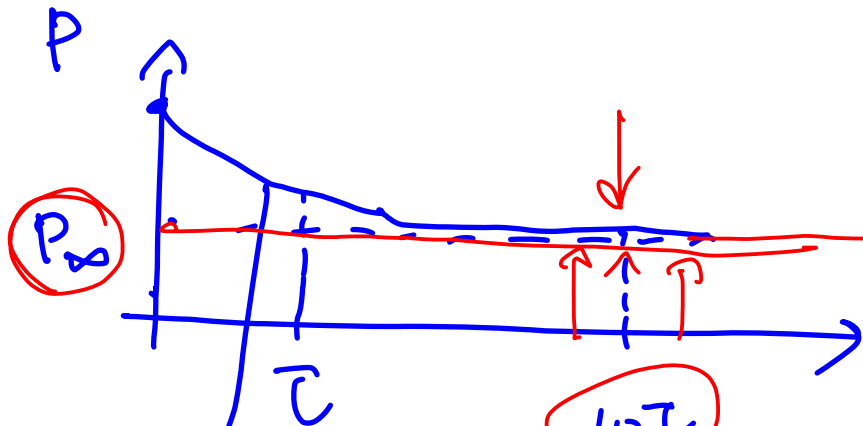
何?



τ : 緩和時間

τ_{obs} : $\tau_{obs} = \frac{10\tau}{?}$

$$P = P_{\infty} + A e^{-t/\tau}$$



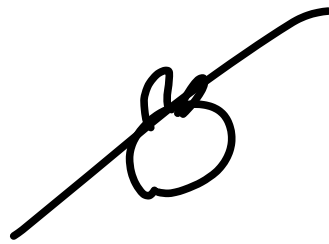
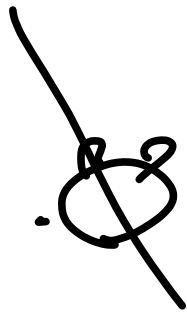
$t \rightarrow \infty$: 平衡状態

$$P = P_{\infty} + A e^{-t/\tau}$$

$$|P_{\infty} - P(\omega\tau)| \leq \varepsilon$$

$$\Rightarrow \underline{A e^{-\omega}} \leq \underline{\varepsilon}$$

(A ω)



§ マクロな物質の平衡状態における性質 (物性)

単純物質: 平衡状態が (T, V) によって特徴づけられる
(単純流体) 物性は ・ 状態方程式 ・ 熱容量のみ

力学

状態方程式

$$p = p(T, V) \quad (p = p(T, V; A, N))$$

圧力

物質の種類

物質量

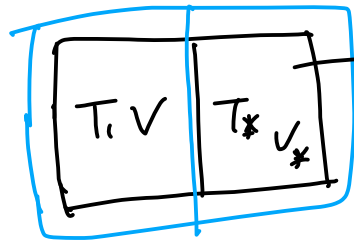
熱学

熱容量

$$C = C(T, V) \quad (C = C(T, V; A, N))$$

操作の定義が必要

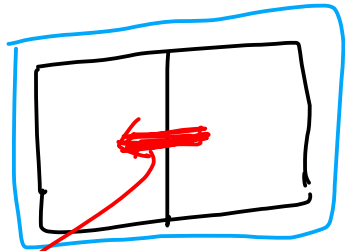
§ 热容量 $C(T, V; A, N)$



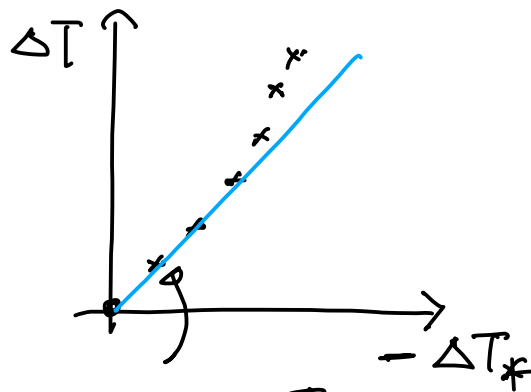
正则系集 A^*, N^*
 正则状态 T^*, V^*
 fix

温度 T 在 T^* 附近 a に

必要は「熱」 Q
 (一定量)

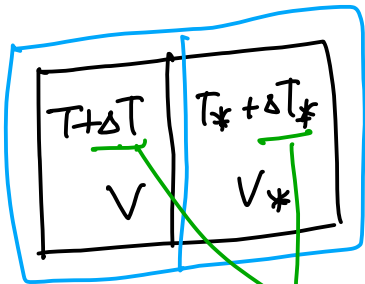


$(T, V; A, N)$ fix



$(T < T^*)$

$$C(T, V; A, N) = \frac{1}{a} C^* !$$



測定量

$$\Delta T = -a \Delta T^*$$

解釈

$$Q \equiv C(T, V; A, N) \Delta T = - \overbrace{C(T^*, V^*; A^*, N^*)}^{C^*} \Delta T^*$$

測定量

$$\Delta T, \Delta T^* \text{ 微小量}$$

Q

§ シボート (任意提出; 成績評価なし)

(101)

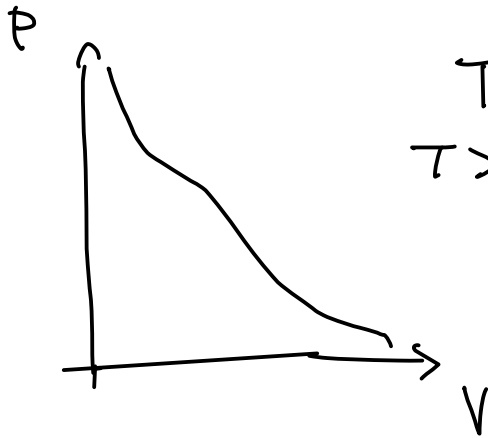
フロニデルワルツ 気体

• a, b の 物理的意味?

≠ 状態方程式
$$p = \frac{NRT}{V - bN} - \left(\frac{N}{V}\right)^2 a \quad a \geq 0, b \geq 0$$

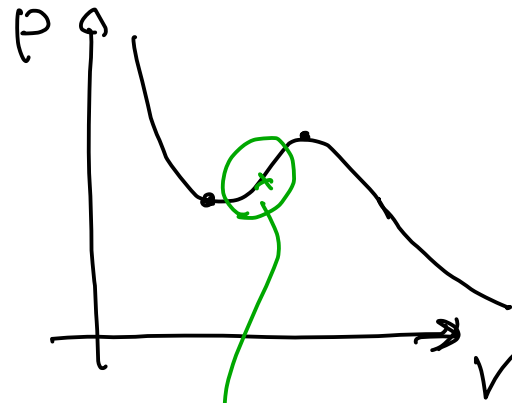
$V > bN$ に対し, $T > 0$ 固定して $P-V$ のグラフを描け

(102)



T_c が存在して
 $T > T_c$ で
単調減少

• T_c を求めよ
(103)



$T < T_c$
増加する領域あり

この状態が「実現できない」として

キレる
(104)



$$p = p(T, V, x; A, N)$$

↑