

9.1 熱力学と統計力学

熱学・統計力学要論 (2014)

田中担当クラス

<http://www-het.phys.sci.osaka-u.ac.jp/~tanaka/teaching.html>

第9章 統計力学の考え方

第9章の参考文献

- 田崎晴明「統計力学Ⅰ・Ⅱ」(培風館)
- ランダウ・リフシッツ「統計物理学 第3版 上・下」(岩波書店)
- 大野克嗣「統計物理 ジョギングコース」
http://www.yoono.org/Y_00NO_official_site/StatPhysJogging.html
- 清水 明「統計力学の基礎」
http://as2.c.u-tokyo.ac.jp/lecture_note/statmech.pdf

マクロとミクロ

- マクロ \Rightarrow 熱力学
 U, V, N
- ミクロ \Rightarrow 力学, 電磁気学, 量子力学
 E, V, N , 個々の分子の位置, 運動量等, ...

マクロ状態とミクロ状態の対応

1つのマクロな熱平衡状態 (U, V, N)

\Leftrightarrow 多数のミクロな状態 $(E \simeq U, V, N, \dots)$

(平衡) 統計力学

ミクロ系の確率モデルを用いてマクロ系の平衡状態 (状態変数, 熱力学関数) の情報を得る.

ミクロ系を古典 (量子) 力学で扱う \Rightarrow 古典 (量子) 統計力学

ミクロ状態の記述

(古典) 力学：位置と運動量 \Rightarrow 位相空間

- 1次元, 1粒子

状態: (x, p) (p は圧力ではない.)

位相空間: 2次元空間 (平面)

エネルギー: $E = p^2/2m + V(x)$ ($V(x)$ はポテンシャル, 体積ではない.)

例: 調和振動子

$$V(x) = \frac{m}{2}\omega^2 x^2$$

$E =$ 一定の状態は, 位相空間内の (楕) 円 .

時間発展を表す軌跡は交差, 分岐, 合流しない .

- 3次元, 1粒子

状態: 位置 $\mathbf{q} = (q_x, q_y, q_z)$, 運動量 $\mathbf{p} = (p_x, p_y, p_z)$

位相空間: 6次元

3次元, N 粒子 ($N \sim 10^{23}$)

$\mathbf{q}_1, \mathbf{q}_2, \dots, \mathbf{q}_N; \mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2, \dots, \mathbf{p}_N$: 位相空間は $6N$ 次元 .

エネルギー $E(\mathbf{q}_1, \dots, \mathbf{q}_N, \mathbf{p}_1, \dots, \mathbf{p}_N)$ ($= E(q, p)$ と略記)

マクロな平衡状態 (E, V, N)

$\Leftrightarrow E(q, p) = E$ を満すミクロ状態の 一部

統計力学の基本的仮定 (要請)

マクロな平衡状態 (E, V, N)

$\Leftrightarrow E(q, p) = E$ を満すミクロ状態の ほとんど全部

平衡状態の力学的物理量 (圧力等) : $f = f(q, p)$ (計算可能)

熱的な物理量 (エントロピー等) はどうやって計算するのか?