

## 2015 年度 統計力学 II ガイダンス

2015.4.16 担当 吉森 明

### ①担当者

吉森 明

e-mail a.yoshimori@cmt.phys.kyushu-u.ac.jp

部屋 2639 (6 階エレベーターの前) TEL 092-642-2563

### TA(宿題添削)

酒井 雄太 さん (物性理論グループ修士 1 年)

質問、意見、感想、その他何でも、直接でも電子メールでも電話でも、授業時間内でも時間外でも言って下さい。直接部屋に来られるのも歓迎致します。午後 3 時ごろに来れば、コーヒーが飲めるでしょう。ただし、部屋にいないこともあるので、あらかじめ連絡を取って下さい。

オフィスアワー (部屋に必ずいる時間) をつくる予定ですが、具体的な時間は後で連絡します。

### ②目的

1. 理想ボルツマン、フェルミ、ボース気体に、カノニカル分布やグランドカノニカル分布を応用して、熱力学量を計算できるようにする。
2. 相転移現象を平均場近似で計算できるようにする。ランダウ理論を説明できるようにする。

計算問題 → 原理から厳密に筋道立てて問題を解決する能力をつける。

### ③関連した教科、研究

カリキュラム: 熱力学 (1 年後期)、統計力学 I (2 年後期) と相転移の統計力学 (4 年前期) の間に位置します。

関係が深い授業: 物性物理学 I、II、III。

その他: 同種粒子の統計性は、量子力学 III で詳しくやります。また、原子・分子の量子力学でも少し触れる様です。スピンについては、量子力学 II の真中辺りで出てきます。素粒子・核物理学関係では、特に原子核物理学で、量子気体の知識が必要です。

ここに書いていない授業でも無関係ではないので、注意が必要。

研究 (特研) については、**全グループに関係します**。特に

すべての内容: 物性基礎論の全グループ (物性理論、統計物理学、凝縮系理論) と、おそらく、素粒子理論や理論核物理。

理想フェルミ気体: 量子物性の全グループ (磁性物理学、極限量子物性、量子微小物性、低次元電子物性)。

相転移: 複雑物性の全グループ (複雑物性基礎、複雑流体、構造物性)、および、宇宙物理理論。

### ④必要な知識と補習について

熱力学、統計力学 I、量子力学 I

特に、統計力学 I は必須です。

ただし、統計力学 I が不安な人は、編入生のための補習があります。これは、統計力学をまったく習っていない編入生のための補習なので、復習には適当でないかも知れません。最初の数回は、教科書は使わずプリントでやります。プリントは、

<http://www.cmt.phys.kyushu-u.ac.jp/~A.Yoshimori/hoshu15.pdf>

に載せる予定です。統計力学 I の復習のあと、統計力学 II の復習をする予定なので、そこから参加されても構いません。

## ⑤成績評価

原則として

期末試験(100点満点) および小テスト(3回)

合計 60 点で合格。ただし、期末試験と小テストで同じ章の問題は高い方の点のみを合計に加えます。つまり、小テストは受験しなくても優が取れることがあります。ただし、期末試験は受験しないと単位が取れません。

小テストの予定は、下のスケジュール参照。ただし、

小テストはその範囲の宿題を最低 1 問は提出しないと、受験資格がありません。

期末試験は、受験資格をつくりませんが、小テストを 1 回も受験しなかった人は、あらかじめ連絡して下さい。

## ⑥スケジュール

ガイダンス (4月16日)

1. はじめに (4月16日)

復習: フェルミ分布・ボーズ分布 (4月23日)

2. 理想フェルミ気体

(a) 状態密度 (4月30日)

(b) 熱力学量の計算 (5月14日)

(c) 低温展開 (5月21日)

3. 理想ボーズ気体

(a) ボーズ-アインシュタイン凝縮 (5月28日、6月4日)

(b) 熱力学量の計算 (6月11日)

(c) 格子振動 (6月18日)

小テスト 範囲 2(6月18日)

(d) 光子 (6月25日)

4. 多原子分子気体の性質

(a) 異核 2 原子分子 (6月25日)

(b) 等核 2 原子分子 (7月2日)

5. 相転移

(a) イジング模型と平均場近似 (7月9日、16日)

小テスト 範囲 3(7月9日)

小テスト 範囲 4(7月17日)

(b) ランダウ理論 (7月23日)

期末試験 (7月30日)

### ⑦その他の注意

- 時間厳守。遅刻厳禁。
- 授業の始めに宿題を板書、あるいはプリントで配布するので、次の週までに解答し、提出。さらに次の週に添削して返却。採点はしない。問題は、2問で、それぞれ難易度が違う。小テスト、期末テストの問題は、宿題から出すので、毎時間提出すること。解答は www に載せる予定。宿題の提出は小テストの受験資格になる。  
小テストの受験資格 小テストの範囲の宿題を最低1回は提出。小テストの範囲はスケジュールに予定を書いたが、変更の可能性もあるので、事前に必ず確認すること。

#### 宿題提出時の注意

- － 名前を書いて下さい。
- － 2枚以上になるときは、ホチキスでとめて下さい。
- － 文字・数字は出来る限り読みやすく書いて下さい。

- 授業の改善を目的として、アンケートを2回取る予定。
- ホームページ: 連絡、授業でやったことその他。アドレスは、追って連絡。

### ⑧参考文献

基本的には、買う必要は無いが、以下の文献に沿って授業を進める。

- 「統計力学」小田垣孝著、裳華房

また、統計力学 I の教科書も参考にする。

- 岩波基礎物理学シリーズ 7 「統計力学」、長岡洋介 著、岩波書店

その他としては、以下のものが挙げられる。

1. 久保亮五編、「大学演習 熱学・統計力学」、裳華房  
有名な問題集。現在教員になっている多くの人がこれで勉強したと思う。第 7 章、第 8 章、第 9 章が関係している。
2. ランダウ・リフシッツ「統計物理学上」小林秋男他訳（岩波書店）12 章  
古典的な教科書。書き方は平易でなく分かりづらいが、正確に書かれているので、後々まで使える。この授業とは、第 4 章、第 5 章と第 6 章が関係している。
3. 統計力学 II (田崎晴明、培風館、新物理学シリーズ)  
2008 年の終りに出版された最近の教科書。とても丁寧に書いてあり、授業で分かり難いと思った所を補足するのにちょうど良い。分らない所が氷解するかもしれない。この授業とは、第 6 章と第 7 章、第 10 章の 3 と 4、第 11 章の 1 から 4 が関係している。

宿題:(4 月 24 日締め切り)

1. 粒子数を  $N$ 、質量を  $m$ 、 $i$  番目の粒子の運動量を  $\mathbf{p}_i$  とし、今ハミルトニアン  $H$  が

$$H = \sum_i^N \frac{|\mathbf{p}_i|^2}{2m} \quad (1)$$

と書けている古典系について

- (a) 温度  $T$ 、体積  $V$ 、 $N$  が与えられている時、カノニカル分布から分配関数
- (b) 温度  $T$ 、体積  $V$ 、化学ポテンシャル  $\mu$  が与えられている時、グランドカノニカル分布から大分配関数を求めなさい。

2. (1) 式のハミルトニアンでカノニカル分布の分配関数からヘルムホルツの自由エネルギーを導きなさい。また、グランドカノニカル分布の大分配関数  $\Xi$  から  $J = -k_B T \ln \Xi$  を計算し、それからヘルムホルツの自由エネルギーを導くことにより両者を比較しなさい。特に  $N$  が大きい時一致する事を示せ。