

科目名 Course Title	応用環境解析 Applied Environmental Analysis				
開講期 曜日・時限 Semester Day・Period	後期 Second Semester		水曜 Wed.	2限 2nd	
時間割番号 Course Number	17930	科目区分 Category	環境・エネルギー技術特論 Advanced Subjects on Environmental and Energy Technology	講義形態 Lecture Form	講義 Lecture
担当教員名 Instructor	大橋 政司 OHASHI Masashi		E-mail : ohashi@se.kanazawa-u.ac.jp		
対象学生 Assigned Year	M1,M2	適正人数 Class Size	—	単位数 Credit	2
キーワード Keywords	熱力学,統計力学,古典統計,量子統計 thermodynamics, statistical mechanics (classical and quantum)				

◆授業の主題／Topic

統計力学の考え方を学ぶ。量子統計や固体物理学などへの応用を学ぶ。

The knowledge of statistical mechanics is provided in the lectures. The application to quantum statistical mechanics and solid state physics will be also discussed.

◆授業の目標／Objective

統計力学の考え方を学ぶ。量子統計を学び、実際の物理現象の説明にどのように使われ、どのように現象を理解することができるのかを学ぶ。

The knowledge of statistical mechanics is understood. The student understands how the quantum statistical mechanics is used for explaining realistic phenomena.

◆学生の学習目標／Achievements

統計力学の考え方を学習し、実際の物理現象とどのように関係しているかを理解することを目標とする。簡単な量子統計力学について、分配関数や自由エネルギーの学習を通して、熱力学との関係を理解し、量子統計の重要性に触れることを目標とする。

The object of learning is to learn the way of thinking in the statistical mechanics and understand typical phenomena in the framework of statistical mechanics. On elemental topics of quantum statistical mechanics, by evaluating the partition function and free energy, students get the relationship with the thermodynamics and understand the importance in the quantum statistical mechanics.

◆授業の概要／Outline

以下のような項目について学習し、統計力学の理解を進める。

- 1.統計力学の基礎（等確率の原理、エルゴード仮定）
- 2.統計力学の応用（ミクロカノニカル集団、カノニカル集団、グランドカノニカル集団、理想気体、ゆら

ぎ)

3.量子統計（離散的エネルギー、粒子の波動関数の対称性、フェルミ分布関数、ボーズ分布関数、フェルミ縮退、ボーズ・アインシュタイン凝縮、超流動）

第1回目 統計力学の基礎1（起こり易さの確率と最大）

第2回目 統計力学の基礎2（エネルギー分配の確率）

第3回目 ミクロカノニカル分布とエントロピー1（等確率の原理、エントロピーと温度、エルゴード仮説）

第4回目 ミクロカノニカル分布とエントロピー2（自由粒子の量子状態、多粒子系の量子状態数）

第5回目 ミクロカノニカル分布とエントロピー3（粗視化された1粒子状態分布、理想気体のエントロピー、2準位系のエントロピー）

第6回目 カノニカル分布と自由エネルギー1（分配関数、熱浴、ヘルムホルツの自由エネルギー、エネルギーの揺らぎ）

第7回目 カノニカル分布と自由エネルギー2（ギブスの自由エネルギー、理想気体の自由エネルギー）

第8回目 古典統計力学と量子効果（熱力学第3法則、低温と高密度、実在気体の自由エネルギー）

第9回目 中間まとめ（学習達成度確認）

第10回目 古典統計力学と量子効果（格子振動の低温比熱）

第11回目 開いた系と化学ポテンシャル（グランドカノニカル分布、大分配関数）

第12回目 フェルミ統計とボーズ統計1（見分けられない粒子、波動関数）

第13回目 フェルミ統計とボーズ統計2（1粒子分布）

第14回目 理想量子気体（フェルミ気体、フェルミ縮退、フェルミ気体の比熱、ボーズ気体、ボーズ・アインシュタイン凝縮）

第15回目 2次相転移（イジング模型、秩序無秩序相転移、自発的対称性の破れ）

各授業の予習に要する時間 90 分、授業後の復習に要する時間 30 分の学習時間を含め、授業期間を通して通算 30 時間の自習時間が必要である。

1st lecture: basic of statistical mechanics 1 (probability and maximization)

2nd lecture: basic of statistical mechanics 2 (probability of energy partitioning)

3rd lecture: micro-canonical distribution and entropy1 (principle of equal a priori probabilities, entropy and temperature, ergodic hypothesis)

4th lecture: micro-canonical distribution and entropy 2 (quantum state of free particle, the number of quantum states in many-particle system)

5th lecture: micro-canonical distribution and entropy 3 (Coarse-grained distribution of one-particle states, entropy in an ideal gas, entropy of two-level system)

6th lecture: canonical distribution and free energy 1 (partition function, thermal reservoir, Helmholtz's free energy, energy fluctuation)

7th lecture: canonical distribution and free energy 2 (Gibb's free energy, free energy of ideal gas)

8th lecture: classical statistic mechanics and quantum effect 1 (the thermodynamic 3rd law, low temperature and high-density, free energy of realistic gas)

9th lecture: midterm exam

10th lecture: classical statistic mechanics and quantum effect 2 (heat capacity of lattice vibration)

11th lecture: open systems and chemical potential (grand canonical distribution, grand partition function)

12th lecture: Fermi statistic and Bose statistic 1 (indistinguishable particle, wave function)

13th lecture: Fermi statistic and Bose statistic 1 (one-particle distribution)

14th lecture: ideal quantum gases (Fermi gas, Fermi degeneracy, heat capacity of Fermi gas, Bose gas, Bose-Einstein condensation)

15th lecture: 2nd phase transition (Ising model, ordered-disordered phase transition, spontaneous symmetry breaking)

Students are required to review the contents of the previous class and the related part of the textbook. They should prepare before each class for at least 90 minutes, review after each class for at least 30 minutes. Eventually, it is necessary for them to study themselves for total 30 hours through the end of this course including the time of preparation and review on each week.

◆成績評価の方法／Grading Method

レポート、授業中に行う質問等を総合的に評価する。

Comprehensible evaluation by report, questions in the lectures.

◆テキスト・参考書・教材等／Teaching Materials

大学演習「熱学・統計力学」久保亮五著、裳華房

◆その他履修上の注意事項や学習上の助言／Others

力学、電磁気学、熱力学の基礎の知識が必要である。

Basic knowledge of classical mechanics, electromagnetism, and thermodynamics is assumed.

◆オフィスアワー等（学生からの質問への対応方法等）／Consultation Time

◆履修条件／Prerequisites

◆関連科目／Related Courses

◆カリキュラムの中の位置づけ（関連科目、履修条件等）／Relations with the Other Courses in the Curriculum

◆特記事項／Special note