

(科目コード : 8007720138AA)

【改訂】第27版(2013-03-22)

【科目】統計力学

【科目分類】専門科目 【選択・必修の別】選択

【学期・単位数】前期・2単位

【対象学科・専攻】生産システム,環境 1・2年

【担当教員】青木 利澄

### 【授業目標】

- ・等確率の原理に基づいて、マクロな体系の熱平衡状態と最大実現確率、およびそこから揺らぎの問題が正しく理解されていること。
- ・ミクロカノニカル分布とエントロピーの関係を理解し、これを用いて簡単な系(理想気体、調和振動子系、2準位系)の内部エネルギー、比熱などの計算ができること。
- ・カノニカル分布と自由エネルギーの関係を理解し、これを用いて簡単な系(理想気体、調和振動子系、2準位系)の内部エネルギー、比熱などの計算ができること。
- ・ミクロカノニカル分布とカノニカル分布との関係が理解できること。
- ・統計力学の簡単な応用問題で必要となる、熱力学の初歩が理解できること。
- ・2原子分子気体、常磁性体、空洞放射の問題に対する、統計力学的取り扱いの概要が理解できること、また得られた結果についてその物理的内容が把握できること。
- ・グランドカノニカル分布の考え方を理解し、これを用いて、理想フェルミ気体、理想ボーズ気体に対する分布関数の導出ができること。

### 【教育方針・授業概要】

本科目の総授業時間数は22.5時間である。古典力学または量子力学に従って運動する粒子が多数(10の23乗個の程度)集まったとき現れる集団としての性質は決して、粒子個々の運動を直接反映したものではなく、それとは質的に異なったものとなる。私たちが生活している現実世界の物理(マクロ世界の法則)を理解するには、古典力学や量子力学(ミクロ世界の法則)を理解しているだけでは不十分なのである。この両者の間の橋渡しをするのが、統計力学である。

本講義ではまず、孤立系に対する等確率の原理に基づいてミクロカノニカル分布を導入し、これよりエントロピーと絶対温度を定義する。孤立系の熱平衡状態はエントロピー最大の法則により決定される。次にミクロカノニカル分布の考え方をを用いて、孤立系の中に在る、エネルギーのやりとりが許された微小な部分系が、カノニカル分布に従うことが示される。さらにカノニカル分布とヘルムホルツの自由エネルギーの関係が明らかにされる。理想気体、調和振動子系、2準位系を例として、ミクロカノニカル分布とカノニカル分布を用いた内部エネルギー、比熱などの計算方法を説明する。統計力学の簡単な応用問題で必要となる、熱力学の初歩を説明した後、2原子分子気体、常磁性体空洞放射の問題を取り上げ、これらの統計力学を概説する。最後に固体論で重要となるフェルミ分布関数、およびその対極としてのボーズ分布関数の導出をグランドカノニカル分(粒子数に関するカノニカル分布)を用いて行う。

### 【教科書・教材・参考書等】

教科書:統計力学:長岡 洋介:岩波書店

参考書:熱・統計力学:戸田 盛和:岩波書店

参考書:例解 熱・統計力学:戸田・市村:岩波書店

参考書:熱力学・統計力学:原島 鮮:培風館

参考書:大学演習 熱学・統計力学:久保 亮五 編:裳華房

### 【メッセージ】

統計力学では、まずはそれをどのように適用し、体系の様々な熱力学量を計算するかが問題となります。授業の中で取上げた基本的な具体的計算例を繰り返し復習することによって、その手法を確実に身に付けて下さい。

### 【事前に行う準備学習】

「統計力学」を履修し、単位を修得しようとする学生は、本科応用物理、応用物理を履修していることが望ましい。量子論の知識は、あるに越したことはないが、必要に応じて講義の中で説明する。しかし、応急処置的なものになるので、専攻科開設科目「量子力学」、「量子力学」を履修し、各自で勉強してほしい。

### 【成績評価方法】

[前期]中間試験:0%,期末試験:80%,レポート:20%

### 【達成目標】

	達成目標	割合	評価方法
1	ミクロカノニカル分布とエントロピーとの関係、カノニカル分布とヘルムホルツの自由エネルギーの関係が理解できる。	10 %	定期試験8%、レポート2%の割合で評価する。
2	イジングスピンの代表されるような2準位系の熱力学的性質がミクロカノニカル分布またはカノニカル分布の考え方から導くことができる。	30 %	定期試験24%、レポート6%の割合で評価する。
3	独立した調和振動子系の熱力学的性質がミクロカノニカル分布またはカノニカル分布の考え方から導くことができる。	30 %	定期試験24%、レポート6%の割合で評価する。
4	理想気体の熱力学的性質がミクロカノニカル分布またはカノニカル分布の考え方から導くことができる。	30 %	定期試験24%、レポート6%の割合で評価する。

### 【本校の学習・教育目標】

(B-1) 工学の基礎となる自然科学の科目を確実に理解する

**【授業計画】（統計力学）**

回数	授業の主題	内容	レポート	宿題
第1回	統計力学の基礎（Ⅰ）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・粗視化・統計・確率</li> <li>・気体分子の確率分布</li> <li>・スターリングの公式</li> <li>・可逆と不可逆</li> <li>・熱平衡</li> </ul>		
第2回	統計力学の基礎（Ⅱ）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・等確率の原理</li> <li>・エントロピーと絶対温度</li> <li>・エントロピー増大法則</li> <li>・状態量</li> </ul>		
第3回	ミクロカノニカル分布とエントロピー（Ⅰ）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ミクロカノニカル分布</li> <li>・エントロピー</li> <li>・自由粒子の量子力学</li> </ul>		
第4回	ミクロカノニカル分布とエントロピー（Ⅱ）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・理想気体のエントロピー</li> <li>・理想気体の速度分布則</li> <li>・ラグランジュの未定係数法</li> </ul>		
第5回	ミクロカノニカル分布とエントロピー（Ⅲ）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・調和振動子系</li> </ul>		
第6回	ミクロカノニカル分布とエントロピー（Ⅳ）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2準位系</li> </ul>	レポート	
第7回	カノニカル分布と自由エネルギー（Ⅰ）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カノニカル分布</li> <li>・エネルギーのゆらぎ</li> <li>・熱力学の基礎</li> </ul>		
第8回	カノニカル分布と自由エネルギー（Ⅱ）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ヘルムホルツの自由エネルギー</li> <li>・ギブスの自由エネルギー</li> <li>・自由エネルギー最小の原理</li> </ul>		
第9回	カノニカル分布と自由エネルギー（Ⅲ）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・理想気体</li> <li>・調和振動子系</li> </ul>		
第10回	カノニカル分布と自由エネルギー（Ⅳ）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・調和振動子系</li> <li>・2準位系</li> </ul>	レポート	
第11回	具体的問題（2原子分子理想気体）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高温での回転分子系</li> <li>・低温での回転分子系</li> <li>・エネルギー等分配則</li> </ul>		
第12回	具体的問題（磁性体）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・常磁性体とイジングスピン</li> <li>・イジング模型</li> <li>・断熱消磁</li> <li>・熱力学第3法則</li> </ul>		
第13回	具体的問題（空洞放射）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電磁場と振動子系</li> <li>・プランクの放射公式</li> <li>・ステファン-ボルツマンの法則</li> </ul>	レポート	
第14回	フェルミ統計とボーズ統計	<ul style="list-style-type: none"> <li>・フェルミ粒子とボーズ粒子</li> <li>・フェルミ分布関数</li> <li>・ボーズ分布関数</li> </ul>		
第15回	定期試験			