

応用物理学科

熱力学 B

週2時間 2単位

1. 状態量と状態方程式
2. 熱力学の第一法則
3. 第一法則の簡単な応用
4. 熱力学の第二法則
5. 熱平衡の条件と熱力学関数
6. 質量が変化する体系
7. 気体運動論

応用原子物理学第1

週2時間 2単位

1. 気体分子運動論
 - 1) 気体の法則
 - 2) 気体の圧力
 - 3) マクスウェルの速度分布則
 - 4) 分子の平均自由行程
 - 5) ブラウン運動
2. 熱放射と量子
 - 1) 黒体放射
 - 2) Stefan-Boltzmann の法則
 - 3) Wien の変位則
 - 4) Rayleigh-Jeans の放射式
 - 5) Planck の放射式
 - 6) エネルギー量子
 - 7) 光子
3. 電子と光子
 - 1) 陰極線と比電荷
 - 2) Millikan の実験
 - 3) 相対論効果
 - 4) 光電効果
 - 5) Compton 効果
4. 原子核の発見
 - 1) Thomson と Nagaoka の原子模型
 - 2) Thomson model による α 線散乱の評価
 - 3) Rutherford の散乱公式
 - 4) Rutherford 模型の検討

5. 前期量子力学
 - 1) Bohr の理論
 - 2) 単電子原子
 - 3) Franck-Hertz の実験
 - 4) Wilson Sommerfeld の量子条件
 - 5) 水素スペクトルの微細構造
 - 6) 方向量子化
 - 7) 対応原理

応用原子物理学第 2

週 2 時間 2 単位

1. 物質の波動性
 - 1) de Broglie 波
 - 2) Davisson-Germer の実験
 - 3) 不確定性原理
 - 4) Schrödinger の方程式
 - 5) 水素原子
2. 磁気能率とスピン
 - 1) 軌道磁気能率
 - 2) Stern-Gerlach の実験
 - 3) スピン-軌道相互作用
 - 4) 全角運動量と内部量子数
3. 多電子原子
 - 1) Pauli の原理
 - 2) 原子の殻構造
 - 3) 原子の励起状態
 - 4) He 原子
 - 5) アルカリ原子
 - 6) LS 結合
 - 7) JJ 結合
 - 8) Zeeman 効果
 - 9) Fermi 気体
 - 10) Thomas-Fermi 模型
 - 11) スペクトル線の幅
4. X線
 - 1) X線の発見
 - 2) X線スペクトルの決定
 - 3) X線の線スペクトル
 - 4) X線の連続スペクトル
 - 5) 全断面積と吸収係数

数学及び数学演習 D 第 1

週 4 時間（講義 2 時間，演習 2 時間）3 単位

常微分方程式論とフーリエ解析（フーリエ級数，フーリエ変換）を中心にして講義する。

1. 常微分方程式論

- 1 章 求積法による初等解法
- 2 章 2 階線形方程式と微分演算子
- 3 章 連立線形方程式
- 4 章 初期値問題の解の存在と一意性
- 5 章 境界値問題と固有値問題

2. フーリエ解析

- 1 章 フーリエ級数
- 2 章 フーリエ変換と応用
- 3 章 ラプラス変換

演習では，上記の講義に対する他に関数論の講義及び演習を行う。

関数論

- 1 章 正則関数の定義とテイラー展開
- 2 章 コーシーの積分定理と留数定理

数学及び数学演習 D 第 2

週 4 時間（講義 2 時間，演習 2 時間）3 単位

数学及び数学演習 A 第 1 の継続として，特殊関数と偏微分方程式論を中心にして講義する。

1. 特殊関数

- 1 章 ガンマ関数
- 2 章 ベッセル関数とその利用
- 3 章 ルジャンドル関数とその応用

2. ベクトル解析

- 1 章 線積分と面積分
- 2 章 種々の微分演算子
- 3 章 積分公式（ガウス，グリーン，ストークス等の公式）

3. 偏微分方程式

- 1 章 調和関数と最大値原理
- 2 章 1 階偏微分方程式の解法
- 3 章 1 次元波動方程式と波の反射
- 4 章 3 次元波動方程式とホイヘンスの原理

演習は上記の講義に対する演習を行う。

力学及び力学演習 C 第 1

週 3 時間（講義 2 時間，演習 1 時間）2.5 単位

1. ベクトル算法
2. 質点の力学

3. 簡単な運動
4. 仕事とエネルギー
5. 運動量と角運動量
6. 保存力場
7. 中心力による運動
8. 惑星運動
9. 束縛運動
10. 振り子の運動
11. 質点系の力学
12. 剛体の回転運動
13. 慣性モーメント
14. こまの運動

力学及び力学演習C第2

週3時間（講義2時間，演習1時間）2.5単位

1. 仮想仕事の原理
2. 力学系の平衡
3. グランベールの原理
4. ラグランジの運動方程式
5. 微小振動
6. 分子の振動
7. 一次元格子と絃の振動
8. ハミルトンの正準方程式
9. 正準変換
10. 力学系の対称性と保存則
11. 特殊相対性理論

電磁物理学第1

週2時間 2単位

電磁物理学第2と加えて電磁気学の一年間の講義を行う。講義と並行して応用物理学演習の一部で、その演習を実施する。

1. 静電荷と静電場
 - 1.1 電荷
 - 1.2 クロウンの法則
 - 1.3 重ね合せの原理
 - 1.4 電荷の系のエネルギー
 - 1.5 電場
 - 1.6 ガウスの法則
 - 1.7 ガウスの法則の応用
2. 電位
 - 2.1 静電場の線積分
 - 2.2 電位差とポテンシャル関数

2. 3 スカラー関数のこう配
2. 4 電荷分布による電位
2. 5 ガウスの定理 (ベクトルの発散)
2. 6 ストークスの定理 (ベクトルの回転)
3. 導体のまわりの電場
 3. 1 静電場中の導体
 3. 2 一意性定理
 3. 3 電氣的鏡像
 3. 4 コンデンサと静電容量
 3. 5 電荷の再配列と電場のエネルギー
4. 誘電体：物質中の電場
 4. 1 誘電率
 4. 2 双極子のポテンシャルと電場
 4. 3 原子および分子双極子
 4. 4 分極した物質による電場
 4. 5 電気感受率と原子分極率
5. 電 流
 5. 1 定常電流
 5. 2 面電極二極管
 5. 3 オームの法則
 5. 4 抵抗と回路
 5. 5 コンデンサと抵抗からなる回路
 5. 6 起電力

[教科書] バークレー物理学コース2, 電磁気学上, 下 (丸善)

電 磁 物 理 学 第 2

週2時間 2単位

同第1に続く講義である。

6. 動いている電荷の場
7. 磁場
8. 電磁誘導
9. 交流回路
10. マックスウェルの方程式と電磁場
11. 物質中の磁場

[教科書] バークレー物理学コース2 電磁気学上, 下 (丸善)

電 磁 物 理 学 第 3

週2時間 2単位

電磁波が媒質中をどのように伝わるか、真空中に置かれている物体によってどのように散乱されるか、媒質中の境界でどのように透過、反射および屈折するかという具体的な問題を扱いながら電磁波の性質について学ぶ。

1. Maxwell の方程式と電磁気現象

2. 電場, 磁場に関する波動方程式
 2. 1 Maxwell の方程式により波動方程式の導出
 2. 2 平面波の伝播, 性質
 2. 3 Poynting ベクトル
 2. 4 Maxwell の方程式と相対性理論
3. 物質中を伝わる電磁波
 3. 1 誘電率, 透磁率, 導電率が与えられている媒質中を伝わる電磁波
 3. 2 金属中を伝わる電磁波
4. 電磁ポテンシャル
 4. 1 Lorentz ゲージ
 4. 2 スカラー・ポテンシャル, ベクトル・ポテンシャルに関する非斉次波動方程式
 4. 3 遅延ポテンシャル
 4. 4 振動電気双極子による電磁場
 4. 5 半波長アンテナからの電磁波の放射
5. 電磁波の散乱
 5. 1 散乱断面積
 5. 2 中心力場における散乱
 5. 3 剛体球による散乱
 5. 4 Rutherford 散乱
 5. 5 荷電粒子からの電磁波の放射, Thomson 散乱および Rayleigh 散乱
6. 媒質間境界における電磁波
 6. 1 境界条件
 6. 2 誘電体間における電磁波の透過, 反射および屈折, それらでの偏光特性
 6. 3 金属面による電磁波の反射

光 学 第 1

週 2 時間 2 単位

1. 光学の概要

光の本性, 光と電磁波, 光の速さ, レーザーと量子光学
2. 幾何光学

フェルマーの原理, 球面による結像, レンズ, 光ファイバ
3. 光の干渉

波動と波動方程式, 波の複素表示, 波の干渉, 可干渉性, 干渉分光
4. 光の回折

光の伝搬, キルヒホッフの回折理論, フラウンホーファー回折, ホログラフィー

[参 考 書] 櫛田, 光物理学 (共立)

辻内順平, 光学概論 I, II (朝倉書店)

光 学 第 2

1. 電磁波と光の偏り
 1. 1 物質中のカクスウェル方程式
 1. 2 反射と屈折のフレネルの公式

1. 3 多重干渉
1. 4 導波管中の電磁波
1. 5 偏光
1. 6 非等方性媒質中の電磁波
1. 7 複屈折
2. 分光学の基礎
 2. 1 プリズム
 2. 2 回折格子
 2. 3 光の検出
 2. 4 光の波動性と粒子性
 2. 5 原子スペクトル
3. 物質の光学的性質
 3. 1 分極のローレンツモデル
 3. 2 分散と吸収
 3. 3 電磁波の放出
 3. 4 外場に依存した誘電率
 3. 5 光の自然放出と誘導放出

応用物理学実験第 1

週 3 時間 1 単位

1. 光ファイバの実験
2. ステファン・ボルツマンの法則
3. デジタル回路の基礎
4. アナログ回路の基礎
5. プランク定数の測定
6. 電気素量の測定
7. 金属の内部摩擦の測定
8. 金属と半導体の電氣的性質
9. 真空実験
10. 超音波パルス法による音速の測定
コンピュータを随時使用して上記の実験を行う。

応用物理学実験第 2

週 6 時間 4 単位 (通年)

1. マイケルソン干渉計
2. 半導体の発光測定
3. X線回折
4. 電子線回折
5. 金属物理学の実験技術
6. 磁気測定
7. 光回折実験
8. MOS集積回路の基礎

9. 単結晶育成と強誘電履歴曲線の観測

コンピュータを随時使用して上記の実験を行う。

応用物理学演習第 1

週 2 時間 1 単位

応用物理学第 1, 熱力学の演習を行う。

応用物理学演習第 2

週 4 時間 2 単位

力学, 電磁物理学第 1, 光学第 1 の演習を行う。

応用物理学演習第 3

週 6 時間 3 単位

力学, 統計力学, 電磁物理学第 2, 量子物理学第 1, 光学第 2 の演習を行う。

応用物理学演習第 4

週 4 時間 2 単位

量子物理学第 2, 連続体の力学の演習を行う。

物性物理学第 1

週 2 時間 2 単位

1. 物性物理学の展望
2. 結晶の幾何学

対称一結晶群, 並進群, 空間群, Bravais 格子 etc, 実格子と逆格子, 簡単な結晶構造の実例

3. 結晶による散乱と逆格子結晶による X 線回折
4. 結合力

イオン結合, 共有結合, 金属結合, ファンデァワールス結合

[参考書] 1. キッテル (宇野良晴他訳), 固体物理学入門上, 下 (丸善)

2. ジュダノフ (中村輝太郎監訳), 固体物理学 (東京図書)

参考書 2 は現在絶版となっているが, 中央図書館に 2 冊置いてある。

物性物理学第 2

週 2 時間 2 単位

1. 弾性定数と弾性波

弾性歪と応力成分, 弾性定数, 弾性定数と結晶対称性, 結晶中の弾性波に対する基礎方程式

2. 格子振動とフォノン

分散関係, 音響学的分枝, 光学的分枝, 赤外線吸収等光学的性質, 振動の量子化, X 線・中性子線のフォノン散乱

3. 結晶の熱的性質

格子比熱, アインシュタイン模型, 状態密度, デバイ模型, 非調和性, 熱膨張など, 熱伝導

[参考書] C. Kittel, Introduction to Solid State Physics 5th ed. (John Wiley & Sons, 1976)

物 性 物 理 学 第 3

週 2 時間 2 単位

1. 序論

1. 1 固体における電子の役割 (分子結合, イオン結合, 共有結合, 金属結合, 水素結合)

1. 2 電子の粒性と波動性

2. 原子, 分子および固体における電子状態

2. 1 原子中の電子

2. 2 分子中の電子 (結合状態と反結合状態)

2. 3 固体中の電子 (強く束縛された電子の近似, 自由電子近似)

3. 自由電子模型

3. 1 自由電子の量子力学的表現 (波数空間, 物理量の期待値, 状態密度)

3. 2 フェルミ・ディラックの分布関数

3. 3 自由電子気体の比熱

3. 4 パウリの常磁性

3. 5 電場および磁場に対する応答

3. 6 電気伝導と熱伝導

3. 7 光学的性質

4. 準自由電子模型

4. 1 結晶格子による電子の散乱

4. 2 バンド理論

4. 3 ブロッドホ関数

4. 4 ブリルアン・ゾーン

4. 5 有効質量

4. 6 金属と絶縁体

4. 7 擬ポテンシャル

5. フェルミ面

5. 1 波数空間における電子の運動

5. 2 電子と正孔

5. 3 フェルミ面を決定するための実験 (サイクロトロン共鳴, ド・ハース・ファン・アルフェン効果, 磁気抵抗効果, 陽電子消滅法, その他)

6. 超伝導

6. 1 永久電流

6. 2 マイスナー効果

6. 3 第1種および第2種超伝導体

6. 4 超伝導磁石

6. 5 BCS理論

[参 考 書] 1. C.Kittel, Introduction to Solid State Physics, 5th edition John Willy & sons. Inc., New York, London, Sydney, Toronto, 1976) (邦訳) 固体物理学入門, 上, 下, 宇野, 津屋, 森田, 山下共訳

(丸善株式会社)

2. 安達健五監修, 固体電子論 I, II (アグネ, 1969)

物 性 物 理 学 第 4

週2時間 2単位

半導体物性, 半導体素子の物理を中心に述べる。

1. 結晶とエネルギー帯構造

1. 1 結晶構造
1. 2 逆格子とブロッホ波
1. 3 エネルギー帯構造
1. 4 有効質量

2. 熱平衡状態におけるキャリア濃度と電気伝導

2. 1 半導体の概念
2. 2 フェルミ準位とキャリア濃度
2. 3 電気伝導度と移動度

3. 半導体素子の物理

3. 1 非熱平衡状態のキャリア (生成と再結合)
3. 2 p - n 接合と擬フェルミ準位

[参 考 書]

1. キッテル, 固体物理学入門 (上) (丸善)
2. ザイマン, 固体物性論の基礎 (丸善)
3. A.S.Grove, Physics and Technology of Semiconductor Devices (John Wiley and Sons, Inc.)

計 測 工 学

週2時間 2単位

実験物理学の基礎

量 子 物 理 学 第 1

週2時間 2単位

1. シュレーディンガーの波動方程式
2. 波動関数
3. 種々の演算子
4. ハイゼンベルグの運動方程式
5. 不確定性関係
6. 固有値問題の例
7. 水素原子

量 子 物 理 学 第 2

週2時間 2単位

1. 角運動量の行列
2. 電子のスピン
3. 定常状態に関する摂動論
4. 変分法

5. 時間に依存する摂動論
6. 散乱問題
7. 2原子分子
8. 輻射場の量子化

連続体の力学

週2時間 2単位

I 連続体の力学の基本的概念

連続体とは、連続体の力学の歴史的概観。連続体の中での力の状態。連続体の力学の基礎方程式

II 流体力学

章1章 完全流体：運動の記述。完全流体の力学の基礎方程式。ベルヌーイの定理。

渦なしの流れ。等角写像の応用。渦運動。水面波

章2章 粘性流体：粘性流体における相似則。おそい流れ。見かけの粘性率に対する

アインシュタインの理論。高いレイノルズ数の流れ。境界層

III 弾性体の力学

応力とひずみ。弾性体の力学の基礎方程式。弾性波。弾性静力学。

統計力学

週2時間 2単位

0. 統計力学の物理学における位置

1. 熱力学第1法則，第2法則，熱力学的関係式，熱平衡の安定条件
2. 気体運動論に含まれる統計力学の芽（気体運動論の骨組，エントロピーに対する Boltzmann の公式，H定理と熱力学第2法則）
3. カノニカル分布（体系の合成，熱のふろ，状態和）
4. 熱力学対統計力学（温度，状態和と自由エネルギー，マクロ対ミクロ）
5. 気体（ n 原子分子， $n = 1, 2, 3, \dots$ ），並進，回転，振動の状態和，等分配法則，（ $\gamma = C_v/C_p$ の値）
6. 等分配法則の成否（自由度の生死，力学的にまたは統計的に）
7. 並進，回転，振動の量子論的統計力学
8. 双極子（常磁性体，有極性物質）
9. 結晶の格子振動（音波型振動，光学型振動，Debye の特性温度，Einstein の特性温度）
10. カノニカル分布，大カノニカル分布と Gibbs ensemble（温度と化学ポテンシャル）
11. Fermi 統計，Bose 統計（量子統計）
12. Fermi 粒子系の性質（縮退，Fermi energy，金属内電子の比熱，Pauli 常磁性）
13. Bose 粒子系の性質（縮退，Bose 凝縮， λ 転移，液体ヘリウム）
14. 化学平衡（平衡定数）
15. 協同現象（相転移の次数，強磁性，反強磁性，フェリ磁性，Weiss 近似，二元合金，Bragg-Williams 近似，自発磁化と長距離秩序度（long range order））

〔テキスト〕 碓井恒丸，熱学・統計力学（丸善）

応用原子核物理学概論

電気学科参照

特 別 研 究

8 単位

応 用 物 理 学 序 論

週 2 時間 2 単位

材 料 力 学 大 意

週 2 時間 2 単位

単純応力，組合せ応力，真直はりのせん断力と曲げモーメント，真直はりの応力，真直はりの変形，不静定はりと曲がり，ねじりと曲げ，ねじりひずみエネルギー，長柱の挫屈，回転体，軸対称問題，板の曲げ，応力集中

応 用 光 学 第 1

週 2 時間 2 単位

光物性の基礎について講義する。

1. エネルギーバンド

1. 1 自由電子近似

1. 2 ほとんど自由な電子による近似

1. 3 半導体，絶縁体のバンド構造

1. 4 超格子半導体と Kronig-Penney モデル

2. 固体中の電子による光吸収と発光

2. 1 光学遷移

2. 2 バンド間遷移

2. 3 不純物の吸収

2. 4 励起子

2. 5 半導体のルミネセンス

3. 非線形光学と量子光学

3. 1 非線形光学効果

3. 2 光のコヒーレンス

応 用 光 学 第 2

週 2 時間 2 単位

レーザー物理学の概要を説明する。

1. 基礎的事項

1. 1 電磁界の量子力学

1. 2 光の放出と吸収

1. 3 スペクトル線の形

1. 4 光の増幅

2. レーザーの性質

2. 1 発振条件

2. 2 レーザー共振器

2. 3 レーザーの動特性

2. 4 レーザー光の周波数特性

2. 5 レーザー制御

3. 各種のレーザー

- 3. 1 固体レーザー
- 3. 2 ガスレーザー
- 3. 3 半導体レーザー
- 3. 4 液体レーザー
- 3. 5 レーザー応用

[参考書] 1. Svelto Principles of Lasers (Plenum Press, 1976)

2. Lengyel, Lasers (John Wiley & Sons, Inc., 2nd edition, 1971)

3. Thyagarajan, Lasers (Plenum Press, 1976)

応用磁気学

週2時間 2単位

1. 強磁性体の磁化と測定法

- 1. 1 磁化曲線
- 1. 2 反磁場係数
- 1. 3 磁気測定
- 1. 4 飽和磁化

2. 強磁性の起源

- 2. 1 Langevin-Weiss の理論
- 2. 2 フェリ磁性
- 2. 3 磁区とその観察法

3. 磁区構造と磁化機構

- 3. 1 磁気異方性
- 3. 2 磁気ひずみ
- 3. 3 交換相互作用
- 3. 4 Bloch 磁壁
- 3. 5 磁気弾性エネルギー
- 3. 6 磁壁移動と透磁率
- 3. 7 保磁力の理論

4. 磁性材料

- 4. 1 軟質磁性材料
- 4. 2 永久磁石
- 4. 3 非線型磁性と磁気記録

[参考書] 1. 太田恵造, 磁気工学の基礎 I, II (共立全書)

2. 近角聡信, 強磁性体の物理 (上, 下) (物理学選抜) (裳華房)

数理統計学

機械学科参照

数値解析及びプログラミング

化学工学科参照

応用物性物理学

週2時間 2単位

物質の反応・相変態・拡散について講義する。

1. 熱力学の基礎
2. 反応の熱力学
3. 相律
4. 相変態
5. 相図
6. 拡散
7. 非平衡の熱力学

生物物理学

週2時間 2単位

生命現象に関する物理学

応用物理学特別講義第1

2単位

応用物理学特別講義第2

2単位

応用物理学特別講義第3

2単位

応用物理学特別講義第4

2単位

応用物理学特別講義第5

2単位

応用物理学特別講義第6

2単位

応用物理学特別講義第7

1単位

応用物理学特別講義第8

1単位

応用物理学特別講義第9

1単位

応用物理学特別講義第10

1単位

応用物理学特別講義第11

1単位

応用物理学特別講義第12

1単位

応用数学

週2時間 2単位

近似値と誤差，代数方程式の数値解法，階差数値積分法，数値微分法，微分方程式の

数値解法, 計算図表, 電子計算機のプログラミング

量子物理学各論

週2時間 2単位

1. 水素様波動関数
2. 多電子原子
3. ハートレー近似
4. ハートレー・フォック近似
5. トーマス・フェルミ法
6. 軌道角運動量
7. スピン角運動量
8. 交換相互作用
9. ベクトル模型
10. 多重項構造
11. 水素分子
12. 分子の電子構造
13. 多体問題

基礎電子回路

原子核工学科「電子回路第1」参照

金属物理学第1

材料機能工学科参照

金属物理学第2

材料機能工学科参照

高分子物理化学

応用化学科参照

半導体工学

電気学科参照

放射線計測概論

週2時間 2単位

- 1) 放射線と物質との相互作用
- 2) 放射線検出法のいろいろ
- 3) 放射線検出器各論
- 4) 放射線測定法
- 5) 放射線測定における基礎的問題

以上の項目について講義を行い、今後、工学技術の諸分野に広く利用されると期待される放射線応用計測技術の基盤となる放射線計測法の概論を述べる。

自動制御工学第1

電気学科参照

自動制御工学第2

電気学科参照

電気工学通論B第1

化学工学科参照

電気工学通論B第2

化学工学科参照

機械工学論第1

電気学科参照

機械運動学

機械学科参照

金属加工法

機械学科参照

放射線保健物理学

原子核工学科参照

工場管理

機械学科参照

工業経済

機械学科参照

工学概論第1

機械学科参照

工学概論第2

機械学科参照

工学概論第3

機械学科参照

土 木 工 学 科

数学及び数学演習C第1

週4時間（講義2時間，演習2時間）3単位

常微分方程式（求積法，線形方程式）

フーリエ解析（フーリエ級数，フーリエ積分）

数学及び数学演習C第2

週4時間（講義2時間，演習2時間）3単位

特殊関数（級関数，ベッセル関数など）

偏微分方程式（ラプラス-ポアソンの方程式，熱方程式，波動方程式）

力学及び力学演習D第1

機械学科力学及び力学演習A第1参照