

## 授業科目及び担当者

### ■物理学専攻（主要科目）

授業科目（博士前期）	授業を行う年次	単位（演習）
理論物理学研究 1	1	2
理論物理学研究 2	1	2
理論物理学研究 3	2	4
理論物理学研究 4	2	4
生物物理学研究 1	1	2
生物物理学研究 2	1	2
生物物理学研究 3	2	4
生物物理学研究 4	2	4
実験量子物理学研究 1	1	2
実験量子物理学研究 2	1	2
実験量子物理学研究 3	2	4
実験量子物理学研究 4	2	4
応用物理学研究 1	1	2
応用物理学研究 2	1	2
応用物理学研究 3	2	4
応用物理学研究 4	2	4

担当者			博士前期担当	博士後期担当
専任教授	理学博士	小田島 仁 司	○	○
専任教授	博士(理学)	金 本 理 奈	○	○
専任教授	博士(理学)	菊 地 淳	○	○
専任教授	博士(理学)	楠 瀬 博 明	○	○
専任講師	博士(理学)	佐 藤 寿 紀	○	
専任准教授	博士(理学)	新 名 良 介	○	○
専任准教授	博士(理学)	鈴 木 隆 行	○	○
専任准教授	博士(理学)	鈴 木 秀 彦	○	○
専任教授	理学博士	立 川 真 樹	○	○
専任教授	博士(地球環境科学)	長 島 和 茂	○	○
専任教授	獣医学博士	平 岡 和 佳 子	○	○
専任准教授	博士(工学)	平 野 太 一	○	
専任准教授	博士(理学)	光 武 亜代理	○	○
専任教授	博士(理学)	安 井 幸 夫	○	○
専任講師	博士(理学)	横 山 大 輔	○	

■物理学専攻（特修科目）

授業科目	授業を行う年次	単位		備考	担当者
		講義	演習		
(博士後期課程)					
分野横断型研究	1~3	2		2024年度未開講	専任准教授 博士(理学) 鈴木 秀彦 他
(博士前期課程)					
量子物理学特論	1	2		2024年度未開講	専任教授 博士(理学) 金本 理奈
統計物理学特論	1	2			専任教授 博士(理学) 金本 理奈
固体物理学特論 A	1	2		2024年度未開講	専任教授 博士(理学) 楠瀬 博明
固体物理学特論 B	1	2			専任教授 博士(理学) 楠瀬 博明
固体物理学特論 C	1	2			専任教授 博士(理学) 菊地 淳
固体物理学特論 D	1	2		2024年度未開講	専任教授 博士(理学) 安井 幸夫
素粒子物理学特論 A	1	2		2024年度未開講	専任講師 博士(理学) 横山 大輔
素粒子物理学特論 B	1	2			専任講師 博士(理学) 横山 大輔
素粒子物理学特論 C	1	2			兼任講師 博士(理学) 楠 亀 裕 哉
生物物理学特論 B	1	2			専任准教授 博士(理学) 光武 亜代理
生物物理学特論 C	1	2			専任教授 獣医学博士 平岡 和佳子
分子生理学特論	1	2			兼任講師 博士(医学) 武藤 昌 凶
生体物性特論	1	2			兼任講師 理学博士 藤原 祥子 他
流体物性物理学特論	1	2			専任准教授 博士(工学) 平野 太一
量子光学特論	1	2			兼任講師 理学博士 梶田 雅 稔
光物性特論	1	2			専任准教授 博士(理学) 鈴木 隆 行
原子分子物理学特論	1	2			専任教授 理学博士 小田島 仁 司
応用物理学特論	1	2			兼任講師 博士(工学) 松本 益 明
結晶成長学特論	1	2			専任教授 博士(地球環境科学) 長島 和 茂
地球惑星大気物理学特論	1	2			専任准教授 博士(理学) 鈴木 秀彦
物理学特別講義 A	1	2			兼任講師 博士(理学) 田島 裕 之
物理学特別講義 B	1	2		2024年度未開講	兼任講師 博士(理学) 篠田 恵 子
応用物理学特別講義	1	2			兼任講師 博士(理学) 前橋 英 明
地球内部物理学特論	1	2			専任准教授 博士(理学) 新名 良 介
宇宙物理学特論	1	2			専任講師 博士(理学) 佐藤 寿 紀
(数学物理学連携科目)					
科学史特論	1	2			兼任講師 博士(理学) 小島 智恵子
数理物理学特論	1	2		2024年度未開講	専任教授 理学博士 立川 真樹 他
数理解析特論 C	1	2		2024年度未開講	専任准教授 博士(理学) 廣瀬 宗 光
数理解析特論 D	1	2			専任准教授 博士(理学) 廣瀬 宗 光
数理解析特論 E	1	2		2024年度未開講	
(共通総合科目)					
科学論文英語特論	1	2			兼任講師 博士(工学) 野瀬 裕 之
科学論文英語特論	1	2			専任准教授 Ph.D. マクタガート, イアン
理工学研究科総合講義 A	1	2			専任准教授 博士(理学) 宮部 賢 志
理工学研究科総合講義 B	1	2			専任教授 博士(工学) 嶋田 総太郎 他
理工学研究科総合講義 C	1	2		2024年度未開講	
理工学研究科総合講義 D	1	2		2024年度未開講	
学際領域特論 A	1	2			専任教授 博士(工学) 小澤 隆太 他
学際領域特論 B	1	2			専任教授 工学博士 久保田 寿夫 他
学際領域特論 C	1	2		2024年度未開講	専任教授 博士(工学) 関根 かをり 他
学際領域特論 D	1	2			特任教授 工学博士 久保田 孝

授業科目	授業を行う年次	単位		備考	担当者
		講義	演習		
(共通基礎科目)					
理工学研究科基礎特論A	1	2			
理工学研究科基礎特論B	1	2			
理工学研究科基礎特論C	1	2			
理工学研究科基礎特論D	1	2			
理工学研究科基礎特論E	1	2			

### 物理学専攻 科目振替措置表

2023年度以前入学者用科目名	2024年度以降入学者用科目名
生物物理学特論A	宇宙物理学特論
2021年度以前入学者用科目名	2022年度以降入学者用科目名
超音波物理学特論	流体物性物理学特論
物性物理学特論A	固体物理学特論C
2020年度以前入学者用科目名	2021年度以降入学者用科目名
量子物理学特論A	量子物理学特論
量子物理学特論B	
非線形物理学特論	
物理学特別講義C	数理物理学特論
	理工学研究科総合講義C
	理工学研究科総合講義D
	学際領域特論D

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	実験量子物理学研究1		
開講期	春学期集中	単位	演2
担当者	専任教授 理学博士	小田島 仁司	

### 授業の概要・到達目標

テラヘルツ領域において、分子の高精度・高分解能分光を行う。この領域には、分子内運動や分子間相互作用に起因する複雑な分子スペクトルが現れる。実験で得られたスペクトルを理論計算と比較し、測定した分子に関する知見を得ることを目標とする。

テラヘルツの周波数を持つ電磁波は、電波と光の境界領域に位置する電磁波で、エレクトロニクス技術もレーザー技術も適用するのが難しく、発生・制御が難しい電磁波である。そのため、周波数可変でコヒーレントな光源を得ることが難しく、高精度・高分解能な分光研究が遅れている。優れた分光用テラヘルツ光源、および、分光法を開発し、それを用いて分子分光を行う。

### 授業内容

- 第1回：研究テーマに関するディスカッション
- 第2回：研究テーマに関するディスカッション
- 第3回：実験結果報告会
- 第4回：実験結果報告会
- 第5回：実験結果報告会
- 第6回：実験結果報告会
- 第7回：実験結果報告会
- 第8回：研究結果報告会
- 第9回：実験結果報告会
- 第10回：実験結果報告会
- 第11回：実験結果報告会
- 第12回：実験結果報告会
- 第13回：実験結果報告会
- 第14回：研究結果報告会

### 履修上の注意

主体的に研究に取り組むこと。

### 準備学習（予習・復習等）の内容

実験計画を立てて実験をすること。実験結果の議論ができるように、実験データを速やかに解析すること。

### 教科書

指定しない。

### 参考書

- 「レーザー物理入門」霜田光一、岩波書店
- 「Introduction to Molecular Spectroscopy」G. M. Barrow, McGraw-Hill
- 「Molecular Spectroscopy」J. M. Brown, Oxford Science

### 課題に対するフィードバックの方法

実験方法の改善点や、データの解析結果についてディスカッションを行い、また、発表資料にコメントする。

### 成績評価の方法

日常の研究・実験態度、実験結果発表、研究成果発表などを総合して評価する。

### その他

### 指導テーマ

具体的な研究テーマの例を下記に示すが、研究の進捗状況や学生の興味に合わせて新たな研究テーマを加えることもある。

- (1) テラヘルツ分光計の開発：近赤外半導体レーザーの差周波としてテラヘルツ波を発生させ、それを利用して分子スペクトルを高精度に測定できるような装置を開発する。
- (2) テラヘルツ領域の分子分光：
  - (a) テラヘルツ時間領域分光計を用いて分子スペクトルの測定を行なう。この分光計では、フェムト秒fsレーザーを用いてテラヘルツ波のパルスを発生させ、そのパルスに対する試料の時間応答をフーリエ変換することで分子スペクトルを得る。
  - (b) 密度汎関数法によるテラヘルツスペクトルの理論計算を行い、測定したスペクトルと比較することにより、測定した分子の分子構造に関する知見を得る。
- (3) より正確にテラヘルツスペクトルを測定することを目的として、レーザー光により作り出した勾配力を利用し、微粒子状の試料を空間に捕捉する光トラップ技術に関する研究を行う。

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	実験量子物理学研究2		
開講期	秋学期集中	単位	演2
担当者	専任教授 理学博士	小田島 仁司	

### 授業の概要・到達目標

テラヘルツ領域において、分子の高精度・高分解能分光を行う。この領域には、分子内運動や分子間相互作用に起因する複雑な分子スペクトルが現れる。実験で得られたスペクトルを理論計算と比較し、測定した分子に関する知見を得ることを目標とする。

テラヘルツの周波数を持つ電磁波は、電波と光の境界領域に位置する電磁波で、エレクトロニクス技術もレーザー技術も適用するのが難しく、発生・制御が難しい電磁波である。そのため、周波数可変でコヒーレントな光源を得ることが難しく、高精度・高分解能な分光研究が遅れている。優れた分光用テラヘルツ光源、および、分光法を開発し、それを用いて分子分光を行う。

### 授業内容

- 第1回：実験量子物理学研究1の研究結果を検討する
- 第2回：検討結果を踏まえて実験方針を決定する
- 第3回：実験結果報告会
- 第4回：実験結果報告会
- 第5回：実験結果報告会
- 第6回：実験結果報告会
- 第7回：実験結果報告会
- 第8回：研究結果報告会
- 第9回：実験結果報告会
- 第10回：実験結果報告会
- 第11回：実験結果報告会
- 第12回：実験結果報告会
- 第13回：実験結果報告会
- 第14回：研究結果報告会

### 履修上の注意

主体的に研究に取り組むこと。

### 準備学習（予習・復習等）の内容

実験計画を立てて実験をすること。実験結果の議論ができるように、実験データを速やかに解析すること。

### 教科書

指定しない。

### 参考書

- 「レーザー物理入門」霜田光一、岩波書店
- 「Introduction to Molecular Spectroscopy」G. M. Barrow, McGraw-Hill
- 「Molecular Spectroscopy」J. M. Brown, Oxford Science

### 課題に対するフィードバックの方法

実験方法の改善点や、データの解析結果についてディスカッションを行い、また、発表資料にコメントする。

### 成績評価の方法

日常の研究・実験態度、実験結果発表、研究成果発表などを総合して評価する。

### その他

### 指導テーマ

具体的な研究テーマの例を下記に示すが、研究の進捗状況や学生の興味に合わせて新たな研究テーマを加えることもある。

- (1) テラヘルツ分光計の開発：近赤外半導体レーザーの差周波としてテラヘルツ波を発生させ、それを利用して分子スペクトルを高精度に測定できるような装置を開発する。
- (2) テラヘルツ領域の分子分光：
  - (a) テラヘルツ時間領域分光計を用いて分子スペクトルの測定を行なう。この分光計では、フェムト秒レーザーを用いてテラヘルツ波のパルスを発生させ、そのパルスに対する試料の時間応答をフーリエ変換することで分子スペクトルを得る。
  - (b) 密度汎関数法によるテラヘルツスペクトルの理論計算を行い、測定したスペクトルと比較することにより、測定した分子の分子構造に関する知見を得る。
- (3) より正確にテラヘルツスペクトルを測定することを目的として、レーザー光により作り出した勾配力を利用し、微粒子状の試料を空間に捕捉する光トラップ技術に関する研究を行う。

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	実験量子物理学研究3		
開講期	春学期集中	単位	演4
担当者	専任教授 理学博士	小田島 仁司	

### 授業の概要・到達目標

テラヘルツ領域において、分子の高精度・高分解能分光を行う。この領域には、分子内運動や分子間相互作用に起因する複雑な分子スペクトルが現れる。実験で得られたスペクトルを理論計算と比較し、測定した分子に関する知見を得ることを目標とする。

テラヘルツの周波数を持つ電磁波は、電波と光の境界領域に位置する電磁波で、エレクトロニクス技術もレーザー技術も適用するのが難しく、発生・制御が難しい電磁波である。そのため、周波数可変でコヒーレントな光源を得ることが難しく、高精度・高分解能な分光研究が遅れている。優れた分光用テラヘルツ光源、および、分光法を開発し、それを用いて分子分光を行う。

### 授業内容

- 第1回：実験量子物理学研究1, 2の研究結果を検討する
- 第2回：検討結果を踏まえて実験方針を決定する
- 第3回：実験結果報告会
- 第4回：実験結果報告会
- 第5回：実験結果報告会
- 第6回：実験結果報告会
- 第7回：実験結果報告会
- 第8回：研究結果報告会
- 第9回：実験結果報告会
- 第10回：実験結果報告会
- 第11回：実験結果報告会
- 第12回：実験結果報告会
- 第13回：実験結果報告会
- 第14回：研究結果報告会

### 履修上の注意

主体的に研究に取り組むこと。

### 準備学習（予習・復習等）の内容

実験計画を立てて実験をすること。実験結果の議論ができるように、実験データを速やかに解析すること。

### 教科書

指定しない。

### 参考書

- 「レーザー物理入門」霜田光一、岩波書店
- 「Introduction to Molecular Spectroscopy」G. M. Barrow, McGraw-Hill
- 「Molecular Spectroscopy」J. M. Brown, Oxford Science

### 課題に対するフィードバックの方法

実験方法の改善点や、データの解析結果についてディスカッションを行い、また、発表資料にコメントする。

### 成績評価の方法

日常の研究・実験態度、実験結果発表、研究成果発表などを総合して評価する。

### その他

### 指導テーマ

具体的な研究テーマの例を下記に示すが、研究の進捗状況や学生の興味に合わせて新たな研究テーマを加えることもある。

- (1) テラヘルツ分光計の開発：近赤外半導体レーザーの差周波としてテラヘルツ波を発生させ、それを利用して分子スペクトルを高精度に測定できるような装置を開発する。
- (2) テラヘルツ領域の分子分光：
  - (a) テラヘルツ時間領域分光計を用いて分子スペクトルの測定を行なう。この分光計では、フェムト秒 ( $fs = 10^{-15}s$ ) レーザーを用いてテラヘルツ波のパルスを発生させ、そのパルスに対する試料の時間応答をフーリエ変換することで分子スペクトルを得る。
  - (b) 密度汎関数法によるテラヘルツスペクトルの理論計算を行い、測定したスペクトルと比較することにより、測定した分子の分子構造に関する知見を得る。
- (3) より正確にテラヘルツスペクトルを測定することを目的として、レーザー光により作り出した勾配力を利用し、微粒子状の試料を空間に捕捉する光トラップ技術に関する研究を行う。

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	実験量子物理学研究4		
開講期	秋学期集中	単位	演4
担当者	専任教授 理学博士	小田島 仁司	

### 授業の概要・到達目標

テラヘルツ領域において、分子の高精度・高分解能分光を行う。この領域には、分子内運動や分子間相互作用に起因する複雑な分子スペクトルが現れる。実験で得られたスペクトルを理論計算と比較し、測定した分子に関する知見を得ることを目標とする。

テラヘルツの周波数を持つ電磁波は、電波と光の境界領域に位置する電磁波で、エレクトロニクス技術もレーザー技術も適用するのが難しく、発生・制御が難しい電磁波である。そのため、周波数可変でコヒーレントな光源を得ることが難しく、高精度・高分解能な分光研究が遅れている。優れた分光用テラヘルツ光源、および、分光法を開発し、それを用いて分子分光を行う。

### 授業内容

- 第1回：実験量子物理学研究3の研究結果を検討する
- 第2回：検討結果を踏まえて実験方針を決定する
- 第3回：実験結果報告会
- 第4回：実験結果報告会
- 第5回：実験結果報告会
- 第6回：実験結果報告会
- 第7回：実験結果報告会
- 第8回：研究結果報告会
- 第9回：実験結果報告会
- 第10回：実験結果報告会
- 第11回：実験結果報告会
- 第12回：実験結果報告会
- 第13回：実験結果報告会
- 第14回：研究結果報告会

### 履修上の注意

主体的に研究に取り組むこと。

### 準備学習（予習・復習等）の内容

実験計画を立てて実験をすること。実験結果の議論ができるように、実験データを速やかに解析すること。

### 教科書

指定しない。

### 参考書

- 「レーザー物理入門」霜田光一、岩波書店
- 「Introduction to Molecular Spectroscopy」G. M. Barrow, McGraw-Hill
- 「Molecular Spectroscopy」J. M. Brown, Oxford Science

### 課題に対するフィードバックの方法

実験方法の改善点や、データの解析結果について適宜コメントする。また、修士論文の添削を行い、修士論文発表会の発表内容、資料についてコメントする。

### 成績評価の方法

日常の研究・実験態度、実験結果発表、研究成果発表などを総合して評価する。

### その他

### 指導テーマ

具体的な研究テーマの例を下記に示すが、研究の進捗状況や学生の興味に合わせて新たな研究テーマを加えることもある。

- (1) テラヘルツ分光計の開発：近赤外半導体レーザーの差周波としてテラヘルツ波を発生させ、それを利用して分子スペクトルを高精度に測定できるような装置を開発する。
- (2) テラヘルツ領域の分子分光：
  - (a) テラヘルツ時間領域分光計を用いて分子スペクトルの測定を行なう。この分光計では、フェムト秒レーザーを用いてテラヘルツ波のパルスを発生させ、そのパルスに対する試料の時間応答をフーリエ変換することで分子スペクトルを得る。
  - (b) 密度汎関数法によるテラヘルツスペクトルの理論計算を行い、測定したスペクトルと比較することにより、測定した分子の分子構造に関する知見を得る。
- (3) より正確にテラヘルツスペクトルを測定することを目的として、レーザー光により作り出した勾配力を利用し、微粒子状の試料を空間に捕捉する光トラップ技術に関する研究を行う。

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	理論物理学研究1		
開講期	春学期集中	単位	演2
担当者	専任教授 博士(理学)	金本	理奈

### 課題に対するフィードバックの方法

発表・報告・議論・論文原稿に対しては、その都度口頭やメールでフィードバックを行う。

### 成績評価の方法

研究に対する全般的な姿勢、研究討議における積極性や論理性、研究発表などを総合的に評価する。

### その他

### 授業の概要・到達目標

量子統計物理の基礎論、量子光学、原子光学、量子情報科学、極低温物性論を中心とした理論的研究を行う。解析的手法および数値的手法を用い、議論を通して新たな実験提唱にも取り組んでいく。次の中で関連するテーマに力点を置き、独創性のある問題に取り組む。

- (1) 量子機械振動子の動力学：光の放射圧と物質のフォノンの相互作用に起因する量子ダイナミクスを計算し、さらに振動子の位置測定とコントロールの精度向上法について解析する。
- (2) 共振器量子電気力学：光と原子の相互作用を利用して、誤り耐性のある計算機を実装するための量子技術理論の開発をする。
- (3) 冷却原子気体の極低温物性：精度よく制御された多原子系における低温物性現象、超流動、超伝導現象をミクロな多体理論で解析する。
- (4) 非平衡量子・統計物理の基礎論：上記の系を解析するための理論的手法を構築する。

### 授業内容

毎週大学院生ゼミナールを設け、研究テーマに関連した資料論文の報告、進捗状況報告を実施する。

- 第1回：資料論文報告会(1)調和振動子・電磁場の量子状態
- 第2回：資料論文報告会(2)光の放射圧と振動子の相互作用
- 第3回：資料論文報告会(3)振動子の冷却と増幅
- 第4回：資料論文報告会(4)状態転送
- 第5回：第1回研究成果報告会
- 第6回：資料論文報告会(5)量子ランジュバン方程式とマスター方程式
- 第7回：資料論文報告会(6)振動子の位置測定・ノイズスペクトル
- 第8回：資料論文報告会(7)量子状態の位相空間表示
- 第9回：資料論文報告会(8)不確定性関係と標準量子限界
- 第10回：第2回研究成果報告会
- 第11回：資料論文報告会(9) BECと超流動
- 第12回：資料論文報告会(10)レーザー冷却
- 第13回：資料論文報告会(11)平均場理論・Bogoliubov理論・相関効果
- 第14回：第3回研究成果報告会

### 履修上の注意

### 準備学習（予習・復習等）の内容

予習：

- ・内容、計算手法、結果をまとめた資料を用意すること。
- ・他者の発表内容についての事前討論にも積極的に参加すること。

復習：

- ・各週で出た質問や問題は、できる限り翌週までに解消すること。

### 教科書

### 参考書

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	理論物理学研究2		
開講期	秋学期集中	単位	演2
担当者	専任教授 博士(理学)	金本	理奈

### 授業の概要・到達目標

量子統計物理の基礎論，量子光学，原子光学，量子情報科学，極低温物性論を中心とした理論的研究を行う。解析的手法および数値的手法を用い，議論を通して新たな実験提唱にも取り組んでいく。次の中で関連するテーマに力点を置き，独創性のある問題に取り組む。

- (1) 量子機械振動子の動力学：光の放射圧と物質のフォノンの相互作用に起因する量子ダイナミクスを計算し，さらに振動子の位置測定とコントロールの精度向上法について解析する。
- (2) 共振器量子電気力学：光と原子の相互作用を利用して，誤り耐性のある計算機を実装するための量子技術理論の開発をする。
- (3) 冷却原子気体の極低温物性：精度よく制御された多原子系における低温物性現象，超流動，超伝導現象をミクロな多体理論で解析する。
- (4) 非平衡量子・統計物理の基礎論：上記の系を解析するための理論的手法を構築する。

### 授業内容

毎週大学院生ゼミナールを設け，研究テーマに関連した資料論文の報告，進捗状況報告を実施する。

- 第1回：資料論文報告会(1)調和振動子・電磁場の量子状態  
 第2回：資料論文報告会(2)光の放射圧と振動子の相互作用  
 第3回：資料論文報告会(3)振動子の冷却と増幅  
 第4回：資料論文報告会(4)状態転送  
 第5回：第1回研究成果報告会  
 第6回：資料論文報告会(5)量子ランジュバン方程式とマスター方程式  
 第7回：資料論文報告会(6)振動子の位置測定・ノイズスペクトル  
 第8回：資料論文報告会(7)量子状態の位相空間表示  
 第9回：資料論文報告会(8)不確定性関係と標準量子限界  
 第10回：第2回研究成果報告会  
 第11回：資料論文報告会(9) BECと超流動  
 第12回：資料論文報告会(10)レーザー冷却  
 第13回：資料論文報告会(11)平均場理論・Bogoliubov理論・相関効果  
 第14回：第3回研究成果報告会

### 履修上の注意

#### 準備学習（予習・復習等）の内容

予習：

- ・内容，計算手法，結果をまとめた資料を用意すること。
- ・他者の発表内容についての事前討論にも積極的に参加すること。

復習：

- ・各週で出た質問や問題は，できる限り翌週までに解消すること。

### 教科書

### 参考書

### 課題に対するフィードバックの方法

発表・報告・議論・論文原稿に対しては，その都度口頭やメールでフィードバックを行う。

### 成績評価の方法

研究に対する全般的な姿勢，研究討議における積極性や論理性，研究発表などを総合的に評価する。1年次の中間発表に向けての取り組みも評価に含める。

### その他

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	理論物理学研究3		
開講期	春学期集中	単位	演4
担当者	専任教授 博士(理学)	金本	理奈

### 課題に対するフィードバックの方法

発表・報告・議論・論文原稿に対しては、その都度口頭やメールでフィードバックを行う。

### 成績評価の方法

研究に対する全般的な姿勢、研究討議における積極性や論理性、研究発表などを総合的に評価する。

### その他

### 授業の概要・到達目標

量子統計物理の基礎論、量子光学、原子光学、量子情報科学、極低温物性論を中心とした理論的研究を行う。解析的手法および数値的手法を用い、議論を通して新たな実験提唱にも取り組んでいく。次の中で関連するテーマに力点を置き、独創性のある問題に取り組む。

- (1) 量子機械振動子の動力学：光の放射圧と物質のフォノンの相互作用に起因する量子ダイナミクスを計算し、さらに振動子の位置測定とコントロールの精度向上法について解析する。
- (2) 共振器量子電気力学：光と原子の相互作用を利用して、誤り耐性のある計算機を実装するための量子技術理論の開発をする。
- (3) 冷却原子気体の極低温物性：精度よく制御された多原子系における低温物性現象、超流動、超伝導現象をミクロな多体理論で解析する。
- (4) 非平衡量子・統計物理の基礎論：上記の系を解析するための理論的手法を構築する。

### 授業内容

毎週大学院生ゼミナールを設け、研究テーマに関連した資料論文の報告、進捗状況報告を実施する。

- 第1回：資料論文報告会(1)調和振動子・電磁場の量子状態
- 第2回：資料論文報告会(2)光の放射圧と振動子の相互作用
- 第3回：資料論文報告会(3)振動子の冷却と増幅
- 第4回：資料論文報告会(4)状態転送
- 第5回：第1回研究成果報告会
- 第6回：資料論文報告会(5)量子ランジュバン方程式とマスター方程式
- 第7回：資料論文報告会(6)振動子の位置測定・ノイズスペクトル
- 第8回：資料論文報告会(7)量子状態の位相空間表示
- 第9回：資料論文報告会(8)不確定性関係と標準量子限界
- 第10回：第2回研究成果報告会
- 第11回：資料論文報告会(9) BECと超流動
- 第12回：資料論文報告会(10)レーザー冷却
- 第13回：資料論文報告会(11)平均場理論・Bogoliubov理論・相関効果
- 第14回：第3回研究成果報告会

### 履修上の注意

### 準備学習（予習・復習等）の内容

予習：

- ・内容、計算手法、結果をまとめた資料を用意すること。
- ・他者の発表内容についての事前討論にも積極的に参加すること。

復習：

- ・各週で出た質問や問題は、できる限り翌週までに解消すること。

### 教科書

### 参考書

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	理論物理学研究4		
開講期	秋学期集中	単位	演4
担当者	専任教授 博士(理学)	金本	理奈

### 課題に対するフィードバックの方法

発表・報告・議論・論文原稿に対しては、その都度口頭やメールでフィードバックを行う。

### 成績評価の方法

研究に対する全般的な姿勢、研究討議における積極性や論理性、研究発表などを総合的に評価する。

### その他

### 授業の概要・到達目標

量子統計物理の基礎論、量子光学、原子光学、量子情報科学、極低温物性論を中心とした理論的研究を行う。解析的手法および数値的手法を用い、議論を通して新たな実験提唱にも取り組んでいく。次の中で関連するテーマに力点を置き、独創性のある問題に取り組む。

- (1) 量子機械振動子の動力学：光の放射圧と物質のフォノンの相互作用に起因する量子ダイナミクスを計算し、さらに振動子の位置測定とコントロールの精度向上法について解析する。
- (2) 共振器量子電気力学：光と原子の相互作用を利用して、誤り耐性のある計算機を実装するための量子技術理論の開発をする。
- (3) 冷却原子気体の極低温物性：精度よく制御された多原子系における低温物性現象、超流動、超伝導現象をミクロな多体理論で解析する。
- (4) 非平衡量子・統計物理の基礎論：上記の系を解析するための理論的手法を構築する。

### 授業内容

毎週大学院生ゼミナールを設け、研究テーマに関連した資料論文の報告、進捗状況報告を実施する。

- 第1回：資料論文報告会(1)調和振動子・電磁場の量子状態
- 第2回：資料論文報告会(2)光の放射圧と振動子の相互作用
- 第3回：資料論文報告会(3)振動子の冷却と増幅
- 第4回：資料論文報告会(4)状態転送
- 第5回：第1回研究成果報告会
- 第6回：資料論文報告会(5)量子ランジュバン方程式とマスター方程式
- 第7回：資料論文報告会(6)振動子の位置測定・ノイズスペクトル
- 第8回：資料論文報告会(7)量子状態の位相空間表示
- 第9回：資料論文報告会(8)不確定性関係と標準量子限界
- 第10回：第2回研究成果報告会
- 第11回：資料論文報告会(9) BECと超流動
- 第12回：資料論文報告会(10)レーザー冷却
- 第13回：資料論文報告会(11)平均場理論・Bogoliubov理論・相関効果
- 第14回：第3回研究成果報告会

### 履修上の注意

### 準備学習（予習・復習等）の内容

予習：

- ・内容、計算手法、結果をまとめた資料を用意すること。
- ・他者の発表内容についての事前討論にも積極的に参加すること。

復習：

- ・各週で出た質問や問題は、できる限り翌週までに解消すること。

### 教科書

### 参考書

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	実験量子物理学研究1		
開講期	春学期集中	単位	演2
担当者	専任教授 博士(理学)	菊地 淳	

### 授業の概要・到達目標

固体物理学の実験研究を通じて、物理学の知識の体系的利用方法、論理的思考力、分析総合能力、問題解決能力を養う。

### 授業内容

第1回：研究成果報告会  
 第2回：研究成果報告会  
 第3回：研究成果報告会  
 第4回：研究成果報告会  
 第5回：研究成果報告会  
 第6回：研究成果報告会  
 第7回：研究成果報告会  
 第8回：研究成果報告会  
 第9回：研究成果報告会  
 第10回：研究成果報告会  
 第11回：研究成果報告会  
 第12回：研究成果報告会  
 第13回：研究成果報告会  
 第14回：研究成果報告会

### 履修上の注意

### 準備学習（予習・復習等）の内容

文献調査，データ解析，プレゼンテーション書類作成

### 教科書

### 参考書

### 課題に対するフィードバックの方法

実験・実習中に都度解説する。

### 成績評価の方法

日常の研究態度，研究ディスカッション，研究中間発表などを総合して評価する。

### その他

### 指導テーマ

核磁気共鳴（NMR）法を主要な実験手段として、固体の示す様々な巨視的性質（電気伝導性、磁性、熱的性質）の発現機構について研究を行う。主要な研究テーマは以下のとおり。

- (1) 鎖状・層状構造を持つ磁性体の特異な相転移とスピン動力学
- (2) 格子と結合した量子スピン鎖における構造相転移と磁気異常
- (3) 鉄族・希土類化合物におけるスピン・軌道自由度の複合秩序

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	実験量子物理学研究2		
開講期	秋学期集中	単位	演2
担当者	専任教授 博士(理学)	菊地 淳	

### 授業の概要・到達目標

固体物理学の実験研究を通じて、物理学の知識の体系的利用方法、論理的思考力、分析総合能力、問題解決能力を養う。

### 授業内容

第1回：研究成果報告会  
 第2回：研究成果報告会  
 第3回：研究成果報告会  
 第4回：研究成果報告会  
 第5回：研究成果報告会  
 第6回：研究成果報告会  
 第7回：研究成果報告会  
 第8回：研究成果報告会  
 第9回：研究成果報告会  
 第10回：研究成果報告会  
 第11回：研究成果報告会  
 第12回：研究成果報告会  
 第13回：研究成果報告会  
 第14回：研究成果報告会

### 履修上の注意

### 準備学習（予習・復習等）の内容

文献調査，データ解析，プレゼンテーション書類作成

### 教科書

### 参考書

### 課題に対するフィードバックの方法

実験・実習中に都度解説する。

### 成績評価の方法

日常の研究態度，研究ディスカッション，研究中間発表などを総合して評価する。

### その他

### 指導テーマ

核磁気共鳴（NMR）法を主要な実験手段として、固体の示す様々な巨視的性質（電気伝導性、磁性、熱的性質）の発現機構について研究を行う。主要な研究テーマは以下のとおり。

- (1) 鎖状・層状構造を持つ磁性体の特異な相転移とスピン動力学
- (2) 格子と結合した量子スピン鎖における構造相転移と磁気異常
- (3) 鉄族・希土類化合物におけるスピン・軌道自由度の複合秩序

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	実験量子物理学研究3		
開講期	春学期集中	単位	演4
担当者	専任教授 博士(理学)	菊地 淳	

### 授業の概要・到達目標

固体物理学の実験研究を通じて、物理学の知識の体系的利用方法、論理的思考力、分析総合能力、問題解決能力を養う。

### 授業内容

第1回：研究成果報告会  
 第2回：研究成果報告会  
 第3回：研究成果報告会  
 第4回：研究成果報告会  
 第5回：研究成果報告会  
 第6回：研究成果報告会  
 第7回：研究成果報告会  
 第8回：研究成果報告会  
 第9回：研究成果報告会  
 第10回：研究成果報告会  
 第11回：研究成果報告会  
 第12回：研究成果報告会  
 第13回：研究成果報告会  
 第14回：研究成果報告会

### 履修上の注意

### 準備学習（予習・復習等）の内容

文献調査，データ解析，プレゼンテーション書類作成

### 教科書

### 参考書

### 課題に対するフィードバックの方法

実験・実習中に都度解説する。

### 成績評価の方法

日常の研究態度，研究ディスカッション，研究中間発表などを総合して評価する。

### その他

### 指導テーマ

核磁気共鳴（NMR）法を主要な実験手段として、固体の示す様々な巨視的性質（電気伝導性、磁性、熱的性質）の発現機構について研究を行う。主要な研究テーマは以下のとおり。

- (1) 鎖状・層状構造を持つ磁性体の特異な相転移とスピン動力学
- (2) 格子と結合した量子スピン鎖における構造相転移と磁気異常
- (3) 鉄族・希土類化合物におけるスピン・軌道自由度の複合秩序

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	実験量子物理学研究4		
開講期	秋学期集中	単位	演4
担当者	専任教授 博士(理学)	菊地 淳	

### 授業の概要・到達目標

固体物理学の実験研究を通じて、物理学の知識の体系的利用方法、論理的思考力、分析総合能力、問題解決能力を養う。

### 授業内容

第1回：研究成果報告会  
 第2回：研究成果報告会  
 第3回：研究成果報告会  
 第4回：研究成果報告会  
 第5回：研究成果報告会  
 第6回：研究成果報告会  
 第7回：研究成果報告会  
 第8回：研究成果報告会  
 第9回：研究成果報告会  
 第10回：研究成果報告会  
 第11回：研究成果報告会  
 第12回：研究成果報告会  
 第13回：研究成果報告会  
 第14回：研究成果報告会

### 履修上の注意

### 準備学習（予習・復習等）の内容

文献調査，データ解析，プレゼンテーション書類作成

### 教科書

### 参考書

### 課題に対するフィードバックの方法

実験・実習中に都度解説する。

### 成績評価の方法

日常の研究態度，研究ディスカッション，研究中間発表などを総合して評価する。

### その他

### 指導テーマ

核磁気共鳴（NMR）法を主要な実験手段として、固体の示す様々な巨視的性質（電気伝導性、磁性、熱的性質）の発現機構について研究を行う。主要な研究テーマは以下のとおり。

- (1) 鎖状・層状構造を持つ磁性体の特異な相転移とスピン動力学
- (2) 格子と結合した量子スピン鎖における構造相転移と磁気異常
- (3) 鉄族・希土類化合物におけるスピン・軌道自由度の複合秩序

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	理論物理学研究1		
開講期	春学期集中	単位	演2
担当者	専任教授 博士(理学)	楠瀬 博明	

### 授業の概要・到達目標

凝縮電子系の理論的研究を行う。解析計算と数値計算を適切に用いて以下のテーマの基礎理論を提唱するとともに、その検証に向けた実験の提唱や関連する実験の解析にも取り組む。

- (1) 軌道自由度がある系の秩序と揺らぎによる電気磁気相関効果
  - (2) 量子多体系の実用的な数値計算フレームワークの開発
  - (3) 強磁性と超伝導の連携ダイナミクス
- 広義の磁性体と超伝導体の理論研究を行い、凝縮電子系の基礎理論を構築することを目標にする。

### 授業内容

研究テーマに関連した資料論文の報告、進捗状況報告を実施する。

- [第1回] 資料論文報告会(1)自由電子
- [第2回] 資料論文報告会(2)プロット電子
- [第3回] 資料論文報告会(3)電気伝導
- [第4回] 資料論文報告会(4)輸送現象
- [第5回] 第1回研究成果報告会
- [第6回] 資料論文報告会(5)第2量子化
- [第7回] 資料論文報告会(6)相互作用
- [第8回] 資料論文報告会(7)多体摂動論
- [第9回] 資料論文報告会(8)ファインマンダイアグラム
- [第10回] 第2回研究成果報告会
- [第11回] 資料論文報告会(9)平均場近似と揺らぎ
- [第12回] 資料論文報告会(10)量子モンテカルロ法
- [第13回] 資料論文報告会(11)数値対角化法
- [第14回] 第3回研究成果報告会

### 履修上の注意

統計力学や量子統計および物性物理学を履修していること。

### 準備学習(予習・復習等)の内容

事前に報告会用のレジюмеを作成すること。

### 教科書

なし

### 参考書

なし

### 成績評価の方法

研究に取り組む姿勢、研究討議における積極性や論理性、研究発表等を総合的に評価する。

### その他

なし

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	理論物理学研究2		
開講期	秋学期集中	単位	演2
担当者	専任教授 博士(理学)	楠瀬 博明	

### 授業の概要・到達目標

凝縮電子系の理論的研究を行う。解析計算と数値計算を適切に用いて以下のテーマの基礎理論を提唱するとともに、その検証に向けた実験の提唱や関連する実験の解析にも取り組む。

- (1) 軌道自由度がある系の秩序と揺らぎによる電気磁気相関効果
  - (2) 量子多体系の実用的な数値計算フレームワークの開発
  - (3) 強磁性と超伝導の連携ダイナミクス
- 広義の磁性体と超伝導体の理論研究を行い、凝縮電子系の基礎理論を構築することを目標にする。

### 授業内容

研究テーマに関連した資料論文の報告、進捗状況報告を実施する。

- [第1回] 資料論文報告会(1)自由電子
- [第2回] 資料論文報告会(2)プロット電子
- [第3回] 資料論文報告会(3)電気伝導
- [第4回] 資料論文報告会(4)輸送現象
- [第5回] 第1回研究成果報告会
- [第6回] 資料論文報告会(5)第2量子化
- [第7回] 資料論文報告会(6)相互作用
- [第8回] 資料論文報告会(7)多体摂動論
- [第9回] 資料論文報告会(8)ファインマンダイアグラム
- [第10回] 第2回研究成果報告会
- [第11回] 資料論文報告会(9)平均場近似と揺らぎ
- [第12回] 資料論文報告会(10)量子モンテカルロ法
- [第13回] 資料論文報告会(11)数値対角化法
- [第14回] 第3回研究成果報告会

### 履修上の注意

統計力学や量子統計および物性物理学を履修していること。

### 準備学習(予習・復習等)の内容

事前に報告会用のレジюмеを作成すること。

### 教科書

なし

### 参考書

なし

### 成績評価の方法

研究に取り組む姿勢、研究討議における積極性や論理性、研究発表等を総合的に評価する。

### その他

なし

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	理論物理学研究3		
開講期	春学期集中	単位	演4
担当者	専任教授 博士(理学)	楠瀬 博明	

### 授業の概要・到達目標

凝縮電子系の理論的研究を行う。解析計算と数値計算を適切に用いて以下のテーマの基礎理論を提唱するとともに、その検証に向けた実験の提唱や関連する実験の解析にも取り組む。

- (1) 軌道自由度がある系の秩序と揺らぎによる電気磁気相関効果
- (2) 量子多体系の実用的な数値計算フレームワークの開発
- (3) 強磁性と超伝導の連携ダイナミクス

広義の磁性体と超伝導体の理論研究を行い、凝縮電子系の基礎理論を構築することを目標にする。

### 授業内容

研究テーマに関連した資料論文の報告、進捗状況報告を実施する。

- [第1回] 資料論文報告会(1)自由電子
- [第2回] 資料論文報告会(2)プロット電子
- [第3回] 資料論文報告会(3)電気伝導
- [第4回] 資料論文報告会(4)輸送現象
- [第5回] 第1回研究成果報告会
- [第6回] 資料論文報告会(5)第2量子化
- [第7回] 資料論文報告会(6)相互作用
- [第8回] 資料論文報告会(7)多体摂動論
- [第9回] 資料論文報告会(8)ファインマンダイアグラム
- [第10回] 第2回研究成果報告会
- [第11回] 資料論文報告会(9)平均場近似と揺らぎ
- [第12回] 資料論文報告会(10)量子モンテカルロ法
- [第13回] 資料論文報告会(11)数値対角化法
- [第14回] 第3回研究成果報告会

### 履修上の注意

統計力学や量子統計および物性物理学を履修していること。

### 準備学習(予習・復習等)の内容

事前に報告会用のレジюмеを作成すること。

### 教科書

なし

### 参考書

なし

### 成績評価の方法

研究に取り組む姿勢、研究討議における積極性や論理性、研究発表等を総合的に評価する。

### その他

なし

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	理論物理学研究4		
開講期	秋学期集中	単位	演4
担当者	専任教授 博士(理学)	楠瀬 博明	

### 授業の概要・到達目標

凝縮電子系の理論的研究を行う。解析計算と数値計算を適切に用いて以下のテーマの基礎理論を提唱するとともに、その検証に向けた実験の提唱や関連する実験の解析にも取り組む。

- (1) 軌道自由度がある系の秩序と揺らぎによる電気磁気相関効果
- (2) 量子多体系の実用的な数値計算フレームワークの開発
- (3) 強磁性と超伝導の連携ダイナミクス

広義の磁性体と超伝導体の理論研究を行い、凝縮電子系の基礎理論を構築することを目標にする。

### 授業内容

研究テーマに関連した資料論文の報告、進捗状況報告を実施する。

- [第1回] 資料論文報告会(1)自由電子
- [第2回] 資料論文報告会(2)プロット電子
- [第3回] 資料論文報告会(3)電気伝導
- [第4回] 資料論文報告会(4)輸送現象
- [第5回] 第1回研究成果報告会
- [第6回] 資料論文報告会(5)第2量子化
- [第7回] 資料論文報告会(6)相互作用
- [第8回] 資料論文報告会(7)多体摂動論
- [第9回] 資料論文報告会(8)ファインマンダイアグラム
- [第10回] 第2回研究成果報告会
- [第11回] 資料論文報告会(9)平均場近似と揺らぎ
- [第12回] 資料論文報告会(10)量子モンテカルロ法
- [第13回] 資料論文報告会(11)数値対角化法
- [第14回] 第3回研究成果報告会

### 履修上の注意

統計力学や量子統計および物性物理学を履修していること。

### 準備学習(予習・復習等)の内容

事前に報告会用のレジюмеを作成すること。

### 教科書

なし

### 参考書

なし

### 成績評価の方法

研究に取り組む姿勢、研究討議における積極性や論理性、研究発表等を総合的に評価する。

### その他

なし

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	応用物理学研究1		
開講期	春学期集中	単位	演2
担当者	専任講師 博士(理学)	佐藤 寿紀	

### 授業の概要・到達目標

研究を通して、X線やその他の波長の電磁波を用いた宇宙の天体観測から、我々の住む宇宙における天体現象を理解することを目標とする。

### 授業内容

実験研究においては、宇宙望遠鏡の設計・開発・シミュレーションを通して、宇宙を観測するための装置を開発する。観測研究においては、観測されたデータを元に、天体から新たな物理情報を得ることを目標とし、必要があれば理論計算と比較しながら、天体現象の理解を目指す。

- [第一回] ガイダンス
- [第二回] 研究報告会
- [第三回] 研究報告会
- [第四回] 研究報告会
- [第五回] 研究報告会
- [第六回] 研究報告会
- [第七回] 研究報告会
- [第八回] 研究報告会
- [第九回] 研究報告会
- [第十回] 研究報告会
- [第十一回] 研究報告会
- [第十二回] 研究報告会
- [第十三回] 研究報告会
- [第十四回] 研究報告会

### 履修上の注意

宇宙物理学では、幅広く学部で習う物理を用いるため、それらの習得を前提とする。また、研究内容の理解のためにも宇宙物理学特論の履修を推奨する。

### 準備学習（予習・復習等）の内容

報告会では、研究の背景や実験・解析内容などを他者へ伝える工夫が必要である。その研究を行っていない人にも伝わるよう準備すること。

### 教科書

特に指定しない。

### 参考書

特に指定しない。

### 課題に対するフィードバックの方法

報告会中の議論を通して、フィードバックを行う。

### 成績評価の方法

研究に取り組む姿勢や工夫、研究報告会における発表・議論などを総合的に評価する。

### その他

### 指導テーマ

実験研究においては、

- (1) 宇宙X線・ $\gamma$ 線望遠鏡の研究開発
- (2) 将来衛星やそれらに搭載する機器の検討
- (3) 宇宙観測機器の地上実験への応用

観測研究においては、

- (1) 星の進化と星の爆発機構の解明に向けた観測研究
  - (2) 星の爆発の銀河・銀河団への影響の理解
  - (3) コンパクト天体(中性子星・ブラックホール)の形成の理解
  - (4) 星やその爆発における元素合成の理解
- などを研究をベースに理解していく。

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	応用物理学研究2		
開講期	秋学期集中	単位	演2
担当者	専任講師 博士(理学)	佐藤 寿紀	

### 授業の概要・到達目標

研究を通して、X線やその他の波長の電磁波を用いた宇宙の天体観測から、我々の住む宇宙における天体現象を理解することを目的とする。

### 授業内容

実験研究においては、宇宙望遠鏡の設計・開発・シミュレーションを通して、宇宙を観測するための装置を開発する。観測研究においては、観測されたデータを元に、天体から新たな物理情報を得ることを目標とし、必要があれば理論計算と比較しながら、天体現象の理解を目指す。

- [第一回] ガイダンス
- [第二回] 研究報告会
- [第三回] 研究報告会
- [第四回] 研究報告会
- [第五回] 研究報告会
- [第六回] 研究報告会
- [第七回] 研究報告会
- [第八回] 研究報告会
- [第九回] 研究報告会
- [第十回] 研究報告会
- [第十一回] 研究報告会
- [第十二回] 研究報告会
- [第十三回] 研究報告会
- [第十四回] 研究報告会

### 履修上の注意

宇宙物理学では、幅広く学部で習う物理を用いるため、それらの習得を前提とする。また、研究内容の理解のためにも宇宙物理学特論の履修を推奨する。

### 準備学習（予習・復習等）の内容

報告会では、研究の背景や実験・解析内容などを他者へ伝える工夫が必要である。その研究を行っていない人にも伝わるよう準備すること。

### 教科書

特に指定しない。

### 参考書

特に指定しない。

### 課題に対するフィードバックの方法

報告会中の議論を通してフィードバックを行う。

### 成績評価の方法

研究に取り組む姿勢や工夫、研究報告会における発表・議論などを総合的に評価する。

### その他

### 指導テーマ

実験研究においては、

- (1) 宇宙X線・ $\gamma$ 線望遠鏡の研究開発
- (2) 将来衛星やそれらに搭載する機器の検討
- (3) 宇宙観測機器の地上実験への応用

観測研究においては、

- (1) 星の進化と星の爆発機構の解明に向けた観測研究
- (2) 星の爆発の銀河・銀河団への影響の理解
- (3) コンパクト天体(中性子星・ブラックホール)の形成の理解
- (4) 星やその爆発における元素合成の理解などを研究をベースに理解していく。

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	応用物理学研究3		
開講期	春学期集中	単位	演4
担当者	専任講師 博士(理学)	佐藤 寿紀	

### 授業の概要・到達目標

研究を通して、X線やその他の波長の電磁波を用いた宇宙の天体観測から、我々の住む宇宙における天体現象を理解することを目的とする。

### 授業内容

実験研究においては、宇宙望遠鏡の設計・開発・シミュレーションを通して、宇宙を観測するための装置を開発する。観測研究においては、観測されたデータを元に、天体から新たな物理情報を得ることを目標とし、必要があれば理論計算と比較しながら、天体現象の理解を目指す。

- [第一回] ガイダンス
- [第二回] 研究報告会
- [第三回] 研究報告会
- [第四回] 研究報告会
- [第五回] 研究報告会
- [第六回] 研究報告会
- [第七回] 研究報告会
- [第八回] 研究報告会
- [第九回] 研究報告会
- [第十回] 研究報告会
- [第十一回] 研究報告会
- [第十二回] 研究報告会
- [第十三回] 研究報告会
- [第十四回] 研究報告会

### 履修上の注意

宇宙物理学では、幅広く学部で習う物理を用いるため、それらの習得を前提とする。また、研究内容の理解のためにも宇宙物理学特論の履修を推奨する。

### 準備学習（予習・復習等）の内容

報告会では、研究の背景や実験・解析内容などを他者へ伝える工夫が必要である。その研究を行っていない人にも伝わるよう準備すること。

### 教科書

特に指定しない。

### 参考書

特に指定しない。

### 課題に対するフィードバックの方法

報告会中の議論を通してフィードバックを行う。

### 成績評価の方法

研究に取り組む姿勢や工夫、研究報告会における発表・議論などを総合的に評価する。

### その他

### 指導テーマ

実験研究においては、

- (1) 宇宙X線・ $\gamma$ 線望遠鏡の研究開発
- (2) 将来衛星やそれらに搭載する機器の検討
- (3) 宇宙観測機器の地上実験への応用

観測研究においては、

- (1) 星の進化と星の爆発機構の解明に向けた観測研究
- (2) 星の爆発の銀河・銀河団への影響の理解
- (3) コンパクト天体(中性子星・ブラックホール)の形成の理解
- (4) 星やその爆発における元素合成の理解などを研究をベースに理解していく。

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	応用物理学研究4		
開講期	秋学期集中	単位	演4
担当者	専任講師 博士(理学)	佐藤 寿紀	

### 授業の概要・到達目標

研究を通して、X線やその他の波長の電磁波を用いた宇宙の天体観測から、我々の住む宇宙における天体現象を理解することを目的とする。

### 授業内容

実験研究においては、宇宙望遠鏡の設計・開発・シミュレーションを通して、宇宙を観測するための装置を開発する。観測研究においては、観測されたデータを元に、天体から新たな物理情報を得ることを目標とし、必要があれば理論計算と比較しながら、天体現象の理解を目指す。

- [第一回] ガイダンス
- [第二回] 研究報告会
- [第三回] 研究報告会
- [第四回] 研究報告会
- [第五回] 研究報告会
- [第六回] 研究報告会
- [第七回] 研究報告会
- [第八回] 研究報告会
- [第九回] 研究報告会
- [第十回] 研究報告会
- [第十一回] 研究報告会
- [第十二回] 研究報告会
- [第十三回] 研究報告会
- [第十四回] 研究報告会

### 履修上の注意

宇宙物理学では、幅広く学部で習う物理を用いるため、それらの習得を前提とする。また、研究内容の理解のためにも宇宙物理学特論の履修を推奨する。

### 準備学習（予習・復習等）の内容

報告会では、研究の背景や実験・解析内容などを他者へ伝える工夫が必要である。その研究を行っていない人にも伝わるよう準備すること。

### 教科書

特に指定しない。

### 参考書

特に指定しない。

### 課題に対するフィードバックの方法

報告会中の議論を通してフィードバックを行う。

### 成績評価の方法

研究に取り組む姿勢や工夫、研究報告会における発表・議論などを総合的に評価する。

### その他

### 指導テーマ

実験研究においては、

- (1) 宇宙X線・ $\gamma$ 線望遠鏡の研究開発
- (2) 将来衛星やそれらに搭載する機器の検討
- (3) 宇宙観測機器の地上実験への応用

観測研究においては、

- (1) 星の進化と星の爆発機構の解明に向けた観測研究
- (2) 星の爆発の銀河・銀河団への影響の理解
- (3) コンパクト天体(中性子星・ブラックホール)の形成の理解
- (4) 星やその爆発における元素合成の理解などを研究をベースに理解していく。

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻		備考	
科目名	応用物理学研究1		
開講期	春学期集中	単位	演2
担当者	専任准教授 博士(理学) 新名 良介		

#### 授業の概要・到達目標

地球内部物理学に関連した研究を行う。高温高圧実験や天然試料の分析を通し、地球を構成する物質の物理・化学的性質を明らかにすることを目標とする。複雑系である地球の研究を通し、複雑に込み入った問題を整理する力と、問題解決法を探る力の養成を目標とする。

#### 授業内容

- [第1回] 研究テーマの選定
- [第2回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第3回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第4回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第5回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第6回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第7回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第8回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第9回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第10回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第11回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第12回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第13回] 各自のテーマに関する研究結果の報告
- [第14回] 各自のテーマに関する研究結果の報告

#### 履修上の注意

#### 準備学習（予習・復習等）の内容

先行研究や背景に関してよく理解しておくこと。計画を立てて研究を進めること。得られた実験結果について、よく検証・議論をすること。

#### 教科書

#### 参考書

#### 課題に対するフィードバックの方法

発表・報告・議論に関して、その都度適宜フィードバックを行う

#### 成績評価の方法

研究に対する姿勢や背景の理解度、議論の質と量を総合して評価する。

#### その他

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻		備考	
科目名	応用物理学研究2		
開講期	秋学期集中	単位	演2
担当者	専任准教授 博士(理学) 新名 良介		

#### 授業の概要・到達目標

地球内部物理学に関連した研究を行う。高温高圧実験や天然試料の分析を通し、地球を構成する物質の物理・化学的性質を明らかにすることを目標とする。複雑系である地球の研究を通し、複雑に込み入った問題を整理する力と、問題解決法を探る力の養成を目標とする。

#### 授業内容

- [第1回] 研究テーマの選定
- [第2回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第3回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第4回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第5回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第6回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第7回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第8回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第9回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第10回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第11回] 各自のテーマに関する研究結果の報告
- [第12回] 各自のテーマに関する研究結果の報告
- [第13回] 各自のテーマに関する研究結果の報告
- [第14回] 各自のテーマに関する研究結果の報告

#### 履修上の注意

#### 準備学習（予習・復習等）の内容

先行研究や背景に関してよく理解しておくこと。計画を立てて研究を進めること。得られた実験結果について、よく検証・議論をすること。

#### 教科書

#### 参考書

#### 課題に対するフィードバックの方法

発表・報告・議論に関して、その都度適宜フィードバックを行う

#### 成績評価の方法

研究に対する姿勢や背景の理解度、議論の質と量を総合して評価する。

#### その他

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	応用物理学研究3		
開講期	春学期集中	単位	演4
担当者	専任准教授 博士(理学) 新名 良介		

#### 授業の概要・到達目標

地球内部物理学に関連した研究を行う。高温高圧実験や天然試料の分析を通し、地球を構成する物質の物理・化学的性質を明らかにすることを目標とする。複雑系である地球の研究を通し、複雑に込み入った問題を整理する力と、問題解決法を探る力の養成を目標とする。

#### 授業内容

- [第1回] 研究テーマの選定
- [第2回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第3回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第4回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第5回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第6回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第7回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第8回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第9回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第10回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第11回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第12回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第13回] 各自のテーマに関する研究結果の報告
- [第14回] 各自のテーマに関する研究結果の報告

#### 履修上の注意

#### 準備学習（予習・復習等）の内容

先行研究や背景に関してよく理解しておくこと。計画を立てて研究を進めること。得られた実験結果について、よく検証・議論をすること。

#### 教科書

#### 参考書

#### 課題に対するフィードバックの方法

発表・報告・議論に関して、その都度適宜フィードバックを行う

#### 成績評価の方法

研究に対する姿勢や背景の理解度、議論の質と量を総合して評価する。

#### その他

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	応用物理学研究4		
開講期	秋学期集中	単位	演4
担当者	専任准教授 博士(理学) 新名 良介		

#### 授業の概要・到達目標

地球内部物理学に関連した研究を行う。高温高圧実験や天然試料の分析を通し、地球を構成する物質の物理・化学的性質を明らかにすることを目標とする。複雑系である地球の研究を通し、複雑に込み入った問題を整理する力と、問題解決法を探る力の養成を目標とする。

#### 授業内容

- [第1回] 研究テーマの選定
- [第2回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第3回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第4回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第5回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第6回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第7回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第8回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第9回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第10回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第11回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第12回] 各自のテーマに関する研究の報告
- [第13回] 各自のテーマに関する研究結果の報告
- [第14回] 各自のテーマに関する研究結果の報告

#### 履修上の注意

#### 準備学習（予習・復習等）の内容

先行研究や背景に関してよく理解しておくこと。計画を立てて研究を進めること。得られた実験結果について、よく検証・議論をすること。

#### 教科書

#### 参考書

#### 課題に対するフィードバックの方法

発表・報告・議論に関して、その都度適宜フィードバックを行う

#### 成績評価の方法

研究に対する姿勢や背景の理解度、議論の質と量を総合して評価する。

#### その他

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	実験量子物理学研究1		
開講期	春学期集中	単位	演2
担当者	専任准教授 博士(理学) 鈴木 隆行		

### 授業の概要・到達目標

身の回りの物質を構成する基本単位である分子は、電子励起状態以外にも回転や振動といった内部自由度がある。分子の自由度を詳細に制御できれば、従来扱いえなかったような機能を発現させたり、化学反応性を制御したりできる可能性がある。本科目では、孤立分子の持つ各自由度の典型的な時間スケールであるナノ秒からフェムト秒に至る時間領域のダイナミクスを中心として、同時間スケールの継続時間を持つ光パルスによる分子制御を議論する。

### 授業内容

#### 授業計画

- 第1回：研究分野の概観・テーマ設定
- 第2回：研究テーマ発表
- 第3回：研究論文報告
- 第4回：研究論文報告
- 第5回：研究論文報告
- 第6回：研究論文報告
- 第7回：研究論文報告
- 第8回：研究・実験結果の中間報告
- 第9回：研究論文報告
- 第10回：研究論文報告
- 第11回：研究論文報告
- 第12回：研究論文報告
- 第13回：研究論文報告
- 第14回：研究・実験結果の報告

### 履修上の注意

### 準備学習（予習・復習等）の内容

本科目では、物理化学の知識が不可欠である。このためには量子力学および物理数学は十分に予習しておく必要がある。また、電磁気学および光学の知識も必要となるため、適宜予習し、より上位の知識を自ら習熟するように努めること。

### 教科書

- 「Physical chemistry」 Peter Atkins, Oxford University Press
- 「Physical chemistry」 D. A. McQuarrie and J. D. Simon, University Science Book
- 「Introduction to Modern Optics」 G. R. Fowles, Dover publications

### 参考書

- 「Laser Spectroscopy」 W. Demtroder, Springer
- 「Ultrashort Laser Pulse Phenomena」 J. -C. Diels and W. Rudolph, Academic press
- 「Mathematical Methods for Physicists」 G. B. Arfken and H. J. Weber, Academic press

### 課題に対するフィードバックの方法

毎週、自分の研究内容とその進展を発表することで、課題の進捗状況を確認する。  
その上で、解決すべき課題を全員で議論し、次回までの作業目標を決める。

### 成績評価の方法

研究・実験の主体的な態度およびディスカッションへの参加状況を加味して評価する。論文発表や研究発表をした者のみを評価の対象とする。

### その他

### 指導テーマ

- 物理化学、光物性、レーザー物理などをキーワードとし、各自が好みに合うテーマを打ち立ててよい。教員と相談しながら研究の方向付けを行う。また、既定のテーマとして以下の中から選択することもできる。
- (1) ハロゲン化エーテル(吸入麻酔薬)の同定・検出とその生体内挙動の観察
  - (2) 有機物の燐光発現物質の量子制御
  - (3) 分子制御のためのフェムト秒パルス波形整形システムの開発
  - (4) 繰り返し周波数可変の超短パルス光源技術の開発

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	実験量子物理学研究2		
開講期	秋学期集中	単位	演2
担当者	専任准教授 博士(理学) 鈴木 隆行		

### 授業の概要・到達目標

身の回りの物質を構成する基本単位である分子は、電子励起状態以外にも回転や振動といった内部自由度がある。分子の自由度を詳細に制御できれば、従来扱えなかったような機能を発現させたり、化学反応性を制御したりできる可能性がある。本科目では、孤立分子の持つ各自由度の典型的な時間スケールであるナノ秒からフェムト秒に至る時間領域のダイナミクスを中心として、同時間スケールの継続時間を持つ光パルスによる分子制御を議論する。

### 授業内容

#### 授業計画

- 第1回：研究・実験結果の報告
- 第2回：研究・実験結果の報告
- 第3回：研究論文報告
- 第4回：研究・実験結果の報告
- 第5回：研究・実験結果の報告
- 第6回：研究論文報告
- 第7回：研究・実験結果の報告
- 第8回：研究・実験結果の報告
- 第9回：研究論文報告
- 第10回：研究・実験結果の報告
- 第11回：研究・実験結果の報告
- 第12回：研究論文報告
- 第13回：研究・実験結果の報告
- 第14回：研究・実験のまとめ

### 履修上の注意

### 準備学習（予習・復習等）の内容

本科目では、物理化学の知識が不可欠である。このためには量子力学および物理数学は十分に予習しておく必要がある。また、電磁気学および光学の知識も必要となるため、適宜予習し、より上位の知識を自ら習熟するように努めること。

### 教科書

- 「Physical chemistry」 Peter Atkins, Oxford University Press
- 「Physical chemistry」 D. A. McQuarrie and J. D. Simon, University Science Book
- 「Introduction to Modern Optics」 G. R. Fowles, Dover publications

### 参考書

- 「Laser Spectroscopy」 W. Demtroder, Springer
- 「Ultrashort Laser Pulse Phenomena」 J. -C. Diels and W. Rudolph, Academic press
- 「Mathematical Methods for Physicists」 G. B. Arfken and H. J. Weber, Academic press

### 課題に対するフィードバックの方法

毎週、自分の研究内容とその進展を発表することで、課題の進捗状況を確認する。  
その上で、解決すべき課題を全員で議論し、次回までの作業目標を決める。

### 成績評価の方法

研究・実験の主体的な態度およびディスカッションへの参加状況を加味して評価する。論文発表や研究発表をした者のみを評価の対象とする。

### その他

### 指導テーマ

物理化学、光物性、レーザー物理などをキーワードとし、各自が好みに合うテーマを打ち立ててよい。教員と相談しながら研究の方向付けを行う。また、既定のテーマとして以下の中から選択することもできる。

- (1) ハロゲン化エーテル(吸入麻酔薬)の同定・検出とその生体内挙動の観察
- (2) 有機物の燐光発現物質の量子制御
- (3) 分子制御のためのフェムト秒パルス波形整形システムの開発
- (4) 繰り返し周波数可変の超短パルス光源技術の開発

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	実験量子物理学研究3		
開講期	春学期集中	単位	演4
担当者	専任准教授 博士(理学) 鈴木 隆行		

### 授業の概要・到達目標

本科目では、孤立分子の持つ各自由度の典型的な時間スケールであるナノ秒からフェムト秒に至る時間領域のダイナミクスを中心として、同時間スケールの継続時間を持つ光パルスによる分子制御を議論する。

光による分子の制御という研究テーマを通し、光科学の実験技術全般の習熟を図るとともに、研究内容の対外的な発表技術や、他者との議論など、研究活動に必要な基礎的な技術の養成も行う。

### 授業内容

#### 授業計画

- 第1回：研究テーマに関する事前調査
- 第2回：研究テーマに関する事前発表
- 第3回：研究論文報告
- 第4回：研究論文報告
- 第5回：研究論文報告
- 第6回：研究論文報告
- 第7回：研究論文報告
- 第8回：研究・実験結果の中間報告
- 第9回：研究論文報告
- 第10回：研究論文報告
- 第11回：研究論文報告
- 第12回：研究論文報告
- 第13回：研究論文報告
- 第14回：研究・実験結果の報告

### 履修上の注意

### 準備学習（予習・復習等）の内容

本科目では、物理化学の知識が不可欠である。このためには量子力学および物理数学は十分に予習しておく必要がある。また、電磁気学および光学の知識も必要となるため、適宜予習し、より上位の知識を自ら習熟するように努めること。

### 教科書

「Physical chemistry」 Peter Atkins, Oxford University Press

「Physical chemistry」 D. A. McQuarrie and J. D. Simon, University Science Book

「Introduction to Modern Optics」 G. R. Fowles, Dover publications

### 参考書

「Laser Spectroscopy」 W. Demtroder, Springer

「Ultrashort Laser Pulse Phenomena」 J. -C. Diels and W. Rudolph, Academic press

「Mathematical Methods for Physicists」 G. B. Arfken and H. J. Weber, Academic press

### 課題に対するフィードバックの方法

毎週、自分の研究内容とその進展を発表することで、課題の進捗状況を確認する。

その上で、解決すべき課題を全員で議論し、次回までの作業目標を決める。

### 成績評価の方法

研究・実験の主体的な態度およびディスカッションへの参加状況を加味して評価する。また、また日々の議論を通し、論理的に次の手段を選択できているかを重要視して評価する。

### その他

### 指導テーマ

これまでの研究を踏襲し、各自が好みに合うテーマを打ち立ててよい。教員と相談しながら研究の方向付けを行う。また、既定のテーマとして以下の中から選択することもできる。

- (1) ハロゲン化エーテル(吸入麻酔薬)の同定・検出とその生体内挙動の観察
- (2) 有機物の燐光発現物質の量子制御
- (3) 分子制御のためのフェムト秒パルス波形整形システムの開発
- (4) 繰り返し周波数可変の超短パルス光源技術の開発

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	実験量子物理学研究4		
開講期	秋学期集中	単位	演4
担当者	専任准教授 博士(理学) 鈴木 隆行		

### 授業の概要・到達目標

本科目では、孤立分子の持つ各自由度の典型的な時間スケールであるナノ秒からフェムト秒に至る時間領域のダイナミクスを中心として、同時間スケールの継続時間を持つ光パルスによる分子制御を議論する。

光による分子の制御という研究テーマを通し、光科学の実験技術全般の習熟を図るとともに、研究内容の対外的な発表技術や、他者との議論など、研究活動に必要な基礎的な技術の養成も行う。

### 授業内容

#### 授業計画

- 第1回：研究・実験結果の報告
- 第2回：研究・実験結果の報告
- 第3回：研究論文報告
- 第4回：研究・実験結果の報告
- 第5回：研究・実験結果の報告
- 第6回：研究論文報告
- 第7回：研究・実験結果の報告
- 第8回：研究・実験結果の報告
- 第9回：研究論文報告
- 第10回：研究・実験結果の報告
- 第11回：研究・実験結果の報告
- 第12回：研究論文報告
- 第13回：研究・実験結果の報告
- 第14回：研究・実験のまとめ

### 履修上の注意

### 準備学習（予習・復習等）の内容

本科目では、物理化学の知識が不可欠である。このためには量子力学および物理数学は十分に予習しておく必要がある。また、電磁気学および光学の知識も必要となるため、適宜予習し、より上位の知識を自ら習熟するように努めること。

### 教科書

- 「Physical chemistry」 Peter Atkins, Oxford University Press
- 「Physical chemistry」 D. A. McQuarrie and J. D. Simon, University Science Book
- 「Introduction to Modern Optics」 G. R. Fowles, Dover publications

### 参考書

- 「Laser Spectroscopy」 W. Demtroder, Springer
- 「Ultrashort Laser Pulse Phenomena」 J. -C. Diels and W. Rudolph, Academic press
- 「Mathematical Methods for Physicists」 G. B. Arfken and H. J. Weber, Academic press

### 課題に対するフィードバックの方法

毎週、自分の研究内容とその進展を発表することで、課題の進捗状況を確認する。

その上で、解決すべき課題を全員で議論し、次回までの作業目標を決める。

### 成績評価の方法

研究・実験の主体的な態度およびディスカッションへの参加状況を加味して評価する。また、研究の成果自体ではなく、その研究の意義や手段の正当性、得られた結果の解釈を如何に他者に伝え、説明できるかを評価項目とする。

### その他

### 指導テーマ

これまでの研究を踏襲し、各自が好みに合うテーマを打ち立ててよい。教員と相談しながら研究の方向付けを行う。また、既定のテーマとして以下の中から選択することもできる。

- (1) ハロゲン化エーテル(吸入麻酔薬)の同定・検出とその生体内挙動の観察
- (2) 有機物の燐光発現物質の量子制御
- (3) 分子制御のためのフェムト秒パルス波形整形システムの開発
- (4) 繰り返し周波数可変の超短パルス光源技術の開発

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	応用物理学研究1		
開講期	春学期集中	単位	演2
担当者	専任准教授 博士(理学) 鈴木 秀彦		

### 授業の概要・到達目標

気象学を基礎とする地球や惑星大気物理学研究の最先端を理解しつつ、未解明問題に対して、光学的手法を用いた観測的アプローチで挑む。教員が提案した課題に対して、大気の物理量を精密に測定するための装置設計から観測計画の立案と実施、解析までの全研究プロセスを実際に行い、地球物理データを正しく扱い、解釈できる能力を育成することを最終目標とする。本科目では、各人の研究テーマにかかわる最新の論文を読みこなし、自身の観測対象、研究目標の意義、背景などを正しく理解することを第一の目標とする。

### 授業内容

- [第1回] 資料論文報告会(1)
- [第2回] 資料論文報告会(2)
- [第3回] 資料論文報告会(3)
- [第4回] 資料論文報告会(4)
- [第5回] 資料論文報告会(5)
- [第6回] 資料論文報告会(6)
- [第7回] 研究計画報告会(1)
- [第8回] 研究計画報告会(2)
- [第9回] 資料論文報告会(7)および研究進捗報告会(1)
- [第10回] 資料論文報告会(8)および研究進捗報告会(2)
- [第11回] 資料論文報告会(9)および研究進捗報告会(3)
- [第12回] 資料論文報告会(10)および研究進捗報告会(4)
- [第13回] 資料論文報告会(11)および研究進捗報告会(5)
- [第14回] 中間発表会

### 履修上の注意

### 準備学習(予習・復習等)の内容

本科目の遂行に際しては、気象学およびプラズマ物理学の基礎知識が要求される。これらは熱力学・統計力学・量子力学・電磁気学・流体力学に基づいているので、これらの科目を復習・予習しておくこと。実験・観測に必要な技術的な手法に関する知識は、資料論文報告会などで適切な資料を指定する。

### 教科書

### 参考書

### 課題に対するフィードバックの方法

進捗報告および発表資料に対して、口頭、メール、teamsなどを用いて添削・フィードバックを行う。

### 成績評価の方法

「授業への貢献度」すなわち、日常の研究、実験、観測、ディスカッションへの取り組む姿勢を総合して評価する。

### その他

1. 研究テーマによっては、フィールドでの学外実習、学外実験、学外観測を行う場合がある。
2. 研究テーマによっては、当該研究テーマの最先端研究を調査するために学会等に参加する場合がある。

### 指導テーマ

学生の興味と適正に応じて、テーマを設定する。自らテーマを提案することも歓迎する。教員から提案可能なテーマの例は以下のとおりである。

1. 地球大気研究
  - ・特殊な雲、「極成層圏雲」「極中間圏雲(夜光雲)」に関する研究
  - ・対流圏～中間圏までに存在する雲をトレーサーとした大気状態推定法に関する研究
  - ・オーロラの光学的特性に関する研究
  - ・身近な大気現象に関する研究
2. 惑星大気研究
  - ・天文現象の「色」に関する研究
  - ・太陽系の惑星で起こる気象現象に関する研究

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	応用物理学研究2		
開講期	秋学期集中	単位	演2
担当者	専任准教授 博士(理学) 鈴木 秀彦		

### 授業の概要・到達目標

気象学を基礎とする地球や惑星大気物理学研究の最先端を理解しつつ、未解明問題に対して、光学的手法を用いた観測的アプローチで挑む。教員が提案した課題に対して、大気の物理量を精密に測定するための装置設計から観測計画の立案と実施、解析までの全研究プロセスを実際に行い、地球物理データを正しく扱い、解釈できる能力を習得することを最終目標とする。本科目では、設定した研究課題の遂行に必要なデータを得るための観測実験を行い、観測機器とデータを正しく扱う技法を身につけることが主な目的となる。

### 授業内容

- [第1回] 研究進捗報告会(1)および資料論文報告会(1)
- [第2回] 研究進捗報告会(2)および資料論文報告会(2)
- [第3回] 研究進捗報告会(3)および資料論文報告会(3)
- [第4回] 研究進捗報告会(4)および資料論文報告会(4)
- [第5回] 研究進捗報告会(5)および資料論文報告会(5)
- [第6回] 研究進捗報告会(6)および資料論文報告会(6)
- [第7回] 研究進捗報告会(7)および資料論文報告会(7)
- [第8回] 研究進捗報告会(1)
- [第9回] 研究進捗報告会(2)
- [第10回] 研究進捗報告会(3)
- [第11回] 研究進捗報告会(4)
- [第12回] 研究進捗報告会(5)
- [第13回] 研究進捗報告会(6)
- [第14回] 中間発表会

### 履修上の注意

#### 準備学習(予習・復習等)の内容

本科目の遂行に際しては、気象学およびプラズマ物理学の基礎知識が要求される。これらは熱力学・統計力学・量子力学・電磁気学・流体力学に基づいているので、これらの科目を復習・予習しておくこと。実験・観測に必要な技術的な手法に関する知識は、資料論文報告会などで適切な資料を指定する。

#### 教科書

テーマに応じて適宜資料論文を使用する。

#### 参考書

- 「一般気象学」小倉義光 東京大学出版会
- 「Middle Atmosphere Dynamics」D. G. Andrews, J. R. Holton, C. B. Leovy, ACADEMIC PRESS
- 「The Earth's Ionosphere」M. C. Kelly, Elsevier

#### 課題に対するフィードバックの方法

進捗報告および発表資料に対して、口頭、メール、teamsなどを用いて添削・フィードバックを行う。

#### 成績評価の方法

「授業の参加度」すなわち日常の研究、実験、観測、ディスカッションへの取り組む姿勢を総合して評価する。

#### その他

1. 研究テーマによっては、フィールドでの学外実習、学外実験、学外観測を行う場合がある。
2. 研究テーマによっては、当該研究テーマの最先端研究を調査するために学会等に参加する場合がある。

#### 指導テーマ

学生の興味と適正に応じて、テーマを設定する。自らテーマを提案することも歓迎する。教員から提案可能なテーマの例については、シラバスの応用物理学研究1(鈴木秀彦担当)を参照すること。

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	応用物理学研究3		
開講期	春学期集中	単位	演4
担当者	専任准教授 博士(理学) 鈴木 秀彦		

### 授業の概要・到達目標

気象学を基礎とする地球や惑星大気物理学研究の最先端を理解しつつ、未解明問題に対して、光学的手法を用いた観測的アプローチで挑む。教員が提案した課題に対して、大気の物理量を精密に測定するための装置設計から観測計画の立案と実施、解析までの全研究プロセスを実際に行い、地球物理データを正しく扱い、解釈できる能力を習得することを最終目標とする。本科目では、観測・実験によって得られたデータを解析・考察し、大気物理学分野における新たな知見を導き出すことを目標とする。

### 授業内容

- [第1回] 研究進捗報告会(1)
- [第2回] 研究進捗報告会(2)
- [第3回] 研究進捗報告会(3)
- [第4回] 研究進捗報告会(4)
- [第5回] 研究進捗報告会(5)
- [第6回] 研究進捗報告会(6)
- [第7回] 研究進捗報告会(7)
- [第8回] 研究進捗報告会(8)
- [第9回] 研究進捗報告会(9)
- [第10回] 研究進捗報告会(10)
- [第11回] 研究進捗報告会(11)
- [第12回] 研究進捗報告会(12)
- [第13回] 研究進捗報告会(13)
- [第14回] 中間発表会

### 履修上の注意

#### 準備学習(予習・復習等)の内容

本科目の遂行に際しては、気象学およびプラズマ物理学の基礎知識が要求される。これらは熱力学・統計力学・量子力学・電磁気学・流体力学に基づいているので、これらの科目を復習・予習しておくこと。実験・観測に必要な技術的な手法に関する知識は、資料論文報告会などで適切な資料を指定する。

### 教科書

### 参考書

- 「一般気象学」小倉義光 東京大学出版会
- 「Middle Atmosphere Dynamics」D. G. Andrews, J. R. Holton, C. B. Leovy, ACADEMIC PRESS
- 「The Earth's Ionosphere」M. C. Kelly, Elsevier

#### 課題に対するフィードバックの方法

進捗報告および発表資料に対して、口頭、メール、teamsなどを用いて添削・フィードバックを行う。

#### 成績評価の方法

「授業の参加度」すなわち日常の研究、実験、観測、ディスカッションへの取り組む姿勢を総合して評価する。

### その他

1. 研究テーマによっては、フィールドでの学外実習、学外実験、学外観測を行う場合がある。
2. 研究テーマによっては、当該研究テーマの最先端研究を調査するために学会等に参加する場合がある。

### 指導テーマ

学生の興味と適正に応じて、テーマを設定する。自らテーマを提案することも歓迎する。教員から提案可能なテーマの例については、シラバスの応用物理学研究1(鈴木秀彦担当)を参照すること。

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	応用物理学研究4		
開講期	秋学期集中	単位	演4
担当者	専任准教授 博士(理学) 鈴木 秀彦		

### 授業の概要・到達目標

気象学を基礎とする地球や惑星大気物理学研究の最先端を理解しつつ、未解明問題に対して、光学的手法を用いた観測的アプローチで挑む。教員が提案した課題に対して、大気の物理量を精密に測定するための装置設計から観測計画の立案と実施、解析までの全研究プロセスを実際に行い、地球物理データを正しく扱い、解釈できる能力を習得することを最終目標とする。本科目では、これまでの成果を科学論文形式としてまとめ、国内外における学会等での発表に耐えうる内容に仕上げることを目標とする。

### 授業内容

- [第1回] 研究進捗報告会(1)
- [第2回] 研究進捗報告会(2)
- [第3回] 研究進捗報告会(3)
- [第4回] 研究進捗報告会(4)
- [第5回] 研究進捗報告会(5)
- [第6回] 研究進捗報告会(6)
- [第7回] 研究進捗報告会(7)
- [第8回] 研究進捗報告会(8)
- [第9回] 研究進捗報告会(9)
- [第10回] 研究進捗報告会(10)
- [第11回] 研究のまとめ報告会(1)
- [第12回] 研究のまとめ報告会(2)
- [第13回] 研究のまとめ報告会(3)
- [第14回] 研究のまとめ報告会(4)

### 履修上の注意

### 準備学習(予習・復習等)の内容

本科目の遂行に際しては、気象学およびプラズマ物理学の基礎知識が要求される。これらは熱力学・統計力学・量子力学・電磁気学・流体力学に基づいているので、これらの科目を復習・予習しておくこと。実験・観測に必要な技術的な手法に関する知識は、資料論文報告会などで適切な資料を指定する。

### 教科書

### 参考書

- 「一般気象学」小倉義光 東京大学出版会
- 「Middle Atmosphere Dynamics」D. G. Andrews, J. R. Holton, C. B. Leovy, ACADEMIC PRESS
- 「The Earth's Ionosphere」M. C. Kelly, Elsevier

### 課題に対するフィードバックの方法

進捗報告および発表資料に対して、口頭、メール、teamsなどを用いて添削・フィードバックを行う。特に研究の総括である修士論文の原稿作成においては、原稿のやり取りを複数回教員と行い、適切な論文執筆方法について指導を行う。

### 成績評価の方法

「授業への貢献度」すなわち、日常の研究、実験、観測、ディスカッションへの取り組む姿勢を総合して評価する。

### その他

1. 研究テーマによっては、フィールドでの学外実習、学外実験、学外観測を行う場合がある。
2. 研究テーマによっては、当該研究テーマの最先端研究を調査するために学会等に参加する場合がある。

### 指導テーマ

学生の興味と適正に応じて、テーマを設定する。自らテーマを提案することも歓迎する。教員から提案可能なテーマの例については、シラバスの応用物理学研究1(鈴木秀彦担当)を参照すること。

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	実験量子物理学研究1		
開講期	春学期集中	単位	演2
担当者	専任教授 理学博士	立川 真樹	

### 授業の概要・到達目標

量子光学の実験研究を通して、自ら積極的に問題に取り組む姿勢、論理的に分析し判断する能力を養うことを目的とする。

レーザー光が物体に及ぼす力を利用して、原子・分子や微粒子の運動状態を精密に制御し、原子の波動性や物質と光の相互作用の基礎問題など、量子力学的な諸現象の解明に応用する。具体的な研究テーマを以下に記す。

- ①原子のレーザー冷却：レーザー冷却によって極低温原子集団を生成し、物質の波動性や電磁波の力学効果を検証する実験を行う。
- ②微粒子の光トラッピングと分光計測：電磁場によってミクロン程度の微粒子を空中に浮遊させ、分光計測によって単一微粒子やそれを構成する原子・分子の物性を明らかにする。
- ③その他、光の力学効果の基礎実験やレーザー分光実験など

### 授業内容

研究テーマを選択し、背景理論の理解、実験の立案、装置の開発、現象の観測と理論解析、研究成果のまとめと公表等、一連の研究活動を実践していく。今学期は、背景理論の理解と実験の立案が中心となる。

- 第1回：ガイダンス
- 第2回：研究活動
- 第3回：研究活動
- 第4回：研究活動
- 第5回：研究活動
- 第6回：研究活動
- 第7回：研究活動
- 第8回：研究活動
- 第9回：研究活動
- 第10回：研究活動
- 第11回：研究活動
- 第12回：研究活動
- 第13回：研究活動
- 第14回：研究成果報告

### 履修上の注意

#### 準備学習（予習・復習等）の内容

自らのテーマについて常に考え、積極的に探求すること。

#### 教科書

#### 参考書

#### 成績評価の方法

研究に対する意欲、論理的な思考力を総合的に判断して評価する。

#### その他

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	実験量子物理学研究2		
開講期	秋学期集中	単位	演2
担当者	専任教授 理学博士	立川 真樹	

### 授業の概要・到達目標

量子光学の実験研究を通して、自ら積極的に問題に取り組む姿勢、論理的に分析し判断する能力を養うことを目的とする。

レーザー光が物体に及ぼす力を利用して、原子・分子や微粒子の運動状態を精密に制御し、原子の波動性や物質と光の相互作用の基礎問題など、量子力学的な諸現象の解明に応用する。具体的な研究テーマを以下に記す。

- ①原子のレーザー冷却：レーザー冷却によって極低温原子集団を生成し、物質の波動性や電磁波の力学効果を検証する実験を行う。
- ②微粒子の光トラッピングと分光計測：電磁場によってミクロン程度の微粒子を空中に浮遊させ、分光計測によって単一微粒子やそれを構成する原子・分子の物性を明らかにする。
- ③その他、光の力学効果の基礎実験やレーザー分光実験など

### 授業内容

研究テーマを選択し、背景理論の理解、実験の立案、装置の開発、現象の観測と理論解析、研究成果のまとめと公表等、一連の研究活動を実践していく。今学期は、実験系の構築を行いデータの取得を目指す。

- 第1回：研究打ち合わせ
- 第2回：研究活動
- 第3回：研究活動
- 第4回：研究活動
- 第5回：研究活動
- 第6回：研究活動
- 第7回：研究活動
- 第8回：研究活動
- 第9回：研究活動
- 第10回：研究活動
- 第11回：研究活動
- 第12回：研究活動
- 第13回：研究活動
- 第14回：研究成果報告

### 履修上の注意

#### 準備学習（予習・復習等）の内容

自らのテーマについて常に考え、積極的に探求すること。

#### 教科書

#### 参考書

#### 成績評価の方法

研究に対する意欲、論理的な思考力を総合的に判断して評価する。

#### その他

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	実験量子物理学研究3		
開講期	春学期集中	単位	演4
担当者	専任教授 理学博士	立川 真樹	

### 授業の概要・到達目標

量子光学の実験研究を通して、自ら積極的に問題に取り組む姿勢、論理的に分析し判断する能力を養うことを目的とする。

レーザー光が物体に及ぼす力を利用して、原子・分子や微粒子の運動状態を精密に制御し、原子の波動性や物質と光の相互作用の基礎問題など、量子力学的な諸現象の解明に応用する。具体的な研究テーマを以下に記す。

- ①原子のレーザー冷却：レーザー冷却によって極低温原子集団を生成し、物質の波動性や電磁波の力学効果を検証する実験を行う。
- ②微粒子の光トラッピングと分光計測：電磁場によってミクロン程度の微粒子を空中に浮遊させ、分光計測によって単一微粒子やそれを構成する原子・分子の物性を明らかにする。
- ③その他、光の力学効果の基礎実験やレーザー分光実験など

### 授業内容

研究テーマを選択し、背景理論の理解、実験の立案、装置の開発、現象の観測と理論解析、研究成果のまとめと公表等、一連の研究活動を実践していく。今学期は、1年次に引き続き実験データの取得と解析を行う。

- 第1回：研究打ち合わせ
- 第2回：研究活動
- 第3回：研究活動
- 第4回：研究活動
- 第5回：研究活動
- 第6回：研究活動
- 第7回：研究活動
- 第8回：研究活動
- 第9回：研究活動
- 第10回：研究活動
- 第11回：研究活動
- 第12回：研究活動
- 第13回：研究活動
- 第14回：研究成果報告

### 履修上の注意

#### 準備学習（予習・復習等）の内容

自らのテーマについて常に考え、積極的に探求すること。

#### 教科書

#### 参考書

#### 成績評価の方法

研究に対する意欲、論理的な思考力を総合的に判断して評価する。

#### その他

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	実験量子物理学研究4		
開講期	秋学期集中	単位	演4
担当者	専任教授 理学博士	立川 真樹	

### 授業の概要・到達目標

量子光学の実験研究を通して、自ら積極的に問題に取り組む姿勢、論理的に分析し判断する能力を養うことを目的とする。

レーザー光が物体に及ぼす力を利用して、原子・分子や微粒子の運動状態を精密に制御し、原子の波動性や物質と光の相互作用の基礎問題など、量子力学的な諸現象の解明に応用する。具体的な研究テーマを以下に記す。

- ①原子のレーザー冷却：レーザー冷却によって極低温原子集団を生成し、物質の波動性や電磁波の力学効果を検証する実験を行う。
- ②微粒子の光トラッピングと分光計測：電磁場によってミクロン程度の微粒子を空中に浮遊させ、分光計測によって単一微粒子やそれを構成する原子・分子の物性を明らかにする。
- ③その他、光の力学効果の基礎実験やレーザー分光実験など

### 授業内容

研究テーマを選択し、背景理論の理解、実験の立案、装置の開発、現象の観測と理論解析、研究成果のまとめと公表等、一連の研究活動を実践していく。今学期は、実験データの解析を行い、研究を総括する。

- 第1回：研究打ち合わせ
- 第2回：研究活動
- 第3回：研究活動
- 第4回：研究活動
- 第5回：研究活動
- 第6回：研究活動
- 第7回：研究活動
- 第8回：研究活動
- 第9回：研究活動
- 第10回：研究活動
- 第11回：研究活動
- 第12回：研究活動
- 第13回：研究活動
- 第14回：研究成果報告

### 履修上の注意

#### 準備学習（予習・復習等）の内容

自らのテーマについて常に考え、積極的に探求すること。

#### 教科書

#### 参考書

#### 成績評価の方法

研究に対する意欲、論理的な思考力を総合的に判断して評価する。

#### その他

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	応用物理学研究1		
開講期	春学期集中	単位	演2
担当者	専任教授 博士(地球環境科学) 長島 和茂		

### 授業の概要・到達目標

水に関連する結晶である氷やクラスレートハイドレート、さらには、結晶の形をキーワードにストームグラス(カンファー結晶)の成長や融解・溶解に関する実験的研究を行い、温度条件やサンプル組成と成長速度や成長形との関係を解析することで、結晶の形成機構を明らかにすることを目的とする。特に、結晶の形の形成機構の理解を深めることで、自然界で起こりうる結晶成長過程の詳細な理解や、機能性結晶材料の新奇な生成法を探索することを目的とする。

具体的な研究の流れは、(i) 結晶成長装置の開発や改良、(ii) 温度やサンプル濃度などを変数とした結晶成長実験のその場観察、(iii) 結晶成長過程の連続画像の解析、(iv) 解析結果を理論モデルに基づき考察し、成長機構や形の形成機構の詳細を明らかにすることである。このときに、連続画像の撮影のみならず、光干渉法を用いた結晶近傍の物質拡散場測定や、溶液の物性である屈折率や密度の測定も必要に応じて行うことで、より深い考察を行う。ここでは、研究テーマの学術的背景、研究方法を学び、結晶成長装置の開発と改良、さらには、分析装置を用いた基礎物性の測定が中心である。

### 授業内容

- 第1回：研究に関するガイダンス
- 第2回：実験経過報告会
- 第3回：実験経過報告会
- 第4回：研究論文報告会
- 第5回：実験経過報告会
- 第6回：実験経過報告会
- 第7回：研究論文報告会
- 第8回：実験経過報告会
- 第9回：実験経過報告会
- 第10回：研究論文報告会
- 第11回：実験経過報告会
- 第12回：実験経過報告会
- 第13回：研究論文報告会
- 第14回：実験成果発表会

### 履修上の注意

雪氷物理学研究室のホームページ、特に、ガイダンス資料のページを事前に読んでおくこと。また、定期的に何回か読み直すこと。

### 準備学習(予習・復習等)の内容

研究は実験室において行うのみならず、実験室外においても研究テーマに関する様々な疑問点を調査・解消する時間をかけるとともに、実験上の困難を克服するための工夫、実験結果の解釈である考察に対するより良いアイデアを得るための試行錯誤を必要とする。

### 教科書

『Statistical Physics of Crystal Growth』Yukio Saito (World Scientific)

『Handbook of Crystal Growth 1b, Fundamentals: Transport and Stability』Editor: D. T. J. Hurler (Elsevier)

### 参考書

『結晶は生きている』黒田登志雄著(サイエンス社)

『結晶成長』斎藤幸夫著(裳華房)

### 課題に対するフィードバックの方法

ゼミ内での発表内容に対して修正コメントや質問をするため、発表資料の改訂を行い提出すること。場合によっては、個別に口頭での説明を求める。

### 成績評価の方法

日常の研究・実験態度、研究ディスカッション、研究論文発表、実験成果発表、修士中間発表会などを総合して評価する。

### その他

### 指導テーマ

研究テーマの例を以下に記すが、学生の興味に合わせて新たな研究テーマを加えることもあり得る。

- (1) 多孔質媒体中でのTHFクラスレートハイドレートの形態形成機構の解明

海底メタンハイドレートは海底堆積物中に多様な形状で析出している。このメカニズムの解明に向けて、ガラスビーズ中でのTHFハイドレートの成長実験をモデル実験として行う。ハイドレートの成長に関連する多様なパラメータを変えながら実験を行うことで、ハイドレートの形状やサイズスケールと実験条件との関係性を明らかにする。そして、氷の霜柱の形成モデルや結晶成長の形態形成モデルをもとに考察して、多様な形態形成のメカニズムを探索する。

- (2) 一方向凝固法により塩水中で成長する氷結晶の形態形成機構の解明

一方向凝固法により成長する結晶は、セル状や樹枝状の形状で成長する。これらのパターン形成やサイズスケールの理解には、物質の拡散場の理解が重要であり、光干渉法による塩分濃度場測定を併せて行う。そして、成長条件を変数とした実験を行い、形態形成理論をもとにして、パターン形成の詳細な理解を目指す。

- (3) 温度変動下におけるストームグラス中でのカンファー結晶挙動の探索と温度変動を利用した結晶パターンの制御法の探索

ストームグラスは19世紀のヨーロッパで天気予報に使われていた器具である。現在において実用的な価値は無く、また、結晶成長学的な探求を目的とするため、天気との関連性は扱わない。ストームグラスは密閉したガラス管中にカンファー・エタノール・水と微量成分が混入したものであり、温度変化により結晶の見目の高さや形状が変化する。一般に、温度変動下の結晶の形態形成の理解は十分でないため、周期的な温度変動下における結晶の成長や溶解にともなう、見目の結晶の高さの変化や形状の変化のメカニズムを探索することは意義深いと考える。この成果を応用することで、自在なパターンを形成するための新奇な制御法の開発も探索する。

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	応用物理学研究2		
開講期	秋学期集中	単位	演2
担当者	専任教授 博士(地球環境科学) 長島 和茂		

### 授業の概要・到達目標

水に関連する結晶である氷やクラスレートハイドレート、さらには、結晶の形をキーワードにストームグラス(カンファー結晶)の成長や融解・溶解に関する実験的研究を行い、温度条件やサンプル組成と成長速度や成長形との関係を解析することで、結晶の形成機構を明らかにすることを目的とする。特に、結晶の形の形成機構の理解を深めることで、自然界で起こりうる結晶成長過程の詳細な理解や、機能的結晶材料の新奇な生成法を探索することを目的とする。

具体的な研究の流れは、(i) 結晶成長装置の開発や改良、(ii) 温度やサンプル濃度などを変数とした結晶成長実験のその場観察、(iii) 結晶成長過程の連続画像の解析、(iv) 解析結果を理論モデルに基づき考察し、成長機構や形の形成機構の詳細を明らかにすることである。このときに、連続画像の撮影のみならず、光干渉法を用いた結晶近傍の物質拡散場測定や、溶液の物性である屈折率や密度の測定も必要に応じて行うことで、より深い考察を行う。ここでは、さまざまな条件での結晶成長実験と解析を行い、その結果やその他の物性測定の結果を基にして、理論モデルとの比較による考察が中心であり、一連の研究を総括する。

### 授業内容

- 第1回：研究に関するガイダンス
- 第2回：実験経過報告会
- 第3回：実験経過報告会
- 第4回：研究論文報告会
- 第5回：実験経過報告会
- 第6回：実験経過報告会
- 第7回：研究論文報告会
- 第8回：実験経過報告会
- 第9回：実験経過報告会
- 第10回：研究論文報告会
- 第11回：実験経過報告会
- 第12回：実験経過報告会
- 第13回：研究論文報告会
- 第14回：実験成果発表会

### 履修上の注意

雪氷物理学研究室のホームページ、特に、ガイダンス資料のページを事前に読んでおくこと。また、定期的に何回か読み直すこと。

### 準備学習(予習・復習等)の内容

研究は実験室において行うのみならず、実験室外においても研究テーマに関する様々な疑問点を調査・解消する時間をかけるとともに、実験上の困難を克服するための工夫、実験結果の解釈に対するより良いアイデアを得るための試行錯誤を必要とする。

### 教科書

『Statistical Physics of Crystal Growth』Yukio Saito (World Scientific)

『Handbook of Crystal Growth 1b, Fundamentals: Transport and Stability』Editor: D. T. J. Hurler (Elsevier)

### 参考書

『結晶は生きている』黒田登志雄著(サイエンス社)

『結晶成長』斎藤幸夫著(裳華房)

### 課題に対するフィードバックの方法

ゼミ内での発表内容に対して修正コメントや質問をするため、発表資料の改訂を行い提出すること。場合によっては、個別に口頭での説明を求める。また、物理学科行事である修士中間発表会用のパワポ資料は、複数回のやり取り(朱書きコメント→修正)を行い、完成させることになる。

### 成績評価の方法

日常の研究・実験態度、研究ディスカッション、研究論文発表、実験成果発表、修士論文発表などを総合して評価する。

### その他

### 指導テーマ

研究テーマの例を以下に記すが、学生の興味に合わせて新たな研究テーマを加えることもあり得る。

- (1) 多孔質媒体中でのTHFクラスレートハイドレートの形態形成機構の解明

海底メタンハイドレートは海底堆積物中に多様な形状で析出している。このメカニズムの解明に向けて、ガラスビーズ中でのTHFハイドレートの成長実験をモデル実験として行う。ハイドレートの成長に関連する多様なパラメータを変えながら実験を行うことで、ハイドレートの形状やサイズスケールと実験条件との関係性を明らかにする。そして、氷の霜柱の形成モデルや結晶成長の形態形成モデルをもとに考察して、多様な形態形成のメカニズムを探索する。

- (2) 一方凝固法により塩水中で成長する氷結晶の形態形成機構の解明

一方凝固法により成長する結晶は、セル状や樹枝状の形状で成長する。これらのパターン形成やサイズスケールの理解には、物質の拡散場の理解が重要であり、光干渉法による塩分濃度場測定を併せて行う。そして、成長条件を変数とした実験を行い、形態形成理論をもとにして、パターン形成の詳細な理解を目指す。

- (3) 温度変動下におけるストームグラス中でのカンファー結晶挙動の探索と温度変動を利用した結晶パターンの制御法の探求

ストームグラスは19世紀のヨーロッパで天気予報に使われていた器具である。現在において実用的な価値は無く、また、結晶成長学的な探求を目的とするため、天気との関連性は扱わない。ストームグラスは密閉したガラス管中にカンファー・エタノール・水と微量成分が混入したものであり、温度変化により結晶の見た目の高さや形状が変化する。一般に、温度変動下の結晶の形態形成の理解は十分でないため、周期的な温度変動下における結晶の成長や溶解にともなう、見た目の結晶の高さの変化や形状の変化のメカニズムを探索することは意義深いと考える。この成果を応用することで、自在なパターンを形成するための新奇な制御法の開発も探索する。

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	応用物理学研究3		
開講期	春学期集中	単位	演4
担当者	専任教授 博士(地球環境科学) 長島 和茂		

### 授業の概要・到達目標

水に関連する結晶である氷やクラスレートハイドレート、さらには、結晶の形をキーワードにストームグラス(カンファー結晶)の成長や融解・溶解に関する実験的研究を行い、温度条件やサンプル組成と成長速度や成長形との関係を解析することで、結晶の形成機構を明らかにすることを目的とする。特に、結晶の形の形成機構の理解を深めることで、自然界で起こりうる結晶成長過程の詳細な理解や、機能性結晶材料の新奇な生成法を探索することを目的とする。

具体的な研究の流れは、(i) 結晶成長装置の開発や改良、(ii) 温度やサンプル濃度などを変数とした結晶成長実験のその場観察、(iii) 結晶成長過程の連続画像の解析、(iv) 解析結果を理論モデルに基づき考察し、成長機構や形の形成機構の詳細を明らかにすることである。このときに、連続画像の撮影のみならず、光干渉法を用いた結晶近傍の物質拡散場測定や、溶液の物性である屈折率や密度の測定も必要に応じて行うことで、より深い考察を行う。ここでは、研究テーマの学術的背景、研究方法を学び、結晶成長装置の開発と改良、さらには、分析装置を用いた基礎物性の測定が中心である。

### 授業内容

- 第1回：研究に関するガイダンス
- 第2回：実験経過報告会
- 第3回：実験経過報告会
- 第4回：研究論文報告会
- 第5回：実験経過報告会
- 第6回：実験経過報告会
- 第7回：研究論文報告会
- 第8回：実験経過報告会
- 第9回：実験経過報告会
- 第10回：研究論文報告会
- 第11回：実験経過報告会
- 第12回：実験経過報告会
- 第13回：研究論文報告会
- 第14回：実験成果発表会

### 履修上の注意

雪氷物理学研究室のホームページ、特に、ガイダンス資料のページを事前に読んでおくこと。また、定期的に何回か読み直すこと。

### 準備学習(予習・復習等)の内容

研究は実験室において行うのみならず、実験室外においても研究テーマに関する様々な疑問点を調査・解消する時間をかけるとともに、実験上の困難を克服するための工夫、実験結果の解釈である考察に対するより良いアイデアを得るための試行錯誤を必要とする。

### 教科書

『Statistical Physics of Crystal Growth』Yukio Saito (World Scientific)

『Handbook of Crystal Growth 1b, Fundamentals: Transport and Stability』Editor: D. T. J. Hurler (Elsevier)

### 参考書

『結晶は生きている』黒田登志雄著(サイエンス社)

『結晶成長』斎藤幸夫著(裳華房)

### 課題に対するフィードバックの方法

ゼミ内での発表内容に対して修正コメントや質問をするため、発表資料の改訂を行い提出すること。場合によっては、個別に口頭での説明を求める。

### 成績評価の方法

日常の研究・実験態度、研究ディスカッション、研究論文発表、実験成果発表、修士論文発表などを総合して評価する。

### その他

### 指導テーマ

研究テーマの例を以下に記すが、学生の興味に合わせて新たな研究テーマを加えることもあり得る。

- (1) 多孔質媒体中でのTHFクラスレートハイドレートの形態形成機構の解明

海底メタンハイドレートは海底堆積物中に多様な形状で析出している。このメカニズムの解明に向けて、ガラスビーズ中でのTHFハイドレートの成長実験をモデル実験として行う。ハイドレートの成長に関連する多様なパラメータを変えながら実験を行うことで、ハイドレートの形状やサイズスケールと実験条件との関係性を明らかにする。そして、氷の霜柱の形成モデルや結晶成長の形態形成モデルをもとに考察して、多様な形態形成のメカニズムを探索する。

- (2) 一方向凝固法により塩水中で成長する氷結晶の形態形成機構の解明

一方向凝固法により成長する結晶は、セル状や樹枝状の形状で成長する。これらのパターン形成やサイズスケールの理解には、物質の拡散場の理解が重要であり、光干渉法による塩分濃度場測定を併せて行う。そして、成長条件を変数とした実験を行い、形態形成理論をもとにして、パターン形成の詳細な理解を目指す。

- (3) 温度変動下におけるストームグラス中でのカンファ結晶挙動の探索と温度変動を利用した結晶パターンの制御法の探索

ストームグラスは19世紀のヨーロッパで天気予報に使われていた器具である。現在において実用的な価値は無く、また、結晶成長学的な探求を目的とするため、天気との関連性は扱わない。ストームグラスは密閉したガラス管中にカンファー・エタノール・水と微量成分が混入したものであり、温度変化により結晶の見目の高さや形状が変化する。一般に、温度変動下の結晶の形態形成の理解は十分でないため、周期的な温度変動下における結晶の成長や溶解にともなう、見目の結晶の高さの変化や形状の変化のメカニズムを探索することは意義深いと考える。この成果を応用することで、自在なパターンを形成するための新奇な制御法の開発も探索する。

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	応用物理学研究4		
開講期	秋学期集中	単位	演4
担当者	専任教授 博士(地球環境科学) 長島 和茂		

### 授業の概要・到達目標

水に関連する結晶である氷やクラスレートハイドレート、さらには、結晶の形をキーワードにストームグラス(カンファー結晶)の成長や融解・溶解に関する実験的研究を行い、温度条件やサンプル組成と成長速度や成長形との関係を解析することで、結晶の形成機構を明らかにすることを目的とする。特に、結晶の形の形成機構の理解を深めることで、自然界で起こりうる結晶成長過程の詳細な理解や、機能性結晶材料の新奇な生成法を探索することを目的とする。

具体的な研究の流れは、(i) 結晶成長装置の開発や改良、(ii) 温度やサンプル濃度などを変数とした結晶成長実験のその場観察、(iii) 結晶成長過程の連続画像の解析、(iv) 解析結果を理論モデルに基づき考察し、成長機構や形の形成機構の詳細を明らかにすることである。このときに、連続画像の撮影のみならず、光干渉法を用いた結晶近傍の物質拡散場測定や、溶液の物性である屈折率や密度の測定も必要に応じて行うことで、より深い考察を行う。ここでは、研究テーマの学術的背景、研究方法を学び、結晶成長装置の開発と改良、さらには、分析装置を用いた基礎物性の測定が中心である。

### 授業内容

- 第1回：研究に関するガイダンス
- 第2回：実験経過報告会
- 第3回：実験経過報告会
- 第4回：研究論文報告会
- 第5回：実験経過報告会
- 第6回：実験経過報告会
- 第7回：研究論文報告会
- 第8回：実験経過報告会
- 第9回：実験経過報告会
- 第10回：研究論文報告会
- 第11回：実験経過報告会
- 第12回：実験経過報告会
- 第13回：研究論文報告会
- 第14回：実験成果発表会

### 履修上の注意

雪氷物理学研究室のホームページ、特に、ガイダンス資料のページを事前に読んでおくこと。また、定期的に何回か読み直すこと。

### 準備学習(予習・復習等)の内容

研究は実験室において行うのみならず、実験室外においても研究テーマに関する様々な疑問点を調査・解消する時間をかけるとともに、実験上の困難を克服するための工夫、実験結果の解釈に対するより良いアイデアを得るための試行錯誤を必要とする。

### 教科書

『Statistical Physics of Crystal Growth』Yukio Saito (World Scientific)

『Handbook of Crystal Growth 1b, Fundamentals: Transport and Stability』Editor: D. T. J. Hurler (Elsevier)

### 参考書

『結晶は生きている』黒田登志雄著(サイエンス社)

『結晶成長』斎藤幸夫著(裳華房)

### 課題に対するフィードバックの方法

ゼミ内での研究経過報告の発表内容に対して修正コメントや質問をするため、発表資料の改訂を行い提出すること。場合によっては、個別に口頭での説明を求める。

また、修論発表パワポや修士論文については、複数回のやり取り(朱書きコメント→修正作業)を行い、完成させることになる。

### 成績評価の方法

日常の研究・実験態度、研究ディスカッション、研究論文発表、実験成果発表、修士論文発表などを総合して評価する。

### その他

### 指導テーマ

研究テーマの例を以下に記すが、学生の興味に合わせて新たな研究テーマを加えることもあり得る。

- (1) 多孔質媒体中でのTHFクラスレートハイドレートの形態形成機構の解明

海底メタンハイドレートは海底堆積物中に多様な形状で析出している。このメカニズムの解明に向けて、ガラスビーズ中でのTHFハイドレートの成長実験をモデル実験として行う。ハイドレートの成長に関連する多様なパラメータを変えながら実験を行うことで、ハイドレートの形状やサイズスケールと実験条件との関係性を明らかにする。そして、氷の霜柱の形成モデルや結晶成長の形態形成モデルをもとに考察して、多様な形態形成のメカニズムを探索する。

- (2) 一方凝固法により塩水中で成長する氷結晶の形態形成機構の解明

一方凝固法により成長する結晶は、セル状や樹枝状の形状で成長する。これらのパターン形成やサイズスケールの理解には、物質の拡散場の理解が重要であり、光干渉法による塩分濃度場測定を併せて行う。そして、成長条件を変数とした実験を行い、形態形成理論をもとにして、パターン形成の詳細な理解を目指す。

- (3) 温度変動下におけるストームグラス中でのカンファー結晶挙動の探索と温度変動を利用した結晶パターンの制御法の探求

ストームグラスは19世紀のヨーロッパで天気予報に使われていた器具である。現在において実用的な価値は無く、また、結晶成長学的な探求を目的とするため、天気との関連性は扱わない。ストームグラスは密閉したガラス管中にカンファー・エタノール・水と微量成分が混入したものであり、温度変化により結晶の見た目の高さや形状が変化する。一般に、温度変動下の結晶の形態形成の理解は十分でないため、周期的な温度変動下における結晶の成長や溶解にともなう、見た目の結晶の高さの変化や形状の変化のメカニズムを探索することは意義深いと考える。この成果を応用することで、自在なパターンを形成するための新奇な制御法の開発も探索する。

科目ナンバー：(ST) PHY642J			
物理学専攻	備考		
科目名	生物物理学研究1		
開講期	春学期集中	単位	演2
担当者	専任教授 獣医学博士 平岡 和佳子		

### 授業の概要・到達目標

〔生体内における情報伝達機能〕

活性酸素やフリーラジカルと、生体との関与・および情報伝達機能について研究を行う。実際には、原子間力顕微鏡やレーザー走査顕微鏡・電子スピン共鳴装置などを用いて、神経細胞の分化や、白血球が関与する免疫機能などにおける活性酸素の働きについて研究を進める予定である。

1年生の本研究では、前期は主として、各自の研究テーマの学術的必要性・研究の背景・研究方法についてゼミナールを通して学習し、研究計画の作成を行い、それに基づき研究を開始する。後期では、中間発表に向けて、ゼミナールの他に、研究報告会を併せて実施し、研究の進行についてディカッションを行う。2年生では、1年次に引き続き、各自の研究テーマの学術的必要性・研究の背景・研究方法についてゼミナールを通して学習し、さらに修士論文作成に向けて、ゼミナールに加えて、毎週報告会を実施し、研究の進行について全員でディカッションを行う。

### 授業内容

毎週一コマ、大学院生ゼミナールを設け、研究テーマに関連した資料論文の報告会ゼミナール・研究報告会を実施する。

- [第1回] 資料論文報告会
- [第2回] 資料論文報告会
- [第3回] 資料論文報告会
- [第4回] 資料論文報告会
- [第5回] 第一回研究成果報告会
- [第6回] 資料論文報告会
- [第7回] 資料論文報告会
- [第8回] 資料論文報告会
- [第9回] 資料論文報告会
- [第10回] 第二回研究成果報告会
- [第11回] 資料論文報告会
- [第12回] 資料論文報告会
- [第13回] 資料論文報告会
- [第14回] 第三回研究成果報告会

### 履修上の注意

時間割に記載されている実施曜日は仮置きとなっております。実際の曜日・時間については、担当教員と相談のうえ、四月になってから決定するので注意してください。

### 準備学習（予習・復習等）の内容

本研究では、毎回の研究実施後、方法・実施日時・資料・結果等について、研究ノートに記載し、次回の研究実施時に教員のチェックを受けるようにしてください。

### 教科書

特に指定しない。

### 参考書

### 成績評価の方法

評価は、ゼミナールの内容と、研究実施内容、中間発表の結果(1年)、によって判定する。

### その他

科目ナンバー：(ST) PHY642J			
物理学専攻	備考		
科目名	生物物理学研究2		
開講期	秋学期集中	単位	演2
担当者	専任教授 獣医学博士 平岡 和佳子		

### 授業の概要・到達目標

〔生体内における情報伝達機能〕

活性酸素やフリーラジカルと、生体との関与・および情報伝達機能について研究を行う。実際には、原子間力顕微鏡やレーザー走査顕微鏡・電子スピン共鳴装置などを用いて、神経細胞の分化や、白血球が関与する免疫機能などにおける活性酸素の働きについて研究を進める予定である。

1年生の本研究では、前期は主として、各自の研究テーマの学術的必要性・研究の背景・研究方法についてゼミナールを通して学習し、研究計画の作成を行い、それに基づき研究を開始する。後期では、中間発表に向けて、ゼミナールの他に、研究報告会を併せて実施し、研究の進行についてディカッションを行う。2年生では、1年次に引き続き、各自の研究テーマの学術的必要性・研究の背景・研究方法についてゼミナールを通して学習し、さらに修士論文作成に向けて、ゼミナールに加えて、毎週報告会を実施し、研究の進行について全員でディカッションを行う。

### 授業内容

毎週一コマ、大学院生ゼミナールを設け、研究テーマに関連した資料論文の報告会ゼミナール・研究報告会を実施する。

- [第1回] 資料論文報告会
- [第2回] 資料論文報告会
- [第3回] 資料論文報告会
- [第4回] 資料論文報告会
- [第5回] 第一回研究成果報告会
- [第6回] 資料論文報告会
- [第7回] 資料論文報告会
- [第8回] 資料論文報告会
- [第9回] 資料論文報告会
- [第10回] 第二回研究成果報告会
- [第11回] 資料論文報告会
- [第12回] 資料論文報告会
- [第13回] 資料論文報告会
- [第14回] 第三回研究成果報告会

### 履修上の注意

時間割に記載されている実施曜日は仮置きとなっております。実際の曜日・時間については、担当教員と相談のうえ、四月になってから決定するので注意してください。

### 準備学習（予習・復習等）の内容

本研究では、毎回の研究実施後、方法・実施日時・資料・結果等について、研究ノートに記載し、次回の研究実施時に教員のチェックを受けるようにしてください。

### 教科書

特に指定しない。

### 参考書

### 成績評価の方法

評価は、ゼミナールの内容と、研究実施内容、中間発表の結果(1年)、によって判定する。

### その他

科目ナンバー：(ST) PHY642J			
物理学専攻	備考		
科目名	生物物理学研究3		
開講期	春学期集中	単位	演4
担当者	専任教授 獣医学博士 平岡 和佳子		

### 授業の概要・到達目標

〔生体内における情報伝達機能〕

活性酸素やフリーラジカルと、生体との関与・および情報伝達機能について研究を行う。実際には、原子間力顕微鏡やレーザー走査顕微鏡・電子スピン共鳴装置などを用いて、神経細胞の分化や、白血球が関与する免疫機能などにおける活性酸素の働きについて研究を進める予定である。

本研究では、春学期は主として、各自の研究テーマの学術的必要性・研究の背景・研究方法についてゼミナールを通して学習し、研究計画の作成を行い、それに基づき研究を開始する。秋学期では、中間発表に向けて、ゼミナールの他に、研究報告会を併せて実施し、研究の進行についてディカッションを行う予定である。本研究では、1年次に引き続き、各自の研究テーマの学術的必要性・研究の背景・研究方法についてゼミナールを通して学習し、さらに修士論文作成に向けて、ゼミナールに加えて、毎週報告会を実施し、研究の進行について全員でディカッションを行う。

### 授業内容

毎週一コマ、大学院生ゼミナールを設け、研究テーマに関連した資料論文の報告会ゼミナール・研究報告会を実施する。

- 〔第1回〕 資料論文報告会
- 〔第2回〕 資料論文報告会
- 〔第3回〕 資料論文報告会
- 〔第4回〕 資料論文報告会
- 〔第5回〕 第一回研究成果報告会
- 〔第6回〕 資料論文報告会
- 〔第7回〕 資料論文報告会
- 〔第8回〕 資料論文報告会
- 〔第9回〕 資料論文報告会
- 〔第10回〕 第二回研究成果報告会
- 〔第11回〕 資料論文報告会
- 〔第12回〕 資料論文報告会
- 〔第13回〕 資料論文報告会
- 〔第14回〕 第三回研究成果報告会

### 履修上の注意

時間割に記載されている実施曜日は仮置きとなっております。実際の曜日・時間については、担当教員と相談のうえ、四月になってから決定するので注意してください。

### 準備学習（予習・復習等）の内容

本研究では、毎回の研究実施後、方法・実施日時・資料・結果等について、研究ノートに記載し、次回の研究実施時に教員のチェックを受けるようにしてください。

### 教科書

特に指定しない。

### 参考書

### 成績評価の方法

評価は、ゼミナールの内容と、研究実施状況、研究成果報告会の結果によって判定する。

### その他

科目ナンバー：(ST) PHY642J			
物理学専攻	備考		
科目名	生物物理学研究4		
開講期	秋学期集中	単位	演4
担当者	専任教授 獣医学博士 平岡 和佳子		

### 授業の概要・到達目標

〔生体内における情報伝達機能〕

活性酸素やフリーラジカルと、生体との関与・および情報伝達機能について研究を行う。実際には、原子間力顕微鏡やレーザー走査顕微鏡・電子スピン共鳴装置などを用いて、神経細胞の分化や、白血球が関与する免疫機能などにおける活性酸素の働きについて研究を進める予定である。

春学期は主として、各自の研究テーマの学術的必要性・研究の背景・研究方法についてゼミナールを通して学習し、研究計画の作成を行い、それに基づき研究実施を予定した。これらを受け、秋学期の本研究では、ゼミナールの他に、研究報告会を併せて実施し、研究の進行についてディカッションを行う。本研究では、1年次に引き続き、各自の研究テーマの学術的必要性・研究の背景・研究方法についてゼミナールを通して学習し、さらに修士論文作成に向けて、ゼミナールに加えて、毎週報告会を実施し、研究の進行について全員でディカッションを行う。

### 授業内容

毎週一コマ、大学院生ゼミナールを設け、研究テーマに関連した資料論文の報告会ゼミナール・研究報告会を実施する。

- 〔第1回〕 資料論文報告会
- 〔第2回〕 資料論文報告会
- 〔第3回〕 資料論文報告会
- 〔第4回〕 資料論文報告会
- 〔第5回〕 第一回研究成果報告会
- 〔第6回〕 資料論文報告会
- 〔第7回〕 資料論文報告会
- 〔第8回〕 資料論文報告会
- 〔第9回〕 資料論文報告会
- 〔第10回〕 第二回研究成果報告会
- 〔第11回〕 資料論文報告会
- 〔第12回〕 資料論文報告会
- 〔第13回〕 資料論文報告会
- 〔第14回〕 第三回研究成果報告会

### 履修上の注意

時間割に記載されている実施曜日は仮置きとなっております。実際の曜日・時間については、担当教員と相談のうえ、四月になってから決定するので注意してください。

### 準備学習（予習・復習等）の内容

本研究では、毎回の研究実施後、方法・実施日時・資料・結果等について、研究ノートに記載し、次回の研究実施時に教員のチェックを受けるようにしてください。

### 教科書

特に指定しない。

### 参考書

### 成績評価の方法

評価は、ゼミナールの内容と、研究実施状況、研究成果報告会によって判定する。

### その他

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	応用物理学研究1		
開講期	春学期集中	単位	演2
担当者	専任准教授 博士(工学) 平野 太一		

### 授業の概要・到達目標

流体の力学特性を決める物性値について最先端の研究論文を読みこなし、研究背景や問題点を把握した上で、問題点を解決するための実験的研究を自ら行うことにより、計画・実施・発表・改善というプロセスを経験する。この経験から、新しい課題を常に探し続ける姿勢を身につけることを目的とする。

### 授業内容

- [第1回] 研究論文報告会(1)
- [第2回] 研究論文報告会(2)
- [第3回] 研究論文報告会(3)
- [第4回] 研究論文報告会(4)
- [第5回] 研究計画報告・検討会
- [第6回] 研究計画報告・検討会
- [第7回] 研究論文報告会(5)
- [第8回] 研究論文報告会(6)
- [第9回] 研究論文報告会(7)
- [第10回] 研究論文報告会(8)
- [第11回] 研究進捗状況の発表と評価
- [第12回] 研究進捗状況の発表と評価
- [第13回] 研究進捗状況の発表と評価
- [第14回] 研究進捗状況の発表と評価

### 履修上の注意

研究成果の社会還元や研究意欲向上のため、学会発表や他研究機関との共同研究などにも積極的に取り組んで欲しいと考えている。

### 準備学習（予習・復習等）の内容

本科目では、特に力学、振動波動論など物理学の基礎科目に精通している必要がある。講義ノートを見返す、参考書を学習するなどして苦手分野を克服しておくことが望ましい。

### 教科書

### 参考書

### 課題に対するフィードバックの方法

2週間に一度くらいを目途に、測定データの整理・まとめを行った結果を報告させ、次の報告会までに優先的に実施すべき課題を明確にする。また、長期的に取り組むべき課題に対してどのような段取りで進めていくかについても議論する。

という作業を継続的に行う予定である。

### 成績評価の方法

研究を進める積極性、内容の理解度、成果、プレゼンテーション、議論への貢献度合いを総合的に評価する。

### その他

### 指導テーマ

学生の興味と適正に応じて、テーマを設定する。自らテーマを提案することも歓迎する。

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	応用物理学研究2		
開講期	秋学期集中	単位	演2
担当者	専任准教授 博士(工学) 平野 太一		

### 授業の概要・到達目標

設定した研究テーマについて、計画に沿った実験を進めながら関連論文を自ら探し、数編の論文から根拠となる理論を確かめたり、今後の実験に活かせるような情報を取り出す能力を養う。また、春学期に引き続き研究の計画・実施・発表・改善というプロセスを経験することで、新しい課題に対応できる能力を身につけることを目的とする。

### 授業内容

- [第1回] 研究論文報告会(1)
- [第2回] 研究進捗報告会(1)
- [第3回] 研究論文報告会(2)
- [第4回] 研究進捗報告会(2)
- [第5回] 研究計画検討会
- [第6回] 研究論文報告会(3)
- [第7回] 研究進捗報告会(3)
- [第8回] 研究論文報告会(4)
- [第9回] 研究進捗報告会(4)
- [第10回] 研究計画検討会
- [第11回] 研究論文報告会(5)
- [第12回] 研究進捗報告会(5)
- [第13回] 成果報告会
- [第14回] 成果報告会

### 履修上の注意

研究成果の社会還元や研究意欲向上のため、学会発表や他研究機関との共同研究などにも積極的に取り組んで欲しいと考えている。

### 準備学習（予習・復習等）の内容

本科目では、特に力学、振動波動論など物理学の基礎科目に精通している必要がある。講義ノートを見返す、参考書を学習するなどして苦手分野を克服しておくことが望ましい。

### 教科書

### 参考書

### 課題に対するフィードバックの方法

2週間に一度くらいを目途に、測定データの整理・まとめを行った結果を報告させ、次の報告会までに優先的に実施すべき課題を明確にする。また、長期的に取り組むべき課題に対してどのような段取りで進めていくかについても議論する。

という作業を継続的に行う予定である。

### 成績評価の方法

研究を進める積極性、内容の理解度、成果、プレゼンテーション、議論への貢献度合いを総合的に評価する。

### その他

### その他

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	応用物理学研究3		
開講期	春学期集中	単位	演4
担当者	専任准教授 博士(工学) 平野 太一		

### 授業の概要・到達目標

流体の力学特性を決める物性値について最先端の研究論文を読みこなし、研究背景や問題点を把握した上で、問題点を解決するための実験的研究を自ら行うことにより、計画・実施・発表・改善というプロセスを経験する。この経験から、新しい課題を常に探し続ける姿勢を身につけることを目的とする。

### 授業内容

- [第1回] 研究論文報告会(1)
- [第2回] 研究論文報告会(2)
- [第3回] 研究論文報告会(3)
- [第4回] 研究論文報告会(4)
- [第5回] 研究計画報告・検討会
- [第6回] 研究計画報告・検討会
- [第7回] 研究論文報告会(5)
- [第8回] 研究論文報告会(6)
- [第9回] 研究論文報告会(7)
- [第10回] 研究論文報告会(8)
- [第11回] 研究進捗状況の発表と評価
- [第12回] 研究進捗状況の発表と評価
- [第13回] 研究進捗状況の発表と評価
- [第14回] 研究進捗状況の発表と評価

### 履修上の注意

研究成果の社会還元や研究意欲向上のため、学会発表や他研究機関との共同研究などにも積極的に取り組んで欲しいと考えている。

### 準備学習（予習・復習等）の内容

本科目では、特に力学、振動波動論など物理学の基礎科目に精通している必要がある。講義ノートを見返す、参考書を学習するなどして苦手分野を克服しておくことが望ましい。

### 教科書

### 参考書

### 課題に対するフィードバックの方法

2週間に一度くらいを目途に、測定データの整理・まとめを行った結果を報告させ、次の報告会までに優先的に実施すべき課題を明確にする。また、長期的に取り組むべき課題に対してどのような段取りで進めていくかについても議論する。

という作業を継続的に行う予定である。

### 成績評価の方法

研究を進める積極性、内容の理解度、成果、プレゼンテーション、議論への貢献度合いを総合的に評価する。

### その他

### 指導テーマ

学生の興味と適正に応じて、テーマを設定する。自らテーマを提案することも歓迎する。

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	応用物理学研究4		
開講期	秋学期集中	単位	演4
担当者	専任准教授 博士(工学) 平野 太一		

### 授業の概要・到達目標

設定した研究テーマについて、計画に沿った実験を進めながら関連論文を自ら探し、数編の論文から根拠となる理論を確かめたり、今後の実験に活かせるような情報を取り出す能力を養う。また、春学期に引き続き研究の計画・実施・発表・改善というプロセスを経験することで、新しい課題に対応できる能力を身につけることを目的とする。

### 授業内容

- [第1回] 研究論文報告会(1)
- [第2回] 研究進捗報告会(1)
- [第3回] 研究論文報告会(2)
- [第4回] 研究進捗報告会(2)
- [第5回] 研究計画検討会
- [第6回] 研究論文報告会(3)
- [第7回] 研究進捗報告会(3)
- [第8回] 研究論文報告会(4)
- [第9回] 研究進捗報告会(4)
- [第10回] 研究計画検討会
- [第11回] 研究論文報告会(5)
- [第12回] 研究進捗報告会(5)
- [第13回] 成果報告会
- [第14回] 成果報告会

### 履修上の注意

研究成果の社会還元や研究意欲向上のため、学会発表や他研究機関との共同研究などにも積極的に取り組んで欲しいと考えている。

### 準備学習（予習・復習等）の内容

本科目では、特に力学、振動波動論など物理学の基礎科目に精通している必要がある。講義ノートを見返す、参考書を学習するなどして苦手分野を克服しておくことが望ましい。

### 教科書

### 参考書

### 課題に対するフィードバックの方法

2週間に一度くらいを目途に、測定データの整理・まとめを行った結果を報告させ、次の報告会までに優先的に実施すべき課題を明確にする。また、長期的に取り組むべき課題に対してどのような段取りで進めていくかについても議論する。

という作業を継続的に行う予定である。

### 成績評価の方法

研究を進める積極性、内容の理解度、成果、プレゼンテーション、議論への貢献度合いを総合的に評価する。

### その他

科目ナンバー：(ST) PHY642J			
物理学専攻		備考	
科目名	生物物理学研究1		
開講期	春学期集中	単位	演2
担当者	専任准教授 博士(理学) 光武 亜代理		

#### 授業の概要・到達目標

各自の研究テーマに沿って、本や論文を読み、研究の進行に関しての報告を行う。

#### 授業内容

- [第1回] 研究計画作成1
- [第2回] 研究計画作成2
- [第3回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第4回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第5回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第6回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第7回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第8回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第9回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第10回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第11回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第12回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第13回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第14回] 研究に関する資料の発表, 研究報告

#### 履修上の注意

実施曜日は、仮置きであり、実際の曜日、時間については、担当教員と相談のうえ、決定します。

#### 準備学習（予習・復習等）の内容

資料の作成等

#### 教科書

#### 参考書

#### 成績評価の方法

ゼミナールの内容と、研究実施内容、中間発表によって判定します。

#### その他

科目ナンバー：(ST) PHY642J			
物理学専攻		備考	
科目名	生物物理学研究2		
開講期	秋学期集中	単位	演2
担当者	専任准教授 博士(理学) 光武 亜代理		

#### 授業の概要・到達目標

各自の研究テーマに沿って、本や論文を読み、研究の進行に関しての報告を行う。

#### 授業内容

- [第1回] 研究計画作成1
- [第2回] 研究計画作成2
- [第3回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第4回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第5回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第6回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第7回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第8回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第9回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第10回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第11回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第12回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第13回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第14回] 研究に関する資料の発表, 研究報告

#### 履修上の注意

実施曜日は、仮置きであり、実際の曜日、時間については、担当教員と相談のうえ、決定します。

#### 準備学習（予習・復習等）の内容

資料の作成等

#### 教科書

#### 参考書

#### 成績評価の方法

ゼミナールの内容と、研究実施内容、中間発表によって判定します。

#### その他

科目ナンバー：(ST) PHY642J			
物理学専攻	備考		
科目名	生物物理学研究3		
開講期	春学期集中	単位	演4
担当者	専任准教授 博士(理学) 光武 亜代理		

#### 授業の概要・到達目標

各自の研究テーマに沿って、本や論文を読み、研究の進行に関しての報告を行う。

#### 授業内容

- [第1回] 研究計画作成1
- [第2回] 研究計画作成2
- [第3回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第4回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第5回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第6回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第7回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第8回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第9回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第10回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第11回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第12回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第13回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第14回] 研究に関する資料の発表, 研究報告

#### 履修上の注意

実施曜日は、仮置きであり、実際の曜日、時間については、担当教員と相談のうえ、決定します。

#### 準備学習（予習・復習等）の内容

資料の作成等

#### 教科書

#### 参考書

#### 成績評価の方法

ゼミナールの内容と、研究実施内容、中間発表によって判定します。

#### その他

科目ナンバー：(ST) PHY642J			
物理学専攻	備考		
科目名	生物物理学研究4		
開講期	秋学期集中	単位	演4
担当者	専任准教授 博士(理学) 光武 亜代理		

#### 授業の概要・到達目標

各自の研究テーマに沿って、本や論文を読み、研究の進行に関しての報告を行う。

#### 授業内容

- [第1回] 研究計画作成1
- [第2回] 研究計画作成2
- [第3回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第4回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第5回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第6回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第7回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第8回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第9回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第10回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第11回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第12回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第13回] 研究に関する資料の発表, 研究報告
- [第14回] 研究に関する資料の発表, 研究報告

#### 履修上の注意

実施曜日は、仮置きであり、実際の曜日、時間については、担当教員と相談のうえ、決定します。

#### 準備学習（予習・復習等）の内容

資料の作成等

#### 教科書

#### 参考書

#### 成績評価の方法

ゼミナールの内容と、研究実施内容、中間発表によって判定します。

#### その他

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	実験量子物理学研究1		
開講期	春学期集中	単位	演2
担当者	専任教授 博士(理学)	安井 幸夫	

### 授業の概要・到達目標

これまでに物性報告がなく、物性が未知の金属酸化物(銅、コバルト、ニッケル、ルテニウム等の遷移金属元素を含む酸化物でセラミックの一種)を合成して物性測定を行い、異常物性や新しい物性現象を実験的に探索する。

ここでは特に、量子スピンの生み出す新奇な量子磁気状態の探索や、特異な磁気状態が電気伝導や誘電性など他の物性に異常を誘起させる新しい現象の探索することを目的とする。本科目ではこれらの研究を通じて、未知の課題に取り組み、適切な実験方法を考えて計画的に実験を実行し、得た実験結果を物理的に正しく解釈する能力の育成をも目標とする。

### 授業内容

具体的な実験としては、(i)試薬を混ぜて電気炉で加熱して遷移金属酸化物の多結晶試料や単結晶を合成、(ii)磁化率・比熱・誘電率・電気抵抗などの基礎的な物理量を測定して、異常物性や新しい物性現象を探索、(iii)面白い物性を示す物質を発見した際には、他大学の研究室や海外の研究所に出掛けて、中性子散乱実験や極低温・強磁場での物性実験などを行い、その物性をもっと詳しく調べる、の順で物性研究を追求する。研究テーマの例を下記に示すが、学生の興味に合わせて新たな研究テーマを加えることもあり得る。

- (1) 室温以上で磁気転移と強誘電転移を同時に起こす磁性体のメカニズムの解明
- (2) Ru5+イオンの二量体が三角格子を構成した磁性体の特異な磁性現象の解明
- (3) 量子スピンの1次元的に配列した銅酸化物での新奇な量子磁気状態の探索

ここでは、研究テーマの学術的背景、研究方法を学ぶことが中心である。

### 授業計画

- 第1回：研究論文報告会1
- 第2回：研究論文報告会2
- 第3回：実験成果報告会1
- 第4回：研究論文報告会3
- 第5回：研究論文報告会4
- 第6回：実験成果報告会2
- 第7回：研究の進展状況報告会
- 第8回：研究論文報告会5
- 第9回：実験成果報告会3
- 第10回：研究論文報告会6
- 第11回：研究論文報告会7
- 第12回：実験成果報告会4
- 第13回：研究論文報告会8
- 第14回：研究成果を整理し発表

### 履修上の注意

本科目の遂行に際して、統計力学・量子力学・固体物性物理学に精通していることが必要である。これらの科目を十分に復習し、適宜、新たな知識を獲得するよう自己学習すること。

### 準備学習(予習・復習等)の内容

研究に関連する科学論文と固体物性物理学の教科書を読み理解しておくこと。実験後には、実験した内容や考察、得られた実験結果を実験ノートにきちんと整理して記載しておくこと。

### 教科書

「固体物理学入門」Charles Kittel 丸善株式会社  
「X線構造解析」早稲田嘉夫 松原英一郎 内田老鶴圃  
「磁性入門」志賀正幸 内田老鶴圃

### 参考書

「X線回折要論」B.D.カリティ, アグネ承風社  
「強相関物質の基礎—原子、分子から固体へ」藤森淳、内田老鶴圃  
「磁性」、金森順次郎、培風館

### 課題に対するフィードバックの方法

実験結果や解析結果のプレゼンテーションや議論について、その場で説明や議論を行いフィードバックを行う。

### 成績評価の方法

日常の実験研究の遂行力、研究ディスカッション、研究論文発表、実験成果発表などを総合して評価する。

### その他

### 指導テーマ

具体的な実験としては、(i)試薬を混ぜて電気炉で加熱して金属酸化物の多結晶試料や単結晶を合成、(ii)磁化率・比熱・誘電率・電気抵抗などの基礎的な物理量を測定して、異常物性や新しい物性現象を探索、(iii)面白い物性を示す物質を発見した際には他大学の研究室や海外の研究所に出掛けて中性子散乱実験や極低温・強磁場での物性実験などを行いもっと詳しく物性を調べる、の3つを有機的に組み合わせ研究を行う。研究テーマの例を下記に示すが、学生の興味に合わせて新たな研究テーマを加えることもあり得る。

- (1) 室温以上で磁気転移と強誘電転移を同時に起こす磁性体のメカニズムの解明
- (2) Ru5+イオンの二量体が三角格子を構成した磁性体の特異な磁性現象の解明
- (3) 量子スピンの1次元的に配列した銅酸化物での新奇な量子磁気状態の探索

ここでは、研究テーマの学術的背景、研究方法を学ぶことが中心である。

### 進行計画

- 4月：研究テーマのガイダンスと今後の研究計画の説明を受ける
- 5月：研究テーマを自分なりに整理して、研究計画を皆の前で発表
- 7月：研究成果報告会
- 9月：日本物理学会で最新の研究進展状況を学ぶ

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	実験量子物理学研究2		
開講期	秋学期集中	単位	演2
担当者	専任教授 博士(理学)	安井 幸夫	

### 授業の概要・到達目標

これまでに物性報告がなく、物性が未知の金属酸化物(銅、コバルト、ニッケル、ルテニウム等の遷移金属元素を含む酸化物でセラミックの一種)を合成して物性測定を行い、異常物性や新しい物性現象を実験的に探索する。ここでは特に、量子スピンの生み出す新奇な量子磁気状態の探索や、特異な磁気状態が電気伝導や誘電性など他の物性に異常を誘起させる新しい現象の探索することを目的とする。本科目ではこれらの研究を通じて、未知の課題に取り組み、適切な実験方法を考えて計画的に実験を実行し、得た実験結果を物理的に正しく解釈する能力の育成をも目標とする。

### 授業内容

具体的な実験としては、(i)試薬を混ぜて電気炉で加熱して遷移金属酸化物の多結晶試料や単結晶を合成、(ii)磁化率・比熱・誘電率・電気抵抗などの基礎的な物理量を測定して、異常物性や新しい物性現象を探索、(iii)面白い物性を示す物質を発見した際には他大学の研究室や海外の研究所に出掛けて中性子散乱実験や極低温・強磁場での物性実験などを行いもっと詳しく物性を調べる、の3つを有機的に組み合わせる研究を行う。研究テーマの例を下記に示すが、学生の興味に合わせて新たな研究テーマを加えることもあり得る。

- (1)室温以上で磁気転移と強誘電転移を同時に起こす磁性体のメカニズムの解明
- (2) Ru5+イオンの二量体が三角格子を構成した磁性体の特異な磁性現象の解明
- (3)量子スピンの1次元的に配列した銅酸化物での新奇な量子磁気状態の探索

ここでは、多結晶試料や単結晶の作成と基礎的な物理量の測定が中心である。

### 授業計画

- 第1回：研究論文報告会1
- 第2回：研究論文報告会2
- 第3回：実験成果報告会1
- 第4回：研究論文報告会3
- 第5回：研究論文報告会4
- 第6回：実験成果報告会2
- 第7回：研究の進展状況報告会
- 第8回：研究論文報告会5
- 第9回：実験成果報告会3
- 第10回：研究論文報告会6
- 第11回：研究論文報告会7
- 第12回：実験成果報告会4
- 第13回：研究論文報告会8
- 第14回：研究成果を整理し発表

### 履修上の注意

本科目の遂行に際して、統計力学・量子力学・固体物性物理学に精通していることが必要である。これらの科目を十分に復習し、適宜、新たな知識を獲得するよう自己学習すること。

### 準備学習(予習・復習等)の内容

研究に関連する科学論文と固体物性物理学の教科書を読み理解しておくこと。実験後には、実験した内容や考察、得られた実験結果を実験ノートにきちんと整理して記載しておくこと。

### 教科書

「固体物理学入門」Charles Kittel 丸善株式会社  
「X線構造解析」早稲田嘉夫 松原英一郎 内田老鶴圃  
「磁性入門」志賀正幸 内田老鶴圃

### 参考書

「X線回折要論」B.D.カリティ, アグネ承風社  
「強相関物質の基礎—原子、分子から固体へ」藤森淳、内田老鶴圃  
「磁性」、金森順次郎、培風館

### 課題に対するフィードバックの方法

実験結果や解析結果のプレゼンテーションや議論について、その場で説明や議論を行いフィードバックを行う。

### 成績評価の方法

日常の実験研究の遂行力、研究ディスカッション、研究論文発表、実験成果発表などを総合して評価する。

### その他

### 指導テーマ

具体的な実験としては、(i)試薬を混ぜて電気炉で加熱して遷移金属酸化物の多結晶試料や単結晶を合成、(ii)磁化率・比熱・誘電率・電気抵抗などの基礎的な物理量を測定して、異常物性や新しい物性現象を探索、(iii)面白い物性を示す物質を発見した際には他大学の研究室や海外の研究所に出掛けて中性子散乱実験や極低温・強磁場での物性実験などを行いもっと詳しく物性を調べる、の3つを有機的に組み合わせる研究を行う。研究テーマの例を下記に示すが、学生の興味に合わせて新たな研究テーマを加えることもあり得る。

- (1)室温以上で磁気転移と強誘電転移を同時に起こす磁性体のメカニズムの解明
- (2) Ru5+イオンの二量体が三角格子を構成した磁性体の特異な磁性現象の解明
- (3)量子スピンの1次元的に配列した銅酸化物での新奇な量子磁気状態の探索

ここでは、多結晶試料や単結晶の作成と基礎的な物理量の測定が中心である。

### 進行計画

- 10月:これまでの研究成果を整理した上で、今後の研究計画を皆の前で発表  
12月:M1中間発表会  
1月:研究成果を整理し発表  
3月:日本物理学会で発表

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	実験量子物理学研究3		
開講期	春学期集中	単位	演4
担当者	専任教授 博士(理学)	安井 幸夫	

### 授業の概要・到達目標

これまでに物性報告がなく、物性が未知の金属酸化物(銅、コバルト、ニッケル、ルテニウム等の遷移金属元素を含む酸化物でセラミックの一種)を合成して物性測定を行い、異常物性や新しい物性現象を実験的に探索する。

ここでは特に、量子スピンの生み出す新奇な量子磁気状態の探索や、特異な磁気状態が電気伝導や誘電性など他の物性に異常を誘起させる新しい現象の探索することを目的とする。本科目ではこれらの研究を通じて、未知の課題に取り組み、適切な実験方法を考えて計画的に実験を実行し、得た実験結果を物理的に正しく解釈する能力の育成をも目標とする。

### 授業内容

具体的な実験としては、(i)試薬を混ぜて電気炉で加熱して遷移金属酸化物の多結晶試料や単結晶を合成、(ii)磁化率・比熱・誘電率・電気抵抗などの基礎的な物理量を測定して、異常物性や新しい物性現象を探索、(iii)面白い物性を示す物質を発見した際には他大学の研究室や海外の研究所に出掛けて中性子散乱実験や極低温・強磁場での物性実験などを行いもっと詳しく物性を調べる、の3つを有機的に組み合わせる研究を行う。研究テーマの例を下記に示すが、学生の興味に合わせて新たな研究テーマを加えることもあり得る。

- (1)室温以上で磁気転移と強誘電転移を同時に起こす磁性体のメカニズムの解明
- (2) Ru5+イオンの二量体が三角格子を構成した磁性体の特異な磁性現象の解明
- (3)量子スピンの1次元的に配列した銅酸化物での新奇な量子磁気状態の探索

ここでは、基礎的な物理量の測定やX線回折・中性子回折実験により物性研究を行うことが中心である。

### 授業計画

- 第1回：研究論文報告会1
- 第2回：研究論文報告会2
- 第3回：実験成果報告会1
- 第4回：研究論文報告会3
- 第5回：研究論文報告会4
- 第6回：実験成果報告会2
- 第7回：研究の進展状況報告会
- 第8回：研究論文報告会5
- 第9回：実験成果報告会3
- 第10回：研究論文報告会6
- 第11回：研究論文報告会7
- 第12回：実験成果報告会4
- 第13回：研究論文報告会8
- 第14回：研究成果を整理し発表

### 履修上の注意

本科目の遂行に際して、統計力学・量子力学・固体物性物理学に精通していることが必要である。これらの科目を十分に復習し、適宜、新たな知識を獲得するよう自己学習すること。

### 準備学習(予習・復習等)の内容

研究に関連する科学論文と固体物性物理学の教科書を読み理解しておくこと。実験後には、実験した内容や考察、得られた実験結果を実験ノートにきちんと整理して記載しておくこと。

### 教科書

- 「固体物理学入門」Charles Kittel 丸善株式会社  
「X線構造解析」早稲田嘉夫 松原英一郎 内田老鶴園  
「磁性入門」志賀正幸 内田老鶴園

### 参考書

- 「X線回折要論」B.D.カリティ, アグネ承風社  
「強相関物質の基礎—原子, 分子から固体へ」藤森淳, 内田老鶴園  
「磁性」, 金森順次郎, 培風館

### 課題に対するフィードバックの方法

実験結果や解析結果のプレゼンテーションや議論について、その場で説明や議論を行いフィードバックを行う。

### 成績評価の方法

日常の実験研究の遂行力, 研究ディスカッション, 研究論文発表, 実験成果発表などを総合して評価する。

### その他

### 指導テーマ

具体的な実験としては、(i)試薬を混ぜて電気炉で加熱して遷移金属酸化物の多結晶試料や単結晶を合成、(ii)磁化率・比熱・誘電率・電気抵抗などの基礎的な物理量を測定して、異常物性や新しい物性現象を探索、(iii)面白い物性を示す物質を発見した際には他大学の研究室や海外の研究所に出掛けて中性子散乱実験や極低温・強磁場での物性実験などを行いもっと詳しく物性を調べる、の3つを有機的に組み合わせる研究を行う。研究テーマの例を下記に示すが、学生の興味に合わせて新たな研究テーマを加えることもあり得る。

- (1)室温以上で磁気転移と強誘電転移を同時に起こす磁性体のメカニズムの解明
- (2) Ru5+イオンの二量体が三角格子を構成した磁性体の特異な磁性現象の解明
- (3)量子スピンの1次元的に配列した銅酸化物での新奇な量子磁気状態の探索

ここでは、基礎的な物理量の測定やX線回折・中性子回折実験により物性研究を行うことが中心である。

### 進行計画

- 5月:M1までの実験成果を踏まえた上で研究テーマの展開方向を検討し研究計画を練る  
6月:今後の研究計画を皆の前で発表  
7月:研究の進展状況報告会  
9月:日本物理学会で最新の研究進展状況を学ぶ

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	実験量子物理学研究4		
開講期	秋学期集中	単位	演4
担当者	専任教授 博士(理学)	安井 幸夫	

### 授業の概要・到達目標

これまでに物性報告がなく、物性が未知の金属酸化物(銅、コバルト、ニッケル、ルテニウム等の遷移金属元素を含む酸化物でセラミックの一種)を合成して物性測定を行い、異常物性や新しい物性現象を実験的に探索する。

ここでは特に、量子スピンの生み出す新奇な量子磁気状態の探索や、特異な磁気状態が電気伝導や誘電性など他の物性に異常を誘起させる新しい現象の探索することを目的とする。本科目ではこれらの研究を通じて、未知の課題に取り組み、適切な実験方法を考えて計画的に実験を実行し、得た実験結果を物理的に正しく解釈する能力の育成をも目標とする。

### 授業内容

具体的な実験としては、(i)試薬を混ぜて電気炉で加熱して遷移金属酸化物の多結晶試料や単結晶を合成、(ii)磁化率・比熱・誘電率・電気抵抗などの基礎的な物理量を測定して、異常物性や新しい物性現象を探索、(iii)面白い物性を示す物質を発見した際には他大学の研究室や海外の研究所に出掛けて中性子散乱実験や極低温・強磁場での物性実験などを行いもっと詳しく物性を調べる、の3つを有機的に組み合わせる研究を行う。研究テーマの例を下記に示すが、学生の興味に合わせて新たな研究テーマを加えることもあり得る。

- (1)室温以上で磁気転移と強誘電転移を同時に起こす磁性体のメカニズムの解明
- (2) Ru5+イオンの二量体が三角格子を構成した磁性体の特異な磁性現象の解明
- (3)量子スピンの1次元的に配列した銅酸化物での新奇な量子磁気状態の探索

ここではこれまでに得られた実験データを解析・考察して実験結果をまとめるとともに、足りない実験を行うことが中心である。

### 授業計画

- 第1回：研究論文報告会1
- 第2回：研究論文報告会2
- 第3回：実験成果報告会1
- 第4回：研究論文報告会3
- 第5回：研究論文報告会4
- 第6回：実験成果報告会2
- 第7回：研究の進展状況報告会
- 第8回：研究論文報告会5
- 第9回：実験成果報告会3
- 第10回：研究論文報告会6
- 第11回：研究論文報告会7
- 第12回：実験成果報告会4
- 第13回：研究論文報告会8
- 第14回：研究成果を整理し発表

### 履修上の注意

本科目の遂行に際して、統計力学・量子力学・固体物性物理学に精通していることが必要である。これらの科目を十分に復習し、適宜、新たな知識を獲得するよう自己学習すること。

### 準備学習(予習・復習等)の内容

研究に関連する科学論文と固体物性物理学の教科書を読み理解しておくこと。実験後には、実験した内容や考察、得られた実験結果を実験ノートにきちんと整理して記載しておくこと。

### 教科書

- 「固体物理学入門」Charles Kittel 丸善株式会社  
「X線構造解析」早稲田嘉夫 松原英一郎 内田老鶴圃  
「磁性入門」志賀正幸 内田老鶴圃

### 参考書

- 「X線回折要論」B.D.カリティ, アグネ承風社  
「強相関物質の基礎—原子, 分子から固体へ」藤森淳, 内田老鶴圃  
「磁性」, 金森順次郎, 培風館

### 課題に対するフィードバックの方法

実験結果や解析結果のプレゼンテーションや議論について、その場で説明や議論を行いフィードバックを行う。

### 成績評価の方法

日常の実験研究の遂行力, 研究ディスカッション, 研究論文発表, 実験成果発表などを総合して評価する。

### その他

### 指導テーマ

具体的な実験としては、(i)試薬を混ぜて電気炉で加熱して金属酸化物の多結晶試料や単結晶を合成、(ii)磁化率・比熱・誘電率・電気抵抗などの基礎的な物理量を測定して、異常物性や新しい物性現象を探索、(iii)面白い物性を示す物質を発見した際には他大学の研究室や海外の研究所に出掛けて中性子散乱実験や極低温・強磁場での物性実験などを行いもっと詳しく物性を調べる、の3つを有機的に組み合わせる研究を行う。研究テーマの例を下記に示すが、学生の興味に合わせて新たな研究テーマを加えることもあり得る。

- (1)室温以上で磁気転移と強誘電転移を同時に起こす磁性体のメカニズムの解明
- (2) Ru5+イオンの二量体が三角格子を構成した磁性体の特異な磁性現象の解明
- (3)量子スピンの1次元的に配列した銅酸化物での新奇な量子磁気状態の探索

ここではこれまでに得られた実験データを解析・考察して実験結果をまとめるとともに、足りない実験を行うことが中心である。

### 進行計画

- 10月:これまでの研究成果を整理した上で、今後の研究計画を皆の前で発表  
12月:研究成果報告会  
2月:修士論文発表会と修士論文提出

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	理論物理学研究1		
開講期	春学期集中	単位	演2
担当者	専任講師 博士(理学)	横山	大輔

### 授業の概要・到達目標

素粒子理論に関する理論的研究を行う。以下にあげるテーマを通して具体的な素粒子理論の解析、素粒子理論同士の関係性の解明、また、超弦理論を用いた素粒子理論のより良い理解を目指す。

- (1) 新たな厳密分配関数の発見と、厳密分配関数による素粒子理論の解析
- (2) ゲージ・重力対応の解明
- (3) 超弦理論による超対称ゲージ理論の分類

### 授業内容

研究テーマに沿った文献紹介・研究報告を行う。

- [第1回] 資料論文報告会(1)経路積分法によるゲージ場の量子化
- [第2回] 資料論文報告会(2)繰り込み群
- [第3回] 資料論文報告会(3)超対称ゲージ理論
- [第4回] 資料論文報告会(4)局所化法
- [第5回] 第1回研究成果報告会
- [第6回] 資料論文報告会(5)閉弦の量子化
- [第7回] 資料論文報告会(6)開弦の量子化
- [第8回] 資料論文報告会(7) D-ブレーン
- [第9回] 資料論文報告会(8) S, T-双対性
- [第10回] 第2回研究成果報告会
- [第11回] 資料論文報告会(9)ブレーン上のゲージ理論
- [第12回] 資料論文報告会(10)ゲージ・重力対応
- [第13回] 資料論文報告会(11)ブレーンタイリング
- [第14回] 第3回研究成果報告会

### 履修上の注意

学部の理論物理学科目(力学・解析力学・電磁気学・物理数学・相対性理論・量子力学・統計力学)は習得しておくこと。

### 準備学習(予習・復習等)の内容

- 1) 文献発表・研究報告を行う際には必ず1)発表内容の吟味、
- 2) 内容の要点のまとめ、3) 不明な点の明確化を行うこと。

### 教科書

### 参考書

### 成績評価の方法

研究に取り組む姿勢、議論における積極性・論理性、および、研究発表・修士論文における工夫などを総合的に評価する。

### その他

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	理論物理学研究2		
開講期	秋学期集中	単位	演2
担当者	専任講師 博士(理学)	横山	大輔

### 授業の概要・到達目標

素粒子理論に関する理論的研究を行う。以下にあげるテーマを通して具体的な素粒子理論の解析、素粒子理論同士の関係性の解明、また、超弦理論を用いた素粒子理論のより良い理解を目指す。

- (1) 新たな厳密分配関数の発見と、厳密分配関数による素粒子理論の解析
- (2) ゲージ・重力対応の解明
- (3) 超弦理論による超対称ゲージ理論の分類

### 授業内容

研究テーマに沿った文献紹介・研究報告を行う。

- [第1回] 資料論文報告会(1)経路積分法によるゲージ場の量子化
- [第2回] 資料論文報告会(2)繰り込み群
- [第3回] 資料論文報告会(3)超対称ゲージ理論
- [第4回] 資料論文報告会(4)局所化法
- [第5回] 第1回研究成果報告会
- [第6回] 資料論文報告会(5)閉弦の量子化
- [第7回] 資料論文報告会(6)開弦の量子化
- [第8回] 資料論文報告会(7) D-ブレーン
- [第9回] 資料論文報告会(8) S, T-双対性
- [第10回] 第2回研究成果報告会
- [第11回] 資料論文報告会(9)ブレーン上のゲージ理論
- [第12回] 資料論文報告会(10)ゲージ・重力対応
- [第13回] 資料論文報告会(11)ブレーンタイリング
- [第14回] 第3回研究成果報告会

### 履修上の注意

学部の理論物理学科目(力学・解析力学・電磁気学・物理数学・相対性理論・量子力学・統計力学)は習得しておくこと。

### 準備学習(予習・復習等)の内容

- 1) 文献発表・研究報告を行う際には必ず1)発表内容の吟味、
- 2) 内容の要点のまとめ、3) 不明な点の明確化を行うこと。

### 教科書

### 参考書

### 成績評価の方法

研究に取り組む姿勢、議論における積極性・論理性、および、研究発表・修士論文における工夫などを総合的に評価する。

### その他

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	理論物理学研究3		
開講期	春学期集中	単位	演4
担当者	専任講師 博士(理学)	横山 大輔	

### 授業の概要・到達目標

素粒子理論に関する理論的研究を行う。以下にあげるテーマを通して具体的な素粒子理論の解析、素粒子理論同士の関係性の解明、また、超弦理論を用いた素粒子理論のより良い理解を目指す。

- (1) 新たな厳密分配関数の発見と、厳密分配関数による素粒子理論の解析
- (2) ゲージ・重力対応の解明
- (3) 超弦理論による超対称ゲージ理論の分類

### 授業内容

研究テーマに沿った文献紹介・研究報告を行う。

- [第1回] 資料論文報告会(1)経路積分法によるゲージ場の量子化
- [第2回] 資料論文報告会(2)繰り込み群
- [第3回] 資料論文報告会(3)超対称ゲージ理論
- [第4回] 資料論文報告会(4)局所化法
- [第5回] 第1回研究成果報告会
- [第6回] 資料論文報告会(5)閉弦の量子化
- [第7回] 資料論文報告会(6)開弦の量子化
- [第8回] 資料論文報告会(7) D-ブレーン
- [第9回] 資料論文報告会(8) S, T-双対性
- [第10回] 第2回研究成果報告会
- [第11回] 資料論文報告会(9)ブレーン上のゲージ理論
- [第12回] 資料論文報告会(10)ゲージ・重力対応
- [第13回] 資料論文報告会(11)ブレーンタイリング
- [第14回] 第3回研究成果報告会

### 履修上の注意

学部の理論物理学科目(力学・解析力学・電磁気学・物理数学・相対性理論・量子力学・統計力学)は習得しておくこと。

### 準備学習(予習・復習等)の内容

- 1) 文献発表・研究報告を行う際には必ず1)発表内容の吟味、
- 2) 内容の要点のまとめ、
- 3) 不明な点の明確化を行うこと。

### 教科書

### 参考書

### 成績評価の方法

研究に取り組む姿勢、議論における積極性・論理性、および、研究発表・修士論文における工夫などを総合的に評価する。

### その他

科目ナンバー：(ST) PHY692J			
物理学専攻	備考		
科目名	理論物理学研究4		
開講期	秋学期集中	単位	演4
担当者	専任講師 博士(理学)	横山 大輔	

### 授業の概要・到達目標

素粒子理論に関する理論的研究を行う。以下にあげるテーマを通して具体的な素粒子理論の解析、素粒子理論同士の関係性の解明、また、超弦理論を用いた素粒子理論のより良い理解を目指す。

- (1) 新たな厳密分配関数の発見と、厳密分配関数による素粒子理論の解析
- (2) ゲージ・重力対応の解明
- (3) 超弦理論による超対称ゲージ理論の分類

### 授業内容

研究テーマに沿った文献紹介・研究報告を行う。

- [第1回] 資料論文報告会(1)経路積分法によるゲージ場の量子化
- [第2回] 資料論文報告会(2)繰り込み群
- [第3回] 資料論文報告会(3)超対称ゲージ理論
- [第4回] 資料論文報告会(4)局所化法
- [第5回] 第1回研究成果報告会
- [第6回] 資料論文報告会(5)閉弦の量子化
- [第7回] 資料論文報告会(6)開弦の量子化
- [第8回] 資料論文報告会(7) D-ブレーン
- [第9回] 資料論文報告会(8) S, T-双対性
- [第10回] 第2回研究成果報告会
- [第11回] 資料論文報告会(9)ブレーン上のゲージ理論
- [第12回] 資料論文報告会(10)ゲージ・重力対応
- [第13回] 資料論文報告会(11)ブレーンタイリング
- [第14回] 第3回研究成果報告会

### 履修上の注意

学部の理論物理学科目(力学・解析力学・電磁気学・物理数学・相対性理論・量子力学・統計力学)は習得しておくこと。

### 準備学習(予習・復習等)の内容

- 1) 文献発表・研究報告を行う際には必ず1)発表内容の吟味、
- 2) 内容の要点のまとめ、
- 3) 不明な点の明確化を行うこと。

### 教科書

### 参考書

### 成績評価の方法

研究に取り組む姿勢、議論における積極性・論理性、および、研究発表・修士論文における工夫などを総合的に評価する。

### その他

科目ナンバー：(ST) PHY631J			
物理学専攻		備考	
科目名	統計物理学特論		
開講期	秋学期	単位	講2
担当者	専任教授 博士(理学)	金本 理奈	

### 授業の概要・到達目標

本授業の目標は、非平衡系の統計物理学をテーマとして、(1) 散逸や雑音下での運動を記述する基本方程式の起源、(2) これらの基本方程式の解法、および(3) 非平衡系と平衡系との相違について理解を深めることである。

多数の構成要素からなる系の記述には確率・統計論を駆使した統計力学的手法が用いられる。学部で習得した平衡系の統計力学を基礎として、本授業では時間に依存した過程とその記述法を概観する。非平衡ダイナミクスは、生物学・物性・化学など普遍的にみられるが、本授業では特に量子光学分野の最先端の実験を紹介しながら、授業を進めていく。また非平衡「量子」統計論との対応関係も適宜明らかにする。

### 授業内容

- 第1回：授業の位置付け
- 第2回：位相空間の分布関数
- 第3回：密度行列
- 第4回：量子力学における時間発展の描像
- 第5回：揺らぎと散逸の関係
- 第6回：線形応答理論
- 第7回：複素感受率
- 第8回：雑音、自己相関関数、スペクトル
- 第9回：ブラウン運動
- 第10回：確率的手法1：量子ランジュバン方程式、入出力理論
- 第11回：確率的手法2：マスター方程式
- 第12回：確率的手法3：Fokker-Planck方程式
- 第13回：確率的手法4：確率的微分方程式
- 第14回：力学系の非平衡量子統計物理

### 履修上の注意

### 準備学習（予習・復習等）の内容

予習：量子力学1・2の内容を履修済であることを前提とする。  
 復習：授業中に配布する資料を振り返り、参考書などと併せて内容の理解を深めておくこと。

### 教科書

特に指定しない

### 参考書

戸田盛和、斎藤信彦、久保亮吾、橋爪夏樹「統計物理学」(岩波書店)  
 C.W. Gardiner and P. Zoller “Quantum Noise”  
 H. Risken “The Fokker-Planck equation”  
 など。適宜、参考書や参考文献を紹介する

### 課題に対するフィードバックの方法

演習課題に対してはOh-olMeijiを通じて点数とコメントを付す。

### 成績評価の方法

毎回提示する問いに関する解答の合計点(75%)  
 最終回の論文紹介(25%)  
 合計が満点の60%以上を単位取得の条件とする。

### その他

科目ナンバー：(ST) PHY621J			
物理学専攻		備考	
科目名	固体物理学特論B		
開講期	春学期	単位	講2
担当者	専任教授 博士(理学)	楠瀬 博明	

### 授業の概要・到達目標

超伝導現象の紹介から始め、超伝導現象をマクロな観点から取り扱うGinzburg-Landau理論とその応用を解説する。次に、ミクロな理論であるBCS理論を紹介し、具体的な取り扱いを説明する。斥力系で見られる異方的超伝導、強磁性と超伝導の共存など最先端のテーマについても触れる。

超伝導現象の現象論と微視的理論を理解することを目標とする。

### 授業内容

- [第1回] 超伝導現象
- [第2回] Ginzburg-Landau理論
- [第3回] 第1種超伝導体・第2種超伝導体
- [第4回] 磁束格子
- [第5回] ジョセフソン効果
- [第6回] アンダーソン・ヒッグス機構
- [第7回] BCS理論
- [第8回] 熱力学現象
- [第9回] 臨界磁場
- [第10回] 平均場近似
- [第11回] 超流動ヘリウム
- [第12回] 異方的超伝導
- [第13回] 揺らぎと超伝導
- [第14回] 強磁性と共存する超伝導

### 履修上の注意

学部レベルの量子力学と統計力学を履修済みであることを前提とする。

### 準備学習（予習・復習等）の内容

毎回、講義した内容について主な点を要約することが望ましい。

### 教科書

特に指定しない。

### 参考書

中嶋貞雄「超伝導入門」培風館(1971)  
 恒藤敏彦「超伝導・超流動」岩波書店(2001)  
 など

### 成績評価の方法

講義内容に関する討論姿勢、具体的な例題を扱ったレポートの内容等を総合的に評価する。

### その他

科目ナンバー：(ST) PHY621J			
物理学専攻	備考		
科目名	固体物理学特論C		
開講期	秋学期	単位	講2
担当者	専任教授 博士(理学)	菊地 淳	

### 授業の概要・到達目標

固体の示す磁気的性質(磁性)についてミクロな立場から解説する。物質中の磁性原子の統計集団としての振る舞いが、物質のマクロな磁性の決定要因であることを理解する。

### 授業内容

- 第1回：磁気の古典論
- 第2回：原子の示す磁性 —水素様原子の磁性—
- 第3回：原子の示す磁性 —多電子原子の磁性—
- 第4回：原子の集団の示す磁性 —自由原子の常磁性—
- 第5回：原子の集団の示す磁性 —結晶中の原子の磁性—
- 第6回：原子間相互作用を持つ系の磁性 —強磁性体と分子磁場—
- 第7回：原子間相互作用を持つ系の磁性 —反強磁性・フェリ磁性—
- 第8回：原子間相互作用を持つ系の磁性 —スピン配列の一般論—
- 第9回：交換相互作用の微視的起源 —反対称性と交換相互作用—
- 第10回：交換相互作用の微視的起源 —直接交換と運動交換—
- 第11回：金属の磁性 —パウリ常磁性—
- 第12回：金属の磁性 —電子間相互作用の効果—
- 第13回：磁性の実験手段 —核磁気共鳴と核四重極共鳴—
- 第14回：磁性の実験手段 —核磁気共鳴による磁性研究—

### 履修上の注意

教科書・参考書を目で追うだけでなく、式の導出等を自ら行うことで必要な背景知識を確認する。量子力学・統計力学の知識は必須である。

### 準備学習(予習・復習等)の内容

講義で課すレポートを期日までに提出する。

### 教科書

プリントを配布

### 参考書

- 金森順次郎「磁性」, 培風館
- 永宮建夫「磁性の理論」, 吉岡書店
- 近角聰信「強磁性体の物理(上)」, 裳華房
- 久保健・田中秀数「磁性I」, 朝倉書店
- 望月和子「固体の電子状態と磁性」, 大学教育出版

### 課題に対するフィードバックの方法

授業中に都度解説する。

### 成績評価の方法

講義の理解を深めるための練習問題・文献調査をレポートとして課す。レポート点の合計が満点の60%以上に達したものを合格とする。

### その他

科目ナンバー：(ST) PHY611J			
物理学専攻	備考		
科目名	素粒子物理学特論B		
開講期	秋学期	単位	講2
担当者	専任講師 博士(理学)	横山 大輔	

### 授業の概要・到達目標

この講義では究極の素粒子理論と目されている超弦理論についての基礎的な講義を行う。弦理論は相対論的な弦の振動を量子化することで得られるが、そのシンプルな出発点にも関わらず豊富な帰結が得られることを理解してもらいたい。特に、現在の素粒子理論である標準模型がどのようにして弦理論から現れるのかを理解することを目指す。

### 授業内容

- [第1回] なぜ超"弦"理論なのか?
- [第2回] 相対論的粒子について
- [第3回] 相対論的弦の作用と運動方程式
- [第4回] 弦のゲージ固定について
- [第5回] 運動方程式の解と質量公式
- [第6回] 開弦の量子化
- [第7回] 超弦理論
- [第8回] D-brane
- [第9回] 素粒子物理学と超弦理論
- [第10回] 超弦理論におけるチャージ
- [第11回] 閉弦のT双対性
- [第12回] 開弦のT双対性
- [第13回] ブラックホールエントロピー
- [第14回] AdS/CFT対応

### 履修上の注意

### 準備学習(予習・復習等)の内容

講義で出てきた計算は各自ができるようになること。また、講義の内容を自分なりの言葉でまとめることによって理解を深めること。

### 教科書

Barton Zwieback 「A First Course in String Theory」(Cambridge University Press)

### 参考書

- Joseph Polchinski 「String Theory, Vol. 1,2」(Cambridge University Press)
- Michael B. Green, John H. Schwarz, Edward Witten 「Superstring Theory, Vol.1,2」(Cambridge University Press)
- Katrin Becker, Melanie Becker, John H. Schwarz 「String Theory and M-Theory」(Cambridge University Press)

### 課題に対するフィードバックの方法

授業中、あるいは、Oh-ol Meijiシステムによりフィードバックを行う。

### 成績評価の方法

レポートにより評価する。

### その他

科目ナンバー：(ST) PHY611J			
物理学専攻	備考		
科目名	素粒子物理学特論C		
開講期	春学期集中	単位	講2
担当者	兼任講師 博士(理学)	楠亀 裕哉	

### 授業の概要・到達目標

二次元共形場理論 (2D CFT) は数十年かけて盛んに研究されてきており、多くの優れた教科書やレビューが存在する。しかし、その多くは特殊なクラス (rational CFT) に限定した手法・結果を紹介する物となっている。一方で、現在盛んに研究されている holographic CFT (量子重力を理解する鍵) の属するクラスは irrational CFT である。こうした背景で、近年になって irrational CFT に対しても使える手法の開発が進んできている。本講義では、こうした教科書ではまだ取り上げられていない進展を含めた、二次元共形場理論 (特に irrational CFT) における重要な解析手法・結果を紹介する。

### 授業内容

- [第1回] イントロダクション
- [第2回] 共形場理論の基礎(1)
- [第3回] 共形場理論の基礎(2)
- [第4回] 共形場理論の分類(1)
- [第5回] 共形場理論の分類(2)
- [第6回] AdS/CFT対応(1)
- [第7回] AdS/CFT対応(2)
- [第8回] 共形ブートストラップ(1)
- [第9回] 共形ブートストラップ(2)
- [第10回] 共形ブートストラップ(3)
- [第11回] 共形ブートストラップ(4)
- [第12回] 境界付き共形場理論と共形ブートストラップ(1)
- [第13回] 境界付き共形場理論と共形ブートストラップ(2)
- [第14回] まとめと展望

受講者の興味や理解度に応じて扱う内容や時間配分を変更することがあります。

### 履修上の注意

場の量子論や一般相対性理論の基礎を事前に学んでいることが望ましい。

### 準備学習 (予習・復習等) の内容

講義内容を復習し、授業中に積極的に質問することで、次の講義に備えること。

### 教科書

特に定めない。

### 参考書

特に定めない。

### 成績評価の方法

講義中に出题するレポートにより評価する。

### その他

科目ナンバー：(ST) PHY641J			
物理学専攻	備考		
科目名	生物物理学特論B		
開講期	春学期	単位	講2
担当者	専任教員 博士(理学)	光武 亜代理	

### 授業の概要・到達目標

本授業では、生物物理学に必要な統計力学の理論に関して学ぶ。特に、統計力学の確率過程について概説する。生物物理とありますが、教科書のブラウン運動の章を詳しく説明する授業内容で、統計力学寄りの内容です。

### 授業内容

- 第1回：ブラウン運動、確率変数
- 第2回：中心極限定理とブラウン運動
- 第3回：特性関数
- 第4回：ランジュバン方程式
- 第5回：調和解析
- 第6回：ガウス過程
- 第7回：ガウス過程としてのブラウン運動
- 第8回：揺動散逸定理①
- 第9回：揺動散逸定理②
- 第10回：ランダムな周波数変調
- 第11回：確率的リユービル方程式
- 第12回：マルコフ過程
- 第13回：フォッカープランク方程式①
- 第14回：フォッカープランク方程式②

### 履修上の注意

熱力学、統計力学を受講していることが望ましい。内容は変更する可能性がある。

### 準備学習 (予習・復習等) の内容

統計力学の基礎を理解しておくこと。授業内容を復習し、不明な点があれば授業で質問すること。

### 教科書

現代物理学の基礎5「統計物理学」、戸田盛和、久保亮五編集、岩波書店

### 参考書

### 成績評価の方法

レポート課題、授業に対する姿勢。

### その他

科目ナンバー：(ST) PHY641J			
物理学専攻	備考		
科目名	生物物理学特論C		
開講期	秋学期	単位	講2
担当者	専任教授 獣医学博士 平岡 和佳子		

### 授業の概要・到達目標

生物物理学の中でも学部での授業では取り上げる機会の少ない放射線生物学について講義を行う予定です。

放射線が人体にどのような影響を及ぼすのかを理解するために、放射線による初期過程である、物理的・化学的過程から、生物での諸過程までを学習します。また、学問的な側面ばかりではなく、放射線にまつわる法律や規制・指針、国際状況などについてもとりあげ、公衆の安全評価法・エネルギー問題なども学んでいきます。

### 授業内容

- [第1回] 放射線影響の時系列
- [第2回] X線・γ線と物質との相互作用
- [第3回] 荷電粒子と物質との相互作用
- [第4回] 中性子線と物質との相互作用
- [第5回] 放射線化学
- [第6回] 放射線生物作用機構
- [第7回] 生物分子の放射線作用
- [第8回] 細胞・染色体の放射線作用
- [第9回] 放射線感受性と身体的障害
- [第10回] 遺伝的影響
- [第11回] 医学への応用
- [第13回] 放射線管理と防護
- [第14回] 核エネルギー・核兵器開発の歴史と現状

### 履修上の注意

大学院先取り履修科目となります

### 準備学習（予習・復習等）の内容

この授業では、教科書は使用しないので、毎回主に黒板への記載事項と配布プリントの内容を良く確認し、次回の授業までに前回の授業内容について理解を深めておくようにしてください。

### 教科書

特に指定はありません。毎回、レジメプリントを配布します。

### 参考書

講義の中で、適宜紹介する予定です。

### 課題に対するフィードバックの方法

課題を設ける場合には、オーマイジのレポート提出機能を利用する予定です。オンライン上の課題の評価等をよく理解し、次回の課題作成につなげていただきたい。

### 成績評価の方法

成績：授業内で行う演習により評価します。  
出席：6割に満たない場合は、不可とします。

### その他

講義の中では、適宜DVD映像などを用いる予定です。

科目ナンバー：(ST) PHY641J			
物理学専攻	備考		
科目名	分子生理学特論		
開講期	春学期	単位	講2
担当者	兼任講師 博士(医学) 武藤 昌図		

### 授業の概要・到達目標

[授業の概要]

我々の身体は化学物質によって構成され、化学物質によって機能が制御されている。身体の機能は細胞と多くの化学物質との相互作用を基本として、それらが構成する臓器や器官で統合され、ホメオスタシスを維持することで生物としての個体が成立している。身体が機能して派生する物理的変化や化学物質の計測により診断がなされ、身体機能の不具合を是正することを目的とした治療がなされる。これらの医療に関わる医薬品、診断薬、医療機器の開発には理工学が様々な寄与をしてきた。本講義では、人体の生理機能を生体分子レベルで知るところを目的とし、理工学と医学の接点を具体的な事例で学習する。

[到達目標]

1. 人体の生理機能を分子レベルで理解できる。
2. 理工学と医学の接点について理解し、異分野を融合する発想を身に付けることができる。

### 授業内容

第1回：分子生理学とは

分子生理学とは何かについて説明し、理工学とのかかわりを解説する。生理機能を制御する生体分子のうち、タンパク質に関して受講者の知識を整理し、最新の知見を伝える。

第2回：生体分子

生体分子のうち核酸、糖質と脂質に関して受講者の知識を整理し、高脂血症や動脈硬化などの病態との関連も述べる。また脂質の吸収・蓄積の過程を標的にした健康食品や脂質の酸化変性を抑制する健康食品なども解説する。

第3回：感覚器

人体の感覚のうち特殊感覚に属する視覚・聴覚・味覚・嗅覚・平衡感覚などに関わる分子機構を講義する。講師が研究していた網膜細胞を維持する分子、感覚器の病気に関する分子、視覚障害者や聴覚障害者への新しい医療機器、味覚受容体の分子モデル、味覚受容体の味覚非関連臓器での発現など最新の話題を提供する。

第4回：神経

神経細胞と情報伝達、生体電位、中枢神経・末梢神経の構成などを講義する。特に自律神経や運動神経に作用するアゴニストやアンタゴニストと生体反応の関係を詳しく解説し、そこから開発された神経受容体に作用する医薬品の薬理作用について学習する。

第6回：体温、血糖、電解質濃度の調節

身体の体温、血糖値、体液の電解質濃度は主として中枢視床下部の働きにより、異常が是正され、正常な身体状態が維持される。これらの調整機構と病気になった場合の医薬品による治療に関して説明をする。

第7回：免疫系

身体にウイルスや細菌などの異物が侵入したときの防御機構である免疫系に関して学び、新興感染症の脅威に世界がいかに戦っているかを知る。講師が開発に参加したインターフェロンがC型肝炎感染症を減少させた経緯などを解説する。

第8回：記憶、意欲、意識

人間の脳には1,000億以上の神経細胞が存在し、回路を構成している。神経回路による情報処理

で記憶や学習、さらには感情や心といった高度な神経活動が営まれているが、この一部の分子メカニズムが解明されつつある。この最新情報を紹介する。

第9回：がん

国民の3人に1人ががんで亡くなり、2人に1人ががんにかかる時代となった。本講義では、がん細胞の性質、がん発症のメカニズム、がん予防、がんの治療に関して総論的に講義し、がんを制御するための方策について考察していく。

第10回：睡眠障害、糖尿病、神経変性疾患

病態の分子メカニズムが明らかとなり、疾患関連分子を標的にした新しい治療が検討されつつある睡眠障害、糖尿病、神経変性疾患などについて最近の知見を紹介する。自然睡眠を誘発する医薬品、腎臓の糖再取り込を抑制して血糖値を減少させる医薬品、アルツハイマー病患者の脳に蓄積する変性タンパク質の生合成を抑制する試みなども言及する。

第11回：老化

老化は病気の一つと現在では認識されつつある。これは、老化の分子機構が明らかになってきたことに端を発する。この状況を総論的に紹介し、老化制御や長寿遺伝子の研究などについても解説する。細胞の寿命、活性酸素などの老化を促進する因子、サーチュイン遺伝子群の活性化による寿命延長などを述べる。

第12回：医薬品・医療機器の研究開発

医薬品や医療機器を開発するためには身体の生理機構や病態を知り、理工学の技術を使って製品開発を行うが、実際は多くのステップと複数の異分野技術の摺合せが必要である。多くの成功例あり、それをはるかに凌駕する失敗例がある。具体的事例を紹介しながら、開発上の問題点と解決策を考察する。

第13回：製品企画概要

製品のアイデアを具体化して提案することを製品企画という。工業製品の製造過程の一番初めに位置づけられる製品企画に関しての概要を説明し、簡単な演習を行うことで理解を深める。講師が開発した製品に関して、どのような発想で、どのように問題をクリアしたかを参考にしてほしい。

第14回：バイオ医療科学の未来像

ゲノム工学の発展により、今までの分析的生物学は統合的生物学に変貌し、産業は製造業からナレッジインダストリーにパラダイムシフトしつつある。近年バイオサイエンスの研究速度を加速している要因はなんであるかを考え、来るべき「心地よい未来」をもたらすためには、どのように専門や技術と付き合ったら良いかを考察して、まとめとする。

### 履修上の注意

- ・授業の内容は、受講者の理解やその他の状況に応じて変更する場合があります。
- ・演習では、発表やディスカッションに積極的に参加すること。
- ・質問や授業への希望は講義時に講師につたえて下さい。

### 準備学習（予習・復習等）の内容

#### [予習]

理工学部の科目「基礎生物学1」および「基礎生物学2」を履修した受講者は、事前に当該箇所を復習しておくこと。履修していない者は、基礎生物学の教科書「生物学入門（第3版）嶋田正和ら編（東京化学同人（参考書参照）」の当該箇所を読んでおくことを勧めます。

#### [復習]

講義に出席して自筆のノートを必ずとること。本講義は復習が重要です。講義の要点を、次回の講義の冒頭でスラ

イドを流して解説するので、書きとれなかった部分や聞き逃した部分のチェックしてください。

### 教科書

特に指定しない。

### 参考書

『大学生のための基礎シリーズ(2) 生物学入門(第3版)』嶋田正和ら 編（東京化学同人） ISBN 978-4-8079-0952-0

### 課題に対するフィードバックの方法

毎回の授業で行う「授業課題」は、添削などを行い翌週に返却します。授業課題に意見や質問も書いてもらい、翌週回答します。授業内容に関しては、受講者とコミュニケーションを取り、できる限りその場で解答します。

### 成績評価の方法

授業中に出题する課題（授業課題）は、14回分を100点とし、60点以上を合格とします（評価は明治大学の基準に従う）。講義を欠席するとその回の授業課題が0点となるので気を付けてください。試験は行いません。

### その他

講師の連絡先は、第1回講義で開示します。事前に連絡を取りたい学生は、理工学部 平岡教授まで連絡ください。[メッセージ]

講師はいくつかの医薬品・医療機器の研究開発に関与してきました。医学と理工学の融合に関して、経験に基づいたお話ができると思います。生物学を学部時代に履修していなかった人もフォローできるように講義を構成しますので、是非受講してください。

皆様にお会いできるのを楽しみにしています。

科目ナンバー：(ST) PHY641J			
物理学専攻	備考		
科目名	生物物性特論		
開講期	春学期	単位	講2
担当者	兼任講師	理学博士	藤原 祥子 他

### 授業の概要・到達目標

生物の基本単位である細胞は、生体膜によって区画化された反応場である。その反応場では、さまざまな酵素反応が繰り返され、さまざまな物質を合成したり分解したりする。その結果、細胞あるいは生体は自己複製に至る。細胞を覆い、細胞の内部を区画化しているのは生体膜であり、主に脂質とタンパク質からなる。生体膜で区切られた水界部分でも酵素や細胞骨格などのタンパク質が機能する。タンパク質はアミノ酸のペプチド結合により構成されているが、そのアミノ酸の配列はDNAの塩基配列によって決まっている。即ち、細胞という場と、区画化に関与する生体膜、機能分子としてのタンパク質とその情報源であるDNAを理解することが生命の理解に重要である。本講義では、生命科学の基本を概観し、生命活動を担うさまざまな生体物質の種類、特性について理解を深めることを目的とする。まず生命工学の中でも重要な遺伝子工学の理解として遺伝情報とその伝達のしくみを学び、次いで、微生物工学など生物学領域全体を学ぶ。さらに、生理学的側面からは環境問題の解決の可能性を含めて光合成を取り上げ、生物による光エネルギーから有機化合物生産とそれに関わる生体システムを学ぶ。この授業科目により、物理・化学を中心に学んできた理工系学生が、生物学領域の基礎知識を身につけ、境界領域の発展に貢献するための基礎力をつけることを期待する。

### 授業内容

〈前半〉(講師：藤原祥子)

- [第1回] 遺伝情報の伝達と発現Ⅰ：複製  
遺伝子の本体DNAの複製の分子機構について、主に原核生物の場合を理解する。
- [第2回] 遺伝情報の伝達と発現Ⅱ：転写  
遺伝子が発現するステップのうち、DNAからmRNAができる段階(転写)の分子機構について、主に原核生物の場合を理解する。
- [第3回] 遺伝情報の伝達と発現Ⅲ：翻訳  
遺伝子が発現するステップのうち、mRNAからタンパク質ができる段階(翻訳)の分子機構について、主に原核生物の場合を理解する。
- [第4回] 細菌における遺伝子の伝達  
細菌における遺伝子の導入方法である形質転換、接合、形質導入の機構について理解する。
- [第5回] プラスミドとトランスポゾン  
細菌における遺伝子の伝達に関与するプラスミド、トランスポゾンの構造、伝達の機構について理解する。
- [第6回] 遺伝子工学  
遺伝子組み換え技術、塩基配列決定法、PCR等について解説する。
- [第7回] 遺伝子工学の応用、バイオテクノロジー  
微生物を用いた有用物質生産、遺伝子組換え植物(青いバラ、遺伝子組換え食品)等について解説する。

〈後半〉(講師：佐藤典裕)

- [第8回] 細胞の構造と機能  
原核生物と真核生物、さらに真核生物である動物と植物の各々について、その細胞の構造・機能の特徴を理解する。
- [第9回] 脂質とは何か  
脂質について、その化学構造や生体膜の構築等、生体内での役割を理解する。

- [第10回] 脂質の代謝  
脂質の合成や分解について、動物と植物、各々の特徴を理解する。
- [第11回] タンパク質とは何か  
タンパク質について、その化学構造や生体膜の機能発現等、生体内での役割を理解する。
- [第12回] タンパク質の代謝  
タンパク質の合成や分解について、動物と植物、各々の特徴を理解する。
- [第13回] 光合成  
光合成による光を利用した有機化合物の合成過程を理解する。
- [第14回] 光合成の分子機構と産業利用  
光合成を支えるタンパク質・脂質やその関連遺伝子について、また光合成の環境問題解決への応用の可能性について理解する。

### 履修上の注意

出欠は毎回とります。欠席したときはその回の出席点が0となります。欠席しないようにしてください。

### 準備学習(予習・復習等)の内容

毎回講義の最後にその時間を振り返り、まとめ、感想、質問等その講義で理解したこと、疑問に思ったことを自由に記入していただきます。また、開講期の前半と後半の終わりに課題レポートを提出していただきます。

### 教科書

指定はありません。プリントあるいはPowerPointによるスライドを利用します。

### 参考書

- 生命科学一般及び微生物を広く学ぶための参考書として、下の3点をあげておきます。
1. 「生命科学がわかる」工藤佳久、都筑幹夫(技術評論社)
  2. 「現代生命科学の基礎」都筑幹夫編(教育出版社)
  3. 「微生物学」基礎生物学テキストシリーズ4 青木健次編著(化学同人)

### 課題に対するフィードバックの方法

毎回講義後に提出していただくリフレクションペーパーに書かれた質問等について、次回の講義で解説します。

### 成績評価の方法

レポート点(70%)に平常点(30%)を加味します。課題レポートは開講期の前半で1部、後半で1部、合計2部を提出していただきます。

### その他

ありません。

科目ナンバー：(ST) APH661J			
物理学専攻	備考		
科目名	流体物性物理学特論		
開講期	春学期	単位	講2
担当者	専任准教授 博士(工学) 平野 太一		

### 授業の概要・到達目標

表面・界面張力および粘性・弾性は流体の挙動を支配する力学物性値であり、これらの値を正確に知っておくことは流体を扱うあらゆる分野で必須といえる。また、これらの値が挙動のスピードに応じて変化を示す様子を調べること、流体内部のミクロな分子運動や分子同士の相互作用の大きさが変化する様子を捉えることができる。本講義では、これらの流体物性に関する基礎から応用までを概観する。

### 授業内容

- [第1回] インクジェットの物理と流体物性
- [第2回] 粘性流体とナビエーストックス方程式
- [第3回] 各種粘性計測手法の原理と特長
- [第4回] レオロジーの概念と非ニュートン流体
- [第5回] 粘弾性測定と粘弾性モデル
- [第6回] 高分子網目系のレオロジー
- [第7回] 高分子液体のレオロジー
- [第8回] 高分子固体のレオロジー
- [第9回] 分散系のレオロジー 1
- [第10回] 分散系のレオロジー 2
- [第11回] 表面エネルギーと表面張力
- [第12回] 塗れと接触角
- [第13回] 界面活性剤と動的挙動
- [第14回] 表面張力波と重力波

### 履修上の注意

学部の人に習った微積分、線形代数の知識について復習しておくこと。

### 準備学習（予習・復習等）の内容

事前に講義内容に関する基礎的情報を調べ、今回の授業内容に関する準備をしておくこと。復習として、講義の板書やプリントを確認しておくこと。

### 教科書

特に指定しない  
適宜プリントを配布する

### 参考書

- 『Fluid Mechanics: Volume 6 (Course of Theoretical Physics)』Landau and Lifshitz著 (Butterworth-Heinemann)
- 『流体力学 1. 2』ランダウ/リフシッツ著 (訳本) (東京書籍)
- 『レオロジーの世界』尾崎邦宏著 (森北出版)
- 『新講座・レオロジー』日本レオロジー学会編
- 『分子間力と表面力』イスラエルアチヴィリ著 (訳本) (朝倉書店)
- 『水と空気の物理』マークWデニー著 (訳本) (N T S 出版)

### 課題に対するフィードバックの方法

課題を出した翌週の講義内で詳細な解説を実施するとともに、誤答例を取り上げて注意すべき点を再確認させる。

### 成績評価の方法

授業中に宿題または演習問題を出し、その評価による。

### その他

科目ナンバー：(ST) PHY631J			
物理学専攻	備考		
科目名	量子光学特論		
開講期	春学期	単位	講2
担当者	兼任講師	理学博士	梶田 雅彦

### 授業の概要・到達目標

1960年に発明されたレーザーは、周波数等の物理量を最も簡単に、正確に制御できる装置であり、20世紀後半以降の物理学はレーザーによって神変したと言っても過言ではない。本授業ではレーザーの原理の紹介に始まり、レーザーを用いて実現されたレーザー分光、レーザー冷却の紹介、現在の最先端の研究の状況を紹介する

### 授業内容

- [1] レーザーとは
- [2] 誘導放出を起こすには
- [3] 物質のエネルギー構造とレーザーの種類
- [4] 固体レーザー
- [5] レーザー光の周波数変換、共振器内に吸収セルを置いた時の不安定性
- [6] レーザー干渉 重力波検出
- [7] rレーザー分光
- [8] rレーザー冷却
- [9] レーザー光の周波数計測
- [10] 原子時計(レーザー出現前)
- [11] 原子時計(レーザー出現以降)
- [12] 周波数精密計測が物理学に何をもたらす?
- [13] ボーズ凝縮原子の特性
- [14] レーザー光のファイバー伝送

### 履修上の注意

### 準備学習（予習・復習等）の内容

量子論の基礎知識ま身に着けてほしい

### 教科書

PPTファイルを配布する

### 参考書

私の著書  
Fundamentals of Analysis in Physics

明治大学内のPCからはフリーにダウンロード可能

[https://www.eurekaselect.com/ebook\\_volume/3309](https://www.eurekaselect.com/ebook_volume/3309)

このページの右上の部分のボタンをクリックするとダウンロードできる  
本授業の内容はこの本に沿っています

### 課題に対するフィードバックの方法

レポートに対してはできるだけ早くコメントを出し、再提出も認めている  
授業中の質問も受け付ける

### 成績評価の方法

レポート提出による

### その他

科目ナンバー：(ST) PHY631J			
物理学専攻		備考	
科目名	光物性特論		
開講期	秋学期	単位	講2
担当者	専任准教授 博士(理学) 鈴木 隆行		

### 授業の概要・到達目標

前半は原子の量子力学の基礎的事項について講義する。量子力学で習得した水素原子の波動関数を踏み台にして、多電子系の波動関数を扱う。さらに計算機物理学で波動関数を解く際に常用される種々の近似も扱う。また、分光学上の記法についても言及し、当該分野の文献を読み解く一助になるようにする。

後半は量子化学を中心とした講義を行う。扱う対象を分子に拡張し、分子の回転振動の自由度について、さらにはその分光学的な観測手法も紹介する。

### 授業内容

- 第1回：原子単位
- 第2回：同種粒子からなる系
- 第3回：Hartree近似
- 第4回：Hartree-Fock近似
- 第5回：自由電子近似
- 第6回：Thomas-Fermi近似,  $X\alpha$ 法
- 第7回：原子のエネルギー準位, HeからNeまで
- 第8回：角運動量の合成
- 第9回：スピン軌道相互作用
- 第10回：原子と電磁場の相互作用
- 第11回：分子の回転
- 第12回：パラ水素とオルソ水素
- 第13回：分子の振動
- 第14回：分子分光学

### 履修上の注意

量子力学 I, II を十分に理解していることを前提にする。

### 準備学習(予習・復習等)の内容

量子力学の知識を前提に講義を進めるので、量子力学 I, II を十分に予習しておくこと。  
また、適宜課題を出すのでそれをレポートとしてまとめ、提出すること。

### 教科書

特になし

### 参考書

- 「原子分子物理学」高柳和夫, 朝倉書店
- 「物理化学」アトキンス, 東京化学同人
- 「物理化学」マッカーリ・サイモン, 東京化学同人
- 「量子物理化学」大野公一, 東京大学出版会

### 課題に対するフィードバックの方法

期中に指定したレポート課題については、随時授業内で解説する。

### 成績評価の方法

期間中複数回レポート課題を出す。期限までに提出されたものについて評価を行う。

### その他

科目ナンバー：(ST) PHY631J			
物理学専攻		備考	
科目名	原子分子物理学特論		
開講期	春学期	単位	講2
担当者	専任教授 理学博士 小田島 仁司		

### 授業の概要・到達目標

原子・分子の分光学に関する基礎と応用について講義する。レーザー光やマイクロ波などの電磁波を用いて原子・分子のスペクトルを測定し、それを解析することにより原子・分子の性質を知るための基礎を学習する。電磁気学と量子力学に基づいて、原子・分子と電磁波の相互作用を取り扱い、原子・分子の諸性質が、そのスペクトルにどのように反映するかを理解する。さらに、分光学的手法により得られた原子・分子のデータが、天文学、環境科学、生物学等、他の分野でどのように利用されているかを概観する。分光学の基礎について理解することを目標とする。

### 授業内容

- [第1回] Maxwell方程式をもとに電磁波の基本的性質を理解する。
- [第2回] 自由空間のモード密度と黒体放射について理解する。
- [第3回] 量子論の端緒となったプランクの放射公式について学ぶ。
- [第4回] 電磁波と物質の相互作用をアインシュタインの理論に基づき理解する。
- [第5回] アインシュタインのB係数を摂動論により求める。
- [第6回] 二準位系と電磁波のコヒーレント相互作用をシュレディンガー方程式により理解する。
- [第7回] 原子・分子の吸収スペクトルにおける線幅、飽和効果について理解する。
- [第8回] 水素原子のエネルギー準位を、ボーアの理論、シュレディンガーの理論に基づき理解する。
- [第9回] 多電子原子のエネルギー準位、微細構造、超微細構造について学ぶ。
- [第10回] 磁場中の原子のエネルギー準位について学ぶ。
- [第11回] 二原子分子のエネルギー準位について学ぶ。
- [第12回] 水素分子を例に、原子価結合法と分子軌道法について学ぶ。
- [第13回] 天文学、環境科学、生物学等への分光学の具体的な応用について学ぶ。
- [第14回] 分光学の最近の話題として、テラヘルツ領域の分光について学習する。

### 履修上の注意

学部で開講される電磁気学と量子力学を履修していることが望まれる。

### 準備学習(予習・復習等)の内容

講義内容を復習し、疑問点は質問すること。

### 教科書

指定しない。

### 参考書

講義において、随時、紹介する。

### 課題に対するフィードバックの方法

授業中、あるいは、Oh-ol Meijiシステムにより課題の解説を行う。

## 成績評価の方法

授業への参加状況20%、レポート80%により総合的に評価する。

## その他

科目ナンバー：(ST) PHY621J			
物理学専攻		備考	
科目名	応用物理学特論		
開講期	春学期	単位	講2
担当者	兼任講師	博士(工学)	松本 益明

## 授業の概要・到達目標

振動および波動に関係する現象について講義・演習をおこなう。振動・波動の現象は多くの物理現象の中に見出され、その理解は理学・工学の分野を問わず極めて重要である。

本講義では振動・波動現象の基本的な概念とその応用を理解することを目的とする。まず、最も基本的な、単一振動子の振動(自由度1の単振動)について復習後、自由度の数を2個、多数と増やしたとき(連成振動)に振動がどのように記述できるかについて学修し、連続体の場合の波動方程式へと拡張する。その際に基準振動(モード)と振動の合成(重ね合わせ)という重要な概念について理解する。次にその拡張として振動のフーリエ解析(周波数解析)の基礎的な項目について学修する。その後、単一自由度へ戻り、現実的な減衰振動、強制振動を表す微分方程式を導き、それをラプラス変換を導入して解く。振動の解の一つとしての共振現象とそれの現れる様々な状況について学修する。振動が空間を伝わる波について、進行波の波動方程式、波の分散と群速度、位相速度、反射と定在波、屈折、回折および干渉について学修し、それを3次元に拡張する。最後に振動・波動の応用として、水の波、音波、電磁波、固体中のフォノン、電子状態、ド・ブロイ波等についても学ぶ。

以上の振動・波動に関する項目の基本的な概念を習得することを到達目標とする。

## 授業内容

- [第1回] イントロダクション、単振動、様々な振動
- [第2回] 自由度2の連成振動とモード、うなり
- [第3回] 多自由度の連成振動とモード
- [第4回] 連続体の振動、弦の波動方程式
- [第5回] フーリエ解析
- [第6回] フーリエ変換と変調
- [第7回] 減衰振動
- [第8回] ラプラス変換の入門
- [第9回] 強制振動と共振
- [第10回] 1次元の波、進行波と波動方程式
- [第11回] 波の分散、群速度と位相速度
- [第12回] 波の反射と定在波、屈折、回折
- [第13回] 3次元の波、様々な波動現象
- [第14回] まとめ

## 履修上の注意

講義および演習。講義とそれに関する演習をおこなう。いくつかの単元について、まとめと発表を行ってもらう。

## 準備学習(予習・復習等)の内容

三角関数、指数関数および微分・積分の基本的な事項について既習であること。

## 教科書

特に指定しない。場合によっては講義中にプリント等を配布する。下の参考書も併用する。

## 参考書

Vibrations and Waves in Physics Third Edition by Iain G. Main Cambridge University Press  
[振動・波動]長谷川修司 講談社  
[波動] バークレー物理学コース 高橋秀俊 監訳 丸善出版

「振動・波動入門」鹿児島誠一 サイエンス社  
 「振動と波動」吉岡大二郎 東京大学出版会  
 「振動・波動」小形正男 裳華房

### 成績評価の方法

レポート、演習、発表及び出席状況に基づき総合的に評価する。

配点は期末レポート40%、演習提出・出席等40%、演習に関する解説の発表20%（概数）。

総合得点の60%以上を合格の基準とする。

### その他

E-mail: masuaki@u-gakugei.ac.jp

科目ナンバー：(ST) APH621J			
物理学専攻	備考		
科目名	結晶成長学特論		
開講期	春学期	単位	講2
担当者	専任教授 博士(地球環境科学) 長島 和茂		

### 授業の概要・到達目標

本講義では気相成長・溶液成長・融液成長を通じて結晶成長の考察にとり基礎となる考え方を述べる。具体的には相平衡、結晶の核形成理論、完全結晶と準完全結晶の成長機構、界面の荒さと結晶成長、平衡形と成長形等について理解を深める。現象の理解を促すため、演習やビデオ紹介に加えて、ビスマス結晶の成長実験も実施する。

### 授業内容

- [第1回] 結晶成長のアウトライン：身近な結晶，結晶構造
- [第2回] 結晶成長のアウトライン：結晶表面の原子配列と結晶格子，ミラー指数
- [第3回] 結晶成長のアウトライン：単結晶，多結晶，アモルファス，結晶成長の駆動力
- [第4回] 結晶成長のアウトライン：小さな液滴や結晶の相平衡蒸気圧(ギブス・トムソンの式)
- [第5回] 結晶の核形成：均一核形成の自由エネルギー
- [第6回] 結晶の核形成：均一核形成頻度
- [第7回] 結晶の核形成：オストワルドの段階則，不均一核形成
- [第8回] 結晶成長機構：ヘルツクヌーセンの式，ウィルソンフレンケルの式
- [第9回] 結晶成長機構：平均滞在時間と表面拡散距離
- [第10回] 結晶成長機構：らせん転位によるスパイラル成長
- [第11回] 結晶成長機構：二次元核成長
- [第12回] 結晶の形：ウルフの定理，晶相変化，晶壁変化，成長界面の形態不安定
- [第13回] ビスマス結晶の成長実験
- [第14回a] 全体の総括
- [第14回b] 期末試験

### 履修上の注意

熱力学，統計力学1を履修済み，もしくは同等の知識を有することを前提とする。

### 準備学習（予習・復習等）の内容

使用するテキストは優しめのものを用いているので，各自次回の内容に目を通して置いておく良いでしょう。自力での理解は可能です。ところが，詳細な理論の導出過程は省かれているため，講義で示された理論計算の演習を講義後に行っておくとよいでしょう。

### 教科書

『結晶は生きている～その成長と形の変化のしくみ～』黒田登志雄著(サイエンス社)

### 参考書

『結晶成長』斎藤幸夫著(裳華房)

### 課題に対するフィードバックの方法

演習に対する解説は次回行う。また、期末試験については、採点后に朱書きコメントを記載して返却するため、各自で見直しをすること。

### 成績評価の方法

定期試験(70%)と課題(30%)をあわせて評価する。

### その他

科目ナンバー：(ST) PHY691J			
物理学専攻		備考	
科目名	地球惑星大気物理学特論		
開講期	春学期	単位	講2
担当者	専任准教授 博士(理学) 鈴木 秀彦		

### 授業の概要・到達目標

地球や惑星の大気で起こっている物理現象を理解するために、流体力学と熱力学に基礎をおいた大気力学を基礎から解説する。地球や惑星の大気システムでは、その非線形性から多種多様な現象が起こりえる。地球物理学では個々の現象の本質を物理学で記述するために、現象の時間的、空間的スケールに適合した解析法を用いる必要がある。本科目の目標は、そのような考え方を身につけ、地球や惑星で起こっている大気諸現象のメカニズムの本質を理解し、地球惑星大気研究に必要な最低限の知識を身につけることである。

### 授業内容

- [第1回]：太陽系惑星大気の概観
- [第2回]：地球大気の鉛直構造
- [第3回]：温位、 $\log p$ 座標系
- [第4回]：放射と熱収支1～太陽放射と放射平衡
- [第5回]：放射と熱収支2～温室効果と熱収支
- [第6回]：大気を記述する方程式系1
- [第7回]：大気を記述する方程式系2
- [第8回]：地衝風と温度風
- [第9回]：惑星スケールの大気運動
- [第10回]：総観スケールの大気運動
- [第11回]：高層大気の大規模な運動
- [第12回]：大気における波動1 大気重力波と音波
- [第13回]：大気における波動2 ロスビー波と潮汐波
- [第14回]：大気科学の諸問題

### 履修上の注意

#### 準備学習（予習・復習等）の内容

熱力学，統計力学，量子力学の基礎的な概念を理解していること，物理数学（ベクトル解析，微分方程式など）を十分に復習しておくことが望ましい。講義の理解度については適宜，教員から講義出席者に対し質問を投げかける形式で確認を行うため，講義の内容を都度理解し整理しておくこと。

### 教科書

#### 参考書

「大気科学講座3 中間圏と成層圏の大気」松野太郎・島崎達郎 東京大学出版会  
「Middle Atmosphere Dynamics」D. G. Andrews, J. R. Holton, C. B. Leovy, ACADEMIC PRESS

#### 課題に対するフィードバックの方法

講義内で講評及び解説を行う、また、解説用の補助資料をアップロードする。

#### 成績評価の方法

出席状況（講義の参加度）30%およびレポート70%により評価する。

### その他

科目ナンバー：(ST) PHY691J			
物理学専攻		備考	
科目名	物理学特別講義A		
開講期	秋学期	単位	講2
担当者	兼任講師 博士(理学) 田島 裕之		

### 授業の概要・到達目標

量子多体系は物性物理学から原子核/素粒子物理学まで様々な分野に現れる重要な研究対象である。本授業では、電子や原子などのミクロな粒子が多数集まることで発現する量子多体系の性質を理解する手法としての場の量子論の理解を目的とする。量子力学の復習から始め、場の量子論の導入、理想気体の量子統計に触れたあとに、グリーン関数法による摂動展開やファインマンダイアグラムについて学ぶ。グリーン関数法の具体的な応用例や、巨視的量子現象の代表例である超伝導/超流動現象、および、さらなる発展的な話題として冷却原子気体における強相関量子多体系の研究の話題を紹介する。

### 授業内容

- [第1回] 量子多体物理の概観
- [第2回] 量子力学の復習
- [第3回] 場の量子論の定式化
- [第4回] 理想フェルミ気体とフェルミ縮退
- [第5回] 理想ボース気体とボース-アインシュタイン凝縮
- [第6回] 摂動論
- [第7回] グリーン関数(1)
- [第8回] グリーン関数(2)
- [第9回] 温度グリーン関数とダイソン方程式
- [第10回] 温度グリーン関数を用いた摂動計算
- [第11回] BCS理論
- [第12回] BCS-BECクロソオーバー
- [第13回] 冷却原子気体
- [第14回] まとめ

### 履修上の注意

熱統計力学，量子力学の基礎的な事柄を理解していることが望ましい。

#### 準備学習（予習・復習等）の内容

予習は必要ないが，参考書を参照しつつ，講義内容を復習してもらいたい。また授業中に出すレポート課題を提出してもらおう。

### 教科書

特に指定しない。

#### 参考書

「Quantum Theory of Many-Particle Systems」, A. L. Fetter, J. D. Walecka (Dover) 「Bose-Einstein Condensation in Dilute Gases」, C. J. Pethick, H. Smith (Cambridge University Press) 「統計力学」阿部龍蔵(東京大学出版)

#### 成績評価の方法

授業への参加度30%，レポート課題70%により評価する。

### その他

科目ナンバー：(ST) PHY621J			
物理学専攻		備考	
科目名	応用物理学特別講義		
開講期	秋学期	単位	講2
担当者	兼任講師 博士(理学)	前橋 英明	

### 授業の概要・到達目標

携帯電話やコンピューター、また、それらをつなぐ通信ネットワークなど、現代情報社会をささえるエレクトロニクスシステムの大部分は、半導体を基礎材料として形成されている。本科目では、そのような半導体の物性、特にその非平衡物性を理解し、半導体デバイスに関する基礎知識を身につけることを到達目標とする。そのために、量子力学と統計力学の復習からはじめて、室温の半導体におけるキャリア（電子と正孔）の挙動は、有効質量近似と古典（ボルツマン）統計によって理解されることを学ぶ。それから、古典統計力学の重要な帰結である質量作用の法則とアインシュタインの関係式を導出し、半導体物理学におけるそれらの応用について学ぶ。最後に、不均一な半導体の非平衡物性を考察し、ダイオードやトランジスタなど基本的な半導体素子の動作原理を学ぶ。

### 授業内容

- 第1回：イントロダクション(半導体の物理)
- 第2回：自由電子模型
- 第3回：半導体のバンド構造と有効質量近似
- 第4回：真性半導体
- 第5回：真性キャリア密度
- 第6回：不純物半導体
- 第7回：質量作用の法則
- 第8回：不均一な半導体とpn接合
- 第9回：空乏層と内蔵電圧
- 第10回：アインシュタインの関係式
- 第11回：ポアソン方程式と連続の方程式
- 第12回：少数キャリアの注入
- 第13回：ダイオードとトランジスタ
- 第14回：まとめ

### 履修上の注意

### 準備学習（予習・復習等）の内容

授業内容を復習し、不明な部分があれば授業で質問すること。

### 教科書

特に指定しない。

### 参考書

- 『大学演習 熱学・統計力学』久保亮五 編(裳華房)
- 『半導体の物理』御子柴宣夫 著(培風館)
- 『半導体デバイスの基礎 上、中、下』B. L.アンダーソン、R. L.アンダーソン 著 樺沢宇紀 訳(丸善)

### 課題に対するフィードバックの方法

授業資料をOh-o! Meijiを通じて配布し、最終授業日にレポートの解説の時間を設ける。

### 成績評価の方法

レポートにより評価する。

### その他

科目ナンバー：(ST) PHY691J			
物理学専攻		備考	
科目名	地球内部物理学特論		
開講期	秋学期	単位	講2
担当者	専任准教授 博士(理学)	新名 良介	

### 授業の概要・到達目標

地球内部物質に関する研究の理解を深める。毎回講義の前半で、受講者数名に論文や教科書の一部を紹介してもらい、後半で教員が必要に応じ解説や周辺研究に関する説明をする。論文・教科書は初回に推薦文献リストを配布するが、それ以外の文献を紹介してもよい。

### 授業内容

- [第1回] イントロダクションと文献リストの紹介
- [第2回] 地球物理的観測1 地震学的観測
- [第3回] 地球物理的観測2 電磁気学的観測
- [第4回] 地質学的観測
- [第5回] 地球化学的観測
- [第6回] 地球深部物質の物性1 熱弾性特性
- [第7回] 地球深部物質の物性2 輸送特性
- [第8回] 地球深部における安定相関係1 マントル物質
- [第9回] 地球深部における安定相関係2 核物質
- [第10回] 核・マントル相互作用
- [第11回] 非平衡過程とレオロジー
- [第12回] 揮発性元素の役割
- [第13回] 地球内部のダイナミクス1 沈み込み帯とマントル対流
- [第14回] 地球内部のダイナミクス2 地球形成モデル

### 履修上の注意

### 準備学習（予習・復習等）の内容

発表担当者は配布資料やパワーポイント等の作成と発表準備をしておくこと。

### 教科書

### 参考書

### 課題に対するフィードバックの方法

発表・報告・議論に関して、その都度適宜フィードバックを行う

### 成績評価の方法

発表・議論や、研究背景に対する理解度を総合して評価する。

### その他

科目ナンバー：(ST) PHY611J			
物理学専攻	備考		
科目名	宇宙物理学特論		
開講期	春学期	単位	講2
担当者	専任講師 博士(理学)	佐藤 寿紀	

### 授業の概要・到達目標

我々の住む宇宙には様々な天体现象が存在しており、観測と物理学を元に、どのような自然現象であるか議論されてきた。この授業では、学部で習う物理学をベースとして、幅広い天体现象をレビューしながら宇宙物理学の基礎を学ぶ。また、現在の宇宙物理学において、どのような課題が残されているかなどにも触れつつ、物理学の研究領域としての宇宙科学の面白さにも触れてもらいたい。

### 授業内容

- [第一回] イントロダクション
- [第二回] 宇宙論入門：一般相対論、宇宙膨張、ビックバン、インフレーション
- [第三回] 重力が関わる天体物理の基礎：静水圧平衡、ビリアル定理
- [第四回] 恒星内部の核融合反応と恒星の分類
- [第五回] 様々な"星の限界"の物理 (1) シェーンベルグ=チャンドラセカール限界と巨星への進化
- [第六回] 様々な"星の限界"の物理 (2) チャンドラセカール限界、エディントン限界
- [第七回] コンパクト天体(中性子星・ブラックホール)の予言と発見
- [第八回] コンパクト天体の形成と重力崩壊型超新星爆発
- [第九回] 白色矮星の核暴走と Ia 型超新星
- [第十回] 銀河・銀河団など大規模な構造形成
- [第十一回] 宇宙の化学進化：ビックバン元素合成から天体による元素供給
- [第十二回] 高エネルギー天体现象 (1) X線放射機構
- [第一三回] 高エネルギー天体现象 (2) X線観測で探る天体の物理量
- [第十四回] 高エネルギー天体现象 (3) X線観測技術

### 履修上の注意

宇宙物理学では、幅広く学部で習う物理を用いるため、これらの習得を前提とする。

### 準備学習(予習・復習等)の内容

配布する資料を用いて予習・復習することで、理解度を深めてもらいたい。

### 教科書

特に指定しない。講義資料を配布する。

### 参考書

- 「宇宙物理学」高原文郎
- 「宇宙物理学」林忠四郎他
- 「Astrophysics in a Nutshell」Dan Maoz

### 課題に対するフィードバックの方法

レポートに関しては可能な限り修正点等を知らせ、講義中の議論などを通して理解を深める。

### 成績評価の方法

講義への参加やレポートの内容等を総合的に評価する。

### その他

科目ナンバー：(ST) STS651J			
物理学専攻	備考		
科目名	科学史特論		
開講期	春学期	単位	講2
担当者	兼任講師 博士(理学)	小島 智恵子	

### 授業の概要・到達目標

この授業の内容は、古代ギリシャから17世紀までの原子論の発展の歴史である。物理学の発展に大きく寄与した原子論の考え方が、ギリシャ時代に生まれてから歴史に埋もれ、17世紀に復活した過程と理由を多角的な観点で分析する。

授業の到達目標は、現代科学の基礎となっている原子論的思想について理解を深めること、また原子論の歴史を学ぶ中で、物理学における実験の役割と重要性について認識を高めることである。この授業が、現代の科学のあり方を歴史的視点で主体的に考えていく動機づけになるよう努めたい。

### 授業内容

- [第1回] ガイダンスとして、科学史研究の二つの方法(内的科学史・外的科学史)、科学史研究の目的と意義について述べる。次に具体的な授業内容に入り、ギリシャ時代の原子論を学ぶために必要なギリシャの自然哲学の概要を説明する。
- [第2回] ギリシャの原子論のうち、デモクリトスについて扱い、なぜアリストテレスが原子論を批判したのかについて学ぶ。その際、アリストテレスの四元素説との比較を行う。
- [第3回] アリストテレスと原子論者の自然哲学の比較を、宇宙論や運動論にまで拡張して行い、その違いを明らかにする。
- [第4回] ギリシャの原子論のうち、エピキュロスについて取り上げ、原書の一部を解説しながらその無神論的解釈について調べる。
- [第5回] ヘレニズム時代の哲学者としてのエピキュロスの思想を歴史的に分析し、19世紀の経済学者に与えた影響について考察する。
- [第6回] ローマ時代の原子論支持者としてルクレティウスを題材にし、原子論の詩について理解を深める。またルクレティウス支持者として知られる日本の物理学者寺田寅彦について取り上げ寺田物理学の特徴を学ぶ。
- [第7回] ルクレティウスが詩の中で、原子論についてどのように解釈しているのかを理解し、現代の科学との関連性について議論する。
- [第8回] 17世紀における原子論の復活について、ガッサンディを事例とし、なぜ17世紀まで原子論が批判されてきたのかを理解する。またガッサンディの中世折衷的な理論について歴史的に評価する。
- [第9回] ガッサンディと同世代のデカルトの科学的思考について学ぶ。そして両者を比較することにより、近代自然学における機械論的世界観形成の意義について理解する。
- [第10回] 17世紀に真空実験が可能になった背景についてパスカルの事例等を調べ、真空実験により原子論が受け入れられる基礎ができたことを学ぶ。
- [第11回] 17世紀に実験器具が発展し、科学における実験の重要性が増していったことが、原子論復活の背景にあったことを学ぶ。また17世紀の実験概念と現在の実験概念をガリレオの実験を事例として比較検討する。
- [第12回] 17世紀イギリスの粒子論の事例として、ボイルの原書の一部を取り上げ、その粒子論的世界観を解説する。

- [第13回] ニュートンの原書の一部を取り上げ、ボイルとの違いを比較検討する。また科学史上最も有名な著作の一つであるニュートンのプリンキピアの中で、原子論がどう扱われているのかを分析する。
- [第14回] 原子論の歴史を総括し、原子論の受容と宗教的対立について再考する。またボイルやニュートンの研究における神学的要素について検討する。そして、18世紀から19世紀にかけて原子論がどう変化していったのかを概観する。

#### 履修上の注意

この科目を履修するために事前に受講しておくべき科目の指定はない。自分の専門分野だけでなく、幅広い領域に興味をもつような姿勢が望ましい。

#### 準備学習（予習・復習等）の内容

授業中に小テスト（ノート持込可）を行う場合があるので、その準備として毎回の授業ノートの整理を十分に行い、授業中には積極的に質問して頂きたい。また、授業中に講義・使用資料に関連した内容に関して短いプレゼンを1回行うので、その準備をして頂く。また授業中の質問や他の学生のプレゼンに対する質問については、平常点として考慮する。

#### 教科書

指定しない。プリント資料を毎回配布する。なお授業中に学生が行うプレゼンに関しては、授業配布資料を題材に含むので、保管して予習・復習に役立てるようにする。

#### 参考書

授業中に適宜指摘する。

#### 課題に対するフィードバックの方法

課題については、授業中に適宜解説をする。また課題内容によっては、ディスカッションをして理解を深める。

#### 成績評価の方法

小テスト・平常点・授業中プレゼン60%、レポート40%、合計が満点の60%以上を単位修得の条件とする。

#### その他

授業内容の補足として、授業内の一部で科学史に関連した動画を見る場合もある。また必要に応じてグループディスカッションを行う。