

平成 29(2017) 年度

物理学専攻

授業概要(シラバス)

2017年 4月 1日

大阪大学大学院理学研究科

目次

1 各専攻共通科目	5
1.1 前期課程	5
科学技術論 A	6
ナノプロセス・物性・デバイス学	9
超分子ナノバイオプロセス学	10
ナノ構造・機能計測解析学	12
ナノフォトニクス学	13
先端的研究法:質量分析	14
先端的研究法:X線結晶解析	16
先端的研究法:NMR	18
ナノマテリアル・ナノデバイスデザイン学	20
企業研究者特別講義	22
(1学期) 実践科学英語	23
研究者倫理特論	24
科学論文作成概論	25
科学英語基礎	27
1.2 後期課程	28
産学リエゾン PAL 教育研究訓練	29
高度学際萌芽研究訓練	31
学位論文作成演習	33
高度理学特別講義	34
企業インターンシップ	35
海外短期留学	36
2 物理学専攻 A, B, C コース共通	37
2.1 前期課程	37
複雑系物理学	38
非線形物理学	40
原子核反応論	42
レーザー物理学	43
3 物理学専攻 A コース (理論系:基礎物理学・量子物理学コース)	44
3.1 前期課程	44
場の理論序説	45
一般相対性理論	46
場の理論 I	48
場の理論 II	50
物性理論 I	52
固体電子論 I	54
素粒子物理学特論 I	55
素粒子物理学特論 II	57
物性理論特論 II	58
原子核理論	59
量子多体制御物理学	60
計算物理学	62
3.2 後期課程	64

目次

特別講義 AIII 「非平衡系における場の量子論入門」(物理学専攻)	65
特別講義 AIV 「吸収状態をめぐる非平衡臨界現象の物理学」(物理学専攻)	66
特別講義 AIII(S) 「非平衡系における場の量子論入門」(物理学専攻)	68
特別講義 AIV(S) 「吸収状態をめぐる非平衡臨界現象の物理学」(物理学専攻)	69
4 物理学専攻 B コース (実験系：素粒子・核物理学コース)	71
4.1 前期課程	71
原子核物理学序論	72
高エネルギー物理学 II	73
原子核構造学	74
高エネルギー物理学特論 I	76
素粒子・核分光学特論	77
原子核物理学特論 I	78
素粒子物理学序論 A	80
素粒子物理学序論 B	82
加速器物理学	83
放射線計測学	85
4.2 後期課程	86
特別講義 BI 「暗黒物質の実験的探求」(物理学専攻)	87
特別講義 BI(S) 「暗黒物質の実験的探求」(物理学専攻)	88
5 物理学専攻 C コース (実験系：物性物理学コース)	89
5.1 前期課程	89
光物性物理学	90
荷電粒子光学概論	92
強磁場物理学	94
固体物理学概論 1	95
固体物理学概論 2	97
固体物理学概論 3	99
半導体物理学	100
シンクロトロン分光学	101
量子多体制御物理学	102
5.2 後期課程	104
特別講義 CI 「ナノスピントン変換科学-Nano-spinconversion science-」(物理学専攻)	105
特別講義 CII 「結晶および準結晶における重い電子状態の形成」(物理学専攻)	107
特別講義 CI(S) 「ナノスピントン変換科学-Nano-spinconversion science-」(物理学専攻)	108
特別講義 CII(S) 「結晶および準結晶における重い電子状態の形成」(物理学専攻)	110

1 各專攻共通科目

1.1 前期課程

1. 各専攻共通科目

科学技術論 A

英語表記	Seminar on Science and Technology A	
授業コード	240728	ナンバリング：
単位数	2	
担当教員	外部講師 居室：	
質問受付		
履修対象		
開講時期	春～夏学期 木5時限	
場所	基礎工/B300 大講義室	
授業形態	講義科目	
目的と概要	科学技術がどのように発展してきたのか、科学技術の産み出した種々の成果が、現在の私たちの生活にどのように関わり、私たちの思想にどんな影響を与えていたかを認識することは、科学技術に関わるすべての人々にとって大切なことである。特に、これから科学者・技術者として生きてゆこうとする学生諸君にとって、科学技術と社会、科学技術と人間のかかわり合いについて鋭い問題意識と深い洞察力ならびに科学技術者としての使命と社会的責任についての認識を深めることは不可欠である。この講義では、「科学とは何か」、「技術とは何か」、「それらと人間社会とのかかわり合いは?」、「科学者、技術者の倫理観とは?」といった問題について考えるきっかけを与えることを目的として、人文科学、社会科学、自然科学、環境科学と多岐にわたる専門分野の講師を国立・私立の大学、企業などから招いて、専門分野をこえた広い分野の知識を涵養しつつ、我々がどんな姿勢で科学や技術に対峙していくべきかを掘り下げて行きたい。	
学習目標	これから科学者・技術者として生きてゆこうとする受講生にとって、科学技術と社会、科学技術と人間のかかわり合いについて鋭い問題意識とともに、科学技術者としての使命と社会的責任についての認識を深めることができる。 人文科学、社会科学、自然科学、環境科学と多岐にわたる専門分野の講師から直に話を聞き、自身の専門分野をこえた広い分野の知識を涵養し、どんな姿勢で科学や技術に対峙していくべきかを考えるきっかけを身につける。	
履修条件	なし	
特記事項	講義開始時に提示する	
本科目の受講に際し特別な配慮を要する場合は、基礎工学研究科の大学院係に事前に相談するとともに、初回授業等、早期に世話教員等に申し出てください。		

授業計画	授業日程毎の内容で確認すること
------	-----------------

1. 題目:科学技術とジャーナリズム

科学技術が高度に発展して、その影響はあらゆる分野に及んでいるが、研究者と市民との間の乖離は大きくなりがちである。特に、わが国では科学技術がこれまで主として国家の利益や産業の発展のための道具として使われてきただけに、文化としての側面が見逃されがちであった。21世紀の社会の繁栄に科学技術が必須のもとであるとすれば、こうした乖離を是正していく努力は是非とも必要であろう。《司会》関山 明(基礎工学研究科)

2. 題目:大阪の科学の風土と大阪大学

幕末の大坂では麻田剛立の天文学、伏屋素秋の医学など独創的な科学研究が生まれていた。明治になり、適塾の流れの中で生まれた舎蜜局(せいみきょく)の影響で、高峰譲吉のアドレナリン、池田菊苗の味の素の発見という創造的科学業績が生まれている。大阪医学校の後身に当たる大阪大学は昭和6年に発足して、長岡半太郎総長の許に創設当時の理学部で生まれたのが日本最初のノーベル賞の湯川秀樹の業績であった。この大阪の科学の歴史の中で創造とそれを生む風土について考察したい。《司会》佐藤尚弘(理学研究科)

3. 題目:低炭素時代の下水処理システム

下水処理場は水を綺麗にする環境保全施設であるが、低炭素時代という価値観からみれば、多量のエネルギーを消費し温室効果ガスを排出する迷惑施設になる。逆に、エネルギーという別な視点から見直せば、下水処理場は創エネルギー施設としての新たなポテンシャルを持つものとなる。本講義では、科学技術を多元的な評価軸で捉えることの意義を、下水処理場を例に論じる。《司会》関山 明(基礎工学研究科)

4. 題目:要素還元から統合・システム化へ

現代の科学は中世ヨーロッパから始まった要素還元主義に基づいている。その結果、物質や生命、宇宙を形成している要素がかなり明らかになったが、この方法論では複雑な系を理解することはできない。要素がどのように関係しあい、どのような性質や挙動を示すか、すなわち要素の統合・システム化を理解することが必要である、化学の分野では分子や原子が要素であり、それらの要素がどのように相互作用し、どのような構造を形成し、新たな機能や性質を示すか、について議論する。《司会》佐藤尚弘(理学研究科)

5. 題目:評価で読み解く研究と社会

大学等で行われている研究の多くは国の予算に依存している。こうした予算の出所はもちろん税金であり、研究者は社会の期待に応答する責任を持つと同時に、説明責任を果たしていかなければならない。また、予算には限りがあるため、研究を行うには厳しい資金獲得競争を勝ち抜いていく必要がある。評価はこうしたことを考えていく上のカギであり、その仕組みがどのようにになっているのか、どのような課題があるのかを考える。《司会》平川秀幸(COデザイン・センター)

6. 題目:エレクトロニクス産業と先端研究

エレクトロニクス産業と物質科学の歴史を振り返り、一例として、再び新材料への期待が高まりつつある材料開発最前線を紹介、イノベーションの最先端に立って世界が直面する課題解決を担う皆さんへの期待をお伝えします。《司会》関山 明(基礎工学研究科)

7. 題目:再生医療と社会

再生医療は、加齢や疾患によって不可逆的に機能が損なわれた組織や臓器に対し、細胞を用いて回復を目指す医療である。我が国では2013年に再生医療を推進する法律

1. 各専攻共通科目

授業外における学習	科学技術全般ならびに社会で関心がもたれていることに常日頃から関心を持って、さまざまな情報に接する機会を持つように意識する。
教科書	なし
参考文献	科学技術と人間のかかわり (大阪大学出版会)
成績評価	出席とレポート
コメント	この講義を通して、科学技術と社会、科学技術と人間のかかわりについて鋭い問題意識と深い洞察力を養い、科学技術者としての使命と社会的責任についての認識を深めて欲しい。授業時間は 90 分であるが、講義終了後時間の余裕のある学生は講師と司会の担当教官を囲んで討論を行う。

ナノプロセス・物性・デバイス学

英語表記	A laboratory on nano-process, properties and devices	
授業コード	240928	ナンバリング：
単位数	1	
担当教員	藤原 康文 居室： 小泉 淳 居室： 松本 和彦 居室： 井上 恒一 居室： 金井 康 居室： 渡部 平司 居室： 神吉 輝夫 居室： 細井 卓治 居室： 田中 秀和 居室：	
質問受付	オフィスアワーは設けていないが、ナノプログラム事務局を通じて電子メールで実習担当講師に質問することが可能である。	
履修対象	理学研究科 博士前期課程 各学年 選択	
開講時期	集中	
場所	その他	
授業形態	実習科目	
目的と概要	ナノエレクトロニクス・ナノ材料学の各講義に対応したテーマ群についての実習を行い、ナノテクノロジーの基礎の実体験と技術習得、さらにはそれらを踏まえての自己課題の探求と独創的解決策への方針企画・具体的な追及を支援する。	
学習目標	選択した実習プログラムのテーマに関する技術を習得する。 ナノテクノロジーの基礎の実体験と技術習得を踏まえて、自己課題の探求と独創的解決策への方針企画・具体的な追及能力を養成する。	
履修条件	特になし	
特記事項	特になし	
授業計画	【講義内容】 次のテーマに関する複数の実習プログラムの中から 1 つを選択する。 1 ナノ物質・構造作製 2 ナノメートル加工 3 ナノ物質・構造の観察 4 ナノ物質・構造の物性評価 5 デバイス試作・特性評価	
授業外における学習	前もって各テーマについて予習を行い、効率的な実習が可能となるように準備を行うこと。	
教科書	必要に応じて資料を配付する。	
参考文献	必要に応じて紹介する。	
成績評価	出席、演習、レポートなどを総合的に判断。	
コメント	本授業科目はナノ高度学際教育プログラム履修希望者を対象としたものであり、別冊子の要領により、プログラム履修申請書を 4 月に提出すること。	

1. 各専攻共通科目

超分子ナノバイオプロセス学

英語表記	A laboratory on nano-supramolecular bioprocess and bioengineering	
授業コード	240929	ナンバリング：
単位数	1	
担当教員	宮坂 博 居室： 橋本 守 居室： 三宅 淳 居室： 新岡 宏彦 居室： 戸部 義人 居室： 廣瀬 敬治 居室： 真嶋 哲朗 居室： 藤塚 守 居室： 川井 清彦 居室： 近江 雅人 居室： 橋爪 章仁 居室：	
質問受付	オフィスアワーは設けていないが、ナノプログラム事務局を通じて電子メールで実習担当講師に質問することが可能である。	
履修対象	理学研究科 博士前期課程 各学年 選択	
開講時期	集中	
場所	その他	
授業形態	実験科目	
目的と概要	生体分子ダイナミクス、生体分子エレクトロニクス、ナノバイオメカニクス、生体フォトニクスなどに興味を持つ大学院生を対象に、超分子と生体における物性、反応、計測・解析法などに関する実習・演習を行い、ナノサイエンスやナノテクノロジーについての知見を深める。	
学習目標	生体分子ダイナミクス、生体分子エレクトロニクス、ナノバイオメカニクス、生体フォトニクスなどに興味を持つ大学院生を対象に、超分子と生体における物性、反応、計測・解析法などに関する実習・演習を行い、ナノサイエンスやナノテクノロジーについての知見を深める。	
履修条件	特になし	
特記事項	特になし	
授業計画	【講義内容】 次の3つの実習・演習カテゴリーのうち1つを選択する。 (1) 超分子ナノプロセスファウンドリー演習:超分子プロセスコースを希望する学生を対象に、化学に基盤を置いた超分子ナノプロセス学を体系的に理解するための実習・演習を行う。理学研究科と基礎工学研究科の教員が中心となって指導する。 (2) ナノスチューデントショップ演習:超分子プロセスコースを希望する学生を対象に、化学に基盤を置いた超分子ナノプロセス学の展開を目指した実習・演習を行う。産業科学研究所の教員が中心となって指導する。 (3) ナノ生体工学実習:生体工学コースを希望する学生を対象に、生体の微細構築を計測・解析するための各種計測装置の原理を解説し、試料測定と解析を通じて実践教育を行う。基礎工学研究科の教員が中心となって指導する。	
授業外における学習	実習の予習を行い、効率的な実習が可能となるように準備を行うこと。	
教科書	プリントを配布する	

参考文献	プリントを配布する
成績評価	出席とレポート、発表など
コメント	本授業科目はナノ高度学際教育プログラム履修希望者を対象としたものであり、別冊子の要領により、プログラム履修申請書を4月に提出すること。

1. 各専攻共通科目

ナノ構造・機能計測解析学

英語表記	A laboratory on measurements and analyses of nano-structures and nano-functions	
授業コード	240930	ナンバリング：
単位数	1	
担当教員	竹田 精治 居室： 冬広 明 居室： 保田 英洋 居室： 西 竜治 居室： 永瀬 丈嗣 居室： 高井 義造 居室： 菅原 康弘 居室： 吉田 秀人 居室： 難波 啓一 居室： 加藤 貴之 居室： 酒井 朗 居室： 市川 聰 居室： 山崎 順 居室：	

質問受付	
履修対象	理学研究科 博士前期課程 各学年 選択
開講時期	集中
場所	その他
授業形態	実習科目
目的と概要	ナノ構造の機能計測解析のための基本的なツールである TEM、SEM、STM、AFM、X 線回折について、それらの計測原理および操作法を実習によって習得させる。
学習目標	
履修条件	特になし
特記事項	特になし
授業計画	【講義内容】 1.TEM の原理と操作法 2.SEM の原理と操作法 3.STM・AFM の原理と操作法 4.X 線回折の原理と操作法 4. 高分解能像計算ソフト利用法
授業外における学習	実習の予習をおこない、効率的な実習が可能となるように準備を行うこと。
教科書	必要に応じてプリントを配布する。
参考文献	プリントを配布する
成績評価	出席とレポート等を総合的に判断する。
コメント	本授業科目はナノ高度学際教育プログラム履修希望者を対象としたものであり、別冊子の要領により、プログラム履修申請書を 4 月に提出すること。

ナノフォトニクス学

英語表記	A laboratory on nano-photonics	
授業コード	240931	ナンバリング：
単位数	1	
担当教員	宮坂 博 居室： 伊都 将司 居室： 芦田 昌明 居室：	
質問受付	オフィスアワーは設けていないが、ナノプログラム事務局を通じて電子メールで実習担当講師に質問することが可能である。	
履修対象	理学研究科 博士前期課程 各学年 選択	
開講時期	集中	
場所	その他	
授業形態	実習科目	
目的と概要	ナノフォトニクスは、最先端の光通信、加工、センサー、バイオイメージング技術の基盤として広く応用されている。本講義ではナノスケール領域で特異的に生じるフォトニクス現象の基礎実験の実習ならびに先端実験設備を用いた研究の体験学習を通して、ナノフォトニクス学の理解を深める。	
学習目標	フォトニクス現象の基礎実験の実習ならびに先端実験設備を用いた研究の体験学習を通して、ナノフォトニクス学の理解を深める。	
履修条件	特になし。	
特記事項	特になし	
授業計画	【講義内容】 1 エバネッセント場とフォントンネーリングの観察 2 光学顕微鏡とバイオイメージング応用 3 プラズモニクスとセンサー応用 4 パルスレーザーと物質のダイナミクス 5 ナノ構造と光制御技術	
授業外における学習	実習の前に、基礎知識について修得しておくこと。	
教科書	必要に応じて資料を配付する。	
参考文献	必要に応じて紹介する。	
成績評価	出席、演習、レポートを総合的に判断。	
コメント	本授業科目はナノ高度学際教育プログラム履修希望者を対象としたものであり、別冊子の要領により、プログラム履修申請書を4月に提出すること。	

1. 各専攻共通科目

先端的研究法:質量分析

英語表記	Advanced Research Methodology: Mass Spectrometry	
授業コード	241201	ナンバリング:
単位数	2	
担当教員	豊田 岐聰	居室:
	青木 順	居室:
	寺田 健太郎	居室:
	高尾 敏文	居室:
質問受付	隨時可能。	
履修対象	博士前期課程 各学年 選択	
開講時期	集中	
場所	掲示により通知	
授業形態	その他	
目的と概要	質量分析を用いた研究に必要な質量分析学を系統的に学ぶとともに、測定・解析技術を習得し、実際の研究に役立てることを目指す。	
学習目標	質量分析の原理を他者に説明できる。 質量分析を用いた研究を展開できるようになる。	
履修条件	講義に先立って、学部で履修した力学・電磁気学(物理学)、物理化学(例、「アトキンス 物理化学」東京化学同人)、生物化学(例、「ヴォート基礎生化学(第3版)」東京化学同人)などを参考にしつつ、これまでに習得した知識の整理をしておくことが望ましい。	
特記事項	実習を伴うため、学生教育研究災害傷害保険に加入しておくこと。	
授業計画	<p>【講義内容】</p> <p><基礎></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 質量分析/質量分析装置とは 2. 質量分析に必要な物理/イオン光学の基礎知識 3. 真空排気系の基礎知識 4. イオン化法について 5. 質量分離部について 6. 検出器/データ処理について 7. MS/MSについて 8. マススペクトルの読み方 9. GC/MS, LC/MS の基礎 10. 質量分析関連基本用語 <p><応用></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 同位体比質量分析 2. 装置開発 3. ペプチド/タンパク質の構造解析 4. タンパク質翻訳後修飾基の解析 5. メタボロミクス <p><実習></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 種々の装置、イオン化法に触れてみる 	

- (磁場型、飛行時間型、四重極型、FT-ICR型, EI, CI, FAB, MALDI, ESI)
2. タンパク質の測定/解析 (MALDI-TOF, ESI-TOF)
 3. 血中代謝物の測定 (GC/MS)
 4. イメージング MS, その他.

以上の項目 (テーマ) の順序で講義・実習を進める。ただし、これは予定であり変更することがある。

【授業計画】

上記の講義内容を、8~9月に1週間(月曜日から金曜日の1~5限)の集中講義形式で行なう予定である。
日程については後日調整する。

授業外における学習 CLE で配布した資料で予復習を行うこと。

教科書 「質量分析学－基礎編－」, 豊田岐聰編, 国際文献社, ISBN: 978-4-902590-70-8

参考文献 WebCT:タンパク質研究の基礎資料

「マススペクトロメトリーってなあに」 日本質量分析学会 出版委員会編

「マススペクトロメトリー」 松田久著 朝倉書店 (1983.3)(ISBN:4-254-14024-X)

「Mass Spectrometry A Textbook」 Jurgen H. Gross, Springer(2004)(ISBN:3540407391)

成績評価 最終日に、講義と実習に関する筆記試験を行う。

コメント 系統的な講義および実践的な実習を行うので、短期間に、実践的な解析法を身につけることが可能な実践集中講座である。

実習の関係上、人数を10人程度に制限することがある。

1. 各専攻共通科目

先端的研究法:X 線結晶解析

英語表記	Advanced Research Methodology: X-Ray Crystallography
授業コード	241202
単位数	2
担当教員	今田 勝巳 居室： 栗栖 源嗣 居室： 中川 敦史 居室：
質問受付	隨時可能。
履修対象	博士前期課程 各学年 選択
開講時期	集中
場所	掲示により通知
授業形態	実習科目
目的と概要	生命活動は生体を構成する分子の機能が秩序正しく発現することによって営まれている。生体分子の機能はその高次構造に依存しており、機能を理解するためにはその構造を知ることが不可欠である。生体高分子の立体構造を決定する方法であるX線結晶解析の原理を述べる。さらに、実習で解析方法を学ぶことによって、実際の研究に役立てることを目指す。
学習目標	蛋白質の結晶化実験ができる。 X線結晶構造解析の原理を理解し、解析プログラムを使用して一連の解析作業ができるようになる。
履修条件	講義に先立って、学部で履修した物理化学(例、「アトキンス 物理化学」東京化学同人)、生物化学(例、「ヴォート基礎生化学(第3版出版)」東京化学同人)などを参考にしつつ、これまでに習得した知識の整理をしておくことが望ましい。
特記事項	実習を伴うため、学生教育研究災害傷害保険に加入しておくこと。
授業計画	<p>【内容】</p> <ol style="list-style-type: none">1.X線散乱と回折の原理 <講義>2.蛋白質結晶化 <講義><実習>3.Linux の使い方 <実習>5.X線回折データの処理 <講義><実習>6.分子置換法による位相決定 <講義><実習>7.蛋白質結晶の取扱い <実習>8.X線回折データの収集 <実習>9.分子モデル作成と構造精密化 <講義><実習>10.立体構造の分析 <講義><実習> <p>以上の項目(テーマ)の順序で講義・実習を進める。ただし、これは予定であり変更することがある。</p> <p>【授業計画】</p> <p>上記の講義内容を、8~9月に1週間(月曜日から金曜日の1~5限)の集中講義形式で行なう予定である。</p> <p>日程については後日調整する。</p>

授業外における学習　実践的な実習を集中して行うので、当日の内容を必ず復習すること。

教科書

参考文献	Principles of Protein X-ray Crystallography」 J. Drenth, Springer-Verlag 「タンパク質の X 線結晶解析法(第 2 版)」竹中章郎・勝部幸輝・笛田義夫・若槻壮市訳、シュプリンガー・ファーク東京(2008)(ISBN:4431707638) 「生命系のための X 線解析入門」平山令明訳、化学同人(2004)(ISBN:475980949X) 「タンパク質の X 線解析」佐藤衛著、共立出版(1998)(ISBN:432005489X) 「Protein Crystallography」 T. L. Blundell and L. N. Johnson, Academic Press (1976)
成績評価	実習の態度、理解度、および講義と実習に関するレポートにより評価する。
コメント	系統的な講義および実践的な実習を行うので、短期間に、実践的な解析法を身につけることが可能な実践集中講座である。

1. 各専攻共通科目

先端的研究法:NMR

英語表記	Advanced Research Methodology: Nuclear Magnetic Resonance (NMR)
授業コード	241203 ナンバリング:
単位数	2
担当教員	上垣 浩一 居室: 林 文晶 居室: 村田 道雄 居室: 梅川 雄一 居室:
質問受付	隨時可能。
履修対象	博士前期課程 各学年 選択
開講時期	集中
場所	掲示により通知
授業形態	
目的と概要	NMR に焦点を当てて、生体分子の機能解析を行う上で必須となるタンパク質・ペプチド等の立体構造解析の基礎的理論と解析方法を習得し、実際の研究に役立てることを目指す。
学習目標	
履修条件	講義に先立って、学部で履修した物理化学(例、「アトキンス 物理化学」東京化学同人)、生物化学(例、「ウォート基礎生化学(第2版; 第3版出版予定)」東京化学同人)などを参考にしつつ、これまでに習得した知識の整理をしておくことが望ましい。
実習を伴うため、学生教育研究災害傷害保険に加入しておくこと。	
特記事項	
授業計画	<p>【講義内容】</p> <p><基礎></p> <ol style="list-style-type: none">1.NMR 入門2.核磁気共鳴の原理3.パルスフーリエ変換 NMR4.化学シフト5.スピニ-スピニ結合6.緩和現象(縦緩和と横緩和)7.化学交換8.核オーバーハウザー効果9.多重パルスの実験10.多次元 NMR11.パルス磁場勾配12.ペプチドの解析(アミノ酸の帰属と連鎖帰属)13.NOE によるペプチドの立体構造構築法14.シュミレーティッドアニーリング法15.固体 NMR の基礎(双極子相互作用、四極子相互作用、化学シフト異方性)16.マジック角回転17.固体 NMR の生体試料への応用 <p><実習></p> <ol style="list-style-type: none">1.ペプチド中の各アミノ酸の帰属と連鎖帰属2.NOE シグナルのピッキングと距離拘束ファイルの作成

- 3.SA 法による立体構造の構築
4. 講造の精密化
5. 固体 NMR 測定実習 (試料形状とスペクトル、PC による解析)

以上の項目 (テーマ) の順序で講義・実習を進める。ただし、これは予定であり変更することがある。

【授業計画】

上記の講義内容を、8~9月に1週間(月曜日から金曜日の1~5限)の集中講義形式で行なう予定である。

日程については後日調整する。

授業外における学習	日頃より、修士論文研究などで使用している(使用する可能性のある)NMR 実験の背景などを調べておくといい。
教科書	配布資料を用いて講義を行う。
参考文献	WebCT:タンパク質研究の基礎資料

「これならわかる NMR」安藤喬志、宗宮創著 化学同人(1997.7)(ISBN:4-7598-0787-X)

「たんぱく質と核酸の NMR-二次元 NMR による講造解析」K.Wuthrich 著、京極好正、小林祐次訳 東京化学同人(1991.4)(ISBN:4-8079-0349-7 C-CODE3043 NDC464.27)

「Protein NMR Spectroscopy.Principles and Practice」J.Cavanagh、W.J.Fairbrother、A.G.Palmer III、N.J.Skelton 著 Academic Press

成績評価	講義への積極的な参加、実習等により総合的に評価する。
コメント	系統的な講義および実践的な実習を行うので、短期間に、実践的な解析法を身につけることが可能な実践集中講座である。生化学分野の基礎知識をもつ学生が望ましい。

1. 各専攻共通科目

ナノマテリアル・ナノデバイスデザイン学

英語表記	Nano-mateirals and nano-device design	
授業コード	241256	ナンバリング：
単位数	1	
担当教員		
	吉田 博	居室：
	黒木 和彦	居室：
	草部 浩一	居室：
	福島 鉄也	居室：
	佐藤 和則	居室：
	小口 多美夫	居室：
	白井 光雲	居室：
	糸田 浩義	居室：
	笠井 秀明	居室：
	Dino Wilson Agerico Tan	居室：
	中西 寛	居室：
	森川 良忠	居室：
	後藤 英和	居室：
	稻垣 耕司	居室：
	木崎 栄年	居室：
	下司 雅章	居室：
	濱本 雄治	居室：
	浜田 典昭	居室：
	赤井 久純	居室：
質問受付	オフィスアワーは設けていないが、ナノプログラム事務局を通じて電子メールで実習担当講師に質問することが可能である。	
履修対象	理学研究科 博士前期課程 各学年 選択	
開講時期	集中	
場所	その他	
授業形態	実習科目	
目的と概要	第一原理計算や量子シミュレーション、物性理論的手法により新機能を持つナノマテリアルやこれを用いたナノデバイスの設計を行うための理論的基礎および実践的基礎プログラムを提供する。	
学習目標	コンピュテーションナル・マテリアルズ・デザインの基本となる最先端の計算手法を学び、実際にマテリアルズ・デザインを体験することにより、物質科学の新しいパラダイムに対応できる基礎能力を身に着けることができる。	
履修条件	特になし	
特記事項	特になし	
授業計画	<p>【講義内容】</p> <p>次の5つのチュートリアルリアルコースのうち1つを選択する。</p> <p>(1) 計算機ナノマテリアルデザイン基礎チュートリアル:ナノ構造のマテリアルデザインを目指した量子シミュレーションやナノデバイス応用のための量子シミュレーション手法の基礎を修得するための集中演習(講義の実習の併用)を行う。現実物質の電子状態や物性予測ができるまでトレーニングする。</p>	

- (2) 計算機ナノマテリアルデザイン専門チュートリアル:ナノ構造のマテリアルデザインを目指した量子シミュレーションやナノデバイス応用のための量子シミュレーション手法の専門的知識を修得するための集中演習(講義の実習の併用)を行う。具体的な例題を選び電子状態計算や物性予測、デバイスデザインのためのデータベース蓄積法などをトレーニングする。
- (3) 計算機ナノマテリアルデザイン先端チュートリアル:ナノ構造のマテリアルデザインを目指した量子シミュレーションやナノデバイス応用のための量子シミュレーション手法の先端的知識を修得するための集中演習(講義の実習の併用)を行う。先端的なマテリアルデザイン、デバイスデザインを実際にを行い、それを現実的な研究・開発に結びつける手法をトレーニングする。
- (4) 計算機ナノマテリアルデザインスーパーコンピュータチュートリアル:マテリアルデザインを行うためのベクトル化・並列化を用いた量子シミュレーション手法を学ぶとともに、実際にスーパコンピュータを用いてマテリアルデザインを行うことによって、スーパコンピューター利用マテリアルデザイン手法を修得する。
- (5) スピントロニクスデザインチュートリアル:前半はスピントロニクス分野の基礎となる磁性や関連する分野の集中講義を行い、後半には量子シミュレーションの実習を行うことによって、スピントロニクス関連物質やデバイスのデザイン手法を習得する。

授業外における学習	前もって量子力学の基礎知識について予習を行い、効率的な実習が可能となるように準備を行うこと。
教科書	「計算機マテリアルデザイン入門」(大阪大学出版会)
参考文献	プリントを配布する。
成績評価	出席とレポート、発表など
コメント	本授業科目はナノ高度学際教育プログラム履修希望者を対象としたものであり、別冊子の要領により、プログラム履修申請書を4月に提出すること。

1. 各専攻共通科目

企業研究者特別講義

英語表記	Special Lectures on Applied Research	
授業コード	241674	ナンバリング：
単位数	0	
担当教員	佐藤 尚弘 居室： c445 電話： (06)6850-5461 Fax： (06)6850-5461 Email： tsato@chem.sci.osaka-u.ac.jp	
質問受付		
履修対象	博士前後期課程 全ての学年を対象 修了要件外	
開講時期	秋～冬学期 木 3 時限	
場所	理/F102 講義室	
授業形態		
目的と概要	企業研究所の管理職の方々に伺うと、理学研究科の出身者は科学の基礎がしっかりとしていて企業研究所でも十分活躍できる素養を持っている一方、視野が狭く融通が利かないことも少なくない(特に、博士後期課程修了者にその傾向が強い)という印象を持っておられる。理学研究科の大学院生の多くは、研究に興味を持っているが、その研究によって社会にどのように貢献できるかについてあまり関心がないためではないか。この講義では、企業研究所への就職希望者にキャリアパスを示すとともに、大学院で何を身につけておくべきかを明確にすることを目的とする。具体的には、企業研究所で活躍されている理学研究科出身のOBを中心にお呼びして、企業の研究者は何を求められており、企業研究所で活躍するにはどのような素養が必要か、また理学研究科での研究経験をどのようにして企業で生かすかについて語ってもらい、毎回企業研究者として生きていくうえでの疑問や不安についてディスカッションを行う。	
学習目標	大学院生の将来についてのキャリアパスが見通せるようになり、企業研究者としてどのように進めばよいかの指針が得られる。	
履修条件		
特記事項		
授業計画	毎回、企業研究所で活躍されている理学研究科出身のOBを中心に招へいし、企業の研究者は何を求められており、企業研究所で活躍するにはどのような素養が必要か、また理学研究科での研究経験をどのようにして企業で生かすかについての講義とディスカッションを行う。	
授業外における学習	毎回の講演で紹介された企業の研究動向について、インターネットなどにより調べる。	
教科書		
参考文献		
成績評価	出席、ディスカッションへの参加、毎回提出するワークシートの内容により評価する。	
コメント		

(1学期) 実践科学英語

英語表記	Practical Scientific English
授業コード	241675
単位数	1
担当教員	中嶋 悟 居室： 梶原 康宏 居室：
質問受付	隨時.
履修対象	理学研究科 各専攻 博士前期過程・博士後期課程 各学年 選択
開講時期	春～夏学期 月5時限
場所	理/F102 講義室
授業形態	講義科目
目的と概要	大学院学生が行っている研究内容を英語で表現し、国際学会などで英語で発表し討論する実践的な能力を養成するため、自身の研究内容を英語でプレゼンテーションし、質疑応答を英語で行う。
学習目標	大学院学生一人一人が、研究内容のプレゼンテーションを英語で行い、質疑応答を英語で行うことを通じて、実践的な科学英語を習得し、国際学会などの発表ができるようになる。
履修条件	特になし。
特記事項	特になし。
授業計画	1.4月10日(月)1) 授業の概要説明(日本語)2) 英語による論文の書き方とプレゼン法 2.4月17日(月)各人の研究内容を英語スライドで英語でプレゼンし、英語の質疑応答をする。 3.4月24日(月)各人の研究内容を英語スライドで英語でプレゼンし、英語の質疑応答をする。 4.5月8日(月)各人の研究内容を英語スライドで英語でプレゼンし、英語の質疑応答をする。 5.5月15日(月)各人の研究内容を英語スライドで英語でプレゼンし、英語の質疑応答をする。 6.5月22日(月)各人の研究内容を英語スライドで英語でプレゼンし、英語の質疑応答をする。 7.5月29日(月)各人の研究内容を英語スライドで英語でプレゼンし、英語の質疑応答をする。 8.6月5日(月)各人の研究内容を英語スライドで英語でプレゼンし、英語の質疑応答をする。 まとめ。
授業外における学習	日常的に自身の研究内容に関連する英語文献を読み、自身の研究内容を英語で書き、発表する準備をしておく。
教科書	特になし。
参考文献	特になし。
成績評価	各人の研究内容を英語スライドで英語でプレゼンし、英語の質疑応答の内容、さらに他の学生のプレゼンへの質疑応答の内容などによって評価する。
コメント	理学研究科内のすべての専攻の大学院学生を対象とする。

1. 各専攻共通科目

研究者倫理特論

英語表記	Ethics for Researchers	
授業コード	241686	ナンバリング：
単位数	0	
担当教員	梶原 康宏 居室：	
質問受付	メールで事前連絡	
履修対象	大学院博士前、後期課程 大学院博士前1年、後期課程1年を主に対象とする。履修していないものは2、3年時でも可 修了要件ではないが、履修することを理学研究科として勧める	
開講時期	集中	
場所	理/D501 大講義室	
授業形態	講義科目	
目的と概要	研究者として活動する際に問われる、倫理について、特に研究不正、データ捏造など具体例をあげて規範を理解するための講義をする	
学習目標	研究者として今後活動する際に問われる、倫理について、特に研究不正、データ捏造など研究者として必要な規範を理解する	
履修条件	大学院生であれば誰でも可	
特記事項	講義と討論を組み合わせて実施	
授業計画	1:研究者の倫理 1 2:研究者の倫理 2 3:研究不正 4:データのねつ造 5:研究費の使用と不正 6:研究不正をしないための規範 1 7:研究不正をしないための規範 2	
授業外における学習	指導教官と機会をつくり討論することを勧める	
教科書	スライド形式で講義	
参考文献	特になし	
成績評価	出席をもって単位とする	
コメント	本研究者倫理特論は、理学研究科で研究を実施する上で必要不可欠な講習と位置づけている	

科学論文作成概論

英語表記	Introductory Science Research Writing	
授業コード	241714	ナンバリング：
単位数	0	
担当教員	佐藤 尚弘	居室： c445 電話： (06)6850-5461 Fax： (06)6850-5461 Email： tsato@chem.sci.osaka-u.ac.jp
質問受付		
履修対象		
開講時期	集中	
場所	理/D501 大講義室	
授業形態		
目的と概要	<p>研究者にとって、科学論文を書くことは、自身の研究成果を世に問う機会として重要であるが、その書き方についての基本を学ぶ機会は、日本の大学院教育では少ない。大学院生にとって、学位論文作成が最重要課題のひとつであることを考えれば、科学論文作成法に関する講義は必要であろう。この講義では、科学論文作成法の基本を学ぶことを目的とする。</p> <p>講義では、まず研究者にとって科学論文を書くことの目的は何か、また科学論文を書くことによって社会にどのような貢献をしているかについて議論・考察する。そして、投稿論文の書き方について講義し、最後に研究者として研究を続けるには、科学論文とどのようにかかわるべきかについて議論する。</p>	
学習目標	一人の独立した研究者として世に出るために、必要最低限の科学論文作成のための知識を身に着ける。	
履修条件		
特記事項		
授業計画	<ol style="list-style-type: none"> オリエンテーション/科学論文について考え、定義する。 学術論文の書き方①データを取得する。 学術論文の書き方②論文の構成について。 学術論文の書き方 3 投稿論文の準備 査読者との付き合い方 研究者として研究を続けるために ディスカッション 	
授業外における学習		
教科書		
参考文献	<p>これから論文を書く若者のために/酒井 聰樹 理系のための研究者の歩き方/長谷川 健 アクセプトされる論文の書き方/上出 洋介 世界に通じ科学英語論文の書き方/R.A. Day B. Gastel 三宅成樹 訳 http://www.elsevier.com/__data/assets/pdf_file/0016/175012/scopus_aw_sd_201110.pdf http://www.elsevier.com/__data/assets/pdf_file/0008/175139/tsuneyoshi_kyushu.pdf</p>	
成績評価	出席および授業中に提出される課題の達成度により評価する。	

1. 各専攻共通科目

(リバネスから) 講義内で実施するワークシートへの記述をもって出席とし、記述内容から講義への参加度合いを測定し、それらを踏まえた評価を行う。

コメント 簡単な実験を行い、その結果をまとめることを通して、研究者が論文を書く意義や、投稿するために必要な準備などをひと通りお伝えします。研究者にとって必要な活動を俯瞰的に見るチャンスとなりますので、ぜひ参加してください。

科学英語基礎

英語表記	English Communication Skills for Science Students
授業コード	249609 ナンバリング：
単位数	1
担当教員	今野 一宏 居室： E.M. ハイル 居室：
質問受付	
履修対象	理学研究科 博士前期課程 各学年 選択
開講時期	秋～冬学期 月 5 時限
場所	サイバー CALL 教室 3
授業形態	
目的と概要	The focus of this course is to improve writing and discussion skills.
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Be able to read and understand newspaper articles on scientific topics in English. 2. Be able to answer comprehension questions from the articles. 3. Be able to communicate ideas and opinions effectively in English.
学習目標	Be able to communicate with others in English.
履修条件	
特記事項	
授業計画	【講義内容】 The focus of this course is to improve writing and discussion skills. Students will be expected to read various thought-provoking articles and answer comprehension and discussion questions for homework. The discussion topics will be largely science based, but some may be related to social issues. There will be several writing assignments during the semester to be done as homework. In-class tasks will be centered on discussing the reading materials and related issues. However, writing and note-taking skills may also be addressed.
授業外における学習	Students are expected to do writing assignments as homework in order to discover, examine, and test their ideas.
教科書	Class materials will be distributed in class by the instructor or be made available on the class website.
参考文献	
成績評価	Grades will be based on homework, tests, and writing assignments, as well as attendance and class participation.
	Regular attendance is a requirement for this course. More than 5 absences will result in an 'F'.
コメント	25人程度のクラス編成とする。受講を希望する者は掲示に注意すること。

1. 各專攻共通科目

1.2 後期課程

産学リエゾンPAL 教育研究訓練

英語表記	Academia-Industry Liaison Project-Aimed Learning	
授業コード	241325	ナンバリング：
単位数	5	
担当教員	伊藤 正 小川 久仁 Email : ogawa.hisahito@insd.osaka-u.ac.jp 菰田 卓哉	居室： 居室： 文理融合型研究棟 電話： 6397 居室：
質問受付	テーマ毎に指定する。	
履修対象	博士後期課程 各学年 選択	
開講時期	集中	
場所	基/G217	
授業形態	演習科目	
目的と概要	企業との間で人材育成に関して包括的連携契約を結び、プロジェクト指向型の課題を企業側と大学側コーディネーターの討議に基づきテーマを選定し、1年の期間で、企業人、担当教員と学生との討論を含めて産学連携教育・プロジェクト指向研究訓練・インターンシップなどを実施する。コーディネーターの指導と守秘義務の下に企業人を含めた研究討論会を実施するなどの企画・報告活動にも重点を置き、これらの活動を通じて、特に企業における研究開発活動の見識を持った有能な博士人材を育成することを目的とする。複数の教育研究訓練プログラムテーマの中からいざれかを選択し、大学院高度副プログラムの指定科目として履修する。	
学習目標	企業において研究開発活動に必要な見識を育むことができる。	
履修条件	本学の大学院後期課程に在籍している大学院学生で、ナノサイエンス・ナノテクノロジー分野で将来研究・開発・教育に携わることを志す者を対象とする。所属研究科の博士研修(主専攻)とは別に副プログラムとして付加的に受講するので、十分な意欲が必要であり、現在博士後期課程1、2年に在学中が最もふさわしい時期と言える。希望者は本プログラムの趣旨とテーマ内容の概要を参考にして、説明会開催時期、課題内容、履修条件などの詳細をホームページ上で必ず確認の上、テーマ説明会での指示に従って主専攻の指導教員の許可を得て、センターが定める書類「ナノ高度学際教育研究訓練プログラム履修申請書(後期課程用)」をナノプログラム事務局に直接提出すること。出願締切り時期は、ナノ高度学際教育研究訓練プログラムのホームページに掲載する。 http://www.insd.osaka-u.ac.jp/nano/	
特記事項	産学リエゾン PAL 教育研究訓練は、1週間に1回程度(集中の場合もあり)の割で企業併任特任教授と学内教員の共同指導の下に、企画討論、研究実施、中間報告、企業でのインターンシップ、企業の若手研究者との交流等を経て、最終報告書作成に至る1年間の長期科目である。研究訓練では、より企業との共同研究的色彩が強くなる。	
授業計画	<p>【講義内容】</p> <p>1週間に1回程度(集中の場合もあり)の割で企業併任特任教授と学内教員の共同指導の下に、企画討論、研究実施、中間報告、企業でのインターンシップ、企業の若手研究者との交流等を経て、最終報告書作成に至る1年間の長期科目である。研究訓練では、より企業との共同研究的色彩が強くなる。今年度は以下のテーマを含む複数テーマを開講する予定である。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) シングルアトム触媒 (テーマ提供:パナソニック(株)) 2) 有機機能材料の界面制御とデバイスへの応用 (テーマ提供:ウシオ電機(株)) <p>【授業計画】</p>	

1. 各専攻共通科目

1) シングルアトム触媒 (テーマ提供:パナソニック(株))(指導担当:(パナソニック(株)) 相澤将徒特任教授、(ナノサイエンスデザイン教育研究センター) 小川久仁特任教授):本テーマでは創エネルギー技術で重要となる酸素や二酸化炭素の還元反応に対して、高活性なシングルアトム触媒に対するコンセプト立案を実験や計算を通じて行うことを目的とする。

2) 有機機能材料の界面制御とデバイスへの応用 (指導担当:(ウシオ電機(株)) 萩田卓哉特任教授、(ナノサイエンスデザイン教育研究センター) 小川久仁特任教授):有機機能材料の界面制御についての調査研究を通じて、新たなデバイスの可能性を研究する。

詳しくは、http://www.insd.osaka-u.ac.jp/nano/01_daigaku/index.html の博士後期課程シラバス参照のこと。

授業外における学習 テーマ内容や必要に応じて企業見学やインターンシップを行う場合がある。

教科書	必要に応じてテーマ毎に指定する。
参考文献	必要に応じてテーマ毎に指定する。
成績評価	研究の計画、調査、実施、報告、進捗状況などの日頃の活動内容と、最終報告会・レポート・論文発表などを総合して成績を評価する。
コメント	本科目を含めて大学院高度副プログラム・副専攻プログラム「ナノ高度学際教育研究訓練プログラム(博士後期課程)」の所定の科目、単位数を取得すると高度副プログラム・副専攻プログラム認定を受けることができ、学位授与の際に主専攻の学位に加えて授与される。従って、本科目単独履修では認定資格はないが、産学リエゾン PAL 教育研究訓練、高度学際萌芽研究訓練については、センター長によるナノ高度学際教育研究訓練プログラム修了認定証が発行される。

高度学際萌芽研究訓練

英語表記	Advanced Multi-disciplinary Exploratory Research
授業コード	241326
単位数	5
担当教員	伊藤 正 居室： 竹田 精治 居室： 市川 聰 居室： 森川 良忠 居室：
質問受付	テーマ毎に指定する。
履修対象	博士後期課程 各学年 選択
開講時期	集中
場所	基/G217
授業形態	演習科目
目的と概要	ナノデザイン、ナノプロパティー、ナノプロセス、ナノバイオ、ナノ計測領域において、関係教員(個人又はグループ)からの提案により学際萌芽的な基礎・応用研究テーマを設定し、提案教員の指導の下に、複数の専攻から大学院学生を集めて学際萌芽的な基礎・応用研究を推進することを目的としている。可能な限り場所と研究費を配分し、学生自身による研究企画・実施など博士人材として求められる研究統括能力の育成にも重点を置く。複数の教育研究訓練プログラムテーマの中からいずれかを選択し、大学院高度副プログラムの指定科目として履修する。
学習目標	自ら研究企画・実施などを行うことによって、博士人材として求められる研究統括能力を育むことができる。
履修条件	本学の大学院後期課程に在籍している大学院学生で、ナノサイエンス・ナノテクノロジー分野で将来研究・開発・教育に携わることを志す者を対象とする。所属研究科の博士研修(主専攻)とは別に副プログラムとして付加的に受講するので、十分な意欲が必要であり、現在博士後期課程1、2年に在学中が最もふさわしい時期と言える。希望者は本プログラムの趣旨とテーマ内容の概要を参考にして、説明会開催時期、課題内容、履修条件などの詳細をホームページ上で必ず確認の上、テーマ説明会での指示に従って主専攻の指導教員の許可を得て、センターが定める書類「ナノ高度学際教育研究訓練プログラム履修申請書(後期課程用)」をナノプログラム事務局に直接提出すること。出願締切り時期は、ナノ高度学際教育研究訓練プログラムのホームページに掲載する。 http://www.insd.osaka-u.ac.jp/nano/
特記事項	特になし
授業計画	<p>【講義内容】</p> <p>1週間に1回程度(集中の場合もあり)の割で学内教員の指導の下に、異分野の大学院生がナノサイエンスラボラトリーに集まって、企画討論、研究実施、中間報告等を経て、最終報告書作成に至る1年間の長期プログラムである。今年度は以下のテーマを開講する予定である。</p> <ul style="list-style-type: none"> 1) 計算機ナノマテリアル・デザイン 2) 透過電子顕微鏡によるナノ材料・先端機能性材料のナノ構造解析 3) 電子ビームリソグラフによる量子構造の創成

【授業計画】

1. 各専攻共通科目

- 1) 計算機ナノマテリアル・デザイン (指導担当:(工) 森川良忠教授、(ナノサイエンスデザイン教育研究センター) 下司雅章特任准教授):21世紀の材料科学・物質科学に欠くことのできないコンピュテーションナル・マテリアルズ・デザイン (CMD) 手法に関するチュートリアル & 実習を含むワークショップ(夏・春の年2回とも)へ参加し、この手法の可能性を展望するとともに、実際に計算機マテリアル・デザインを体験することを通じて、物質科学の新しいパラダイムに対応できる能力を身につける。さらに、自分自身の関係する研究課題にこの手法を適用し、その結果を持ち寄って発表・討論することで異分野間の学術交流を図る。
- 2) 透過電子顕微鏡によるナノ材料・先端機能性材料のナノ構造解析 (指導担当:(産) 竹田精治教授、(ナノサイエンスデザイン教育研究センター) 市川聰特任准教授):先端材料の新しい機能の発現はその局所構造に起因することが多く、機能発現メカニズムを探る上で、構造を把握することが重要となる。高分解能電子顕微鏡法 (HREM)、電子回折法、走査型透過電子顕微鏡法 (STEM)、エネルギー分散型 X 線分光法 (EDS) 等、透過型分析電子顕微鏡を駆使したナノスケール・原子スケールでの構造解析を行い、機能と構造との関係を探る。
- 3) 電子ビームリソグラフによる量子構造の創成 (指導担当:(工) 藤原康文教授、(ナノサイエンスデザイン教育研究センター) 塩谷広樹特任助教):近年の微細加工技術の進歩によりナノメートルスケールの構造を作製し、電子を2次元(細線)、3次元的(ドット)に閉じ込めることができた。このような量子細線、量子ドットにおいては量子サイズ効果や共鳴トンネル効果などの量子効果が発現する。電子ビームリソグラフをはじめとする微細加工技術を用いて2次元、3次元ナノ構造の作製を行ない、新たな光物性・電子物性・スピニ物性を探る。

授業外における学習	関係教員(個人又はグループ)との企画討論・研究実施の前に、効率的な履修が行えるよう毎回準備しておくこと。
教科書	必要に応じてテーマ毎に指定する。
参考文献	必要に応じてテーマ毎に指定する。
成績評価	研究の計画、調査、実施、報告、進捗状況などの日頃の活動内容と、最終報告会・レポート・論文発表などを総合して成績を評価する。
コメント	本科目を含めて大学院高度副プログラム「ナノ高度学際教育研究訓練プログラム(博士後期課程)」の所定の科目、単位数を取得すると高度副プログラム認定を受けることができ、学位授与の際に主専攻の学位に加えて授与される。従って、本科目単独履修では認定資格はないが、産学リエゾン PAL 教育研究訓練、高度学際萌芽研究訓練については、センター長によるナノ高度学際教育研究訓練プログラム修了認定証が発行される。

授業を受講するにあたり、特別な配慮(PC操作、ノートテイク、座席の配置、コミュニケーション方法など)を必要とする学生は、初回授業の一週間前に申し出ること。

学位論文作成演習

英語表記	Exercises for Writing Theses
授業コード	241658
単位数	0
担当教員	佐藤 尚弘 居室 :
<hr/>	
質問受付	
履修対象	
開講時期	集中
場所	その他
<hr/>	
授業形態	
目的と概要	博士後期課程では、学位論文を書くことが必須である。しかしながらややもすると、研究結果を出すのに時間がかかり、論文作成に十分な時間を費やせないことが多い。この講義では、学位論文を書くために必要な、自身の分野の研究動向を十分調べ、それを文章にまとめ上げる能力を磨くことを目的としている。 具体的には、文献調査を行い、自身の分野の研究動向を十分調べ、自分の研究との比較を行い、学位論文の序章に対応する文章を(可能な限り英語で)作成する。
学習目標	学位論文・投稿論文を独自で書ける能力の基礎を身に着ける。
履修条件	
特記事項	
授業計画	自身の分野の文献調査を行い、その研究動向を十分調べ、自分の研究との比較を行い、学位論文の序章に対応する文章を(可能な限り英語で)作成する。それを学位審査の副査予定者等に読んでもらい、その内容・文章に対してコメントしてもらう。そして、そのコメントに基づき、文章の改訂を行う。受講者自身で投稿論文を作成・投稿した場合には、それを持って、上記の課題の代わりとすることができます。
授業外における学習	学位論文の序章に対応する文章の作成およびその文章に対するコメントに基づき文章の改訂を行う。
教科書	
参考文献	
成績評価	作成した学位論文の序章に対応する文章および修正要請に対する対応によって評価する。
コメント	

1. 各専攻共通科目

高度理学特別講義

英語表記	Special Lectures on Advanced Science	
授業コード	241659	ナンバリング：
単位数	0	
担当教員	佐藤 尚弘 居室：	
質問受付		
履修対象		
開講時期	集中	
場所	その他	
授業形態		
目的と概要	各研究分野における最先端の研究動向を知ることは非常に重要である。また、その最先端の研究に従事している研究者と議論することも、研究を進めるうえで有用で刺激になる。この授業では、受講者の希望をも入れた研究者を、研究室あるいは専攻のセミナーに招聘し、そのセミナーをアレンジし、聴講する。また、別の研究室で招聘した研究者のセミナーにも参加する。	
学習目標	各研究分野での最先端の研究動向を知り、自身の研究の進め方や問題解決に役立てる。	
履修条件		
特記事項		
授業計画	受講者の希望をも入れて招聘研究者を選び、研究室あるいは専攻のセミナーをアレンジして、聴講する。また、別の研究室で招聘した研究者のセミナーにも最低2回参加する。	
授業外における学習	招聘研究者の選定およびセミナーの準備。	
教科書		
参考文献		
成績評価	セミナーへの参加状況および自身で主催したセミナーのアレンジの仕方で評価する。	
コメント		

企業インターンシップ

英語表記	Internship at Enterprises	
授業コード	241660	ナンバリング：
単位数	1	
担当教員	佐藤 尚弘	居室： c445 電話： (06)6850-5461 Fax： (06)6850-5461 Email： tsato@chem.sci.osaka-u.ac.jp
質問受付		
履修対象		
開講時期	集中	
場所	その他	
授業形態		
目的と概要	博士後期課程の学生で企業への就職希望者に対して、理学研究科ではこれまで特別な教育は行われてこなかった。企業が博士後期課程の学生をとらない傾向にある原因の一つは、非常に特殊化された研究テーマを深く研究するあまり、視野が非常に狭くなってしまう学生が多いためと考えられる。そこで、本授業では企業の研究所等で学位論文とは異なる研究に従事し、視野を広めるとともに企業研究の実情を知ることを目的とする。具体的には、1か月程度の期間、企業でインターンを体験する。大学院教育プログラム実施委員会は、受け入れてくれる企業の斡旋を行う。	
学習目標	企業に就職した場合の将来が思い描ける。企業に就職後に、インターンシップ時の経験が生かせる。	
履修条件		
特記事項		
授業計画	インターンシップの実施先で、研究計画の立案、研究の実施、研究結果の解析と考察、およびインターンシップ先の指導員との議論を行う。	
授業外における学習	インターンシップの実施期間中は、授業外でも上記の授業計画に記載の事柄を行う。	
教科書		
参考文献		
成績評価	企業でのインターンシップに参加し、そこで行った研究課題等に関するレポートの提出で成績評価する。	
コメント		

1. 各専攻共通科目

海外短期留学

英語表記	Short-term Oversea Studies	
授業コード	241661	ナンバリング：
単位数	2	
担当教員	佐藤 尚弘 居室： c445 電話： (06)6850-5461 Fax： (06)6850-5461 Email： tsato@chem.sci.osaka-u.ac.jp	
質問受付		
履修対象		
開講時期	集中	
場所	その他	
授業形態		
目的と概要	1～3か月程度の海外留学により外国での研究を体験し、外国人研究者との交流や外国文化に対する理解を深めることを目的とする。	
学習目標	外国での研究経験が積め、研究のやり方や考え方を理解できるようになる。	
履修条件		
特記事項		
授業計画	短期留学先で、研究計画の立案、研究の実施、研究結果の解析と考察、および留学先の指導者との議論を行う。	
授業外における学習	短期留学期間中は、授業外でも上記の授業計画に記載の事柄を行う。	
教科書		
参考文献		
成績評価	短期留学中に行った研究課題等に関するレポートの提出で成績評価する。	
コメント		

2 物理学専攻 A, B, C コース共通

2.1 前期課程

2. 物理学専攻 A, B, C コース共通

複雑系物理学

英語表記	Complex Systems	
授業コード	240178	ナンバリング： 24PHYS5F309
単位数	2	
担当教員	渡辺 純二	居室： 生命機能研究科・ナノバイオロジー棟 2 階 電話： 4602 Email： junw@fbs.osaka-u.ac.jp

質問受付

履修対象	物理学専攻 博士前期課程 各学年 選択
開講時期	秋～冬学期　火 2 時限
場所	理/B301 講義室
授業形態	講義科目

目的と概要	液体、ガラス、高分子、タンパク、生体などの複雑系においては、フェムト秒程度から始まる広範な時間スケールのゆらぎや緩和過程が存在し、物性、反応過程、相転移現象、機能発現などに重要な役割を果たしている。これらを調べるために威力を発揮する光学的実験手法について、その基礎から最新の研究までを講義する。
学習目標	複雑系におけるゆらぎや緩和過程を調べる各種の光学的実験手法の原理を説明することができ、それらの実験結果を解析することができる。

履修条件

特記事項

授業計画

1. イントロダクション、光学過程の基礎
2. 光学過程の基礎
3. 光学過程の基礎
4. 光学過程におけるコヒーレンスとゆらぎ・緩和現象
5. 光学過程におけるコヒーレンスとゆらぎ・緩和現象
6. 揺動散逸定理と光学過程
7. 揆動散逸定理と光学過程
8. レーザーの特性
9. レーザーの特性
10. 各種の線形・非線形分光実験法
11. 各種の線形・非線形分光実験法
12. ゆらぎのマルコフ性と緩和現象
13. ゆらぎのマルコフ性と緩和現象
14. ミクロからマクロへ
15. ミクロからマクロへ

授業外における学習	講義の中で基礎的事項の説明や関係式の導出等の演習を課すので、やってみること。その中で、いくつかの重要なものについてはレポートとして提出する。
教科書	なし
参考文献	授業時に紹介する。
成績評価	基礎的事項の説明や関係式の導出等の演習問題を解いてレポートとして提出する。 レポート 60%、出席 40%。
コメント	

非線形物理学

英語表記	Nonlinear Physics			
授業コード	240181	ナンバリング： 24PHYS5F315		
単位数	2			
担当教員	吉野 元	居室： サイバーメディアセンター豊中教育研究棟 6F 614 電話： 6841 Fax： 6842 Email： yoshino@cmc.osaka-u.ac.jp		
質問受付				
履修対象				
開講時期	秋～冬学期 月3時間			
場所	理/E201 講義室			
授業形態	講義科目			
目的と概要	液体の凍結によってできるガラスや粉体のジャミング状態をはじめとする広い意味でのガラス、乱れた固体状態はソフトマター物理から固体物理にまたがる幅広い領域で見られる。またこれらの問題は、最適化問題、制約充足問題、機械学習など、情報統計力学の問題と深い関わりを持ち、学際的な広がりを示している。この講義ではこれらの諸問題の背後に潜む「多重安定性」、それによって引き起こされる様々な興味深い非線形現象を議論する。そのための基礎理論としてランダム系の統計力学の研究で開発してきたレプリカ法、動的平均場理論、キャビティ法 (Belief Propagation) などの理論について講義する。			
学習目標	ランダム系の統計力学の理論手法を理解し、これを物性物理および情報統計力学諸問題へ応用できる。			
履修条件				
特記事項				
授業計画	<ol style="list-style-type: none"> 導入 - ランダム系の統計力学の眺望 :ガラス転移から機械学習まで ランダムエネルギー模型とその厳密解 スピングラス相転移と Edwards Anderson 模型 キャビティ法あるいは Belief Propagation と TAP 方程式の導出 レプリカ理論 (1) - レプリカ対称解 レプリカ理論 (2) - 1段階のレプリカ対称性の破れ レプリカ理論 (3) - 連続的なレプリカ対称性の破れ 動的平均場理論 (1) Martin-Siggia-Rose の generating functional の方法 動的平均場理論 (2) Mode Coupling Theory 動的平均場理論 (3) 非平衡ダイナミックス - エイジング、レオロジー 制約充足問題 - K-SAT 問題、グラフ彩色問題 パーセプトロンと機械学習 (1) ガードナー容量 パーセプトロンと機械学習 (2) 学習アルゴリズム ガラス・ジャミング転移のクローン液体論 (1) 密度汎関数理論とレプリカ法 ガラス・ジャミング転移のクローン液体論 (2) 剛体球系におけるガラス転移とジャミング転移 			
授業外における学習				
教科書				
参考文献	Ludovic Berthier and Giulio Biroli, Theoretical perspective on the glass transition and amorphous materials. Reviews of Modern Physics 83.2 (2011): 587.			

西森秀穂 「スピングラス理論と情報統計力学」 (岩波書店,1999)

Marc Mezard and Andrea Montanari Information, Physics, and Computation, (Oxford, 2009)

成績評価 授業への参加 60%, レポート 40% による。

コメント

原子核反応論

英語表記	Nuclear Reaction Theories	
授業コード	241346	ナンバリング： 24PHYS5F306
単位数	2	
担当教員	緒方 一介	居室：
質問受付	e-mail で隨時対応。	
履修対象	物理学専攻 博士前期課程 各学年 選択	
開講時期	春～夏学期 月 2 時限	
場所	理/E310 講義室	
授業形態	講義科目	
目的と概要	原子核の反応を描述する理論的枠組みを解説する。古典力学的なラザフォード散乱から、天体内における元素合成過程まで、様々な反応現象を取り扱い、実験データとの比較および現象の物理的解釈に重点を置いた講義を行う。	
学習目標	断面積、フェルミの黄金律、アイコナール近似、チャネル結合法といったキーワードを自らの言葉で説明できるようになる。	
履修条件	量子力学の基本的な内容を習得していること。	
特記事項		
授業計画	<ol style="list-style-type: none"> 1. 断面積とは何か？ 2. ラザフォードによる原子核の発見 3. 弹性散乱の量子力学的記述 4. 平面波近似に基づく反応解析と原子核の密度分布 5. アイコナール近似に基づく反応解析 6. 全反応断面積で探る不安定核の性質 7. チャネル結合法と光学ポテンシャルの起源 8. 散乱問題の純量子力学的解法 9. 連続状態離散化チャネル結合法を用いた宇宙元素合成研究 <p>以上の項目(テーマ)の順序で講義を進める。ただし、これは予定であり変更することがある。</p>	
授業外における学習	定期的に教場試験やレポートを課すので、毎回の授業内容を確実に復習しておくこと。	
教科書	緒方一介/量子散乱理論への招待—フェムトの世界を見る物理—/共立出版株式会社/978-4-320-03600-0 (2017年3月発売予定)	
参考文献	<p>「散乱の量子論」砂川重信著(岩波オンデマンドブックス) 「原子核反応論」河合光路・吉田思郎著(朝倉書店)</p>	
成績評価	教場試験、レポート、出席点に基づいて総合的に評価する。	
コメント	<ul style="list-style-type: none"> ・原則として、受講中のノートパソコン・タブレット等の使用は禁止とする。 ・飲食も同様に禁止とする。 	

レーザー物理学

英語表記	Laser Physics	
授業コード	241427	ナンバリング： 24PHYS5F302
単位数	2	
担当教員	重森 啓介	居室：
<hr/>		
質問受付		
履修対象		
開講時期	春～夏学期	月 3 時限
場所	理/D301	講義室
<hr/>		
授業形態		
目的と概要	レーザーの基本的原理と特徴を概観し、線形および非線形媒質、あるいはいくつかの光学素子中での光伝搬について論じ、レーザーシステムにおける光波制御の基礎的理解を深める。	
学習目標	さまざまな用途で使用されているレーザー装置の原理を理解するだけでなく、レーザーの原理・物理を一から理解することにより、受講学生がレーザー・量子エレクトロニクスの仕組みの応用までを視野に入れる知識を得ることを目標とする。	
履修条件		
特記事項		
授業計画	<p>【講義内容】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 第 1 章 レーザーの概要 2. 第 2 章 コヒーレント光学 3. 第 3 章 共振器モード 4. 第 4 章 光と物質の相互作用 1 古典論的相互作用での光の吸収・放出 5. 光と物質の相互作用 2 コヒーレント相互作用 6. 光と物質の相互作用 3 2 準位系の密度行列表示 7. 第 5 章 レーザー動作の原理 8. 第 6 章 レーザー発振理論 1 レート方程式 9. レーザー発振理論 2 半古典理論 10. 第 7 章 光システム制御 11. 第 8 章 非線形光学 12. 第 9 章 レーザーの具体例 13. 装置見学 激光 XII 号 レーザー装置 (レーザーエネルギー学研究センター) 	
授業外における学習		
教科書		
参考文献	レーザー物理入門, 霜田光一著, 岩波書店 レーザーの科学, 丸善	
成績評価	レポート (合計 5 回, 各 20%) にて評価する。	
コメント		

3. 物理学専攻 A コース (理論系 : 基礎物理学・量子物理学コース)

3 物理学専攻 A コース (理論系 : 基礎物理学・量子物理学コース)

3.1 前期課程

場の理論序説

英語表記	Introduction to Field Theory		
授業コード	240161	ナンバリング：	24PHYS5F304
単位数	2		
担当教員	浅川 正之 居室：		
質問受付	可能な場合は、いつでも質問は受け付ける(メールで予め連絡を取ることが望ましい)		
履修対象	大学院博士前期課程 各学年 選択		
開講時期	春～夏学期 月3時限		
場所	理/D303 講義室		
授業形態	講義科目		
目的と概要	相対論的量子力学と場の理論入門		
学習目標	相対論的量子力学と場の理論の初步について理解することができる。		
履修条件	量子力学1、2は履修、習得していること。量子力学3も履修していることが望ましい。 特殊相対性理論の基礎(ローレンツ変換)も勉強していること。		
特記事項			
授業計画	1～3 第二量子化 4. 作用原理とネーターの定理 5～7. スカラー場の量子化と生成消滅演算子 8～10. ディラック方程式とその性質 11～13. ディラック場の量子化 14～15. 電磁場の量子化 以上は予定であり、進度に応じて変更する場合がある。		
授業外における学習	講義内容の理解度を確認するための演習問題を課す。それを解いて、レポートとして提出する。		
教科書			
参考文献	藪博之「多粒子系の量子論」(裳華房) 日笠健一「ディラック方程式(相対論的量子力学と量子場理論)」(サイエンス社) 西島和彦「相対論的量子力学」(培風館) 坂本真人「場の量子論(不变性と自由場を中心として)」(裳華房)		
成績評価	宿題(40%)、期末試験(60%)		
コメント	この講義は、学部と大学院の共通講義である。		

3. 物理学専攻 A コース (理論系 : 基礎物理学・量子物理学コース)

一般相対性理論

英語表記	General Relativity		
授業コード	240165	ナンバリング :	24PHYS5F300,24EASS5F300
単位数	2		
担当教員	藤田 裕 居室 :		
質問受付	隨時		
履修対象	各学年 選択		
開講時期	春～夏学期 金2時限		
場所	理/E310 講義室		
授業形態			
目的と概要	一般相対性理論の基本原理の説明、数学的準備の後に重力場のインシュタイン方程式を導出する。一般相対性理論の基礎に重きを置き、ブラックホール、重力波等々の、より今日的な話題を取り上げる。		
学習目標	一般相対性理論の基礎を理解し、時空の幾何の取り扱いに慣れる。		
履修条件	力学、解析力学、特殊相対論、物理数学などを十分修得していること。		
特記事項			
授業計画	<p>【講義内容】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 一般相対性理論の考え方 2. 反変ベクトル、共変ベクトル 3. 共変微分 4. 曲率 5. 自由粒子の運動 6. 測地線 7. エネルギー・運動量テンソル 8. 弱い重力場 9. 重力場の方程式 10. シュバルツシルト解 11. 時間の遅れと赤方偏移 12. 粒子の運動 13. 重力波 14. 平面波の伝搬 15. 重力波のエネルギー 		
授業外における学習	時間の都合上、授業中には式の導出を完全に行うことができないので、復習を兼ねて各自で行うこと。		
教科書	特になし		
参考文献	<p>佐藤勝彦:「相対性理論」岩波書店(1996) 須藤靖:「一般相対論入門」日本評論社(2005) 三尾典克:「相対性理論」サイエンス社(2007) 佐々木節:「一般相対論」産業図書(1996) 佐藤文隆:「相対論と宇宙論」サイエンス社(1981) ランダウ・リフシツ:「場の古典論」東京図書(1978) シュツツ:「相対論入門」丸善(1988) など</p>		
成績評価	試験により評価。		

コメント 講義の進度などにより、多少内容の入れ替えをするかもしれません。この講義は、学部と大
学院の共通講義です。

3. 物理学専攻 A コース (理論系 : 基礎物理学・量子物理学コース)

場の理論 I

英語表記	Quantum Field Theory I		
授業コード	240184	ナンバリング :	24PHYS5F308
単位数	2		
担当教員	橋本 幸士 居室 :		
質問受付	隨時。		
履修対象	物理学専攻 博士前期課程 各学年 選択		
開講時期	春～夏学期 木2 時限		
場所	理/E211 講義室		
授業形態	講義科目		
目的と概要	場の理論は素粒子物理学から物性物理学まで幅広い分野を記述する言語である。 場の量子論の基礎およびそれを用いた物理量の計算手法を学ぶ。		
学習目標	場の理論の量子化、対称性と保存則、摂動論、ファインマン図などの概念を理解し、物理量の計算ができるようになる。		
履修条件	特殊相対性理論・量子力学を履修していることを前提とする。 Dirac 方程式および電磁場のローレンツ共変形式を履修していることが望ましい。		
特記事項			
授業計画	<ol style="list-style-type: none"> 1. 場と作用原理、Euler 方程式 2. 正準量子化 3. Schrodinger 場の量子化 4. スカラー場の量子化 5. Dirac 場の量子化 6. 対称性と保存則、ネーターの定理 7. 相互作用表示と不变摂動論 8. Gell-Mann Low の公式 9. Wick の定理とファインマン図 1 10. ファインマン図 2 11. 散乱断面積 12. 散乱振幅の計算 13. 崩壊幅、寿命 14. 多体量子系と場の量子論の関係 15. まとめ 		
授業外における学習	講義内容の理解度を確認するための演習問題を課す。それを解いて、レポートとして提出する。		
教科書			
参考文献	<p>標準参考書 坂井典佑 「場の量子論」 裳華房 (2002) 江沢潤一 「量子場の理論 素粒子物理から凝縮系物理まで」 朝倉書店 (2008) ランダウ・リフシツ 「相対論的量子力学 1」 東京図書 上級参考書 M.Peskin and D.Schroeder: An Introduction to Quantum Field Theory (Addison-Wesley) V.P. ナイア 「場の量子論 基礎編」 Springer (2009) 九後汰一郎 「ゲージ場の量子論」 (I, II) 培風館</p>		
成績評価	レポート (100%)		

コメント

3. 物理学専攻 A コース (理論系 : 基礎物理学・量子物理学コース)

場の理論 II

英語表記	Quantum Field Theory II	
授業コード	240185	ナンバリング : 24PHYS5F308
単位数	2	
担当教員	山口 哲	居室 : H728 Email : yamaguchi@het.phys.sci.osaka-u.ac.jp
質問受付	随時。事前にメールにてアポイントメントを取ることが望ましい。	
履修対象		
開講時期	秋～冬学期	金3時限
場所	理/B307 講義室	
授業形態	講義科目	
目的と概要	場の理論についてさらに学習を進める。特にループ補正と繰り込み、繰り込み群、非アーベル型ゲージ理論の量子化について学ぶ。	
学習目標	ファインマン図のループ計算をし、物理量に対する補正を計算することができる。 繰り込み群について理解し、説明することができる。 ゲージ理論を共変形式で量子化し、ファインマンルールを導出することができる。	
履修条件	場の理論 I を履修し、その内容を十分に理解していること。	
特記事項		
授業計画		

1. 作用と経路積分
2. 相関関数と経路積分
3. 有効作用
4. 摂動論とファインマンルール
5. 1ループ図の次元正則化による計算
6. 繰り込み 1 : オンシェル・スキーム
7. 繰り込み 2 : MS バー・スキーム
8. 繰り込み群
9. LSZ 簡約公式
10. フェルミオン
11. Lie 群と Lie 代数
12. ゲージ理論の作用
13. ゲージ固定と Faddeev-Popov 行列式
14. BRST 対称性
15. ゲージ理論での摂動計算

授業外における学習	講義中に省略した計算過程を追ってみること。 レポート問題を出すので解いて提出すること。
-----------	--

教科書

参考文献 Srednicki, Quantum Field Theory
Peskin, Schroeder, An Introduction To Quantum Field Theory
Weinberg, The Quantum Theory of Fields, Volume 1, 2

成績評価 レポートにより評価する

コメント

3. 物理学専攻 A コース (理論系 : 基礎物理学・量子物理学コース)

物性理論 I

英語表記	Condensed Matter Theory I		
授業コード	240188	ナンバリング :	24PHYS5F305
単位数	2		
担当教員	浅野 建一 居室 :		
質問受付	隨時 (できれば Email などで予約)		
履修対象	物理学専攻 博士前期課程 各学年 選択		
開講時期	春～夏学期 水3時限		
場所	理/E304 講義室		
授業形態	講義科目		
目的と概要	固体電子論の基礎的な内容を、量子統計力学を用いて、様々な側面から理解することを目標とする。量子統計力学の基礎的事項と、線形応答の一般論について講義した後、いくつかの話題について取り上げる。この話題は聴講者の希望を調査した上で選ぶ。以下にその候補を列挙する。候補にないものでも希望があれば対応できる場合がある。		
	(1) 量子力学における対称性、そのブッロホの定理への応用 (2) 一電子近似の手法 (ハートリー・フォック近似、密度汎関数理論) (3) 物質の電磁気学の一般論 (4) 金属の電気伝導と光学応答 (5) 絶縁体・半導体の光学応答 (6) 金属における遮蔽効果、乱雑位相近似 (7) フェルミ液体論 (8) 近藤問題 (9) モットハバーード絶縁体 (10) 金属強磁性 (11) 超伝導のBCS理論 (12) 整数および分数量子ホール効果		
学習目標	固体電子論の基礎的な事項を、量子統計力学の手法を用いて取り扱える能力を身につけること。		
履修条件	量子力学および統計力学の基礎を習得していること。		
特記事項	特になし。		
授業計画	第1講: イントロダクション(1) 第2講: イントロダクション(2) 第3講: 量子統計力学の基礎(1) 第4講: 量子統計力学の基礎(2) 第5講: 線形応答理論(1) 第6講: 線形応答理論(2) 第7講: 線形応答理論(3) 第8講～第15講: 聴講者の希望によって講義内容を決定する。		
授業外における学習	予習は必要としないが、講義内容の復習が必要である。		
教科書	講義ノートを用意する。		
参考文献	講義中に随時紹介する。		
成績評価	講義中に適宜出題するレポート等を総合的に評価する。出席点を加味する場合もありうる。		

コメント ナノ高度学際教育プログラムの指定科目である。

3. 物理学専攻 A コース (理論系 : 基礎物理学・量子物理学コース)

固体電子論 I

英語表記	Solid State Theory I		
授業コード	240190	ナンバリング :	24PHYS5F305,28APPH5F305
単位数	2		
担当教員	黒木 和彦 居室 :		
質問受付	特に指定しない (できれば email 等で予約)		
履修対象	物理学専攻 博士前期課程 各学年 選択		
開講時期	春～夏学期 火 3 時限		
場所	理/E211 講義室		
授業形態	講義科目		
目的と概要	固体中においては膨大な数の電子が相互作用をしながら運動しており、その結果、様々な秩序状態が生じて興味深い物性を生み出している。 本講では、固体中の電子状態について、主として多体論的な見地から学ぶことを目的とする。 多体電子系における電子間相互作用とその理論的取扱いについて学ぶ。		
学習目標	多電子系の摂動論的手法の基礎を理解する。		
履修条件	量子力学と統計力学の基礎を理解していること。		
特記事項			
授業計画	1. 第二量子化 2-5. 熱力学ポテンシャルに対する摂動論 6-8. グリーン関数の諸性質 9-10. グリーン関数に対する摂動論 11-13. 自己エネルギーとダイソン方程式 14-15. 電子ガスなどの具体系への応用		
授業外における学習	授業中に課したレポート問題を解いて、次の週に提出する。		
教科書	指定しない。		
参考文献	講義中に随時紹介する。		
成績評価	レポートと出席状況等から総合的に評価する。適宜、試験を行う可能性がある。		
コメント			

素粒子物理学特論I

英語表記	Topics in Elementary Particle Theory I
授業コード	240193 ナンバリング： 24PHYS6F308
単位数	2
担当教員	窪田 高弘 居室：
質問受付	One can visit the instructor in his office at any time.
履修対象	
開講時期	春～夏学期 水5時限
場所	理/E304 講義室
授業形態	
目的と概要	<p>The purpose of the present course is to present:</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) thermal history of the Universe (2) gauge invariant cosmological perturbation theory (3) inflationary cosmology (4) methods of analyzing the angular power spectrum
学習目標	The goal of this lecture is to acquire the basic knowledge and calculational technique of the cosmological perturbation theory so that one can analyze the CMB data and search for promising inflationary models.
履修条件	
特記事項	
授業計画	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hubble's law, cosmic microwave background 2. Friedmann equation 3. Relativistic and non-relativistic particles, Age of the universe 4. Quantum fluctuations of matter fields 5. Gauge invariance and gauge fixing, Perturbed Einstein equation 6. Flatness and horizon problems, The idea of inflation 7. Density fluctuation generated during inflation 8. Non-Gaussianity 9. Big bang nucleosynthesis, Deuterium, Light elements 10. Baryon number generation 11. Recombination and decoupling 12. The Boltzmann equation 13. Angular power spectrum of the temperature fluctuation 14. Silk damping, Cosmological parameters 15. CMB polarization

3. 物理学専攻 A コース (理論系：基礎物理学・量子物理学コース)

授業外における学習	Choose one of the references listed below and read it very carefully and thoroughly.
教科書	No textbook will be used.
参考文献	(1) S.Weinberg, Cosmology (Oxford Univ.Pub.,2008), (2) S.Dodelson, Modern Cosmology(Academic Press, 2003), (3) D.S.Gorbunov and V.A.Rubakov, Introduction to the Theory of the Early Universe (World Sci. Pub.,2011), (4) D.H.Lyth and A.R.Liddle, The Primordial Density Perturbation (Cambridge Univ. Press. 2009) (5) M.Giovannini, A Primer on the Physics of the Cosmic Microwave Background(World.Sci.Pub., 2008)
成績評価	Exam.and/or homework
コメント	This course will be delivered in English if necessary.

素粒子物理学特論II

英語表記	Topics in Elementary Particle Theory II
授業コード	240194
単位数	2
担当教員	尾田 欣也 居室 :
<hr/>	
質問受付	
履修対象	
開講時期	秋～冬学期 木2時限
場所	理/B302 講義室
授業形態	
目的と概要	素粒子物理学の特定のトピックについて講義する。
学習目標	素粒子物理学の専門的な知識を得る。
履修条件	
特記事項	
授業計画	
授業外における学習	予習・復習がのぞましい。
教科書	
参考文献	
成績評価	レポート等で評価する。
コメント	

3. 物理学専攻 A コース (理論系 : 基礎物理学・量子物理学コース)

物性理論特論 II

英語表記	Topics in Condensed Matter Theory II: Phase Transitions		
授業コード	240198	ナンバリング :	24PHYS6F315
単位数	2		
担当教員	菊池 誠 居室 :		

質問受付	隨時、ただし事前に e-mail で確認
履修対象	物理学専攻 博士前期課程 各学年 選択
開講時期	春～夏学期 水2時限
場所	理/E304 講義室
授業形態	講義科目
目的と概要	相転移と臨界現象の理論的な基礎を学ぶ。特に現代物理学の基礎のひとつである繰り込み群の考え方を中心とする
学習目標	相転移・臨界現象を理解するための基礎概念である繰り込み群の考え方を身につける
履修条件	
特記事項	
授業計画	<ol style="list-style-type: none">1. イジングモデルの平均場理論2. ランダウの現象論3. ゆらぎの相関4. スケーリング理論5. 1次元イジングモデルの実空間繰り込み群6. スカラー場に対する Wilson-Fisher の繰り込み群と ϵ 展開

授業外における学習	
教科書	特になし
参考文献	特になし
成績評価	講義中に出す課題についてのレポートで評価。

コメント

原子核理論

英語表記	Theoretical Nuclear Physics	
授業コード	240802	ナンバリング： 24PHYS5F308
単位数	2	
担当教員	佐藤 透	居室： H521 電話： 5345 Email： tsato[at]phys.sci.osaka-u.ac.jp
質問受付	電子メールで事前に連絡することが望ましい。	
履修対象	物理学専攻 博士前期課程 1年 選択	
開講時期	春～夏学期 金1 時限	
場所	理/E201 講義室	
授業形態	講義科目	
目的と概要	ハドロン(核子、原子核、パイ中間子)と原子核・核子を標的とした反応から、標的粒子の基底状態のみならず、励起状態の構造、相互作用が解き明かされる。ここでは、これらの反応の記述について講義する。	
学習目標	ハドロン・原子核物理を研究していく際に必要となる、反応理論の基礎が学べる。	
履修条件	学部の講義で学んだ量子力学を使いこなせること。	
特記事項	特になし	
授業計画	1 ポテンシャルによる散乱、散乱振幅、断面積 2 積分方程式による散乱波動関数、Lippmann-Schwinger 方程式 3 時間に依存した散乱理論 4 S 行列、T 行列、ユニタリ性 5 遷移確率、寿命 6 ポルン近似 7 準古典近似 8 2 ポテンシャルと歪曲波 9 低エネルギー有効パラメタ 10 共鳴状態 I 11 共鳴状態 II 12 レプトン・核子反応の概要 I 13 レプトン・核子反応の概要 II 14 レプトン・原子核反応の概要 I 15 レプトン・原子核反応の概要 II	
以上の予定であるが、受講者の分野により内容を適宜変更する可能性がある。		
授業外における学習	授業中に与える課題を考えることで授業内容の理解を進めること。	
教科書	なし	
参考文献	授業中に適宜紹介する。	
成績評価	成績は出席(50%)、および課題のレポート(50%)により評価する。	
コメント	特になし	

3. 物理学専攻 A コース (理論系 : 基礎物理学・量子物理学コース)

量子多体制御物理学

英語表記	Quantum Many-Body Systems and Control	
授業コード	241428	ナンバリング : 24PHYS6F305
単位数	2	
担当教員	小林 研介 居室 :	新見 康洋 居室 :

質問受付

履修対象	物理学専攻 博士前期課程 各学年 選択
開講時期	春～夏学期 月4 時限
場所	理/E211 講義室

授業形態

授業形態	講義科目
------	------

目的と概要 本講義では、メゾスコピック系において展開してきた量子状態・多体状態の制御について、おおまかな理解を得ることを目的とする。メゾスコピック系とは、大きさが数 $10 \mu m$ 程度から数 nm 程度の固体素子（デバイス）のことである。このような系の研究は 1980 年代以降、微細加工技術の進展とともに発展し、近年のナノテクノロジー興隆の端緒を開くとともに、物性物理学における重要な研究分野の一つとなっている。この分野の最大の特長は、系を自在にデザインすることによって、量子効果が本質的であるようなスケールにおいて制御性の高い実験を可能とする点にある。本講義では、この分野の理論と実験の基礎から開始し、最新の研究トピックにも触れながら、研究の魅力を分かりやすく紹介する。後半には、メゾスコピック系の観点からみたスピントロニクス研究について紹介する。

学習目標 メゾスコピック系、量子多体制御、スピントロニクスについて理解する。

履修条件

特記事項	
------	--

授業計画

【講義内容】

講義および最新の文献の紹介

【授業計画】

- 1) メゾスコピック系の物理学の全体像
- 2) メゾスコピック系の舞台
- 3) コヒーレント伝導とランダウア描像
- 4) 様々なメゾスコピック系
- 5) メゾスコピック系における電流ゆらぎ
- 6) 第二量子化による取り扱い
- 7) 非平衡物理学への展開
- 8) メゾスコピック物理における長さと物性
- 9) スケーリング理論
- 10) 弱局在効果
- 11) フェルミ液体論
- 12) 弱反局在効果とスピン軌道相互作用
- 13) スピン依存伝導とスピン拡散長
- 14) スピンホール効果
- 15) スピントロニクスの現状

授業外における学習

教科書 なし。

参考文献

成績評価 レポートと出席
コメント

3. 物理学専攻 A コース (理論系 : 基礎物理学・量子物理学コース)

計算物理学

英語表記	Computational Physics	
授業コード	241715	ナンバリング :
単位数	2	
担当教員	千徳 靖彦 居室 :	
質問受付	随時、ただしメールによるアポイントをとること	
履修対象		
開講時期	秋～冬学期 金2時限	
場所	理/E310 講義室	
授業形態	講義科目	
目的と概要	物理の問題を常微分方程式、偏微分方程式を実際にコンピュータを活用し解いていく。数値計算のスキームやテクニック、結果のビジュアライゼーションを含め学んでいく。	
学習目標	この講義のゴールは学生のコンピューターリテラシー(教養)、特にプログラミングスキルや知識など将来研究に進んだときに必要となるスキルを身につけることである。数値計算の基本から始め、計算精度・計算誤差の評価を学んだのち、課題の物理問題をコンピューターを用いて実際に解いていく。受講者は自分でプログラムを書くことが要求される。使用する言語は Fortran、C、C++など。Linux システムの使い方、結果のビジュアライゼーションのテクニックも学ぶ。	
履修条件		
特記事項		
授業計画	第1回: 差分化、精度と誤差 第2回: 常微分方程式 (I): 飛翔体の軌跡の計算 第3回: 常微分方程式 (II): 衛星の軌道計算 第4回: 常微分方程式 (III): ルンゲクッタ法、アダプティブ法 第5回: 線形方程式の解法 第6回: スペクトル解析 第7回: 偏微分方程式 (I): 拡散方程式 第8回: 偏微分方程式 (II): 移流方程式 第9回: 偏微分方程式 (III): 緩和法、スペクトル法 第10回: モンテカルロ法 第11回: 1次元流体計算 (I) 第12回: 1次元流体計算 (II) 第13回: ダイレクトモンテカルロ法による緩和過程のシミュレーション (I) 第14回: ダイレクトモンテカルロ法による緩和過程のシミュレーション (II) 第15回: ダイレクトモンテカルロ法による緩和過程のシミュレーション (III)	
授業外における学習	これらのトピックは学生の進捗度や興味を考慮して変更する可能性がある。 課題: クラスでは数値計算する物理問題を課題として設定し、受講者は自分でプログラムを書き計算をすることで、問題を解くことを期待されている。計算結果は適時まとめて、クラス内でプレゼンしてもらう。	
教科書	Numerical Methods for Physics by Alejandro L. Garcia, Prentice Hall, ISBN 0-13-151986-7.	
参考文献		
成績評価	課題をあたえ、実際に計算機で計算した結果をレポートとして提出してもらう。それを元にして評価する。試験は行わない。	

コメント

3. 物理学専攻 A コース (理論系 : 基礎物理学・量子物理学コース)

3.2 後期課程

特別講義 AIII 「非平衡系における場の量子論入門」(物理学専攻)

英語表記	Current Topics A III	
授業コード	240275	ナンバリング： 24PHYS5F308
単位数	1	
担当教員	日高 義将 居室：	
	浅川 正之 居室：	
<hr/>		
質問受付		
履修対象	物理学専攻 博士後期課程 各学年 選択	
開講時期	集中	
場所	掲示により通知	
授業形態	講義科目	
目的と概要	非平衡系の場の量子論は、量子多体系のダイナミックスを扱う理論である。適用範囲は非常に広く、極低温の冷却原子系から、宇宙初期で起こったと考えられる電弱相転移や、QCD の非閉じ込め相転移といった超高温状態までを記述するのに用いられる。本講義では、平衡系、非平衡系の場の量子論の基礎的な手法の習得を目的とする。また最近の応用も紹介したい。	
学習目標	非平衡系のが場の量子論の概要が理解できる。	
履修条件		
特記事項		
授業計画	平衡系の場の理論 線形応答理論（力学的応答・熱的応答） Schwinger-Keldysh 形式 量子輸送方程式 非平衡系における有効場の理論 最近の発展（カイラル運動学など）	
授業外における学習	講義の復習を行うことが望ましい。	
教科書	授業中に紹介する。	
参考文献	授業中に紹介する。	
成績評価	授業中の質問、出席など。	
コメント		

3. 物理学専攻 A コース (理論系 : 基礎物理学・量子物理学コース)

特別講義 AIV 「吸収状態をめぐる非平衡臨界現象の物理学」(物理学専攻)

英語表記	Current Topics A IV	
授業コード	240276	ナンバリング : 24PHYS5F305
単位数	1	
担当教員	竹内 一将 居室 :	
	吉野 元 居室 :	
質問受付		
履修対象		
開講時期	集中	
場所	掲示により通知	
授業形態	講義科目	
目的と概要	<p>吸収状態、すなわち一度入ったら二度と出て来られない状態への相転移は、非平衡系固有の相転移として最も理解が進んでおり、様々な普遍的臨界現象が知られているほか、近年は実験的進展も著しい。本講義では、最も基本的な directed percolation クラスを中心に、関連するいくつかの普遍クラスも含めて、吸収状態転移の基礎的理論を学習する。また、液晶実験による検証や、流体の乱流転移に関する最近の実験、懸濁液の可逆不可逆転移との関係など、最近の進展も詳しく紹介する。</p>	
学習目標	<p>講義は、平衡系の相転移の復習をした後で、非平衡系の相転移とは何かを議論するところから始める。その具体例として吸収状態転移に注目し、いくつか単純なモデルを通して、その臨界現象の様相、臨界指数の定義やスケーリング関係式などを理解する。特に、directed percolation (DP) クラスの臨界現象については、連続体記述や場の理論の基礎的事項も含めて丁寧に学習する。また、Ising 的な対称性が付加されることにより現れる voter クラスや、保存則が関わることで出現する保存場 DP クラスについても、代表的なモデルや連続体方程式などを理解し、吸収状態転移に関する広い視野の獲得を目指す。</p> <p>講義では、関連する実験的進展についても詳細な解説がされる。吸収状態転移に関する様々な実験研究の現状や、液晶系を用いた実験検証の内容を理解し、DP クラスが実験系で現れるための条件について感覚を養う。また、流体の乱流転移や、溶液中粒子の可逆運動・不可逆運動の間の相転移といった近年の進展について、それがなぜ吸収状態転移と関わるのかを理解し、今後の課題について議論する。</p>	
履修条件		
特記事項	<p>学部レベルの統計力学の知識は前提とする (カノニカル分布、Ising モデル、平均場近似)。 流体力学の知識もあると役立つが、前提とはしない。</p>	
授業計画	<ol style="list-style-type: none"> プロローグ (平衡) プロローグ (非平衡) 吸収状態転移の基礎と DP クラス 吸収状態転移+対称性 吸収状態転移+保存則 乱流転移と DP 可逆不可逆転移 	
授業外における学習		
教科書	特になし	
参考文献	講義中に適宜紹介する。教科書は下記のものを勧める。	

M. Henkel, H. Hinrichsen, S. Lubeck, Non-Equilibrium Phase Transitions: Volume 1:
Absorbing Phase Transitions, Springer (2009).

成績評価	レポートと出席により評価する。
コメント	基本的に板書とし、実験の紹介などはスライドを用いる。

[日程] 6/14(水),6/15(木),6/16(金) の 3 日間を予定している。

3. 物理学専攻 A コース (理論系 : 基礎物理学・量子物理学コース)

特別講義 AIII(S) 「非平衡系における場の量子論入門」 (物理学専攻)

英語表記	Current Topics A III (S)	
授業コード	241566	ナンバリング :
単位数	1	
担当教員	日高 義将 居室 : 浅川 正之 居室 :	
質問受付		
履修対象	物理学専攻 博士後期課程 各学年 選択	
開講時期	集中	
場所	掲示により通知	
授業形態	講義科目	
目的と概要	非平衡系の場の量子論は、量子多体系のダイナミックスを扱う理論である。適用範囲は非常に広く、極低温の冷却原子系から、宇宙初期で起こったと考えられる電弱相転移や、QCD の非閉じ込め相転移といった超高温状態までを記述するのに用いられる。本講義では、平衡系、非平衡系の場の量子論の基礎的な手法の習得を目的とする。また最近の応用も紹介したい。	
学習目標	非平衡系のが場の量子論の概要が理解できる。	
履修条件		
特記事項		
授業計画	平衡系の場の理論 線形応答理論 (力学的応答・熱的応答) Schwinger-Keldysh 形式 量子輸送方程式 非平衡系における有効場の理論 最近の発展 (カイラル運動学など)	
授業外における学習	講義の復習を行うことが望ましい。	
教科書	授業中に紹介する。	
参考文献	授業中に紹介する。	
成績評価	授業中の質問、出席など。	
コメント		

特別講義 AIV(S) 「吸収状態をめぐる非平衡臨界現象の物理学」(物理学専攻)

英語表記	Current Topics A IV (S)	
授業コード	241567	ナンバリング：
単位数	1	
担当教員	竹内 一将 居室： 吉野 元 居室：	
質問受付		
履修対象		
開講時期	集中	
場所	掲示により通知	
授業形態	講義科目	
目的と概要	吸収状態、すなわち一度入ったら二度と出て来られない状態への相転移は、非平衡系固有の相転移として最も理解が進んでおり、様々な普遍的臨界現象が知られているほか、近年は実験的進展も著しい。本講義では、最も基本的な directed percolation クラスを中心に、関連するいくつかの普遍クラスも含めて、吸収状態転移の基礎的理論を学習する。また、液晶実験による検証や、流体の乱流転移に関する最近の実験、懸濁液の可逆不可逆転移との関係など、最近の進展も詳しく紹介する。	
学習目標	講義は、平衡系の相転移の復習をした後で、非平衡系の相転移とは何かを議論するところから始める。その具体例として吸収状態転移に注目し、いくつか単純なモデルを通して、その臨界現象の様相、臨界指数の定義やスケーリング関係式などを理解する。特に、directed percolation (DP) クラスの臨界現象については、連続体記述や場の理論の基礎的事項も含めて丁寧に学習する。また、Ising 的な対称性が付加されることにより現れる voter クラスや、保存則が関わることで出現する保存場 DP クラスについても、代表的なモデルや連続体方程式などを理解し、吸収状態転移に関する広い視野の獲得を目指す。 講義では、関連する実験的進展についても詳細な解説がされる。吸収状態転移に関する様々な実験研究の現状や、液晶系を用いた実験検証の内容を理解し、DP クラスが実験系で現れるための条件について感覚を養う。また、流体の乱流転移や、溶液中粒子の可逆運動・不可逆運動の間の相転移といった近年の進展について、それがなぜ吸収状態転移と関わるのかを理解し、今後の課題について議論する。	
履修条件		
特記事項	学部レベルの統計力学の知識は前提とする(カノニカル分布、Ising モデル、平均場近似)。流体力学の知識もあると役立つが、前提とはしない。	
授業計画	<ol style="list-style-type: none"> 1. プロローグ(平衡) 2. プロローグ(非平衡) 3. 吸収状態転移の基礎と DP クラス 4. 吸収状態転移+対称性 5. 吸収状態転移+保存則 6. 乱流転移と DP 7. 可逆不可逆転移 	
授業外における学習		
教科書	特になし	
参考文献	講義中に適宜紹介する。教科書は下記のものを勧める。	

3. 物理学専攻 A コース (理論系：基礎物理学・量子物理学コース)

M. Henkel, H. Hinrichsen, S. Lubeck, Non-Equilibrium Phase Transitions: Volume 1: Absorbing Phase Transitions, Springer (2009).

成績評価 レポートと出席により評価する。

コメント 基本的に板書とし、実験の紹介などはスライドを用いる。

[日程] 6/14(水),6/15(木),6/16(金) の 3 日間を予定している。

4 物理学専攻 B コース (実験系：素粒子・核物理学コース)

4.1 前期課程

原子核物理学序論

英語表記	Introduction to Nuclear Physics	
授業コード	240167	ナンバリング: 24PHYS5F306
単位数	2	
担当教員	小田原 厚子 居室:	
質問受付	特に指定はしないが、講義終了後や、事前にメールなどで時間を調整して質問などを受け付ける。	
履修対象	物理学専攻 博士前期課程 各学年 選択	
開講時期	春～夏学期 月1時限	
場所	理/E201 講義室	
授業形態	講義科目	
目的と概要	有限個数の陽子や中性子の多体系(フェルミオン多体系)である原子核は、核力に支配され、多様な構造や反応を示す。本講義では、原子核構造と原子核反応の基本的な特徴を体系化して理解する。さらに、原子核を実験的に調べるための研究手法の基礎を学ぶ。また、最近の原子核研究での課題と成果、他分野への応用などについて学ぶ。	
学習目標	<ul style="list-style-type: none"> ・原子核の基本概念および原子核の構造や反応の基礎を理解できる。 ・最先端の研究事例を通じて、研究課題を展望できる。 	
履修条件	学士課程において原子核物理学を履修していない大学院生を対象とする。	
特記事項	特になし	
授業計画	以下の順序で講義を進める。ただし、これはあくまでも予定であって、変更することも有可能である。 第1回 原子核物理学のガイダンス 第2-3回 原子核の基本的性質入門 第4回 原子核の崩壊 第5-8回 原子核の構造 第9-11回 原子核の反応 第12-13回 原子核の実験的研究手法 第14-15回 原子核研究の最前線と他分野への応用	
授業外における学習	適宜、課題を課すので、授業外にレポートを作成すること。	
教科書	必要な資料は授業中に配布し、また、CLEにも講義終了後に掲載する予定である。	
参考文献	入門的: 有馬朗人著「原子と原子核—量子力学的世界ー」(朝倉書店、1982年) 本格的: 八木浩輔著「原子核物理学」(朝倉書店、1971年) 本格的: 杉本健三、村岡光男共著「原子核物理学」(共立出版、1988年)	
成績評価	平常点(30%)、レポート(70%)により総合的に評価する。	
コメント	この講義は学部との共通講義である。	

高エネルギー物理学II

英語表記	High Energy Physics II		
授業コード	240202	ナンバリング：	24PHYS5F306
単位数	2		
担当教員	南條 創 居室：		
<hr/>			
質問受付			
履修対象	物理学専攻 博士前期課程		
開講時期	秋～冬学期 金 4 時限		
場所	理/E203 講義室		
<hr/>			
授業形態			
目的と概要	高エネルギー物理学実験の授業である。文献輪講、研究を行う。		
学習目標	素粒子物理学実験の構成と背景となる理論の理解。		
<hr/>			
履修条件	特になし		
<hr/>			
特記事項			
授業計画	第1回 ガイダンス 第2～14回 学生が選んだテーマによるグループワークと発表 第15回 まとめ		
<hr/>			
授業外における学習	時間外で、参考文献の参照や計算など週4時間程度のセミナーのための予習復習をおこなう。		
<hr/>			
教科書			
<hr/>			
参考文献			
成績評価	グループワークにおける発表内容 70% 授業への参加態度 30%		
コメント			

4. 物理学専攻 B コース (実験系：素粒子・核物理学コース)

原子核構造学

英語表記	Nuclear Structure	
授業コード	240205	ナンバリング： 24PHYS5F306
単位数	2	
担当教員	民井 淳	居室： RCNP AVF 棟 3 階研究室 2 電話： 8855 Fax： 8899 Email： tamii@rcnp.osaka-u.ac.jp
	小田原 厚子	居室： H428 電話： 5745 Fax： 5764 Email： odahara@phys.sci.osaka-u.ac.jp
質問受付	特に指定はしないが、講義終了後や、事前にメールなどで時間を調整して質問等を受け付ける。	
履修対象	物理学専攻 博士前期課程 各学年 選択	
開講時期	春～夏学期 金 3 時限	
場所	理/B301 講義室	
授業形態	講義科目	
目的と概要	原子核は核力によって核子(陽子と中性子)が強く結びついた有限量子多体系(有限粒子数によって構成され、量子力学に支配される系)ならではの極めて多彩で独特な性質を示す。原子核というミクロな世界の不思議に触れ、その成り立ちを理解する。また、その性質を調べていく実験手法について考える。	
学習目標	核力の基本的性質および原子核の基底状態や励起状態に生じる様々な構造と性質を理解して説明でき、最先端の研究のための基礎を身に付けて応用できる。	
履修条件	特になし	
特記事項	特になし	
授業計画	以下の順序で講義を進める。ただし、これはあくまでも予定であって、変更することも有可能。	
第 1 回 原子核構造学のガイダンス 第 2 回 原子核の基本的性質 1 第 3 回 原子核の基本的性質 2 第 4 回 原子核を記述する模型 1 第 5 回 原子核を記述する模型 2 第 6 回 原子核の殻模型 1 第 7 回 原子核の殻模型 2 第 8 回 原子核の殻模型 3 第 9 回 原子核の殻模型 4 第 10 回 原子核の集団運動 1 第 11 回 原子核の集団運動 2 第 12 回 原子核の集団運動 3 第 13 回 原子核構造の最先端トピックス 1 第 14 回 原子核構造の最先端トピックス 2 第 15 回 原子核構造の最先端トピックス 3		
授業外における学習	講義の進路にあわせて提示する 2 回の課題についてレポートを作成すること。	

教科書	教科書は特に指定しない。講義資料は、その時間に紙で配付し、また、CLE にも講義終了後に掲載する予定である。
参考文献	「原子核物理学」 八木浩輔 著 (朝倉書店) 「原子核構造論」 高田健次郎、池田清美 著 (朝倉書店) 「Nuclear Structure」 A. Bohr and B.R. Mottelson 著 (World Scientific 社) など
成績評価	平常点(30%)、レポート(70%)により総合的に評価する。
コメント	特になし

高エネルギー物理学特論 I

英語表記	Topics in High Energy Physics I		
授業コード	240207	ナンバリング:	24PHYS6F307
単位数	2		
担当教員	久野 良孝 居室:		
質問受付	いつでも (要事前連絡)		
履修対象	物理学専攻 博士前期課程 各学年 選択		
開講時期	春～夏学期 金3時限		
場所	理/E201 講義室		
授業形態	講義科目		
目的と概要	素粒子物理の最前線の研究を理解することを目的とする。特に高エネルギー物理学のテーマを学生に与え、自ら学習してきたことを発表させる。		
学習目標	素粒子物理学の最前線を学ぶとともに身近ら調べて自習する能力をつける		
履修条件	量子力学と特殊相対論についての基礎知識があること。		
特記事項	特になし		
授業計画	<p>【講義内容】</p> <p>素粒子物理の最前線の研究までを俯瞰する。</p> <p>【授業計画】</p> <ul style="list-style-type: none"> 第1回 標準理論 第2回 ヒッグス粒子 第3回 超対称性理論 第4回 余剰次元理論 第5回 CP 非保存 第6回 レプトンフレーバー非保存 第7回 ニュートリノ振動 第8回 ニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊 第9回 リニアコライダー 第10回 宇宙背景輻射と偏極測定 第11回 暗黒物質 第12回 電気双極子探索 第13回 宇宙の物質創成 第14回 B 中間子崩壊の研究 第15回 陽子崩壊 		
授業外における学習	発表の準備をする。		
教科書	特に指定しない。		
参考文献	随時紹介。		
成績評価	出席(20%)と発表(60%)とレポート(20%)で総合的に評価する		
コメント			

素粒子・核分光学特論

英語表記	Topics in Particle and Nuclear Spectroscopy
授業コード	240209 ナンバリング： 24PHYS6F308
単位数	2
担当教員	吉田 齊 居室：
質問受付	隨時
履修対象	物理学専攻 博士前期課程 各学年 選択
開講時期	春～夏学期 金2時限
場所	理/E304 講義室
授業形態	講義科目
目的と概要	素粒子・原子核の構造や反応・性質のなかで、分光学という方法論で行なわれている最新の研究を紹介し、理解する。また論文を読んで発表することや、話を聞くことで最新の研究を通して未知の知識を如何に習得していくかを学ぶ。
学習目標	素粒子・原子核の構造や反応・性質のなかで、分光学という方法論で行なわれている最新の研究を論文を読んで正確に理解し、他品に説明できるようになる。
履修条件	学部の原子核物理学、素粒子物理学の講義を受講済み或いは同程度の知識を有していることが望ましい。
特記事項	(1) 素粒子・原子核物理の基礎、(2) 粒子検出器、(3) 原子核構造研究と γ 線分光、(4) 二重ベータ崩壊と電子 γ 線分光、(5) 強弱相互作用と素粒子・核反応、(6) ダークマターの検出と粒子分光、(7) ニュートリノ反応と粒子分光、(8) 宇宙論と素粒子・核反応、(9) その他、といった内容を取り上げる。主として実験による研究と、関連する現象論的な理論の最新の文献を講読する。英語の文献を早く読む訓練と、未知の内容を理解していく方法論を学ぶ。但し、これは予定であり変更することがある。
授業計画	初回に上記のテーマの最新の研究傾向が読みとれる文献を受講希望者数の2-3倍用意する。受講者はその中から自分にあった文献を選択し、内容を理解して要点をまとめてプレゼンテーションする(40分程度にまとめる)。初回に発表の順序を決める。理解を助けるため適宜質問を行うことを学ぶ。一方で、聴衆者に対してプレゼンの途中で発表されている内容に対して、どのような質問を行うべきなのかを指摘しながら、研究に対する理解の仕方を学んでもらう。聴講者自身も内容を理解するために、発表者に対しての質問を考えながら受講すること。
1. 各講義回	おおよそ2名が論文の内容を、発表形式で説明し内容についての質問や議論、その論文の評価等に関して議論する。
授業外における学習	文献テーマの説明を行うものは、プレゼンテーション形式での準備を行う。その他の聴講者は説明される文献をあらかじめ熟読し、質問内容を整理したうえで講義に臨むこと。
教科書	特になし
参考文献	特になし
成績評価	出席と発表と質疑応答で評価する。発表1回以上、出席半分以上が合格の最低条件。受講希望者は、初回に必ず出席すること(講義の進め方とプレゼンする論文の分担を決めます)。
コメント	

原子核物理学特論 I

英語表記	Topics in Nuclear Physics I		
授業コード	240210	ナンバリング:	24PHYS6F308
単位数	2		
担当教員	與曾井 優 居室:		
質問受付	質問等は隨時受け付けるが、予め電子メールでの連絡が望ましい。		
履修対象	物理学専攻 博士前期課程 各学年 選択		
開講時期	春～夏学期 金 4 時限		
場所	理/E201 講義室		
授業形態	講義科目		
目的と概要	原子核は狭義には核子(陽子・中性子)の多体系であるが、核子及びその仲間であるバリオン(ハイペロン等)及びバリオン間の力を媒介するメソンは、また、クォークからなるサブ構造を持っている。本講義では強い相互作用をする粒子である核子やバリオン、及び原子核の多様な形態とその性質を実験的視点から概説し、いくつかのトピックを取り上げて、原子核・ハドロン物理学の進展と現在の到達点を理解してもらうことを目的とする。		
学習目標	原子核物理学、素粒子物理学といった枠にとらわれることなく、包括的な視野から物質の基本粒子は何かを探求する手法を学び、強い相互作用をする粒子とそれらから構成される原子核についての理解や興味を深める。		
履修条件	なし		
特記事項			
授業計画	【講義内容】 以下の内容について講義を行う。進行に応じて順番や内容を変更することがある。		

- 第1回 イントロダクション
- 第2回 散乱実験の運動学
- 第3回 高エネルギー光ビーム実験
- 第4回 様々なサブアトミック粒子の性質と分類I
- 第5回 様々なサブアトミック粒子の性質と分類II
- 第6回 原子核の形状
- 第7回 核子の形状
- 第8回 核子のスピン構造
- 第9回 ストレングネスを持つ粒子とクォーク模型I
- 第10回 ストレングネスを持つ粒子とクォーク模型II
- 第11回 核子以外の粒子を含む原子核I
- 第12回 核子以外の粒子を含む原子核II
- 第13回 新奇なメソン
- 第14回 新奇なバリオン
- 第15回 まとめと補足

授業外における学習	講義資料として、主に英語で書かれた教材を用意する予定である。それを読んで英語の文献に慣れるとともに講義内容の復習を行うこと。
教科書	必要に応じて講義に関する資料を配布する。
参考文献	講義の中で適宜紹介する。
成績評価	出席およびレポートにより総合的に評価。

コメント

4. 物理学専攻 B コース (実験系: 素粒子・核物理学コース)

素粒子物理学序論 A

英語表記	Introduction to Elementary Particle Physics A	
授業コード	240748	ナンバリング: 24PHYS5F307
単位数	2	
担当教員	青木 正治 居室:	
質問受付	いつでも可。	
履修対象	物理学専攻 博士前期課程 各学年 選択	
開講時期	春～夏学期 月4時限	
場所	理/D301 講義室	
授業形態	講義科目	
目的と概要	素粒子物理学は、自然界の根本法則、基本的構成粒子を探求する学問である。素粒子物理学の基礎となる理論と実験の概要を学ぶ。	
学習目標	基本的な素粒子の相互作用を理解し、様々な素粒子反応に対してそれらを特徴付ける物理法則に気づくことができる。ある素粒子反応がなぜ発生しないのかを説明できる。ある素粒子反応を特徴付ける相互作用の種類を説明できる。素粒子崩壊や反応の相対論的運動力学を計算できる。	
履修条件	「量子力学1,2」を確実に習得しておくこと。	
特記事項		
授業計画	第1回 イントロダクション 第2回. 素粒子と相互作用(イントロ)、ファインマン・ダイアグラム 第3回 素粒子と相互作用(電磁相互作用) 第4回 素粒子と相互作用(弱い相互作用) 第5回 素粒子と相互作用(強い相互作用) 第6回 特殊相対論(1) 第7回 特殊相対論(2) 第8回 素粒子の世界の対称性(1) 第9回 素粒子の世界の対称性(2) 第10回 素粒子の世界の対称性(3) 第11回 素粒子の世界の対称性(4) 第12回 クォークモデル(1) 第13回 クォークモデル(2) 第14回 クォークモデル(3) 第15回 クォークモデル(4) 以上の項目(テーマ)の順序で講義を進める。ただし、これは予定であり変更することがある。	
授業外における学習	教科書を指定しないので予習は必要ないが、復習は重要である。授業で説明した内容に関して、参考文献などの対応する箇所を読むこと。参考文献などでは授業で取り扱った事柄を異なる観点から説明している場合も多いため、深く理解する助けとなる。	
教科書	特に指定しない。	
参考文献	素粒子物理学(坂井典祐著、培風館), 素粒子物理学(原康夫、稻見武夫、青木健一郎著、朝倉書店) 素粒子物理学の基礎I、II(長島順清著、朝倉書店) Introduction to Elementary Particle Physics (D. Griffiths, John Wiley & Sons Inc.) Introduction to High Energy Physics (D.H. Perkins, Addison Wesley)	

Modern Particle Physic (Mark Thomson, Cambridge University Press)

成績評価	小テスト:40% 期末テスト:60%
コメント	この講義は、学部の「素粒子物理学1」との共通講義である。 ※平成23年度入学者からは「修了要件外」とする。

素粒子物理学序論 B

英語表記	Introduction to Elementary Particle Physics B	
授業コード	240749	ナンバリング： 24PHYS5F307
単位数	2	
担当教員	南條 創 居室：	
質問受付	いつでも。事前にメールか電話で在室の確認を勧める。	
履修対象	大学院 1,2 年次 選択 大学院 1,2 年 選択	
開講時期	秋～冬学期 金 2 時限	
場所	理/B307 講義室	
授業形態	講義科目	
目的と概要	素粒子物理学は、物質を構成する基本的な素粒子、およびそれらの間に働く力の性質を調べる分野である。素粒子の間に働く力には、電磁相互作用、弱い相互作用、強い相互作用などがある。この講義では、素粒子とその相互作用を理解し、寿命、散乱断面積を計算をできる目標とする。素粒子物理の発展に寄与してきた具体的な事象、実験についても説明する。最後に素粒子物理学の標準理論の概念をまとめ、将来への展望について概観する。	
学習目標	素粒子と相互作用の構造を説明できる。 素粒子の寿命、散乱断面積を計算できるようになる。	
履修条件	量子力学 1,2,3 素粒子物理学 1	
特記事項		
授業計画	第 1 回 相対論的量子力学 第 2-5 回 崩壊寿命と散乱断面積 第 6-7 回 相対論的な粒子 第 8-10 回 電磁相互作用 第 11-13 回 弱い相互作用から電弱統一 第 14-15 回 標準模型とその先 これは予定であり、学習状況に応じて変更することがある。	
授業外における学習	与えられた課題に対して、レポートを書くことがある。	
教科書		
参考文献	D.Griffiths Introduction to Elementary Particles, John Wiley & Sons Inc. M.Thomson Modern Particle Physics D.H.PerkinsIntroduction to High Energy Physics, Addison Wesley F.Halzen and A.D.Martin Quarks and Leptons, John Wiley & Sons Inc. 長島順清「素粒子物理学の基礎 I,II」「素粒子標準理論と実験的基礎」「高エネルギー物理学の発展」(朝倉書房)	
成績評価	試験と宿題	
コメント	この講義は学部と大学院の共通講義である。学部での講義名は「素粒子物理学 2」である。	

加速器物理学

英語表記	Accelerator Physics	
授業コード	240751	ナンバリング： 24PHYS5F308
単位数	2	
担当教員	福田 光宏 居室：	
質問受付		
履修対象		
開講時期	春～夏学期 水1時限	
場所	理/E201 講義室	
授業形態	講義科目	
目的と概要	<p>加速器を通じて物理学的なものの見方と物理学の基本法則を理解し、物理学の基本法則を自在に応用できることを目的とする。原子核・素粒子物理学や核化学などの基礎科学のみならず、今や社会においても重要な役割を果たしている加速器の歴史を紐解きながら、加速器の原理と仕組みを解説する。これまでに様々な加速器が開発されており、個々の加速器の特徴と構成する機器・装置の原理を、力学や電磁気学などに基づいて講義する。さらに、加速器により生み出される荷電粒子ビームや二次的に生成される粒子などの物理的な性質を説明しながら、社会に役立つ加速器としての用途と発展性などについても明らかにしていく。</p>	
学習目標	<p>加速器を構成する機器や装置において電子やイオンなどの荷電粒子が生成・加速・輸送される原理を学びながら、力学や電磁気学などが加速器にどのように応用されて実用に至っているのかについて説明できるようになる。</p> <p>加速された荷電粒子ビームの物理的な性質などを理解することによって物質との相互作用に関する理解が深まり、加速器の学術的な利用のみならず、社会に役立つような加速器の応用を考えることができるようになる。</p>	
履修条件	なし	
特記事項	受講に当たって特別な配慮が必要な場合は、事前に申し出ること	
授業計画	<p>【講義内容】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 放射線の利用と加速器の歴史、加速器の基礎知識 2. 荷電粒子の加速 <ul style="list-style-type: none"> ・静電加速器、線形加速器 ・サイクロトロン ・シンクロトロン、FFAG ほか 3. 荷電粒子の生成 <ul style="list-style-type: none"> ・電子銃 ・ECR イオン源 ・負イオン源ほか 4. 荷電粒子のダイナミクス <ul style="list-style-type: none"> ・横方向と縦方向の運動 ・空間電荷効果、ビーム冷却 5. 加速器を構成する要素 <ul style="list-style-type: none"> ・電磁石 ・高周波加速空洞 ・ビーム入射・引き出し ・ビーム診断ほか 6. 遮蔽物理 7. 加速器の応用 	

4. 物理学専攻 B コース (実験系：素粒子・核物理学コース)

- RI 生成、医学応用
- 材料・バイオ科学、原子力利用

授業外における学習 授業の進行具合に応じて提示する課題について、レポートを作成すること

教科書

参考文献 木村嘉孝「高エネルギー加速器」(共立出版、実験物理科学シリーズ)
K. Wille

成績評価 The Physics of Particle Accelerators, OXFORD UNIVERSITY PRESS
A.W. Chao, M. Tigner, Handbook of Accelerator Physics and Engineering, World Scientific

コメント レポート及び出席点の合計により評価

放射線計測学

英語表記	Radiation Detection and Measurement		
授業コード	240752	ナンバリング：	24PHYS5F308
単位数	2		
担当教員	青井 考 居室： 野海 博之 居室：		
<hr/>			
質問受付			
履修対象	物理学専攻 博士前期課程 各学年 選択		
開講時期	春～夏学期 木4 時限		
場所	理/B307 講義室		
授業形態	講義科目		
目的と概要	様々な種類の放射線が物質とどのように相互作用をするかを理解し、それを利用した様々な放射線検出法の原理、検出器の構造と働き、電気信号の処理法などを学ぶ。さらに、放射線が生体に及ぼす影響を理解し、放射線と安全に付き合う方法について学ぶ。		
学習目標			
履修条件			
特記事項			
授業計画	<p>講義内容は以下のとおりである(順序の変更はあり得る)。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 放射線とは:放射線と原子核の発見の歴史 2. 原子核構造と放射線の発生機構 3. 放射線検出の基本原理 4. 荷電粒子と物質の相互作用 5. 光子と物質の相互作用 6. 気体を用いた検出器 7. 半導体を用いた検出器 8. シンチレーション光を利用した検出器と光電子増倍管 9. チェレンコフ光を利用した放射線検出 10. 電荷を持たない粒子(中性子とニュートリノ)の検出法 11. 検出器の生成する電気信号の処理 12. 放射線が人体に及ぼす影響と防御 		
授業外における学習			
教科書			
参考文献	<p>W.R.Leo, Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments(Springer-Verlag) G.F.Knoll, Radiation Detection and Measurement(John Wiley and Sons) (日本語訳放射線計測ハンドブック、日刊工業新聞社)</p>		
成績評価	出席、レポート、試験などによって総合的に評価する。		
コメント			

4. 物理学専攻 B コース (実験系：素粒子・核物理学コース)

4.2 後期課程

特別講義 BI 「暗黒物質の実験的探求」(物理学専攻)

英語表記	Current Topics B I	
授業コード	240278	ナンバリング： 24PHYS5F307
単位数	1	
担当教員	森山 茂栄 居室： 山中 卓 居室：	

質問受付	
履修対象	
開講時期	集中
場所	掲示により通知
授業形態	講義科目
目的と概要	暗黒物質の実験的な探究について、最前線の状況を理解する。
学習目標	暗黒物質とは何か、それを探る実験にはどのような手法があるのかなどについて、それぞれの手法の長所や短所などを説明できる。

履修条件	
特記事項	
授業計画	<ol style="list-style-type: none"> 1. 宇宙暗黒物質仮説の発生と確立 2. 暗黒物質の候補 3. 放射線と物質の相互作用 4. 暗黒物質の探求 (I):直接探索 5. 暗黒物質の探求 (II):間接探索・加速器による探索 6. 候補の多様化と独自性あふれる検出器開発 7. 発見への実験的探求

授業外における学習	レポート等
教科書	特に指定しない。
参考文献	講義時に隨時紹介する。
成績評価	レポートなどで総合的に評価

コメント

特別講義 BI(S) 「暗黒物質の実験的探求」(物理学専攻)

英語表記	Current Topics B I (S)	
授業コード	241569	ナンバリング:
単位数	1	
担当教員	森山 茂栄 居室: 山中 卓 居室:	
質問受付		
履修対象		
開講時期	集中	
場所	掲示により通知	
授業形態	講義科目	
目的と概要	暗黒物質の実験的な探究について、最前線の状況を理解する。	
学習目標	暗黒物質とは何か、それを探る実験にはどのような手法があるのかなどについて、それぞれの手法の長所や短所などを説明できる。 今後、暗黒物質の実験についての発表を聞いたときに、ポイントを突いた質問ができる。	
履修条件		
特記事項		
授業計画	講演者と相談の上、記入する。	
授業外における学習	レポート等。	
教科書	特に指定しない。	
参考文献	講義時に随時紹介する。	
成績評価	レポート等で総合的に評価。	
コメント		

5 物理学専攻 C コース (実験系：物性物理学コース)

5.1 前期課程

光物性物理学

英語表記	Optical Properties of Matter	
授業コード	240172	ナンバリング: 24PHYS5F305
単位数	2	
担当教員	田島 節子 居室:	宮坂 茂樹 居室:
質問受付	隨時(事前に電子メールで予約のこと)	
履修対象	大学院博士前期課程、後期課程 1,2 年次 選択	
開講時期	春～夏学期 木 2 時限	
場所	理/E304 講義室	
授業形態	講義科目	
目的と概要	物質の電磁気的性質を調べる一つの有力な方法は、物質に光を入射し、内部の素励起と相互作用した結果出てきた反射光(透過光)や散乱光を調べる分光法である。本講義では、その中で最も古典的な赤外・可視・紫外分光を中心に取り上げ、スペクトル中に含まれる多彩な物性情報について、説明する。	
学習目標	未知の物質の光学スペクトルを見て、そこからその物質の電子状態を想像できるようになることを、講義終了時の目標とする。	
履修条件	物性物理学を履修していることが望ましい。	
特記事項		
授業計画	第1回 固体中の電磁波の伝播と誘電関数 第2回 誘電関数の一般式 第3回 格子振動による光吸収 第4回 バンド間遷移による光吸収 第5回 金属の光学応答 第6回 いろいろな素励起の光学スペクトルの計算(レポート結果の発表会) 第7回 光学スペクトルの測定方法 第8回 超伝導体の光学応答 第9回 強相関系の光学応答 第10回 金属・絶縁体転移系の光学応答 第11回 金属・絶縁体転移系の光学応答 第12回 金属・絶縁体転移系の光学応答 第13回 様々な物質の光学応答(レポート発表会) 第14回 様々な物質の光学応答(レポート発表会) 第15回 様々な物質の光学応答(レポート発表会)	
授業外における学習	1) 与えられた素励起のパラメータから、誘電関数を計算し、光学スペクトルを描いてみる。 2) 各自の研究対象或はその周辺の物質をとりあげ、その結晶構造、電子構造と光学的性質を調べ、レポートにまとめる。	
教科書	特になし	
参考文献	Principles of the Theory of Solids by J. M. Ziman ザイマン「固体物性論の基礎」(山下・長谷川訳)丸善	

成績評価 出席とレポートによる

コメント この講義は隔年で英語と日本語で行われる。2017年度は、英語で開講する。

荷電粒子光学概論

英語表記	Charged Particle Optics		
授業コード	240218	ナンバリング：	24PHYS6F310
単位数	2		
担当教員	石原 盛男 居室：		

質問受付	
履修対象	物理学専攻 博士前期課程 各学年 選択
開講時期	春～夏学期 火 4 時限
場所	理/D301 講義室
授業形態	講義科目
目的と概要	荷電粒子光学は質量分析計や電子顕微鏡などのイオンや電子ビームを用いた研究用機器の基礎となるものである。したがってそれら機器を用いて研究を行う際には荷電粒子光学の基礎知識を持っていることが望ましい。ここでは荷電粒子光学の考え方と計算の方法について質量分析計への応用を中心として概説する。

学習目標	荷電粒子光学の基礎的概念を理解し、簡単な光学系の設計が出来るようになる。
履修条件	電磁気学と解析力学の学部程度の知識を有すること

特記事項	
授業計画	以下の順序で講義を展開する。ただし、下記の項目はあくまでも予定であり、状況に応じて変更することもあり得る。

1. 荷電粒子光学の概観、応用分野の解説
2. 粒子軌道のマトリックス表示の解説
3. マトリックス表示を用いた収束条件の表し方
4. 軌道方程式の導き方と4重極レンズのマトリックス
5. 扇形磁場のマトリックス
6. 扇形電場のマトリックス
7. 高次収差の計算法
8. 高次収差の計算の具体例
9. 軸対称レンズとその応用
10. 軸対称系収差表示とマトリックス表示の関係
11. 荷電粒子光学応用分野1(単収束質量分析計等)
12. 荷電粒子光学応用分野2(飛行時間型質量分析計等)
13. 電磁場および軌道の数値計算法
14. 電極、磁気回路の具体的設計法
15. まとめ

授業外における学習	授業の内容をもとにして質量分析計を設計する。
教科書	
参考文献	ナノ電子光学 裏克巳 共立出版

成績評価	レポート等で総合的に判断
コメント	ナノ高度学際教育プログラムの指定科目である。

5. 物理学専攻 C コース (実験系: 物性物理学コース)

強磁場物理学

英語表記	High-Field Magnetism	
授業コード	240219	ナンバリング: 24PHYS5F305
単位数	2	
担当教員	萩原 政幸	居室: 先端強磁場科学研究センター本棟 2 階 電話: 6685 Email: hagiwara@ahmf.sci.osaka-u.ac.jp
	木田 孝則	居室: 先端強磁場科学研究センター本棟 2 階 電話: 6687 Email: kida@ahmf.sci.osaka-u.ac.jp
	鳴海 康雄	居室: 強磁場共同利用棟 2 階 電話: 6684 Fax: 06-6845-6612 Email: narumi@ahmf.sci.osaka-u.ac.jp
質問受付	予定が入っていない場合はいつでも OK だが、事前にメールで連絡すること。	
履修対象	物理学専攻 博士前期課程 各学年 選択	
開講時期	秋～冬学期 月 3 時限	
場所	極限科学研究棟会議室	
授業形態	講義科目	
目的と概要	磁性の基礎と強磁場発生方法を学んで強磁場下の物理現象を理解する	
学習目標	磁性研究の基礎と物性科学における磁場の役割に関して学習し、強磁場を用いた研究の最前線を知ることができる。	
履修条件	量子力学、電磁気学、統計力学の基礎を学んでいること	
特記事項		
授業計画	<p>【講義内容】</p> <p>磁場は温度や圧力などと同様に重要な物理パラメーターであり、様々な物性発現の基本要素である電子の電荷の軌道運動やスピン自由度に作用するため物性研究に不可欠なものとなっている。分数量子ホール効果や磁場誘起超伝導などの発見により強磁場の役割は最近益々重要さを増している。本講義では、学部ではあまり習わない磁性の基本的なことからはじめり、これらの興味深いトピックスなどの理解を最終目標として行う。予定している講義の項目は以下の通り。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 磁性の基礎 (7回) 2. 強磁場発生法 (1回) 3. 強磁場下の測定法 (1回) 4. 強磁場測定によるトピックス (6回) 	
授業外における学習	複数のレポート課題を出して、自学させる。	
教科書	なし	
参考文献	<p>[1] パリティ物理学コース 極限科学-強磁場の世界 伊達宗行 丸善</p> <p>[2] 岩波講座 物理の世界 極限技術 3 強い磁場をつくる 本河光博 岩波書店</p>	
成績評価	出席点 (10%) やレポート (4~5 回)(90%) を考慮して成績を決める。	
コメント		

固体物理学概論 1

英語表記	Introduction to Solid State Physics 1	
授業コード	240958	ナンバリング： 24PHYS5F305
単位数	2	
担当教員	花咲 徳亮 居室：	
質問受付	メールか電話で予約	
履修対象	博士前期課程学生 1 年次 選択	
開講時期	春～夏学期 金 3 時限	
場所	理/D303 講義室	
授業形態	講義科目	
目的と概要	物性物理学とは、物質の持つ多様な性質(熱的性質、電気的性質、磁気的性質、光学的性質など)を、量子力学・統計物理学・電磁気学を駆使して解明していく学問である。本講義は、物性物理学を概観したのち、主として化学結合と結晶構造、格子振動と物性を中心に議論する。	
学習目標	物性物理学における、化学結合と結晶構造、格子振動と物性の内容を理解する。	
履修条件		
特記事項		
授業計画	【講義内容】 1. 概要 2. 結晶構造 3. Bravais 格子 4. Wigner-Seitz セル 5. 逆格子 6. Brillouin ゾーン 7. Bragg の条件と Ewald の作図 8. 構造因子 9. 凝集エネルギー 10. 希ガス、イオン結晶、共有結合結晶、金属結晶 11. フォノン 12. 結晶の熱的性質 13. Debye モデルと Einstein モデル 14. 物質の分極 15. まとめ 講義の進捗状況により内容を変更する事がある。	
授業外における学習	授業で習った内容について復習を行うこと。	
教科書	参考文献欄を参照する事	
参考文献	<ul style="list-style-type: none"> ・キッテル著「固体物理学入門」宇野他共訳、丸善 ・アシュクロフト・マーミン著「固体物理の基礎」松原・町田訳、吉岡書店 ・岡崎誠著「固体物理学—工学のために」裳華房 ・黒沢達美著「物性論—固体を中心とした」裳華房 ・イバッハ・リュート共著「固体物理学」石井・木村訳、シュプリンガー 	

5. 物理学専攻 C コース (実験系：物性物理学コース)

成績評価 レポートおよび試験で総合的に評価する。

コメント この講義は学部の「物性物理学 1」との共通講義である。
他大学から大学院で入学した物性関係の学生は、履修する事が望ましい。

固体物理学概論 2

英語表記	Introduction to Solid State Physics 2	
授業コード	241110	ナンバリング： 24PHYS5F305
単位数	2	
担当教員	萩原 政幸 居室：	
質問受付	予定が入っていない場合はいつでも OK だが、事前にメールで連絡すること。	
履修対象	物理学専攻 博士前期課程 各学年 選択	
開講時期	秋～冬学期 月2時限	
場所	理/D303 講義室	
授業形態	講義科目	
目的と概要	固体の示す様々な性質は、現代物理学の中できわめて重要なだけでなく、様々な形で広く応用されている。本講では、物性物理学 1 に引き続き、主に電子の運動が関係する基本的な物性について理解することを目指す。結晶中にはアボガドロ数オーダーの膨大な数の電子が存在し、周期的ポテンシャルを感じつつ運動している。まず、これら多数の電子の運動の記述法について理解することを第一の目的とする。さらに、構成する元素の種類や原子の配列、組み合わせによって、電気的・熱的・光学的性質が変化する機構を学ぶ。なお、それらをさらに発展させた超伝導や磁性については固体物理学概論 3 で学ぶ。	
学習目標	学部生の時に本講義を受けていない主に外部から来た大学院学生が物性科学で重要な電子の運動が関係する基本的な物性について理解できる。	
履修条件	固体物理学概論 1 を履修していることが望ましい。電磁気学、量子力学、統計物理学などの知識も重要である。学部の講義「物性物理学 2」の単位を既に取得した者は受講できない。	
特記事項		
授業計画	【講義内容】 0. 概要 1. 自由電子フェルミ気体 1.1 フェルミ分布、状態密度 1.2 輸送現象 2. 電子のエネルギーバンド 2.1 ブロッホの定理 2.2 クローニッヒペニーのモデル 2.3 ほとんど自由な電子の近似 2.4 強束縛近似によるエネルギーバンドの計算 2.5 エネルギーバンド内電子の運動方程式、有効質量 2.6 金属とフェルミ面 3. 半導体 3.1 真性半導体、不純物半導体 3.2 輸送現象 4. 物質の誘電的性質(電荷応答) 4.1 固体の電荷応答と誘電関数、反射率と誘電率の関係 4.2 金属の光学応答 4.3 静電遮蔽	
授業外における学習	レポート課題を出して自学させる。	
教科書	キッテル著「固体物理学入門」宇野他共訳、丸善	
参考文献	イバッハ・リュート共著「固体物理学」石井・木村訳、シュプリンガー	

5. 物理学専攻 C コース (実験系：物性物理学コース)

斯波弘行著「基礎の固体物理学」培風館

大貫惇睦編著「物性物理学」朝倉書店

アシュクロフト・マーミン著「固体物理の基礎」松原・町田訳、吉岡書店

成績評価 レポート (30%) および期末テスト (70%) で総合的に評価する。

コメント 固体物理学概論 1,2,3 は一連の講義であり、物性物理学分野を志望する人は全て履修することが望ましい。なお、この講義は学部の「物性物理学 2」との共通講義である。

※平成 23 年度入学者からは「修了要件外」とする。

固体物理学概論 3

英語表記	Introduction to Solid State Physics 3	
授業コード	241111	ナンバリング： 24PHYS5F305
単位数	2	
担当教員	宮坂 茂樹 居室：	
質問受付	メールで予約し、隨時	
履修対象	大学院博士前期課程 1,2 年次 選択	
開講時期	春～夏学期 火 2 時限	
場所	理/D301 講義室	
授業形態	講義科目	
目的と概要	物性物理学は、物質を構成する結晶格子と電子の集団を、ミクロな観点から出発して学問を構築し、マクロな現象として観測する。本講義は金属電子論の復習をして、電子が示す超伝導と磁性について述べる。	
学習目標	超伝導現象の発現機構について概略を理解し、新奇超伝導についてはその研究手法を知る。 磁性の発生メカニズムを理解し、さまざまな磁性とそれを特徴づける物理量の関係を知る。	
履修条件	物性物理学 1,2 を受講していることが望ましい。	
特記事項		
授業計画	1. 超伝導序論 2. 超伝導の基本的性質 3. 凝縮状態の記述(正常状態の不安定性) 4. 凝縮状態の記述(BCS 基底状態) 5. 超伝導状態の物性 6. 高温超伝導 7.8. 様々な超伝導体(レポート発表) 9. 磁性序論 10. 相互作用しない磁気モーメントが作る固体の磁性 11. 局在磁気モーメント間の相互作用(強磁性とワイス理論) 12. 局在磁気モーメント間の相互作用(フェリ磁性と反強磁性) 13. 強相関電子系の異常物性(高温超伝導、巨大磁気応答) 14.15. 様々な強相関電子系(レポート発表)	
授業外における学習		
教科書	特になし	
参考文献	C. Kittel 著「固体物理学入門」(丸善) H. Ibach, H. Luethe 著「固体物理学」(シュプリンガー・フェアラーク東京) 斯波弘行著「基礎の固体物理学」(培風館)	
成績評価	出席とレポートを総合的に評価	
コメント	この講義は学部と大学院の共通講義である。学部での講義名は「物性物理学 3」である。単位はどちらか一方でのみ取得可。ただし、大学院の単位は修了要件外。	

半導体物理学

英語表記	Semiconductor Physics	
授業コード	241124	ナンバリング: 24PHYS5F401
単位数	2	
担当教員	大岩 順 居室:	
	長谷川 繁彦 居室:	
質問受付	[大岩 順] 随時。ただし、メールで事前に連絡すること [長谷川 繁彦] 随時。ただし、メールで事前に連絡すること	
履修対象	物理学専攻 博士前期課程 各学年 選択	
開講時期	春～夏学期 木 4 時限	
場所	理/B302 講義室	
授業形態	講義科目	
目的と概要	現代の情報化社会や科学技術はダイオードやトランジスターおよびそれらを集積化した半導体デバイスや半導体レーザーなどによって支えられている。一方、ナノサイズの構造をもつ半導体は量子ホール効果をはじめとして様々な量子現象が観測される格好の舞台でもある。この講義では半導体の基礎から出発して、様々な現象の理論的背景とそれに関連する実験結果について解説する。さらに、電子デバイス、光学デバイスの基礎となる半導体物性の基本的な事項や低次元電子系など最近の研究のトピックスについて講義する。	
学習目標		
履修条件	学部において物性物理の基礎を履修していることが望ましい	
特記事項		
授業計画	【講義内容】 1. 半導体物理学序説 2. 半導体の種類とバンド構造 3. 半導体の輸送現象(電子と正孔)と磁場効果 4. 2次元電子系と半導体 5. 量子ホール効果 6. 半導体のメゾスコピック物理(輸送現象)とグラフェン 7. 半導体量子ドット 8. 半導体内キャリアの統計 9. pn接合、半導体表面の構造と電子状態 10. 金属-半導体接合、酸化物-半導体界面 11. 半導体ヘテロ接合とナノ構造 12. 半導体の光学的性質 13. 半導体内の電子の伝導と散乱 14. 半導体光・電子デバイス 15. 最近の話題	
授業外における学習		
教科書		
参考文献		
成績評価	出席とレポートにより総合的に評価する	
コメント		

シンクロトロン分光学

英語表記	Synchrotron Radiation Spectroscopy		
授業コード	241453	ナンバリング：	24PHYS5F305
単位数	2		
担当教員	木村 真一	居室：	生命機能研究科ナノバイオロジー棟 D205 号室
		電話：	吹田 4600
		Fax：	06-6879-4601
		Email：	kimura@fbs.osaka-u.ac.jp
質問受付	授業終了後、教室で。		
履修対象	物理学専攻 博士前期課程 各学年 選択		
開講時期	春～夏学期 金 2 時限		
場所	理/E203 講義室		
授業形態	講義科目		
目的と概要	電子加速器から発生される電磁波(光)はシンクロトロン光または放射光を呼ばれ、赤外・テラヘルツからX線まで切れ目ない高輝度な光として、学術研究から産業利用に至る広い範囲で現代の分析ツールとして欠かせないものになっている。そのような光を使った方法論から測定原理、得られる情報などについて理解することを目的とする。		
学習目標	シンクロトロン光の発生から分光利用までの全般にわたる知識を得る。		
履修条件	古典電磁気学・量子力学・統計力学の知識が必要。		
特記事項	特になし。		
授業計画	<p>【講義内容】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. シンクロトロン光の基礎 2. 各種分光法の基礎 (真空紫外,X線,赤外) 3. 真空紫外分光 (反射吸収、光電子分光、発光蛍光) 4. X線分光 (内殻吸収,X線回折) 5. 赤外・テラヘルツ分光 (分子振動、金属反射、近接場分光) 		
授業外における学習	授業で習った内容について復習を行うこと。		
教科書	なし		
参考文献	日本放射光学会編「増補版 放射光ビームライン光学技術入門～はじめて放射光を使う利用者のために」(2013) 渡辺誠・佐藤繁「放射光科学入門 改訂版」東北大学出版会 (2010)		
成績評価	レポート、出席により評価する。		
コメント			

量子多体制御物理学

英語表記	Quantum Many-Body Systems and Control	
授業コード	241428	ナンバリング: 24PHYS6F305
単位数	2	
担当教員	小林 研介 居室:	新見 康洋 居室:

質問受付

履修対象	物理学専攻 博士前期課程 各学年 選択
開講時期	春～夏学期 月4 時限
場所	理/E211 講義室

授業形態

授業形態	講義科目
------	------

目的と概要 本講義では、メゾスコピック系において展開してきた量子状態・多体状態の制御について、おおまかな理解を得ることを目的とする。メゾスコピック系とは、大きさが数 $10 \mu m$ 程度から数 nm 程度の固体素子（デバイス）のことである。このような系の研究は 1980 年代以降、微細加工技術の進展とともに発展し、近年のナノテクノロジー興隆の端緒を開くとともに、物性物理学における重要な研究分野の一つとなっている。この分野の最大の特長は、系を自在にデザインすることによって、量子効果が本質的であるようなスケールにおいて制御性の高い実験を可能とする点にある。本講義では、この分野の理論と実験の基礎から開始し、最新の研究トピックにも触れながら、研究の魅力を分かりやすく紹介する。後半には、メゾスコピック系の観点からみたスピントロニクス研究について紹介する。

学習目標 メゾスコピック系、量子多体制御、スピントロニクスについて理解する。

履修条件

特記事項	
------	--

授業計画

【講義内容】

講義および最新の文献の紹介

【授業計画】

- 1) メゾスコピック系の物理学の全体像
- 2) メゾスコピック系の舞台
- 3) コヒーレント伝導とランダウア描像
- 4) 様々なメゾスコピック系
- 5) メゾスコピック系における電流ゆらぎ
- 6) 第二量子化による取り扱い
- 7) 非平衡物理学への展開
- 8) メゾスコピック物理における長さと物性
- 9) スケーリング理論
- 10) 弱局在効果
- 11) フェルミ液体論
- 12) 弱反局在効果とスピン軌道相互作用
- 13) スピン依存伝導とスピン拡散長
- 14) スピンホール効果
- 15) スピントロニクスの現状

授業外における学習

教科書 なし。

参考文献

成績評価 レポートと出席

コメント

5. 物理学専攻 C コース (実験系：物性物理学コース)

5.2 後期課程

特別講義 CI「ナノスピン変換科学-Nano-spinconversion science-」(物理学専攻)

英語表記	Current Topics C I	
授業コード	240283	ナンバリング： 24PHYS5F305
単位数	1	
担当教員	大谷 義近 居室：	
	小林 研介 居室：	

質問受付	
履修対象	物理学専攻 博士後期課程 各学年 選択
開講時期	集中
場所	掲示により通知
授業形態	講義科目
目的と概要	スピン変換とは、スピントルク、スピントール効果、スピンゼーベック効果などをはじめとする角運動量保存則に基づく、電気、光、音、振動、熱の相互変換の総称である。これらの現象は低温から室温までの広範囲な温度領域で発現するため、デバイス応用の可能性を秘めた現象として、注目されている。本講義では、上述のスピン変換現象の中で中心的な役割を果たすスピン流の持つ物性と機能を体系的に論じ、最近発見された現象について概観する。
学習目標	スピン流が有する物性とそれにより発現する機能性を例にとりスピン変換にかかわる諸現象がどのように現れるかを概観する。
履修条件	学部程度の固体物理学の知識があることが望ましい。
特記事項	<p>I. 磁性の基礎</p> <ul style="list-style-type: none"> i. 強磁性体と反強磁性体 ii. 強磁性体の磁区構造と磁化過程 iii. 磁化反転のダイナミクス iv. 磁壁のダイナミクス <p>II. スピン依存伝導物性</p> <ul style="list-style-type: none"> i. 磁気抵抗効果 ii. 巨大磁気抵抗効果 iii. スピン移行トルクとスピントルク iv. スピン偏極電流とスピン流 <p>III. スピン流電流変換現象</p> <ul style="list-style-type: none"> i. スピントルク ii. スピントルク効果 iii. ラシュバススピントルク iv. トボロジカル絶縁体表面状態 v. スピントルク効果 vi. エデルシュタイン効果 vii. 界面相互作用 ジャロシンスキイ-守谷相互作用、スピントルク <p>IV. その他のスピン変換現象</p>

授業計画

5. 物理学専攻 C コース (実験系: 物性物理学コース)

授業外における学習

教科書 なし

参考文献 齊藤 英治, 村上 修一 (著): 「スピン流とトポロジカル絶縁体」 —量子物性とスピントロニクスの発展— (基本法則から読み解く物理学最前線 1)、共立出版

成績評価 出席とレポートによる。

コメント

特別講義 CII 「結晶および準結晶における重い電子状態の形成」(物理学専攻)

英語表記	Current Topics C II	
授業コード	240284	ナンバリング： 24PHYS5F305
単位数	1	
担当教員	佐藤 憲昭	居室： Email : kensho@cc.nagoya-u.ac.jp 木村 真一 居室： 生命機能研究科ナノバイオロジー棟 D205 電話： 4600 Email : kimura@fbs.osaka-u.ac.jp
質問受付	授業前後。	
履修対象	物理学専攻 博士後期 全学年 選択	
開講時期	集中	
場所	掲示により通知	
授業形態	講義科目	
目的と概要	重い電子系は型破りな超伝導や量子臨界現象など興味ある現象を示す。最近では、周期性を持たない準結晶が重い電子系と類似の現象を示すことが明らかとなっている。本講義では、これらの現象の背後に潜む物理を概観する。	
学習目標	新物質が示す新機能の理解すること、その背景にある強相関電子系の研究の現状と課題を認識すること、それらを通じて物理学研究者としての問題への取り組み方を学ぶことが目標である。	
履修条件	物性物理学の基礎知識を有すること。	
特記事項		
授業計画	<ol style="list-style-type: none"> 1. 結晶中の局在電子と遍歴電子 2. 近藤効果 3. 重い電子系における磁性と超伝導 4. 準結晶の構造と電子状態 5. 準結晶における量子臨界現象 	
授業外における学習	授業中に指示する予定。	
教科書	教科書・教材 なし。講義ノートは事前にダウンロードできるようにする。	
参考文献	「磁性と超伝導の物理-重い電子系の理解のために-」(佐藤憲昭、三宅和正著)(名古屋大学出版会	
成績評価	出席とレポート	
コメント		

特別講義 CI(S)「ナノスピン変換科学-Nano-spinconversion science-」(物理学専攻)

英語表記	Current Topics C I (S)	
授業コード	241574	ナンバリング:
単位数	1	
担当教員	大谷 義近 居室: 小林 研介 居室:	

質問受付	
履修対象	物理学専攻 博士後期課程 各学年 選択
開講時期	集中
場所	掲示により通知
授業形態	講義科目
目的と概要	スピン変換とは、スピントルク、スピンホール効果、スピンゼーベック効果などをはじめとする角運動量保存則に基づく、電気、光、音、振動、熱の相互変換の総称である。これらの現象は低温から室温までの広範囲な温度領域で発現するため、デバイス応用の可能性を秘めた現象として、注目されている。本講義では、上述のスピン変換現象の中で中心的な役割を果たすスピン流の持つ物性と機能を体系的に論じ、最近発見された現象について概観する。
学習目標	スピン流が有する物性とそれにより発現する機能性を例にとりスピン変換にかかる諸現象がどのように現れるかを概観する。
履修条件	学部程度の固体物理学の知識があることが望ましい。
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> I. 磁性の基礎 <ul style="list-style-type: none"> i. 強磁性体と反強磁性体 ii. 強磁性体の磁区構造と磁化過程 iii. 磁化反転のダイナミクス iv. 磁壁のダイナミクス II. スピン依存伝導物性 <ul style="list-style-type: none"> i. 磁気抵抗効果 ii. 巨大磁気抵抗効果 iii. スピン移行トルクとスピンポンピング iv. スpin偏極電流とスpin流 III. スpin流電流変換現象 <ul style="list-style-type: none"> i. スpin軌道相互作用 ii. スpinホール効果 iii. ラシュバスpin偏極 iv. トポロジカル絶縁体表面状態 v. スpin運動量ロッキング現象 vi. エデルシュタイン効果 vii. 界面相互作用 ジャロシンスキ-守谷相互作用、スpin軌道トルク IV. その他のスpin変換現象

授業計画	
------	--

授業外における学習

教科書 なし

参考文献 齊藤 英治, 村上 修一 (著): 「スピン流とトポロジカル絶縁体」 —量子物性とスピントロニクスの発展— (基本法則から読み解く物理学最前線 1)、共立出版

成績評価 出席とレポートによる。

コメント

特別講義 CII(S) 「結晶および準結晶における重い電子状態の形成」(物理学専攻)

英語表記	Current Topics C II (S)	
授業コード	241575	ナンバリング:
単位数	1	
担当教員	佐藤 憲昭	居室: Email : kensho@cc.nagoya-u.ac.jp 木村 真一 居室: 生命機能研究科ナノバイオロジー棟 D205 電話: 4600 Email : kimura@fbs.osaka-u.ac.jp
質問受付		
履修対象	物理学専攻 博士後期 全学年 選択	
開講時期	集中	
場所	掲示により通知	
授業形態	講義科目	
目的と概要	重い電子系は型破りな超伝導や量子臨界現象など興味ある現象を示す。最近では、周期性を持たない準結晶が重い電子系と類似の現象を示すことが明らかとなっている。本講義では、これらの現象の背後に潜む物理を概観する。	
学習目標	新物質が示す新機能の理解すること、その背景にある強相関電子系の研究の現状と課題を認識すること、それらを通じて物理学研究者としての問題への取り組み方を学ぶことが目標である。	
履修条件	物性物理学の基礎知識を有すること。	
特記事項		
授業計画	<ol style="list-style-type: none"> 1. 結晶中の局在電子と遍歴電子 2. 近藤効果 3. 重い電子系における磁性と超伝導 4. 準結晶の構造と電子状態 5. 準結晶における量子臨界現象 	
授業外における学習		
教科書	なし。講義ノートは事前にダウンロードできるようにする。	
参考文献	「磁性と超伝導の物理-重い電子系の理解のために-」(佐藤憲昭、三宅和正著)(名古屋大学出版会)	
成績評価	出席とレポート	
コメント		

発行年月日 平成 29 年 4 月 18 日

発行 大阪大学大学院理学研究科 大学院係

製版 大阪大学大学院理学研究科 物理学専攻 山中 卓

URL <http://www.sci.osaka-u.ac.jp/students/syllabus2016/graduate/index-jp.html>

この冊子は、KOAN のデータを元に Python と L^AT_EX 2_ε を用いて自動生成しました。

レイアウトは大阪大学コミュニケーションデザイン・センターのシラバスを参考にしました。