

## 2021年度 量子力学 A (3022)

### ■ クラス基本情報

科目区分	基盤科目	教職科目	理科
単位数	1	選択・必修・自由	選択
授業形態	講義	主な使用言語	日本語
開講時期	I	履修登録システム	使用する
履修登録期間	2021/04/13~2021/05/14	履修取消期限	2021/04/26

### ■ 教育プログラム別の履修区分

プログラム名	IS	CB	BS	BN	MS	CP	DS
履修区分	△	△	△	○	○	□	○
コア科目	-	-	-	-	-	C	-
履修方法	・修士論文研究又は特別課題研究を履修する場合は、基盤科目及び専門科目から12単位以上履修すること。 ・課題研究を履修する場合は、基盤科目及び専門科目から14単位以上履修すること。 ・コア科目の履修方法については、入学年次の教育課程表の(2)履修方法を参照すること。						

### ■ 授業科目概要

担当責任教員	中村 雅一
担当教員	中村雅一、服部賢
教育目的／学修到達目標	<p>【教育目的】 物質の成り立ちを、電子、原子レベルで理解するために必要な基本概念を解説する。本講義では、量子力学の基礎方程式やその解の背後にある物理的意味合いについて直感的に把握することを主眼とする。物質の光学的性質、電気的性質、磁気的性質を決めている電子や原子の量子力学的性質を理解し、量子力学的現象の本質をとらえて問題の定性的な分析が行えるようになることを目的とする。</p> <p>【学修到達目標】</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 量子力学的粒子の特徴について説明、記述できる。</li> <li>2) 波と粒子の二重性について説明、記述できる。</li> <li>3) シュレディンガー方程式について説明、記述できる。</li> <li>4) 特定の境界条件のもとでシュレディンガー方程式から波動関数やエネルギー固有値を求めることができる。</li> </ol>
授業概要／指導方針	<p>【授業概要／指導方針】 まず、量子力学的性質が我々の現在の技術に活用されている事例などを学び、次いで日常感覚に密接に結びついた古典力学との違いを実感する。その後、時間に依存しないシュレディンガー方程式とそれによって量子力学的粒子のエネルギー固有値を求める方法を学ぶ。ただし、波動関数の固有関数の意味するところを実際に運動する量子力学的粒子を波束としてシミュレーションで見ることによって、量子力学的粒子の実態をイメージできるようにする。最後に、時間とともに変化する波動関数の取り扱い方を学ぶ。種々の原子の基本となる水素原子の電子状態やその空間分布を、解式とともに直接的な三次元な描像で理解する。ここでは複素数である波動関数を色彩と動画で視覚的にイメージする。 講義形式で行う。授業中の演習、およびレポートを課すことにより理解を深める。</p> <p>【授業時間外学修(予習・復習等)の目安】 各回毎に授業内で与えられたAssignmentの予習2時間 各回毎に復習2時間程度</p>

### ■ 授業計画

[1限目 9:20-10:50] [2限目 11:00-12:30] [3限目 13:30-15:00] [4限目 15:10-16:40] [5限目 16:50-18:20] [6限目 18:30-20:00]

回数	日付 [時間]	担当教員	テーマ	内容
----	---------	------	-----	----

1	4/20 [2]	中村 雅一	イントロダクション	様々な量子現象、粒子と波の2重性、ドブロイの関係式、確率の波、フェルミ粒子とボーズ粒子、波の式
2	4/21 [2]	中村 雅一	量子状態を表す式	フーリエ変換、不確定性、波動関数と演算子、固有値・固有関数、ハミルトニアンとシュレディンガー方程式、時間に依存したシュレディンガー方程式、波束の運動
3	4/22 [2]	中村 雅一	閉じ込められた粒子	エネルギーの量子化、零点エネルギー、調和振動子、井戸型ポテンシャル
4	4/23 [2]	中村 雅一	障壁とトンネル効果	ポテンシャル障壁に対する反射波と透過波、トンネル効果
5	4/23 [5]	服部 賢	水素原子1	クーロンポテンシャル、主量子数、方位量子数、磁気量子数、波動関数と存在確率、s軌道、pz軌道
6	4/26 [2]	服部 賢	水素原子2	波動関数の複素数形 (n, l, m表示)と実数形 (px, py表示)、軌道角運動量、d軌道
7	4/26 [5]	服部 賢	多電子原子	スピン、パウリ排他律、フント則、電子配置
8	4/27 [2]	服部 賢	原子の光学遷移	水素原子の光学遷移と選択則
9	4/28 [2]	—		
10	4/28 [5]	—		

## ■ 授業日程

[1限目 9:20-10:50] [2限目 11:00-12:30] [3限目 13:30-15:00] [4限目 15:10-16:40] [5限目 16:50-18:20] [6限目 18:30-20:00]

回数	日付	時間	講義室	備考
1	4/20	2	Rethink 物質創成科学大講義室	遠方から通学する人や講義室で講義を受けることに不安のある人は、授業アーカイブで(2020年の)講義を聴講することで講義出席の代わりとすることを認めます。内容は2021年も同じです。 <a href="https://library.naist.jp/mylmedeo/search/av2.do?target=local&amp;bibid=94153">https://library.naist.jp/mylmedeo/search/av2.do?target=local&amp;bibid=94153</a> 授業アーカイブ視聴で出席に代える場合は、授業の中で指示するレポートとは別に、[その日の講義の要点を簡単な箇条書きで5項目程度まとめたものを、時間割の日の24:00までに]mnakamura@ms.naist.jp宛に送って下さい。その提出によって出席と見なします。メールアドレスは、必ず「量子力学まとめノート」として下さい。
2	4/21	2	Rethink 物質創成科学大講義室	同上
3	4/22	2	Rethink 物質創成科学大講義室	同上
4	4/23	2	Rethink 物質創成科学大講義室	同上
5	4/23	5	Rethink 物質創成科学大講義室	遠方から通学する人や講義室で講義を受けることに不安のある人は、授業アーカイブで(2020年の)講義 <a href="https://library.naist.jp/mylmedeo/search/av2.do?target=local&amp;bibid=94153">https://library.naist.jp/mylmedeo/search/av2.do?target=local&amp;bibid=94153</a> を聴講することで対面講義出席の代わりとすることを認めます。内容は2021年も同じです。 対面講義ではテキストを配布しませんので、各自必要に応じ配布テキストをダウンロード印刷してください。  (対面・授業アーカイブともに)成績評価は、e-learningでの出席兼小テスト、レポートで行います。 <a href="https://activelearning.jp/ek-bridge/naist">https://activelearning.jp/ek-bridge/naist</a> に出席兼小テストレポート問題を記載しています。これらには各講義当日からアクセス可能です。  e-learningで量子力学の選択が出来ない人、講義での質問がある人は、その旨 khattori@ms.naist.jp に連絡してください。  e-learningでの「第5回出席兼小テスト」の締め切りは、4月28日(3営業日)です。
6	4/26	2	Rethink 物質創成科学大講義室	同上。 「第6回出席兼小テスト」の締め切りは、4月30日(3営業日)、「第6回レポート」の締め切りは5月11日(7営業日)です(e-learning使用)。
7	4/26	5	Rethink 物質創成科学大講義室	同上。 「第7回出席兼小テスト」の締め切りは、4月30日(3営業日)、「第7回レポート」の締め切りは5月11日(7営業日)です(e-learning使用)。
8	4/27	2	Rethink 物質創成科学大講義室	同上。 「第8回出席兼小テスト」の締め切りは、5月6日(3営業日)、「第8回レポート」の締め切りは5月12日(7営業日)です(e-learning使用)。
9	4/28	2	Rethink 物質創成科学大講義室	
10	4/28	5	Rethink 物質創成科学大講義室	

## ■ テキスト・参考書

テキスト	必要に応じて講義資料をweb配布する。
参考書	・竹内 薫著 「ゼロから学ぶ量子力学」(講談社) ・H.A.ポール著、津川昭良訳 「理学と工学のための量子力学入門」(内田老鶴園) ・垣谷 俊昭著 「光・物質・生命と反応 上」(丸善) ・シッフ著、井上 健訳 「量子力学」(吉岡書店) ・後藤 憲一編「詳解理論応用 量子力学演習」(共立出版)

## ■ その他

履修条件	特になし
オフィスアワー	特に定めないが、事前に電子メールでアポイントをとること。
成績評価の方法と基準	・5段階(秀・優・良・可・不可)で評価する。 ・レポート90%、授業への参加度10%
関連科目	物質科学解析、物質物理学
関連学位	理学、工学
注意事項	特になし

## 2021年度 量子力学 B (3022)

### ■ クラス基本情報

科目区分	基盤科目	教職科目	理科
単位数	1	選択・必修・自由	選択
授業形態	講義	主な使用言語	英語
開講時期	III	履修登録システム	使用する
履修登録期間	2021/10/14~2021/11/04	履修取消期限	2021/10/28

### ■ 教育プログラム別の履修区分

プログラム名	IS	CB	BS	BN	MS	CP	DS
履修区分	△	△	△	○	○	□	○
コア科目	-	-	-	-	-	C	-
履修方法	・修士論文研究又は特別課題研究を履修する場合は、基盤科目及び専門科目から12単位以上履修すること。 ・課題研究を履修する場合は、基盤科目及び専門科目から14単位以上履修すること。 ・コア科目の履修方法については、入学年次の教育課程表の(2)履修方法を参照すること。						

### ■ 授業科目概要

担当責任教員	中村 雅一
担当教員	中村雅一、服部賢
教育目的／学修到達目標	<p>【教育目的】 物質の成り立ちを、電子、原子レベルで理解するために必要な基本概念を解説する。本講義では、量子力学の基礎方程式やその解の背後にある物理的意味合いについて直感的に把握することを主眼とする。物質の光学的性質、電気的性質、磁気的性質を決めている電子や原子の量子力学的性質を理解し、量子力学的現象の本質をとらえて問題の定性的な分析が行えるようになることを目的とする。</p> <p>【学修到達目標】</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 量子力学的粒子の特徴について説明、記述できる。</li> <li>2) 波と粒子の二重性について説明、記述できる。</li> <li>3) シュレディンガー方程式について説明、記述できる。</li> <li>4) 特定の境界条件のもとでシュレディンガー方程式から波動関数やエネルギー固有値を求めることができる。</li> </ol>
授業概要／指導方針	<p>【授業概要／指導方針】 まず、量子力学的性質が我々の現在の技術に活用されている事例などを学び、次いで日常感覚に密接に結びついた古典力学との違いを実感する。その後、時間に依存しないシュレディンガー方程式とそれによって量子力学的粒子のエネルギー固有値を求める方法を学ぶ。ただし、波動関数の固有関数の意味するところを実際に運動する量子力学的粒子を波束としてシミュレーションで見ることによって、量子力学的粒子の実態をイメージできるようにする。最後に、時間とともに変化する波動関数の取り扱い方を学ぶ。種々の原子の基本となる水素原子の電子状態やその空間分布を、解式とともに直接的な三次元な描像で理解する。ここでは複素数である波動関数を色彩と動画で視覚的にイメージする。 講義形式で行う。授業中の演習、およびレポートを課すことにより理解を深める。</p> <p>【授業時間外学修(予習・復習等)の目安】 各回毎に授業内で与えられたAssignmentの予習2時間 各回毎に復習2時間程度</p>

### ■ 授業計画

[1限目 9:20-10:50] [2限目 11:00-12:30] [3限目 13:30-15:00] [4限目 15:10-16:40] [5限目 16:50-18:20] [6限目 18:30-20:00]

回数	日付 [時間]	担当教員	テーマ	内容
----	---------	------	-----	----

1	10/21 [2]	中村 雅一	イントロダクション	様々な量子現象、粒子と波の2重性、ドブロイの関係式、確率の波、フェルミ粒子とボーズ粒子、波の式
2	10/22 [2]	中村 雅一	量子状態を表す式	フーリエ変換、不確定性、波動関数と演算子、固有値・固有関数、ハミルトニアンとシュレディンガー方程式、時間に依存したシュレディンガー方程式、波束の運動
3	10/25 [2]	中村 雅一	閉じ込められた粒子	エネルギーの量子化、零点エネルギー、調和振動子、井戸型ポテンシャル
4	10/26 [2]	中村 雅一	障壁とトンネル効果	ポテンシャル障壁に対する反射波と透過波、トンネル効果
5	10/27 [2]	服部 賢	水素原子1	クーロンポテンシャル、主量子数、方位量子数、磁気量子数、波動関数と存在確率、s軌道、pz軌道
6	10/28 [2]	服部 賢	水素原子2	波動関数の複素数形(n, l, m表示)と実数形(px, py表示)、軌道角運動量、d軌道
7	10/29 [2]	服部 賢	多電子原子	スピン、パウリ排他律、フント則、電子配置
8	11/1 [2]	服部 賢	原子の光学遷移	水素原子の光学遷移と選択則

## ■ 授業日程

[1限目 9:20-10:50] [2限目 11:00-12:30] [3限目 13:30-15:00] [4限目 15:10-16:40] [5限目 16:50-18:20] [6限目 18:30-20:00]

回数	日付	時間	講義室	備考
1	10/21	2	E207 208(MS)	
2	10/22	2	E207 208(MS)	
3	10/25	2	E207 208(MS)	
4	10/26	2	E207 208(MS)	
5	10/27	2	E207 208(MS)	
6	10/28	2	E207 208(MS)	
7	10/29	2	E207 208(MS)	
8	11/1	2	E207 208(MS)	

## ■ テキスト・参考書

テキスト	必要に応じてプリントを配布する。
参考書	<ul style="list-style-type: none"> <li>・竹内 薫著 「ゼロから学ぶ量子力学」(講談社) ・H.A.ポール著、津川昭良訳 「理学と工学のための量子力学入門」(内田老鶴圃)</li> <li>・垣谷 俊昭著 「光・物質・生命と反応 上」(丸善) ・シッフ著、井上 健訳 「量子力学」(吉岡書店)</li> <li>・後藤 憲一ら編「詳解理論応用 量子力学演習」(共立出版)</li> </ul>

## ■ その他

履修条件	特になし
オフィスアワー	特に定めないが、事前に電子メールでアポイントをとること。

成績評価の方法と基準	・5段階(秀・優・良・可・不可)で評価する。 ・テスト70%、レポート20%、授業への参加度10%
関連科目	物質科学解析、物質物理学
関連学位	理学、工学
注意事項	特になし