

科学哲学：208-1-DP1

年次	学期	学則科目責任者
1年次	後学期	小倉 昭弘（物理学）

学修目標 (G I O) と 単位数	学修目標： 量子力学は、20世紀初頭に多くの物理学者の努力によって完成された 学問である。その適用範囲は広大であり、医療系でもMRIなどで 使用されている。 この講義では、スピン系を題材にとって量子力学の概念を構築して いきたい。最終目標は、MRIの原理を理解することである。 毎回の講義では、同時進行している数学2の線型代数の知識が 必要となるので、量子力学と線型代数の双方を味わってほしい。 単位数：2単位
担当教員	小倉 昭弘
教科書	なし
実習器材	関数電卓、20cm程度の定規、A4ミリ方眼グラフ用紙
評価方法 (E V)	定期試験は実施しない。毎回の出席と提出物(50%)、最終レポート(50%)にて評価する。
学生への メッセージ オフィスアワー	講義中でも講義外でも、どしどし質問してください。学生の質問が講義の宝です。 毎回の演習問題の解答はWebClass上で見るができます。

日付	授業項目	授業内容等	担当教員
2025/09/10 (水) 4時限 15:20～16:50 A 2025/09/10 (水) 4時限 15:20～16:50 B	基礎的概念 (1) シュテルン・ゲル ラッハの実験	【授業の一般目標】 シュテルン・ゲルラッハの実験は、量子力学の特徴である不連続な結果を示す有名な実験である。 この実験をよりどころとして、その数式による表現を学ぶ。 【行動目標 (SBOs)】 1. シュテルン・ゲルラッハの実験を説明できる。 2. 実験の数学的表現を説明できる。 【準備学修項目と準備学修時間】 ベクトルについて復習しておく。 30分 【アクティブラーニングの有無・学修媒体等】 有：ミニッツペーパー 【学修方略 (LS)】 講義 【場所 (教室/実習室)】 204教室 【国家試験出題基準 (主)】 その他 該当なし 【コアカリキュラム】	小倉 昭弘
2025/09/24 (水) 4時限 15:20～16:50 A 2025/09/24 (水) 4時限 15:20～16:50 B	基礎的概念 (2) 連続シュテルン・ ゲルラッハの実験	【授業の一般目標】 シュテルン・ゲルラッハの実験を連続させた実験を解説する。 古典力学では説明のできない現象を議論し、その数式による表現を解説する。 【行動目標 (SBOs)】 1. 連続シュテルン・ゲルラッハの実験を説明できる。 2. その数式による表現を書き下すことができる。 【準備学修項目と準備学修時間】 数学2の行列の掛け算を復習しておく。 30分 【アクティブラーニングの有無・学修媒体等】 有：ミニッツペーパー 【学修方略 (LS)】 講義 【場所 (教室/実習室)】 204教室 【国家試験出題基準 (主)】 その他 該当なし 【コアカリキュラム】	小倉 昭弘
2025/10/01 (水) 4時限	基礎的概念 (3) パウリ行列	【授業の一般目標】 スピンを表現するパウリ行列を導入する。	小倉 昭弘

日付	授業項目	授業内容等	担当教員
15:20～16:50 A 2025/10/01（水） 4時限 15:20～16:50 B	基礎的概念（3） パウリ行列	この行列の交換子から、その性質を導く。 【行動目標（SBOs）】 1. パウリ行列を述べることができる。 2. その性質を説明できる。 【準備学修項目と準備学修時間】 数学2の交換子について復習しておく。 30分 【アクティブラーニングの有無・学修媒体等】 有：ミニッツペーパー 【学修方略（LS）】 講義 【場所（教室/実習室）】 204教室 【国家試験出題基準（主）】 その他 該当なし 【コアカリキュラム】	小倉 昭弘
2025/10/08（水） 4時限 15:20～16:50 A 2025/10/08（水） 4時限 15:20～16:50 B	基礎的概念（4） 測定、不確定性原理	【授業の一般目標】 量子力学における測定値の数式による表現を与える。 統計学で学ぶ標準偏差の概念を使って、不確定性原理を学ぶ。 【行動目標（SBOs）】 1. 期待値を実験との関係を述べ、計算することができる。 2. 不確定性原理を説明することができる。 【準備学修項目と準備学修時間】 前期・統計の標準偏差について復習しておく。 30分 【アクティブラーニングの有無・学修媒体等】 有：ミニッツペーパー 【学修方略（LS）】 講義 【場所（教室/実習室）】 204教室 【国家試験出題基準（主）】 その他 該当なし 【コアカリキュラム】	小倉 昭弘
2025/10/22（水） 4時限 15:20～16:50 A 2025/10/22（水） 4時限 15:20～16:50 B	回転（1）スピン 1/2系の回転	【授業の一般目標】 スピン1/2粒子の回転運動を表す行列を導入する。 パウリ行列を使って、回転演算子を作る。 【行動目標（SBOs）】 1. 回転運動を起こす演算子を書き下すことができる。 2. その行列による表現を求めることができる。 【準備学修項目と準備学修時間】 数学2の行列の掛け算を復習しておく。 30分 【アクティブラーニングの有無・学修媒体等】 有：ミニッツペーパー 【学修方略（LS）】 講義 【場所（教室/実習室）】 204教室 【国家試験出題基準（主）】 その他 該当なし 【コアカリキュラム】	小倉 昭弘
2025/10/29（水） 4時限 15:20～16:50 A 2025/10/29（水） 4時限 15:20～16:50 B	回転（2） z 軸の まわりの回転	【授業の一般目標】 z 軸まわりの回転演算子を使って、スピンの回転を確かめる。 その期待値を求める。 【行動目標（SBOs）】 1. スピンの z 軸まわりの回転を求めることができる。 2. その期待値を求めることができる。 【準備学修項目と準備学修時間】 数学2の行列の掛け算を復習しておく。 30分 【アクティブラーニングの有無・学修媒体等】 有：ミニッツペーパー 【学修方略（LS）】	小倉 昭弘

日付	授業項目	授業内容等	担当教員
2025/10/29 (水) 4時限 15:20～16:50 A 2025/10/29 (水) 4時限 15:20～16:50 B	回転 (2) z軸のまわりの回転	講義 【場所 (教室/実習室)】 204教室 【国家試験出題基準 (主)】 その他 該当なし 【コアカリキュラム】	小倉 昭弘
2025/11/05 (水) 4時限 15:20～16:50 A 2025/11/05 (水) 4時限 15:20～16:50 B	回転 (3) x, y軸のまわりの回転	【授業の一般目標】 x, y軸のまわりの回転を表す行列を導入する。 その演算子によるスピンの回転を求め、期待値も求める。 【行動目標 (SBOs)】 1. x, y軸のまわりのスピンの回転を求めることができる。 2. その期待値を求めることができる。 【準備学修項目と準備学修時間】 数学2の行列の掛け算を復習しておく。 30分 【アクティブラーニングの有無・学修媒体等】 有: ミニッツペーパー 【学修方略 (LS)】 講義 【場所 (教室/実習室)】 204教室 【国家試験出題基準 (主)】 その他 該当なし 【コアカリキュラム】	小倉 昭弘
2025/11/12 (水) 4時限 15:20～16:50 A 2025/11/12 (水) 4時限 15:20～16:50 B	回転 (4) 任意の回転	【授業の一般目標】 任意の軸まわりの回転を表す行列を、オイラー角を使って導入する。 その行列を使ってスピンの回転を求める。 【行動目標 (SBOs)】 1. オイラー角を使った回転を表す行列を求めることができる。 2. その期待値を求めることができる。 【準備学修項目と準備学修時間】 数学2の行列の掛け算を復習しておく。 30分 【アクティブラーニングの有無・学修媒体等】 有: ミニッツペーパー 【学修方略 (LS)】 講義 【場所 (教室/実習室)】 204教室 【国家試験出題基準 (主)】 その他 該当なし 【コアカリキュラム】	小倉 昭弘
2025/11/19 (水) 4時限 15:20～16:50 A 2025/11/19 (水) 4時限 15:20～16:50 B	時間発展 (1) シュレディンガー方程式	【授業の一般目標】 スピンの時間発展を考える。 その演算を与える行列を導入する。 【行動目標 (SBOs)】 1. 磁場中におけるスピンの運動を説明できる。 2. 時間発展を表す行列を求めることができる。 【準備学修項目と準備学修時間】 回転を表す行列を復習しておく。 30分 【アクティブラーニングの有無・学修媒体等】 有: ミニッツペーパー 【学修方略 (LS)】 講義 【場所 (教室/実習室)】 204教室 【国家試験出題基準 (主)】 その他 該当なし 【コアカリキュラム】	小倉 昭弘
2025/11/26 (水)	時間発展 (2) ス	【授業の一般目標】	小倉 昭弘

日付	授業項目	授業内容等	担当教員
4時限 15:20～16:50 A 2025/11/26 (水) 4時限 15:20～16:50 B	ピンの歳差運動	z軸方向の磁場がある環境下でのスピンの運動を考える。 その期待値も求める。 【行動目標（SBOs）】 1. 外部磁場中のスピンの運動を説明できる。 2. その期待値を求め、歳差運動を説明できる。 【準備学修項目と準備学修時間】 前回の行列を復習しておく。 30分 【アクティブラーニングの有無・学修媒体等】 有：ミニッツペーパー 【学修方略（LS）】 講義 【場所（教室/実習室）】 204教室 【国家試験出題基準（主）】 その他 該当なし 【コアカリキュラム】	小倉 昭弘
2025/12/03 (水) 4時限 15:20～16:50 A 2025/12/03 (水) 4時限 15:20～16:50 B	時間発展（3）ス ピンの歳差運動	【授業の一般目標】 任意のスピンの磁場中での運動を考える。 その運動は、古典力学の歳差運動と同じであることを理解する。 【行動目標（SBOs）】 1. 任意のスピンの磁場中での運動を説明できる。 2. その期待値を求め、歳差運動との関係を説明できる。 【準備学修項目と準備学修時間】 前回のを復習しておく。 30分 【アクティブラーニングの有無・学修媒体等】 有：ミニッツペーパー 【学修方略（LS）】 講義 【場所（教室/実習室）】 204教室 【国家試験出題基準（主）】 その他 該当なし 【コアカリキュラム】	小倉 昭弘
2025/12/10 (水) 4時限 15:20～16:50 A 2025/12/10 (水) 4時限 15:20～16:50 B	時間発展（4）ブ ロッホ方程式	【授業の一般目標】 密度行列を導入し、シュレディンガー方程式からその満たすブロッホ方程式を導く。 ブロッホ方程式を使って、磁場中のスピンの運動を考える。 【行動目標（SBOs）】 1. ブロッホ方程式を説明することができる。 2. 磁場中のスピンの運動を説明できる。 【準備学修項目と準備学修時間】 シュレディンガー方程式を復習しておく。 30分 【アクティブラーニングの有無・学修媒体等】 有：ミニッツペーパー 【学修方略（LS）】 講義 【場所（教室/実習室）】 204教室 【国家試験出題基準（主）】 その他 該当なし 【コアカリキュラム】	小倉 昭弘
2025/12/17 (水) 4時限 15:20～16:50 A 2025/12/17 (水) 4時限 15:20～16:50 B	時間発展（5）緩 和の導入	【授業の一般目標】 スピンの磁場中での運動における摩擦である緩和を導入する。 緩和を使ってスピンの運動を解析する。 【行動目標（SBOs）】 1. 縦緩和と横緩和を説明できる。 2. ブロッホ方程式を解き、スピンの運動を説明することができる。 【準備学修項目と準備学修時間】 ブロッホ方程式を復習しておく。 30分 【アクティブラーニングの有無・学修媒体等】	小倉 昭弘

日付	授業項目	授業内容等	担当教員
2025/12/17 (水) 4時限 15:20～16:50 A 2025/12/17 (水) 4時限 15:20～16:50 B	時間発展 (5) 緩和の導入	有: ミニッツペーパー 【学修方略 (LS)】 講義 【場所 (教室/実習室)】 204教室 【国家試験出題基準 (主)】 その他 該当なし 【コアカリキュラム】	小倉 昭弘
2025/12/24 (水) 4時限 15:20～16:50 A 2025/12/24 (水) 4時限 15:20～16:50 B	時間発展 (6) 回転波近似	【授業の一般目標】 静磁場に、時間に依存する磁場をかけた中のスピンの運動を考える。 その方程式を解き、スピンの運動を理解する。 【行動目標 (SBOs)】 1. ブロツホ方程式を書くことができる。 2. その方程式を解いて、スピンの運動を説明できる。 【準備学修項目と準備学修時間】 歳差運動の復習をしておく。 30分 【アクティブラーニングの有無・学修媒体等】 有: ミニッツペーパー 【学修方略 (LS)】 講義 【場所 (教室/実習室)】 204教室 【国家試験出題基準 (主)】 その他 該当なし 【コアカリキュラム】	小倉 昭弘
2026/01/14 (水) 4時限 15:20～16:50 A 2026/01/14 (水) 4時限 15:20～16:50 B	時間発展 (7) 回転波近似と緩和	【授業の一般目標】 回転波近似に緩和を導入した現象を考える。 そのブロツホ方程式を解くことによって、スピンの運動を議論する。 【行動目標 (SBOs)】 1. 回転波近似に緩和をいれたブロツホ方程式を書くことができる。 2. その方程式を解き、スピンの運動を説明できる。 【準備学修項目と準備学修時間】 前回の復習をしておく。 30分 【アクティブラーニングの有無・学修媒体等】 有: ミニッツペーパー 【学修方略 (LS)】 講義 【場所 (教室/実習室)】 204教室 【国家試験出題基準 (主)】 その他 該当なし 【コアカリキュラム】	小倉 昭弘
2026/01/21 (水) 4時限 15:20～16:50 A 2026/01/21 (水) 4時限 15:20～16:50 B	まとめ	【授業の一般目標】 まとめとレポート提出 【行動目標 (SBOs)】 1. まとめ 【準備学修項目と準備学修時間】 レポートの作成 2時間 【アクティブラーニングの有無・学修媒体等】 無 【学修方略 (LS)】 講義 【場所 (教室/実習室)】 204教室 【国家試験出題基準 (主)】 その他 該当なし 【コアカリキュラム】	小倉 昭弘