

科学哲学：207-1-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	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
2021/09/14 (火) 1時限 09:30～11:00 A 2021/09/14 (火) 1時限 09:30～11:00 B	基礎的概念 (1)	【授業の一般目標】 シュテルン・ゲルラッハの実験 【行動目標 (SBOs)】 1. 量子力学の4つの要請を述べるができる。 2. 4つの要請を行列を使って表すことができる。 【準備学修項目と準備学修時間】 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)】 403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
2021/09/21 (火) 1時限 09:30～11:00 A 2021/09/21 (火) 1時限 09:30～11:00 B	基礎的概念 (2)	【授業の一般目標】 連続シュテルン・ゲルラッハの実験 【行動目標 (SBOs)】 1. 連続シュテルン・ゲルラッハの実験を述べるができる。 2. 連続シュテルン・ゲルラッハの実験を行列を使って表すことができる。 【準備学修項目と準備学修時間】 量子力学の4つの要請を復習しておく。 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)】 403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
2021/09/28 (火) 1時限 09:30～11:00 A 2021/09/28 (火) 1時限 09:30～11:00	基礎的概念 (3)	【授業の一般目標】 パウリ行列 【行動目標 (SBOs)】 1. パウリ行列を列挙できる。 2. パウリ行列の交換関係を述べるができる。	小倉 昭弘

日付	授業項目	授業内容等	担当教員
B	基礎的概念（３）	【準備学修項目と準備学修時間】 スピン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）】 ４０３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
2021/10/05（火） 1時限 09:30～11:00 A 2021/10/05（火） 1時限 09:30～11:00 B	基礎的概念（４）	【授業の一般目標】 測定，不確定性関係 【行動目標（ＳＢＯｓ）】 1. 量子力学における測定について述べることができる。 2. 不確定性関係を計算することができる。 【準備学修項目と準備学修時間】 前期にやった統計の期待値と標準偏差を復習しておく。 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）】 ４０３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
2021/10/12（火） 1時限 09:30～11:00 A 2021/10/12（火） 1時限 09:30～11:00 B	回転（１）	【授業の一般目標】 スピン1/2系の回転 【行動目標（ＳＢＯｓ）】 1. 角運動量の交換関係を述べることができる。 2. 回転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】 オイラーの公式を復習しておく。 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）】 ４０３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
2021/10/19（火） 1時限 09:30～11:00 A 2021/10/19（火） 1時限 09:30～11:00 B	回転（２）	【授業の一般目標】 z軸のまわりの回転 【行動目標（ＳＢＯｓ）】 1. z軸の回転により，スピンがどのように変換されるか述べることができる。 2. 期待値が回転に対してどのように変換されるか述べることができる。 【準備学修項目と準備学修時間】 z軸まわりの回転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）】 ４０３教室 【国家試験出題基準（主）】 その他 該当なし	小倉 昭弘

日付	授業項目	授業内容等	担当教員
2021/10/19 (火) 1時限 09:30～11:00 A 2021/10/19 (火) 1時限 09:30～11:00 B	回転 (2)	【コアカリキュラム】	小倉 昭弘
2021/10/26 (火) 1時限 09:30～11:00 A 2021/10/26 (火) 1時限 09:30～11:00 B	回転 (3)	【授業の一般目標】 y軸まわりの回転 【行動目標 (SBOs)】 1. y軸まわりの回転によってスピンがどのように変換されるか述べることができる。 2. y軸まわりの回転によって期待値がどのような変換を受けるか述べることができる。 【準備学修項目と準備学修時間】 y軸まわりの回転を復習しておく。 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)】 403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
2021/11/02 (火) 1時限 09:30～11:00 A 2021/11/02 (火) 1時限 09:30～11:00 B	回転 (4)	【授業の一般目標】 任意の回転 オイラー角 【行動目標 (SBOs)】 1. 任意の回転を表す行列を述べることができる。 2. 任意の回転によってスピンのように変換されるかを述べることができる。 【準備学修項目と準備学修時間】 z軸とy軸の回転を復習しておく。 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)】 403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
2021/11/09 (火) 1時限 09:30～11:00 A 2021/11/09 (火) 1時限 09:30～11:00 B	時間発展 (1)	【授業の一般目標】 シュレディンガー方程式 【行動目標 (SBOs)】 1. 要請5を述べることができる。 2. 磁場とスピンの相互作用を表すハミルトニアンを述べることができる。 【準備学修項目と準備学修時間】 量子力学の要請4つを復習しておく。 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)】 403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
2021/11/16 (火) 1時限 09:30～11:00 A	時間発展 (2)	【授業の一般目標】 スピンの歳差運動 (1) 【行動目標 (SBOs)】	小倉 昭弘

日付	授業項目	授業内容等	担当教員
2021/11/16 (火) 1時限 09:30～11:00 B	時間発展 (2)	1. z軸方向の磁場中でのスピンの時間発展を求めることができる。 2. z軸方向の磁場中での期待値の時間変化を述べることができる。 【準備学修項目と準備学修時間】 z軸まわりの回転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 (L S)】 講義 【場所 (教室/実習室)】 4 0 3 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
2021/11/30 (火) 1時限 09:30～11:00 A 2021/11/30 (火) 1時限 09:30～11:00 B	時間発展 (3)	【授業の一般目標】 スピンの歳差運動 (2) 【行動目標 (S B O s)】 1. z軸方向の磁場中での任意のスピンの時間発展を述べることができる。 2. z軸方向の磁場中での期待値の時間変化を述べることができる。 【準備学修項目と準備学修時間】 オイラー角を復習しておく。 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 (L S)】 講義 【場所 (教室/実習室)】 4 0 3 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
2021/12/07 (火) 1時限 09:30～11:00 A 2021/12/07 (火) 1時限 09:30～11:00 B	時間発展 (4)	【授業の一般目標】 ブロッホ方程式を解く 【行動目標 (S B O s)】 1. 密度行列の定義を述べることができる。 2. ブロッホ方程式を導くことができる。 【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 (L S)】 講義 【場所 (教室/実習室)】 4 0 3 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
2021/12/14 (火) 1時限 09:30～11:00 A 2021/12/14 (火) 1時限 09:30～11:00 B	時間発展 (5)	【授業の一般目標】 緩和の導入 【行動目標 (S B O s)】 1. 縦緩和、横緩和の定義を述べることができる。 2. x軸方向の磁場中でのスピンの運動を述べることができる。 【準備学修項目と準備学修時間】 x軸まわりの回転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 (L S)】 講義 【場所 (教室/実習室)】 4 0 3 教室	小倉 昭弘

日付	授業項目	授業内容等	担当教員
2021/12/14 (火) 1時限 09:30～11:00 A 2021/12/14 (火) 1時限 09:30～11:00 B	時間発展 (5)	【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
2021/12/21 (火) 1時限 09:30～11:00 A 2021/12/21 (火) 1時限 09:30～11:00 B	時間発展 (6)	【授業の一般目標】 回転波近似 【行動目標 (SBOs)】 1. 回転波近似と実験装置の対応を述べることができる。 【準備学修項目と準備学修時間】 スピンの歳差運動を復習しておく。 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)】 403 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
2022/01/11 (火) 1時限 09:30～11:00 A 2022/01/11 (火) 1時限 09:30～11:00 B	時間発展 (7)	【授業の一般目標】 回転波近似と緩和 【行動目標 (SBOs)】 1. 回転波近似に緩和を加えたハミルトニアンを述べることができる。 2. 回転波近似に緩和を加えたスピンの運動を述べることができる。 【準備学修項目と準備学修時間】 緩和を復習しておく。 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)】 403 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
2022/01/18 (火) 1時限 09:30～11:00 A 2022/01/18 (火) 1時限 09:30～11:00 B	まとめとレポート 提出	【授業の一般目標】 量子力学を振り返る。 【行動目標 (SBOs)】 1. 量子力学の復習をする。 【準備学修項目と準備学修時間】 レポートの作成 30分 【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)】 403 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