



東邦大学

平成25年度（秋）

東邦大学理学部物理学科

東邦大学大学院理学研究科物理学専攻

卒業・修士論文予稿集

論文発表会

平成25年8月26日（月）

発表会場

理学部Ⅱ号館5階 物理セミナー室

卒業・修士論文発表会プログラム

日時：平成25年8月26日（月）13:30～14:48※

場所：理学部 II 号館 5 階 物理セミナー室

修士論文発表（講演 20 分、質疑 5 分）

13:30 ～ 13:55※

1. 2 電子原子 Ba と Yb の高励起状態のシュタルク効果の研究

菅野 修太郎
(量子エレクトロニクス)

卒業論文発表（講演 9 分、質疑 3 分）

14:00 ～14:48※

1. 潮汐力の由来

高橋 匠(宇宙・素粒子)

2. ニュートリノ振動実験 OPERA における反応解析とタウ粒子崩壊の探索

桐生 将(基礎物理)

3. 二次元格子上的電子拡散のシミュレーション

高橋 圭太(物性理論)

4. 多層ディラック電子系へのキャリア注入とエネルギーダイアグラム

富永 雅章(物性物理)

※ 状況により時間変更の場合があります

修士論文要旨

2 電子原子 Ba と Yb の高励起状態のシュタルク効果の研究

量子エレクトロニクス研究室 6411201 菅野修太郎

近年、パリティ非保存に関する測定や、原子の永久電気双極子モーメント(EDM)の探索が行われている。これらの研究では、シュタルク効果を用いた実験が行われているため、分極率などの原子の基礎データが高い精度で導かれることが必要とされている。さらに、原子・分子のシュタルク効果の研究は、分光学的な情報を得ることができ、理論的な研究の発展にも大きく寄与し、重要な基礎研究テーマである。また、分極率は原子の波動関数に密接に関連し、理論計算を有効に検証することができる。しかしながら、同様の分光データであるゼーマン効果や原子の超微細構造などの研究に比べ、シュタルク効果の報告例は少ない。シュタルク効果の研究に必要不可欠である強力な外部電場の生成が非常に困難であり、そのため、多くの原子に対してシュタルク効果が分かっていないのが現状である。

以上の理由から、我々は現在系統的なシュタルク効果の研究を行っている。これまでは、単電子のアルカリ金属原子及び、2電子原子である Ba と Yb の基底状態からのシュタルク効果を調べて来た。2電子原子は単電子原子より電子配置が多様化で、電子準位が複雑になっている。シュタルク効果は異なるパリティの準位間の mixing によって起源しているため、2電子原子の研究は分光実験のみならず、理論計算にも興味深い。

本研究では、外部共振器型波長可変半導体レーザーと原子線を用いて、高分解能レーザー分光により最外殻に電子を2つ保有している2電子原子 Ba と Yb の高励起状態のシュタルク分光を行った。Ba 原子と Yb 原子は共に基底状態で 6s 軌道に2個電子が配置し、5d, 6s, 6p, 6d 等の open-shell を持つ。Yb 原子が f 殻に14個の電子で closed-shell をつくっている為、両原子の測定データの比較検証により f 電子の寄与や振る舞いを考察することができる。

Ba 原子の測定では、電気放電を用いて原子を準安定状態 $6s5d\ ^3D_1$ に占有させ、 $6s5d\ ^3D_1 \rightarrow 5d6p\ ^3F_2$ 遷移(波長 767.2 nm)の分光を行った。観測したスペクトルから、偶質量数の同位体は上下準位の分岐によって4本のピークに分岐していることが確認できた。電場を変えて詳細な測定を行い、同遷移のスカラー分極率を $-89.2 \pm 3.0\ \text{kHz}(\text{kV}/\text{cm})^2$ 、上準位 3F_2 のテンソル分極率を $-111.5 \pm 2.4\ \text{kHz}(\text{kV}/\text{cm})^2$ 、及び下準位 3D_1 のテンソル分極率を $-14.67 \pm 0.50\ \text{kHz}(\text{kV}/\text{cm})^2$ と決定した。

Yb 原子の測定でも同様に、電気放電を用いて原子を準安定状態 $4f^{14}6s6p\ ^3P_2$ に占有させ、 $4f^{14}6s6p\ ^3P_2 \rightarrow 4f^{14}6s7s\ ^3S_1$ 遷移(波長 769.9 nm)の分光を行った。観測したスペクトルから、偶質量数の同位体は上準位である $4f^{14}6s7s\ ^3S_1$ 準位のエネルギー差によって2本ピークに分岐していることを推測した。さらに、様々な電場で詳細な測定を行い、同遷移のスカラー分極率を $519 \pm 4.5\ \text{kHz}(\text{kV}/\text{cm})^2$ と決定した。

決定した Ba 原子のスカラー分極率、上準位のテンソル分極率及び、Yb 原子のスカラー分極率は今回初めて算出されたデータである。Ba と Yb は同じ2電子原子だが、スカラー分極率に大きな違いが見られた。分極率は異なる parity の準位から影響を受けるため、複雑な2電子原子の準位によって値に違いが現れたと考えられる。

卒業論文要旨

1. 潮汐力の由来

高橋 匠（宇宙・素粒子）

海水の満ち引き等の要因となる潮汐力について調べた。潮汐力は、地球が有限の大きさを持つために、その各点に働く万有引力に差が生じることに起因するが、回転する座標系における定式化では慣性力の効果を正しく考慮することが必要となる。この定式化を用いて、太陽系内の様々な天体が地球に及ぼす潮汐力の大きさを計算して比較した結果、月と太陽による寄与が卓越することがわかった。

2. ニュートリノ振動実験 OPERA における反応解析とタウ粒子崩壊の探索

桐生 将（基礎物理）

ニュートリノが飛行中に種類を変える現象、ニュートリノ振動を出現型で確認する OPERA 実験の解析が進行中である。スイス・CERN 研究所から発射されたミューニュートリノがタウニュートリノに変化して 730 km 離れたイタリア・グランサッソ研究所に設置された実験装置内の標的と反応する。その反応から放出されたタウ粒子の崩壊の特徴的な飛跡の折れ曲がり（キンク）を空間分解能の優れた原子核乾板で観測する計画である。このための荷電粒子飛跡の追跡、ニュートリノ反応点と生成粒子の再構成、崩壊検出の作業に参加した。その中でタウニュートリノ反応の可能性のある興味深い事象を検出し、その詳細な解析とタウ粒子崩壊の探索を行った。

3. 二次元格子上の電子拡散のシミュレーション

高橋 圭太（物性理論）

二次元六角格子において、電子の波束が拡散していく様子を時間に依存したシュレディンガー方程式を数値的に解くことにより調べた。特に、格子欠損の有無が電子の拡散にどのように影響するのかについて調べた。

4. 多層ディラック電子系へのキャリア注入とエネルギーダイアグラム

富永 雅章（物性物理）

世界で最初バルクな（多層）ディラック電子系が有機伝導体 α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ の高圧下で実現した。接触帯電法というユニークな方法でこの物質へ正孔を注入することに成功し、低温・磁場下でディラック電子系に特徴的な量子磁気抵抗と量子ホール効果を初めて観測することに成功されている。本研究では、多層系における量子ホール状態の特徴を見出すことを目的に、本デバイスのエネルギーダイアグラム（層方向の正孔濃度分布）を量子磁気抵抗振動の観測とその詳細な解析から明らかにした。