
会場 C

領域 1

C-1 量子ウォークの位相制御とエコー

佐賀大学 工学系研究科 物理科学専攻^A 坂井大地^A, 草場祥^A, 當間光^A, 遠藤隆^A, 豊島耕一^A, 平良豊^A

量子ウォークは拡散が速いことや、干渉性があることで量子情報への応用が期待されている。1次元格子空間に一定間隔の格子点からなる系を考える。相互作用は隣接する格子点間のみとする。格子間の相互作用は、ハミルトニアンとして $\hat{H} = i\hbar \frac{v}{2\Delta x} (\hat{z}^{-1} - \hat{z})$ と仮定する。ここで隣接サイトに移す演算子を $\hat{z}^{-1} = \sum_{k=-\infty}^{\infty} |k+1\rangle\langle k|$ $\hat{z} = \sum_{k=-\infty}^{\infty} |k-1\rangle\langle k|$ と表した。時刻 $t=0$ で原点から出発する量子ウォークは時間 t に比例して拡散する。このハミルトニアンの解はベッセル関数を用いて表すことができる。量子ウォークの時間発展の途中に、パルス的な位相シフトを行なうと時間反転し元の状態にもどる。このことは位相シフトによって量子ウォークのダイナミクスを制御できることを示す。実験で確かめるためにドップラー効果の利用が考えられる。二重に周波数変調をかけてスペクトルを回復することを確かめ、そして、超音波のドップラー効果を用いてシュミレーションする方法を報告する。

C-2 拡張された Jaynes-Cummings モデルのゲルマン行列による定式化

九州工大工院^A, 九州工大学習教育センター^B 前田智志^A, 鎌田裕之^A, 岡本良治^B

2 準位原子と電磁場の相互作用を記述する Jaynes-Cummings モデルは、1963 年に発表され、原子と電磁場の相互作用を端的に表現している。当初は、TOY モデルと考えられたが、その後種々の現象を予言していることが分かった。現在では、量子コンピュータの物理的実現法の一つとしての共振器 QED など、さまざまな分野で研究されている。一方、複合量子系の中の対象系の力学は、Lindblad 方程式により記述される。

2 準位系における Lindblad 方程式は、外部磁場中のスピンに対するブロッホ方程式と等価であることがわかっている。ブロッホ方程式において、エネルギー散逸と位相ダンピングが共存する下では、両者の間に密接な関係があることが経験的に知られていたが、2 準位系の Lindblad 方程式により証明されることが分かっている。

本研究では、3 準位系に拡張した Jaynes-Cummings モデルを取り上げる。このモデルでは、2 種の光子の絡み合いも現れる。さらにこのモデルは、非線形 Kerr 媒質効果の起源として解釈することができるなど、その潜在的な可能性が高まっている。本報告では、2 光子間の非線形位相のずれの計算方法を紹介し、このモデルを SU(3) 群の生成子であるゲルマン行列を用いて表現し関連する散逸現象を議論したい。

参考文献

E. T. Jaynes and F. W. Cummings, Proc. IEEE 51, 89(1963).

M. A. Nielsen and I. L. Chuang, 量子コンピュータと量子通信 11, コロナ社, (2000).

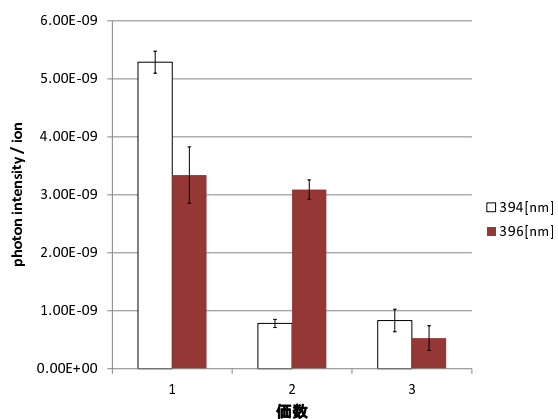
木村元, 博士論文「有限準位量子開放系の状態空間と力学」, 早稲田大学大学院 理工学研究科, (2004)

C-3 金属への多価イオンビーム照射によるイオン衝撃光測定

宮崎大学大学院工学研究科^A, 宮崎大学工学部^B 宮原一平^A, 元田貴浩^A, 米倉麻美^B, 宮房豪^B, 松田達郎^B

金属表面にイオンビームを衝突させると、光の放出が起こる。これは入射イオンによりスパッタリングされた粒子(2 次イオンあるいは中性原子)、あるいは金属表面のどちらかの励起された原子から放出されたものである。この現象は BLE(bombardment-induced light emission) と言われる。BLE が起こる詳しい過程はまだ十分に理解されていない。現在、宮崎大学では十数 keV に加速した Ar イオンビームを金属標的に照射し、光の計測を行っている。今回は Ar¹⁺、Ar²⁺、Ar³⁺ のビームを Al 標的に照射し、光量の変化を計測した。結果は右のグラフの通りである。縦軸は 1 衝突イオン当たりの測定光量に換算している。ここで NIST Atomic Spectra Data Base Lines Data によると、390[nm] 付近には 394.40058 [nm], 396.15200[nm] の 2 つの強度の大きい Al I のスペクトルがある。本実験で

は、この 2 つのスペクトルが重なって計測されたため、計測したスペクトルの fitting を行い、それぞれのピーク面積を出して換算した。グラフより価数が増えると光量は減少傾向にある。発表ではこの減少した原因などについて考察を述べる。



C-4 電子衝突によるナトリウム原子の 4s-3p 脱励起過程

宮崎大学工学部^A 秋田健一^A, 五十嵐明則^A, 大崎明彦^A

電子衝突により励起された原子の状態を表現するパラメータに Atomic collision parameters (ACPs) がある。この ACPs は、励起状態の磁気副準位 M に関する散乱振幅 f_M と直接関係があり、実験結果と理論モデルのより厳しいチェックを与えるのもである。ACPs の中でも特に興味を持たれるのは、S 状態と P 状態間の遷移における角運動量移行 $L_{\perp} = (|f_{+1}|^2 - |f_{-1}|^2) / (|f_{+1}|^2 + |f_{-1}|^2)$ の電子散乱角依存性である。S \rightarrow P 励起過程では、 L_{\perp} は例外なく小角度において正の値、大角度において負の値となる。

Shurgalin ら [1] は、電子衝突によるナトリウム原子の 4s \rightarrow 3p 脱励起に関する ACPs を初めて測定した。理論的には、収束緊密結合法 (CCC)[2] や擬状態を含めた R 行列法 (RMPS)[3] で計算がなされ、実験結果と良い一致であった。また、この脱励起過程に関する L_{\perp} は、小角度で負の値であった。RMPS の結果は、実験結果と良い一致を示しているが、どのような効果が重要なのかは報告されていない。

ナトリウム原子は、その原子核と L 殻までの 10 個の電子を 1 つの核と見なし、最外殻電子 1 個のみが遷移過程に関わるとした一電子近似が適用できる。そこで我々は、一電子近似を行ったナトリウム原子の電子衝突による 4s \rightarrow 3p 脱励起過程における角運動量移行 L_{\perp} を緊密結合法を用いて計算した。角運動量移行 L_{\perp} の解析において、微分断面積にも注目し、それらの散乱角による振る舞い、部分波や状態数による収束性を調べた。詳細は当日発表する。

C-5 水素分子の二重励起状態の計算

宮崎大学工学部^A 吉田篤史^A, 五十嵐明則^A, 大崎明彦^A

水素分子の 2 電子励起状態（共鳴状態）は多くの物理現象を生み出す。これまで二重励起状態について、様々な理論計算や実験が行われてきている。2 番目のイオン化しきい値（水素分子イオンの第 1 励起状態）に収斂する 2 電子励起 Rydberg 系列は Q_1 系列、3 番目のイオン化しきい値（水素分子イオンの第 2 励起状態）に収斂する 2 電子励起 Rydberg 系列は Q_2 系列と呼ばれている。実験研究の主な対象となった電子状態の対称性は、 $1,3\Sigma_{g,u}^+$, $1,3\Pi_{g,u}$, $1,3\Delta_{g,u}$ である。 $1\Sigma_u^+$, $1\Pi_u$ は、水素分子の基底状態からの光で励起することができる。他の対称性は光による励起は禁止されるが、電子衝突で励起することができる。

理論計算においては、水素分子は電子相関を含んだ最も基本的な分子であり、精密計算がボルン・オッペンハイマー近似内で行えるので、これまで多くの計算が行われてきた。しかしながらそのほとんどは Q_1 系列についてで、 Q_2 より高い系列については大規模計算が必要なことから、報告は非常に少ない。

我々は、ボルン・オッペンハイマー近似の範囲内で計算の改良を行い、高いエネルギー領域における水素分子の二重励起状態のエネルギーの計算を試みている。その計算手法や、他の計算結果と比較について報告する。

C-6 陽子衝突によるヘリウムからの1電子捕獲

宮崎大学工学部^A 五十嵐明則^A, 大崎明彦^A

陽子とヘリウムの高エネルギー衝突での電子移行過程では、トーマス・プロセスという2段階衝突機構が重要となり、水素の角度分布は0.47 mrad にピーク（トーマス・ピーク）を示す。Gudmundsson 等は、MeV 領域の陽子-ヘリウム衝突における1電子移行の水素原子散乱角についての微分断面積を計測し、トーマス・ピークに加え、0.75mrad 付近にもう一つピークを観測した。

Gulyás 等は、電子移行過程の断面積がイオン化過程のボルン近似を使ってうまく計算できることを、陽子-水素原子の場合に示している。その手法を陽子-ヘリウム衝突における1電子移行の断面積計算に適用した。計算の特徴としては、組み替え過程を直接過程のように扱えること、ボルン近似なので陽子とヘリウムの相互作用は1次摂動でのみ考慮されること、移行する電子と He^+ イオンとの相互作用は無限次で考慮されること、トーマス・プロセスが考慮されることなどが挙げられる。

研究の目的は、ヘリウムの基底状態と電離状態の近似レベルを変えながら微分断面積を計算し、その角度依存性への影響を調べることである。