

多価イオン電荷移行衝突における標的の電子励起

田沼 肇, 西村 勇輝, 大関 勇仁

都立大理

<https://atomphys.fpark.tmu.ac.jp/>

低エネルギーにおける多価イオンと中性原子・分子の電子移行衝突に関する研究は長い歴史があり、その現象の大筋は殆ど理解されていると言っても過言ではない。実験も理論も、多価イオンに移行した電子の状態に関するものが主であり、電子を奪われた後の標的については、標的分子の解離に関する研究例が幾つか報告されている程度である。しかし、標的から電子が奪われると同時に標的内の電子が励起される現象もある。移行励起 (transfer excitation, TE) と呼ばれることもあるが、R. Hoekstra 達は simultaneous electron capture and target ion excitation (SCX) という非常に長い名前を付けている [1-2]。この現象はイオン化された標的からの発光によって観測されるが、これまでの報告としては Hoekstra 達の論文以外には、私の知る限り我々の可視分光の論文しか見当たらない [3]。

都立大では 14.25 GHz 電子サイクロトロン共鳴型イオン源によって生成した多価イオンビームと中性原子・分子の衝突過程を電荷交換分光と呼ばれる手法によって研究してきた。この方法は、電荷移行反応によって生成した多価イオンの励起状態からの発光を観測するものであるが、標的からの発光も同時に観測されることがある。He 様の C, N, O イオンと He 気体を価数当たり 15 keV 程度のエネルギーで衝突させ、斜入射型極端紫外 (EUV) 分光器によって発光を観測したところ、He⁺ の 1s-2p 遷移に対応する 30.4 nm の発光が観測された。その発光断面積を測定したところ、入射イオン C⁴⁺ と N⁵⁺ については過去の文献値と良い一致を示した。一方、入射イオンが O⁶⁺ の場合、文献値は発見できなかったが、他の He 様イオンに比べて 1桁大きな実験値が得られた。

この顕著な入射イオン依存性に興味を持って、可視領域においても測定を行ったところ、どの衝突系でも He⁺ の $n = 3 - 4$ および $n = 3 - 5$ の遷移が観測された。一方、EUV 領域では 1s-3p と 1s-4p の遷移は何れの場合でも観測されなかった。これらの結果を説明するには、励起された He⁺ は 4f, 5g のような軌道角運動量が大きな状態しか生成されないと仮定する必要がある。 $n = 2 - 3$ の遷移は真空紫外領域にあるため、カスケードの全容を観測できてはいないが、標的の He は電荷移行と同時に yrast 遷移を起こす軌道角運動量最大の状態に選択的に励起されると言えそうである。但し、その理由を説明する機構も O⁶⁺ の場合の断面積が極端に大きな理由も不明であり、入射イオンの種類を変えた測定や、近似的粒子間ポテンシャル曲線に基づくモデルによって、これらの現象を理解しようと試行錯誤を行っている。

[1] R. Hoekstra *et al.*, *Nucl. Instrum. Methods B* **23**, 104 (1987).

[2] R. Hoekstra *et al.*, *Z. Phys. D* **25**, 209 (1993).

[3] H. Watanabe *et al.*, *J. Phys. Soc. Jpn.* **66**, 3790 (1997).