

タングステン多価イオン原子構造の確率的モデル化

西尾顕¹、藤井恵介¹

¹ 京都大学

<http://oel.me.kyoto-u.ac.jp/>

一般に、多電子原子の高精度な原子データはほとんど知られていないため、例えばプラズマ中のタングステン原子イオンの占有密度やスペクトル形状を高精度に予想することが難しい。一方で、多電子原子の構造は、電子の多体相互作用のためランダム行列と共通の統計的性質を示すことが知られている。そこで本研究では、タングステン多価イオンのプラズマ中での挙動を、統計的性質を用いることでどの程度モデル化できるか検討する。電子間の相互作用が十分大きくハミルトニアンがランダム行列で近似できる場合、各準位間の線強度を独立な確率変数とみなせるため、衝突輻射モデルを大幅に簡約化できる可能性がある。

本研究ではまず、28 価タングステンイオンのエネルギー準位と、それらの間の線強度を Flexible Atomic Code (FAC) により計算した。その結果、最近接準位間隔分布はウィグナー分布に近く、線強度の分布はポーター・トーマス分布に近くなることがわかった。このような傾向は励起エネルギーが大きい領域でより顕著であった。これらの分布は、ハミルトニアンをランダム行列で近似できる量子カオス系の特徴である。そのことから、特に励起エネルギーが大きい領域では量子カオスに近いことが確かめられた。

28 価タングステンイオンのハミルトニアンをランダム行列で近似できるとみなし、その線強度を独立に分布する確率変数とみなす簡約化モデルを構築した。さらに、準位 i の占有密度 n_i が励起エネルギー E_i 、実効温度 T_{eff} を持つ Boltzmann 分布で表せると仮定し、自然放出、衝突励起・脱励起による準位間のポピュレーションの流入・流出のつりあいを考えることで、 T_{eff} の電子温度・密度依存性を解析的に導出した。その結果を Fig. 1 に実線で示す。FAC を用いて、同様の反応過程を考慮した衝突輻射モデルを解くことで得た占有密度を Fig. 1 にマーカを用いて示す。その結果、励起エネルギーが高い領域では、解析モデルの結果が衝突輻射モデルの結果によく一致した。

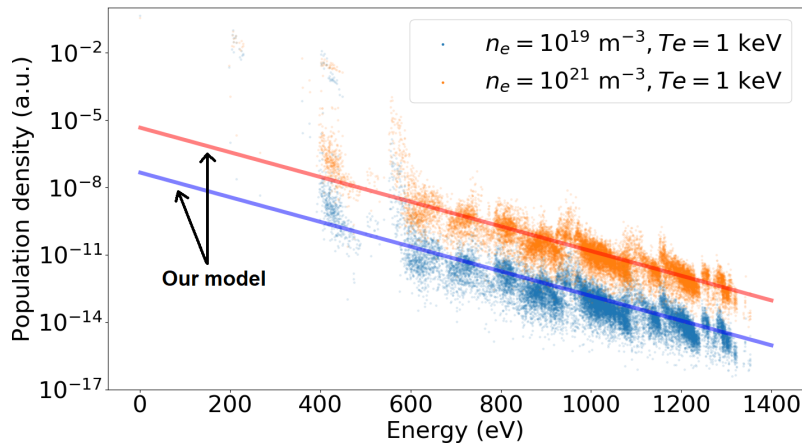


図 1: (実線) 解析モデルおよび (マーカー) FAC による 28 価タングステンイオンの占有密度分布