

# 希ガスによる電子の散乱と Li 原子の超微細分裂周波数

兵庫県立大学 大学院 理学研究科  
石川潔, 黒澤香澄

Hyperfine splitting frequency of Li atoms and electron scattering on noble gases

Graduate School of Science, University of Hyogo  
Kiyoshi Ishikawa and Kasumi Kurosawa

ガラス容器中の蒸気相リチウム ( ${}^7\text{Li}$ ) 原子の基底状態超微細分裂周波数を Coherent Population Trapping (CPT) により測定した。その周波数は、緩衝ガスの種類 (He, Ne, Ar, Xe), 密度 (0.02–0.5 amg), 温度 (250–400 °C) に依存した。他のアルカリ金属原子とは異なり, これまで Li 原子の超微細分裂周波数の詳細な報告はない。図 1 は, 安定同位体比の希ガス中の CPT 信号である。重い希ガス中ほど線幅が広い。今回は, 信号のゼロクロスする中心周波数に注目し, 比較的大きな Light Shift を補正し, 希ガスごとに周波数の温度依存性を得た。

超微細分裂は電子と核の接触磁気双極子相互作用によるので, 分裂周波数は Li 原子核における電子スピン密度に比例する。Li 原子が希ガス原子と衝突するとき, 遠方では分散力により電子が引き寄せられ, Li 核における電子密度が下がる。接近すると, パウリ斥力により  $s$  軌道的に圧縮され Li 核付近の電子密度が増加するとともに, 希ガス原子と反対側に  $p$  軌道的に電子が反発し, 核における電子密度が減少する。数値計算では, ファンデルワールスポテンシャルにより引力, フェルミの擬ポテンシャルにより斥力を導入した。それぞれの大きさを変数として最適化すると, 観測された周波数を再現できる。しかし, 実際は, 引力ポテンシャルを小さくしても擬ポテンシャルを低くすれば, 観測周波数を得られる。 $\delta$  関数型の擬ポテンシャルは, 長波長の極限でポテンシャルの詳細に立ち入らず, 散乱長を結合係数に変換する。つまり, 散乱長という 1 つの結合係数で, 引力と斥力の効果を表現する。したがって, 計算で引力を小さくしても, 引力効果を多く含む散乱長にすれば超微細分裂周波数を再現する。Li 原子が分極しない極限として引力ポテンシャルをゼロにすると, 結合係数は希ガス原子による自由電子の  $s$  波散乱長に一致した。これは, 超微細分裂周波数を精密な指標として, Li 原子の価電子が希ガス原子を調べるプローブとなることを示す。

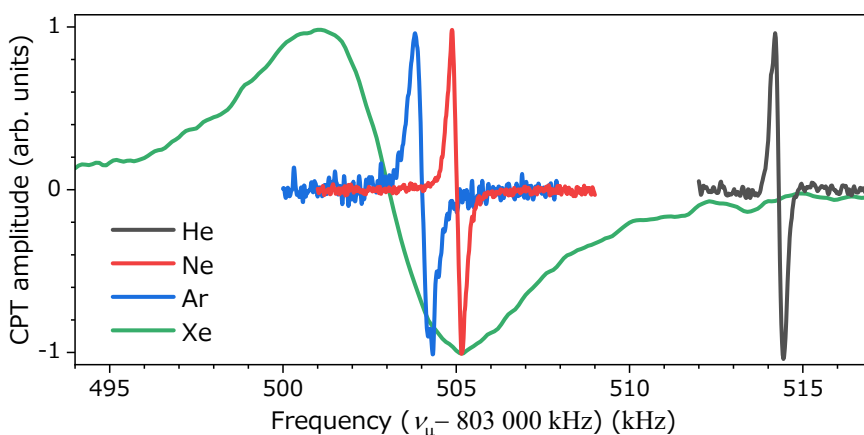


図 1. 約 320 °C で測定した  ${}^7\text{Li}$  原子超微細準位の CPT 信号。室温で封入した希ガスの圧力は, He 22.3 kPa, Ne 3.5 kPa, Ar 4.5 kPa, Xe 2.5 kPa である。周波数変調して掃引したので線形は分散型である。希ガスにより中心周波数や線幅が異なる。