

分子ランダウ準位における角運動量カップリング

(同志社大学理工学部)

木村恭之

Angular momentum coupling in molecular Landau levels

(Doshisha Univ.)

Yasuyuki Kimura

10T 程度の高磁場中の原子や分子では、高リドベルグ電子に作用するローレンツ力が核からのクーロン力より支配的になる。故に、高リドベルグ電子の運動は核を周回するサイクロトロン運動となる。図 1 に古典軌道計算結果を示す。この運動が量子化されて離散準位 (ランダウ準位) が形成される。正のエネルギーの電子に対しても、サイクロトロン回転により磁場と垂直方向への運動が束縛されるため、電子はしばらくの間核の周りをサイクロトロン運動しながら、束縛されていない磁場と平行方向へ電離する。分子では、サイクロトロン回転の周期と核の回転周期が同程度の場合、両者のカップリングによりランダウ準位のエネルギー構造の複雑化の可能性がある。

最大磁場 10T の超伝導電磁石中に真空槽を組み込み、1 電子系の電子構造を持つ NO 分子の分子線を磁場中に導入した。磁場中で波長可変レーザー光を分子線に直交させ、NO 分子を基底準位 $X^2\Pi_{1/2}(v=0, J=3/2, M_J=-1/2)$ から中間準位 $A^2\Sigma^+(v=0, J=1/2, M_J=-1/2)$ に励起した (v, J, M_J は振動、全角運動量、および磁気量子数)。もうひとつの波長可変レーザー光をこれに反並行に導入し、励起 NO 分子をさらに $\text{NO}^+ X^1\Sigma^+(v^+=0, N^+=0, M_N^+=0)$ 状態への零場中の電離極限 $E_0^{(0,0)}$ 以上のエネルギー領域に励起した (v^+, N^+, M_N^+ は振動、電子スピンを除く全角運動量、および磁気量子数)。直接電離、およびランダウ準位を経由して生成された NO^+ イオンを電場により加速し MCP に導入し、イオン電流量 (\propto 光電離断面積) を第 2 のレーザー光波長の関数として測定した。磁場強度 6T での測定結果を図 2 の薄い実線で示す。幅広い周期的構造と微細構造が断面積に見られる。断面積のフーリエ解析と古典軌道計算結果との比較から、幅広い構造は磁場に垂直な面内で電子が 1 回転する古典軌道 (図 1 の $\nu=1$ 軌道) に対応するランダウ準位に、微細構造はこの 3 次元空間でそれぞれ 2 回転、3 回転する古典軌道 (図 1 の $\nu=2, 3$ 軌道) に対応するランダウ準位に由来することが判った。古典軌道計算から得られたランダウ準位のエネルギー間隔を基にして光電離断面積を再現した結果を濃い実線で図 2 に示す。この再現より、3 次元軌道 ($\nu=2, 3$) に対応するランダウ準位の核は $N^+=2$ 準位に回転励起されていることが判った。これは、サイクロトロン運動する電子が核に衝突し核にエネルギーを与え、散乱されて軌道を変えたことを意味する。また、電子のサイクロトロン回転と核の回転の角運動量は磁場中でデカップルしていることも判明した。中間準位とランダウ準位間の光励起の選択側から決まる強い部分波の方向と古典軌道の方向が一致していることが確認された。

Figure 1: 古典軌道計算結果

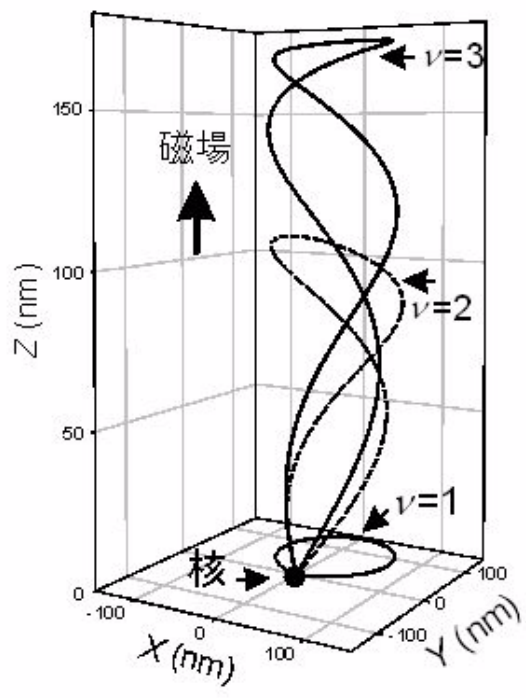


Figure 2: 磁場強度 6T での光電離断面積

