

## 強レーザー場における原子分子動的過程の理論研究

### Theoretical studies on the dynamics of atoms, molecules in strong laser fields

全 曉民 (Xiao-Min Tong)

筑波大学・計算科学研究センター

1. 研究目的: 強レーザー場における原子・分子動的過程について、理論計算で実験現象の解釈、メカニズムの解明とその現象の応用及び、理論計算で物理過程の制御方法の探索を行う。特に、楕円偏光強レーザー場中の原子励起と電離過程について、新しい現象を解明するところ。

#### 2. 研究成果の内容

(1) 強レーザー場における原子励起と電離過程について、統一な分析方法の開発: 強レーザー場における原子の励起と電離過程は二つ独立の過程であるので、別々分析するのは従来の研究のやり方であった。一方、弱光と原子相互作用の場合は摂動論が適用なので、量子欠損理論で、二つの過程を統一する手法はよく使われている。我々は、楕円偏光強レーザー場中の電子電離と励起過程の計算結果を分析し、電子励起と電離過程は量子欠損理論の元で、統一する分析が可能であることと明らかになった。励起と電離過程だけではない、励起と電離過程に伴う高次高調波も統一分析ができる。その研究結果は **Phys. Rev. A** に発表した。

(2) 強レーザー補助の原子X線電離の異常な角度分布のメカニズムの解明  
最近、実験で強レーザー補助の原子X線電離電子の角度分布が測定された。その結果はこの分野でよく使われている強レーザー場近似の予測と異なるということが示された。強レーザー場近似の予測は、曲線やなくて、直線である。その原因を調べるために、我々は理論計算を行った。電離された電子と親イオンとのクーロン相互作用の有無を比べて、その異常な角度分布はクーロン相互作用の影響であると明示された。その研究結果は **Phys. Rev. A** に発表した。

#### 3. 学際共同利用が果たした役割と意義

楕円偏光強レーザー場における原子過程は線偏光の場合より、問題は複雑になって、計算量は 100 倍以上になっているので、スパコンがないとその研究はできなくなってしまった。その計算できたら、たくさんの楕円偏光強レーザー場における原子過程を解釈することが可能になった。

#### 4. 今後の展望

今の研究を続けて、一部の計算コードを GPU 化して、Cygnus を使って、楕円偏光強レーザー場における原子過程についての研究を行う。特に、最近、実験で観測された異常な原子励起現象を計算で解明すること。その上に、2色楕円偏光強レーザー場で円偏光高次高調波が生成できるかを探索すること。

5. 成果発表

(1) 学術論文

- 1) X. Gao and X. M. Tong, “Coulomb effect on the dynamics of atoms in a strong elliptical laser field: Unification of the excitation and ionization”, Phys. Rev. A **100**, 063424:1-8 (2019).
- 2) Xiao-Min Tong, “Photoelectron angular distribution of atoms in pulsed XUV and IR fields”, Phys. Rev. A **99**, 043433:1-5 (2019).
- 3) W. C. Jiang, X. M. Tong, R. Pazourek, S. Nagele, and J. Burgdorfer, “Theory of bound state coherences generated by optical attosecond pulses”, accepted by Phys. Rev. A (2020).
- 4) HC Ni, S Brennecke, X Gao, PL He, S Donsa, I Brezinova, F He, J Wu, M Lein, XM Tong, and J Burgdorfer, “Theory of Subcycle Linear Momentum Transfer in Strong-Field Tunneling Ionization”, submitted to PRL

(2) 学会発表

- 1) XM Tong and N Toshima, “Abnormal photoelectron angular distribution of Ar atoms in pulsed XUV and IR laser fields”, XXXI International Conference on photonic, electronic and atomic collision, July 23-30, 2019 Deauville, France.
- 2) X Gao and XM Tong, “Photoabsorption of atoms in a strong elliptical laser field”, XXXI International Conference on photonic, electronic and atomic collision, July 23-30, 2019 Deauville, France.
- 3) S Borbely, XM Tong, S Nagele, J Feist, I Brezinova, F Lackner, L Nagy, K Tokesi and J Burgdorfer, “Energy loss of p and p in He: electron correlation effects”, XXXI International Conference on photonic, electronic and atomic collision, July 23-30, 2019 Deauville, France

(3) その他

使用計算機	使用計算機 に○	配分リソース※	
		当初配分	追加配分
Cygnus			
Oakforest-PACS	○	28,500	
※配分リソースについてはノード時間積をご記入ください。			