

	シーズ名	冷却原子・分子気体を用いた超精密測定
	氏名・所属・役職	井上 慎・理学研究科・教授

<概要>

レーザー冷却した原子気体(図1参照)を元に、量子縮退(ボース凝縮)した原子気体、および極低温の分子気体を作成する。レーザー冷却された原子気体は絶対温度で 100 マイクロケルビン(0.0001 度)、蒸発冷却された原子気体の温度はさらにその 1000 分の1程度になる。このような極低温の原子や分子を用いると以下のようなことが可能になる:

- ・超精密測定: 冷却原子・分子では粒子の速度によるドップラーシフトがほとんど無視でき、さらに測定時間も長くとれるために、熱原子・分子では不可能であったような高い精度での測定が可能になる。例としては、アルカリ原子の不正電子の磁気モーメントを用いた磁場(もしくは磁場勾配)の精密測定や、重力(もしくは重力勾配)の精密測定などが考えられる。

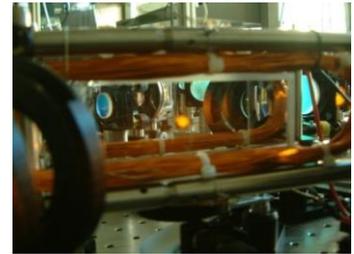


図1: レーザー冷却されたカリウム原子(中央のオレンジの輝点)

- ・冷却分子気体の作成: 磁場を用いた冷却原子間の相互作用の制御(フェッシュバハ共鳴)や、光会合といった技術を用いて、冷却原子を冷却分子に変換することが可能である。さらに、ラマン遷移を用いて冷却分子を量子状態間で遷移(誘導ラマン断熱遷移、STIRAP)させることで、冷却分子を特定の振動・回転準位に遷移させることが可能である(図2参照)。

<アピールポイント>

冷却分子の上記の2つの性質を組み合わせると従来の測定における限界を打破することが可能になる。実際、当研究室では冷却分子を用いて、電子・陽子質量比の時間変化の測定実験を行い、世界記録を上回る結果を得た。具体的には冷却分子を、電子陽子質量比の時間変化に極めて敏感な(感度にして約 10,000 倍)特定の振動・回転準位に用意し、次に 10 桁の精度でマイクロ波分光を行った。マイクロ波分光の測定精度を電子陽子質量比の精度に換算する際に上記の感度がかかるので、電子陽子質量比として達成された精度は 14 桁に及び、世界記録を2倍上回ることができた。また、この実験はレーザー冷却のみを用いているため、全体の実験を 100 ミリ秒で繰り返すことができ、データ取得の面でも有利である。

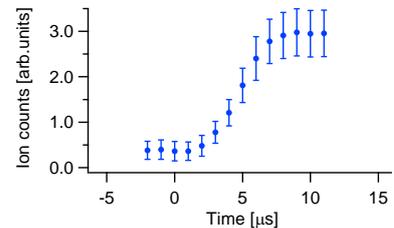


図2: 振動回転基底状態に作成された冷却分子。誘導ラマン断熱遷移(STIRAP)により冷却分子を所望の準位に遷移させることができる。

さらに、可能性としては

- ・可搬なシステムの構築: 光源としては主に半導体レーザーやファイバーレーザーを使っているため、電力消費が少なく、重量も軽いので、可搬な装置を目指してシステムを組むことも可能である。
- ・光格子ポテンシャルに閉じ込めた冷却分子の作成: レーザー光による定在波を用いると、理想的な周期ポテンシャルを構築することが可能である。光格子ポテンシャルの中に冷却原子を閉じ込める方法は確立しているが、ポテンシャルの中で冷却原子を冷却分子に変換できれば、冷却分子を周期ポテンシャルに閉じ込めた系を構築することが可能であり、物性研究の新たなプラットフォームになりうる。

<利用・用途・応用分野>

- ・磁場や磁場勾配の測定、
- ・重力および重力勾配の測定 など。

キーワード	レーザー冷却、量子縮退、ボース・アインシュタイン凝縮(BEC)、冷却分子、ラマン遷移、半導体レーザー
-------	--