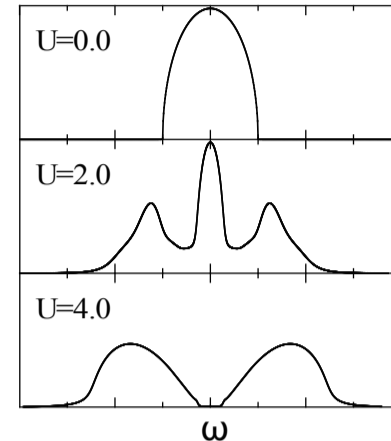


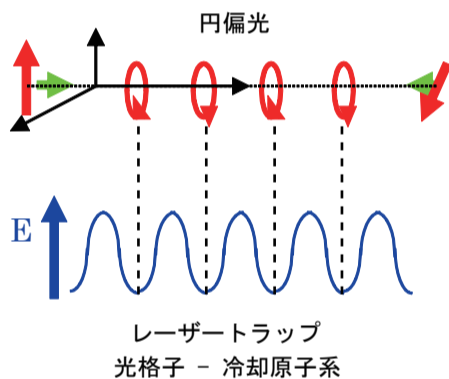
## 強相関電子系

遷移金属酸化物に代表される d 電子系や希土類化合物に代表される f 電子系においては、波動関数が原子核近傍に局在することにより、電子の相互作用の効果が強い（強相関）電子系が実現することが知られています。この系においては、電子間の強い相関により、重い電子的振る舞い、モット転移、高温超伝導、量子相転移などの興味深い物性が低温において現れることが知られています。また、電荷の自由度の凍結した量子スピン系においては、著しい量子効果を示す低次元物質が次々と合成され、スピンの大きさや格子構造などのトポロジを反映した量子物性が現れています。以下で述べる冷却原子・光格子系やナノ系も強く相関した系の典型例の一つであり、このような強相関系は物性物理におけるホットな話題を提供しています。

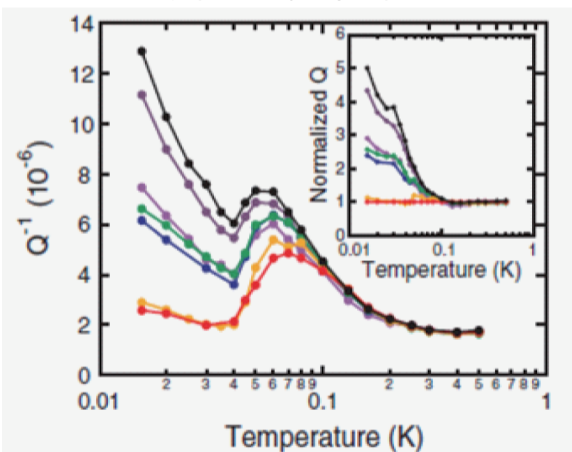


相互作用による  
状態密度の変化

## ボース・アインシュタイン凝縮と超流動



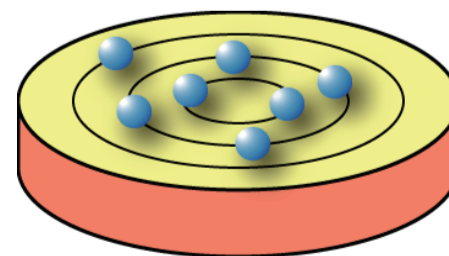
レーザートラップ  
光格子 - 冷却原子系



ボース粒子系は極低温になるとボース・アインシュタイン凝縮 (BEC) を起こし、粒子間斥力により超流動相に転移します。このボース多粒子系は具体的に  $^4\text{He}$  や近年の実験技術の発展により実現したトラップされた (Rb, Na, H, Yb, K などの) 原子ガス系で見られます。例えば、トラップされたフェルミ原子 K の系では、理論的に予言されていた超流動状態の BCS-BEC クロスオーバーが観測されています。最近では、対向するレーザーにより周期的ポテンシャルを持つ光格子系 (上図) が形成され、欠陥のない理想的な格子系として注目され、この光格子中では、超流動状態、モット絶縁体などのよく知られた量子状態に加えて、超流動状態と原子密度波状態が共存する超固体状態 (Supersolid) の可能性も指摘されています。一方で最近の固体  $^4\text{He}$  の研究では、量子渦の存在を示唆する実験結果 (下図) も報告され、固体の不均一性 (欠陥) がむしろ超固体状態をもたらしていると考えられています。これら、電気的に中性な量子凝縮相の研究は新たな様相を呈しています。

## ナノスケールの物理

最近の超微細加工技術の進歩に伴い、原子のスケールよりは大きい巨視的なスケールに比べて小さな系、すなわち、ナノスケールの系における電子の振る舞いが注目されています。究極の 1 次元電子系である量子細線、カーボンナノチューブや、たいへん狭い領域に電子を閉じこめた量子ドットが典型的な例です。また、これらの系を組み合わせた量子複合系においては、ファノ効果など興味深い物性が観測され、ナノ系の研究は、基礎物理の立場からも、量子デバイスなどへの応用からも大きな注目を集めています。



量子ドット - 人工原子