

有限量子多体系・原子核の物理学(理論)

量子力学の世界

有限量子多体系の不思議

拡大する有限量子多体系の世界

原子の中の宇宙—原子核—

量子力学の世界

Quantum World

物質粒子はある場合には波動のように振る舞い、別の場合には粒子のように振舞う！

<-- 電子ビームの干渉実験

光は伝播する場合には波動(電磁波)として振る舞い、電子など物質粒子と相互作用する場合には粒子(光子)として振舞う！

<-- 光電効果、コンプトン散乱

原子の(励起)エネルギーはとびとびの値をとる-エネルギーの量子化-

<-- 原子スペクトルの規則性、フランク・ヘルツの実験

不確定性関係

粒子の位置座標と運動量を同時には正確に決めることができない！

水素原子がつぶれないのも不確定性関係のおかげ

同種の粒子は原理的に区別できない！

すべての電子の基本的性質(質量、電荷、スピン、磁気モーメント)は極めて高い精度で同じである！

パウリの排他原理

量子数(の組)で指定される量子状態には電子は1個しか占有できない！

分子をあまり近くに接近させられない理由もパウリの排他原理である。

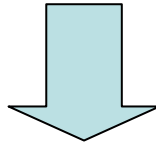
パウリの排他原理は化学の法則の基礎である ゆえに生命の基礎である

量子力学をわからなくても No problem !

「量子力学をわかったという人は実はよく理解していないのだ」 R.P. ファインマン

没個性の粒子からなぜ多彩な個性が生まれるか？ メソスコピック系(有限量子多体系)の不思議

すべての電子は同じ性質をもつ
すべての陽子は同じ性質を持つ
しかし、



原子は100種類以上も存在しているが、その多様性は原子核における正電荷の数と**電子の個数**が異なるということだけから生じている。

閉じ込めポテンシャルの形状と

そこに人工的に閉じ込められる**電子の個数**により性質の違い

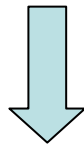
が現れる。

2個以上の電子の場合、

電子相関が重要になってくる。

拡大する有限量子多体系の領域(世界)

- 粒子(素粒子)単体と無限多体系としてのマクロ(巨視的)物質の間に位置する膨大の“中間領域”としての有限量子多体系の世界は相当以前が研究されてきましたが、近年も新しい展開が見られます。
- **原子**: 電子のつくる有限量子多体系
- **原子核**: 陽子、中性子のつくる有限量子多体系
- **分子**: 原子のつくる有限量子多体系

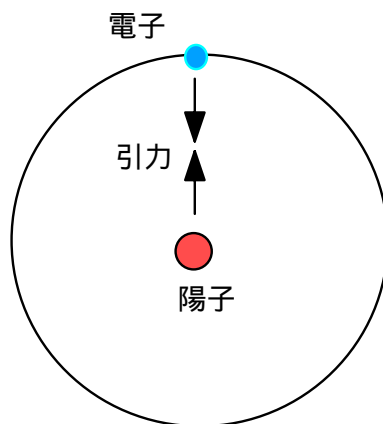


拡大

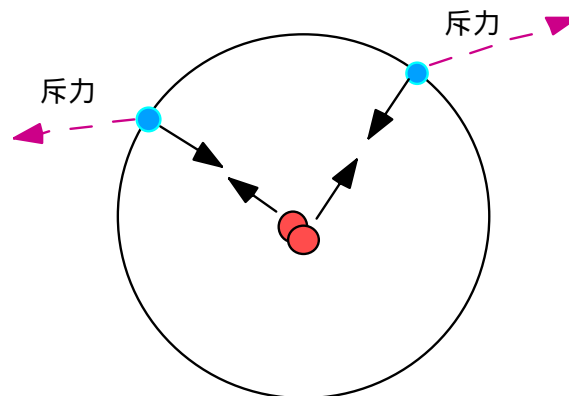
- **人工原子(量子ドット)**
- : 量子ポテンシャル内に閉じ込められた有限個の電子多体系
- **人工分子**: 人工原子の有限量子多体系
- **金属原子クラスター**: 原子のつくる有限量子多体系:
- **極低温原子気体(B.E.C.)**: 原子のつくる有限量子多体系

ポテンシャルに閉じこめた極低温の原子気体において、1995年にボーズ・アインシュタイン凝縮(BEC)が観測されて以来、有限量子多体系としての極低温原子気体についての実験的、理論的な研究が盛んになっている。

原子

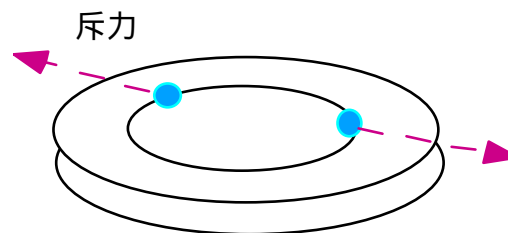
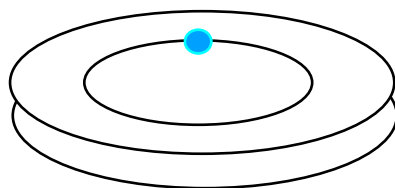


水素原子(の模式図)



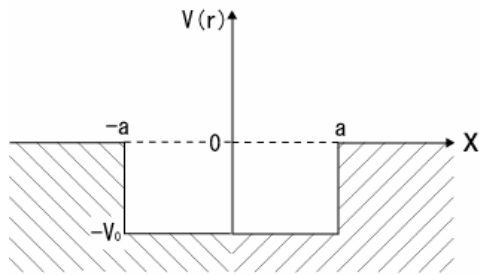
ヘリウム原子(の模式図)

人工原子 (量子ドット)



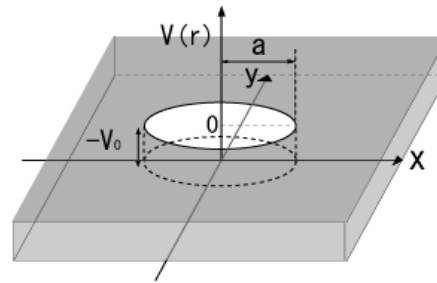
人工ヘリウム原子

有限量子井戸系



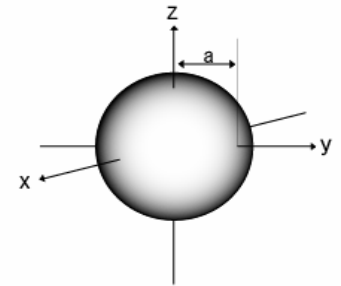
1次元
有限井戸型ポテンシャル

閉じ込め次元数 1
(不自由度 1)



2次元円形
有限井戸型ポテンシャル

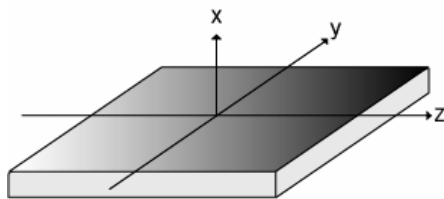
閉じ込め次元数 2
(不自由度 2)



3次元球形
有限井戸型ポテンシャル

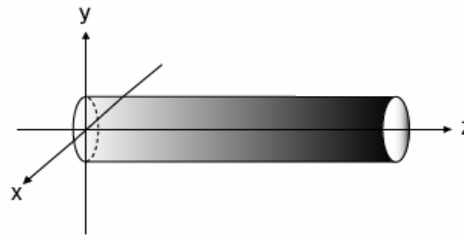
閉じ込め次元数 3
(不自由度 3)

閉じ込め
の次元数



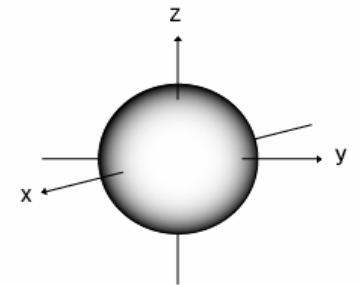
量子薄膜 (Quantum slab)

自由な次元数 2



量子細線 (Quantum wire)

自由な次元数 1



量子ドット (Quantum dot)

自由な次元数 0

自由な
次元数

原子の中の宇宙—原子核—

量子的階層(原子—原子核—素粒子)の中段

原子の芯としての原子核

陽子と中性子という二種類のフェルミ粒子から構成されている多体系

力の中心のない民主的な系(自己結合系、自己形成系)

強い相互作用の複合力としての核力は豊かな性質を持つ

原子核の多彩な運動様式(励起様式) 中間結合系としての原子核

微妙な質量差

太陽は性能の悪い核融合炉

原子核を形づくる核力の微妙なバランス