

非加速器 基礎物理

冷中性子干渉計による基礎物理



Jamin型干渉計と観測された干渉縞



中性子磁気モーメントが電荷を取り囲む幾何的な効果を測定します (AC効果)

多層膜を利用した大型冷中性子干渉計を用いて極めて微小な相互作用の検出を目指しています

Mach-Zehnder型干渉計



経路の分離がより大きな干渉計で重力が波動関数に与える効果を精密に測定します (COW実験)

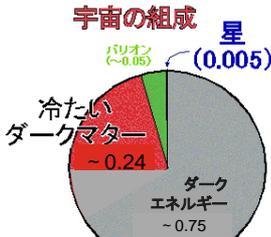
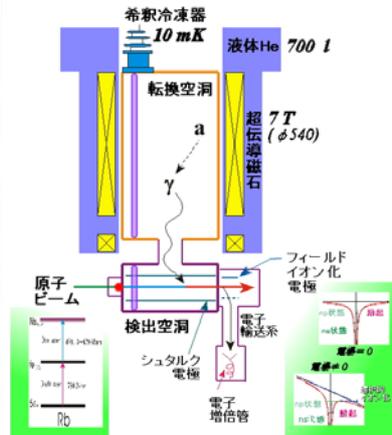
暗黒物質アキシオン探索実験

宇宙にはその全質量の約 1/4 をも担うダークマターと呼ばれる正体不明の物質が存在することが分かってきた。ダークマターの正体を明らかにすることは、基礎物理・宇宙物理の最重要課題である。ダークマターの最有力候補のひとつとして時間反転対称性に関わる未発見の素粒子“アキシオン”が挙げられる。これをリドベルグ原子を用いた高感度検出装置で探索し、ダークマターの正体を明らかにする。

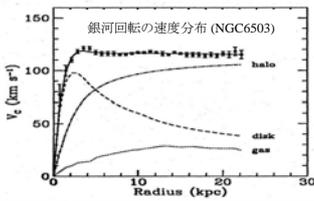
京都大学低温物質科学研究センターを核にして、立命館大 大阪電通大による共同研究でアキシオン探索を行うとともに低温環境下での表面物性科学や空洞量子電磁気学の実験的研究を展開する。これはリドベルグ原子を微弱電場測定やマイクロ波単一光子検出に応用するものである。



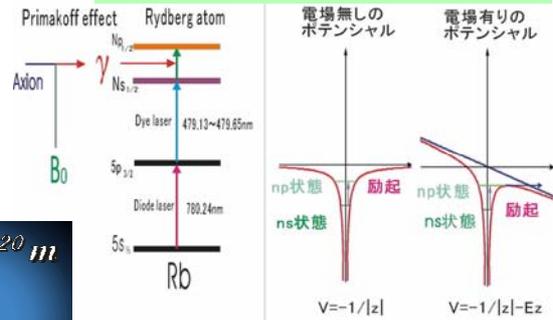
Schematic diagram of CARRACK-II system
Cosmic Axion Research with Rydberg Atoms in resonant Cavities in Kyoto



暗黒物質存在の状況証拠



マイクロ波単一光子検出



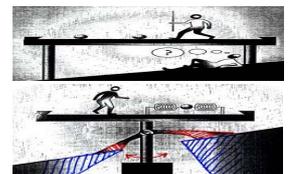
QCD理論

大きな欠陥:
時間反転対称性を破る
(Strong CP problem)



現実には、
中性子の電気双極子モーメントの測定からほとんど破れていないことが分かる。

PQ理論: 動的に対称性の破れを回復する
⇒ アキシオンの存在



宇宙物理 からの要請

構造形成

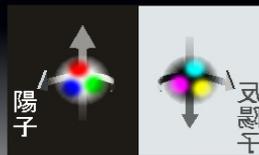
銀河、銀河団、
背景輻射…
ダークハロー
~10¹³ 個/cm³ の
アキシオン

アキシオン

素粒子物理 からの要請

基本的対称性

- C: 物質 ⇄ 反物質
- P: 右 ⇄ 左
- T: 時間反転



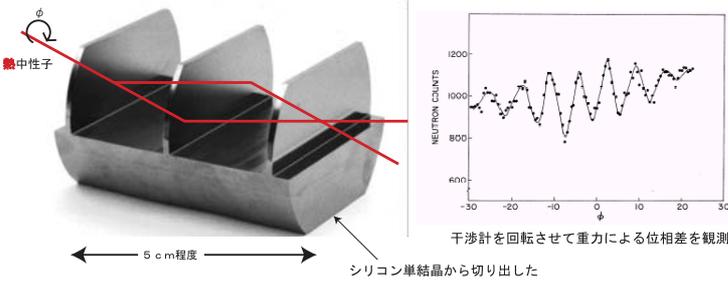
CP対称性

(=時間反転対称性) が何故ほとんど破れていないのか?



中性子干渉計とは？

中性子を2経路に分けて、
2経路の**位相差**を変えることで干渉縞を観測



位相差は $\Delta\phi = 2\pi \frac{m\lambda L}{h^2} \Delta E$ と表される

(λ : 中性子の波長、 L : 相互作用の働く区間、 ΔE : 2経路の相互作用の違い)

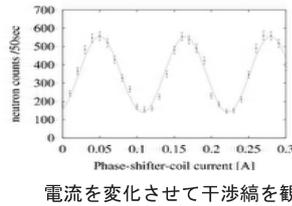
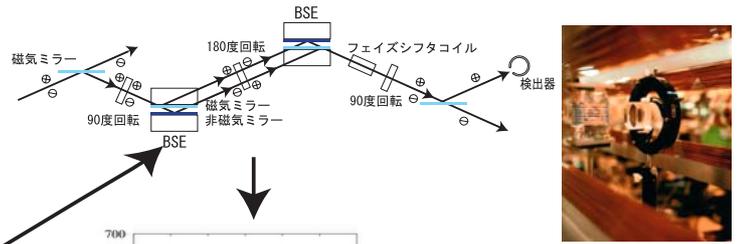
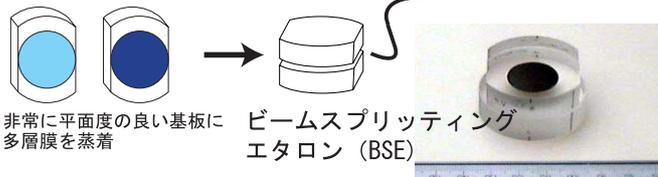
長波長中性子
と
大きな干渉計

を使用すれば高感度の測定が可能

多層膜干渉計



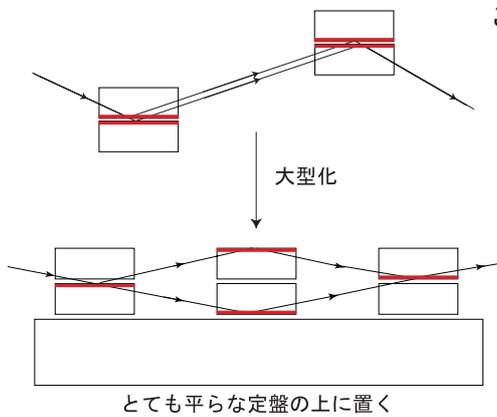
多層膜を使うと長波長中性子を分岐可能
(シリコン干渉計は結晶の格子間隔より長い波長を分岐できない)



ただし、

- 長波長中性子
- × 大きな干渉計

多層膜干渉計の大型化

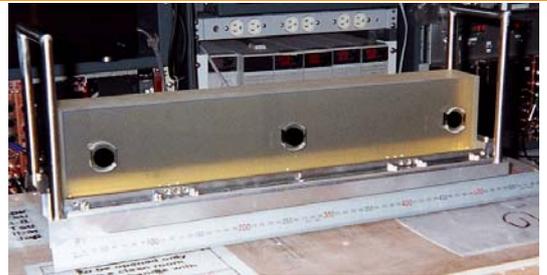


これなら

- 長波長中性子
- 大きな干渉計

この干渉計が完成すれば

- 重力の量子力学的効果・アハロノフ=キャッシャー効果の精密測定
- 新しいスピンエコー装置の開発など物性物理・生物学への応用



実験は茨城県東海村にある日本原子力研究所の研究炉の中のビームライン **MINE** で行っています

