The Univ. of Tokyo Dept. of Physics

Zeeman効果を用いた ポジトロニウム超微細構造の精密測定

<u>秋元銀河</u>^A,石田明^A,佐々木雄一^A,宮崎彬^A,加藤康作^A,末原大幹^B,難波俊雄^B, 浅井祥仁^A,小林富雄^B,斎藤晴雄^C,吉田光宏^D,田中賢一^D,山本明^D Thanks to : K.S. Khaw^A, 風間慎悟^A, 山口博史^A

^東大理,^B東大素セ,^C東大総文,^D高エ研





HFSの値は
$$\Delta_{mix}$$
から求めることが出来る。
 $\Delta_{mix} = \frac{\Delta_{HFS}}{2} \left(\sqrt{1 + x^2} - 1 \right)$
 $x = 2g\mu_B B / \Delta_{HFS}$
9kGで\Delta_mix=3GHz

 Δ_{mix} のRFでo-Psを $(m_z=\pm 1)$ から $|+>(m_z=0)$ へ遷移 させる。この状態 |+> はp-Psが混ざっているので 2γ -decayのレートが増加する。 RF周波数を3GHzに固定して、磁場を変化させ るとB=9kGをピークに崩壊レートのresonance が生 じる。共鳴ピークの磁場を周波数に焼き直すこと でHFS求める。



過去の実験と、考えられる系統誤差



過去の高精度実験はすべて磁場 (Zeeman効果)を用いた間接測定

中心に設置したRF Cavityにガスを入 れ、β⁺線源をもちいてPsを生成 ポジトロニウム生成には、物質 (ガ ス)が必要だが、**物質の効果**によっ てHFSの値はずれる。

大きなマグネットコイルで一様な印加磁場(7.8kG ⊙) ポジトロニウム生成領域における磁場の不定性がそのまま系統誤差になる

我々の考えている系統誤差

1.物質の効果を正しく評価していない 2.磁場の不定性に問題がある

Prototype Run

Ps-HFSをO(1ppm)の精度で測定する 際に考慮すべき系統誤差を洗い出すた め**Prototype Run**を行った。 (基本的な設計は本測定と同じ)

期間:2009年6月29日から9月18日

我々の新しい実験 //全体セットアップ

過去の実験を踏まえつつ、次の改善を施す



我々の新しい実験 //大型超伝導磁石



KEK低温センターの大型超伝導磁石

大型超伝導磁石を 永久電流モードで使用することで

1. Ps生成領域全体にわたって、安定 で一様な磁場O(ppm)を実現する。



我々の新しい実験 // β -tagging system



 Prompt peak (t=0)由来のバックグ ラウンドを抑える
 Psの熱化過程を直接測定する

厚さ0.2 mmのプラスチックシンチレータ

β-taggingシステムは線源と共にCavity の蓋に設置されており、陽電子の放出時 刻(≒Psの生成時刻)を記録している。

- 1. ²²Na線源から放出された陽電子をプ ラスティックシンチレーターでタグ
- 2. アクリルライトガイドで信号取り出し
- 3. ファインメッシュPMTで読み取り (Ps生成時刻)



我々の新しい実験 // ガンマ線検出器



UT-ICEPP



Prototype Run の結果

<u>時間スペクトル</u>

エネルギースペクトル



RFを印加すると寿命の長い2γが増加する



<u>エネルギースペクトル(シグナル)</u>



RF印加時からRF非印加時を差し引いた エネルギースペクトル(遷移シグナル) 赤と青は異なる印加磁場で2γの増加を 測定した場合の2γ増加量 RF周波数を振るのでは なく固定したまま、磁 場を振ることで Zeeman遷移の共鳴ピー クを探している。

磁場を変更することで 共鳴ピークから外すと、 RF印加による2ァの増 分は小さくなる。

共鳴遷移のカーブ



Page 12



系統誤差の要因	大きさ (ppm)
磁場の非一様性	22
解析法	< 40
共鳴曲線の補正	< 20
圧力依存性 (熱化以外)	8
ポジトロニウムの熱化	< 20

系統誤差の要因	大きさ (ppm)
RF 周波数	6
RF Cavity の Q値	10
測定点とPs生成領域間の 磁場の補正	4
磁場変動	2
NMR磁場測定	2
Quadrature sum	56

青字:今後の解析で改善予定

Prototype Runでの測定で得られたHFSの暫定値 203.385 ± 0.003 (14 ppm, stat.) ± 0.011 (56 ppm, sys.) GHz 現在58ppmの精度が得られている これらの精度をあと一桁以上改善させる必要がある



[系統誤差]

- 1. 磁場による系統誤差:現在RMSで22ppmの寄与、補償 磁石を作成し、試験測定O(1ppm)の一様性を得る。(年 明け)
- 2. 物質の効果: 来年の本測定と共に測定O(1ppm)
- 3. 解析手法/共鳴曲線:近似曲線でFitし簡易解析で出し た値であり、他の系統誤差を押さえると共に詳細な解 析で改善。
- 4. 他の系統誤差:温度環境の安定化で削減する
 [統計誤差]
- 統計精度: Prototype Runでは60日で14ppm、今後2年間 でPs-HFSの必要な精度が得られる。

まとめ

- ポジトロニウム超微細構造(Ps-HFS)の測定に必要なシ ステムをくみ上げ、系統誤差を洗い出すためPrototype Runを行った
- 2. 今回の測定によりPs-HFSを58ppmの精度で求めた。特 に大きな系統誤差として磁場の不定性があり、補正磁 石によってこれを解決する。
- 3. システムを改善し、O(ppm)の精度でPs-HFSを測定し、 理論値とのずれの問題を解決することを目指している。