

浅井祥仁、清野結大

東京大学理学系研究科

AKEK

^B理研/SPring-8

c東京大学素粒子物理国際研究センター







電磁場に弱く結合する未知粒子 (Axion Like Particle, ALP)を探そう

- アクシオン:強いCP問題を解決するために導入 された擬スカラー場に伴って生じる南部ゴール ドストン粒子
- ALP: アクシオンをより一般的にしたもの
- 電磁場との結合を利用して、プリマコフ効果を 使って探すよ





1

今までの主な地上実験: 磁石を使ったLSW(Light Shining through a Wall) 実験

- 例えば、ALPS実験(赤外レーザーと超伝導磁石 (5Tx8.8m)を組み合わせて探す)
- ・共鳴条件が課せられるので、重いアクシオンに は感度が無い (m_a<~10⁻³eV)

$$P_{\gamma \leftrightarrow a} \simeq \left(\frac{1}{2}g_{a\gamma\gamma}\underline{B}_0 L_{\rm CV}\right)^2 \ \left|m_a^2 - \underline{m_\gamma^2}\right| < \frac{4k_\gamma}{L_{\rm CV}}$$



われわれの提案: X線と原子内電場を用いた新しい探索手法

- 結晶内の周期電場 (10¹⁰~10¹¹V/m)を利用 (10²~10³Tに相当)
- 結晶回折の入射角を調整することで、電場周期
 を重いアクシオン(~keV)に合わせられる







具体的には、

- シリコンの単結晶(2,2,0)を利用
 - 変換、再変換に必要な結晶の平行性を単結晶によって保証
 - 全体を回すことで共鳴可能なALP質量をスキャン



たまたま、こういう結晶が落ちてたので使います





SPring-8 BL19LXU ビームラインを利用 (2017/10/01~10/5(96h))

- 時間強度: 2.5x10¹³ X-rays/s (@17keV)
- 線幅: 2.1eV (FWHM)、角度発散: 6.1µrad(1σ)
- ビーム幅: 0.6(H)x0.5(V) mm² (FWHM)





- 結晶刃間の遮光壁を取り去って、Bragg角(θ_B=10.95°)
 においてX線が2回ラウエ回折されることを確認
- •計算したΔθ幅/RR効率と実測は2%の相対精度で整合





- ブラッグ角(m_a~0keV相当)から Δθ=4.6mrad(m_a~1keV相当)まで スキャン
- 4セットのスキャン(4.6~
 9.7µrad/minの速度)、計46.2時間 (ただし、そのうち2回はビーム ダンプで終了)
- 主に温度変化によるドリフト:ス キャン毎に10~15µrad程度





- m_a毎に、~10¹⁴ photonsの照射量に対応したスキャン
- 2箇所で7イベント観測した点が最大値←確率のゆらぎ (~4.4%)
- この値を上限として制限をつける



• 各m_aにおいて、以下の式から制限を計算



系統誤差の源 (-1σ分悪くして解析)

	uncertainty	affected factor	uncertainties on $g_{a\gamma\gamma}$	m_a
	blade thickness	$L_{\rm eff}/\Delta \theta_{CV}$	$\pm 0.48\%$	
熱負荷 (41.5mW) による 結晶の歪みの効果	the beam intensity	N_{γ}^{i}	$\pm 0.33\%$	
	stray X rays from TRMs	N_{γ}^{i}	+0.18%	
	drift of $\Delta \theta$	$N_{\gamma}^i/\Delta \theta_i$	$\pm 0.08\%$	$\pm 0.15\%$
	absolute accuracy of $\Delta \theta$	$\Delta heta_i$		$\pm 0.18\%$
	detector efficiency	ϵ_d	$\pm 0.37\%$	
	accidental X-ray diffraction	$L_{ m eff}$	0/3.7/1.4%	
	► X-ray heat load	P^2	4.4%	
	Overall (conservative)		9.5% (max)	0.33%





まとめ

•アクシオン様粒子(ALP)を結晶のラウエ回折を 利用して探索しよう。

(Proposal: Phys.Rev.D 96(2017)115001.)

- SPring-8 BL19LXUにおいて、シリコンの単結晶 から刃を2枚切り出して実験しました。
- ALPは見つかりませんでしたが、m_aが1keV以下の領域について制限を得て、特に300eV以上の領域は最も厳しい制限です。
- 今回の発表の内容は、arXiv: 1802.08388
 めてあります。