

ニュートリノ原子核反応予測の精度向上に向けた酸素ビーム実験の検出器シミュレーション

東京大学 横山-中島研究室 M1 水野裕介

概要

ニュートリノと原子核の反応の予測精度を上げるため、理研にて酸素ビームを用いた原子核実験を計画している。この実験の背景と方法、実験に向けて行っているシミュレーションについて発表する。

ニュートリノ原子核反応

超新星背景ニュートリノ (Diffuse Supernova Neutrino Background, DSNB): これまでの宇宙で起きた超新星爆発により放出されたニュートリノの重ね合わせ。超新星爆発の機構や星形成の歴史の理解につながる。未発見。

スーパーカミオカンデにおいて、大気ニュートリノと酸素原子核の中性カレント準弾性 (Neutral Current Quasi Elastic, NCQE) 反応が主な背景事象

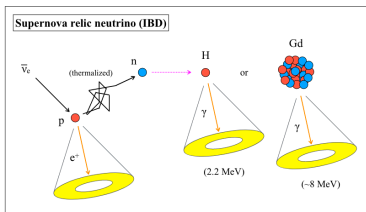


図 1. DSNB の信号。

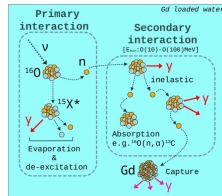


図 2. ニュートリノ原子核反応とその二次反応。

脱励起により出てくるガンマ線と中性子の割合やエネルギーがよく分かっていない

研究目的

原子核の脱励起過程を詳細に測定し、ニュートリノ反応モデルに組み込む
→NCQE 事象の予測精度を上げることで、DSNB の発見を目指す

実験方法

理化学研究所の RIBF (RI Beam Factory) 200 MeV/u の ^{16}O ビームを LH_2 標的に衝突させて $^{15}\text{N}^*$ を生成し、脱励起による生成粒子と残留核を検出器で測定

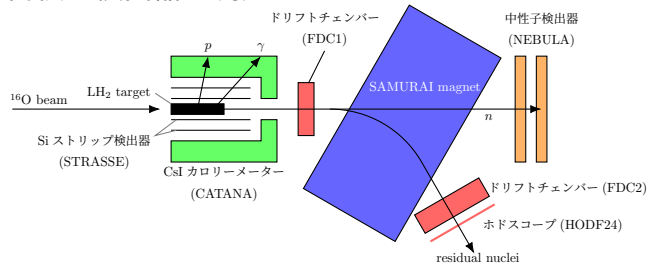


図 3. SAMURAI スペクトロメーターによる $^{16}\text{O}(p, 2p)^{15}\text{N}$ 反応測定のセットアップ (Not to scale).

逆運動学で測定するメリット: 残留核や脱励起による生成粒子を直接測定することができる

検出器シミュレーション

Geant4 ベースのシミュレーションを用いて、酸素ビームと LH_2 標的の反応、生成粒子と検出器の応答を調べる

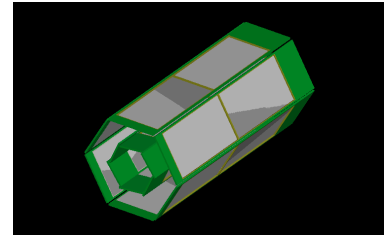


図 4. STRASSE のシミュレーション。

→検出器の分解能や検出効率を評価し、測定方法の最適化を行う

陽子飛跡検出器による反応点の再構成

反跳またはノックアウトされた陽子を検出し、残留核の励起エネルギーを求める
CATANA: 陽子 (と γ 線) のエネルギーを測定する CsI シンチレーター
STRASSE: 2 層の両面 Si ストリップ検出器 (DSSD) からなり、陽子の飛跡を求め、反応点を再構成

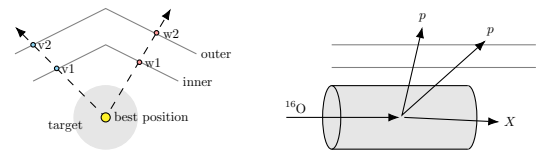


図 5. STRASSE による反応点の再構成。

エネルギー分解能を上げるため、ターゲット内でのエネルギー損失を見積もる
→ 反応点を高精度で再構成する必要がある
シミュレーションにより位置の精度を調べた

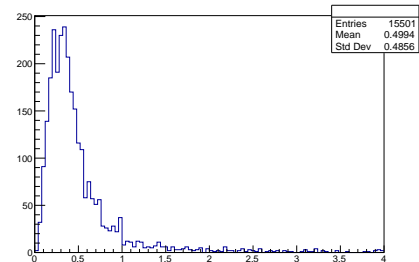


図 6. 真の反応点と再構成された反応点との距離。横軸は mm。

励起エネルギー再構成の精度を調べ、標的の大きさを最適化する