

修士論文

京都大学大学院 理学研究科 物理学・宇宙物理学専攻物理学第二教室 原子核・ハドロン物理学研究室土井



目次

第 1 章	Introduction	3
1.1	宇宙での元素合成過程	3
1.2	トリプルアルファ反応	3
1.3	本研究の目的	3
第 2 章	Experimental setup	5
2.1	OKTAVIAN	5
2.2	MAIKo のセットアップ	5
2.3	液体シンチレータのセットアップ	6
第 3 章	Analysis	7
3.1	液体シンチレータの解析	7
3.2	MAIKo の解析	7
第 4 章	Conclusion and discussion	9
第 5 章	Acknowledge	11
参考文献		13

図目次

2.1	simbol	5
-----	------------------	---

第 1 章

Introduction

1.1 宇宙での元素合成過程

宇宙での元素合成過程において、 ^{12}C は重要な役割を持っている。 ^4He までの原子核は水素の燃焼過程により合成される。しかし、質量数が 5 と 8 の安定な原子核が存在しないため、それらが合成されても直ちにより軽い核へ崩壊してします。そのため、質量数が 8 よりも重い原子核を合成することが出来ない。この問題は Fred Hoyle が予言した 3α の共鳴状態 (Hoyle 状態) によって解決された。 ^{12}C 原子核は 3 つの α の共鳴状態として、トリプル α 反応によって生成される。生成された $^{12}\text{C}^*$ のほとんどは再び 3α へと崩壊するが、一部は ^{12}C の基底状態へ γ 崩壊する。 ^{12}C 原子核はこのように生成され、さらに重い原子核が生成されていく。

1.2 トリプルアルファ反応

近年、高温高密度領域では陽子や中性子との散乱による脱励起で崩壊幅が増加することが示唆されている。
[1] これにより 2_2^+ や 0_1^+ への脱励起が増加し、トリプルアルファ反応が加速される。

^{12}C と中性子の反応レートは

$$r = N_n N_{^{12}\text{C}} \langle \sigma v \rangle \text{ cm}^{-3} \text{ sec}^{-1} \quad (1.1)$$

で与えられる。ここで、 N_n は中性子の個数密度、 $N_{^{12}\text{C}}$ は ^{12}C の個数密度を表す。 σ は始状態 (g.s. または $Ex = 4.44\text{MeV}$) から Hoyle 状態 ($Ex = 7.65\text{MeV}$) へ励起する全断面積であり、 v は 2 粒子の相対速度である。 ^{12}C の中性子非弾性散乱では

$$\langle \sigma v \rangle_{nn'} = \left(\frac{8}{\pi \mu} \right)^{1/2} \left(\frac{1}{kT} \right)^{3/2} \times \int_0^{\text{inf}} E' \sigma_{n,n'}(E') \exp(-E'/kT) dE' \quad (1.2)$$

1.3 本研究の目的

第 2 章

Experimental setup

2.1 OKTAVIAN

2.1

2.2 MAIKo のセットアップ

2.2.1 検出ガスの決定

α 粒子のレンジで決めた。efficiency が一番大きくなるように。



図 2.1: simbol

2.2.2 ドリフトスピード

ドリフト速度の決定方法は 30 degree 方向に α 線源から α を出して、その飛跡がデータ上でどう見えるかで決定する。ドリフト速度の時間依存性も見た。

2.3 液体シンチレータのセットアップ

第 3 章

Analysis

3.1 液体シンチレータの解析

3.1.1 FADC の生データ

光電子増倍管から取得した波形データの一例を示す。

3.1.2 波形弁別 (n - γ discrimination)

液体シンチレータのデータの中には中性子による信号とガンマ線による信号とが含まれている。この 2 つの波形には違いがあるので、その波形の違いから識別することができる。

3.1.3 中性子のレート

中性子線源から放出される中性子の量は時間とともに変化する。

3.2 MAIKo の解析

3.2.1 機械学習

これまでは Hough 変換を使って解析を行ってきたが、高速に処理をするためにニューラルネットワークを用いた解析方法を開発した。

3.2.2 解析

第 4 章

Conclusion and discussion

第 5 章

Acknowledge

参考文献

- [1] Mary Beard, Sam M. Austin, and Richard Cyburt. Enhancement of the triple alpha rate in a hot dense medium. *Phys. Rev. Lett.*, Vol. 119, No. 112701, p. 5, 2017.