

16 ○原子核の鎖状構造の探索

P3

中津川洋平

廣岡寿人

渡邊直樹

庄司幸平



目次

動機

先行実験について

実験の立案

概要

理論

 クラスター模型

 回転バンド

 角運動量と角分布

実験

考察

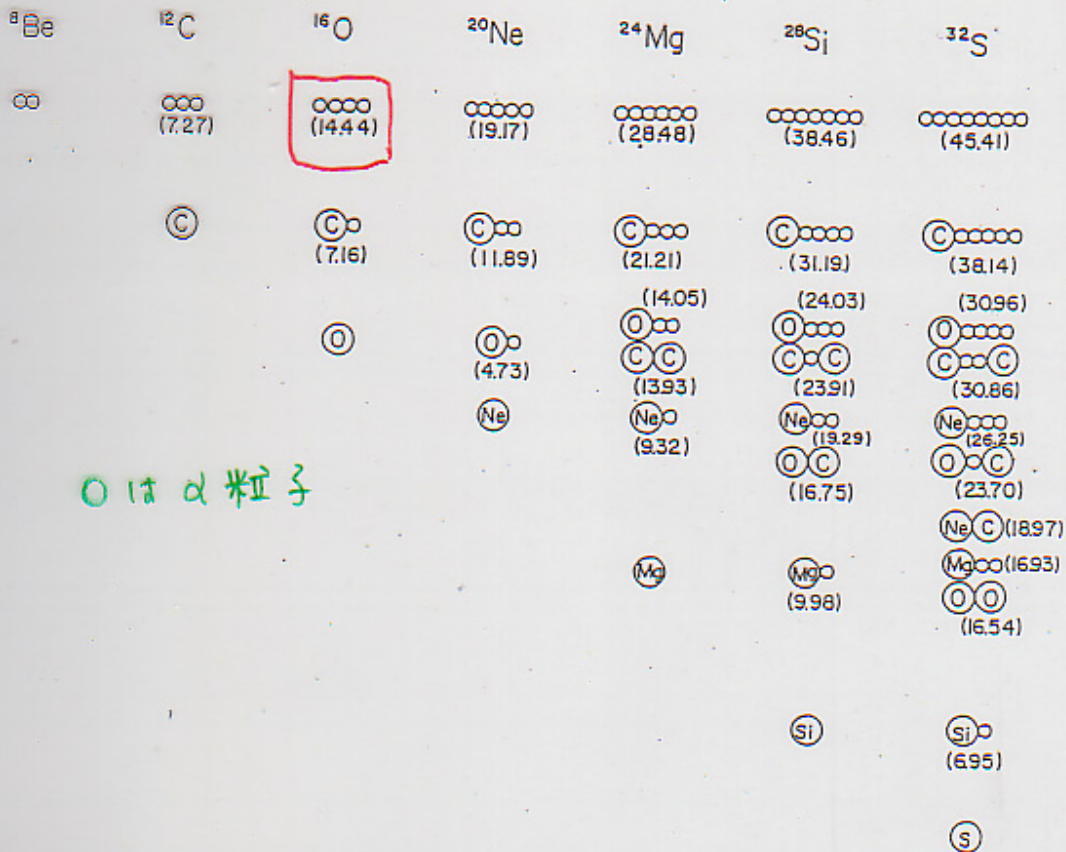
結論

今後の展望

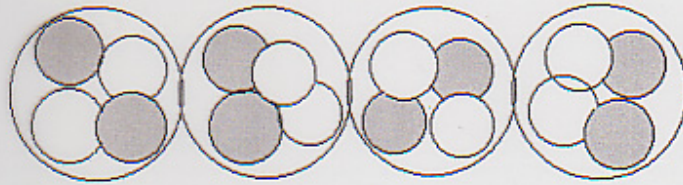
動機

原子核の構造について**クラスター模型**といわれるものがある

Ikedaダイアグラムによれば、 ^{16}O 原子核は4個の α がサブユニットとして存在する α クラスター構造をとることができる



^{16}O 原子核の鎖状構造



○ 陽子

● 中性子

まるで4つの α 粒子が鎖状に繋がっているかのような構造

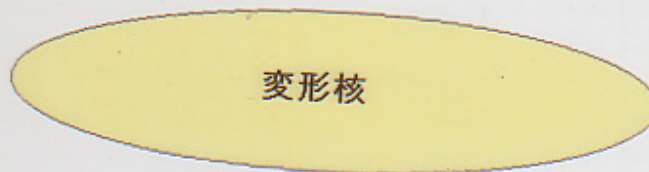
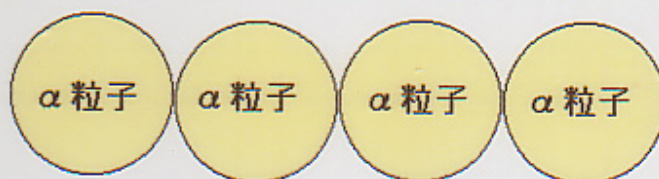
今回の実験では...

原子核の慣性モーメントを測定



原子核が α クラスター毎に分かれているのは見れないが

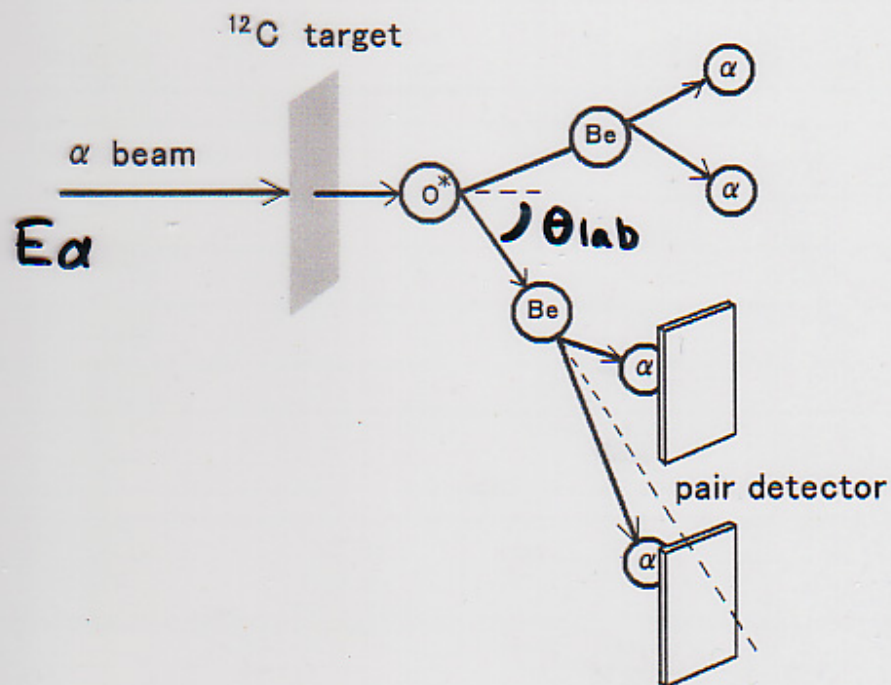
原子核が細長く変形した構造は見れるはず



先行実験 (P.Chevallier 他, Phys.Rev.160,827(1967))

我々の行った実験の立案段階で参考とした実験である

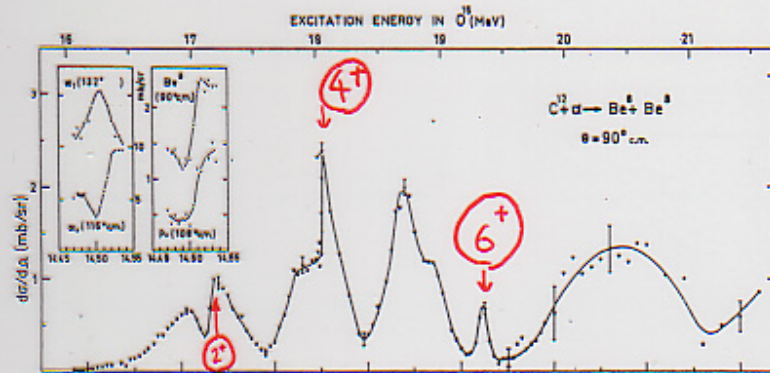
概要



pair detectorによる2 coincidence 測定

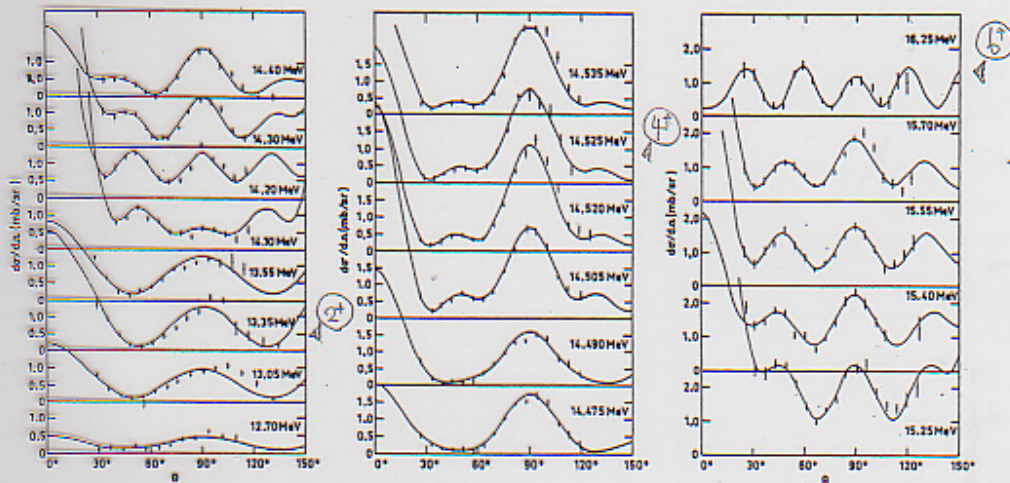
(1) θ_{lab} を固定したまま E_α を変えて測定、励起関数を求める

⇒ O^* の励起エネルギー



(2) E_α を固定したまま θ_{lab} を変えて測定、 $O^* \rightarrow Be + Be$ の角度分布を求める

⇒ O^* の各励起準位の角運動量

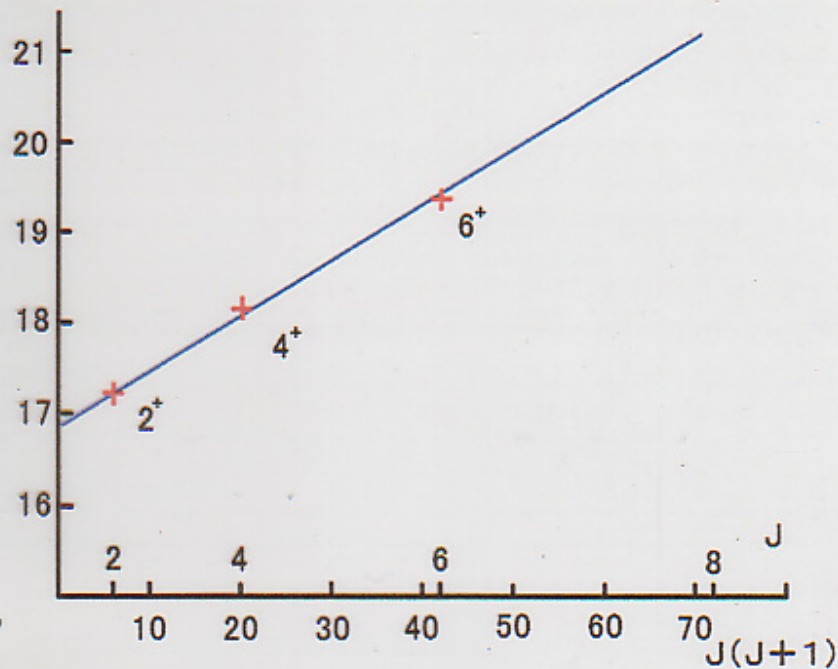


(3) 励起エネルギー、角運動量から、その励起準位にあるOの慣性モーメントを算出

先行実験の結果

- (1) Oは角運動量 $2^+, 4^+, 6^+$ を持つ励起準位が存在する。
- (2) その各準位の慣性モーメントは互いに等しく、 ^{16}O が球と仮定した場合の値の5倍とかなり大きい

O^* の励起エネルギー
(MeV)



$$E_J - E_0 = \frac{\hbar^2}{2\Theta} J(J+1)$$

先行実験の結論

Oの $2^+, 4^+, 6^+$ の励起状態は、慣性モーメントが大きく、4つの α からなる鎖状構造をしていると推定され、これらの状態は一連の回転バンド構造というものを構成している

↓

我々の実験は、 $^{12}\text{C}(^6\text{Li}, \text{d})^{16}\text{O}^*$ 反応を用いて、これと同じ結論を得ることを目的とする

実験の立案

なぜ $^{12}\text{C}(^6\text{Li},d)^{16}\text{O}^*$ 反応を用いるのか

見たい ^{16}O の励起準位 (先行実験より引用)

角運動量	励起エネルギー (MeV)
2^+	17.197
4^+	18.016
6^+	19.319

$^{16}\text{O}^*$ のつくり方の検討

● $A+B \rightarrow ^{16}\text{O}^*$

1. $p+^{15}\text{N}$
2. $d+^{14}\text{N}$
3. $^3\text{He}+^{13}\text{C}$
4. $\alpha+^{12}\text{C}$
5. $^6\text{Li}+^{10}\text{B}$

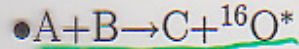
Q値の検討 \Rightarrow 2,3,5, は Q値が大きすぎる

角運動量の検討 \Rightarrow p 加速では足りない
(古典的に)

$^{12}\text{C}, ^{15}\text{N}$ 加速 \Rightarrow 必要なエネルギーに加速できない

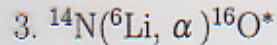
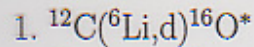
タンデムの都合 \Rightarrow α 加速はできない

実験の立案 ($^{16}\text{O}^*$ のつくり方の検討)



タンデムでは ^6Li , ^7Li が加速できる

(加速エネルギーは 9~18MeV, charge state +2)



の3つの反応について検討した (見たい ^{16}O の励起エネルギーは 17.197~19.139MeV)

1. 最大 17.5MeV \Rightarrow 足りない

2. 最大 16.0MeV \Rightarrow 足りない

3. 最大 31.5MeV \Rightarrow O.K.

↓

$^{14}\text{N}(^6\text{Li}, \alpha)^{16}\text{O}^*$ を使いたい

実は Li ビームのエネルギーは 12~24MeV (charge state +3 の方が多かった)

1. 最大 21.2MeV \Rightarrow O.K.

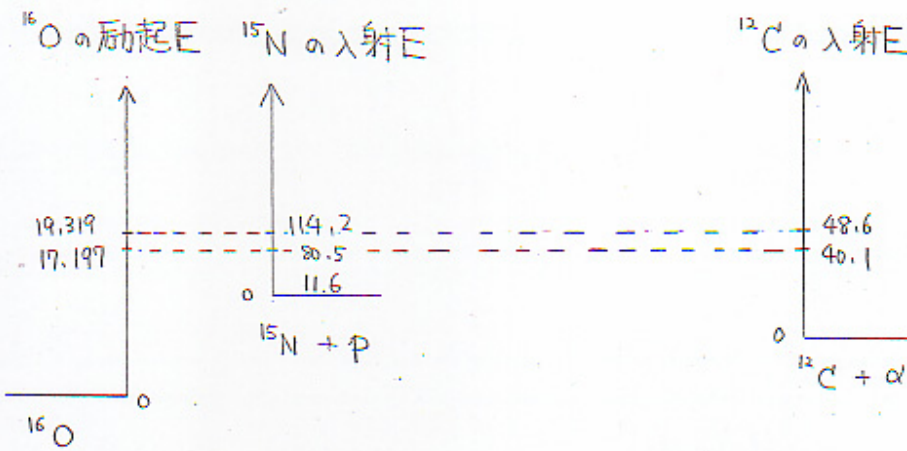
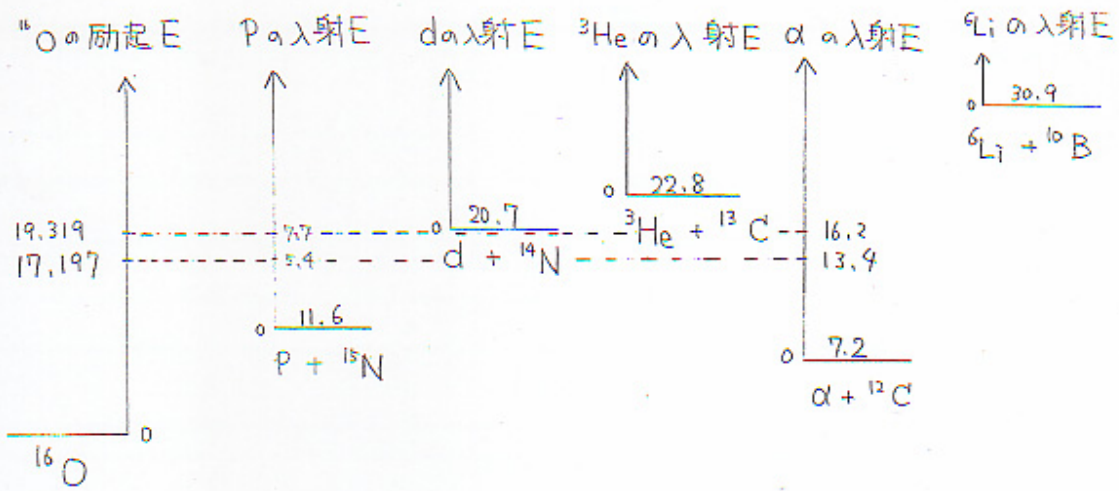
2. 最大 20.4MeV \Rightarrow O.K.

本実験では ^{14}N 標的が間に合わず $^{12}\text{C}(^6\text{Li}, d)^{16}\text{O}^*$ を用いることになった

①

実験の立案

Q値の検討 (単位は MeV)



実験の立案

角運動量の検討 (古典的)

角運動量 $\sim pb$

換算質量

$$\mu = \frac{M(p)M(^{15}N)}{M(p) + M(^{15}N)}$$

重心系エネルギー

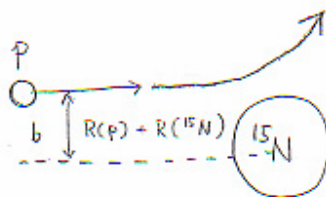
$$E_{cm} = \frac{M(^{15}N)}{M(p) + M(^{15}N)} E(p)$$

角運動量は

$$l\hbar \sim \sqrt{2\mu E_{cm}} (R(p) + R(^{15}N)) + \underbrace{\frac{\hbar}{2}}_{p \text{ のスピン}} + \underbrace{\frac{\hbar}{2}}_{^{15}N \text{ のスピン}}$$

$l \sim 3.4 \rightarrow 6^+$ の状態は

見れそう。



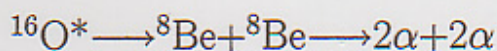
概要

原子核が鎖状に変形していることを検証するための材料として、原子核の慣性モーメントを知りたい

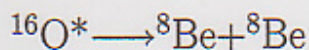
↓

(1) $^{12}\text{C}(^6\text{Li},d)^{16}\text{O}$ によって、 ^{16}O の励起状態をつくる

(2)



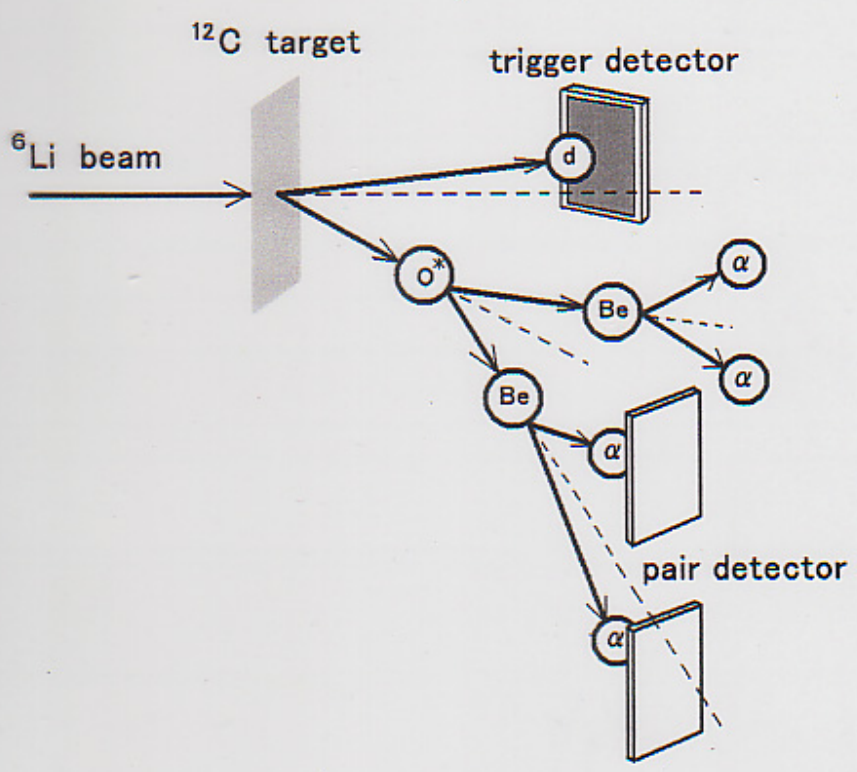
でてくる 2α を coincidence 測定することによって

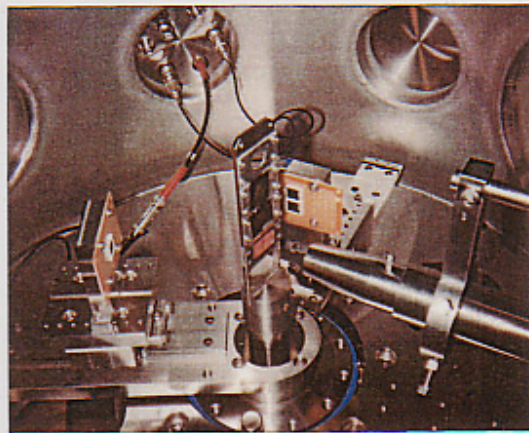
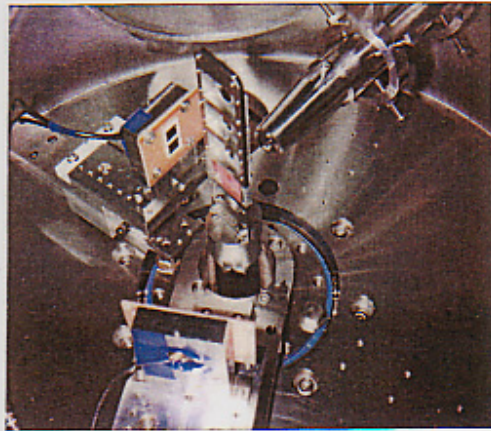


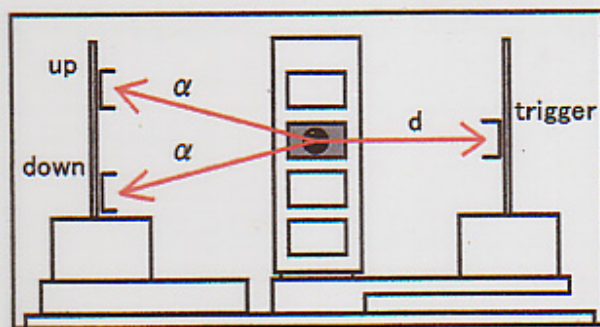
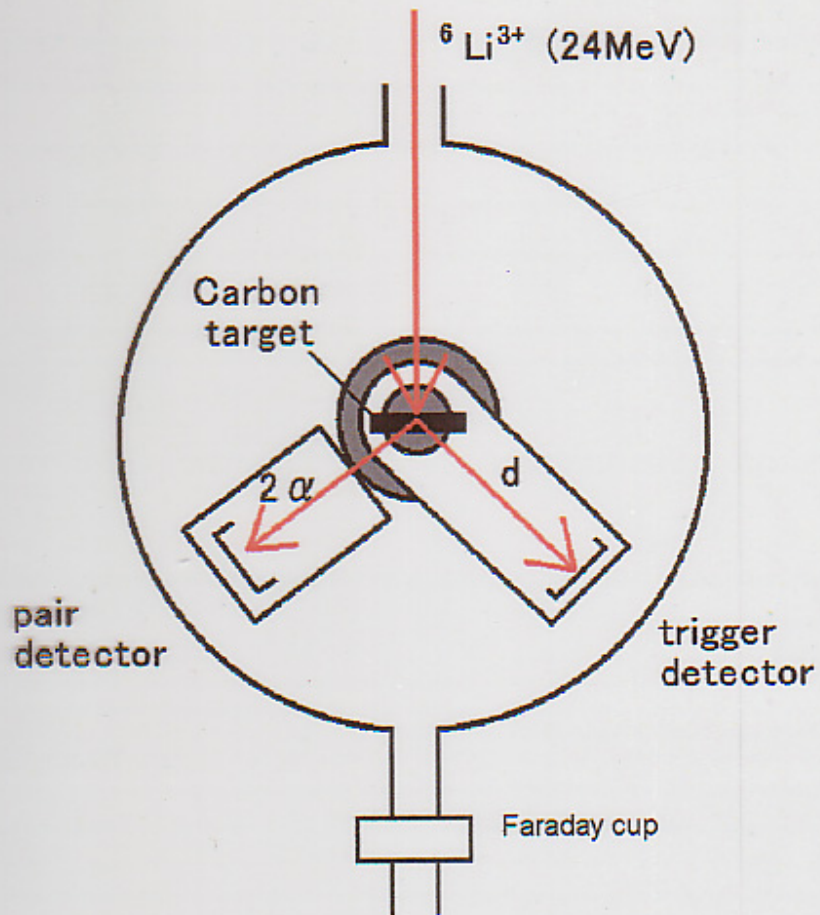
の崩壊の角分布を測定する

(3) 角分布より得られる $^{16}\text{O}^*$ の角運動量、及び励起エネルギーから慣性モーメントを算出

(4) $^{16}\text{O}^*$ 原子核の変形についての考察







理論

クラスター模型

一般に原子核は、ほぼ一定の密度の液滴状の多核子系であると考えられることができる

しかし、原子核に幾らかのエネルギーを加えると、幾つかの核子のかたまりに分割される



原子核が核子のクラスターによって構成されているという描像も成立しうる

この、いわば‘分子的描像’に立脚して原子核を取り扱うのが、**クラスター模型**である

