定例報告@5/2

中村研究室 B4 河田鷹介

平成 20 年 5 月 1 日

やったこと

- フラグメントセパレータのシミュレーション

* フラグメントセパレータのシミュレーション

実験の流れ

1. 核子あたり 95MeV の運動エネルギーを持った ^{40}Ar が Be 標的に入射する
2. ^{40}Ar は、Be 内のランダムな場所で破砕され、A, Z が ^{40}Ar のそれを超えない新たな原子核が生成される。この原子核は ^{40}Ar のエネルギー、運動量を継承するが、フェルミ運動の範囲内でずれを持つ。
3. 生成した原子核は磁場中に入射し磁場と運動量・電荷に応じた曲率半径で曲げられる
4. 磁場を抜けた時、原子核は曲率半径により異なった軌道で進む。選別目標 (今回は ^{24}O) がどの軌道で進むかをあらかじめ求めておき、スリットを開口部がその線上に来るように置いておけば、目標原子核を選別することができる。
5. 最後に、スリットを通過した粒子を薄い Si 中に通し、その中でのエネルギー損失を計測する。

各作用の考慮

Be,Si 内でのエネルギー損失過程

'eloss_sub.f' 中のサブルーチン'energy_new' を使用した。

Be 内での ^{40}Ar の破砕

A,Z が ^{40}Ar のそれらを超えない全ての組合せ (i.e. 実際に存在できるかは考慮しない) をランダムに生成。

磁場中での屈曲

基準曲率半径は $\rho_0 = 3.6$m, 屈曲の角度は $\phi_0 = 30°$.
B については、あらかじめターゲット原子核 ($=^{24}O$) を多数発生させ、それらの運動量から磁場中での荷電粒子の運動の式 $B\rho = p/Ze$ を使って最適な値を決める。磁場の形は、原子核が出射した時の軌道が曲率半径によらず平行になるようにしておく。

スリットによる選別

許容率 Δ を決めておき、$\rho \in [\rho_0(1-\Delta), \rho_0(1+\Delta)]$ となるものだけを Si によるエネルギー損失測定にまわす。

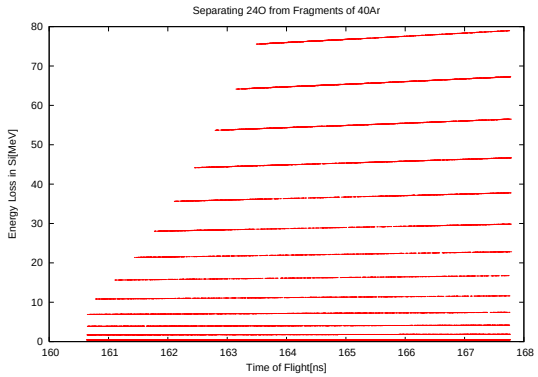

図 1: ToF:ELoss

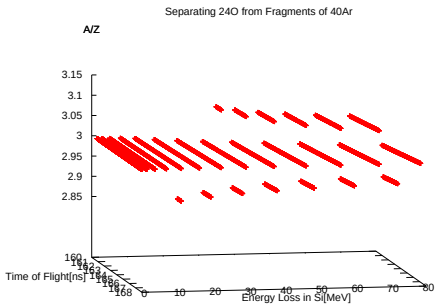

図 2: ToF:ELoss:A/Z

結果

出力形式

出力は、「飛行時間 (ns)　Si でのエネルギー損失 (MeV/c)」. 加えて参考のため、$A/Z, A, Z$ をそれぞれ付け加えた。飛行時間は、標準の総距離を 20m に固定し、これに磁場内での曲率半径による変動を加えて速度で除したもの。基点は Be 出射の瞬間、終点はスリット通過の瞬間とした。

実験と結果

目標原子核は $^{24}\mathrm{O}$. これを目標にして B を決定。
Be の厚みは 0.7cm,Si は 0.03cm で、これによる B は 1.15523T.
試行回数 (= $^{40}\mathrm{Ar}$ 原子核の数) は 600000 回で許容率 $\Delta = 0.03$ とし、スリットを抜けたと判定された個数は約 24000。
結果は別図参照。

図 1,2 は、フェルミ運動の効果を取り入れない場合の結果である。

図 1 には、13 本の横に延びる線丈の系列が見られる。$A \leq 40, Z \leq 18$ を満たしかつ $A/Z = 3$ である原子核は $Z = 1 \sim 13$ まで 13 の組合せがあるので、各系列がこの組合せ 1 つ 1 つに対応していると考えられる。
各系列の中では、飛行時間が長い程エネルギー損失が大きくなる傾向があるが、飛行時間が長い = 速度が遅いであり、速度が遅い程エネルギー損失は大きくなることから説明ができる。
この系列内での飛行時間の巾の成因は、エネルギー損失が粒子の電荷 $(\propto Z)$ の二乗に比例するため、^{40}Ar が Be 内のどこで破砕されたかによってその後に失うエネルギーに差が出ることによる。従って、各系列の端は、Be から出る直前に破砕された原子核による点と考えられる。

図 2 は、図 1 に第三軸として A/Z を加えたものである。横軸にエネルギー損失、縦軸に A/Z をとってみると、$A/Z = 3$ の線上に 13 の点集団が並び、その上下に双曲線状の線に沿って点集団が並ぶ。ほとんど $A/Z = 3$ の粒子しか選別を通っていないことがわかる。

今後

- フェルミ運動を考慮すると結果がおかしくなる？ので、その修正。
- ディグレーダを入れてもう 1 回曲げてみる。
- 1 次元上の問題にして扱ったが、空間的拡がりを考慮してみる (手に余るか？)。