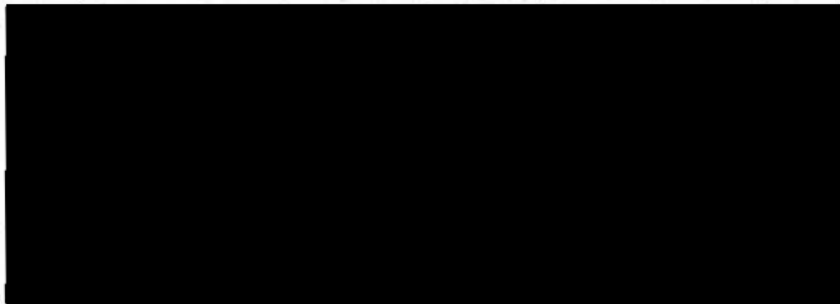
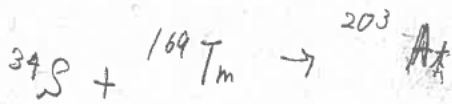


実習レポート





課題【1】

³⁴S ビームエネルギー160MeVの実験で観測された原子核の核種をあげましょう。これらのα崩壊を観測した数を数えから、それぞれ核種ごとに、生成断面積を決定します。θ = 45°の弾性散乱断面積は、2.87 mb/msr となります。

① 核種	② 半減期および寿命	③ E _α 原子核崩壊のうちα崩壊する割合	④ 着目するα崩壊エネルギー(keV)	⑤ 観測した④のα崩壊の数	⑥ 弾性散乱イベントの数	⑦ 断面積(mb)
¹⁹⁸ At (3+)	4.49 s	0.92	6750	435	260419	0.168
¹⁹⁹ At	6.99 s	0.92	6643	435	260419	0.168
²⁰⁰ At	43 μs	0.52	6464	31	260419	0.0212
¹⁹⁹ Po	54 μs	0.44	6281	53	260419	0.0428
¹⁹⁸ Po	1.96 m	0.59	5182	129	260419	0.0992

メモ

弾性散乱を測るシリコン PIN ダイオードの立体角は、dΩ_{diode} = 3.49 msr。

$$\frac{N_{At199}}{N_{Elastic}} = \frac{\Gamma_{At199}}{\frac{d\Gamma_{Ruth}}{d\Omega} \times d\Omega_{diode}} \quad \therefore \Gamma_{At199} = 10.0 \times \frac{N_{At199}}{N_{Elastic}}$$

$$N_{At199} = \frac{N_{At199-detect}}{\eta_{rms} \cdot E_{\alpha} \cdot \eta_{full}} = \frac{N_{At199-detect}}{0.18 \times E_{\alpha} \times 0.60} = \frac{9.26}{E_{\alpha}} N_{At199-detect}$$

2

$$\Gamma_{At} = 10.0 \times \frac{N_{At-detect}}{N_{Elastic} \cdot E_{\alpha} \cdot 0.18 \cdot 0.6}$$

課題【2】

³⁴S (160MeV) ビームをある時間 (約30分) ~~(15分)~~ 薄膜に照射します。この間、クーロン測定器によって積算された電荷量を求めておきます。

(A) 薄膜を通過したビームイオン数を決定しましょう。

(B) 同時に記録した弾性散乱の数から、単位面積あたりの ¹⁶⁹Tm の原子数を (個/cm²) 単位で求めましょう。また、標的の厚さを (μg/cm²) 単位で求めましょう。

※ 薄膜を通過した後の ³⁴S の価数は、q=15⁺となります (加速する時の価数と異なります)。

※ クーロン計測器は、10⁻¹⁰ クーロン流れると、1パルスを出射します。データ収集装置では、数えたパルス数が記録されます。

<記述>

① クーロン測定器で得られたパルス数 = $\frac{635.98 \text{ K}}{635 \times 10^3}$

② 弾性散乱イベントの数 = 106621

(A)
$$\frac{635 \times 10^3 \times 10^{-10}}{1.602 \times 10^{-19} \times 15} = 2.64 \times 10^{13}$$
 2.6×10^{13}

(B)
$$1.06 \times 10^5 = 10.0 \times 10^{-27} \times 2.6 \times 10^{13} \times N_T$$
 $4.1 \times 10^{17} \text{ 個/cm}^2$

$$N_T = 4.08 \times 10^{17}$$

$$4.1 \times 10^{17} = \frac{N_A \times d}{169} = \frac{6.02 \times 10^{23} \times d}{169}$$

$$d = 1.15 \times 10^{-4}$$

$1.2 \times 10^{-4} \text{ g/cm}^2$

$1.2 \times 10^2 \text{ } \mu\text{g/cm}^2$

課題【3】

^{34}S ビームエネルギー146MeVの実験で観測された原子核の核種をあげましょう。これらの α 崩壊を観測した数から、それぞれ核種ごとに、生成断面積を決定しましょう。

$\theta = 45^\circ$ の弾性散乱断面積は、3.51 mb/msr となります。

<記述>

核種	半減期および寿命	原子核崩壊のうち α 崩壊する割合	着目する α 崩壊エネルギー(keV)	観測した④の α 崩壊の数	弾性散乱イベントの数	断面積(mb)
^{199}At	6.9ms	0.92	6643	36	171000	0.0260
$^{200}\text{At}^{(3+)}$	43s	0.52	6464	107	171000	0.136
^{199}Po	5.47m	0.11	5952	13	171000	0.0784
^{200}Po	11.5m	0.11	5862		171000	

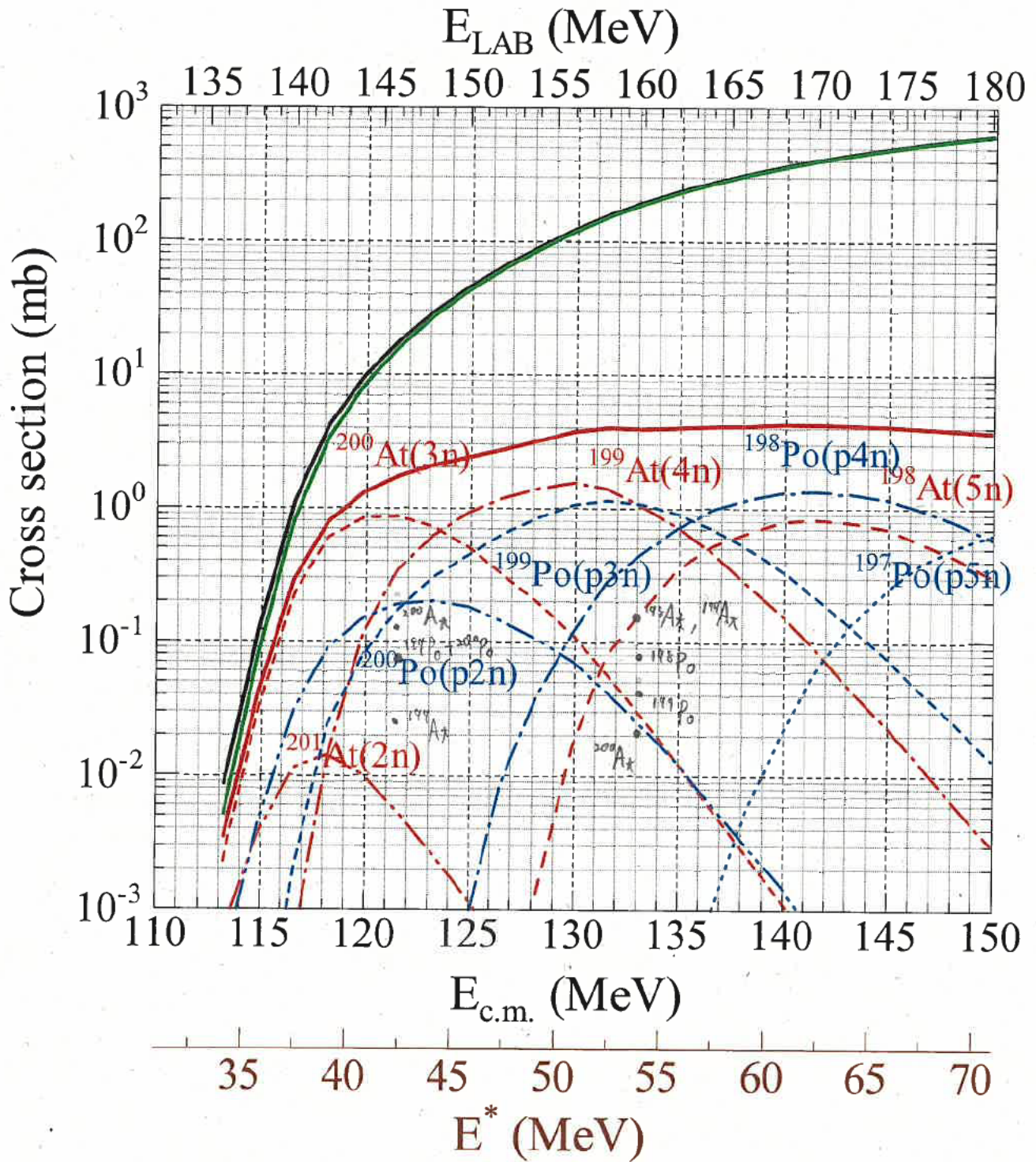
メモ

弾性散乱を測るシリコン PIN ダイオードの立体角は、 $d\Omega_{\text{diode}} = 3.49 \text{ msr}$ です。

課題【4】

上の(1)と(3)で決定した核種ごとの断面積を、図にプロットし、理論計算値と比べましょう。

<下図に断面積データ点を打ちます>



課題【5】

${}^{51}\text{V}$ (バナジウム) + ${}^{248}\text{Cm}$ (キュリウム) の反応で原子番号 119 の超重元素を作ります。クーロン障壁に相当するエネルギーで反応させます。

(A) 重心系の反応エネルギーと、加速する ${}^{51}\text{V}$ のビームエネルギーを決定しましょう。ここで、重イオンどうしの間働くクーロン障壁 (V_c) は、入射核 (p) と標的核 (t) の陽子数 Z と質量数 A の関数とし、以下の値に比例するものとします。

$$\frac{Z_p \cdot Z_t}{A_p^{1/3} + A_t^{1/3}}$$

ここでは、 ${}^{34}\text{S} + {}^{169}\text{Tm}$ の

$$V_c({}^{34}\text{S} + {}^{169}\text{Tm}) = 131.0 \text{ MeV}$$

を参照して導出します。

<記述> $\frac{16 \cdot 69}{34^{1/3} + 169^{1/3}} \cdot \frac{23 \cdot 96}{51^{1/3} + 248^{1/3}} = 131 : V_c$

$$V_c = 229.9$$

$$E_{\text{lab}} = 229.9 \times \frac{51 + 248}{248} = 277.2$$

(B) この場合、生成される複合核 ${}^{299}[119]$ の励起エネルギー E^* を求めましょう。

原子核の結合エネルギーは、以下とします

$${}^{51}_{23}\text{V} = 446.5 \text{ MeV}$$

$${}^{248}_{96}\text{Cm} = 1859.72 \text{ MeV}$$

$${}^{299}[119] = 2112.41 \text{ MeV}$$

<記述> $E^* = Q_{\text{fusion}} + E_{\text{c.m.}}$
 $= \{(-446.5 - 1859.72) - (-2112.41)\} + 229.9$
 $= -1193.81 + 229.9$
 $= -963.91$

課題【6】

^{50}Ti (チタン) + ^{249}Cf (カルフホルニウム) の反応で原子番号 120 の超重元素を作ります。生成断面積を 10 fb (フェムトバ) としたとき、120 番元素の α 崩壊 (全エネルギー吸収) を 1 イベント観測するのに要する時間を求めましょう。実験条件は、以下とします。

^{50}Ti ビーム電流 = 1.0 pμA (注: パーティクル・マイクロ・アンペア)

標的の厚さ = 200 μg/cm²、 ^{249}Cf 密度 = 14.0 g/cm³

120 番元素同位体は、100%の確率で α 崩壊する。

反跳生成核分離装置での輸送効率 = 0.2

焦点検出器で全エネルギー吸収される確率 = 0.6

<記述>

$$N = \frac{10 \times 10^{-34} \times 6.02 \times 10^{23} \times 200 \times 10^{-6} \times 1.0 \times 10^{-6}}{249 \times 1.602 \times 10^{-19}}$$

$$= 3.02 \times 10^{-8} \text{ (個/s)}$$

$$N = \frac{N_{\text{detect}}}{\eta \cdot \epsilon \cdot \eta_{\text{full}}} = \frac{N_{\text{detect}}}{0.2 \times 1 \times 0.6}$$

$$\therefore N_{\text{detect}} = 0.12 \times N = 3.62 \times 10^{-9} \text{ (個/s)}$$

$$2.76 \times 10^8 \text{ (s/個)} = 3.19 \times 10^3 \text{ (日/個)} = 8.75 \text{ (年/個)}$$