

JAEA・タンデム加速器を利用した重イオン核融合反応実験について
参加レポート (加速器関係)



12 1. 加速器について (加速器全般の資料より)

加速器の主な特徴・種類を静電加速器と高周波加速器について、それぞれ 3 個以上挙げて
ください。

静電加速器

① 種類

- ・ コッククロフト・ワルトン型加速装置 --- 多段階電圧整流装置により高電圧をカ
- ・ ファンデ・グラーフ型加速装置 --- ベルト起電機を用いて高電圧をかける
- ・ タンデム加速器 (ファンデ・グラーフ型の一つ) ✓

② 特徴

- ・ 時間的に一定の静電場 をかける
- ・ 加速粒子は 連続ビーム

高周波加速器

① 種類

- 円形 (C) サイクロトロン --- 一定 周波数の電場のもと磁気共鳴で加速
- 円形 (R) シンクロトロン --- 磁場をエネルギーに合わせて強くするとともに周波数を 変化 させて加速
- 線形・直線加速装置 --- 直線状に並べた加速電場で加速

② 特徴

- ・ 周期的に変化する高周波電場 をかける
- ・ 加速粒子は 高周波と同期したパルスビーム

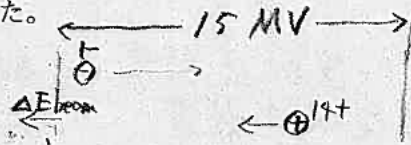
6.

2. イオンビームについて (タンデム加速器の資料より) 6.

次の条件でイオンビームを加速した場合に、実験装置にて得られるイオンビームのエネルギー (MeV)、電力 (W)、1秒あたりの粒子数 (個/秒)、1年あたりの重さ (g/年) を計算してください。

○条件

- 東海タンデム加速器において、金のビームの加速を行います。金の原子番号は 79、質量数は 197 とします。 (^{197}Au)
- 高電圧端子の電圧は 15 (MV) として、金を負イオン源から電荷：マイナス 1 で 1 回目の加速を行い、高電圧端子において炭素薄膜で電荷：プラス 14 の正イオンに荷電変換して 2 回目の加速を行います。
- 実験装置において $1(\mu\text{A})$ のビーム電流値 (パーティクル・マイクロ・アンペアではない) が得られました。



$$\begin{aligned} \Delta E_{\text{beam}} &= 15(\text{MV}) \cdot (1+14)(e) \cdot (\text{MeV}) \\ &= 0.225 (\text{MeV}) \end{aligned}$$

$$\text{電力} = 0.225 (\text{MeV}) \times \frac{1(\mu\text{A})}{14(\text{荷})} = 0.1607 (\text{W})$$

$$\text{1秒あたりの粒子数} = \frac{1(\mu\text{A})}{14(\text{荷})} \cdot \frac{1}{1.602 \times 10^{-19} (\text{C/Au})} = 0.44 \times 10^{-6} / 10^{19}$$

$$\begin{aligned} \downarrow \\ \text{1年あたりの重さ} &= \frac{4.5 \times 10^{11} (\text{個/s})}{6.02 \times 10^{23} (\text{個/mol})} = 0.747 \times 10^{-12} \\ &= 7.47 \times 10^{-13} (\text{mol/s}) \end{aligned}$$

1 mol. 197g 1407

$$\begin{aligned} \Rightarrow 7.41 \times 10^{-13} (\text{mol/s}) \times 197 (\text{g/mol}) &= 1.46 \times 10^{-10} (\text{g/s}) \\ &= 4.80 \times 10^{-3} (\text{g/年}) \end{aligned}$$

$\downarrow \begin{matrix} \times 60 \times 60 \\ 24 \times 365 \end{matrix}$

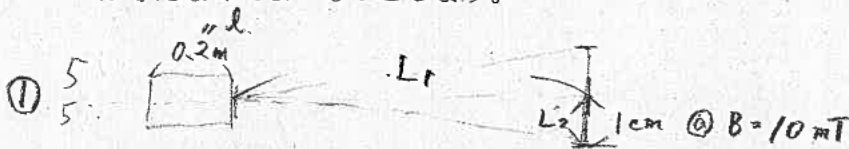
3. イオンビームの輸送について (ビーム輸送・光学 (実習部) の資料より)

新しいビームラインを作るための設計を行っているとして、次の問いに回答してください。

- ① キセノンのイオンビーム ($^{136}\text{Xe}^{10+}$, 100MeV) を MS (静磁ステアラー) を用いて標的上で $\pm 1\text{cm}$ 動かせるようにします。MS と標的の距離をおよそ何 m 以上にする必要があるか計算してください (小数点以下 1 桁までとします)。
- ② MS を改造して①の距離を短くすることを検討します。
MS の磁場能力を 2 倍に上げる改造費用は 100 万円が必要となります。MS ~ 標的のビームラインの作成に要する費用は、3m までは 0 円、3m を超える場合 0.1m につき 2 万円が必要になります。MS の磁場能力を 2 倍に改造した上でビームラインを作成する場合と、MS を改造しないでビームラインを作成する場合のどちらが安価となるか比較検討してください。
- ③ ②の問いについて、安価な場合を採用する際のデメリットについて自由に述べてください。

○条件

- キセノンの質量数は 136 (整数) とします。
- キセノンビームのエネルギーは 100MeV、電荷数は 10+ とします。
- ①における MS の電磁石長は 0.2m、発生磁場は最大 $\pm 10\text{mT}$ とします。
- ①において MS と標的との距離は MS の電磁石長 0.2m に対し十分大きな値とみなしてよいとします。
- ②の改造は、磁場能力を 2 倍にする改造しかできないものとし、1.5 倍などにする改造は考えなくてよいものとします。



$$L_2 \approx \frac{L_1 l}{\rho}$$

$$0.01 = L_1(\text{m}) \times 0.2 \div \left(0.144 \times \frac{\sqrt{136 \times 100}}{10 \times 0.01} \right)$$

$$\therefore L_1 \approx \frac{0.01}{0.2} \times \left(0.144 \times \frac{\sqrt{136 \times 100}}{10 \times 0.01} \right)$$

$$= 8.39$$

$$\approx 8.4 \text{ (m)}$$

②

$$L_1 = \frac{L_2}{l} \times \left(0.144 \times \frac{\sqrt{ME}}{eB} \right)$$

Bを2倍にする $\Rightarrow L_1 = 4.2 \text{ (m)}$
 $\frac{1.2}{0.1} \times 2 = 24 \text{ 万円 (ビームライン費)}$
 合計 $\textcircled{24}$ 万円

元のままの方が安い

元のまま $L_1 = 8.4 \text{ (m)}$
 $\frac{8.4}{0.1} \times 2 = \textcircled{108}$ 万円

6

5

③ 設置の際の空間的余裕限が足りかかてしう。

以上