

3.3 結晶による散乱

実験

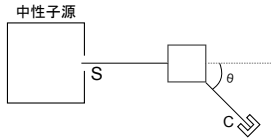


図1 中性子の結晶による散乱の測定

- 中性子のビームを結晶へ入射
- 散乱された中性子を計数管で測定する

中性子が結晶中の i 番目の原子核に衝突し、位置 C で検出される確率振幅は

$$\langle C | \text{中性子} | S \text{ からの中性子} \rangle = \langle C | i \rangle a \langle i | S \rangle$$

ここで a はスピン反転がないときの散乱確率 (一定).

中性子が C に達する全確率振幅は

$$\langle C | \text{中性子} | S \text{ からの中性子} \rangle = \sum_{i=1}^N \langle C | i \rangle a \langle i | S \rangle$$

粒子のスピンを考慮した場合

同じスピンを持つ粒子同士の衝突には一定の確率でスピンの向きが入れ替わることがある. この影響により、結晶で散乱された中性子の角度分布に干渉模様ができる.

スピン反転がある場合

この場合、中性子の衝突した原子核が結晶中のどの原子核なのか区別することができる.

→ 各原子核との散乱過程の確率振幅は干渉しない.

従って、

$$\text{振幅} : \langle C | k \rangle b \langle k | S \rangle$$

$$\text{確率} : \sum_{k=1}^N \left| \langle C | k \rangle b \langle k | S \rangle \right|^2$$

ここで b はスピン反転するときの散乱確率 (一定).

スピン反転がない場合

中性子に衝突した原子核が、結晶中のどの核なのか区別することができない.

→ 各原子核との散乱の確率振幅は干渉しあう.

従って、

$$\text{振幅} : \sum_{k=1}^N \langle C | k \rangle a \langle k | S \rangle$$

$$\text{確率} : \left| \sum_{k=1}^N \langle C | k \rangle a \langle k | S \rangle \right|^2$$

結晶の原子核のスピンが $1/2$ であるとき、中性子と原子核のスピンは反転するときと反転しない時があり、得られる角度分布は図3ようになる.

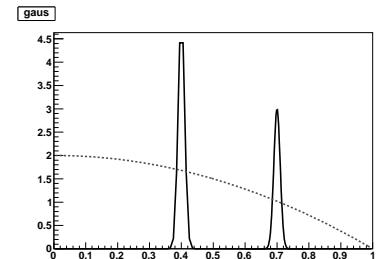


図2 スピン反転を考慮した際に得られる散乱角度分布

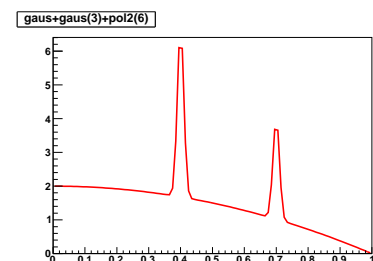


図3 中性子の結晶による散乱の測定