

Title	低温と中性子散乱
Author(s)	国富, 信彦
Citation	大阪大学低温センターだより. 11 P.1-P.3
Issue Date	1975-07
Text Version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/11094/6052
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/>

低温と中性子散乱

理学部 国 富 信 彦 (豊中 2469)

中性子散乱の実験には強い中性子線源が必要であって、このために原子炉が用いられる。原子炉の中で核分裂によって作られた高速中性子は、減速材の中でその構成元素である軽い原子核と弾性衝突をくり返すことによって減速され、結局、減速材元素と殆んど熱平衡の状態となって存在する。だから、原子炉から取り出される中性子の量は、そのエネルギーが原子炉温度と同程度のものすなわち波長で約 1 \AA 位の中性子が最も多い。この波長の大きさが結晶と干渉を起すために最も都合のよい程度であることが、原子炉の利点の一つである。

実際の実験では原子炉からとり出した中性子から、さらに一定のエネルギーのものを選別する必要があり、この為には結晶による Bragg 反射が利用されることが多い。例えば、 1 \AA の中性子を Si 結晶の 111 反射でとり出すのには、結晶面に 9° の角度をもって入射し反射する中性子のみをとり出せばよい。もしも結晶に対し殆んど 90° の角度で中性子を入射させると、その時えられる中性子の波長は 6.3 \AA となる。これをエネルギーに換算すると 2 meV 、温度に直すと約 20 K の低温に対応しているので、このような中性子は冷たい中性子と呼ばれている。

結晶に対し殆んど直角に中性子を入射させるいわゆる背面反射法では、冷たい中性子がえられるのと同時に、中性子のエネルギー分解能 $\Delta E/E$ が向上する。例えば背面反射に近い 89° で中性子を入射させてとり出した 6.3 \AA の中性子の $\Delta E/E$ は 1 \AA のものの約 $1/370$ はすぎない。また、コリメーション約 1° の中性子ビームを用いた時の ΔE は $0.3 \mu\text{eV}$ で、(1 \AA のときは 40 meV) 温度に換算して約 3 mdeg にすぎない。

このような高い分解能の中性子は従来中性子散乱の特長(?) であった分解能の悪さを補い resonance の実験にも優に匹敵するものである。物質の実験ではないが、背面反射でえられた中性子の分解能のよさをデモンストレートする実験として、中性子速度の重力による変化が観測されたことがある。波長 6.3 \AA の中性子を地球上で垂直上方に打ち上げた場合、 4 m かけ上るとその速度は初めの 630 m/sec から、大体 6 cm/sec だけ減少するが、この程度の変化で背面反射された冷中性子なら十分に観測することができる。

もっとも実際に背面反射をさせると折角炉の外に出た中性子は完全に回れ右をして原子炉の中に戻ってしまうので、もう一度背面反射させて炉外に出るようにしなければならない。このような方式は二重反射法とでも呼ばれる方式であって、冷たい中性子による実験には欠くことのできない装置である。

ところで前記のべたように原子炉中の中性子は原子炉内の温度で大体熱平衡となっている。そのため

熱中性子は多く存在するが冷中性子の量は著るしく少ない。そこで原子炉中の冷たい中性子の数を増やすために思い切って減速材自体を冷やしてしまえば、炉内中性子の分布の極大は低エネルギー側に移動し、しかもその極大は鋭くなる。計算によると300 Kで熱平衡の極大としてえられる熱中性子の線束にくらべると、4 Kの減速材からえられる冷中性子の線束は約100倍になり、冷却による利得は明らかである。

しかし、冷却にはいくつかの難問題がある。まず冷却によって減速材が固体になると、中性子を散乱する原子核が他の原子と互に束縛し合い散乱核の質量が見かけ上大きくなり、弾性散乱による減速効果が著るしく悪くなってしまふ。また固体になると内部に照射によってできた各種の励起状態が蓄積されてゆき、最終的に爆発的に再結合する怖れもある。それで現在最も効果的かつ安全な方法に液体 H_2 、 D_2 又は HD を原子炉中に流しこんでこれを減速材とする方法であるとされている。

一見極めて危険とみられるこの低温減速法は1957年にイギリスで始められてから主にヨーロッパで発展してきており、今まで大事故もなく運転されている。一方この技術はアメリカでは全く行なわれていないが、これは多分アメリカでは寒剤として液体 He へのみ頼ってきた為であろう。日本では近く建設が予定されている京大2号炉に低温減速材の設置が計画されている。しかし、何分にも原子炉と液体水素といったいかにも危険そうな組合せではあり、実現には幾多の難問題（特に原子炉安全審査上での）が予想され、この完成には多くの低温研究者の協力が必要とされよう。

つぎに低温技術をフルに用いた中性子の偏極法について話をしよう。原子核の中には自分のスピン方向と平行又は反平行のスピンをもつ中性子のみを吸収したり散乱したりする性質のものがあつて、これを利用すると中性子を偏極させることができる。例えば Sm^{149} は100 meV程度の中性子に対しスピン依存性共鳴吸収を示し H^1 は熱領域以下の中性子に対し強いスピン依存性の散乱を示すが、このような特性を用いると一方向にのみ偏極した中性子のみをとり出すことができるが、そのためには当然すべての原子核をできるだけ一つの方向に偏極させる必要がある。現在原子核の偏極には、必要な原子核を含む化合物を低温に保ち、Rose-Gorter法やdynamical polarization法で、原子核を偏極させる法がとられている。しかし、これらの法が有効であるためには核を含む化合物に制約が生じ、どうしても必要以外の原子核を多く含むものを用いざるを得ず、中性子の偏極および通過効率をさまたげてしまふ。例えばdynamical KH を偏極させるにはスピン格子相互作用を小さくするために稀土類を含む $La_2 Mg_3 (NO_3)_{12} \cdot 2H_2O$ （通称LMN）が用いられるが、この中で必要な原子核Hの部分はごく僅かしかない。最も理想的なのは必要な原子核のみを含む例えば H_2 のような化合物をそのまま冷却し偏極させることであるが、この方法は現在では $liq. He^3 - He^4$ 稀釈冷凍器の冷却効率と水素のオルソーバラ変換発生熱との攻め合いで核の偏極率が押えられ（現状では100 KOeの磁場の下で約5%）従つて中性子偏極率も上げられない。この偏極率は CH_3 を用いるとかなり改善されるが、しかし最終的には核偏極率が冷凍能力に依存する事情は変らない。

このような部門では低温技術の進歩が直接中性子散乱の研究の進歩を促すことになるので、われわれとしては常に低温技術の進歩に目が離せないと同時に、低温研究者の協力を期待している所である。

50年度豊中地区拡大低温会議

50年5月31日豊中地区拡大低温会議が例年通り理学部会議室で行われた。

約30名のユーザーの出席のもとに次のことが報告、了承された。

1. 経過報告
2. 51年度概算要求
3. 49年度液体ヘリウム利用状況
4. 49年度会計報告及び50年度運営方針
5. 液体ヘリウム利用規定について
6. 液体水素問題について

液体ヘリウム利用規定は昨年度つくられた暫定規定がそのままつかわれることになった。ただし、液体ヘリウムの利用料金は年度毎に変更する可能性のあることが了承された。

尚、センター長(又は副センター長)の諮問機関として昨年度より発足した液体ヘリウム小委員会(豊中地区)は5月29日行われ、ユーザーからのセンターに対する希望などが述べられた。今年度のメンバーは、本河、邑瀬、菅、(理)及び松浦、朝山(基礎工)の五氏である。