

1

Wstęp

Neutrony posiadają szereg własności, które czynią je niezastąpionym narzędziem w badaniach faz skondensowanych. Są to:

1) brak ładunku, który pozwala neutronowi wnikać w głąb badanych obiektów (do kilku centymetrów w stali) i tym samym badać nie tylko efekty powierzchniowe, ale i objętościowe,

2) długości fal neutronów zimnych i termicznych (0,5–20 Å) są rzędu długości wiązań chemicznych (odległości międzyatomowych) oraz rozmiarów molekuł, a ich energie (od mikroelektronowoltów do setek milielektronowoltów) – rzędu energii wzbudzeń w fazach skondensowanych. Zatem są doskonałą sondą do badania struktury i dynamiki tych układów,

3) neutrony termiczne pozwalają na badanie obiektów biologicznych i obiektów innych typów czułych na uszkodzenia radiacyjne,

4) neutrony rozpraszane są przez jądra atomowe, a ich długość rozpraszania określona jest nie tylko przez położenie pierwiastka w układzie okresowym, ale i przez rodzaj izotopu danego pierwiastka. Pierwiastki o zbliżonych masach atomowych albo różne izotopy tego samego pierwiastka mogą rozpraszać neutrony zupełnie inaczej.

Na przykład atomy wodoru mają ujemną długość rozpraszania neutronów (–3,74 fm), a ich cięższy izotop deuter ma dodatnią długość rozpraszania (6,67 fm). Zatem na drodze częściowej zamiany wodoru na deuter można wyodrębnić z całkowitego sygnału rozpraszania neutronów przez obiekt sygnał pochodzący od poszczególnych grup atomów, co ma szczególnie ważne znaczenie dla złożonych układów. Ta procedura nazywana jest wariacją kontrastu i jest szeroko stosowana w badaniach takich układów zawierających atomy wodoru, jak obiekty biologiczne, polimery, roztwory wodne i inne.

Innym przykładem wykorzystania tej własności jest łatwość rozróżnienia lekkich atomów (które posiadają podobną liczbę elektronów i dlatego rozpraszają podobnie promienie rentgenowskie), których długości rozpraszania neutronów różnią się znacznie.

5) neutrony są obdarzone spinem i związanym z nim momentem magnetycznym i dlatego nadają się doskonale do badania struktur magnetycznych oraz wzbudzeń w tych układach,

6) posiadanie przez neutron momentu magnetycznego umożliwia wytwarzanie wiązek spolaryzowanych neutronów oraz manipulowanie nimi (za pomocą pola magnetycznego), co zdecydowanie poszerza możliwości badawcze, pozwalając m.in. na oddzielenie części rozpraszania spójnej od niespójnej czy rejestrowanie bardzo małych przekazów energii pomiędzy neutronem a próbką.

Z tych powodów rozpraszanie neutronów znalazło zastosowanie nie tylko w fizyce, ale i w chemii, biologii, naukach o Ziemi, naukach technicznych, a w latach ostatnich w nano- i biotechnologii. Pomimo bardzo wysokich kosztów powstały niedawno w USA i Japonii spalacyjne źródła neutronów nowej generacji na bazie synchrotronów protonowych. W Europie budowane jest podobne źródło neutronów w Lund (Szwecja). W Rosji zakończona została modernizacja impulsowego rektora IBR-2 w Zjednoczonym Instytucie Badań Jądrowych w Dubnej oraz uruchomiono stacjonarny reaktor PIK w Instytucie Fizyki Jądrowej w Sankt Petersburgu.

Oczywiście pomimo tak szerokiego spektrum informacji, jakie możemy otrzymać stosując metody neutronowe, nie wystarczają one do pełnego opisu badanych układów. Dopiero razem z innymi metodami (np. rozpraszaniem promieni rentgenowskich, promieniowaniem synchrotronowym, magnetycznym rezonansem jądrowym, spektroskopią dielektryczną, rozpraszaniem światła itp.), które dostarczają informacji o różnych własnościach badanych obiektów, i w połączeniu z przewidywaniami teoretycznymi oraz współczesnym modelowaniem komputerowym możemy te układy w pełni scharakteryzować. W książce pt. „Fizyka chemiczna” pod redakcją Janiny J. Janik znajduje się doskonałe przedstawienie wielu różnych metod stosowanych do badania dynamiki molekuł i przemian fazowych, w książce pt. „Komplementarne metody badań przemian fazowych” pod redakcją Edwar-da Mikuli i Anny Migdał-Mikuli omówiono szereg metod stosowanych do detekcji przemian fazowych w układach molekularnych, a w książce Andrzeja Olesia pt. „Metody eksperymentalne fizyki ciała stałego” znajdujemy opis wielu metod badawczych stosowanych w fizyce ciała stałego.

Celem tego podręcznika jest zapoznanie studentów wyższych lat studiów i doktorantów z podstawami metod rozpraszania neutronów oraz współczesnymi technikami eksperymentalnymi badania własności faz skon-

densowanych za ich pomocą. Oczywiście materiał podręcznika w żaden sposób nie wyczerpuje całości zagadnienia. Niektórych zagadnień nie poruszono wcale, a inne wyłożono krótko i schematycznie. Na końcach rozdziałów podano spis literatury zawierający zarówno podręczniki, monografie, jak i oryginalne artykuły naukowe, które pozwolą na pogłębienie wiadomości dotyczących omawianych zagadnień. Na końcu książki podano spis najważniejszych monografii dotyczących rozpraszania neutronów.

Autorzy pragną serdecznie podziękować następującym osobom za konsultacje i pomoc przy pisaniu tej książki – profesorom: Wojciechowi Nawrockowi i Romanowi Zawodnemu, doktorowi habilitowanemu Aleksandrze Pajzderskiej mu oraz doktorom: Pawłowi Bilskiemu, Dorocie Chudobie, Stanisławowi Lewickiemu, Ireneuszowi Natkańcowi, Valeremu N. Shvetsovowi i Agnieszce Wilk.