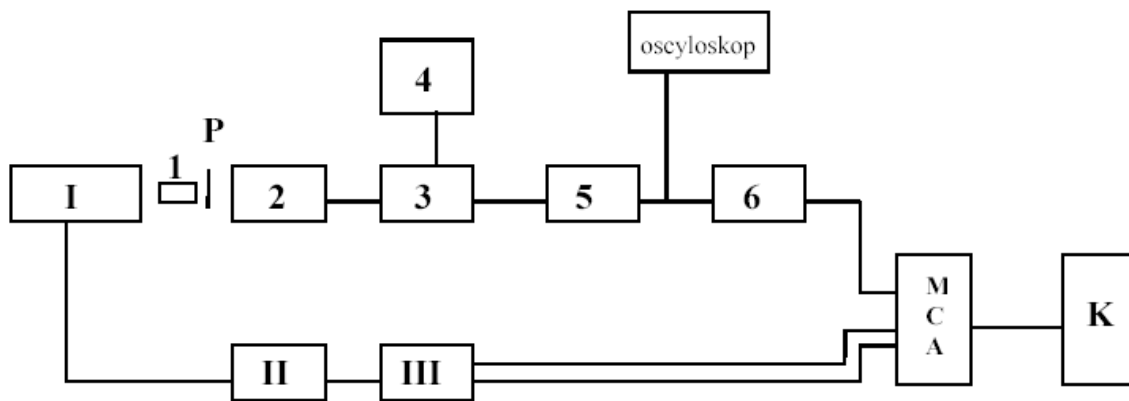


γ 5 - SPEKTROSKOPIA MÖSSBAUEROWSKA

Istota pomiaru widm mössbauerowskich polega na rejestracji natężenia promieniowania γ (w tym przypadku promieniowania o energii 14.4 keV pochodzącego ze wzbudzonego stanu ^{57}Fe) w funkcji względnej prędkości źródła i absorbenta, (tzn. próbki zawierającej ^{57}Fe w stanie podstawowym). Względna prędkość źródła i absorbenta powoduje dopplerowską zmianę energii promieniowania. Jeżeli ta zmodulowana energia (przy określonej prędkości) jest równa energii wzbudzenia jądra atomowego, istnieje możliwość bezdrzutowej, rezonansowej absorpcji promieniowania (efekt Mössbauera), co powoduje spadek natężenia promieniowania przechodzącego przez próbkę.

Aparatura składa się z dwóch torów pomiarowych: spektrometrycznego, umożliwiającego pomiar natężenia promieniowania gamma i "elektromechanicznego", zapewniającego ruch źródła ze stałym przyspieszeniem, tzn. z prędkością zmieniającą się liniowo w czasie. Pomiar natężenia promieniowania gamma jest zsynchronizowany w czasie z ruchem źródła przez układ sterujący, składający się z analizatora wielokanałowego pracującego w systemie wieloprzelicznikowym (MCA) i z komputera.

I. Schemat aparatury



Tor spektrometryczny.

1 - źródło, 2 - licznik proporcjonalny, 3 - przedwzmacniacz, 4 - zasilacz wysokiego napięcia, 5 - wzmacniacz liniowy, 6 - analizator jednokanałowy, p - próbka.

Tor "elektromechaniczny".

I - wibrator, II - zasilacz wibratora, III - generator impulsów trójkątnych

Układ sterujący

MCA -analizator wielokanałowy, K - komputer

UWAGA : wykonując ćwiczenie należy zachować szczególną ostrożność. Nie dotykać elementów układów elektronicznych i detekcyjnych będących "pod napięciem", unikać bezpośredniego kontaktu ze źródłami promieniotwórczymi i nie spożywać jakichkolwiek artykułów spożywczych na terenie pracowni.

Analizator wielokanałowy (MCA) jest połączony z komputerem (K), który: dokonuje odczytu zawartości pamięci analizatora (tzn. widma mössbauerowskiego, czyli liczby zliczeń w poszczególnych kanałach, których numer jest proporcjonalny do prędkości źródła względem próbki), wyświetla widmo na ekranie oraz pozwala na numeryczną analizę widma (program MOS).

II. Wykonanie ćwiczenia

Ustawienie toru spektrometrycznego:

- połączyć układ pomiarowy według załączonego schematu,
- obserwując na oscyloskopie impulsy ze wzmacniacza ustawić odpowiednią wartość wysokiego napięcia (typowo +1900 V),
- zmierzyć niskoenergetyczną część widma ^{57}Co (faktycznie: widmo wzbudzonego ^{57}Fe powstałego z rozpadu ^{57}Co) kolejno bez i z umocowanym absorbentem,
- za pomocą analizatora jednokanałowego “wybrać” linię 14.4 keV. Niskoenergetyczna część widma składa się z trzech linii: 6.4 keV linii rentgenowskiej żelaza powstającej w wyniku procesu konwersji wewnętrznej stanu 14.4 keV, linii 14.4 keV (przejście jądrowe dla którego obserwuje się efekt Mössbauera) oraz linii rentgenowskiej Rh o energii 21.3 keV (źródło ^{57}Co wdyfundowane jest do matrycy rodowej). Bez zamontowanego absorbenta najsilniejszą linią jest linia 6.4 keV, przy przechodzeniu przez absorbent linia ta ulega silnej absorpcji elektronowej (nierezonansowej) i wtedy najsilniejszą linią jest linia 14.4 keV. Ułatwia to identyfikację tej linii.

Ustawienie toru ” elektromechanicznego”:

Zasada działania wibratora elektromechanicznego (“transducer”).

Elementem poruszającym źródło jest cewka umieszczona w polu magnesu stałego. Jeżeli na cewkę jest podany impuls trójkątny “reference generator”, tzn. napięcie zmienia się liniowo w czasie, to działa na nią stała siła, powodująca ruch ze stałym przyspieszeniem, tzn. z prędkością zmieniającą się liniowo w czasie. Jednocześnie poruszana jest druga cewka, pomiarowa, w której indukuje się napięcie proporcjonalne do szybkości zmiany strumienia pola magnetycznego, czyli do prędkości. Sygnał ten jest porównywany z trójkątnym sygnałem napędzającym. Różnica między tymi sygnałami to sygnał błędu, określający odstępstwo od założonego ruchu liniowego. Poprzez układ ujemnego sprzężenia zwrotnego służy on do korekty sygnału napędzającego.

- włączyć komputer, wywołać program **trn**, kursor na “mosiek” (mosiek to nazwa fabryczna analizatora wielokanałowego), wybrać “mosiek 1”, “clear” - kasowanie zawartości pamięci, ustawić zakres pomiaru na 2*128 kanałów,
- zaobserwować sygnały synchronizacji i channel advance z układu “wave form generator”
- zaobserwować sygnały “reference generator” i “error signal” z układu napędzającego transducer (układ 589/1),
- za pomocą potencjometru sensitivity zminimalizować sygnał błędu.

UWAGA : wykonując ćwiczenie należy zachować szczególną ostrożność. Nie dotykać elementów układów elektronicznych i detekcyjnych będących ”pod napięciem”, unikać bezpośredniego kontaktu ze źródłami promieniotwórczymi i nie spożywać jakichkolwiek artykułów spożywczych na terenie pracowni.

III. Pomiar widm rezonansowej absorpcji promieniowania gamma

- a) umocować absorbent żelaza metalicznego na kolimatorze źródła,
- b) podać impulsy z analizatora jednokanałowego na wejście MCA,
- c) rozpocząć pomiar (po wywołaniu programu trn podać komendy: stop, clear, run),
- d) po ok. 5 min. wstępnie odczytać widmo; ocenić wielkość rezonansowej absorpcji oraz częstość zliczeń; oszacować czas potrzebny na uzyskanie “dobrego” widma, tzn. takiego, dla którego efekt rezonansowej absorpcji będzie ok. 20 razy większy od błędu statystycznego,
- e) kontynuować pomiar przez czas określony w punkcie d,
- f) odczytać i zapamiętać widmo,
- g) opracować numerycznie widmo kalibracyjne żelaza metalicznego; opracowanie polega na: (i) złożeniu widma: w czasie jednego cyklu prędkość źródła zmienia się od minimalnej (ujemnej, źródło oddala się od absorbenta przy zerowym wychyleniu) poprzez maksymalną (dodatnią, źródło zbliża się do absorbenta) ponownie do minimalnej; w ten sposób w pomiarze uzyskujemy dwa identyczne, ale odbite zwierciadlane widma; złożenie widma to ich odpowiednie dodanie; zapamiętać kanał złożenia !, (ii) dopasować widmo doświadczalne sekstetem linii Lorentza (opcja **other** programu **trn**), (iii) zapamiętać wyznaczoną z dopasowania prędkość maksymalną (program posiada zapamiętane położenia linii mössbauerowskich żelaza metalicznego) i położenie środka sekstetu.
- h) zmienić próbkę kolejno na stal nierdzewną, nitroprusodek sodu, hematyt, magnetyt,
- i) uzyskać widma w/w próbek, powtarzając punkty b - f.
- j) opracować numerycznie widma (program **moss**) dopasowując odpowiednio, pojedynczą linię, dublet kwadrupolowy, sekstet zaburzony oddziaływaniem kwadrupolowym, dwa sekstety zeemanowskie.

IV. Opracowanie i interpretacja wyników

- a) z szerokości linii wyznaczyć czas życia poziomu 14.4 keV ^{57}Fe ,
- b) dla wszystkich próbek wyznaczyć wielkość przesunięcia izomerycznego; przesunięcie izomeryczne podać w mm/s względem żelaza metalicznego oraz w eV,
- c) dla próbki nitroprusydu sodu wyznaczyć wartość rozszczepienia kwadrupolowego; przyjmując, że moment kwadrupolowy ^{57}Fe w stanie wzbudzonym wynosi 0.28 b wyznaczyć wielkość gradientu pola elektrycznego działającego na jądra ^{57}Fe w tym związku (przyjąć, że gradient pola elektrycznego ma symetrię osiową).
- d) dla próbek hematytu i magnetytu wyznaczyć wartości magnetycznych pól nadsubtelnych w miejscu jąder ^{57}Fe (przyjąć jako daną, że w żelazie metalicznym pole nadsubtelne ma w temperaturze pokojowej wartość 33 T).

UWAGA : wykonując ćwiczenie należy zachować szczególną ostrożność. Nie dotykać elementów układów elektronicznych i detekcyjnych będących "pod napięciem", unikać bezpośredniego kontaktu ze źródłami promieniotwórczymi i nie spożywać jakichkolwiek artykułów spożywczych na terenie pracowni.

V. Pytania do kolokwium

- 1) Zjawisko bezdrutowej emisji i absorpcji promieniowania γ .
- 2) Dopplerowskie przesunięcie częstości promieniowania γ .
- 3) Oddziaływanie nadsubtelne:
 - a) przesunięcie izomeryczne,
 - b) rozszczepienie kwadrupolowe
 - c) rozszczepienie zeemanowskie.

VI. Literatura

1. U. Gonser. "From a Strange Effect to Mössbauer Spectroscopy". Topics in Applied Physics, Vol. 5, Springer - Verlag, 1975, str. 1- 6, 11 - 27 (kopia załączona do materiałów).
2. A. Strzałkowski, "Wstęp do fizyki jądra atomowego", PWN 1978 podrozdział 2.511 "Emisja i absorpcja promieniowania elektromagnetycznego przez jądra" str. 565 (ostatni akapit) oraz str. 566-568.
3. A. Hryniewicz i K. Tomala – rozdziały 3.1-3.4 w „Fizyczne metody badań w biologii, medycynie i ochronie środowiska” – praca zbiorowa pod red. A. Hryniewicza i E. Rokity, PWN Warszawa 1999 (kopia dołączona do materiałów).

UWAGA : wykonując ćwiczenie należy zachować szczególną ostrożność. Nie dotykać elementów układów elektronicznych i detekcyjnych będących "pod napięciem", unikać bezpośredniego kontaktu ze źródłami promieniotwórczymi i nie spożywać jakichkolwiek artykułów spożywczych na terenie pracowni.