

# Mössbauer espektroskopia

**F. Plazaola**

UPV/EHU Zientzi Fakultatea  
Elektrika eta Elektronika Saila  
644 p.k., 48080 Bilbo

## Abstract

*This paper treats about the mössbauer spectroscopic technique, the facts in which the technique is based and the hyperfine interactions that it can study are shown. The paper ends with a summary of the different problems of material science that can be study by means of mössbauer spectroscopy using as mössbauer isotope  $^{57}\text{Fe}$ .*

Mössbauer espektroskopia Mössbauer jaunak aurkituriko atzerapenik gabeko igorpenaren zurgapen erresonantean oinarriturik dago.

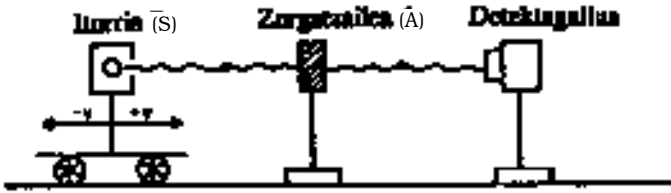
Nukleo batek gamma izpi bat igortzen duenean jasaten duen atzerapen-energia igorpen-lerroaren zabalera naturala baino handiagoa izaten da eta gamma izpiak igorpen-nukleo bera duen lagina zeharkatzean ez du zurgapen erresonanterik (edo fluoreszentziarik) jasango. Nukleo bat kristal batean loturik dagoenean funtsezko egoeratik lehen egoerara eramateko (fotoiak sortzeko) atzerapen-energia nahikoa ez bada, kristal guztia (eta ez gamma izpiaren nukleo igortzailea bakarrik) atzeratuko da. Beraz, atzerapen-energia sareko nukleoaren kopuruaren arabera txikiagotuko da ( $10^{10}$  ordenakoa mikra kubiko bateko sarean) eta balio hau gamma izpiaren energi-lerroaren zabalera baino askoz txikiagoa izanik, arbuigarria izango da. Kasu hauetan atzerapenik gabeko igorpenaz hitz egiten dugu. Atzerapenik gabeko igorpenaren probabilitatea tenperatura altxatzean txikiagotu egiten da, eta tenperatura Debyeren tenperatu-

rarekiko handia bada, probabilitatea arbuigarria dela aurkitzen da.

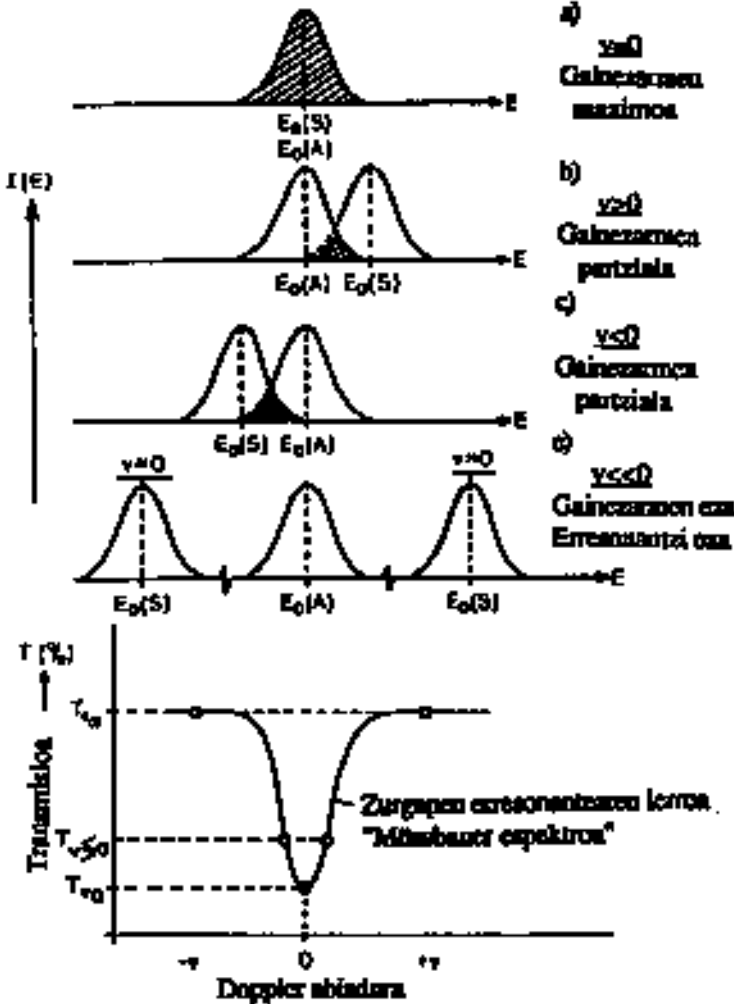
Mössbauer nukleoak, hots, atzerapenik gabe gamma izpiak igortzen dituzten nukleoak, asko dira, ezagunena  $^{57}\text{Fe}$  izanik; giro-tenperaturan bereziki atzerapenik gabeko gertaeren probabilitatea nahikoa handia delako eta baita burdina substantzia interesgarri askoren osagai delako ere. Mössbauer espektroskopiaren paregabeko doitasuna, lerroaren zabalera naturala trantsizio-energia baino  $10^{13}$  aldiz txikiagoa izatean datza, hots, aipaturiko doitasunarekin konparaketa eginez Lurretik Ilargirainoko distantzian mikra baten ordenako aldaketak neurtu ahal izanen genituzke.

Gaur eguneko Mössbauer espektrometroei dagokien energi aldaketa, iturri eta zurgatzailen arteko higidura erlatiboaz burutzen da, hots, Doppler efektuaren bidez (ikus 1. irudia). Abiadurak txikiak izaten dira; zenbait milimetro segundokoak, hain zuzen ere.

Nukleo atomikoei parte hartzen duteneko elkarrekintza elektriko eta magnetikoei, elkarrekintza hiperfin deritze. Elkarrekintza



1. irudia. Atzerapenik gabeko zurgapen nuklear erresonantea lortzeko espektrometroaren azalpen eskematikoa eta atzerapenik gabeko  $\gamma$  izpiaren transmisio erlatibo Doppler abiaduraren arabera.



hauek Mössbauer espektroskopian oso erraz ikus daitezke; goian aipatu bezala, Mössbauer teknika bereizmen handikoa baita. Ondoren adierazten diren elkarrekintza hiperfinak aztertuta, nukleo zurgatzailearen egoera

eta beren ingurune hurbila nolakoa den jakin daitezke.

a) **Aldakuntza isomerikoa** edo karga nuklearraren banaketa ez-puntualaren eta nu-

kleoan egoteko probabilitatea daukaten elektroien arteko elkarrekintza. Elkarrekintza honek maila energetikoen aldakuntza sortzen du. Aldaketa hori funtsezko egoeran eta egoera kitzikatuan (hots, energia altuagoko egoeran) berdina ez denez, zurgapen-lerroa lerratu egiten da. Lerrakuntzaren intentsitateak nukleoan egoteko probabilitatea duten elektroien dentsitateaz edo beraiengan dagoen pantailatzearen ideia ematen digu, hots, Mössbauer nukleoaren ingurune kimikoarena, hain zuzen ere.

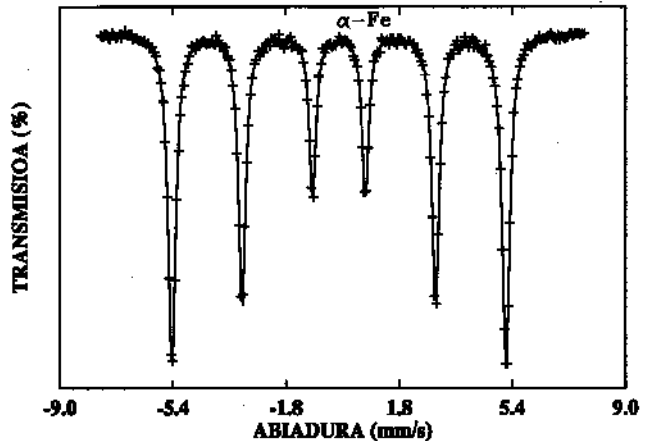
b) **Anizkoizketa kuadrupolarra** edo nukleoaren momentu kuadrupolar elektrikoaren eta nukleoa aurkitzen deneko posizioko eremu elektrikoaren gradientearen arteko elkarrekintza. Elkarrekintza honek eremu kristalinoarekiko proportzionala den anizkoizketa sortzen du. Beraz, Mössbauer nukleoaren ingurune kimikoaren simetria deskribatzen du. 2. irudiak  $^{57}\text{Fe}$  isotopoari  $\text{Fe}_{12}\text{Ni}_9\text{B}_{13}$  amorfoan dagoen anizkoizketa kuadrupolarra erakusten du.

c) **Anizkoizketa magnetikoa** edo nukleoaren momentu

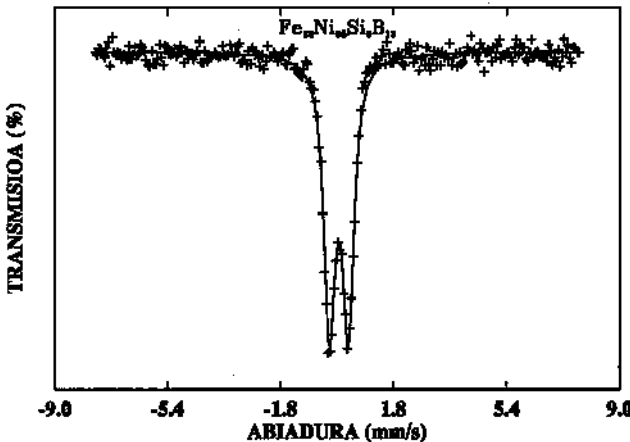
dipolar magnetikoaren eta nukleoaren posizioko eremu magnetikoaren arteko elkarrekintza. Anizkoizketa honek magnetikoki ordenaturiko inguruneen eremu lokalaren neurketa ematen digu. 3. irudian burdina kristalinoaren anizkoizketa magnetikoa erakusten da.

**Aplikazioak**

Kimikako ikerketaren kasuan Mössbauer parametro garrantzitsuenak aldakuntza isomerkikoan eta anizkoizketa kuadrupolarrean gertatzen dira. Parametro hauen bidez spin-eta oxidazio-egoerak, simetria molekularra,



3. irudia.  $\alpha\text{-Fe}$  sare kristalinoaren anizkoizketa magnetikoa.  $^{57}\text{Fe}$  isotopoaren kasuan ohi denez anizkoizketa honi seikotea dagokio.



2. irudia.  $^{57}\text{Fe}$  isotopoari dagokion anizkoizketa kuadrupolarren bikotea  $\text{Fe}_{12}\text{Ni}_9\text{B}_{13}$  amorfo metalikoan.


konposatu kimikoen analisi eta bereizkuntza, korrosioa, katalisia eta beste hainbat ikerketa burutzen da.

Materialetako propietate magnetikoen ikerketa, Mössbauer espektroskopiaren aplikazio arruntena izaten da. Gehien erabilitako Mössbauer isotopoa  $^{57}\text{Fe}$  da; burdina material magnetikoen osagai arruntenetarikoa baita. Konposatu magnetikoen informazio asko, parametro hiperfinetatik lor daiteke eta burutu daitezkeen ikerketa batzuk ondokoak ditugu: Ordena magnetikoaren tenperatura eta mota (ferromagnetikoa, antiferromagnetikoa, ...), posizio magnetiko edo kristalografiko ez baliokideen arteko atomoen banaketa, egitura magnetikoaren ikerketa, etab.

Mössbauer espektroskopiak metalurgian duen erabilera oso berria izan arren, funtsezko ezaugarri batzuk dagoeneko mugatu dira eta oso esperimendu bereziak ere burutu dira.

Mössbauer espektroskopiaren bidez burutu daitezkeen ikerketa batzuk ondokoak dira: disoluzio solidoen analisi koantitatiboa, aldaketa martentsitikoak, hauspeaketa, aleazio amorfoak, akatsak, etab.

Hainbat molekula biologikok burdina eta beste metalak daramatza eta Mössbauer efektua zenbait entzima eta proteina ikertzeko oso erabilgarria da, kasu aipagarrienatarikoa hemoglobinarena izanik. Konposatu biologikoe-tan laginen prestaketa berezia da, ur-disoluziotan egon behar dute eta izozturik daudenean neurtzen dira. Hemoproteinak, burdina eta sufrea daramaten proteinak eta burdina pilatu eta garraiatzen dutenak dira gehien ikertu diren molekulak.

Mössbauer espektroskopia beste eremutan ere erabiltzen da, horietariko batzuk Mineralogia, Geologia (Lurrekoa eta Ilargikoa), Arkeologia, materia ez-kristalinoa, etab. izanik. 

## BIBLIOGRAFIA

- GÜTLICH, P., LINK, R. eta TRAUTWIN, A., "Mössbauer Spectroscopy and Transition Metal Chemistry". . Springer-Verlag, Heidelberg 1978.
- ABRAGAM, A. "The principles of Nuclear Magnetism".. Oxford University Press. Londres 1961.
- "Mössbauer Effect Methodology". New York: Plenum Press 1970.