

LABORATORI AVANÇAT
RESUM DE LES PRÀCTIQUES

A. Caracterització tèrmica, morfològica i estructural **d'un sistema binari tipus eutèctic**

Sistema en estudi:

-Pb-Sn

Tècniques experimentals de caracterització:

- anàlisi tèrmica diferencial, microscòpia òptica i difracció de raigs X

Descripció de l'equip experimental

- *gresols hermètics* (tancats al buit) amb els elements purs i diversos al·liatges binaris

$Pb_{100-x} Sn_x$ ($x = 16, 40, 60, 74, 80.5$ i 95)

- *equip d'anàlisi tèrmica diferencial* constituït per: forn, variador de tensió, muntatge diferencial de termoparells de Chromel-Alumel, enregistrador X-Y, planímetre.

- *probetes metal·logràfics* polides i atacades químicament ($x = 40, 60, 74$ i 95).

- *microscopi metal·logràfic*

- *espectres de difracció de raigs X*, obtinguts amb un difractòmetre de pols, corresponents a les mostres: Pb, Sn i a les composicions binàries ($x = 16, 40, 60, 74, 80.5$ i 95).

Continguts teòrics:

- Al·liatge: Sistemes eutèctics binaris
- Fase: Dissolució sòlida, transformacions de fase, equilibri de fases, diagrames d'equilibri.
- Microestructura: Solidificació eutèctica, primària; composició hipereutèctica i hipoeutèctica
- Descripció metal·logràfica: Microscopi òptic, gra metal·logràfic, límit de gra
- Difracció de raigs X: Estructura cristal·lina, paràmetre de xarxa, plans cristal·lins, llei de Bragg, índexs de Miller, distància interplanar

Realització experimental i anàlisi de dades

- *Caracterització tèrmica.*

-Determinació de les temperatures de canvi de fase (línies de solvus, solidus i liquidus)

- Determinació del punt eutèctic.

- *Caracterització morfològica*

Observació al microscopi òptic de les probetes metal·logràfiques. Visualització dels grans metal·logràfics i del límit de gra. Solidificació eutèctica i primària. Identificació de les fases presents d'acord al diagrama d'equilibri entre fases. Càlcul de la fracció molar de fase primària i eutèctica per cada mostra observada.

- *Caracterització estructural*

Anàlisi dels espectres de difracció de raigs X, obtinguts amb un difractòmetre de pols. La radiació utilitzada ha estat: Cu K α .

Les dades de difracció són: gràfica de la intensitat mesurada en funció del angle, i llistat de les dades corresponents als pics de difracció més intensos: 2θ , paràmetre de xarxa (d), amplada del pic, nombre de comptes del pic, comptes del fons, intensitat relativa.

Anàlisi:

1.- Estudi comparatiu de les dades cristal·logràfiques tabulades i dels espectres de difracció dels elements purs. Reconeixement i indexació dels pics de difracció dels elements purs i dels al·liatges.

2.- Determinació del paràmetre de xarxa. Representació de les intensitats dels pics de difracció en funció de la composició molar de les mostres (per ex. pels pics de difracció de la fase β amb índexs de Miller (100), (110) i (431)), comentari dels resultats.

Bibliografia recomanada

- *Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales*, W.F.Smith, Mc.Graw-Hill, 1995
- *Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales*, W.D.Callister, Reverté, 1995 i 1996.
- *Elements of X-ray Diffraction*, B.D. Cullity, Addison-Wesley Pu. Co., Reading, 1978.
- *Electron Microscopy and X-ray Microanalysis*, J.J. Goldstein, D.E. Newbury, P. Echlin, D.C. Joy, C. Fiori, E. Lihshin, Plenum Press, New-York & London, 1984.
- *Introduction to Thermal Analysis Techniques and Applications*, M.E. Brown, Chapman and Hall, London, 1988.
- *Experimental Physics: Modern Methods*, R.A.Dunlap, Oxford Univ.Press, 1988.
- *Experiencias de Termodinámica*, M.D.Baró, S.Bordas, J.A.Ibañez, J.E.Lllebot y S.Suriñach, Universidad Autónoma de Barcelona, 1985

B. Bombeig Òptic d'un vapor

Objectius: Observació del bombeig òptic en un vapor de Rubidi.
Utilització d'un oscil·loscopi digital.

Continguts teòrics

- Orientació dels àtoms d'un vapor amb llum polaritzada
- Conservació del moment angular de la llum. Fenòmens de relaxació i fluorescència
- Efecte Zeeman
- Ressonància magnètica de RF i la seva detecció òptica

Descripció de l'equipament.

Làmpada de Rubidi d'alta freqüència. Cel·la d'absorció de rubidi. Fotodíode de Si i amplificador de senyal. Components òptics (lents, polaritzadors IR, $\lambda/4$, filtre interferencial IR). Termostat de circulació. Bobines de Helmholtz. Fonts d'alimentació. Oscil·loscopi digital i impressora. Suports mecànics i banc òptic.

Realització experimental

Funcionament de l'oscil·loscopi digital. Aprofitarem el senyal que genera el fotodíode per analitzar el funcionament de l'oscil·loscopi digital amb el que treballarem per enregistrar els senyals que ens interessin. Utilitzarem la impressora per tenir impresos els registres que volem estudiar.

Anàlisi de la llum emesa per la làmpada de Rubidi. Amb el fotodíode recollirem part de la llum emesa per la làmpada de Rubidi i amb l'oscil·loscopi visualitzarem com varia en funció del temps la intensitat d'aquesta llum.

Obtenció de llum polaritzada circular. Amb la làmpada de Rubidi, el fotodíode, els polaritzadors, el filtre interferencial, el retardador $\lambda/4$ i alguna lent col·limadora prepararem el muntatge òptic oportú per tal de poder obtenir llum polaritzada circular. Analitzarem la llum obtinguda i optimitzarem la posició i orientació dels diversos components òptics per tal de tenir llum amb el màxim grau de polarització circular.

Observació del senyal de bombeig en el Rubidi. Cal optimitzar el muntatge òptic que permeti fer incidir el màxim de llum emesa per la làmpada sobre la cel·la d'absorció. El detector pot recollir la llum transmesa per la cel·la o la llum de fluorescència emesa i s'ha d'aconseguir que el detector reculli el màxim de llum. Sobre l'oscil·loscopi s'enregistrerà el senyal del fotodíode que s'ha de relacionar amb el senyal de bombeig en el Rubidi.

Bibliografia Recomanada

- A. Corney. *Atomic and laser spectroscopy*. Clarendon Press. Oxford 1977. Cap. 17
- C. Cohen-Tannoudji and A. Kastler. *Optical Pumping*. (Progress in Optics. Vol V. Ed. E. Wolf. North Holland Amsterdam).
- W. Demtröder. *Laser Spectroscopy. Basic concepts and instrumentation*. Springer. Cap. 10

C. Espectroscòpia per Transformada de Fourier (TF)

Objectius: Anàlisi per TF de les característiques espectrals de diverses llums.

Control del moviment lineal d'un motor pas a pas i adquisició de dades, utilitzant un ordinador personal amb targetes I/O i AD/DA.

Continguts teòrics

- Interferències: Interferòmetre Michelson, coherència temporal de la llum
- Espectroscòpia: Llum blanca, llum quasi-monocromàtica i llum làser
Espectroscòpia per Transformada de Fourier
- Control d'aparells mitjançant ordinador: Utilització d'una targeta AD/DA
Utilització d'una targeta I/O
Control del moviment d'un motor pas a pas
- Programació i software: Llenguatge Basic o C; Origin, Mathematica o Matlab.

Descripció de l'equipament

Interferòmetre Michelson amb desplaçament motoritzat del mirall mòbil. Fonts de llum: làser d'He-Ne, làmpades espectrals de Na i Hg i llum blanca halògena. Filtres interferencials passa-banda per modificar la distribució espectral de la llum. Fotodiode de Si amb amplificador del senyal. Components òptics (diafragma iris i lents). Ordinador personal amb targetes I/O i ADDA incorporades. Controlador del motor pas a pas i fonts d'alimentació. Oscil·loscopi i tester.

Realització pràctica

Posta a punt del interferòmetre Michelson. Amb el làser com a font de llum es tracta d'obtenir interferències. Un cop tinguem interferències en la llum que surt de l'interferòmetre cal optimitzar-les. Per això hem d'aconseguir que d , que representa la diferència de distàncies que hi ha entre la làmina semitransparent i cadascun dels miralls de l'interferòmetre, sigui pràcticament zero.

Desplaçament del mirall mòbil de l'interferòmetre mitjançant el motor controlat per la targeta I/O. Amb un petit programa en llenguatge basic o C es pot controlar la targeta I/O que permetrà desplaçar el mirall mòbil de l'interferòmetre a través del motor acoblat. D'aquesta manera podrem posicionar el mirall en $d \sim 0$ i optimitzar les interferències. Hem de poder desplaçar el mirall mòbil endavant o endarrera el número de passos que vulguem. Podem comprovar que estem en la posició $d \sim 0$ observant les interferències amb la font de llum blanca.

Adquisició de dades amb la targeta AD/DA. Podem modificar el programa realitzat en l'apartat anterior per tal de que mentre es realitza el moviment del mirall es faci també l'adquisició de dades corresponent a la intensitat de llum que surt de l'interferòmetre. El programa ens ha de permetre desplaçar el mirall a mitjos passos, per tal de tenir més resolució, realitzar varies mesures en cada posició del mirall per tal d'omitjar-les en cas de que hi hagi molt soroll i guardar les dades obtingudes en un arxiu.

Realització de la Transformada de Fourier. A partir de l'arxiu de dades adquirides amb la llum làser ($\lambda=632.8$ nm) es pot fer un cal·librat del moviment del mirall i determinar la distància real que es mou el mirall en cada pas. A partir d'aquesta dada es podran convertir els passos realitzats per el mirall a distància recorreguda. Amb algun dels paquets de software disponibles (p.e. Origin) es pot realitzar la Fast Fourier Transform o transformada de Fourier ràpida que ens permetrà obtenir l'espectre en freqüències de la llum.

Anàlisi de la influència dels paràmetres: número de passos, número de mesures, resolució. A partir de dades adquirides en diferents condicions podem analitzar la influència en l'espectre dels valors que hem escollit pre els diversos paràmetres durant el procés d'adquisició.

Espectres de les diverses llums de que disposem. Finalment, podem realitzar en les condicions òptimes, les adquisicions de les dades corresponents als interferogrames utilitzant les diverses llums disponibles, a partir dels quals podrem obtenir els espectres corresponents.

Bibliografia Recomanada

- Hauharan. *Optical Interferometry*. Academic Press. Tema 11
- J. Meyer-Arent. *Introduction to classical and modern Optics*. 3th Ed. Prentics-Hall Intern. Tema 4.4
- R. Williams. *Spectroscopy and the Fourier Transform. An Interactive Tutorial*. VCH Publishers. 1996
- El tema és tractat també en algun capítol o apartat en la majoria de llibres d'Òptica

D :Mesures de Susceptibilitat Magnètica

Objectiu: Els alumnes han d'aprendre a mesurar petites senyals en entorns de soroll, fent servir un amplificador lock-in. S'han de determinar dues transicions : a) la ferro-para del Gd y la dia-para d'un superconductor d'alta temperatura Tc.

Elements que integren la pràctica: 1 Multimetre digital Keighley 1 AC/DC current calibrator marca Valhalla, 1 Lock-in EgyG, Model 5105, 1 dewar de transporte LN2, 1 caña de acero inoxidable con conjunto de bobinas y un diodo Ta incorporado. Cables y conectores, Muestras Gd e YBaCuO

E: Traçat de Cicles d'histeresi

Objectiu: Obtenir els paràmetres magnètics Hc, Ms y Mr de ferrites dures a partir del cicle de histéresis.

Experiències que es realitzen: Els alumnes han de construir i calibrar dues bobines. Després fan les mides del cicle de histéresis de dos ferrites, una tova i un altra dura.

Elements que integren la pràctica: 1 Bobinadora manual (I), 1 lupa amb llum, soports de teflon, 1 generador de freqüència variable (0.1-100kHz) Pasco. Mod PI 9587 A, 2 multimetres Keighley Mods 197 (I) i 175^a, 1 bobinas Helmholtz 100 mm, 1 registrador XY Soltec, Mod VP-6423S, 1 integrador Home made 0.1-400 Hz, 1 Font'alimentació Breimi Mod BRS-36 cc. Petites instruments com soldador etc. Electroiman Scientifica i la seva fons d'intensitat (I)

F. Radiació Tèrmica

Objectius: Posar en evidència la llei de radiació del cos negre i estudi de les seves propietats.

Contingut teòric:

La llei de Stefan-Boltzmann estableix que la taxa d'energia radiada per unitat d'àrea d'un cos negre en equilibri tèrmic és proporcional a la quarta potència de la seva temperatura absoluta.

Descripció de l'equipament:

Sensor de radiació amb el que es mesura la intensitat relativa de la radiació incident. L'element sensible és una petita termopila que dona un voltatge (fins a 100 mV) proporcional a la intensitat de la radiació. Les especificacions tècniques de la pila són: Rang de Temperatures: -65-85°C, Màxima potència incident: 0.1 W/cm²; resposta espectral: 0,5-40 µm; Senyal de sortida: lineal des de 10⁻⁶ a 10⁻¹ W/cm².

Cub de radiació : És una font de radiació tèrmica que disposa de quatre superfícies de radiació diferents, que es poden escalfar mitjançant una bombeta de 100 W fins a 120°C. Per mesurar la temperatura s'ha de connectar un ohmòmetre a la sortida anomenada Thermistor. Conegut el valor de la resistència mesurada, s'ha d'utilitzar una taula per obtenir la temperatura corresponent.

Làmpada de Stefan-Boltzmann: És una font de radiació tèrmica d'alta temperatura. Ajustant la potència de la làmpada ($V_{\max} = 13 \text{ V}$, $I_{\max} = 3 \text{ A}$), es pot arribar fins a 3000°C. Per determinar amb precisió la temperatura, primer s'ha de mesurar acuradament el voltatge i corrent a $T = 300 \text{ K}$ i a la temperatura de treball, T .

Realització Pràctica: Hi ha quatre experiments diferents

- I. *Introducció a la Radiació Tèrmica*: Es mesura la radiació emesa pel cub de radiació, amb el sensor en contacte i a 5 cm de la superfície de la cara negra del cub. Repetim aquestes mesures quan treiem la superfície mesurant directament la radiació emesa per la bombeta. S'han de repetir les mesures a diferents valors del potenciòmetre (5,6,8,...).
- II. *Llei d'inversa del quadrat de la distància*: Es tracta de comprovar la llei de $1/r^2$ col·locant el detector a diferents distàncies de la font de llum.
- III. *Llei de Stefan-Boltzmann (alta temperatura)*: Es tracta de mesurar amb el sensor la radiació que li arriba d'una bombeta (1000-3000K) i la intensitat que circula pel filament de la bombeta per diferents valors de la tensió d'alimentació del filament. S'ha de calcular la resistència del filament.
- IV. *Llei de Stefan-Boltzmann (baixa temperatura)*: Es comprova la llei de Stefan amb el cub de radiació, considerant que el detector per no ser-hi al zero absolut, és el mateix una font de radiació tèrmica. Al fer la mesura s'ha de protegir el sensor de la font tèrmica amb un reflector de radiació. Les mesures es poden iniciar a una temperatura del cub d'uns 10°C per sobre de l'ambient, i amb increments de 10-15°C.

Bibliografia Recomanada

- C. Sánchez del Río, *Física Cuántica*, Eudima Universidad.
- *Thermal Radiation System*. Instruction Manual and Experimental Guide for the PASCO Scientific.

G. Obtenció de Monocristalls pel mètode de Czochalsky.

Objectius: Familiarització amb els mètodes de creixement de cristalls. A partir d'una fase líquida. Utilització del mètode de Czochralsky per créixer cristalls iònics de NaCl o KCl. Determinació de la qualitat cristal·lina del cristalls crescuts.

Introducció: La obtenció de materials monocristal·lins de gran perfecció és un dels requisits fonamentals per poder utilitzar aquests compostos en aplicacions tecnològiques. Entre els exemples més significatius ens trobem amb el cas del silici. Aquest material es emprat en molts dispositius electrònics degut a les seves propietats físiques i a la possibilitat de créixer cristalls de gran grandària (diàmetre de 25cm y 1 1/2 m de longitud) i amb una gran perfecció cristal·lina (densitat de dislocacions inferior a 100 mm^{-2}). També el Ge i el AsGa, molt utilitzats en altres tipus de dispositius, es poden créixer d'aquesta manera. La tècnica principal de creixement d'aquests materials prové d'en Czochralski [1] que l'any 1917 va extreure filaments monocristal·lins de metalls amb punts de fusió baixos per poder determinar la velocitat màxima a la que podien cristal·litzar. El desenvolupament principal de la tècnica que porta el seu nom va ser, però, efectuat anys més tard per Teal y Little [2], que van créixer monocristalls de Ge als laboratoris Bell en 1949. Els tipus de materials que es poden créixer pel mètode de Czochralski (o variants d'aquest) és molt elevat, per exemple, Si, Ge, InP, AsGa, GaP, LiNbO₃, NaCl, KCl,... El mètode consisteix bàsicament en la solidificació d'un líquid utilitzant un gradient de temperatura ben controlat. Un crisol que conté el material a cristal·litzar es situa a l'interior d'un forn capaç de fondre el compost i es col·loca una llavor monocristal·lina en contacte amb el líquid. La llavor es fa rotar (per minimitzar gradients tèrmics) i es desplaça cap a dalt. Degut al sotarefredament existent, el líquid cristal·litza a l'extrem de la llavor. El resultat és una peça, normalment cilíndrica, monocristal·lina. La velocitat de creixement es pot variar, depenen del material desde unes dècimes de mm fins a uns pocs cm per hora.. El diàmetre del cristall depèn fortament del sotarefredament imposat al líquid. Quan més gran sigui el sotarefredament més gran serà el diàmetre del cristall.

Continguts teòrics

La teoria de la nucleació estableix que si tenim un líquid sotarefreat existirà una força conductora que induirà la solidificació del líquid. Però si el nucli en equilibri amb la fase líquida es d'un tamany considerable, llavors la barrera d'energia a superar per fluctuacions locals serà molt elevat, i el líquid romandrà en un estat metaestable. Només quan el sotarefredament és molt important es podran formar nuclis estables. Si utilitzem una llavor cristal·lina com germe per la nucleació, reduïm la barrera efectiva de nucleació (nucleació heterogènea) i podem generar un transport de massa de la fase líquida cap a la sòlida. (vegeu referència 4).

Descripció de l'equipament

Forn: Es tracta d'un forn de resistència (Kanthal) aïllat tèrmicament amb una manta d'alúmina.

Motors: Hi ha dos motors que permeten la rotació de la llavor i l'extracció del cristall.

Balança: Mitjançant una balança de precisió que mesura la quantitat de matèria que hi ha al líquid s'evalua el creixement del cristall. Aquest aparell serveix per controlar el moment del contacte de la llavor amb el líquid. Si la temperatura d'aquest es massa elevada la llavor fondrà i la massa augmentarà. Al contrari, si la temperatura és adequada la massa del líquid disminuirà quan es produeixi el contacte llavor-líquid.

Controlador de potència: Controla la potència subministrada al forn per arribar a la temperatura prefixada..

Real·lització Experimental:

Normalment quan arribem al laboratori la mostra ja serà fosa dins del gresol (això triga uns 90 min).

Heu de muntar la llavor a una vareta d'alúmina, i disminuir la temperatura del líquid per sota de la temperatura de fusió (uns 10-15°C). Quan la temperatura sigui estable s'ha de baixar a mà la llavor fins que faci contacte amb el líquid (el control d'aquesta operació es fa amb la balança). Si la temperatura és adient la balança haurà de marcar un valor negatiu i romandre estable. Després es pot activar el motor i començar a créixer. El sotarefredament del líquid ha de ser òptim, per evitar que la llavor fongui o que es solidifiqui de cop tot el líquid si el sotarefredament és massa elevat.!!

- Calcular la velocitat de creixement del monocristall a partir de la variació de massa i del quocient entre el radi del monocristall i el del gresol.
- Estudiar la perfecció cristal·lina del monocristall mitjançant difracció de raigs X.

Bibliografia Recomanada

[1] J.Czochralski Z.Physik. Chem. **92** (1917) 219.

[2] G.K.Teal and J.B.Little, Physical Review **78** (1950) 647.

[3] Kurz and Fisher. *Fundamentals of solidification* Trans Tech Publications 1986.

[4] Mutaftschiev, in: *Handbook of Crystal Growth*. Vol.1 Ch. 4. Nucleation theory, ed. D.T.J.Hurle, North-Holland, 1993.

[5] Hurle and Cockayne, in: *Handbook of Crystal Growth*. Vol.2 Ch. 3. Czochralski growth, ed. D.T.J.Hurle,.

H. Espectrometria Alfa amb detectors de barrera de superfície

Objectius: i) Calibració en energia i eficiència de detecció utilitzant fonts patró.
ii) Determinar l'energia i activitat d'una mostra problema.

Introducció: Els detectors de semiconductors han sigut àmpliament utilitzats en el camp de la Física Nuclear des de fa uns vint anys. En la actualitat l'aplicació dels detectors de barrera de superfície es centra de manera quasi exclusiva en la detecció de partícules carregades.

Quan la radiació o partícules carregades interaccionen amb un detector semiconductor és creant parells electró-forat que poden ser enregistrats si el cristall està adientment polaritzat. La eficiència de detecció d'aquest detectors semiconductors és propera al 100, i hi tenen una relació lineal entre l'energia i l'amplitud dels pols en un gran interval d'energies. Hi ha tres paràmetres fonamentals que defineixen aquesta mena de detectors de silici: la resolució en energia, l'àrea activa i la profunditat de la zona sensible. Al nostre detector (resistivitat $8 \text{ k}\Omega\cdot\text{cm}$), amb una tensió de polarització de -90 V , la profunditat de la zona és de $100 \mu\text{m}$. Aquest valor és superior al recorregut de les partícules alfa en el silici. La resolució en energia és de uns 30 keV .

Descripció de l'equipament

Detector de barrera de superfície: S'utilitza un semiconductor de silici tipus p amb un àrea activa de 450 mm^2 i un espessor de $100 \mu\text{m}$. El detector es polaritza amb una font altament estable de 90 V . El detector és dintre d'una cambra de vuit.

Preamplificador/Amplificador: És tracta d'un Canberra 7404-01, sensible a la càrrega.

Analitzador monocanal: Canberra 2030. Genera un pols lògic quan el pols d'entrada es troba dins el límit definit pel nivell de referència (lower level) i la finestra (ΔE).

Contador de pulsos, Font patró d'Americi-Plutoni-Curi. Mostra problema.

Realització Experimental:

S'ha de realitzar una calibració prèvia dels aparells: Col·locar la font d'americi-plutoni-curi dins la cambra de vuit a 4 cm del detector, tancar la cambra de vuit i fer vuit fins a $3 \times 10^{-2} \text{ mbar}$. S'ha de definir un temps de comptatge de 30 s i polaritzar el diode amb una tensió negativa de 90 V . A continuació s'ha de definir la finestra d'energies del SCA (ΔE) a 0.05 eV i situar el potenciòmetre (Lower Level) en una posició adient per obtenir un comptatge superior al nivell de fons ($\approx 4.5 \text{ V}$). Es fa l'adquisició de dades per aquesta finestra fins arribar a un valor proper al del nivell de fons, és desconnecta el vuit i es retira la mostra (consultar amb el professor).

Amb l'ORIGIN es pot representar l'espectre obtingut i determinar les àrees corresponents i les amplades a mitja alçada. Amb aquestes dades i conegudes les activitats dels tres radionúclids, fer la calibració en energies i obtenir el valor mig de resolució en energia i eficiència de detecció del sistema emprat.

Mostra problema: Situar la mostra problema dins la cambra de vuit i seguir el procediment descrit anteriorment, tenint en compte que la posició del *Lower Level* del SCA no ha de ser la mateixa que abans. Determinar l'activitat de la mostra utilitzant les dades obtingudes prèviament amb la mostra patró e identifiqueu el radionúclid consultant les taules subministrades.

Dades font patró:

Am-241/Cm-244/Pu-239: Activitat nominal: $3,04 \times 10^5 \text{ dpm}$ (18/2/96)
(1.000/ 0.968 / 1.063)

$E_m(\text{Am-241})=5480 \text{ keV}$; $T:4,33 \text{ a}$. $E_m(\text{Cm-244})=5795 \text{ keV}$; $T:17,8 \text{ a}$. $E_m(\text{Pu-239})=5142 \text{ keV}$; $T:24100 \text{ a}$.

Bibliografia Recomanada:

- Glenn F. Knoll, *Radiation Detection and Measurement*, Ed. John Wiley & Sons
- *Experiments in Nuclear Science*. Laboratory Manual. EG&ORTEC c.34530989.

I. Radiació X

Objectius: Es tracta de familiaritzar-se amb les diverses propietats de la radiació X de l'espectre electromagnètic, utilitzant aquest per fer mesures en diferents sistemes.....

Descripció experimental:

L'equip compren un tub de raigs X de coure, un goniòmetre i un contador Geiger proporcional. El contador és alimentat per una font d'alimentació de 500 V i l'adquisició de dades es fa mitjançant una tarja de conversió analògica digital connectada a un ordinador.

Realització Pràctica:

És important fer una sèrie de consideracions abans d'utilitzar aquest aparell:

Primer, s'ha de manipular l'aparell amb molta precaució. Una exposició directa a radiació X, pot causar problemes greus de salut. Per això, l'equip està equipat amb finestres de materials molt absorbents per evitar la transmissió de la radiació a l'exterior quan el recinte està tancat. Hi ha uns mecanismes de seguretat que tallen la font d'alt voltatge que genera els raigs X, quan alguna porta és oberta. Malgrat això, **s'ha d'evitar obrir la porta amb la font d'alta tensió connectada.**

Segon, Durant la realització de les experiències cal evitar en tot moment que els raigs X incideixen directament (angle 0° o proper) al contador Geiger si aquest està alimentat. Això pot danyar el detector. Hem d'iniciar totes les mesures a angles propers de 5° i llavors connectar l'alimentació de 500 V del contador.

L'enregistrament es fa mitjançant una tarja ADC connectada a l'ordinador. La visualització de l'enregistrament es fa en mode DOS i al final les dades queden enregistrades en un fitxer (especificat per l'usuari al començament) per al seu posterior tractament amb qualsevol programa de gràfics.

S'estudiaran diferents fenòmens:

- *Anàlisi de la radiació X d'un ànode de coure: radiació característica del coure:* Aquest apartat es basa en la difracció dels raigs X pels àtoms d'un cristall. Utilitzem un ànode de coure i un monocristall de Li per observar la radiació emesa a diferents voltatges. És pot utilitzar el cristall de KBr per observar ordres de difracció superiors.
- *Monocromatització dels raigs X.* Afegir els filtres adients per enregistrar un espectre amb radiació monocromàtica, eliminant la contribució de K_{β} .
- *Llei de Duane i Hunt. Determinació de la constant de Planck:* Fent servir el col·limador de 2 mm, enregistrar espectres per diferents valors del voltatge d'alimentació del tub de raigs X. Utilitzar l'expressió $\lambda_{min} = \frac{hc}{eU}$, per determinar la constant de Planck.
- *Difracció de raigs X: Mètodes de Laue i Debye-Scherrer.*
- Dependència de la atenuació de radiació monocromàtica en l'espessor i tipus de material.
- *Efecte Compton:* Es tracta de comprovar la variació de la longitud d'ona quan la radiació experimenta un scattering de 90°. Per fer aquesta part hi ha un muntatge especial (Consultar amb el professor)

Bibliografia recomanada:

- H.P.Klug, L.E.Alexander, *X-ray Diffraction Procedures*. Ed. John Wiley & Sons
- B.D.Cullity, *Elements of X-ray Diffraction*, Ed. Addison-Wesley