

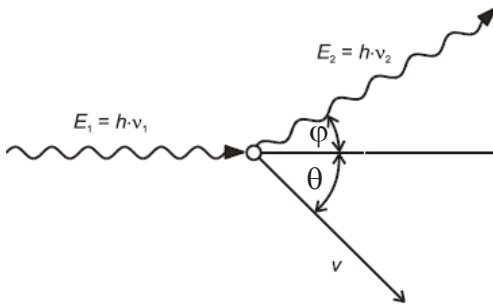
## Studiul efectului Compton

### Obiectivele lucrării

- măsurarea experimentală a lungimii de undă a radiației X împrăștiate (difuzate) la diferite unghiuri în urma ciocnirii cu electroni cvasi-liberi

### I. Teoria lucrării

Efectul Compton constă în împrăștiere elastică a fotonilor pe electroni liberi sau slab legați. În experimentul original, un fascicul îngust de raze X cade pe un bloc de grafit ce împrăștie radiația incidentă în toate direcțiile. Pentru diferite unghiuri de împrăștiere, Compton constată că, pe lângă radiațiile cu lungimea de undă egală cu a radiațiilor incidente, mai există și o altă radiație cu o lungime de undă mai mare.



**Figura 1.** Reprezentare schematică a împrăștierii Compton.

Efectul Compton nu se poate explica cu ajutorul teoriei ondulatorii. Conform acesteia, radiația electromagnetică împrăștiată ar avea aceeași lungime de undă cu cea incidentă.

Compton explică fenomenul pe baza interacției fotonului (lumina văzută ca o particulă) incident cu electronii materialului împrăștiator. Notând cu  $v_1$  frecvența fasciculului incident și cu  $v_2$  frecvența fasciculului împrăștiat sub un unghi  $\varphi$ , scriem legea conservării energiei:

$$h v_1 + m_0 c^2 = h v_2 + m c^2 \quad (1)$$

Ținând seama de **Figura 1** putem scrie conservarea impulsului:

$$\vec{p}_1 = \vec{p}_2 + m \vec{v} \quad (2)$$

unde  $p_1$  și  $p_2$  reprezintă impulsurile fotonului înainte și după ciocnire, fotonul fiind împrăștiat sub unghiul  $\varphi$ ;  $m v$  reprezintă impulsul electronului după interacțiune. Din aceste ecuații se deduce:

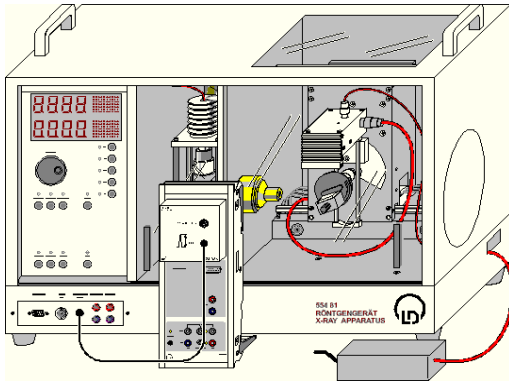
$$\Delta \lambda = \lambda_2 - \lambda_1 = 2 \frac{h}{m_e c} \sin^2 \varphi \quad (3)$$

Unde  $\Lambda = \frac{h}{m_e c}$  se numește **lungimea de undă Compton**.

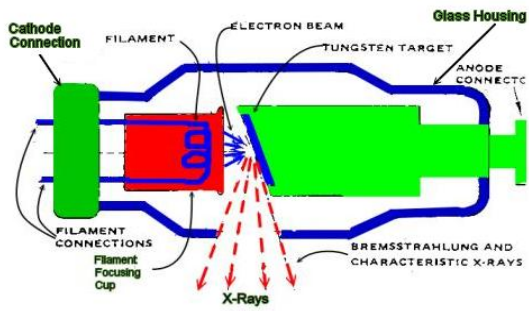
În cadrul lucrării se va măsura valoarea  $\lambda_2 = \lambda_1 + 2 \frac{h}{m_e c} \sin^2 \varphi$  la diferite unghiuri de împrăștiere și se verifică modul în care datele experimentale sunt în concordanță cu legea Compton.

## Montajul experimental

Montajul experimental este format din: generator de raze X cu anod de Mo, goniometru și detector multicanal (Figura 2).



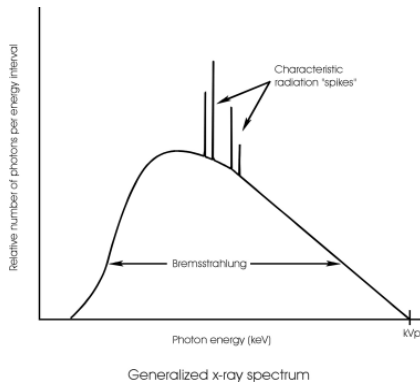
**Figura 2.** Schemă a montajului experimental.



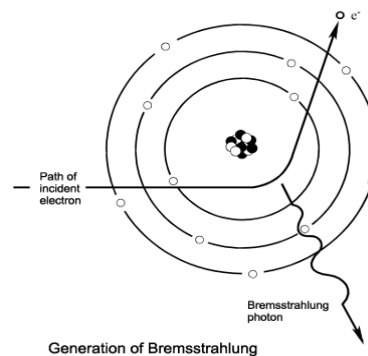
**Figura 3.** Schemă a generatorului de raze X.

## Principiul producerii razelor X

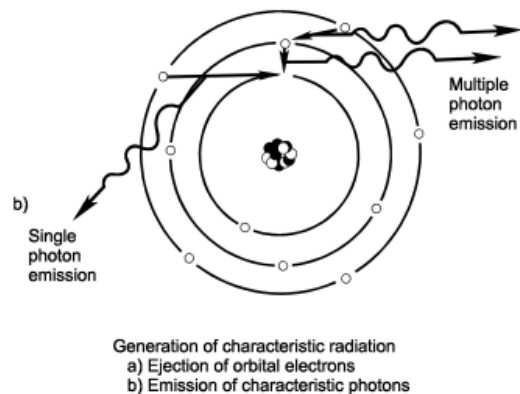
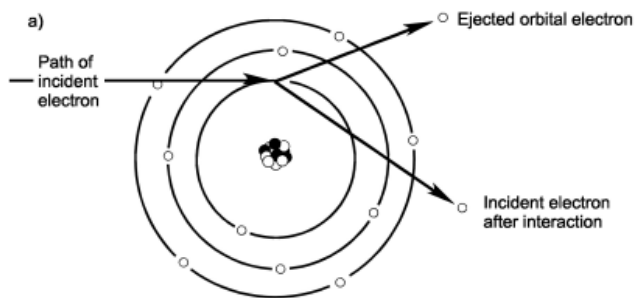
Electronii emiși de un termocatod sunt accelerați la 35 kV (Figura 3). În urma ciocnirii cu anodul din molibden, se emite un spectru continuu de radiație X în urma frânării electronilor (Bremsstrahlung), precum și radiația X caracteristică anodului de molibden, în principal linia  $K_{\alpha}$  cu energia 17.48 keV (Figurile 4-6).



**Figura 4.** Spectrul de radiație X emis: componenta continuă și linii caracteristice ale anodului.



**Figura 5.** Radiația de frânare (Bremsstrahlung).



**Figura 6.** Radiația X caracteristică.


Dacă pe un atom cu numărul atomic  $Z$ , cade un foton cu energie  $\geq E_K$ , unde  $E_K$  este energia de legătură a unui electron din pătura K a atomului, unul dintre cei doi electroni ai acestei pături poate primi o energie suficient de mare ca să părăsească pătura respectivă și să ajungă pe o stare superioară, ori să părăsească atomul. Golul pozitiv astfel apărut în pătura K este ocupat de un electron din pătura L sau M, tranziția respectivă executându-se cu respectarea regulilor de selecție. Rezultatul tranzițiilor este mutarea golului din pătura K în pătura L, M, N și apariția radiațiilor X caracteristice de fluorescență sub forma de linii de energie  $h\nu_{K\alpha}=E_K-E_L$ ,  $h\nu_{K\beta}=E_K-E_M$  sau  $h\nu_{K\gamma}=E_K-E_N$ .


Totalitatea razelor X apărute în urma trecerii golului din pătura K în păturile superioare formează seria K de linii de raze X. Astfel, liniile care se obțin în urma tranzițiilor a căror stare finală este nivelul K ( $n=1$ ), formează seria K, cele ale căror stare finală este nivelul L ( $n=2$ ) formează seria L, la fel avem seria M, seria N, etc. Tranziția cea mai probabilă este cea dintre pătura L și K, astfel încât aceasta este cea mai intensă. Nu toate tranzițiile posibile de pe păturile superioare pentru ocuparea golului pozitiv sunt permise. Sunt permise doar acele tranziții care respectă regulile de selecție pentru radiația de dipol electric.

## II. Desfășurarea experimentului


### 1. Calibrarea detectorului

Modul de afișare al energiei radiațiilor X de către detector este intensitate în funcție de canal. Pentru a trece pe axa OX la energii, calibrăm cu o energie cunoscută și anume liniile  $L_\alpha$  și  $L_\beta$  ale plumbului 10.56 respectiv 12.6 KeV.

- Se așează pe suport **plăcuța de plumb**.
- Apăsăm butonul **TARGET** și folosind butonul **ADJUST** ajustăm manual unghiul suportului de probă la **45°**.
- Apăsăm butonul **SENSOR** și folosind butonul **ADJUST** ajustăm manual unghiul unghiul senzorului la **90°**.
- Selectăm tensiunea tubului de Mo la **U=35 kV** și curentul de emisie la **I=1.0 mA**, și pornim tensiunea înaltă prin apăsarea butonului **HV (ON)** a aparatului.
- Pornim înregistrarea spectrului prin apăsarea tastei **F9** sau a butonului .
- Oprim tensiunea înaltă prin apăsarea butonului **HV (OF)** a aparatului.
- Selectăm din meniu (clic dreapta) **“Other Evaluations”** → **“Calculate Peak Center”** din meniul pop-up a ferestrei diagram, marcăm regiunea peak-urilor și reținem numărul canalului la care se află maximul peak-ului.
- Deschidem fereastra **“Energy Calibration”** cu Alt+E, selectăm **“Global Energy Calibration”**, și introducem numărul de canal (**n**) și cele două valori ale energiei corespunzătoare liniilor  $L_\alpha$  și  $L_\beta$  ale plumbului, **10.56** respectiv **12.6 KeV**.

- Se deschide fereastra cu setări prin apăsarea butonului . Se alege meniul "Display" și se elimina spectrul  $N_1$  prin selectarea "Of" din listă.

## 2. Înregistrarea energiei radiației X la diferite unghiuri de împrăștiere

- Așezăm **cristalul de plexiglas** pe suportul de probă.
- Folosim ajustările unghiul de emisie la **20°** și unghiul senzorului la **30°**.
- Pornim tensiunea înaltă **HV** (ON).
- Pornim înregistrarea spectrului prin apăsarea tastei F9 sau a butonului . Observăm în colțul din dreapta sus al ferestrei pornirea cronometrului.
- După scurgerea celor 300 s, oprim tensiunea înaltă prin apăsarea butonului **HV (OF)** a aparatului.
- Selectăm din meniu (clic dreapta) "**Other Evaluations**" → "**Calculate Peak Center**" din meniul pop-up a ferestrei diagram, marcăm regiunea peak-urilor și **reținem** valoarea energia corespunzătoare peak-ului.
- În continuare înregistrăm următoarele spectre cu unghiul de iradiere (TARGET) 20°, variind unghiurile de detecție (SENSOR) la valorile **60°, 90°, 120° și 145°**.

## III. Evaluarea rezultatelor

### 1. Determinarea energiei ca o funcție a unghiului de împrăștiere:

Deschidem fereastra "**Evaluare**" și introducem valorile unghiurilor ( $\theta$ ) (**30°, 60°, 90°, 120° și 145°**) și valorile energiilor obținute pentru fiecare dintre aceste unghiuri.

Se obțin astfel punctele care definesc spectrul experimental

### 2. Compararea energiilor măsurate cu cele calculate din conservarea energiei și a momentului:

- Deschidem fereastra "**Free Fit**" cu Alt+F.
- Introducem  $f(x,A,B,C,D) = 17.44/(1+17.44*(1-\cos(x))/A)$ , valoarea inițială  $A=511$  (constant).
- Click pe "**Continue with marking a range**", și marcăm punctele pe diagramă.

Curba rezultată este o **curbă teoretică** în acord cu teoria Compton cu parametrii  $E_1 = 17.44$  keV și  $mc^2 = 511$  keV,

### Modul de evaluare

La final se predă un referat ce cuprinde descrierea experimentului, la care se atașează un PrintScreen cu evaluarea rezultatelor.

**Bibliografie:** [1] [http://www.ld-didactic.de/literatur/hb/e/p6/p6372\\_e.pdf](http://www.ld-didactic.de/literatur/hb/e/p6/p6372_e.pdf)