

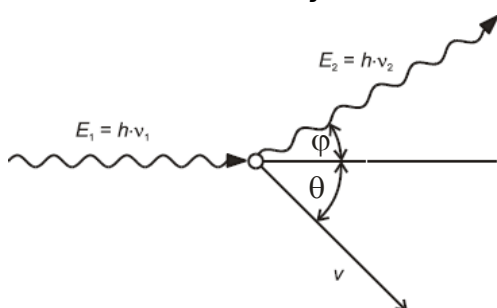
# Studiul efectului Compton

## Obiectivele lucrării

- evidențierea caracterului corpuscular al luminii
- măsurarea experimentală a lungimii de undă a radiației X împrăștiate (difuzate) la diferite unghiuri în urma ciocnirii cu electroni cvasi-liberi
- determinarea lungimii de undă Compton

## 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 împrășteie 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 împrăștierei 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 unghi  $\varphi$ , scriem legea conservării energiei:

$$h\nu_1 + m_0c^2 = h\nu_2 + mc^2 \quad (1)$$

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  $\varphi$ ;  $mv$  reprezintă impulsul electronului după interacțiune. Din aceste ecuații se deduce:

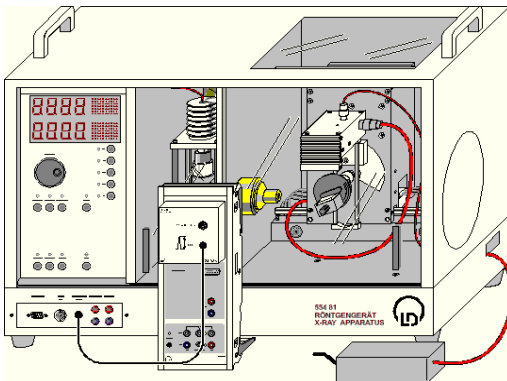
$$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 = 2\frac{h}{m_e c} \sin^2 \varphi \quad (3)$$

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

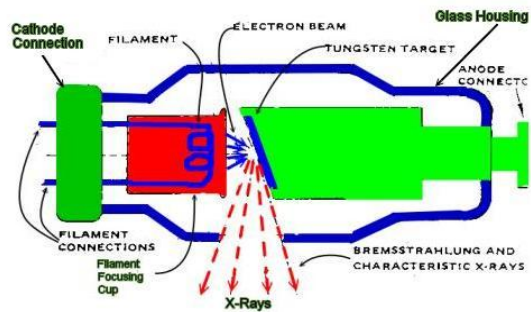
În cadrul lucrării se va măsura valoarea  $\lambda_2 = \lambda_1 + 2\frac{h}{m_e c} \sin^2 \varphi$  la diferite unghiuri de împrăștiere și se verifică modul în care datele experimentale sunt în concordanță cu legea Compton.

## Montajul experimental

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



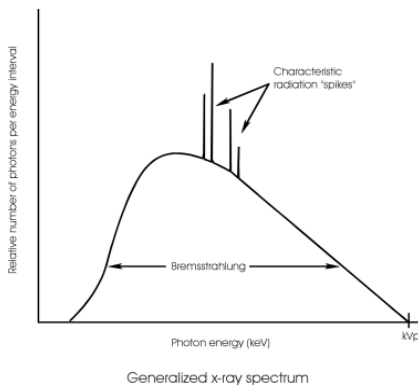
**Figura 2.** Schemă a montajului experimental.



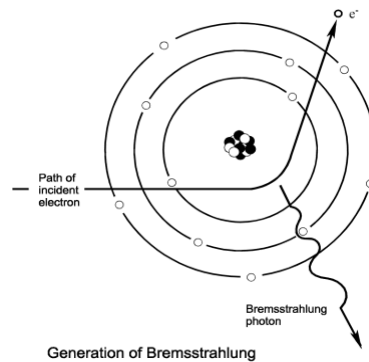
**Figura 3.** Schemă a generatorului de raze X.

## Principiul producerii razelor X

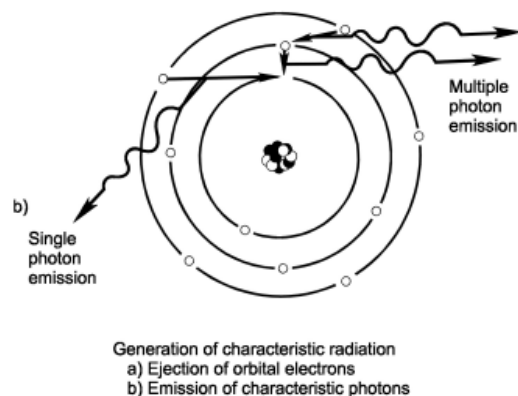
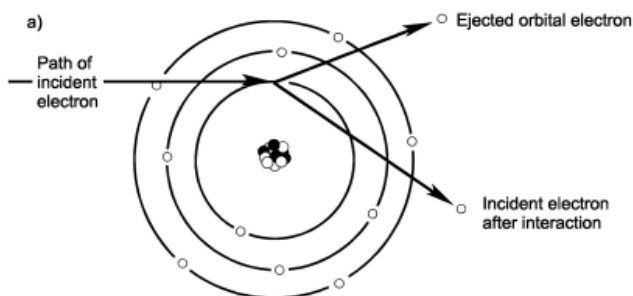
Electronii emiși de un termocatod sunt accelerați la 35 kV (Figura 3). În urma ciocnirii cu anodul din molibden, se emite un spectru continuu de radiație X în urma frânării electronilor (Bremsstrahlung), precum și radiația X caracteristică anodului de molibden, în principal linia  $K_{\alpha}$  cu energia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



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



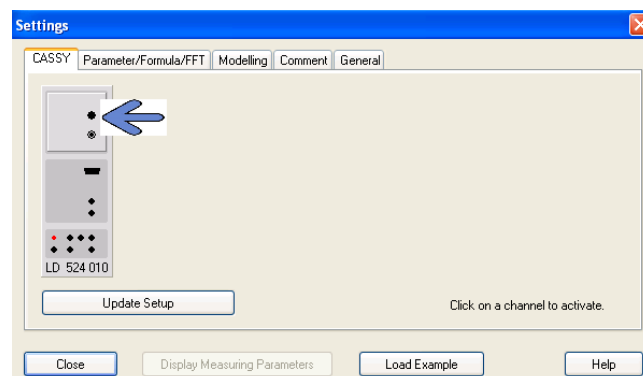
**Figura 5.** Radiația de frânare (Bremsstrahlung).



**Figura 6.** Radiația X caracteristică.

## II. Desfășurarea experimentului

- Conectăm aparatul la circuit.
- Pornim programul **CASSY Lab**, și deschidem fereastra pentru setarea detectorului printr-un click (vezi săgeata albastră din **Figura 7**).
- selectăm următorii parametri: "Multichannel Measurement, 512 Channels, Gain 3, Negative Pulses, Measuring Time 300 s.




**Figura 7.** Meniul *Cassy Lab*.


Partea experimentală constă din două etape: calibrarea detectorului și experimentul propriu zis (Înregistrarea energiei radiației X la diferite unghiuri de împrăștiere)

### 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 sensorului 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 (ON)** 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**.

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

- Așezăm **crystalul de plexiglas** pe suportul de probă.
- Folosim ajustările unghiul de emisie la **20°** și unghiul sensorului la **30°**.
- Pornim tensiunea înaltă **HV (ON)**.
- Pornim înregistrarea spectrului prin apăsarea tastei **F9** sau a butonului .

- În continuare înregistrăm următoarele spectre cu unghiuri constante de emisie ( $20^\circ$ ) dar variind unghiurile senzorului între  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $120^\circ$  și  $145^\circ$ .

**Atenție:** se reține spectrul corespunzător fiecărei valori ( $30^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $120^\circ$  și  $145^\circ$ ) a unghiului senzorului.

### III. Evaluarea rezultatelor

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

- Alegem meniul **Display** și creăm un nou display "temp" cu energia E pe axa x și pe axa y cu spectrul  $N_x$  pentru spectrul corespunzător unghiului de  $30^\circ$ .
- "**Other Evaluations**" → "**Calculate Peak Center**" în pop-up din fereastra de diagram, și marcăm regiunea dorită.
- Introducem valorile obținute în fereastra "**Evaluare**".
- Continuăm în mod analog pentru spectrele înregistrate la  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $120^\circ$  și  $145^\circ$ .

#### 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. Se discută eventualele neconcordanțe dintre valorile teoretice și cele experimentale.

**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)