

## Positron Annihilatie

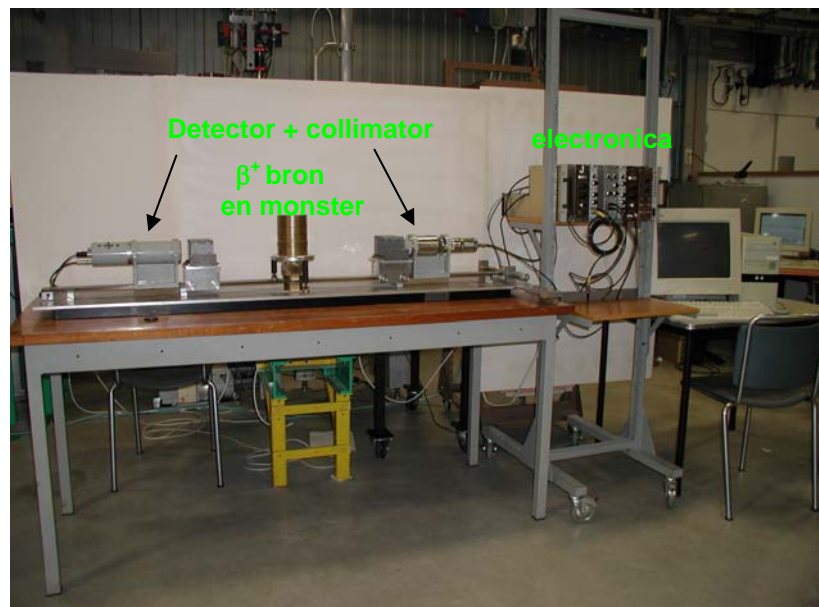
In dit experiment ga je aan de hand van de te meten hoekcorrelatie tussen 511 keV annihilatie fotonen de Fermi-energie  $\varepsilon_F$  van aluminium bepalen.

Een positron ( $\beta^+$ ,  $e^+$ ) is het anti-deeltjes van een elektron en wanneer deze twee deeltjes elkaar ontmoeten vindt de zogenaamde annihilatiereactie plaats waarbij de massa van de twee deeltjes wordt omgezet in (annihilatie)straling. Wanneer we aannemen dat op het moment van annihilatie de impuls van het positron-elektron paar nul is en hun spins anti-parallel gericht zijn dan volgt uit de behoudswetten van energie en impuls dat a) er twee fotonen worden uitgezonden, b) de hoek tussen de fotonen gelijk is aan  $180^\circ$  en c) elk foton een energie heeft gelijk  $m_0 c^2 \approx 511 \text{ keV}$ , met  $m_0$  de rustmassa van het elektron (of positron) en  $c$  de lichtsnelheid. In de praktijk zal het systeem een zekere impuls  $p$  bezitten. De consequentie hiervan is dat in geval van twee-foton emissie de gemeten energie van en de hoek tussen de twee fotonen zullen afwijken met  $\Delta E = \frac{1}{2} cp_{\parallel}$  en  $\Delta\theta = p_{\perp} / m_0 c$ . Hierbij zijn  $p_{\parallel}$  en  $p_{\perp}$  de componenten van de impuls respectievelijk parallel en loodrecht op de richting van de uitgezonden fotonen. In het eerste geval spreken we van "doppler verbreding" (Doppler Broadening of Annihilation Radiation, DBAR) en in het tweede geval van hoekcorrelatie (Angular Correlation of Annihilation Radiation, ACAR). De kans op annihilatie neemt toe naarmate de relatieve snelheid van de elektronen afneemt. In deze proef gaan we er vanuit dat de positronen (afkomstig van het isotoop  $^{22}\text{Na}$ ) na afremming in het aluminium meetmonster tot stilstand zijn gekomen alvorens zij annihileren met één van de elektronen. Zo'n een elektron kan een (vrij) geleidingselektron zijn of een elektron gebonden aan één van de aluminium kernen. Van de geleidingselektronen zijn die aan de top van de geleidingsband echt vrij en hebben daarom de grootste kans op annihilatie. Deze elektronen hebben ongeveer de energie en impuls die behoort bij het zogenaamde Fermi-nivo. Door bepaling van de maximale hoekafwijking en toepassen van Fermi-Dirac statistiek voor een elektrongas (een goede benadering voor een licht metaal als Al) kan aldus de bijbehorende maximale impuls  $p_F$  en daaruit  $\varepsilon_F$  berekend worden.

De foto toont de opstelling die in het experiment gebruikt wordt.

Links en rechts op de tafel zie je twee NaI scintillatie detectoren waarvan er één, aangestuurd door een stappenmotor, langs een cirkel kan bewegen over een klein hoekbereik rond  $180^\circ$ . In het draipunt bevindt zich de (door lood afgeschermd) positronenbron welke geklemd is tussen twee aluminium meetmonsters. Voor de detectoren bevinden zich collimatoren waarvan de spleetbreedte instelbaar is. De signalen van de detectoren worden na versterking en energieselectie (alleen annihilatiestraling!) gecontroleerd op tijds-coincidentie (twee fotonen dienen te horen bij één en de dezelfde annihilatiegebeurtenis!). Indien aan deze voorwaarden is voldaan wordt de gebeurtenis geregistreerd in het geheugen van meerkanaals analysator. De te meten hoekcorrelatie curve wordt vervolgens verkregen door het aantal gebeurtenissen per tijdseenheid uit te zetten tegen de hoek tussen de detectoren.

Het praktische deel van dit experiment omvat het afregelen van de detectoren, het meten gamma- energiespectra en aan de hand hiervan het instellen van energie- en coincidentie "vensters", het calibreren van de hoekverdraaiing van de



detectoren, het vanuit de PC aansturen van de stappenmotor en spectrum accumulatie. Voor de analyse van de hoekcorrelatie-curve worden convolutie methodes toegepast.

Daar in deze proef met een radioactieve bron wordt gewerkt moet de stof behandeld in : "Practical radiation protection for RP" bestudeerd worden (te vinden op BB) Aan de hand hiervan dient een Stralings Risico Analyse opgesteld te worden (maakt deel uit van het verslag) die met de begeleider wordt besproken voordat met de praktische opdrachten kan worden begonnen.

Te raadplegen literatuur:

Physics for scientists and engineers with modern physics Giancoli, Douglas C. 3rd ed.  
Upper Saddle River : Prentice-Hall, 2000, ISBN 0-13-021517-1

Radiation detection and measurement Knoll, Glenn F. 3rd ed.  
New York : Wiley, 2000, ISBN 0-471-07338-5

***NB***

*Het experiment wordt uitgevoerd binnen de afdeling RST, sectie NPM2, locatie Reactor Instituut Delft, Mekelweg 15. Toegang is alleen mogelijk met een geldig identiteitsbewijs (collegekaart, rijbewijs, paspoort).*

*HS 31/08/06*