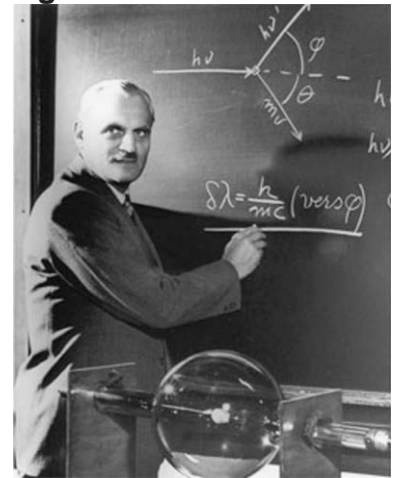


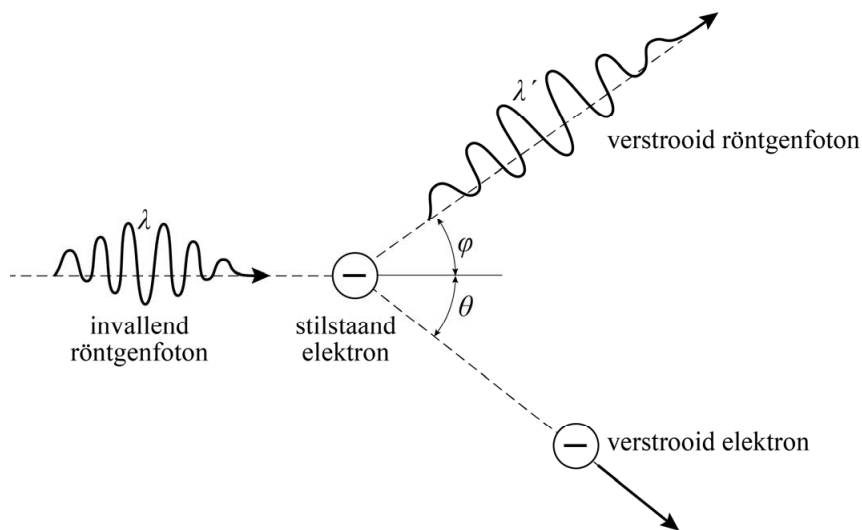
Compton

In 1905 introduceerde Albert Einstein het fotonmodel voor straling, waarvoor hij pas in 1926 de Nobelprijs kreeg. Het duurde namelijk tot 1923 voordat dit model algemeen geaccepteerd werd. Het was Arthur Compton (zie figuur 1) die toen het fotonmodel toepaste in de verklaring voor de verstrooiing van röntgenstraling door de elektronen in grafiet. In 1927 ontving Compton hiervoor de Nobelprijs.

figuur 1



figuur 2



In figuur 2 staat het zogenaamde comptoneffect schematisch weergegeven. Een invallend röntgenfoton botst hierbij op een stilstaand vrij elektron. Het röntgenfoton wordt verstrooid en het elektron krijgt een snelheid v . Het invallende röntgenfoton heeft een golflengte λ en het verstrooide foton een golflengte λ' .

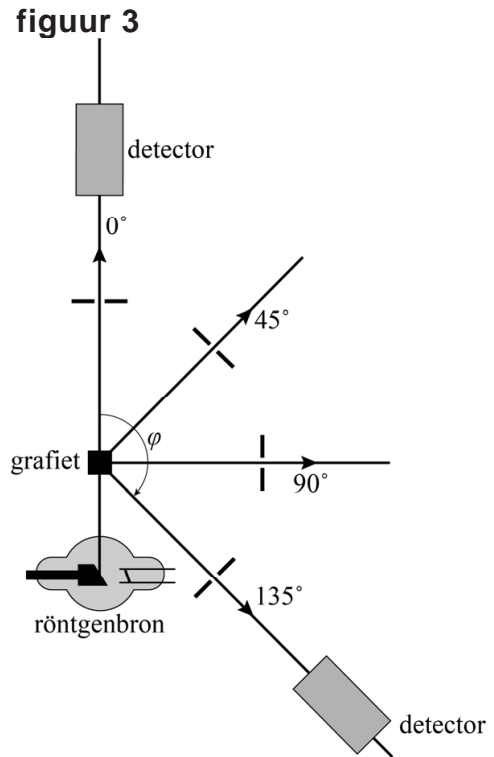
Omdat een foton als een deeltje beschouwd wordt heeft het ook een

impuls. Hiervoor geldt $p = \frac{h}{\lambda}$

4p 18 Voer de volgende opdrachten uit:

- Leg uit dat de golflengte λ' groter is dan de golflengte λ .
- Leg uit dat de impuls van het verstrooide foton kleiner is dan die van het invallende foton.

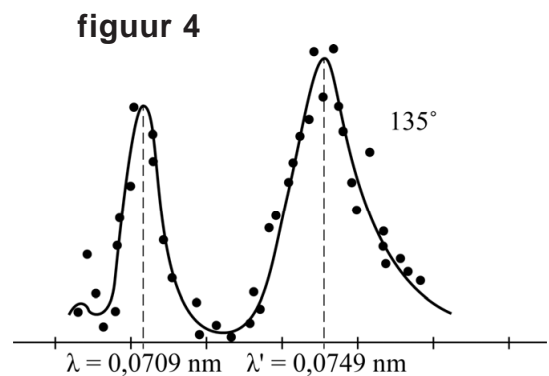
Voor het meten van de verstrooiing van röntgenstraling gebruikte Compton de opstelling zoals weergegeven in figuur 3. In deze opstelling wordt röntgenstraling op een blokje grafiet geschoten. De intensiteit van de verstrooide straling wordt door een detector gemeten als functie van de golflengte. De detector kan om het grafiet gedraaid worden waarbij de hoek φ varieert van 0° tot 135° .



In figuur 4 staan de meetresultaten van Compton weergegeven voor een hoek φ van 135° . Er zijn duidelijk twee pieken te zien, bij golflengtes λ en λ' .

Om dit resultaat te verklaren nam Compton aan dat er twee mogelijkheden zijn:

- 1 De fotonen kunnen verstrooien aan elektronen die gebonden zijn aan de grafietatomen. Hierbij verandert de golflengte van de fotonen niet.
- 2 De fotonen kunnen verstrooien aan de vrije elektronen in het grafiet. Hierbij verandert de golflengte van de fotonen wel.



Op basis van deze aannames en Einsteins fotonmodel leidde Compton af dat er een relatie bestaat tussen de verstrooiingshoek φ en het gemeten verschil in golflengte tussen λ en λ' . Deze relatie wordt beschreven met de formule van Compton:

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos\varphi)$$

Hierin is:

- $\Delta\lambda$ het verschil in golflengte
- φ de verstrooiingshoek
- h de constante van Planck
- m de massa van een elektron
- c de lichtsnelheid

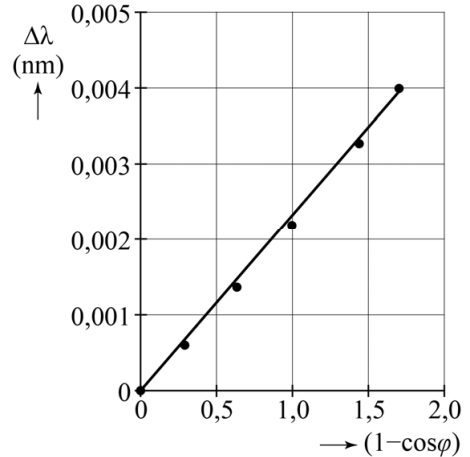
- Als de hoek φ kleiner wordt gemaakt dan 135° zal de afstand tussen de pieken in figuur 4 veranderen.
- 3p **19** Leg voor elk van beide pieken uit of deze naar links zal verschuiven, naar rechts zal verschuiven of op dezelfde plaats zal blijven.

De meetresultaten van Compton zijn weergegeven in figuur 5. Passend bij de meetpunten is een rechte lijn door de oorsprong getrokken.

De factor $\frac{h}{mc}$ uit de formule van Compton wordt ook wel de comptongolfengte voor een elektron genoemd.

- 3p **20** Toon aan dat de comptongolfengte de eenheid m heeft.

figuur 5



Figuur 5 stemt overeen met de formule van Compton.

- 4p **21** Voer de volgende opdrachten uit:
- Leg uit dat volgens de formule van Compton de lijn door de meetpunten een rechte lijn door de oorsprong moet zijn.
 - Bepaal de comptongolfengte uit figuur 5. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.
 - Toon aan dat deze waarde binnen een marge van 5% overeenkomt met de theoretische waarde van de factor $\frac{h}{mc}$.