

Tsjerenkov

N.G. Schultheiss

1 Inleiding

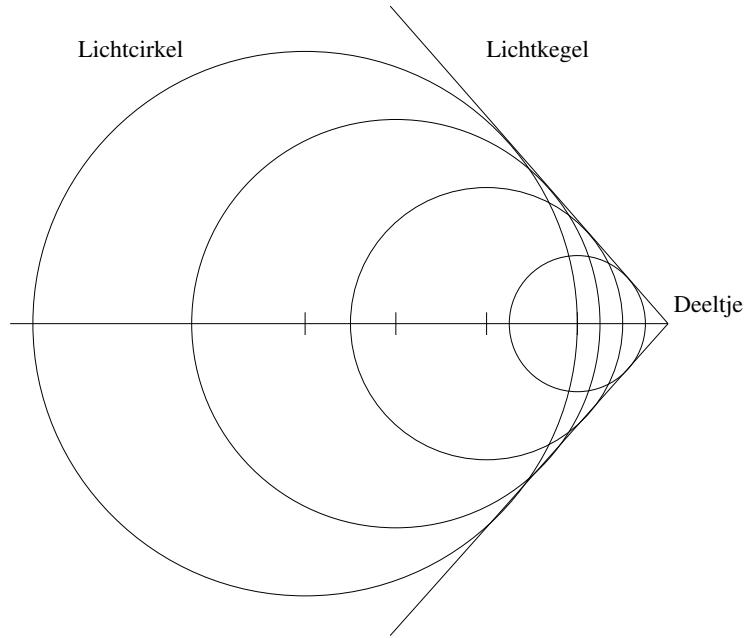
Deze module volgt op de module “Compton” en behandelt de Tsjerenkov-verstrooing. Er is sprake van Tsjerenkov-verstrooing als een deeltje door een stof beweegt met een snelheid die groter is dan de lichtsnelheid in de stof. De snelheid van het licht in een stof is te berekenen met het Debye-Einstein model. Omdat we kijken naar ionen met een tegengestelde lading zullen ze tegen elkaar in bewegen door het elektromagnetisch veld. Volgens de Debye-Einstein is er overigens ook een acoustische golf mogelijk. De ionen bewegen nu min of meer synchroon. Met deze acoustische golven is de soortelijke warmte van stoffen voor een deel te verklaren. Bij geleidende stoffen zit een deel van de soortelijke warmte in het elektronen gas. De soortelijke warmte van stoffen valt echter buiten dit betoog.

2 Tsjerenkov

Pavel Aleksejevitsj Tsjerenkov onderzocht de straling die bijvoorbeeld in het reactorvat van een kerncentrale plaatsvindt. Dit vat is meestal gevuld met water. Water werkt in dit geval zowel als koelmiddel als als moderator¹.

Zoals we hebben gezien bij de Geigerteller kunnen deeltjes electronen in een medium wegbotsen. De electronen springen dan als het ware naar een hogere aangeslagen energietoestand. Bij Tsjerenkovstraling vallen deze electronen praktisch direct terug en zenden de energie als foton uit. Als dit in water gebeurt, zal de snelheid van het foton niet de lichtsnelheid zijn maar $c_{medium} = \frac{c}{N_{medium}}$. Het deeltje kan echter wel een hogere snelheid dan c_{medium} hebben. We nemen nu een deeltje waar dat sneller gaat dan de lichtsnelheid in het medium. Net als bij een supersoon vliegtuig zendt het deeltje een kegel licht (in plaats van geluid) uit. Omdat het deeltje door het botsen met de elektronen ook een verstrooiing krijgt, is deze kegel overigens niet scherp begrensd. Dit verschijnsel wordt Tsjerenkov-straling genoemd. Lichte deeltjes zoals electronen hebben een grotere verstrooiing dan zwaardere deeltjes. Als het licht van de kegel wordt gedetecteerd zal eer voor zware deeltjes een korte puls worden wargenomen. Omdat de kegel bij lichtere deeltjes heen en weer beweegt, wordt de gemeten puls iets breder.

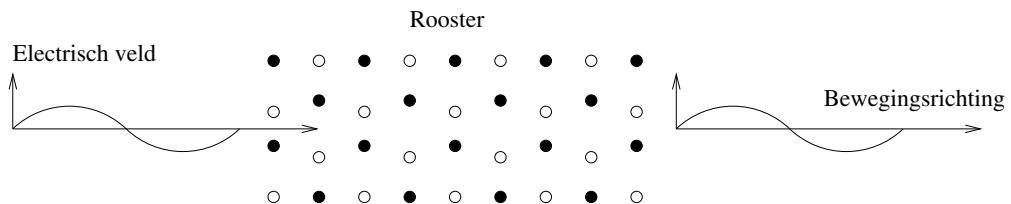
¹Een moderator remt de neutronen bij een kernreactie af, zodat ze weer kunnen reageren met een volgende te splitsen kern. Zonder moderator zullen de te snelle neutronen uit de reactor ontsnappen zonder dat ze een nieuwe reactie starten. De reactor stopt dan. Bij teveel trage neutronen loopt de reactie ook uit de hand. Teveel kernen reageren en we spreken van een melt-down (Harrisburg / Tsjernobyl).



Figuur 2.1: Een schematische voorstelling van Tsjerenkov-straling

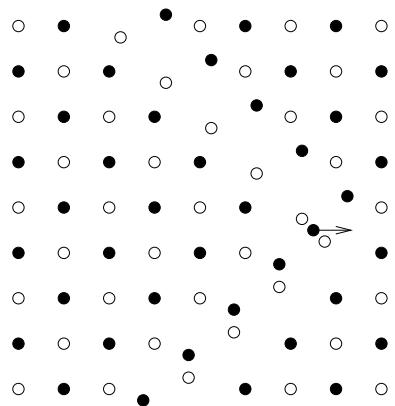
3 Licht in stoffen

Als een elektromagnetische golf op een stof valt, zullen de ionen in de vaste stof door het wisselend elektrisch veld heen en weer bewegen. Deze beweging gaat als een golf door de stof. Op een gegeven moment heeft de golf het einde van de stof bereikt. Er schudden nu ionen heen en weer, deze veroorzaken weer een elektromagnetische golf.



Figuur 3.1: Licht in stoffen

Als er een geladen deeltje door de stof vliegt, zullen de deeltjes ook heen en weer bewegen. Deze beweging verplaatst zich als een golf door de stof. Aan de overgang van stof naar vacuum wordt de beweging van de ionen omgezet in een elektromagnetische golf.



Figuur 3.2: Een geladen deeltje in een rooster