Magnetron of microgolfoven?

Op een druilerige maandagmorgen zat ik in de trein, en besloot ik om een willekeurig gedachtespinsel eens uit te zoeken met een Google-search. Mijn vraag: waarom vertaalt het Nederlandse woord magnetron naar ‘microwave oven’, Engels voor ‘microgolfoven’? Ook in het Vlaams wordt er verwezen naar een magnetron met het woord ‘microgolfoven’. Oorspronkelijk vond ik dat het woord microgolfoven eigenlijk logischer was: het verwijst naar de manier waarop de ‘oven’ het voedsel verwarmt, namelijk met behulp van microgolven. Uiteindelijk bleek echter dat de Nederlandse naam verwijst naar het interne deel van de oven dat daadwerkelijk de microgolven maakt: de ‘magnetron’ – ook niet zo’n gekke naam, dus.



Afbeelding 1. Een magnetron. Foto: Wendaoz Saimu.

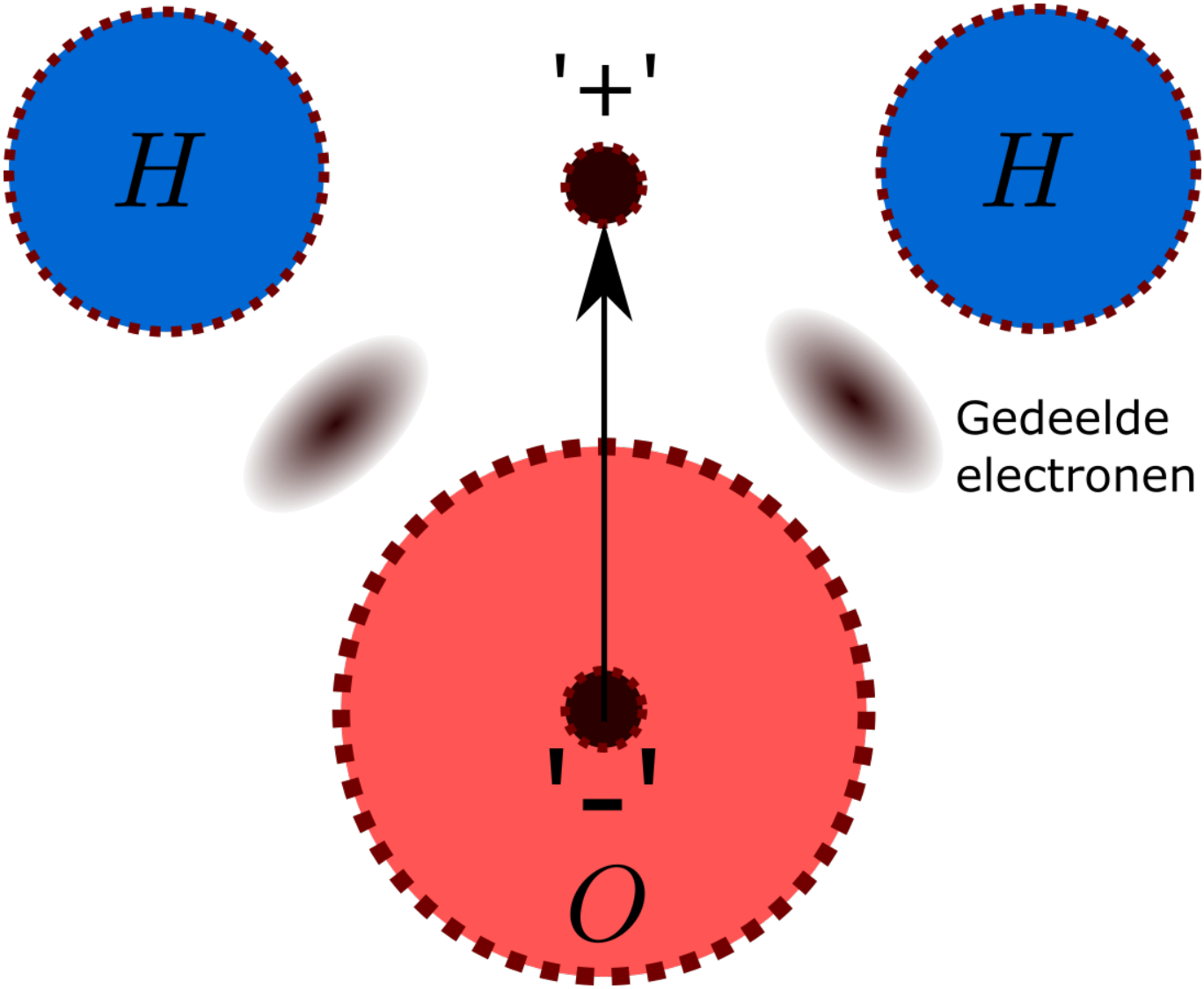
Microgolfstraling

De werking van een magnetron (dat wil zeggen: de oven) is eigenlijk vrij simpel. De magnetron maakt gebruik van elektromagnetische straling (licht!) met golflengtes van een tiental centimeters. Dit licht is in essentie precies hetzelfde als ons gebruikelijke zichtbare licht, maar door zijn grote golflengte gedraagt het zich net iets anders dan we gewend zijn. Bijvoorbeeld: een fijnmazig raster gemaakt van metaal (met de mazen kleiner dan een centimeter) is voor dit licht een bijna perfecte spiegel! De golflengte is te groot om de golf door de gaatjes heen te laten komen, en dus zal het licht weerkaatsen. Door de volledige magnetron te omhullen met ijzer of een fijnmazig raster (zoals in het raampje van de magnetron) zal de straling daarom volledig binnenin de magnetron blijven. De oven is feitelijk niets anders dan een kooi van Faraday.

De microgolfstraling is, daarentegen, volledig ongevoelig voor plastic: de straling gaat er

dwars doorheen. Gewoon licht doet dit meestal niet, tenzij je natuurlijk een doorzichtig type plastic hebt. In het geval van (zacht) voedsel kan het licht tot wel een paar centimeter diep het eten penetreren. Als gedachte-experiment (doe dit niet in het echt!): stel je voor dat je een metalen vergiet over je eten heen in de magnetron plaatst; dan zal het eten niet opwarmen. Ook het vergiet is namelijk bijna een perfecte spiegel voor de microgolven, en de straling zal dus volledig weerkaatst worden.

De manier waarop de magnetron eten verwarmt, is door gebruik te maken van het feit dat veel bestanddelen van eten bestaan uit polaire moleculen zoals water. Polaire moleculen hebben een zogeheten dipoolmoment, zie de afbeelding hieronder. De elektromagnetische straling van de magnetron zal deze dipolen in de richting van het bijbehorende elektrische veld duwen. Omdat het veld echter constant van richting verandert, duwt het licht de moleculen steeds in een andere richting. Houd dit enkele minuten vol, en de gemiddelde snelheid van de moleculen wordt zo hoog dat het eten opwarmt. Bestanddelen van eten die niet polair zijn zullen daarbij óók opwarmen, simpelweg door hun fysieke contact met de polaire bestanddelen.



Afbeelding 1. Water als polair molecuul. Water is een typisch voorbeeld van een polair molecuul. Door de manier waarop de waterstofatomen allebei ‘boven’ het zuurstofatoom zitten, trekt het zuurstofatoom wat negatieve lading weg bij de waterstofatomen, en worden die zelf enigszins positief. De netto positieve lading bevindt zich dan tussen de twee waterstofatomen in, grofweg bij de ‘+’, terwijl de netto negatieve lading op de plek van het zuurstofatoom zit, grofweg bij de ‘-‘. De pijl geeft vervolgens het zogeheten dipoolmoment aan van het hele waterstofatoom. Als water zich in een elektrisch veld bevindt, zal het dipoolmoment zich oriënteren langs de elektrische veldlijnen: de ‘+’-kant van het atoom wordt aangetrokken door de negatieve lading die het elektrisch veld genereert en vice versa.

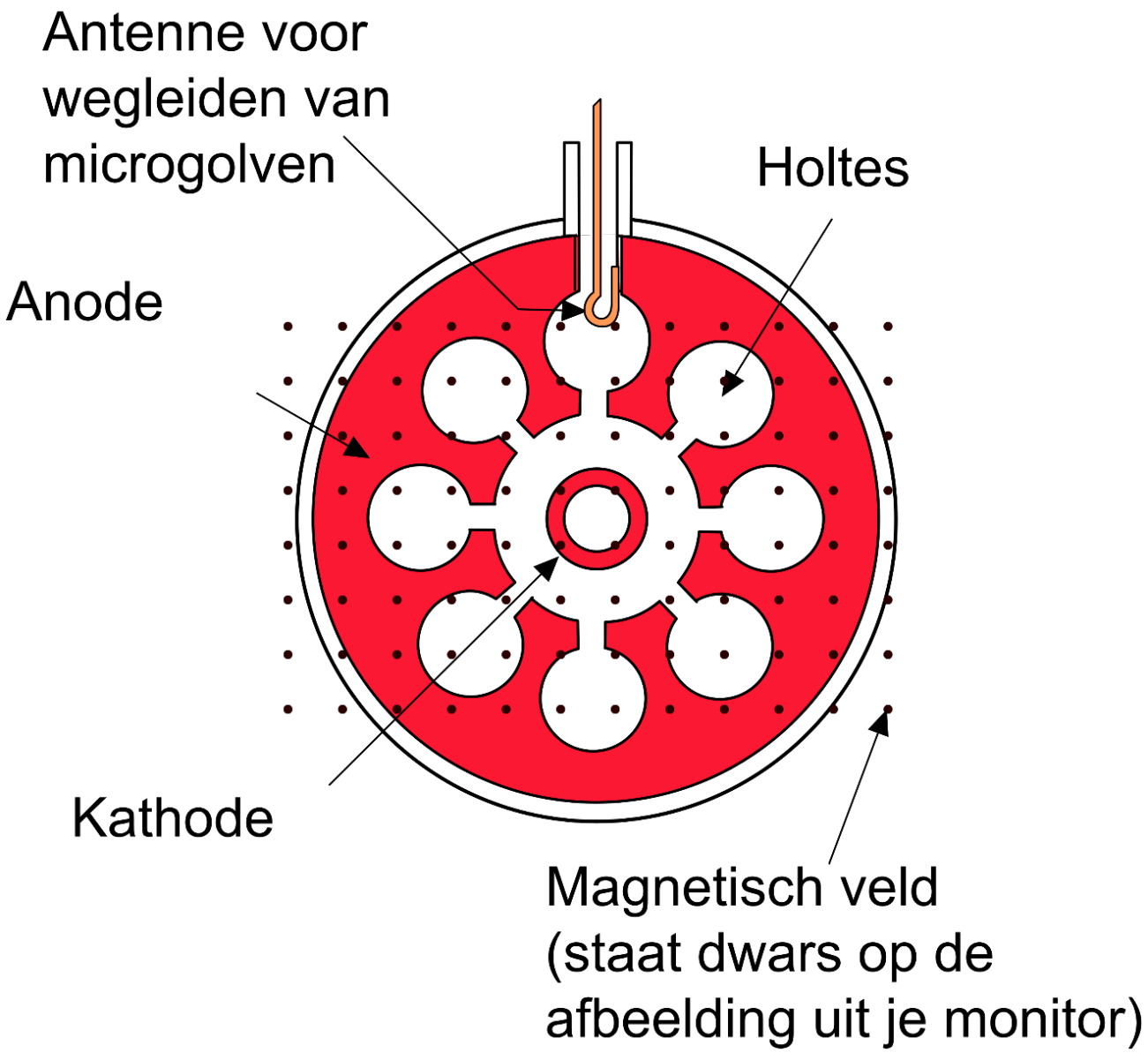
De ‘magnetron’

De Nederlandse naam ‘magnetron’ verwijst zoals gezegd naar het element in de magnetronoven dat de microgolven daadwerkelijk genereert. De microgolven worden

gemaakt door gebruik te maken van het feit dat bewegende lading (hier in de vorm van elektronen) elektromagnetische straling uitzendt. In de afbeelding hieronder is het proces schematisch weergegeven. De magnetron is in feite een cilinder met een staaf in het midden. De staaf in het midden heet een kathode, en de cilinder zelf is een anode. De ruimte tussen de staaf en de cilinder is een vacuüm.

Door de kathode flink heet te maken en een spanning aan te brengen tussen de kathode en de anode, zullen er elektronen van de kathode naar de anode gaan bewegen door het vacuüm. Op zichzelf zal dit nog weinig straling genereren, omdat de elektronen maar heel kort de tijd hebben om hun energie om te zetten in straling voor ze de buitenste cilinder raken. Door een magnetisch veld langs de draaias van de magnetron aan te brengen, zullen de elektronen door de lorentzkracht die het magneetveld veroorzaakt in een spiraal van de kathode naar de anode gaan bewegen. Daardoor heeft het elektron langer de tijd om straling te genereren.

Afhankelijk van de sterkte van het magneetveld en de aangebrachte spanning tussen de kathode en de anode zal er zo een hoeveelheid elektromagnetische straling vrijkomen. Ook de methode zoals ik die nu heb beschreven is echter nog niet zo heel krachtig. De magnetron zoals die wordt gebruikt in moderne microgolfovens, maakt ook gebruik van holtes in de buitenste cilinder. Deze holtes zijn te zien in de afbeelding hieronder. De holtes zorgen ervoor dat er een LC-circuit[1] ontstaat waarbij er constant een elektrisch veld oscilleert tussen de wanden die de holtes van elkaar scheiden, aangejaagd door de elektronen vanuit de kathode, en zichzelf versterkend door zelfinductie van de holtes. Dit LC-circuit is zeer efficiënt: tot 60 procent van de energie die in het systeem wordt gestopt, kan worden omgezet in nuttige microgolven voor het verwarmen van je maaltijd. Een waarschuwing tot slot: ga zelf nooit een magnetron uit elkaar proberen te halen! Met name oudere magnetrons gebruiken een stukje beryllium als een isolator tussen de magnetron en de rest van de oven. Dit beryllium is zeer giftig, en dient voorzichtig behandeld te worden!



Afbeelding 2. Dwarsdoorsnede van een magnetron. De kleine cilinder in het midden is de kathode: een stukje geleidend draad dat, met behulp van een grote stroom, heet wordt en elektronen gaat uitzenden: thermische emissie van de elektronen. De buitenste cilinder met de holtes is de anode waar de elektronen naartoe gaan als gevolg van een spanning die tussen de binnenste en buitenste cilinder wordt aangebracht. Het magneetveld is hier aangegeven met kleine puntjes: de magneetveldlijnen komen als het ware ‘uit je monitor’ naar je toe – het veld staat dus dwars op de afbeelding. Door het magneetveld bewegen de elektronen in een kromme baan van kathode naar anode. De holtes zorgen voor een effectief LC-circuit, aangejaagd door de elektronen uit de kathode. De oscillatie van dit LC-circuit resulteert in de uiteindelijke microgolven die via de antenne weggeleid worden naar de daadwerkelijke oven met het eten erin. Afbeelding: Ian Dunster en Vanessa Ezekowitz (aangepast).

Het onderstaande Youtube-filmpje legt voor wie geïnteresseerd is met behulp van animaties heel duidelijk uit hoe het proces werkt:

---

[1] Een LC-circuit is een elektrisch circuit waarbij een spoel en een condensator in een lus op elkaar zijn aangesloten. In een ideale wereld zonder weerstand, zou een stroompje (op gang gebracht met behulp van een batterij) heen een weer blijven bewegen tussen de condensator en de spoel.