

# Radioactiviteit uit onweer

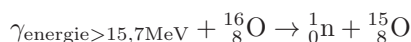
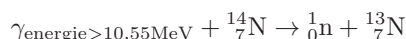
**Reeds meer dan twintig jaar is bekend dat onweer harde gammastraling kan emitteren, maar de daardoor opgewekte radioactiviteit wordt nu pas voorspeld en gemeten. Aan de grond gemeten, geeft ze inzicht in de quantenenergieën bij de bron in de onweerswolk.** Ute Ebert en Casper Rutjes

Radioactiviteit kennen we van kerncentrales en uit de nucleaire geneeskunde. Daarbij worden radioactieve isotopen gebruikt die van nature in de grond aanwezig zijn. In de lucht komen ook radioactieve isotopen voor, door verdamping uit de grond of gemaakt door kosmische achtergrondstraling. Bij hun stofwisseling nemen planten en dieren alle isotopen in gelijke mate op, zowel radioactieve als stabiele. Dit gegeven wordt gebruikt bij koolstofdatering, waarbij de verhouding tussen het radioactieve en dus vervallende  $^{14}\text{C}$  en de stabiele isotopen  $^{13}\text{C}$  en  $^{12}\text{C}$  gemeten wordt. Hierbij wordt aangenomen dat de verhouding een vaste waarde had toen het organisme nog leefde. Libby, die in 1960 de Nobelprijs voor de ontdekking van de koolstofdatering kreeg, kwam er al in 1973 achter dat onweer deze natuurlijke verhoudingen van radioactieve isotopen in de lucht verstoort. Dat was zeer opmerkelijk omdat bijvoorbeeld gammaquanta met energieën van meer dan 10 MeV nodig zijn om luchtmoleculen radioactief te maken en omdat blik-

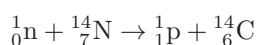
sem toen niet bekendstond als bron van deze energieën.

Sinds de jaren negentig van de vorige eeuw is wel bekend dat bliksemkanalen zeer felle en energierijke flitsen van gammastraling kunnen uitzenden, tot tientallen MeV aan energie. Deze flitsen worden in het Engels *terrestrial gamma-ray flashes* of in het kort TGF's genoemd. TGF's zijn zeer interessant op zichzelf en natuurkundig nog niet goed begrepen. Er wordt daar momenteel veel onderzoek naar gedaan.

Bliksem is door de TGF's dus in staat, net als de bekende kosmische achtergrondstraling, om de lucht radioactief te maken. Echter, pas afgelopen jaar hebben meerdere auteurs de link tussen bliksem en radioactiviteit goed doorgrond [1-5]. De twee primaire reacties zijn hierbij voor de hoofdbestanddelen  $^{14}\text{N}$  en  $^{16}\text{O}$  van lucht:



Daarna kunnen het neutron n en de instabiele isotopen  $^{13}\text{N}$  en  $^{15}\text{O}$  verder reageren. Het neutron dat bij beide bovenstaande reacties (los)gemaakt wordt, kan een interactie aangaan met een andere stikstof  $^{14}\text{N}$  om zo meer radioactief koolstof  $^{14}\text{C}$  te maken:



De door bliksem gemaakte  $^{14}\text{C}$  verstoort dus de koolstofdatering [2]. Het neutron kan echter ook weer gammastraling maken door de reactie:



wat een TGF-nagloed oplevert [1 en 3-5] met gammaquanta tot wel 10 MeV energie. Naast het neutron kunnen ook de instabiele isotopen  $^{13}\text{N}$  en  $^{15}\text{O}$  weer indirect gammastraling maken. Eerst vervallen zij door middel van een  $\beta^+$ -verval, waarbij een positron vrijkomt. Deze positronen annihileren uiteindelijk onder uitzending van karakteristieke 0,511 MeV gammastraling [1].

Zowel de TGF-nagloed door het invangen van neutronen als de positronannihilatie van de vervallende isotopen tonen aan dat onweer de radioactiviteit van de lucht vergroot. Ze bieden ook nieuwe mogelijkheden om de interessante TGF's verder te besturen. TGF's duren namelijk slechts enkele tiende van milliseconden (0,0002 s). Het invangen van de neutronen duurt veel langer dan de TGF zelf [3-5], wel duizend keer zo lang: ongeveer 0,2 s. Ondertussen kan de straling enkele kilometers afgelegd hebben, bijvoorbeeld van de wolk naar de grond. Ook het verval van  $^{13}\text{N}$ , met

Ute Ebert studeerde natuurkunde aan de Universiteit Heidelberg, promoveerde aan de Universiteit Essen, was postdoc aan de Universiteit Leiden en werd daarna staflid aan het Centrum Wiskunde & Informatica in Amsterdam. Sinds 2002 leidt ze de onderzoeksgroep Multiscale Dynamics aan het CWI en is ze tevens hoogleraar natuurkunde aan de TU Eindhoven.



ute.ebert@cwI.nl

Casper Rutjes werkt momenteel als senior consultant Finance & Risk bij Solid Professionals. Casper Rutjes deed zijn promotieonderzoek bij het Centrum Wiskunde & Informatica en promoveert in maart aan de TU Eindhoven. Casper heeft wis-, natuur- en sterrenkunde gestudeerd aan de Universiteit Utrecht en daarna het traineeship Eerst de Klas gedaan.



J.L.vanderLinden@student.tudelft.nl

halfwaardetijd van circa tien minuten, en het verval van  $^{15}\text{O}$ , met halfwaardetijd van circa twee minuten, die de 0,511 MeV gammastraling opwekken, duren vele malen langer dan de oorspronkelijke TGF [1], lang genoeg om met de wind een aanzienlijk stuk verder gedragen te worden voor ze vervallen. Deze secundaire straling kan aan de grond gemeten worden en geeft

inzicht in de energieverdeling van de primaire gammastraling bij de bron in de onweerswolk.

### Referenties

- 1 T. Enoto et al., *Photonuclear reactions triggered by lightning discharge*, *Nature* 551, 481-484 (23 november 2017).
- 2 L.P. Babich, *Radiocarbon production by thunderstorms*, *Geophys. Res. Lett.* 44, 11191-11200 (2017).
- 3 C. Rutjes, G. Diniz, I.S. Ferreira en U. Ebert, *TGF afterglows: a new radiation type from thunderstorms*, *Geophys. Res. Lett.* 44, 10702-10712 (2017).
- 4 C. Rutjes en U. Ebert, *A natural neutron source*, *Physics World*, pp. 13-15, (oktober 2017).
- 5 G.S. Bowers et al., *Gamma Ray Signatures of Neutrons From a Terrestrial Gamma Ray Flash*, *Geophys. Res. Lett.* 44, 10063-10070 (2017).

## Boekbespreking



# Echt zwaar

Gevoel voor timing kun je Martijn van Calmthout niet ontzeggen met het uitkomen van zijn boek *Echt zwaar* in 2017, het jaar dat de Nobelprijs voor de Natuurkunde aan de ontdekkers van zwaartekrachtgolven is uitgereikt. Na zijn eerdere werk over de quantummechanica is het nu de beurt aan die andere grote natuurkundige theorie, de zwaartekracht. Van Calmthout kiest ervoor het verhaal van de ontwikkeling van ons begrip van zwaartekracht te vertellen in romanvorm vanuit het ik-perspectief. Hierin is de verteller (Van Calmthout?) in gesprek met Léon Foucault (1819-1868). Foucault is vooral bekend door zijn demonstratie van de rotatie van de aarde met de door hem ontwikkelde slinger. Het boek speelt zich vrijwel geheel af in het Pantheon in Parijs waar Foucaults slingerexperiment het aanknopingspunt vormt van de onderlinge dialoog ("slingeren is vallen, maar dan omslachtiger"). De keuze voor het ik-perspectief en de romanvorm maakt dat het boek minder een droge opsomming van feiten is; ook de emotionele kant van de wetenschappers die de zwaartekrachttheorie ontwikkelden komt aan bod.

Beginnend vanuit de oudheid wordt het ontstaan van ons begrip van de zwaartekracht behandeld. Grote namen als Galilei, Newton en Einstein passeren natuurlijk de revue. Echter, ook vele andere onderzoekers die min of meer zijdelings met de ontwikke-



**Echt zwaar**  
Martijn van Calmthout

Uitgeverij Lias, 2017  
ISBN 9789088030871  
192 bladzijden  
€18,95

ling van de zwaartekrachttheorie te maken hebben gehad worden besproken. Natuurlijk ontbreekt ook een uitgebreide bespreking van de recent ontdekte zwaartekrachtgolven niet. Na een halverwege ietwat plomper verloren geplaatste strip *De zwaartekrachtillusie* volgt een stuk van het boek dat uitleg geeft over fenomenen waar ons

begrip van de zwaartekracht nog hiaten vertoont.

Het grote raadsel van de afwezigheid van directe observaties van een grote hoeveelheid massa die wel observeerbare zwaartekrachteffecten uitoefent in het heelal wordt beschreven in de zoektocht naar de illustere donkere materie. Ook de verbinding tussen quantumtheorie en zwaartekracht komt aan bod. Uit de verschillende pogingen deze twee theorieën te unificeren kiest Van Calmthout voor het verhaal over de informatietheorie van Erik Verlinde (die ook het voorwoord heeft geschreven); Verlinde beschrijft de zwaartekracht als emergent fenomeen dat ontstaat uit de informatieverdeling van het universum.

In dit caleidoscopische boek brengt Van Calmthout onderwerpen uit de mechanica, elektrodynamica, kosmologie en relativiteitstheorie knap samen in één doorlopend verhaal van iets minder dan tweehonderd pagina's dat vlot wegleest. Daarentegen geeft het boek niet veel uitleg van de verschillende zwaartekrachttheorieën. Formules en afbeeldingen zijn afwezig. Dat maakt het boek minder geschikt voor de ingewijde fysicus die de details wil weten. Voor de geïnteresseerde leek die een inleiding in zwaartekracht wil hebben heeft van Calmthout een zeer goed leesbaar en onderhoudend boek geschreven.

Jeroen Kalkman