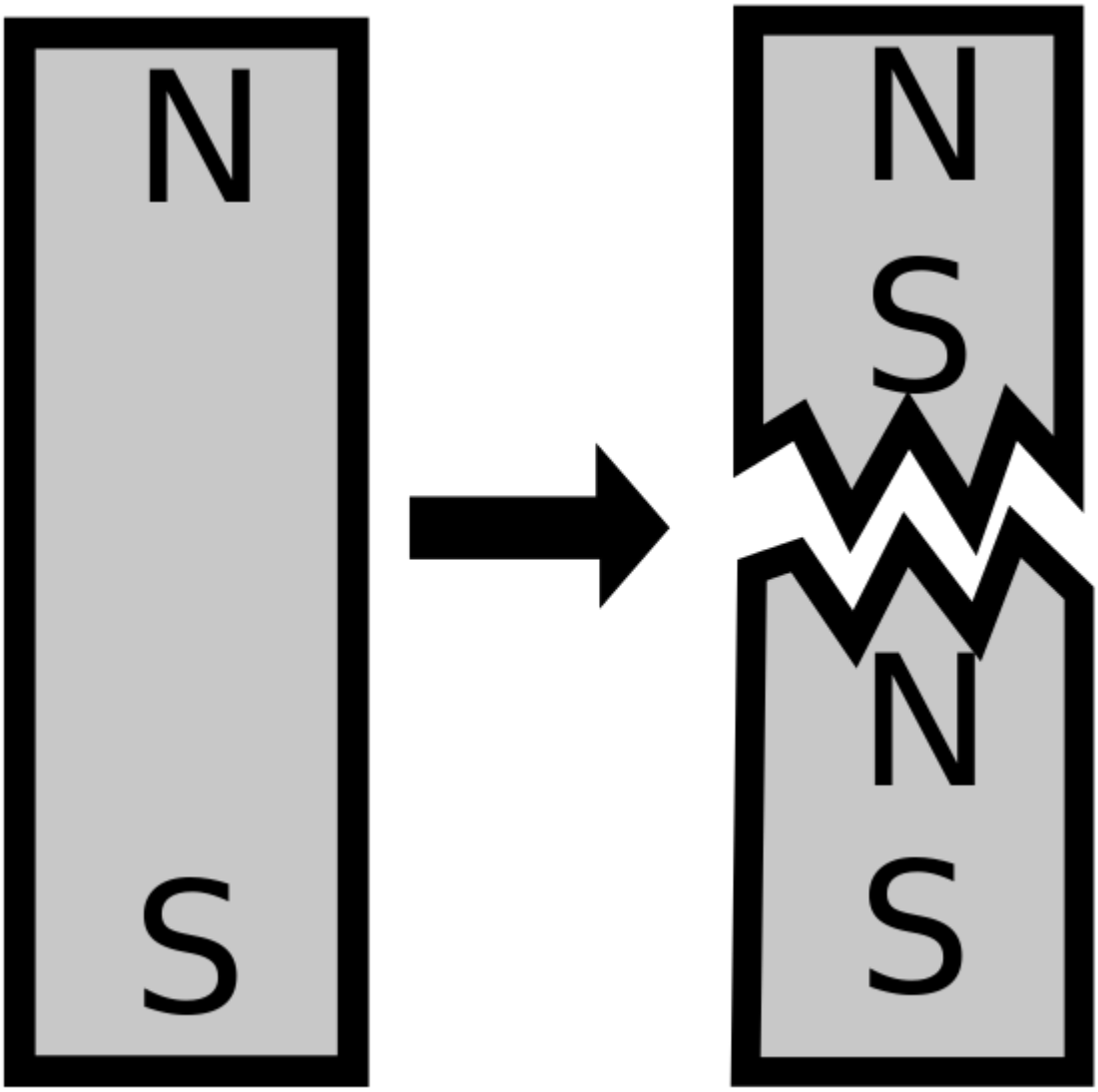
Magnetische monopolen

Magnetische monopolen zijn nog nooit waargenomen. Toch vermoeden sommige natuurkundigen dat deze deeltjes bestaan, en vlak na de oerknal zou ons heelal er zelfs vol mee hebben gezeten. De Engelse natuurkundige Paul Dirac toonde aan dat magnetische monopolen, áls ze bestaan, zouden verklaren waarom elektrische lading gequantiseerd is. In dit artikel zullen we deze mysteries rondom dit hypothetische deeltje nader bespreken.



Afbeelding 1. Magneten.Magneten klikken met noord- en zuidpolen aan elkaar. Maar bestaat er ook losse noord- en zuidpolen? Afbeelding: Windell Oskay.

Magnetische polen komen we vaak genoeg tegen: denk aan de noord- en zuidpool van een magneet. *Losse* magnetische polen, zogenaamde magnetische monopolen, zijn we daarentegen nog nooit tegengekomen. In eerste instantie zou je misschien denken dat een magneet in twee delen breken een losse noordpool en zuidpool zou opleveren. Beide brokstukken blijken dan echter weer zowel een noordpool als een zuidpool te hebben, oftewel: we hebben twee nieuwe magneten gemaakt. De achterliggende reden voor dit effect is dat een magneet is opgebouwd uit kleine *magnetische domeinen*. Deze magnetische domeinen gedragen zich als heel kleine magneetjes, en vormen samen de magneet. Als je een magneet doormidden breekt, doorbreek je als het ware een keten van kleinere magneetjes. Daardoor heb je aan alle uiteinden nog steeds een noordpool of een zuidpool, en krijg je dus twee nieuwe magneten.



Afbeelding 2. Van magneet… naar magneet.Door een magneet met een noord- en een zuidpool door te snijden, krijg je geen twee losse polen, maar twee nieuwe magneten! Afbeelding: Sbyrnes321.

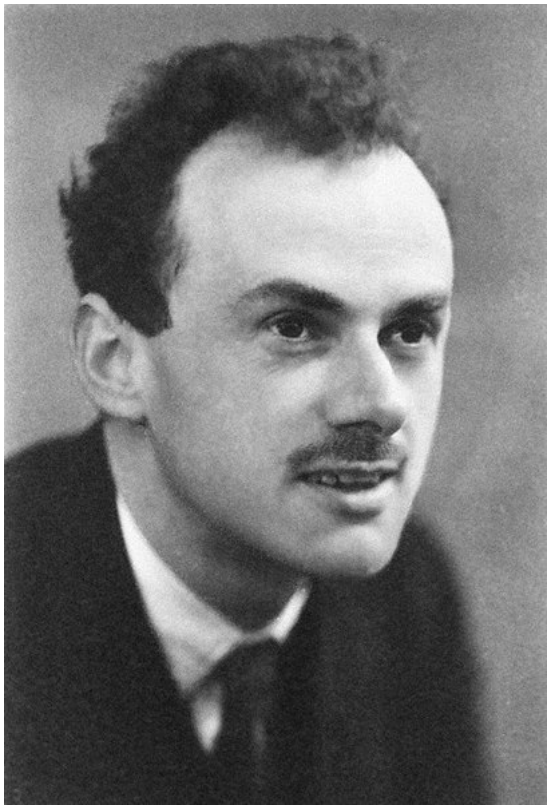
In tegenstelling tot de magnetische monopool komt zijn tegenhanger, de *elektrische* monopool, wel vaak voor in onze natuur. Geladen elementaire deeltjes zoals elektronen en protonen zijn er voorbeelden van. Hoewel elektriciteit hierin dus verschilt van magnetisme, zijn er ook overeenkomsten. Twee deeltjes met eenzelfde positieve of negatieve elektrische lading stoten elkaar af, en wanneer de deeltjes een tegengestelde lading hebben trekken ze elkaar juist aan. Op net zo'n manier stoten twee magnetische noord- of zuidpolen elkaar af, en trekken een noord- en een zuidpool elkaar aan. Dit soort overeenkomsten motiveert theoretisch natuurkundigen tot het veronderstellen van een symmetrie tussen elektriciteit en

magnetisme, de zogenaamde *elektromagnetische dualiteit*. Omdat er al elektrisch geladen deeltjes bestaan, verwachten sommigen daarom dat magnetisch geladen deeltjes, oftewel magnetische monopolen, ook bestaan.

Al in 1933 toonde Paul Dirac aan dat het bestaan van een magnetische monopool kan verklaren waarom *elektrische* lading gequantiseerd is – oftewel: alleen in gehele veelvouden van een elementaire hoeveelheid lading voorkomt. Om dit te doen, beschouwde hij een hypothetische opstelling bestaande uit een elektrische monopool samen met een magnetische monopool, met ladingen q_e en q_m. Hieruit leidde hij vervolgens af dat het product van deze twee ladingen gequantiseerd moet zijn. Om precies te zijn: Dirac ontdekte dat

$$2q_eq_m = n\,\hbar\,c$$

met n een willekeurig geheel getal, $\hbar$ de constante van Planck en c de lichtsnelheid. Dit betekent dat de elektrische lading q_e alleen een veelvoud van $\hbar c/2q_m$ kan zijn. Opmerkelijk hierbij is dat quarks, deeltjes die de bouwstenen vormen voor protonen en neutronen, ook elektrisch geladen zijn, maar niet volgens deze regel! De lading van quarks is namelijk niet een geheel veelvoud van de elektronlading e, maar $e/3$ Dit lijkt misschien een tegenspraak, maar het betekent alleen dat niet elektronen maar quarks de (voor zover bekend) kleinst mogelijke elektrische lading hebben, waar alle andere ladingen een veelvoud van zijn.



Afbeelding 3. Paul Dirac.Dirac liet zien dat één monopool genoeg is om te verklaren waarom alle elektrische ladingen in het heelal veelvouden van een bepaalde basislading zijn. Afbeelding: Nobel Foundation.

Binnen de kosmologie zorgde de afwezigheid van magnetische monopolen in eerste instantie voor verwarring. Vlak na de oerknal waren de omstandigheden namelijk zeer geschikt voor het creëren van veel magnetische monopolen. Het feit dat wij deze deeltjes niet waarnemen zorgde dus voor een raadsel, het *monopoolprobleem*. De kosmoloog Alan Guth kon het uitblijven van de detectie van monopolen echter verklaren met zijn theorie van *inflatie*. Dit is een proces van extreme expansie van ons heelal, dat ná de creatie van de monopolen zou hebben plaatsgevonden. Deze expansie zorgde er volgens Guth en zijn collega's voor dat magnetische monopolen ver uit elkaar gedreven werden, en dat er zich daardoor maar weinig monopolen bevinden binnen het voor ons zichtbare deel van het heelal.

Kortom, ondanks dat we magnetische monopolen nog nooit hebben gezien, blijkt speculatie over hun bestaan een bijzonder nuttige bezigheid voor natuurkundigen te zijn. Het bestaan van maar één enkele monopool is voldoende om te verklaren waarom elektrische lading gequantiseerd is. Bovendien heeft de zeldzaamheid van deze deeltjes tot interessante inzichten geleid over de geschiedenis van ons heelal. Nu maar wachten of we er in de toekomst ook een zullen vinden…