

# HET ELEKTRO-MAGNETISCH SPECTRUM

in 30 seconden

## FLITS (3 SEC.)

Het elektromagnetische spectrum omvat een hele reeks elektromagnetische golven, van radiogolven tot gammastralen, waarvan zichtbaar licht een heel klein deel is.

## GEDACHTEN (3 MIN.)

Elektromagnetische golven worden geproduceerd door een variabel elektrisch veld en magnetisch veld in rechte hoeken op elkaar. Een variabel elektrisch veld produceert een magnetisch veld en een variabel magnetisch veld produceert een elektrisch veld. Elektromagnetische golven verplaatsen zich dus zelfstandig door de ruimte en kunnen van de ene kant van het heelal naar de andere. Kosmische achtergrondstraling is bijvoorbeeld al meer dan 13 miljard jaar onderweg.

Licht kun je zien als een golf van elektriciteit en magnetisme die zich door de ruimte verplaatst, maar in feite is het een deel van wat wij het elektromagnetische spectrum noemen. Wat betreft golflengte omvat het elektromagnetische spectrum alles van de langste radiogolven tot de kortste gammastralen, en licht maakt daar een klein deel van uit. Als we het hele elektromagnetische spectrum voorstellen als een pianoklavier, is het deel dat licht vertegenwoordigt kleiner dan één pianotoets. James Clerk Maxwell toonde halverwege de negentiende eeuw aan dat licht slechts één vorm van elektromagnetische straling was, het deel waar onze ogen gevoelig voor zijn. In 1800 ontdekte astronoom William Herschel bij toeval wat we nu infrarood noemen en het jaar erna werd ultraviolet bij toeval ontdekt door Johann Wilhelm Ritter. Eind negentiende eeuw werden röntgenstralen en gammastralen ontdekt. Hoe korter de golflengte, hoe meer energie in de straling: dus gammastralen, met de kortste golflengte, hebben de meeste energie en zijn erg gevaarlijk. Alle elektromagnetische straling verplaatst zich met lichtsnelheid, dus radiogolven gaan ook zo snel.

## VERWANTE THEMA'S

Zie ook  
**LICHTSNELHEID**  
blz. 52

**ELEKTROMAGNETISME**  
blz. 80

## BIOGRAFIEËN (3 SEC.)

**WILLIAM HERSHEYEL**  
1738-1822  
In Duitsland geboren musicus en astronoom die in 1800 infrarood ontdekte

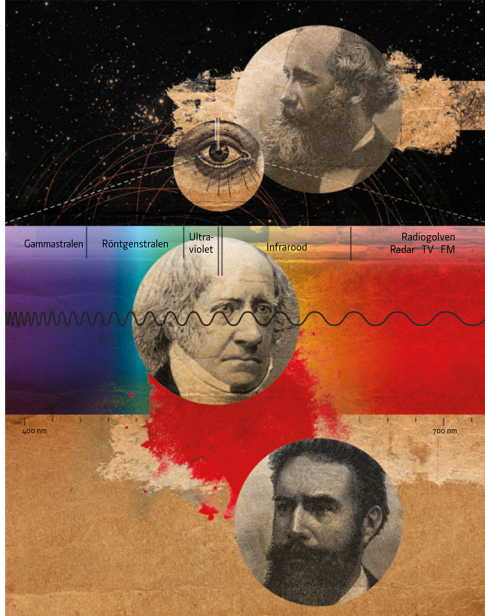
**JAMES CLERK MAXWELL**  
1831-1879  
Schotse theoretisch natuurkundige die aantoonde dat licht een elektromagnetische golf was

**WILHELM RÖNTGEN**  
1845-1923  
Duitse natuurkundige die in 1895 röntgenstraling ontdekte

## TEKST (30 SEC.)

Rhodi Evans

*Maxwell (boven), Herschel (midden) en Röntgen (onder) zorgden voor grote doorbraken in ons begrip van het elektromagnetische spectrum.*



## LICHTSNELHEID

in 30 seconden

### FLITS (3 SEC.)

Licht beweegt heel snel, met 300.000 km/sec, en Einstein stelde dat niets sneller is dan licht.

### GEDACHTE (3 MIN.)

Omdat licht een eindige snelheid heeft, kijken we terug in de tijd als we naar de nachthemel kijken. Licht van Sirius, de helderste ster aan de nachthemel, doet er 8,5 jaar over om ons te bereiken, het licht van de Poolster ongeveer 400 jaar. Licht van de verste sterrenstelsels die we kunnen zien, heeft er zo'n 13 miljard jaar over gedaan; we zien hoe ze waren toen het heelal nog erg jong was.

Licht beweegt heel erg snel, maar niet helemaal ogenblikkelijk. Galileo probeerde de lichtsnelheid te meten met lantaarns op heuvels een paar kilometer uit elkaar, maar dat mislukte en hij concludeerde dat het ogenblikkelijk van A bij B was. De eerste aanwijzing dat licht een eindige snelheid heeft, kwam eind zeventiende eeuw toen de Deense astronoom Rømer beseftte dat de timing van de banen van Jupiters manen anders was als de aarde dichtbij Jupiter stond dan wanneer hij verder weg stond. Halverwege de negentiende eeuw gaven experimenten van de Fransen Fizeau en Foucault waarden voor de lichtsnelheid die slechts enkele procenten afwijken van de nu aanvaarde 300.000 km/sec. In 1865 toonde Maxwell aan dat licht een vorm van elektromagnetische straling was, omdat de snelheid gelijk was aan die van een elektromagnetische golf die was voorspeld door bekende gegevens over elektriciteit en magnetisme. In 1905 stelde Einstein dat de lichtsnelheid een natuurkundige constante was en dat alle waarnemers, hoe snel ze ook bewegen, dezelfde snelheid zouden meten. Hij stelde ook dat niets sneller bewoog dan licht en dat als we de lichtsnelheid naderen, lengtes korter worden, onze tijd gezien door een externe waarnemer vertraagt en massa toeneemt.

### VERWANTE THEMA'S

Zie ook  
FOTONEN  
blz. 40

ELEKTROMAGNETISME  
blz. 80

SPECIALE RELATIVITEIT  
blz. 112

### BIOGRAFIEËN (3 SEC.)

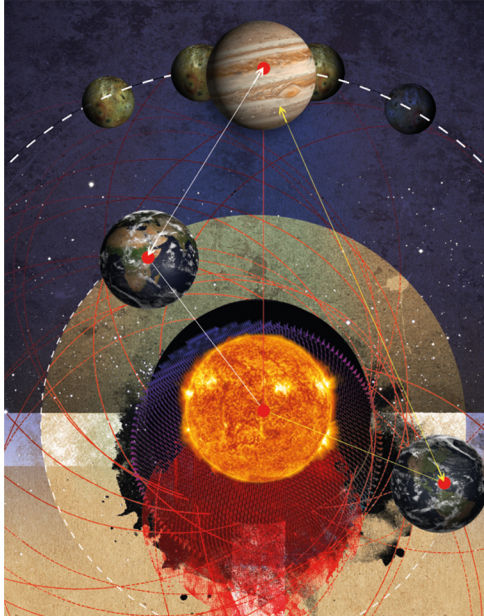
**OLE RØMER**  
1644-1710  
Deense astronoom, de eerste die de lichtsnelheid wist te meten

**LÉON FOUCAULT**  
1819-1868  
Frans natuurkundige die het bekendste is van de slinger van Foucault

**JAMES CLERK MAXWELL**  
1831-1879  
Schots theoretisch natuurkundige die aantoonde dat licht een elektromagnetische golf was

**TEKST (30 SEC.)**  
Rhodri Evans

*Rømer zag dat de omlooptijd van Jupiters manen verschilde afhankelijk van de afstand van de aarde tot de gasreus.*



# DE ZWAKKE KERNKRACHT

in 30 seconden

## FLITS (3 SEC.)

De zwakke kernkracht is de natuurkracht die betrokken is bij de verandering van de identiteit van deeltjes, bijvoorbeeld bij de fusie- of beta-afval van de zon.

## GEDACHTE (3 MIN.)

De zwakke kernkracht maakt onderscheid tussen links en rechts, omdat bepaalde gespiegelde processen niet in het echt kunnen optreden: neutrino's, die worden geproduceerd door de zwakke kernkracht, draaien bijvoorbeeld meestal maar in één richting ('linksdraaiend' terwijl anti-neutrino's 'rechtsdraaiend' zijn). Mogelijk bestaat donkere materie, dat het universum domineert, uit WIMPs: massieve deeltjes die alleen de zwakke kernkracht en zwaartekracht voelen.

De zwakke kernkracht, een van de vier fundamentele natuurkrachten (samen met elektromagnetische kracht, de sterke kernkracht en zwaartekracht), is verantwoordelijk voor het veranderen van de identiteit van elementaire deeltjes, zoals bij radioactief beta-afval, en voor de omzetting van waterstof in helium in de zon. Hij wordt zwak genoemd, omdat hij veel zwakker is dan de elektromagnetische kracht en door dit gebrek aan kracht blijft de zon nu schijnen. Als de zwakke kernkracht net zo sterk was als de elektromagnetische kracht, was de zon al opgebrand geweest voordat de evolutie tijd had gehad om leven op aarde te creëren. De zwakke kernkracht wordt overgebracht door W- of Z-bosonen die zo'n 90 keer zwaarder zijn dan een waterstofatoom, maar verder gelijk zijn aan het foton van de kwantumelektrodynamica. Door de grote energie die nodig is om een W- of Z-boson te maken, verzwakt de zwakke kernkracht bij lage energie. Maar bij heel hoge energie, zoals bij de oerknal, verliest de zwakke kernkracht zijn onvermogen en fuseert met de elektromagnetische kracht tot één enkele elektrozwakke wisselwerking. Neutrino's voelen de sterke of elektromagnetische krachten niet en zijn dus goede sondes voor de zwakke kernkracht.

## VERWANTE THEMA'S

Zie ook  
FOTONEN  
blz. 40

KWANTUMELEKTRODYNAMICA  
blz. 68

DE STERKE KERNKRACHT  
blz. 90

## BIOGRAFIEËN (3 SEC.)

CHEN-NING YANG  
1922

& TSUNG-DAO LEE  
1926  
Chines-Amerikaanse natuurkundigen die in 1957 de Nobelprijs voor natuurkunde wonnen voor de ontdekking van pariteitsschending (spiegel-asymmetrie) in processen met de zwakke kernkracht

## TEKST (30 SEC.)

Frank Close

*Bij radioactief beta-afval verandert een neutron in een proton, dat in de kern blijft, en een elektron dat vertrekt en een beta-deeltje wordt.*



# KERNENERGIE

in 30 seconden

Kernenergie, die de zon en sterren aandrijft en de binnenkant van de aarde verwarmt, komt vrij uit de kernen van atomen.

Kernen bestaan uit protonen en neutronen, behalve de waterstofkern die bestaat uit één enkel proton. Elementen met atomen die zwaarder zijn dan waterstofatomen hebben meer dan één proton en die positief geladen deeltjes stoten elkaar af. Deze elektrische afstoting wordt overwonnen door een kracht die protonen en neutronen bindt. De energie van deze bindende kracht zit in de kern. De hoeveelheid van deze opgeslagen bindende energie hangt af van de grootte van de kern. Wanneer de atoomkernen van lichtere elementen worden gecombineerd bij kernfusiereacties (in sterren en waterstofbommen) komt wat van deze bindende energie vrij, omdat niet alles daarvan nodig is voor de grotere, gecombineerde kernen. Maar dat geldt niet voor de atoomkernen van elementen die zwaarder zijn dan ijzer, zoals uranium. Die geven energie af wanneer ze worden gesplitst in plaats van bij fusie. Dit heet kernsplijting en dat gebeurt in kernreactoren en bij het radioactieve verval dat het binnenste van de aarde opwarmt. Zowel fusie als splijting geven overtollige bindingsenergie uit atoomkernen vrij en dat is de bron van kernenergie.

## FLITS (3 SEC.)

Kernenergie komt vrij wanneer atoomkernen lichter dan ijzer smelten of de atoomkernen zwaarder dan ijzer uit elkaar vallen.

## GEDACHTE (3 MIN.)

Wij zijn het product van kernfusie. Koolstof en zuurstof en alle sporenelementen waar ons lichaam uit bestaat, zijn gemaakt in de nucleaire oven binnen in reuzensterren die miljarden jaren geleden zijn ontploft. Een reeks kernfusiereacties, te beginnen bij waterstof, maakte geleidelijk zwaardere elementen: beryllium, lithium, koolstof, stikstof en zuurstof. We bestaan dus allemaal uit sterrenstof.

## VERWANTE THEMA'S

Zie ook  
**DE STERKE KERNKRACHT**  
blz. 90

**ARBEID EN ENERGIE**  
blz. 118

**KINETISCHE ENERGIE**  
blz. 122

## BIOGRAFIEËN (3 SEC.)

**ALBERT EINSTEIN**  
1879-1955  
In Duitsland geboren natuurkundige weni-  
vergelijking  $E=mc^2$  de energie  
berekent die vrijkomt bij  
kernreacties

**ARTHUR EDDINGTON**  
1882-1944  
Engelse astronoom die fusie  
voorstelde als het mechanisme  
van sterren

**TEKST (30 SEC.)**  
Leon Clifford

**Kernsplijting.**  
Uranium-235 krijgt een  
neutron en dan splijst  
uranium-236 in krypton  
en barium waarbij  
energie vrijkomt.

