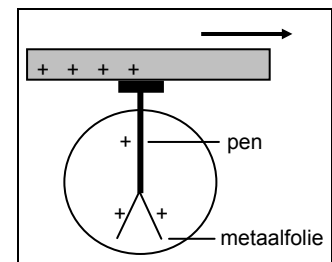


## Ontdekking van kosmische straling

### 1.2 Onderzoek

In het begin van de twintigste eeuw merkten natuurkundigen dat geladen voorwerpen langzaam ontladen werden, zelfs als ze heel goed waren geïsoleerd. Dit werd onderzocht met de al in 1600 ontworpen 'ladingsmeter': de *elektroscoop*. In zo'n elektroscoop hangt een dunne strip metaalfolie dubbelgevouwen onderaan een geïsoleerde metalen pen. Als je een door wrijving elektrisch geladen glas- of ebonietstaaf langs de pen strijkt, wordt de elektroscoop ook geladen.

- 1 Bij het laden van een elektroscoop verwijderen de uiteinden van de strip metaalfolie zich van elkaar: de elektroscoop 'slaat uit'.
  - Verklaar dit uitslaan van de elektroscoop.
  - Welk verband is er tussen de grootte van de lading en de uitslag van de elektroscoop? Leg uit waarom.
  - Wat gebeurt er met de uitslag van de elektroscoop als de lading – door een of andere oorzaak – weglekt?
  - Een geladen elektroscoop ontladend zich in de buurt van een vlam of een radioactieve bron. Verklaar dit verschijnsel.



Figuur 1 – Het laden van een elektroscoop.

Later in de twintigste eeuw, na het onderzoek naar de eigenschappen van radioactieve straling door Henri Becquerel, Marie Curie-Sklodowska en Pierre Curie, werd de oorzaak van het ontladen van zo'n elektroscoop duidelijk. Radioactieve straling is in staat een zeer goed geïsoleerd voorwerp te ontladen, omdat die straling de lucht eromheen ioniseert. De bron van deze straling was echter moeilijk aanwijsbaar. Het werd wel duidelijk dat radioactieve stoffen voorkwamen in de aardkorst, de zeeën en de atmosfeer en dat de straling van die stoffen de elektroscoop zou kunnen ontladen. Het verrassende was echter dat het afschermen van de elektroscoop met dikke loodplaten geen effect bleek te hebben: de elektroscoopen bleven zich ontladen.

Er moest dus ook nog een andere, onbekende stralingsbron zijn. Het belangrijkste werk op dit gebied werd gedaan door Victor F. Hess, waarvoor hem in 1936 de Nobelprijs werd toegekend.

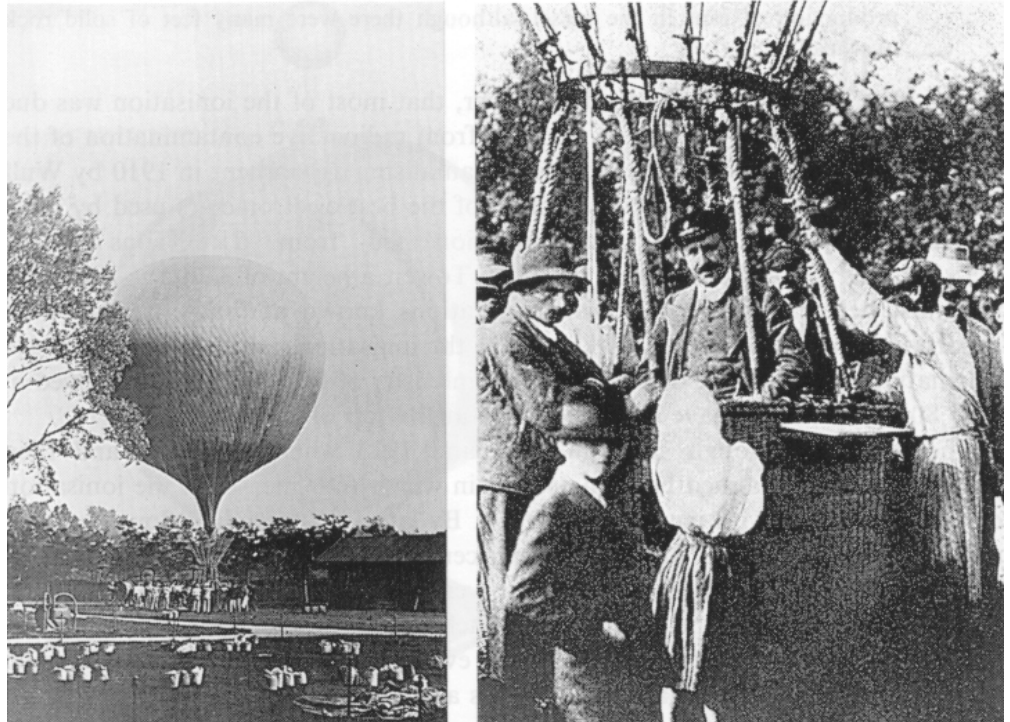
- 2 In het begin van de twintigste eeuw vermoedde men dat het ontladen van een geladen elektroscoop veroorzaakt werd door radioactieve straling uit de aardkorst.
  - In 1910 nam Theodoor Wulf zijn elektroscoop mee naar de 300 m hoge top van de Eiffeltoren in Parijs. De ontladingsnelheid van de elektroscoop bleek op die hoogte kleiner te zijn dan op het aardoppervlak. Welke conclusie volgt daaruit?
  - In 1911 en 1912 ondernam Victor Hess een aantal ballonvluchten. Daarbij bleek de intensiteit van de straling met de hoogte eerst af te nemen, maar op grotere hoogte sterk toe te nemen. Welke conclusie volgt daaruit?
  - Met welk experiment zou je na kunnen gaan of de straling van de Zon afkomstig is?
  - Controleer je antwoorden met behulp van het hieronder in figuur 3 weergegeven fragment uit de 'Nobel lecture' van Victor Hess.

When, in 1912, I was able to demonstrate by means of a series of balloon ascents, that the ionization in a hermetically sealed vessel was reduced with increasing height from the earth (reduction in the effect of radioactive substances in the earth), but that it noticeably increased from 1,000 m onwards, and at 5 km height reached several times the observed value at earth level, I concluded that this ionisation might be attributed to the penetration of the earth's atmosphere from outer space by hitherto unknown radiation of exceptionally high penetrating capacity, which was still able to ionize the air at the earth's surface noticeably.

Already at that time I sought to clarify the origin of this radiation, for which purpose I undertook a balloon ascent at the time of a nearly complete solar eclipse on the 12<sup>th</sup> April 1912, and took measurements at heights of two to three kilometres. As I was able to

observe no reduction in ionisation during the eclipse I decided that, essentially, the sun could not be the source of cosmic rays, at least as far as undeflected rays were concerned.

Figuur 3 – Fragment uit de 'Nobel lecture' van Victor Hess bij het aanvaarden van de Nobelprijs voor natuurkunde in 1936.



Figuur 4 – Victor Hess na zijn ballonvlucht in 1912 voor het onderzoek naar kosmische straling op grote hoogte in de aardatmosfeer.

Uiteindelijk bleek de onbekende straling dus uit het heelal te komen: vandaar de naam *kosmische straling*.

De motivering voor het toekennen van de Nobelprijs 1936 voor natuurkunde aan Victor Hess en zijn 'Nobel lecture' bij het aanvaarden daarvan zijn te vinden op:

> <http://www.nobel.se>

Een simulatie van het experiment van Victor Hess tijdens een ballonvlucht is te vinden op:

> <http://sunshine.chpc.utah.edu/javalabs/java102/hess/index.htm> > Hess Balloon Ride

- 3 Na de ontdekking van de kosmische straling blijven natuurkundigen onderzoek doen naar de intensiteit van die straling.
  - Vanaf 1920 onderneemt Jacob Clay een aantal bootreizen tussen Nederland en Indonesië. Hij ontdekt dat de intensiteit van de kosmische straling afneemt als hij vanaf hogere geografische breedte naar de evenaar reist. Welke aanwijzing voor de aard van kosmische straling geeft deze waarneming?

**Wetenschapsgeschiedenis** – De ontdekking van kosmische straling in de periode 1785-1927 is een mooi stuk wetenschapsgeschiedenis: wie waren daarbij betrokken, wat waren hun onderzoeksvragen, hoe gingen ze op zoek naar antwoorden, tot welke discussies ervan overtuigd dat de straling van kosmische oorsprong was, en waardoor lieten de twijfelaars zich uiteindelijk overtuigen? Een antwoord op dit soort vragen is te vinden in:  
> Hans Leppink (2004), *De ontdekking van de oorsprong van kosmische straling*. Amsterdam: Vrije Universiteit.

**Elementaire deeltjes** – Botsingen van energierijke deeltjes uit de kosmische straling bleken nieuwe, kortlevende deeltjes te produceren als het muon, pion en positron. Er bleken dus veel meer deeltjes te bestaan dan alleen het proton, neutron en elektron. De ontdekking van deze nieuwe deeltjes leidde weer tot een stroom van vragen. Zijn er nog meer deeltjes?

Bestaat er ook een positief muon? Komen deze deeltjes ook in de kern van het atoom voor? Waarom is het elektron wel stabiel en het muon niet? Er zou nog veel onderzoek nodig zijn om antwoorden op deze vragen te vinden. Daarbij vormden tot 1960 de botsingen van energierijke deeltjes uit de kosmische straling met andere deeltjes het belangrijkste studie-terrein van de elementaire deeltjes-fysici. De kosmische straling was weliswaar altijd beschikbaar en goedkoop, maar kon niet intensiever worden gemaakt of anderszins worden gemanipuleerd. Men heeft dan ook gezocht naar manieren om een stroom energierijke deeltjes te produceren, waarvan de eigenschappen wel veranderd kunnen worden. Na 1960 werd de rol van de kosmische straling dan ook overgenomen door de grote deeltjes-versnellers.

Informatie over deeltjesversnellers en het onderzoek naar elementaire deeltjes is te vinden in:

- > Christine Sutton (1993), Deeltjesversnellers. *Natuur & Techniek* 61 (12), 976-983.
- > Wolfgang Richter (2001), [Deeltjes opzweepen](#). *Natuur & Techniek* 69 (9), 48-49.
- > Christine Sutton (1994), [Een wereld van quarks](#). *Natuur & Techniek* 62 (10), 754-761.