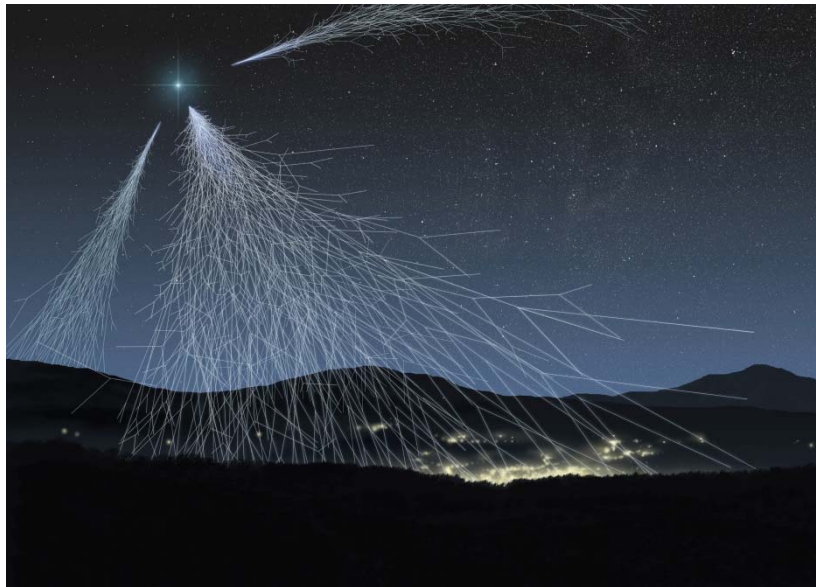




Kosmiske stråler

Jens Olaf Pepke Pedersen



DTU Space
Institut for Rumforskning og -teknologi

Kosmiske Stråler

Jens Olaf Pepke Pedersen

DTU Space, marts 2017

Kosmiske stråler

De mystiske kosmiske stråler har fascineret generationer af fysikere. Historien begyndte i Wien med en ballonflyvning under en solformørkelse for 100 år siden.

Tirsdag den 17. april 1912 foretog den østrigske fysiker Viktor Hess under en solformørkelse en ballonflyvning fra Wien, som var medvirkende til, at han 24 år senere i 1936 fik tildelt Nobelprisen i fysik for opdagelsen af den kosmiske stråling.

Strålingen har siden vist sig at være en strøm af energirige partikler, der konstant bombarderer Jorden fra rummet, og i dag står Hess meget i skyggen af sine populære landsmænd Erwin Schrödinger og Wolfgang Pauli, der modtog nobelpriser i fysik i henholdsvis 1933 og 1945 for grundlæggende bidrag til kvantemekanikken, og selv blandt fysikere er Hess ikke særlig kendt.

Omkring 1910 beskæftigede han sig imidlertid med et af datidens hotteste forskningsområder: undersøgelser af atmosfærens elektricitet, som blandt andet giver sig udslag i lyn. Det havde længe været kendt, at der altid var både positive og negative frie ladninger til stede i atmosfæren, og da radioaktiviteten var blevet opdaget godt ti år tidligere, havde man også fundet en mekanisme, der kunne forklare,

hvordan ladningerne konstant blev dannet. De radioaktive stråler, som også blev kaldt ioniserende stråler, havde netop den egenskab, at de kunne danne ladede partikler i en neutral gas, så tilsyneladende var alt i skønneste orden. Man vidste også, at Jorden var svagt radioaktiv, og at denne aktivitet aftog med afstanden fra overfladen, efterhånden som strålingen blev absorberet i luften, og derfor gik man også ud fra, at antallet af ladninger i atmosfæren måtte aftage tilsvarende med højden.



Figur 1. Theodor Wulff (1868-1946).

Den tyske fysiker Theodor Wulff fik i 1910 lov til at bruge Eiffeltårnet i Paris til at undersøge, hvordan antallet af ioner i luften afhang af højden over jordoverfladen, og hans overraskende konklusion var, at selvom antallet som ventet faldt lidt med højden, var der på toppen af tårnet stadig alt for

mange ioner til, at det kunne forklares alene med stråling fra Jorden. Hans målinger var dog ikke nok til at overbevise datidens kritikere, der påpegede, at målingerne nok enten var upræcise eller påvirket af, at materialerne i Eiffeltårnet selv var lidt radioaktive, hvilket ikke var en helt urimelig indvending.

Wulff selv var dog overbevist om sine målinger og måske takket være en baggrund som præst i Jesuiterordenen foreslog han derfor meget dristigt, at strålingen måtte have sin oprindelse uden for jordkloden. Han opfordrede sine kolleger til at undersøge strålingen højere oppe i atmosfæren ved hjælp af drager og balloner. Han havde åbenbart ikke selv mulighed for eller lyst til at forfølge sagen yderligere, men det blev i stedet Viktor Hess' chance.

Oprindeligt var det Hess' plan, at han efter afslutningen på sine fysikstudier ved universitetet i Graz i 1905 ville beskæftige sig med optik hos professor Paul Drude i Berlin. Drude var på det tidspunkt godt i gang med en glimrende karriere, hvor han havde udgivet en kendt lærebog i optik, og han var netop blevet udnævnt til direktør for Det fysiske Institut ved Berlins Universitet og medlem af Det Preussiske Videnskabelige Akademi. Få uger før Hess skulle ankomme, begik Drude imidlertid af ukendte årsager selvmord umiddelbart før sin 43-års-fødselsdag. Tilsyneladende midt i et lykkeligt liv. Hess måtte derfor ændre planer, og i stedet lykkedes det ham via sin vejleders gode forbindelser at få en ansættelse hos

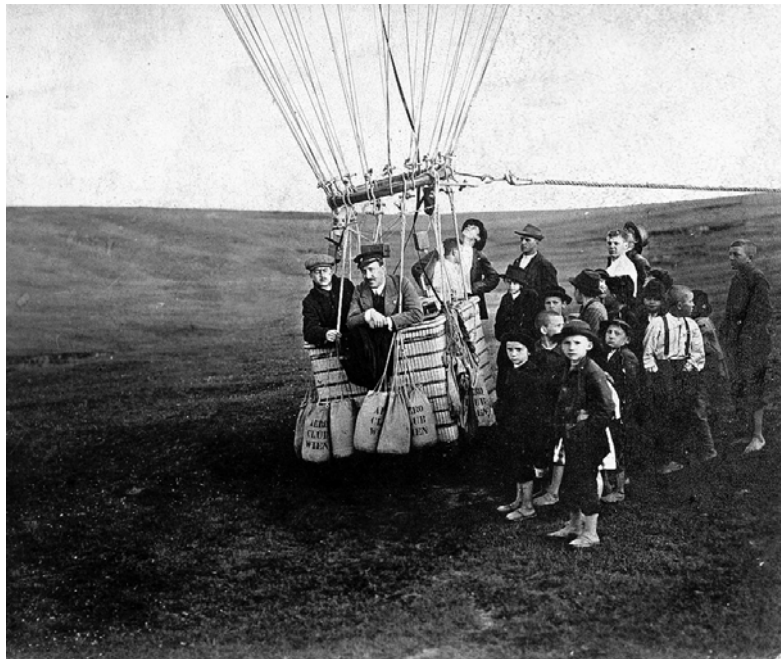
professor Franz Exner på universitetet i Wien, hvor han blev introduceret til problemerne omkring luftens elektricitet.

I 1910 blev der oprettet et Radiuminstitut i Wien, hvor Hess blev ansat som assistent, og her gik han kort efter i gang med de undersøgelser, som Theodor Wulff netop havde foreslået. Allerede i august 1911 foretog han den første flyvning med en ballon udlånt af den østrigske Aeroklub. Selvom han kun nåede godt 1000 meter op, var det tilstrækkeligt til at bekræfte Wulffs teori om, at strålingen måtte komme ovenfra.

Målingerne viste nemlig, at luftens ionisering faldt de første 400 meter, men herefter steg ioniseringen igen med højden, og så kunne forklaringen jo ikke alene være radioaktivitet fra Jorden. En stor del af strålingen måtte i stedet komme fra et sted uden for Jorden, og her var det en nærliggende tanke, at Solen var kilden til den mystiske stråling. I et forsøg på at afgøre det spørgsmål forsøgte Hess sig derfor to måneder senere med en ballonflyvning om natten, som dog delvist mislykkedes. En tæt tåge ved jordoverfladen gjorde det svært for skipperen at orientere sig samt at bestemme flyvehøjden, og den høje luftfugtighed fik desuden vand til at kondensere på ballonen og gjorde det vanskeligt at få den til at stige til vejrs. Målingerne tydede dog på, at strålingen var lige så stor om natten som om dagen.

De to første flyvninger var imidlertid nok til at skaffe en bevilling fra Det Kejserslige Videnskabelige Akademi i Wien til yderligere syv flyvninger, og da der samtidig var forudsagt en

delvis solformørkelse til den 17. april 1912, besluttede Hess at foretage den næste flyvning samtidig hermed. Hans tanke var, at hvis han kunne foretage sine målinger, mens solformørkelsen fandt sted, ville det afsløre, om Solen var kilden til de ioniserende stråler eller ej.



Figur 2. Viktor F. Hess (i midten) umiddelbart før en opstigning fra Wien omkring 1911

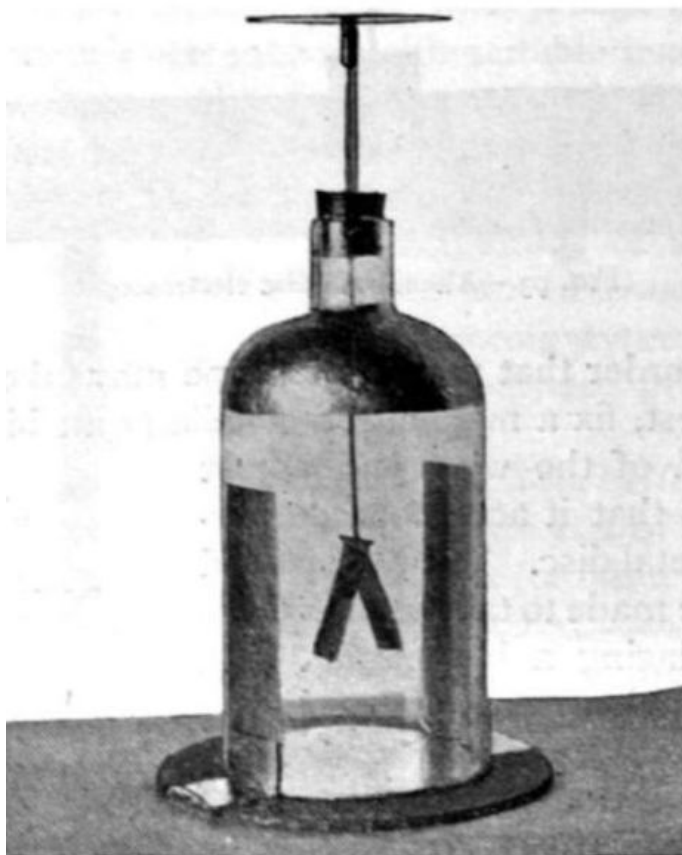
Opstigningen fra Wien skete klokken 10.30, og da hele Østrig var dækket af tætte skyer, var Hess og hans skipper

formodentlig de eneste i området, der fra en højde på mellem to og tre kilometer oplevede solformørkelsen. De nåede ikke at få hele begivenheden med, for da Månen gled ind foran Solen, og varmen fra solstrålingen begyndte at forsvinde, blev gassen i luftballonen så afkølet, at de var tvunget til at lande igen klokken 13.36 cirka 135 kilometer fra Wien.

Hess nåede dog at foretage to målinger, hvor henholdsvis 20 og 53 procent af Solen var dækket af Månen, uden at registrere nogen reduktion i ioniseringen, og han kunne derfor endeligt konkludere, at strålingen ikke stammede fra Solen hvis man altså kunne gå ud fra, at strålerne fulgte rette linjer, som han forsigtigt tilføjede. Eftersom strålingen kom ovenfra, måtte den derfor have sin oprindelse længere ude i verdensrummet. I de følgende måneder gennemførte Hess yderligere seks ballonflyvninger under forskellige vejrforhold, og på to af flyvningerne var han endda selv ballonskipper og måtte derfor begrænse antallet af instrumenter, da han også skulle tage sig af at styre ballonen. Den 7. august 1912 foretog han sin sidste tur, som var planlagt til at være en højdeflyvning.

Ballonerne i Wien brugte bygas, som ikke havde så god en opdrift, og vejrforholdene omkring byen var heller ikke idelle til at nå større højder, så den sidste opstigning blev foretaget fra det nordlige Böhmen, hvor Hess fik en ballon fyldt med brint stillet til rådighed. Starten gik lidt over kl. 6 om morgenen, og i løbet af formiddagen nåede ballonen op i en højde af 5.350 meter, men på trods af ekstra ilt blev Hess så

medtaget af højdesyge, at han var tvunget til at lande igen ved 12-tiden, i øvrigt ikke så langt fra Berlin.



Figur 3. Elektroskop af samme type som Viktor Hess brugte.

Herefter overlod Hess flyvningerne til andre forskere, men hans målinger fra den sidste tur viste, at i en højde af fem kilometer var strålingen flere gange kraftigere end ved jordoverfladen, og det styrkede hans konklusion om, at han havde fundet en hidtil ukendt og meget gennemtrængende form for stråling fra rummet, som endda var i stand til at ionisere luften helt nede ved Jordens overflade.

Hess' konklusioner blev dog ikke umiddelbart accepteret af hans fysikkolleger, og han mødte især hård kritik fra Robert Millikan, der var professor på Caltech i USA og var blevet kendt for sin måling af elektronens ladning. Millikan var en autoritet på området og fik i øvrigt selv Nobelprisen allerede i 1923, så det gjorde indtryk, når han erklærede, at hans egne undersøgelser ikke viste nogen tegn på strålinger fra rummet.

I midten af 1920'erne foretog Millikan dog flere undersøgelser, som bekræftede Hess, og han ændrede derfor sin opfattelse endda så meget, at han nu hævdede selv at have opdaget strålingens oprindelse fra rummet, hvorfor han også mente, at den burde kaldes for »Millikansk stråling«. Det var næppe den form for oprejsning Hess havde ventet på, men heldigvis var der også nogen, der havde foreslået, at strålingen skulle opkaldes efter ham, og Millikan fandt i stedet på udtrykket »kosmisk stråling«. Dette udtryk er blevet hængende siden, så Millikan kom alligevel til at bestemme navnet på strålingen.

I første omgang fik Viktor Hess således ikke nogen større anerkendelse for sine ballonmålinger, og han arbejdede derfor

i mange år videre som assistent ved Radiuminstituttet. I 1920 var han dog blevet kaldt tilbage til sin hjemby Graz som professor, og samme år giftede han sig med Maria Breisky, der var blevet enke med de to børn, Rosa Helene og Hans. Hess havde boet til leje hos familien, og efter sigende vaklede han i lang tid mellem moderen og datteren. Eftersom han ikke var specielt lidenskabelig, men til gengæld satte stor pris på god mad, endte han med at beslutte sig for moderen Maria, hvis evner i køkkenet han allerede havde et indgående kendskab til.

I 1931 fik han et professorat i Innsbruck, hvor han straks tog fat på at bygge et laboratorium i 2300 meters højde for at udforske den kosmiske stråling, og i 1936 blev han som nævnt hædret med Nobelprisen i fysik, som han delte med en af Millikans studenter, Carl D. Anderson, der forinden havde opdaget elektronens antipartikel positronen i den kosmiske stråling.

Nobelprisen var dog ikke nok til at forhindre, at Hess to år senere efter at Østrig var blevet forenet med Tyskland blev afskediget uden pension på grund af sine politiske synspunkter og hans hustrus jødiske baggrund. Han stod desuden til at blive arresteret, men blev advaret af en officer i Gestapo og nåede med sin hustru at flygte til Schweiz, hvorfra han siden kom til USA og blev ansat ved Fordham University i New York. Her var han aktiv forsker indtil 1958 og beskæftigede sig især med virkningerne af radioaktivt nedfald fra de mange kernevåbenforsøg.

Mens debatten om de kosmiske strålers sammensætning endnu stod på, var det Robert Millikans opfattelse, at strålingen måtte bestå af meget energirige fotoner, mens fysikeren Arthur Compton foreslog, at det var hurtige ladede partikler. Senere målinger viste, at strålingen blev afbøjet af Jordens magnetiske felt, og at det derfor måtte være Compton, der havde ret.



Figur 4. KASCADE-Grande observatoriet ved Karlsruhe.

I dag ved vi, at langt størstedelen af de kosmiske partikler er protoner, men blandet med tungere kerner. For eksempel rammes Jorden af en jernkerne for hver cirka 14.000 protoner. I kollisionen med molekyler i toppen af atmosfæren skaber de kosmiske partikler nye partikler, der igen skaber andre

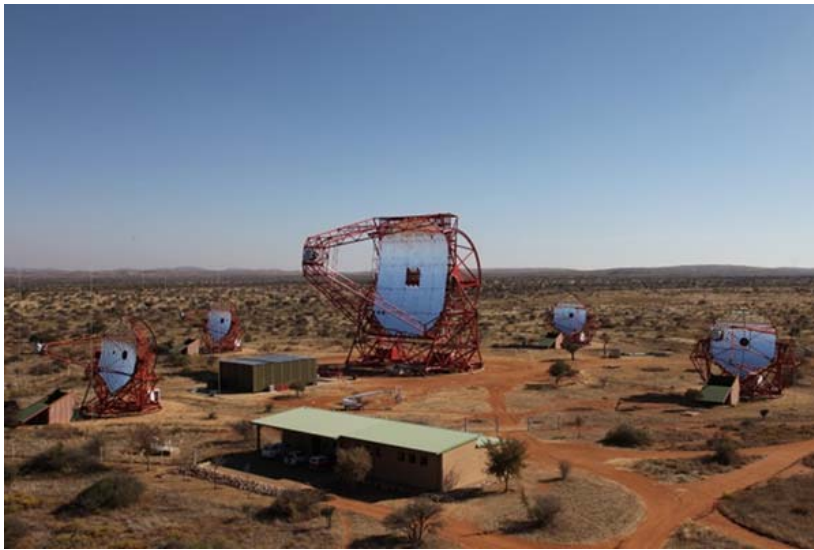
partikler, hvilket giver anledning til, at der kommer en hel byge af partikler ned igennem atmosfæren.

I årene efter Anden Verdenskrig fandt man, hvad der er blevet betegnet som »en hel zoologisk have« af nye partikler i den kosmiske stråling, hvilket førte til grundlæggende revisioner af partikelfysikken. I mange år var den kosmiske stråling derfor partikelfysikernes vigtigste redskab i studiet af de mange nye partikler, og den dag i dag er energien af de hurtigste kosmiske partikler stadig millioner af gange større end den, man kan frembringe kunstigt i accelerators på Jorden.



Figur 5. En af detektorerne i Pierre Auger Observatoriet i Argentina.

Ved jordoverfladen består de fleste partikler i strålingen af myoner (en slags tunge elektroner), og et areal på størrelse med en hånd bliver i gennemsnit ramt af en myon i sekundet. Heldigvis vekselvirker myonerne meget lidt med vores celler, men i løbet af et menneskeliv akkumuleres der alligevel en strålingsdosis, der kan være medvirkende til at opretholde et vist minimum af kræfttilfælde. Risikoen er større, hvis man tilbringer en stor del af sin tilværelse i et flysæde, og da det er svært at beskytte sig imod partiklerne, kan det godt vise sig at blive den kosmiske stråling, som sætter en grænse for, hvor langt mennesket vil bevæge sig ud i solsystemet.



Figur 6. H.E.S.S. teleskopet i Namibia.

Den kosmiske stråling undersøges fortsat ved hjælp af balloner, men også fra satellitter i rummet og fra store detektorer på Jorden. I 2004 blev et nyt observatorium indvidet i et ørkenområde i Namibia og fik navnet High Energy Stereoscopic System, hvor forkortelsen HESS blev valgt for at hædre Hess.

Her 100 år efter Viktor Hess' skelsættende ballontur er der fortsat mange uløste mysterier omkring den kosmiske stråling og dens oprindelse. Det er sandsynligt, at de fleste af partiklerne har nået deres høje energier, fordi de stammer fra supernovaer, hvor døende stjerner i en enorm eksplosion slynger store dele af deres atmosfære ud i rummet.

Nogle af partiklerne har imidlertid så ekstreme energier, at det er svært at forklare, hvordan de har opnået dem, og der er foreslået mange eksotiske forklaringer såsom at der foregår voldsomme ting i vores egen eller andre galaxers centrum, hvor partiklerne er skabt af det endnu mere mystiske mørke stof, accelereret ved hjælp af supertunge sorte huller eller i et stort ping-pong-spil mellem fjerne galakser.

Så selvom vi i dag ved langt mere om den mystiske stråling end for 100 år siden, er der fortsat god plads til overraskelser.



Figur 7. Victor Hess (i ballonkurven) efter en landing i august 1912. Viktor