

Globus

Vicent Botella i Soler

Institute of Science and Technology - Àustria



El Prater és el parc més gran de Viena. Amb uns 6 km² de boscos, petits llacs i un parc d'atraccions, el Prater s'ompli de famílies i esportistes de cap de setmana quan ve el bon temps. Una vesprada d'estiu, quan llegia estirat a la gespa i protegint-me de la llum del Sol amb el llibre, hi va aparèixer pel cantó de la pàgina, conspicu contra el cel blau, un globus d'un color roig brillant. Aquell globus, que segurament algun xiquet havia perdut, em va recordar la història que us contaré.

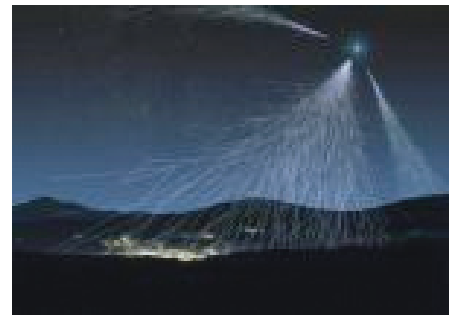
Parlem de ciència. Què sabeu de l'aire que respirem? Deixeu-me guiar-vos: l'aire és un gas i està compost per àtoms de distints elements, principalment nitrogen i oxigen (en forma de molècules diatòmiques N₂, O₂). Un fet ben conegut dels àtoms és que normalment no tenen càrrega elèctrica neta, són neutres. La càrrega positiva del nucli, format per protons i neutrons, és compensada per la càrrega negativa dels electrons que orbiten al voltant del nucli. Per cada protó positiu hi ha un electró amb càrrega negativa. Si aconseguim llevar-li un electró a un àtom, aquest passa a tindre càrrega elèctrica positiva. En física diem que hem ionitzat l'àtom o creat una parella d'ions: l'àtom positiu i l'electró lliure amb càrrega negativa. Tanmateix, aquesta situació no és estable i l'àtom positiu captarà qualsevol electró lliure que passe a prop per tornar a ser neutre. Per aquest motiu, és raonable esperar que l'aire que respirem siga elèctricament neutre. És així?

Una sèrie d'observacions i experiències al s. XIX mostraren que l'aire, contràriament al que es pensava, conté ions. Després d'allò que hem explicat al paràgraf anterior podeu imaginar la confusió que aquesta observació va generar. Si els ions capten electrons per tornar a ser neutres a la mínima oportunitat, hi devia existir un procés que creava ions contínuament mantenint-ne una proporció constant. Com que no sabíem quin podia ser aquest procés, la comunitat científica li va donar a aquest fenomen el nom d'ionització espontània.

L'esperança de trobar una explicació per a la ionització espontània arribà amb el descobriment de la radioactivitat per part de Henri Becquerel l'any 1896. La radioactivitat, tal i com la descobrí Becquerel mentre estudiava sals d'urani (U), és l'emissió de

radiació (partícules carregades o fotons) per part d'un cert material o substància. Poc temps després, Pierre i Marie Curie aïllaren i descobriren alguns dels primers elements radioactius coneguts com el radi (Ra) o el poloni (Po). L'aparició d'aquests nous elements ens va permetre entendre que a la natura i, en particular, a l'escorça terrestre, hi havia un seguit d'elements químics que emetien radiació espontàniament. Una característica important de la radiació emesa per aquests elements és que, en alguns casos, pot ser força energètica. De fet, pot tindre l'energia suficient per a ionitzar (arrancar electrons!) dels àtoms de l'aire que els envolta. Teniem doncs una hipòtesi plausible per a la ionització espontània de l'aire: la radiació emesa pels elements radioactius a l'escorça terrestre ionitza els àtoms de l'aire de l'atmosfera.

Un dels experiments que calia fer per a comprovar aquesta hipòtesi era estudiar la variació de la ionització de l'aire amb l'altitud. En un medi qualsevol, la ionització ha de disminuir amb la distància a la font de radiació i per tant, com més lluny de l'escorça terrestre, menys ionització atmosfèrica hi esperem trobar. L'any 1910 es dugueren a terme dos experiments en aquest sentit amb resultats sorprenents. El físic i jesuïta alemany Theodor Wulf (1868–1946), que havia dissenyat un tipus concret d'electròmetre per mesurar la ionització de l'aire, va viatjar a París per fer mesures a la base i a l'últim pis de la Torre Eiffel, en aquell temps l'edifici més alt del món (330 m). Wulf va observar un xicotet descens de la ionització amb l'altitud però menor d'allò que s'esperava segons els càlculs teòrics acceptats. Per altra banda, el físic suís Albert Gockel (1860–1927) va emprendre dos ascensions en globus per mesurar la ionització atmosfèrica fins altituds properes als 3000 m. Gockel tampoc no va aconseguir mesurar una disminució de la radiació però els seus aparells no tenien en compte el canvi de pressió de l'aire amb l'altitud i els resultats foren descartats. No cal dir que aquests resultats sols contribuïren a augmentar la confusió. La hipòtesi de la radioactivitat com a causa de la ionització semblava bona, però no podien explicar que el seu efecte no fos atenuat per l'altitud. Potser hi havia elements radioactius a l'atmosfera també? Calia seguir investigant.



Victor Franz Hess (1883-1964) / Font: nobel.se. V. F. H. en una de les primeres ascensions. /Font: www.nytimes.com
Recreació d'una cascada de raigs còsmics. Font: ASPERA.

Arribats en aquest punt cal que tornem a Viena. El mateix any dels experiments de Wulf i Gockel, el físic austríac Victor Franz Hess (1883-1964) obtingué el doctorat i s'incorporà al nou *Institut für Radiumforschung* (Institut per a la investigació del Radi) a Viena. Interessat pel problema de la ionització espontània, va estudiar a fons els resultats de Wulf i Gockel. A més a més, la seva habilitat com a experimentador li va permetre millorar l'electròmetre de Wulf per evitar els problemes que havien afectat Gockel. Amb els nous electròmetres i, imaginem, una bona dosi de curiositat i coratge, Victor Hess va iniciar, a les 8 del matí del dia 28 d'agost de 1911, la seua primera ascensió en globus aerostàtic des del Prater de Viena per mesurar la ionització atmosfèrica. Fins l'any 1913 Hess completaria un total de 10 ascensions en diferents condicions atmosfèriques (inclòs un eclipsi solar!) fins una altura màxima de 5350 m. Els resultats d'aquests experiments mostraren que la ionització disminuïa lleugerament fins a altituds de 1000-2000 metres, en concordança amb els resultats de Wulf. Tanmateix, a partir d'aquesta altitud la ionització tornava a augmentar. De fet, la ionització detectada a 5000 m era molt més intensa que a nivell del mar. La conclusió de Hess, no exempta de polèmica, fou que hi arribava un tipus nou de radiació ionitzant des de l'espai exterior.

Actualment coneixem aquesta radiació pel nom de rajos còsmics. El nom li'l devem al físic nord-americà Robert A. Milikan (1868-1953) que malgrat no haver cregut en l'existència d'aquesta radiació en un principi, acabà per batejar-la. Milikan formà part del grup de científics que s'uniren a l'estudi dels rajos còsmics després de la primer guerra mundial. La guerra imposà necessàriament una pausa però la investigació fou represa en els anys vint i descobriments molt importants derivats del seu estudi se succeïren ràpidament.

Què sabem avui dels rajos còsmics? Què són? D'on vénen? Els rajos còsmics són partícules d'alta energia, protons majoritàriament. Aquestes partícules arriben des de fora del sistema solar, accelerades per processos astrofísics violents com ara les explosions de supernova, explosions amb què acaba la vida

d'algunes estrelles. L'energia dels rajos còsmics pot arribar a ser milions de vegades més gran que la de les partícules accelerades al LHC de Ginebra. Si volem comparar xifres, els protons al LHC xoquen a 14 TeV (10¹² eV) mentre que els protons dels rajos còsmics més energètics tenen energies superiors als 107 TeV. Quan entren en contacte amb l'atmosfera terrestre, els protons xoquen amb les molècules de l'aire donant lloc a cascades de partícules secundàries que podem detectar quan arriben a terra. Aquestes partícules travessen els nostres cossos contínuament però la dosi de radiació emesa és molt petita. De fet, ara sabem que sols un 20% de la ionització de l'aire a nivell del mar es deu als rajos còsmics. La radioactivitat natural ionitza l'altre 80%.

Un dels descobriments més rellevants que es van fer al començament de l'estudi de la radiació còsmica fou el del positró, una partícula amb la mateixa massa de l'electró però amb càrrega elèctrica positiva. L'existència d'aquesta partícula havia estat conjecturada per Paul Dirac l'any 1928. Carl David Anderson (1905 - 1991), un altre físic nord-americà, la va detectar mentre estudiava rajos còsmics l'any 1932. Hess i Anderson compartiren el Premi Nobel de física l'any 1936 pels respectius descobriments.

Com a nota final, cal recordar que el fet d'haver guanyat un Premi Nobel no fou de massa ajut per a Hess quan Hitler va annexionar Àustria l'any 1938. Per la seua oposició al nazisme i pel fet que la seua dona era jueva, a Hess li fou retirada la plaça i poc després també la pensió. Per sort, poc abans que arribés una ordre de detenció contra ell, Hess i la seua família aconseguiren escapar a Suïssa i després emigraren als EUA. Allí Victor Hess continuà la tasca investigadora al voltant de qüestions relacionades amb la radiació fins la seua mort l'any 1964.

Referències

[1] Bertolotti, M., *Celestial Messengers: Cosmic Rays. En particular el 2n capítol The Discovery: Victor F. Hess and the Balloon Ascents.* Springer, 2013.

[2] Cronin, J. W., *From spontaneous ionization to subatomic physics: Some vignettes from cosmic ray history.* *Astroparticle physics* (2013). <http://dx.doi.org/10.1016/j.astropartphys.2013.04.003>.

