

# FUSIO HOTZA: HOZTEN ARI AL DA?

MJ Barandiaran & Inaki Irazabalbeitia

*Fusio nuklear hotza lortu zenaren berriak komunitate zientifiko osoa astindu zuen joan den Aste Santuan.*

*Komunikabideetan ere oihartzun zabala izan du. Hitzetik hortzera ibili den gaia izan da. Eztabaida eta zalantzak hasierako une beretik sortu ziren. Aurkikuntza iragartzeko modua ez zen zientzilarien artean oso gustokoa izan. Guztiak gauza batean zeuden ados: Fleischmann eta Ponsen eginiko aurkikuntza konfirmatuz gero, gure zibilizazioaren oinarriak gutxienez lurrin-makinak adina astinduko zituela. Elektrokimikari horiek aurkitutako fusioa nuklear hotza den ala ez jakitea izan da hasierako kezken muina.*

*Bestalde, hasierako berotasuna hozten joan da azken bi hilabeteotan. Orain akaso, ikuspegi lasaiagotik azter daiteke arazoa, hastapeneko ustegabeak eta harridurak eragindako giro bero eta pizgarria moteldu delako. Gai honi buruzko hiru eritzi eskaini nahi dizkiogu euskal irakurleari orrialde hauetan. Batetik, Bertil Wilner fisikariak Nature aldizkarian argitaratutako ohar historiko bat transkibatuko dugu. Bestetik, Donostiako Kimika-Fakultatera jo dugu eta Pedro M. Etxenike fisikariari eta Toribio Fernandez elektrokimikariari eritzia eskatu diegu.*

## FUSIO BERRIRIK EZ EGUZKIPEAN

Bertil Wilner  
(Nature, 1989/5/18, 180 or.)

Elektrokimikoki eragindako fusioa eztabaidagai ezaguna da. Ez da gai berria ordea. Naturen apirilko 27ko alean 1920.eko hamarkadan Fritz Paneth eta Kurt Peters-ek eginiko aldarrikapenaren berri eman zen. Beraiek esandakoaren arabera, hidrogeno arruntak, paladioan zurgatuta helioa eratzen zuten<sup>1</sup>. Ale berean, Steven Dickman-ek, Stockholmeko Elektrolux laborategietan Tandberg-ek eginiko lana aipatzen du. Lan horrek, oraingoaren antza du, zelula elektrokimikoak eta bero-xahuketa tartean direlako. Nere aitak, Torsten Wilner-ek, Tandbergekin egin zuen lan ikerketa nuklear horretan eta beste batzuetan ere bai. Bere oharrak oraindik badauzkat eta ikuspegi desberdin eta liluragarri asko dago bertan.

Tandberg zeharka sartu zen lan horretan. 1925.ean, hidrogenoa hozkailuetan konfinatzeko metal egokien bila hasi zen. Paladioaz interesatu zen, baina kontrako ezaugarriak bilatzen zituen (iragaz-

kortasuna eta hidrogenoa zurgatzeko ahalmena). Paneth eta Peters-en (hauek zeppelinak betetzeko helioa sortu nahi zuten, paladioak eragindako hidrogeno-atomoen “katalisi nuklear espontaneoz”; beroa ere sortzea espero zuten, baina alderdi hori ez zitzaion interesatzen) lanak eragin handia izan zuen beregan. Dickman-en oharrean esaten denez, helioa espektroskopikoki identifikatua izan zen. Helioa atmosferikoa zen eta ez erreakzio nuklearrek sortutakoa.

Tandberg lan horri jarraitu zitzaion, elektrolisia erabiliz paladioaren gainazalean hidrogenoa kontzentratzeko (hidrogeno-presio handia jadesi nahi zuten, berak aditzera ematen duenez). Ondorioz nagusiena energia sortzea izan zen. 1927.ean Tandberg-ek egin zuen patente eskariaren jatorrizko izenburua “Energia atomikoa ateratzeko metodoa” zen, nahiz eta geroago izen berri hau eman: “Helioa lortzeko metodo bat”. Patente-bulegoari eginiko kontzesioa izan zen seguruenik.

Patentea ez zen onartua izan. Eman dako arrazoirik nagusiena zera izan zen: Tandberg-ek ezin izan ziola bulegotik eginiko objektuorik handienari (“Zer da kontzentrazio handieneko hidrogenoa?”

galderari alegia) erantzunik eman. Energia erazteko mekanismoak azalpen hobe behar zuten eta ematen zen azalpena ez zen behar bezain osatua, pertsona batek asmakuntza erabiltzerik izan zezan. 1932.ean deuterioa aurkitua izan ondoren, Tandberg eta Wilnerrek esperimenterepikatu egin zuten ur astuna (Niels Bohr-ek emanikoa seguruenik) erabiliz.

Fusioaren sua piztu zitzaion eta biek esperimenteruak egiteari ekin zioten. Eztanda-hariak erabili zituzten; egun zenbait laborategitan erabiltzen dira, ioiak azeleratu eta Coulomben aldarepena gainditzeko adinako energia har dezaten. Tentsio handiko kondentsadoreak deskargatu zituzten elektrokimikoki deuterioz kargatutako paladiozko hargatxo mehetan zehar. Lehenengo deskarga-egunean, Tandberg-ek nere aitari bakarrik utz zezan eskatu zion, lehenketa nuklearrik izanez gero gertatutakoaren berri eman zezan. Ez zen ezer ikusgarrikerik gertatu, nahiz eta deskargak sortutako zarata laborategian ohizko bilakatu. Emaitza argi eta erabakiorrik ez zen lortu; analisi-teknika egokiak ez zeudelako agian. Esperimenteruak deskribatzen dituzten oharrak, zenbait paladiozko hargatxo eta ur astuna badauzkat oraindik.

<sup>1</sup> Paneth eta Peters bi fisikari aleman ziren eta 1926.ean hidrogenotik paladioa katalisatzaile moduan erabiliz helioa sortu zutela eman zuten aditzera. Zortzi hilabete geroago, atzera bota zuten esandakoa zenbait errore esperimenteru izan zutela konturatu zirenean.

Tandberg eta Wilnerrek nere aitaren etxeko sotoan segitu zituzten esperimentuak. Cockroft eta Waltonen esperimentu famatua ( ${}^7\text{Li}$  isotopoa protoi azelaratuaren bidez artifizialki bi alfa partikula bihurtzea) errepikatu zuten. Ondorengo esperimentu batzuetan, deuterioz asetako paladiozko xafla bat azelaratuak deuterioez bonbardatzen, orain interesa sortu duen erreakzio nuklearra ( $d + d = {}^3\text{He} + n$ ) ikusi zuten. Sortutako neutroiak parafinazko argizariz moteldu ziren eta zilarren aktibazioz detektatu.

## TORIBIO FERNANDEZ-EN ERITZIA

Duela ehun urte baino lehenagotik ezaguna da metalek hidrogenoa zurgatzeko duten ahalmen handia<sup>2</sup>. Bibliografian horren adibide asko dago. Esaterako, korrosio-prozesuei ekidin nahi zaienean, burdina katodikoki polarizatzen denean, gehiegi polarizatzen bada hidrogenoa sortzen da. Hidrogenoa burdinak zurgatzen du, metalaren barnean hidrogeno-burbuilak sortzen dira, tentsioa handiagotu egiten da eta metala hauskor bihurtzen da. Sare metaliko guztia hondatzen da.

Idea originala bibliografian aipaturik zegoen aspaldi. Metalek hidrogeno asko zurga dezaketenez, deuterioa zurgaraztea pentsatu zen. Deuterioak neutroi bat du eta paladioan zurgatuak eta paketa-tuak egonik, deuterio-atomoen nukleoek Coulomben aldarapen-indarra gainditu eta elkarrekiteko posibilitatea handiagotu egiten da; fusioa gerta liteke, alegia.

Bestetik, uraren elektrolisia baldintza berezietan egiten denean, soberako ener-

gia sortzen dela ezaguna da aspalditik. Kantitatea txikia da eta doitasun handiko neurketak egin behar dira detektatzeko. Bero-kantitateak neurgarriak izan daitezten, hogeitalau ordu behar dira gutxienez eta esperientzia kalorimetrikotik txikia dugunok ere, badakigu jakin sistema itxi bat 24 ordutan bero-trukerik gabe mantentzea zein zaila den. Hau lehenengo arazoa da. Bigarren arazoa beste hau da: soberazko beroa fusio nuklearrari zor bazaio, neutroiak eta gamma izpiak sortu behar dira. Pasatzen ari den energia eta sortzen den beroa txikiak direnez, neutroi-kopurua eta erradiazioa ere txikiak dira. Lan hori aurrera ateratzeko, neurketa kalorimetrikotan eta erradiazio-neurketetan goi-mailako adituak behar dira emaitza onak lortzekotan. Bide honetatik egin zaizkio Fleischmanni kritikarik latzenak: neurtzen ari den erradiazioa erradiazio kosmikoa dela eta neurketa kalorimetrikoak gaizki egin direla alegia.

Fisikari iparramerikarrak oso zorrotzak izan dira. Bekaizkeria egon liteke tartean. Izan ere, azken urteotan ehundaka mila milioi dolar gastatu dituzte fusio nuklearra lortzeko eta orian “xaboigile” batek (haiek esaten duten bezela) 20.000 dolar bakarrik gastatuta hori lortzea ez zaie gustatzen.

Bestetik, Fleischmann lehen mailako pertsonaia da elektrokimikarien artean. Berak sortu du elektrokimikaz lanean ari den talderik sendo eta handiena. Egun munduan lanean ari diren elektrokimikari gehienak bere taldetik pasatu direla esan daiteke. Azken puntako ikerketan aritu da beti, lan-metodologia berriak garatu ditu eta antzinatik planteatutako

galdera asko ebatzi ditu. Pons bestetik, Fleischmannen ikasle izana da eta prestigio handia du nahiz eta bere historia bitxi xamarra izan. Iparrameriketan hasi zen lanean. Unibertsitatera itzuli nahi zuen, baina ez zuten onartzen, bere aukera pasatzen utzi zuela eta. Ingalaterrara etorri zen Fleischmannengana.

Egia esan, ni eszeptikoa naiz. Sistema hor dago. 1920.eko hamarkadaz gero, laupabost aldiz aztertu da. Jendeak azaltzen ez dakien zerbait gertatzen da. Urak bare daitezen utzi behar da. Munduko zortzi edo hamar taldek arazoa seriota-sunez azter dezaten utzi behar da. Gero gerokoak. Ni neu horretan lan egiteko prest nago, baldin eta azterketa teorikoak egin ondoren lana emankorra eta erabilgarria izango dela ikusten bada.

Nere eritziz gauzak dauden bezala jarraitzekotan fusio hotzak ez ditu munduko energi arazoak konponduko. Sortzen den energi kantitatea oso txikia da eta denbora oso luzea. Ikuspegi teorikotik bi kaloria sartzen ditugunean 20 lortzen baditugu, izugarria da. Baina, bi kaloria horiek sartzeko lau egun behar baditugu eta hogeia ateratzeko beste lau, energi produkzioarako sistemak ezin du horrela funtzionatu. Oraingoz erabilpen praktikoa ‘beratzen’ utzi behar da.

## FISIKARIEN IKUSPEGIA: PEDRO M. ETXENIKE

Arazo guztia bitxi xamarra dela iruditzen zait. Ezagumendu zientifikoaren berri emateko ohizko bideak ez dira jarraitu. Askoz zuhurragoak izaten dira. Esaterako, tenperatura altuko supereroankortasunaren kasuan, datuak ixilpean egon ziren lehenbizi, gero referee-ek<sup>3</sup> aztertu zituzten eta azkenik argitaratu egin ziren. Kasu honetan, nahiz eta emaitza esperimentalak Eskandinaviako akademiak argitaratzen duen *Journal of Electrochemistry* argitaratu, propaganda egunkarietan egin da nagusiki.

Neri zaila iruditzen zait erreakzio nuklearra izatea;  $d + d = {}^3\text{He} + n$  modukoa alegia. Horrelako erreakzio nuklearretan sortzen den neutroi-kopurua esperimendatzaileak hiltzeko modukoa da. Kasu honetan, beren onerako, esperimendutzaileak bizirik daude.

Bi aldarrikapenen artean, Jones-ek<sup>4</sup> eta besteek eginikoak oso desberdinak dira. Jones-en emaitzak mila milioi aldiz txikiagoak dira.

Teorikoki oso zaila da paladioak fusioa sortzeko bezain gogor jokatzea. Fu-



Toribio Fernandez

2 Kontutan hartu fusio hotza deuterioz asetako paladioan gertatzen bide dela.

3 Referee-ak, aldizkari zientifikoetara bidaltzen diren artikuluen kalitatea epaitzen duten adituak dira.

4 Jones fisikari iparramerikarrak, Fleischmann eta Pons-ek eginiko esperimenduaren antzekoa egin du, baina bere emaitzak (bero-sorrera eta neutroi-fluxua) ez dira hauenak bezain distiratsuak.

sioaren arazoa zeinu bereko bi karga elektrikoren aldarapen coulombiarra da. Zeinu bereko bi karga ezin dira batzuta coulombiarra gainditzeko posibilitatea oso txikia delako. Aldarapen-potentzial hori alda dezake paladioak, baina oso gutxi. Hori aztertzen ari gara hemen Jesus Ugalde eta biok.

Paladioak modu desberdinez alda dezake probabilitatea. Elektroien masa efektiboa aldatuz. Honek elektroien bat beste bati hurbiltzearen probabilitatea aldatzen du. Hau aspaldi ezagutzen zen; muoien kasuan modu dramatikoagoan



Pedro M. Etxenike

gertatzen bait da. Hidrogeno-molekula elektroiz osatu beharrean muoiz osatuko balitz, erradio atomikoa 207 bider txikiagoa izanik probabilitatea izugarri handituko litzateke. Honi muoiz eragindako fusioa deritzo. Ideia oso zaharra da; Luis

2. irudia.

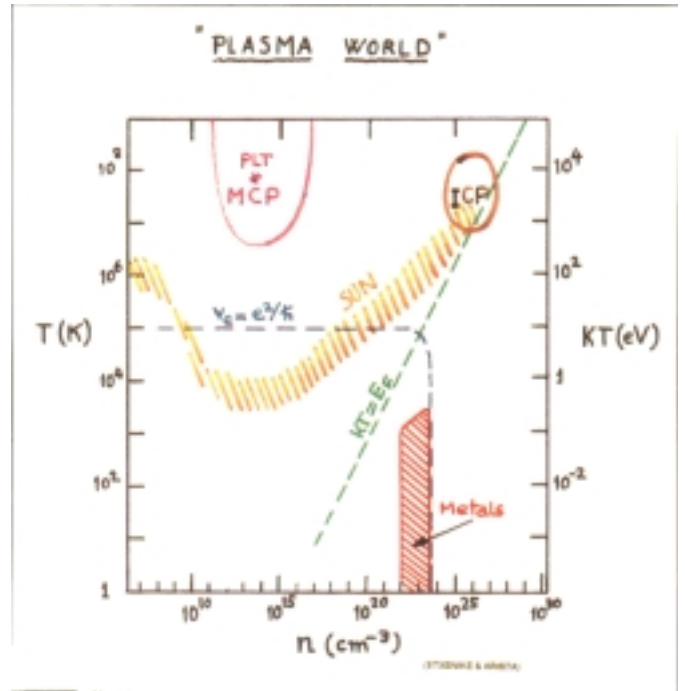
Alvarez eta Sajarov-ek horrelako ideiak aipatu dituzte.

Kasu honetan nahiz eta elektroien masa efektiboa sare ionikoarekin asko aldatu eta beste elektroiekin duen elkarrekintzaren ondorioz, zaila da 207 bider pisuagoak diren elektroiez pentsatzea.

Beste modu bat, elkarrekintza murriztea da, hots, aldarapen coulombiarra murriztea. Ugalde eta biok

egin dugun kalkuluaren arabera, protoi batek beste bat topatzeko duen probabilitatea hamar ber minus 54 da (1. irudiko kurba gorria). Pantailaketa asko aldatzen bada, hau da, beste elektroiek aldarapena txikiagoa izatea eragiten dutela kontutan hartzen bada, probabilitatea hamar ber minus 46 da (kurba urdina). Aldaketa izugarria da, ehun milioikoa, baina oso baxu hasi garez gero...

Fusioa azaltzeko ohizko modua hau da. Energi langa gainditzeko probabilitatea, 1. irudiko integrala da. Grafikoki 1. irudiko kurba eta lerro zuzen horizontalaren artean dagoen azalera da. Kurba gorritik urdinera joatean nabaria da aldaketa handia. Kurban b puntutik c puntura joatean (c puntuko energia b puntuarena



baino handiagoa da), azalera asko txikiagotzen da eta probabilitatea handiagotu egiten da. Horrexegatik fusioan metodo gogorra aukeratzen da beti; temperatura altuak eta energia handia alegia.

Eguzkian gertatzen dena 2. irudian ikusten da. Ordenatueta ezkerrean tenperatura irudikatzen da eta eskuinean energia. Abzisan berriz dentsitatea. Eguzkiari dagokion kurba horiz dagoena da eta fusioa gertatzen deneko baldintzak adierazten ditu. Tenperatura eta energia handiak behar dira. Fusio hotza zati gorriak irudikatzen du eta honek tenperatura eta energia txikiak adierazten ditu. Probabilitatea oso txikia da. Orain arte fusio nuklearra egiten saiatu direnean, irudiko zona marroi eta morean aritu dira lanean. Morea 'magnetikoki konfinatutako plasma' (MCP) izeneko metodoari dagokio eta marroia 'ioniazioz konfinatutako plasma' (ICP) izenekoari.

Fusio nuklear hotzean ez dira kontuak ateratzen. Hor zerbait oso interesgarria badago, baina ez da fusio hotza. Zalaparta guztia konfirmatu gabeko datuak eritzi publikoaren aurrean goizegi jarri direlako gertatu da. Gainera, Fleischmannen artikulua iluna da eta harrigarria da hori, bera lehen mailako zientzilaria delako. Jones-en artikulua esaterako, *Nature*n argitaratu da referee-ek eginiko galderei erantzun dielako. Fleischmannen kasuan ez da hori gertatu. Bestetik Jonesek aldarrikatzen dituen energiak fusio hotzaren barnean daude eta nahiz eta mutur batean egon, teoriaren barnean daude. ■

