

Atmosferako elektrizitatea.

Tximistak eta beste

J.R. Etxebarria

Artikulu honetan eta hurrengo alean agertuko den “Zer egin ekaitza denean?” izenekoan, naturan maiz azaltzen den fenomeno hau analizatuko dugu.

Atmosferako elektrizitatea aztertzean, oraindik ere guztiz ondo ezagutzen ez den fenomenologiaren arituko gara, fisikarien orojakiletasun usteko horren hutsuneetako bat agertuz. Ene iritziz, irakaskuntzaren ikuspegitik interesgarria da horrelakorik egitea, ezagutzaren mugak kontzienteki aipatzeko, zeren ikasleek behin baino gehiagotan gauza egintzat eta bukatutzat hartu ohi baitute Fisikaren ezagutza. Bestetik, Fakultateko irakasgaietan Fisikaren azterketa teorikoa egitean, ohiturik gaude eredu sinplifikatuak erabiltzera, eta, adibidez, Elektrikaren arloan eroale esferiko edo zilindrikoak kontsideratu ohi dira, edota korrante linealak. Gainera, eredu matematikoen sinplifikaziorako, gorputz mugatuak aztertu ohi dira, edota oso forma geometriko sinpleak dituztenak, sarri askotan simetria geometrikoak dituztenak erabiliz; horrela eginik kalkuluak asko errazten baitira.



Dena den, errealitatean ageri diren fenomenoak, askoz ere korapilotsuagoak izan ohi dira, eta gorputzek ez dute zertan forma geometriko ezagun eta simetrikorik eduki behar. Horrelako zerbait gertatzen da atmosferako fenomenoekin, zeintzuk oso korapilotsuak diren eta eredu matematiko errazetatik urruntzen diren. Behin baino gehiagotan horrelako kasuetan fenomenoaren azalpen koalitatibo gutxi gora-beherakoa egiteko baino ez gara gai. Mota honetakoa da, adibidez, atmosferako fenomeno elektriko batzuekin dugun arazoa, eta konkretuago hitz eginez, trumoi-erasoetan gertatzen diren tximisten ingurukoa.

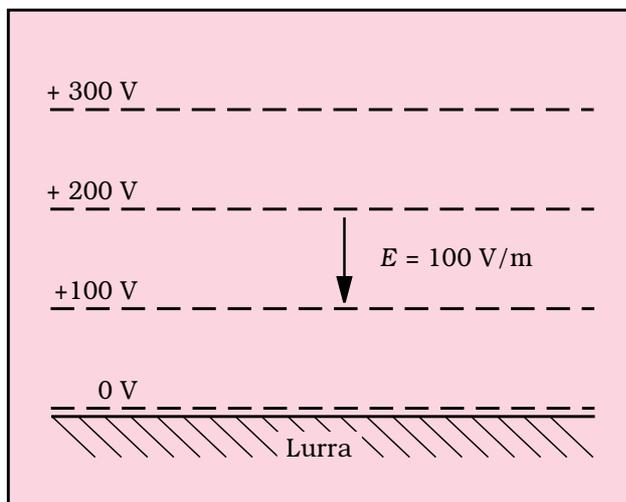
Lan honetan, gaiaren azterketaren gogorapen historikotik abiatuz, atmosferan gertatzen diren fenomeno elektriko nagusi batzuen azterketa egiten saiatuko gara, baina oraindik ere guztiz ondo ulerturik ez daudela jakinaren gainean egonik.

T Gogorapen historikoa

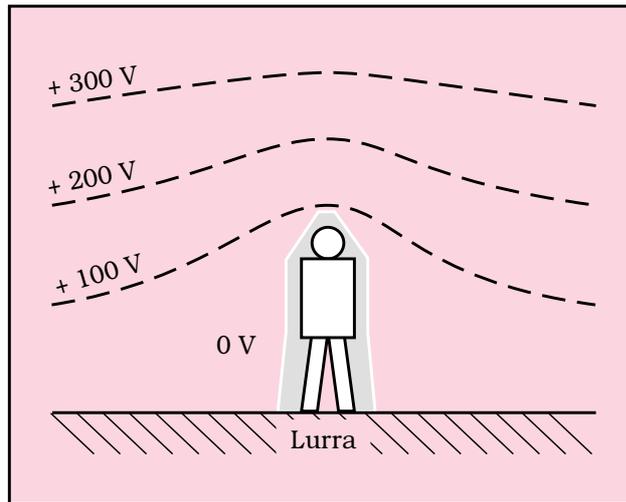
trumoi-erasoen eta tximisten ondorioen beldur eta izu izan da betidanik gizateria. Horretaz herrialde askotako mitoak aipa daitezke, horrelako askotan ahalmen apurtzaile handiko tximisten jainkoa ageri delarik. Dena den, mitoei Fisikarako egokia ez den azalpena damaigute.

Tximisten eta elektrizitatearen arteko erlazioaren aipamena eta azterketa zientifikoa azken mendeetako kontua da; elektrizitateari buruzko gaiak aztertzen hasi zirenetik honakoa noski. Lotura horren lehenengo aipamena WALL-ek (1708)

1. irudia.
Lurrazalaren gaineko eremu-potentzial elektrikoaren gainazal ekipotentzialak eta eremu elektrikoak.



2. irudia.
Pertsonen inguruko gainazal ekipotentzialen itxura.



egin zuen; bere hatzamarren eta anbare kargatuaren arteko kraskada eta argiztapenak ikusi ondoren, «Itxuraz trumoi eta tximisten prozesua adierazten dutela» iradoki baitzuen. Geroago, GRAY (1735) izeneko zientzilaria antzeko iritzia plazaratu zuen su elektrikoaren behaketaz, eta WINKLER-ek (1746) konparaketa xehatua egin zuen arku elektrikoaren eta tximistaren deskargaren artean.

Trumoi-hodeien elektrizitateari buruzko lehenengo esperimentuak 1750. urte inguruan egin ziren. Ordurako karga elektrikoak pilatzeko eta gordetzeko baliagarria zen Leyden pitxarra asmatuz zegoen, eta FRANKLIN-ek ahalegina egin zuen trumoi-hodeietatik elektrizitatea lortzeko, elizdorre garai batean puntu bat lurretik isolatuz. Dena den FRANKLIN-en izena iritsi zaigun arren, dirudenez, hori lortu zuen lehena D'ALIBARD (1752) izan zen, horretarako burdinazko makila luzea (~ 13 m) beirazko botila batez isolatuz eta zurezko euskarriez eutsiz (emaitza positiboak

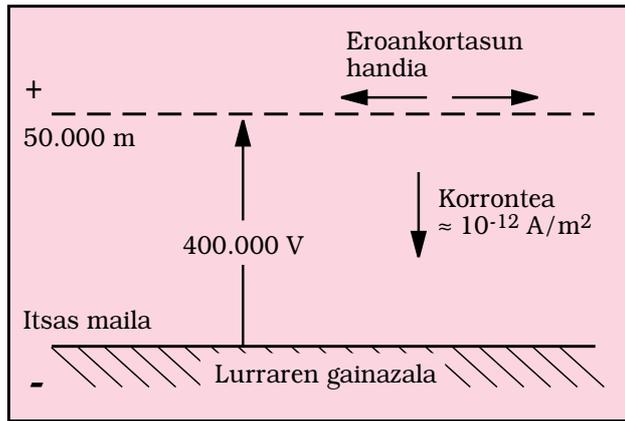
lorturiko eguna 1752-V-10 datakoa izan omen zen). Hilabete geroago FRANKLIN-ek hari eroalez loturiko kometa batez egin zuen proba, honek ere emaitza positiboak lorturik. Hortik aurrera beste zenbait esperimentu etorri ziren, tximistorratzaren asmakizunera iritsi arte. Esan beharra dago, horietan ez zela istripu larririk gertatu, kasu guztietan korrante-iturriak hodeietako eskualde txikitako deskarga-lokalak izan zirelako, eta ez benetako tximistak. Ez zen gauza bera gertatu 1753. urtean San Petersburg-en eginikoan, zeinetan RICHMANN irakaslea hilda gertatu zen, benetako tximistak bere esperimentuko eroalea harrapatzean.

Potentzial elektrikoaren atmosferan

Has gaitzen, bada, atmosferako elektrizitateari buruzko neurketen emaitzak aurkezten. Batezbesteko balioak kontutan hartuz, lurralde launetan edo itsas gainean gaudela, gorantz igotzean eremu-potentzial elektriko handiagotuz doa, beraren gradiente gutxi gora-behera 100 V/m baliokoa delarik. Alegia, E eremu elektrikoaren balioa 100 V/m-koa da, norabide bertikalekoa eta norantza beheranzkoa delarik (ikus 1. irudia).

Irudian ikus daitekeenez, Lurrazalak eroale modura jokatzen du, karga negatiboduna, gainazal ekipotentziala osaturik, eta besteak inguruko esfera kontzentrikoak izanik. Dena dela, lurrazalean irregulartasunak (edo pertsonak) daudenean, deformazioak ageri dira lehen azaldutako eskeman. Hain zuzen, guri dagokigunez, interesgarria

3. irudia. Lurraren inguruko geruzen arteko potentzial-diferentzia, eremu elektrikoaren norantza eta korrante elektrikoaren dentsitatea.



dateke zer gertatzen den aztertzea. Lehen begirada batez, aurretik esandakotik, geure buruaren eta oinen artean potentzial-diferentzia handia dagoela pentsa dezakegu (~ 170 V-ekoa, pertsonaren altueraren arabera). Baina gauzak ez dira horrela gertatzen. Berez, giza gorputza eroale aski egokia da, eta horregatik, lurrarekiko kontaktuan joera dago potentzial berbera lortzeko, hau da, lurrazalarekin gainazal ekipotentziala osatzeko. Ondorioz, inguruko gainazal ekipotentziala deformaturik ageri dira, 2. irudian azaldu den modura.

Lan honetan ez gara arituko atmosferako eremu elektrikoaren neurteko metodoez, horretarako erreferentziatik abia gaitzkeelarik. Baina, dena den, gorantz igotzean eremu hori gero eta motelagoa da, 50 km-ra iristean oso txikia delarik. Berez, potentziala handiagotuz doa altuera horretaraino, denetara bertako puntuen eta lurrazalekoen arteko potentzial-diferentzia 400.000 V-ekoa delarik, 3. irudian azaldu denez. Bertako eskemaren arabera, goiko geruza positibo modura eta behekoa negatibo modura kontsidera ditzakegu.

Nolanahi ere, hurrengo atalean ikusiko dugunez, goitik beherako korrantea dago; Lur osoa kontutan harturik denetara 1.800 A balio duena. Ondorioz pentsa daiteke, denborarekin goiko geruzaren deskarga gertatuko dela, eta azkenean bi potentzialak berdindu egingo direla. Baina gauzak ez dira horrela, eta potentzial-diferentzia hori nahikoa iraunkorra da, gora-behera txikiak baditu ere. Gehiago oraindik, aipaturiko gora-beherek erregularitasun handia dute, egun-beteko maiztasunez. Izan ere, mundu osoan barrena eginiko neurketek adierazten dutenez, egu-

nean zehar eremu elektrikoak duen batezbesteko eboluzioa, 4. irudian ageri da. Bertan ikus daitekeenez, gora-behera \pm % 15 ingurukoa da, baliorik gorena arratsaldeko 7ak aldean eta minimoa goizaldeko 4etan (Greenwich-eko ordua) neur-tzen delarik. Agian gauzarik aipagarriena, Lurraren edozein eskualdetara joanik ere antzeko emaitzak lortzen direla jakitea da; Greenwich-eko ordu berberean gainera.

Airearen eroankortasun elektrikoak. Atmosferako korrante elektrikoak

Airea isolatzailea da berez, baina, hala ere, atmosferan eginiko neurketak adierazten dutenez, eremu elektrikoaz gain, norabide bertikalean korrantea ere badago, beraren korrante-dentsitatea oso txikia izanik (10^{-12} A/m^2 ingurukoa). Nondik ote dator eroankortasun hori?

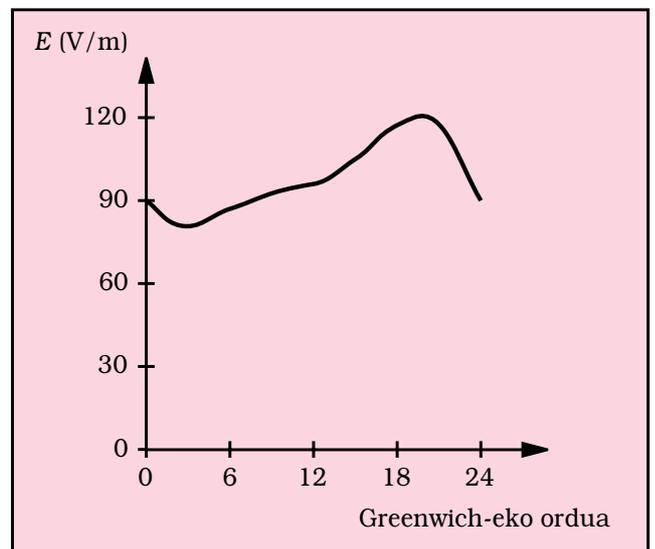
Berez, airean zenbait ioi daude, jatorri desberdinez sortuak. Labur

esanda, bi dira atmosferako ioiak sortzeko modu nagusiak. Lehenengo ulertu zena, erradioaktibitatearen bidezkoa da. Lurrazalean eta atmosferako hautsean zenbait elementu erradioaktibo natural daude, eta hauek desintegratzean sortzen diren energia handiko partikulek, ahalmena dute aire-molekulak ionizatzeko. Dena dela, elementu erradioaktibo bidezko gero eta ionizazio txikiagoa egoten da altuerarekin; erradioisotopo gehienak zoluan edo inguruko hautsean baitaude. Globoen bidez eginiko neurketek adierazten dutenez ordea, bolumen-unitateko ionizazioa handiagotuz doa altueraren arabera.

Neurketa hauek XX. mendearen lehenengo hogeitertan egin ziren eta harriturik utzi zituzten fisikariak; azalpen egokirik gabe, aurka-koak gertatu behar zuela uste baitzuten. Azalpena orduan ezagutzen ez zen fenomeno berri baten esku-tik etorri zen; izpi kosmikoen aurkikuntzatik hain zuzen. Gaur egun dakigunez, izpi kosmikoak Lurraz kanpotik datoz eta atmosferan zenbat eta gorago igo, hainbat eta gehiago sentitzen da beren eragina. Honelatan, bada, izpi kosmikoak dira ioien etengabeko sorreraren beste eragileak eta, halaber, horien kopurua gorago eta handiagoa izatearen kausa.

Ioien izaerari buruzko ohar bat egitea komeni da, bestalde. Batetik aire-molekulen ionizazioz sorturiko ioiak ditugu, ioi "txiki" kontsidera ditzakegunak, baina horietaz gainera, bestelakoak ere hartu behar dira kontutan. Airean hauts edo zinkineriak ere ari dira flotatzen, eta hauek ere kargaturik gerta daitez-

4. irudia. Lurrazalaren inguruko eremu elektrikoaren aldaketa, Greenwich-eko orduaren arabera adierazirik.



ke, ioi "handiak" sortuz. Adibidez, itsasoko olatuen kausaz oso ur-tanta txikiak joan daitezke atmosferara, eta horiek lurrintzean NaCl kristal txikiak gera daitezke airean flotatzen. Horrelako kristalak kargaturik, hor ditugu "ioi handi" batzuk. Zer esanik ez, ioi txikiak ioi handiak baino askoz ere bizkorrago higitzen dira.

Denetara, beraz, ioien higikortasunean oinarritutako airearen eroankortasuna, handiagotu egiten da lurrazaletiko altueraren arabera, ondoko bi arrazoiengatik. Lehenengo eta behin, izpi kosmikoen kausaz sorturiko ionizazioa altueraren arabera handiagotuz doalako, eta, bestetik, dentsitatea txikiagotuz doanez, ioien talka arteko bideak luzeagotuz doazelako, horrela eroankortasuna handiagotuz doalarik.

50 km-ko altueran oso eroankortasun handia dago, eta praktikan geruza horretako egoera eroale batenarekin pareka daiteke. Altuera horretatik aurrera eremu potentziala aldatzen ez dela kontsidera dezakegu, lehenago 3. irudian agertu dugun bezala. Ohar modura diogu, ezen ionizazio-maila handia duen arren, ez dela geruza hau *ionosfera* deritzonarekin nahastu behar. Ionosfera 100 km inguruko altueran hasten da, bertako ioien sor-kuntza nagusia eguzkitiko izpiek eragindako fotoelektrizitatezkoa delarik, eta ezaugarri bitxi modura irrati-uhinen isladapena duelarik, horri esker irrati-emisioen zabalkuntza posible gertatzen delarik; irrati-uhinak gidatzea posibilitatzen baitu. Edozelan ere, 50 km inguruko geruzara itzulirik, norabide horizontaleko eroankortasun handiak 4. irudian azaldutako Lurrean zeharreko uniformetasuna ulerbi-dean jartzen digu, lurbira osoko geruza eroale moduan harturik, po-

tentziala laster berdintzeko joera baitago.

Dena den, potentzialaren gora-beheren uniformetasunaren zergatikoa nolabait argitu dugun arren, bada oraindik azaldu gabekorik. Konkretuki, lehenago esan dugunez, lurrazaleranzko korronte-dentsitatea oso txikia izanik ere, beraren azalera oso handia denez, denetara goiko geruzatik lurrazalera doan korronte 1.800 A ingurukoa da batezbeste. Beraz, 400.000 V-eko potentzial-diferentzia egonik,



Tximistak jotako lekuan erre-arrasto nabariak geratzen dira.

720 MW inguruko potentzia dugu etengabe. Galdera bat etor dakiguke berehala. Korronte hori berriztapenik gabe etengabe balihoa, laster desagertuko litzateke goiko geruzaren karga, eta prozesua gelditu egingo litzateke. Nola da posible goiko geruza ez deskargatzea? Non dago prozesua etengabe martxan mantentzen duen "makina" edo "bateria"? Dauden teorien arabera,

dirudienez, *lurrazala (+)/goiko geruza (-)* sistema etengabe ari da bir-kargatzen, kargaketarako prozesuaren ardatza eta funtsa trumoi-tximistetan dagoelarik.

Tximisten bidezko kargatze-prozesua

Eginiko neurketen arabera, tximistak erortzean karga negatiboak pasatzen dira lurrazalera ia kasu gehienetan (hamarretik bederatzitan). Horrela Lur planeta osoan zehar gertatzen ari diren trumoi-erasoen kausaz, batezbeste 1.800 A-ko korronte batez kargatzen ari da etengabe lurrazala, eta egunean zehar karga hori etengabe deskargatzen ari da eguraldi oneko eskualdeetan, lehen esandako 10^{12} A/m² inguruko korronte-dentsitateaz, denetara, egunetik egunerako oreka mantentzen delarik (4. irudian azaldutako prozesuaren arabera-ko gora-beherekin).

Zenbat trumoi-eraso gertatzen ote dira munduan zehar? Ez da erraza horretaz datu zehatzik ematea, besteak beste esku-alde gehienetan zuzeneko behaketarik egin ezin daitekeelako, hala nola lurrazalaren atalik handiena estaltzen duten itsasoetan. Bestalde, ezaguna da, trumoi-erasoen intentsitate handiagoa dagoela eskualde tropikaletan. Edozelan ere, mota desberdinetako estimazioak egin

dira, eta horien arabera, Lur osoan barrena batezbeste 100 bat tximist erortzen dira segundoko, horien aktibitate handiena arratsaldeko 7ak inguruan delarik (Greenwich-eko ordua), lehenagoko 4. irudiaren azalpenarekin ados. Dirudienez, tximista bakoitzak gutxi gora-behera 20 Coulom-etako egiten duelarik, sistema kargatzerako korrontearen balioa azal daiteke.