

Atomo erlojuen erantzuna

Aurreko artikulu batetan ere, denboraren ideia aztertu nuen. Zehazkiago esanik, denbora absolutuaren irrealtasuna aipatzen nuen; eta, horretarako, oinharri teoriko batetan finkatzen nituen neure azalpenak, Einsteinen teorian alegia.* Baina ez nuen esperimenterik aipatu, denboraren erlatibotasuna frogatzeko.*

Oraingo artikulu honetan, esperimendu bat aipatuko dut. Artikulu hau idazteko erabili ditudan lanak, beronen bukaeran agertzen dira.

ANAITASUNAREN 260. zenbakian ikusten genuenez, denboraren martxa obserbatzailearen arabera da. Izan ere, inertzi sistema batetan dagoen obserbatzaileak, astiroago higitzen* ikusten ditu, berekiko* geldirik ez dauden erlojuen orratzak.

BIRITXIEN PARADOXA

Demagun biritxi* bi. Bata, kosmonauta izanik, kosmoan zehar bidaia luze bat egitera doa, abiada handi batez (argi abiadarekin konpara litekeen abiada batez).

Urte batzuk iragan* ondoren, kosmonauta lurrera bihurtzen da, eta, bere anaia biritxia ikustean, zeharo harriturik gelditzen da. Bere anaia baino askoz ere gazteago dela ikusten du. Nola izan daiteke hau, ama berba-tengandik eta egun berberean jaio baitziren mundura? Hona hemen paradoxa.

Azter dezagun, orain, paradoxa honen arrazoia.

Bidaian kosmonauta abiada konstantez doan bitartean, guztiz ekibalenteak dira bi anaiak, Einsteinen teoriaren arauera* biak inertzi sistematan* baitaude. Beraz, batak bestearen erlojua atzeratzen ikusiko du, eta alderantziz. Bai abiada konstantez doanak eta bai besteak, biek pentsatuko dute, bestea gaztetzenago ari dela, edo, hobeto esan, astiroago zahartzen ari dela. Desberdintasuna erlatiboa da.

Baina hori horrela izanik, biak ekibalenteak izan badira, nola izan daiteke bata bestea baino gazteago, lurrera heltzean?

ASIMETRIA BAT

Problema aztertzean, asimetria bat dagoela ikusten dugu. Anaia biak ez dira guztiz ekibalenteak. Kosmonautak azelerazio bat pairatzen* du, abiada handi hori lortu arte; eta, eta haren gorputz guztia konturatzen da honetaz. Guk ere, automobilean goazanean, gorputz osoan sentitzen dugu azelerazioa, nahiz eta begiak her-tsirik* ukan.

Honela, bada, asimetria honetan dago paradoxa honen kakoa. Azelerazio horren kausaz, kosmoan zehar ibili dena, gazteturik egonen da bestearekiko.*

TEORIA ETA ESPERIMENTUAK

Ba dira teoria honen kontra dauden fisikariak, guti badira ere. Batzuen eritziz, erlojuen paradoxa Einsteinen teoria txarto interpretatzearen ondorioa baino ez da (1). Eta ez dago denbora desberdintasunik.

Paradoxaren azalpenari buruz akort egon ez arren, hala ere gauza bat onhartu ukan dute beti fisikariek, eta haxe da: Edozein fisika legeren azken epailaria esperimenteria dela.

Orainokoa* ez dugu esperimenterik aipatu, denborarekiko* eritziak eta erlojuen paradoxa egiaztatzeko. Izan ere, oraintsu arte ez da esperimendu direkturik egon, teoria hori frogatzeko.* Ba zeuden, teoriaren egia-tasuna frogatzen zuten zenbait esperimendu indirektu; baina ez zegoen oraino, erlojuen paradoxa argiro azal-tzen zuenik. Egun,* aldiz,* behar zèn esperimendu hori, egina da.

J. C. Hafele eta R. E. Keating amerikar ikertzaileek* ondoko esperimendu hau egin zuten (2).

Atomo erloju ama lurrean utzirik eta lau atomo erloju seme harturik, lurraren bira osoa egin zuten hegazkinez, ea erlojuak aurreratzen zein atzeratzen ziren ikus-teko.

Aldez aurretik eginiko kalkuluetan, 100 ns-ko aurre-rapena lortzen zuten, guti gorabehera, erlojuetan ($1 \text{ ns} = 10^{-9} \text{ s}$); eta hori erraz neur daiteke atomoerlojuetan.

Kalkuluak egitean, bi problema sortu zitzaizkien. Ba-tetik, lurra biraka ari denez gero, ez da berdindendalderantz* edo ekialderantz* joatea. Bestetik, Einsteinen erlatibitate jeneralaren teoriari jarraituz, grabitatea ere kontutan hartu behar da; beraz, bidaia egitean, hegazkinak eraman duen altura ere kontutan hartu behar da kalkuluetarako.

Hegazkinetako gidariek bidaiako xehetasun* guztiak apuntatu eta batu zituzten.

Kalkulu hauk* modu guztiz teoriko batez egin ordo-ren, $+ 275 \pm 21 \text{ ns-ko}$ aurrerapena lortu zuten mendebalderantz egindako bidaiarako, eta $- 40 \pm 23 \text{ ns-koa}$ ekialderanzkorako.

Atomoerlojuetan neurtu ziren diferentziak, ondoko hauk izan ziren: $+ 273 \pm 7 \text{ ns}$ mendebalderanzko bidaiari eta $- 59 \pm 10 \text{ ns}$ ekialderanzkoan.

ONDORIOAK

Esperimendu honek, argi ikusten den bezala, ondoko puntu hauk frogatzen ditu:

- Einsteinen teoriaren zuzentasuna, nahiz eta hau lehen ere demostraturik zegoen.
- Biritxiaren paradoxari gagozkiolarik, argi dago, bata bestea baino gazteago dela, bidaia egin ondoren. Beraz, fisika aldetik posible da, nor bere semea baino gazteago bihurtzea.

(1) M. Sachs, «Physics Today», vol. 24, num. 9, 1971.

(2) M. Cherk, «La Recherche», vol. 3, num. 28, 1972.

J. R. ETXEBARRIA