

# Errealitate ikustezina

## Makroskopikotik kuantikora

**Gaiak argitaletxea**

**Egilea: Unai Martinez Lizardui**

**Arloa: Fisika**

**Webgunea: <http://www.gaiak.net>**

**2012/07/15**

Lanera joatean, sukaldean entsalada fresko bat prestatzean edota kirola egiten ari garenean, elkarrekintza zuzenean gaude naturarekin, eta ekintza horiek guztiek bere ingurunean eragiten dute. Naturarekin bizi dugun errealitate makroskopiko hau deskribatzeko eta aurreikusteko fisika klasikoa erabiltzen da.

Demagun, kuadrilarekin saskibaloian jokatzen ari garela, eta 900 gramoko baloia 20 newtoneko indarrarekin jaurtitzen dugula 60 graduko makurduran, eta, gainera, grabitateak eragindako azelerazioa  $9,81\text{m/s}^2$ -koa dela dakigula. Behaketaren ondorioz lortutako formulen bidez, eta ezagunak diren aldagai horietatik abiatuta, baloiaren ibilbidea zein izango den aurreikus dezakegu; hots, baloiak jarraituko duen ibilbidea determinista da, fisika klasikoa bezala, eta Newtonen legeetan du oinarria.

Baina zer gertatuko litzateke lupa itzela gure eskuetan hartu eta partikula mikroskopikoen arteko saskibaloia partida bat behatuko bagenu? Fisika klasikoaren formulak erabili al ditzakegu errealitate berri hori deskribatzeko? Erantzuna ezezko biribila da. Errealitate txiki hori gidatzen duten legeak bestelakoak dira. Mekanika kuantikoan, partikularen (baloi mikroskopikoa) ibilbidearen *probabilitatea* ezagutu dezakegu soilik; beraz, fisika klasikoaren determinismoak ez dauka lekurik eskala mikroskopikoan.

Eta, orduan...

### **Noiz bukatzen da fisika klasikoaren mundua eta noiz hasten da mundu kuantikoa?**

Muga zehaztugabe dago. Orokorrean, mekanika kuantikoak mundu mikroskopikoa deskribatzen du, eta horrek materia osatzen duten partikula txikiak biltzen ditu, baina errealitate infinitesimal horren ondorio batzuek eskala makroskopikoan ere diraute. Dena den, eskala kuantikoaren ondorio jatorrizkoenak, atomo eta banakako molekuletan gertatzen dira. Beraz, nahiz eta oso zehatza izan ez, muga, atomo eta molekuletan dagoela esan daiteke. Horiek elkartzean, gertakari kuantiko gehienak desagertzen dira eta errealitate klasikoaren eremura egiten dugu salto. Muga zeharkatzean aldaketak oso argiak dira, partikula kuantikoek uhin

baten jokaera baitute, eta hori gure pentsamendu deterministarentzat ulertzen zaila da, duela gutxi arte, puxtarriak balira bezala imajinatzen baikenituen.

## **Mundu kuantikoaren ezaugarri bereziek isla dute mundu makroskopikoan**

Inoiz galdetu al diozu zure buruari zergatik ikusten dugun laranja kolorekoa saskibaloi partidan erabilitako baloia? Galdera horri erantzuna bilatu nahiko bazenio, errealitate kuantikoan murgildu beharko zinateke. Azken finean, materiaren edozein ezaugarri, mekanika kuantikoak esplikatzeko digu. Eskala ñimiñoan zehar bidaiatzen, gorputz makroskopikoen ezaugarri mekaniko, elektriko eta optikoen inguruko erantzunak aurki daitezke.

Demagun, Markelek beirazko ontzi garden eta distiratsuak dituela sukaldean. Gardentasunak txikitatik jakin-mina pizteaz gain, hamaika galdera ekarri dizkio burura. Beira zergatik da gardena? Nola da posible objektu solido baten alde batetik begiratuta beste aldean ikustea? Eskolan zalantza horiek ez dizkiote argitu, fisika klasikoarekin nahiko lana baitzuten. Betiko zalantzekin bueltaka geratu zen behin kaletik zihoala honako esaldi hau irakurri zuen arte: *Erantzuna aurrez aurre duzu!*

Agian, aurrez aurre zuen beira barrutik aztertuz erantzunak aurkituko zituen. Mikroskopia erosi eta lanari ekin zion. Zer ikusi zuen?

Metal solidoen kasuan, elektroiak libre zebiltzan objektu guztian zehar eta horrek uhin-luzera desberdinetako erradiazioak xurgatzea ahalbidetzen zuen, argi ikusgaia barne. Horrek objektua opakua izatea eragiten zuen. Beira aztertzean, ordea, elektroiak atomoen inguruan oso hurbil aurkitzen zirela konturatu zen. Horrek hainbat erradiazio xurgatzeko gaitasun eza zekarren, besteak beste, argi ikusgaiarena. Hori dela eta, beira gardena zen.

Ikerketa-lan horren ostean, honako hau ondorioztatu zuen Markelek: behin eta berriro aurrez aurre dugun objektua begira dezakegu, baino bere gardentasunari, koloreari eta ezaugarri mekaniko, optiko eta elektriko ez diegu esplikaziorik aurkituko eskala nanometrikoan gertatzen diren gertakizun liluragarriak aintzat hartzen ez baditugu. Ez hori bakarrik, mundu kuantikoa ulertzen saiatzeko ikuspegi deterministetatik aldentzea komeni da, errealitatea bestelakoa baita eskala ñimiñoan.

## **Paradoxa bat: Katua hilik *ala* bizirik?**

Aurreko adibideak eskala mikroskopikoan murgiltzeko balio izan digu. Baina jarrai dezagun mundu nanometrikoko misterioak biluzten. Ba al zenekien materiak uhin-izaera daukala maila kuantikoan? Horrela da, eta ezaugarri horrek, objektu materialak egoeren gainjartzean egotea ahalbidetzen du, hau da, objektu bat une berean egoera desberdinetan aurki daiteke. Hori horrela bada, zergatik newtondar objektu makroskopikoek eta gertakari "errealek" ez dituzte gainjartzea bezalako ezaugarriak erakusten? 1935. urtean, Erwin Schrödingerrek, *Schrödingerren katua* izenaz ezaguna den alegiazko esperimendu bat asmatu zuen eta mekanika kuantikoaren eta fisika newtondarraren arteko desadostasunak argi utzi zituen. Hona hemen esperimendua:

Demagun, kaxa baten barruan katu bat dagoela, eta bere ondoan, pozoia duen ontzi batez eta mailu batez osatutako gailu arriskutsu bat. Mailua, ontziaren gainean erortzekotan, pozoia aske geratuko da eta katu hil egingo da. Mailua, alfa partikulen detektagailu batera konektatua dago. Detektagailuaren ondoan, ezaugarri berezia duen atomo erradiaktiboa dago: ordubetean, alfa partikula igortzeko % 50eko probabilitatea daukan atomoa. Alfa partikula

igortzekotan, detektagailua aktibatuko da, mailuak ontzia puskatuko du, pozoia askatuko da eta katua hilko da. Bestela, katuak bizirik jarraituko du.

Dena prest dagoenean, esperimentuari hasiera ematen zaio. Ordubeteren buruan, bi gertakarietatik bat izango da: atomoak alfa partikula igorri badu katua hilik egongo da, eta bestela ez.

Mekanika kuantikoak, aldi berean, katua bizirik *eta* hilik egon daitekeela esaten digu. Benetan gertatu dena jakiteko kaxa ireki eta behatu behar da. Une horretan, behatzaileak, sistemarekin elkarreragin eta egoeren gainjartzea hautsi egiten du. Bietako bat aukeratzen du, bizirik dagoen katua edo hilik dagoena, % 50eko probabilitatearekin. Behatzean bakarrik egoera horietatik bat aukeratzen da; mundu kuantikoan, ordea, behaketaren aurretik, bi egoerak batera gertatzea posible da. Eskala txiki-txiki horretan, gertakari bat izateko probabilitatea ezagutu dezakegu. Ezin dugu baloiaren ibilbidea jakin, baizik eta ibilbide hori jarraitzeko probabilitatea.

## Ba al zenekien?

- Mundu makroskopikotik alden du eta mundu kuantikoaren errealitate berriak dakarzkigun ideietara egokitzea ez da nolana hiko jautzia. Eskala nanoko gertakizunak behaketaren ondorioz esplika daitezke; ulertzea beste kontu bat da. Richard Feynman fisikari handiak argi zuen: *“Fisika kuantikoa ulertzen duela dioen edonor gezurretan ari da”*.
- Fenomeno kuantiko batzuek bizirik irauten dute eskala makroskopikoan. Adibidez, material supereroaleak. Oso tenperatura baxuetan, korrante elektrikoa garraiatzeko gai dira, energia dissipatu gabe. Elektroiek Bose-Einstein kondentsatua eratzen dute, hots, egoera kuantiko berbera mantenduz modu koherentean higitzea. Elektroien talde horrek erresistentziarik gabe higitzeko gaitasuna duen tamaina makroskopikoko materia uhin bakarra, elektroien “superjarioa”, osatzen du.
- Egun, jokabide kuantikoa duten sistema makroskopikoak ekoizten saiatzen ari dira teknologia-aplikazio berriak garatzeko. Adibidez, konputazio eta informazio kuantikoaren eremuan ikerketa lerro berriak irekita daude. Helburua, konputaziorako, enkriptaziorako, telekomunikazioetarako eta abarretarako aplikagarriak diren sistema kuantikoak ekoiztea da.
- Mundu mikroskopikoa aztertzeko instalazio ezagunenak azeleragailuak dira, baina ez dira bakarrak. Beste lanabes batzuk ere badituzte, adibidez, Tunel Eftuko Mikroskopioa (*Scanning Tunneling Microscope*). Horrek materia eskala atomikoan aztertzeko aukera ematen du, baita erabilgarriak diren egitura nanometrikoak eraikitzeko aukera ere.

## Zoom in

Ikuspuntu makroskopikoak alde batera utzi eta nanomunduaren errealitatera jauzi egitea ez da lan makala. Horretarako lagungarriak izan daitezkeen bi bideoen estekak honako hauek dituzte:

Young-en esperimentua: <http://www.gaiak.net/postak/postak.php?id=8>

Schrödingerren katua: <http://www.gaiak.net/postak/postak.php?id=45>