

# MEKANIKAREN AURRERABIDEAK

*Tere BARRENETXEA*

Nahiz historia aldetik, nahiz logika aldetik, Fisikaren oinharria Mekanika da, eta hauxe da Fisikaren beste alorrak estudiantzeko prototipoa ere. Mekanikan azalzen diren kontzeptuak, Fisika guztian zehar behin eta berriz errepikatzen dira. Mekanikak, nolabait, Fisika osoaren euskarri dirudi. Zentzu honetan, Mekanika, Fisikarekiko, eskeletoa gorputzarekiko bezala da. Hasieran, gogorra eta hotza dirudi; baina, piska bat aztertu ondoren, harrিতuta uzten gaitu. Hain orokor, hain ximple eta hain beharrezko bait da.

Baina, zer da Mekanika?

Nolarebait, zera esan dezakegu: Gorputzen higiduraz arduratzen den Fisikaren atala dela.

Zalantzarik gabe, gure inguruan dauden fenomenorik ugarietak mekanikoak dira: gorputz baten higidura, gure ibilera, indarrak, abiadura e.a. Fisika estudiantu gabe ere, kontzeptu ezagunak dira. Fisikaren beste ataletan, ez da horrela gertatzen. Eredu elektromagnetikoaren existentziaz ohartzeko, adibidez, tresna berezi batzu behar dira, gure zentzuak ez bait dira aski.

Zer da higidura ? Gorputz baten posizioa beste gorputz batekiko aldatzen denean, higitu egin dela esan ohi da; hots, matematikoki esanda, puntu baten "koordinatuak", beste puntu batekiko edo sistema erreferentzial batekiko, denboran zehar aldatzen direla. Orduan, puntua sistema erreferentzial horrekiko higitu egin dela esan dezakegu. Hau dela eta, higidura berez kontzeptu erabat erlatibo dela ikusten dugu. Ezin esan daiteke gorputz bat beraz higitzen denik. Gorputz bakar baten higiduraren kontzepturik ez dago. Edozein gorputz baten higidura egiaztatzeko, erreferentzia sistema bati atxiki behar zaio. Beraz, gorputz bat beste gorputz batekiko higitzen da, eta ez bestela. Ni tren baten barruan banao, adibidez, tren higitzean, geltokian dagoen gizon batekiko, ez naiz higitzen. Altxatu eta komune-

ra baldin banoa, bi gizon horiekiko higituko naiz; baina gizon batekiko eta bestearekiko higiduraren karakteristikak, erabat desberdinak izango dira. Beraz higidurak, karakter erlatibo bat duenez gero, bere ezagugarriak aipatzean, onhartu dugun erreferentzi sistema ere aipatu behar da. Tren batetan goazenean eta beste tren batekin guruztatzean, zalantza bat sortzen zaigula gauza oso jakina da. Gurea, bestea, ala biak, zein ari den higitzen halegia, ez dakigu.

Horrelako fenomenoak, oso ugariak dira Naturan. Fenomeno horik direla eta, Mekanikan postulatu bat ezarri izan da. Postulatu horren arauera, gorputz baten higidura egiaztatzea ez da posible gorputzetik kanpoan dagoen erreferentzi sistema bat onhartzen ez badugu. Postulatu honi, Mekanikaren Erlatibitate Printzipioa deitzen zaio. Baina bere alorra ez da Mekanika soilik, eta Fisikaren beste ataletara ere heda daiteke; hots, Optikara eta Elektromagnetikara.

Higidurarekin oso lotua dagoen beste kontzeptu bat, indarra dugu. Gorputz bat ( geldirik dagoen gorputz bat) abia arazteko bultzatu egin behar dugu; edo, hobeto esan, gorputz hori indar batez bultzatzean higitu egiten da. Hasieran daukagun indarraren kontzeptua, esfortzu batena da. Nahiz eta kontzeptu hori oso iluna eta gaur egun oso baztertua izan, lehenengo urratsetan baliagarri da. Gorputz bat abiatzen denean, indar bat jasan duela onhartu behar dugu, eta gelditzen denean ere bai. Eta zer gertatuko zaio gorputz bati higitzen denean indarrak eragiten ez baldin badiogu?

Galdera honen erantzuna, Mekanikaren erro bat izan da. Galileo baino lehen, Zientzia Fisikoa Aristoteles eta Eskolastika-ren teorian, oinharritzen zen. Teoria hauen arauera, gorputz bat higitzeko, nahiz eta abiadura konstante batez, indar batez bultzatu behar zen.

Galileo-k, 1.638. urtean argitaturiko "Bi zientzia berri" izeneko liburuan, errazonamendu hau dakar: makurtuta dagoen plano oso leun baten gainerik bola bat behealdera botatzen baldin badugu, bolaren pisua dela eta, unez une abiadura handigo batez higituko da. Gora aldera botatzen baldin badugu, abiadura apalagoa egingo da, eta plano horizontal baldin badago, bolaren abiadura ez da motelduko. Ez eta azkarragotuko ere. Beraz, abiadura berdinean batez higituko litzateke. Hau dela eta indarrak ez dira gorputzen abiaduraren irauin erazle, gorputzen abiaduraren aldatzaile baizik.

Beraz, gorputz batek inongo indarrak jasaten ez baldin badu, duen abiaduraz iraungo du; hots, geldirik bazegoen geldirik, eta higitzen ari baldin bazen abiadura berdinez higitzen. Horrelako egoera bati, "oreka" deritzogu.

Mekanikan erabiltzen den beste kontzeptu bat, "masa" dugu. Denok dakigu mahai bat baino askoz errazagoa dela aulki bat higitzea. Hau da, esfortzu berdina egin eta aulkia azkar higitzen bada ere, mahaia ez da ia higitzen. Beraz, fenomeno mekanikoa aztertzean, ez dira kanpoko baldintzak bakarrik gogotan eduki behar; indarrak soilik halegia. Higitzen den gorputzaren barruko baldintza bat ere bai; "masa" izeneko hain zuzen. Honek, gorputzaren materi kopurua adierazten digu nolabait.

Materiaren edozein toeriaren bidez, mahaiaren materi kopurua aulkia baina handiagoa dela edonork pentsa dezake. Beraz, aulkia mahaia baino errazkiago higituko da. Dударik gabe, Newton-en meriturik han-

dienetako bat zera izan zen; hemen azaldu duguna formula matematikoen bidez ematea. Hauxe da, hain zuzen, Newton-en bigarren legea. Lehen ikusi dugun bezala, lege hau Galileok ere beste era batetara sumatu zuen nolabait. Lege honek beste biekkin, lehenengo eta hirugarrenarekin, Newton-en Mekanikaren oinharria osatzen du. Newton-en hirugarren legeak zera esaten digu: "Edozein gorputz batek beste bati indar bat eragiten dionean, bigarren honek lehenengoari beste indar berdina eta aurkako norantzako bat eragiten dio". Beraz, indar bakar bat edukitzerik ez dago: beti bikotetan azalduko dira. Lehenengo legea, orekarako baldintzei egokitzen zaie.

Lord Kelvin-ek esan zuen bezala: "Edozein ezagupen bat, zientzia izan dadin, matematikaren bidez azaldu behar da". Eta horixe da, hain zuzen, Newton-ek bere hiru lege horik ematerakoan egin zuena.

Hasiera batetan fenomeno mekanikoak oso errazak eta intuikorrak iruditzen zaizkigu. Funtsean, ez dira hain sinpleak. Nahiz eta fenomenoak hain sinpleak izan, pentsa dezagun, Aristoteles-en garaitik Galileo-ren garaian, bi mila urtez, gorputzen higiduraren azalpen onhargarri bat ez zela eman. Hau dela eta, fenomeno mekanikoak aiseago aztertzeko, Mekanika bera hiru ataletan partitua izan da.

Lehenengoa, "kinematika", higiduraren sortzailea kontutan hartu gabe, higiduraz arduratzen da. Higiduraren Geometria da nolabait.

Beste atal bat, Estatika dugu. Atal hau, gorputz bat orekan egon dadin jasaten dituen indarrek bete behar dituzten baldintzez arduratzen da. Eta hemen du leku Newton-en lehen legeak. Lege horrek, baldintza horik esaten bait dizkigu. Esate baterako, liburu bat mahai gainean dagoenean, bi indar jasaten ditu: bere pisua da bata, eta mahaiak liburuari eragiten diona bestea. Bi indar horik direla eta, gorputzak orekan dago.

Azken atalak (hots, Dinamikak) gorputzen higidura eta indarrak batera hartuz sintesi bat egiten du.

Fenomeno dinamikoa (hots, indarrez eraginda gorputz baten higiduraren azterketa) horixe da hain zuzen: fenomeno mekaniko huts-hutsa.

Newton-ek 1.687. urtean, hiru legoetan oinharriturik, Mekanikaren teoria orokor bat eraiki zuen. Hau da Newton-en Mekanika. Alor honetaz arduratu ziren zientzialarien izen batzu aipatu beharrezkoak dira: Jakobi, Jean eta Daniel Bernouilli, Euler, D'Alambert, Laplace, Poisson, e.a. Baina nahiz eta hiru lege horik onhartu, Mekanika Newton-en Mekanika ez den beste azalpen matematiko batez eman daiteke eta horietako inportanteenak, Lagrange-ren Mekanika eta Hamilton-en Mekanika ditugu.

Bi hauk eta Newton-en Mekanika, baliokideak dira, eta diferentzia azalpenaren eran dago.

XIX. mendearen hasieran, Lagrange-k eta gero mende bereko erdi aldean Hamilton-ek, edonolako magnitude bat delako indarren kontzeptua baztergarria zela ikusi zuten. Hau da, nahiz eta indarraren kontzeptua hain argi eta intuikorra iruditzen baldin bazaigu ere, ez da oinharritzko kontzeptu fisiko bat. Ez eta fidagarria

ere; zeren eta oinharritzko kontzeptu fisiko batek eduki behar duen baldintza nagusi bat, bere aldaezintasuna halegia, ez bait dauka. Materiaren kontserbapen legea dela eta, materia aldaezina da. Energia, beste horrenbeste. Bi hauk, transformakuntza fisiko-kimikotan ez dira kopuru aldetik aldatzen. Baina indarren kasua oso bestelakoa da. Balanka batez, esate baterako, 10 Kg-tako indar batek 100 Kg-tako pisu bat altxa dezake. Gogora gaitezen Arkimedes-en eseraz: "Eman izezaidazue puntu euskarri bat, eta Lurra higituko dut". Beraz, sistema mekaniko batetan ezin dugu indarra aldaezin bezala onhartu. Energia bai ordea. Zeren eta, edozein prozesu batean, energi kopuru osoa ez bait da aldatzen. Gauza horietan oinharriturik, lehendabizi Lagrange-k eta gero Hamilton-ek eta Jacobi-k, beren Mekanikak eman zizkiguten. Mekanika hauek, Mekanika klasikoa osatzen dute; oinharri bezala Newton-en legeak dauzkana halegia.

Mende honen hasieran, Mekanika erabat egina zegoela eta egia borobil bat zela uste izan zen. Mekanika bakarra, klasikoa zen. Baina Fisikako beste alorretan bazeuden argitu ezin zitezkeen fenomeno batzu. Fenomeno horik argitu nahiz, Einstein-ek lan guztiz handia egin zuen. Lan hauen ondorio bezala, zera atera zuen: Fisikaren oinharria zalantzan jarri behar zela; kontzepturik errazenak berrikusi egin behar zirela halegia. Espazioa, denbora, energia, e.a. adibidez. Berrikusketa hori egin eta gero, beste Fisika, eta bide batez beste Mekanika bat, sortu zuen; Mekanika Erlatibista, hain zuzen.

Baina, nola uler daiteke hau : Bi Mekanika desberdin al daude?

Zein da egiazkoa? Izan ere, guk ikusten ditugu fenomeno guztiek, Mekanika klasikoaren legeak betetzen dituzte.

Mekanika Erlatibista, Naturaren zenbait fenomeno adierazteko modelo bat da; eta klasikoa, beste hainbeste. Erlatibista, klasikoa baino zehatzagoa da, eta klasikoaren bidez ezin azal daitekeen zenbait fenomeno, erlatibistaren bidez argitzen da. Gure inguruan ikusten ahal ditugun fenomeno guztien abiadura, argiarena baino askoz apalagoa da. Beraz, honekin alderatuta, arbuigarria da. Baina higitzen den gorputzaren abiadura argiaren tamainakoa dela kontsideratzen baldin badugu, azaltzen diren ondorioak ez dira intuigarriak. Ez eta ikusten ditugun bezalakoak ere, eta Mekanika klasikoa, oso tresna desegokia eta faltsua da horretarako. Hemen, nahi eta nahi ez, Mekanika erlatibista erabili behar da. Beraz, Mekanika erlatibistaren bidez, Mekanika klasikoaren bidez azter daitezkeen fenomenoak argituko dira. Baita beste zenbait ere, baina ez alderantziz. Mekanika erlatibistaren formulatan, higitzen den gorputzaren abiadura, argiarenarekin gonbaratuz arbuiatzen badugu, azaltzen diren formulak Mekanika klasikoarenak dira. Hala eta guztiz ere, gure eraikuntza ( hots Mekanika klasikoarena) herren galditu zaigu. Ez da uste genuen bezain orokor eta borobil, filosofia aldetik bederen.

Lehen esan dugunaren arabera, mende honen hasieran Mekanika egina zegoela pentsatzen zen; eta gaur dakigunez, gorputz makroskopikoen higidura aztertzeke, beren abiadura argiarenaren magnitudekoa ez bada, Mekanika klasikoa oso erreminta egokia da. Baina mundu mikroskopikoan, atomoetan dauden zatikien higidurak ikertzean, Mekanika klasikoa ez da egiaztatzen diren zenbait portaera adierazteko gauza.

Hau dela eta. Heisenberg eta Schrödinger alderdi honetatik abiatu ziren eta 1.925. urtean argitaratu ziren gizon honen lanetan oinharriturik, beste Mekanika

bat sortu zen; hots, Mekanika Koantikoa,

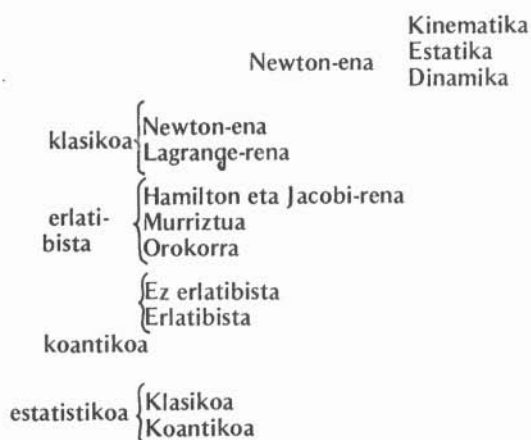
Beraz, fenomeno mikroskopikoak aztertzeko, nahi eta nahi ez, modelo hau erabili behar da. Gero, Mekanika Koantikoa bi zatitan sailkatu zen gainera: Mekanika Koantiko erlatibista eta Mekanika koantiko ez erlatibista sailetan.

Hemen ere, higitzen den zatikaren abiadura argiaren abiadurarekiko arbuia gari den ala ez ikusi behar da.

Azkenik, azalpen makroskopikoak eta mikroskopikoak uztartu nahiz, Mekanika berri bat sortua izan da: Mekanika Estatistikoa.

Agian, Fisika Estatistikoa esanaz hobeto adieraziko genuke. Hemen Mekanika den ala ez epaitzea oso zaila bait da. Baina hau estudiatzeko ere, bi ataletan sailkatzten da: Mekanika Estatistiko Klasikoaren eta Mekanika Estatistiko Koantikoaren sailetan.

Beraz, bukatzeko, taula bat osa dezakegu laburpen bezala:



## MEKANIKA

### KLASIKOA

### ERLATIBISTA

### KOANTIKOA

### ESTATISTIKOA

Bakoitzaren alorra:

- Klasikoa: Fenomeno makroskopikoak eta abiadura apalekoak ( argiarenarekin alderatuz)
- Kinematika: Higiduraz, baina kausak gogotan euki gabe
- Estatika: Orekan egoteko baldintzaz

- Dinamika: Higiduraz eta bere kausaz batera
- Lagrange eta Hamilton-ena: Indarraren kontzeptua erabili gabeko Mekanika klasikoaren beste bi era.
- Erlatibista: Fenomeno makroskopikoak eta abiadura handikoak.
- Murriztua: Erreferentzi sistemak, elkarrekiko abiadura konstante batez higitzen direnan.
- Orokorra: Erreferentzi sistemak elkarrekiko abiadura edozein abiadura batez higitzen direnean.
- Koantikoa: Fenomeno mikroskopikoak; hots, atomo mailakoak
- Ez erlatibista: Abiadura apalekoak ( argiarenarekin alderatuz)
- Erlatibista: Abiadura handikoak ( argiarenaren mailakoa)
- Estatistikoa: Fenomeno makroskopikoak; ikuspegi mikroskopiko batez begiratuz.
- Klasikoa: Teoria koantikoa erabiltzean ateratzen diren zenbait zehaztasun gogotan eduki gabe.
- Koantikoa: Lehen esan duguna gogotan edukiz.

