

DINAMIKAKO HIRU GALDERA (FISIKAREN GALDERAK)

LUIS M^a BANDRES

Gaurko lantxo honetan Dinamikari buruzko zerbait ekarri nahi dut. Beste artikuluetan bezala, *La physique en questions* Levy-Leblond-en liburutik bereizi ditut gai hauek eta zure gustokoak izango direlakoan nago. Beraz, on egin!

Lan honetan arazo edo galdera klasiko batzuk ikertuko ditugu. Eta, arazo klasikoak ikertzeko ba al da bide hobea fisikari klasiko baten lanak ikustea baino?. Beraz, has gaitezen Fisikaren garapean hain garrantzi handia izan duen Galileo Galilei-rekin:

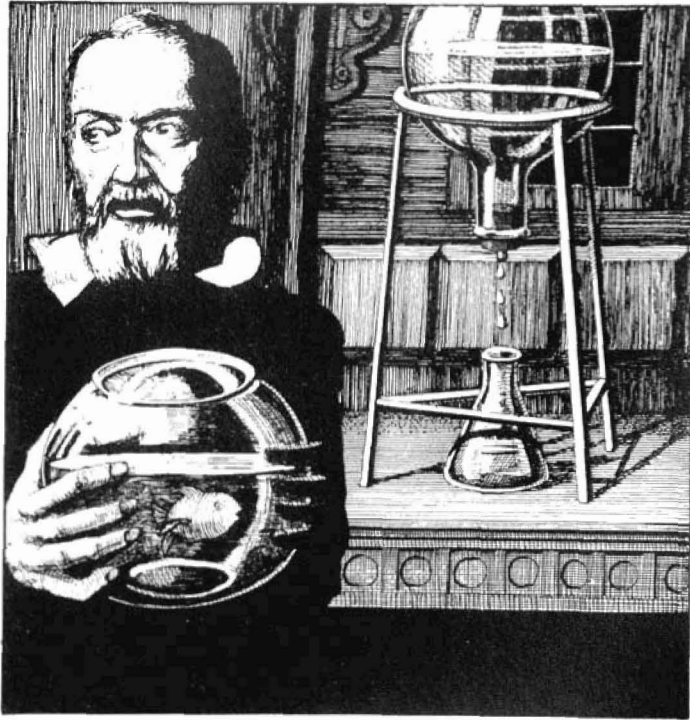
1.- Galileok bere Munduko bi sistema nagusiei buruzko elkarrizketa izendatutako lanean (1632) ondoko hau dio:

Salviati: Euliak, trimeletak eta beste animalia hegalaritxo batzuk hartuta, lagun batekin itsasutzi handi baten zubiaren aspian dagoen ganbara handian itxi zaitezte. Zuekin, bertan igerian dagoen arraintxo batekin urez betetako ontzi handi bat ere eramango duzue. Tantaka-tantaka hustuz doan botila bat buruz bera zintzilinkatu eta bere aspian tantak jasotzeko lepo luzeko edalontzi bat jarri. Itsasuntzia geldirik dagoen bitartean arrata handiz begira ezazue animalietxo guztiak ganbararen alde guztietara abidura berdinez hega egiten. Arrainak norabide guztietan berdin igeri egiten du, tantak botilaren aspian dagoen edalontzira erortzen dira. Zure lagunari norabide batean gauza bat botatzen badiosue, ez dago beste norabide batean baino indar handiagoa egin behar distantzia berdina bete

ahal izateko. Oin elkartuta salto bat egiten baduzue norabide gutxietan distantzia berdinean eroriko zarete zolurra. Behin gauza gutxi hauek zehatz-mehatz begiratu ondoren (nahiz eta irizkia geldirik dagoenean gutxi hau hone la gertatuko delakoaren inolako zalantzarik ez badago) agindu ezazu itsasontzia zeuk nahi duzuen abiaduraz aurpe-

ra joan dadila, bere higidura uniformea eta alde batera zein bestera kulunkarik ez egiteko ardura hartuz...".

Osatu idazlan hau. Horretarako itsasuntziaren higidura kontutan hartuz esandako fenomenoetan agertuko, ala agertuko ez, diren ondorioak azalduz.



M. OZARRA/ELHUYAR, 1983

2.- Goazen berriro gure Galileorekin. Bere beste idazlan batean, "Bizi zientzia berri buruzko elkarrizketak" izenekoan (1638), alegia, Galileok Aristotelesen gorputzen erorketari buruzko teoria kritikatzan du. Teoria honen arabera, gorputz baten erorketa arinagoa izango da bere pisua handiagoa izan ahala. Galileok teoria hau experimentalki gezurtatuz aparte logikaren aldetik Aristoteles oker dagoela ere demostratu nahi du:

"Salviati: ... Aristotelesek zera dio: ehun librazio burdinezko bola bat ehun besoko altura batetik zoluraino erortzen den bitartean, librazio beste bola batek ez du ia beso bat betetzeko astirik izan. Nik biak batera heltsen direla diot. Egin ezazu zeuk saiakera, eta berrogeitamar nahiz ehuneko besoko altueratik erortzean zolua biek batera ukitsen dutela egiaztatuko duzue... Baina saiakera egin gabe ere argi eta garbi hori frogatu daiteke, hots, Aristotelesek aipatu-

takoa, hau da, material berdinezkoak direla suposaturik, pisu handieneko higikaria pisu gutxienekoa baino arinagoa higitzen dela gezurra dela... Berezko abiadura desberdineko bi higitzari isango bagenitu eta elkar lotuko bagenitu, nolabait, motelena arinena balaztatuko lukeela eta alderantziz, arinenak motelena azeleratuko lukeela, argi eta garbi dago. Ez al duzu uste?

Simplicio: Bai, gauzak honela isango liratekeela uste dut.

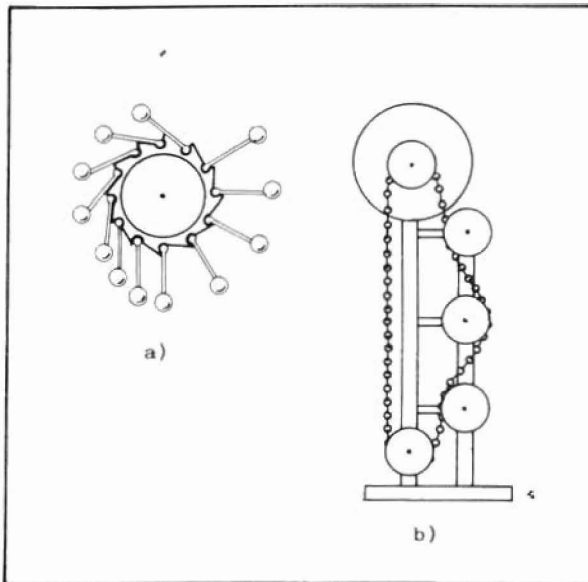
Salviati: Baina hori egia baldin bada eta harri handi bat zortzi unitateko abiadura bates higitzen bada, alegia, eta harri txiki bat lau unitatez biak elkar lotzerakoan zortzi unitate baino trikiagoa den abiadura bates higitu dira. Beraz, harri konposatu hau nahiz eta hasierako harria baino handiagoa izan hau baino motelago higituko da eta hau zure hipotesiaren aurka doa. Horregatik, honela eta higitzari pisatuena bestea baino arinagoa higitzen dela suposatuz, pisatuena motelena dela ondora daiteke.

Simplicio: Bai nahastuta nagoela!"

Honetatik pisua edozein izanik gorputz guztiak abiadura berdinez erortzen direla ondora al daiteke? Baietz bada: zer beharra zeukan Galileok gorputzen erorketari buruz saiakerak egiteko? Ezezkoa bada erantzuna: non dago arrazonamenduaren hutsa?

3.- Denok dakigun bezala Fisikaren beste arazo klasiko bat "higidura iraunkorraren makinarena" izan da. Problema hau birsorkundearen-garaian ere tratatua izan zen eta, besteak beste, garai hartan asmatu tako horietako bi makinaren eskema dakartzagu hona:

a) Irudian ikusten den bezala bolen palanken besoak eskuin aldean ezkerrean baino handiagoak izategatik eskuin aldeko bolen momentua ezker aldekoenak baino handiagoa da eta beraz, sortutako indar-pareak gurpila ordulariren orratzen norantzan abiaraziko du.



- b) Beste irudi honetan katearen eskuineko adarraren luzera ezkerrekoa baino handiagoa izateagatik, bere pisua ere handiagoa izango da, beraz katea ordulari ren orratzen norantzan abiatuko da.

Makina hauek zergatik ez dute esanda bezala jokatzen?

Ebazpenak

1.- Hona aipalutako zatiaren ondoino Galileo beraren erantzuna:

"Salviati: Lehen esandako emaitzetan ez duzue inongo aldaketarik ikusiko, eta itsasuntzia geldirik ala higitzen ote den ez duzue jakiterik izango. Saltoa egiten baduzue lehen bezain bateko distantzian eroriko zarete eta nahiz eta untsia oso azkar badao ere zuen saltoa ez da txopa aldean branka aldean baino luzeagoa izango, eta hau nahiz eta zuek airean zaudeten bitartean zolua kontrako norantsan desplazatzen bada ere. Eta zuen lagunari gausa bat botatzen badiosue bera brankan dagoenean berarenganaraino heltzeko zuek egin behar duzuen indarra ez da handiagoa izango bera txopan dagoen baino, baldin eta zuek beti gainbararen kontrako muturrean jartzen bazarete. Tantez botilaren aspian dagoen edalontzira jarraituko dute erortzen; eta beren erorketan ez dira txopa aldera joango, nahiz eta hori gertatzen ari den bitartean itsasuntziak ukondo batzuk bete izaten baditu ere. Arrainak ez du esfortzu handiagorik egingo bere ontzian aurrerantz nahiz atzerantz igeri egiterakoan eta ontziaren ertzean edozein puntutan jarritako beitaraino erraztasun berdinez helduko da. Tximeletek eta suliek beren hegaketari gainbararen edozein aldetara berdín jarraituko diote eta ez duzue sekulan txopa aldean pilatuta ikusiko airean egon diren epe luzeetan itsasuntziaren martxatik at egongo balira bezala...

Sagredo: Nahiz eta nire bidaietan sekulan ez bazait behaketa hauek egitea burura etorri, zuk esaten duzun bezala dela zihur nago. Gainera, nire gelan egotean itsasuntzia bazihoala ala ez nire buruari sarritan galdetu diodala gogoratzen nahiz; eta, batsutan, norantza batean zihola benetan aurkakoan zihonean uste izan dut..."

Lerro garrantzitsu hauek erlatibitatearen printzipioa historikoki lehen aldiz ezartzen dute.

2.- Galileok Aristotelesen teoriak gehiegi nahi du isekatu eta pasatu egiten da. Bere arrazonamendua faltsua da zeren eta hutsean erorketa librekoa eta airekoa ez bait ditu bereizten. Airearen eragozpena handia denean pisu desberdineko gorputzak ez dira nahi eta nahi ez batera zoluraino heltzen, eta emaitza honek Galileoren ondorio orokorregiak gezurtatzen ditu. Berez, arrazonamenduaren lehen partean ("higikari geldoenak arinena balastatuko luke...") gorputzen berezko abiadura gorputzen atributu berezi bat, temperatura edo kolorearen partean, adibidez, izango balitz bezala arrazonatzen du Galileok, gainera, bi gorputz batzerakoan baturari dagokion abiadurak bien batz besteko bat izan beharko lukela ezer demostratu gabe onartzen du. Orduan, abiadura horien kausa den pisuekin berdín jokatuko beharko luke. Baina, Galileok berehala pisua magnitude gehigarria dela onartzen du ("harri konposatu hau nahiz eta hasierako harria baino handiagoa izan..."). Bi ideia hauek, hots, batezbestekotasuna baturagarritasuna kontrakoak direla argi eta garbi dago. Esperientzia bigarrenaren alde dago (pisuaren baturagarritasuna, alegia). Pisu desberdineko bi gorputz hutsean abiadura berdinez, edo hobeto esanda, azelerazio berdinez erorketaren arrazoi azelerazioaren kausa pisua bakarrik ez delakoan dago, hots, pisuaz gaine-

ra inertzia ere kontutan hartu behar da eta Galileok azkeneko hau ez du aipatzen idazlan honen parte honetan (nahiz eta kontzeptu hau berak ondo jakin ere).

Masa edo inertzi koefizientea gehigarria izateagatik, pisuarekin batera, noski gorputz guztiak hutsesan azelerazio berdinez erortzen dira, hain zuzen.

3.-

a) Egia da bai, eskuineko bola ba koitzaren momentua ezkerreko bakoitzarena baino handiagoa dela, baina ezker aldean eskuinean baino bola gehiago badago

eta sistema bere osotasunean orekan dago, hots, momentu osoa zero da.

b) Egon daitekeen higidura ikertze ko pisuaren higidura posible ho rren norabide-osagarria ikertu behar da, beste osagaia txirri-kek orekatzen dute eta. Beraz, katearen adar zehiarrren gainean ari den indarra dagokien adar bertikalaren gaineko bezainbategoa da eta katea orekan da go baita ere.