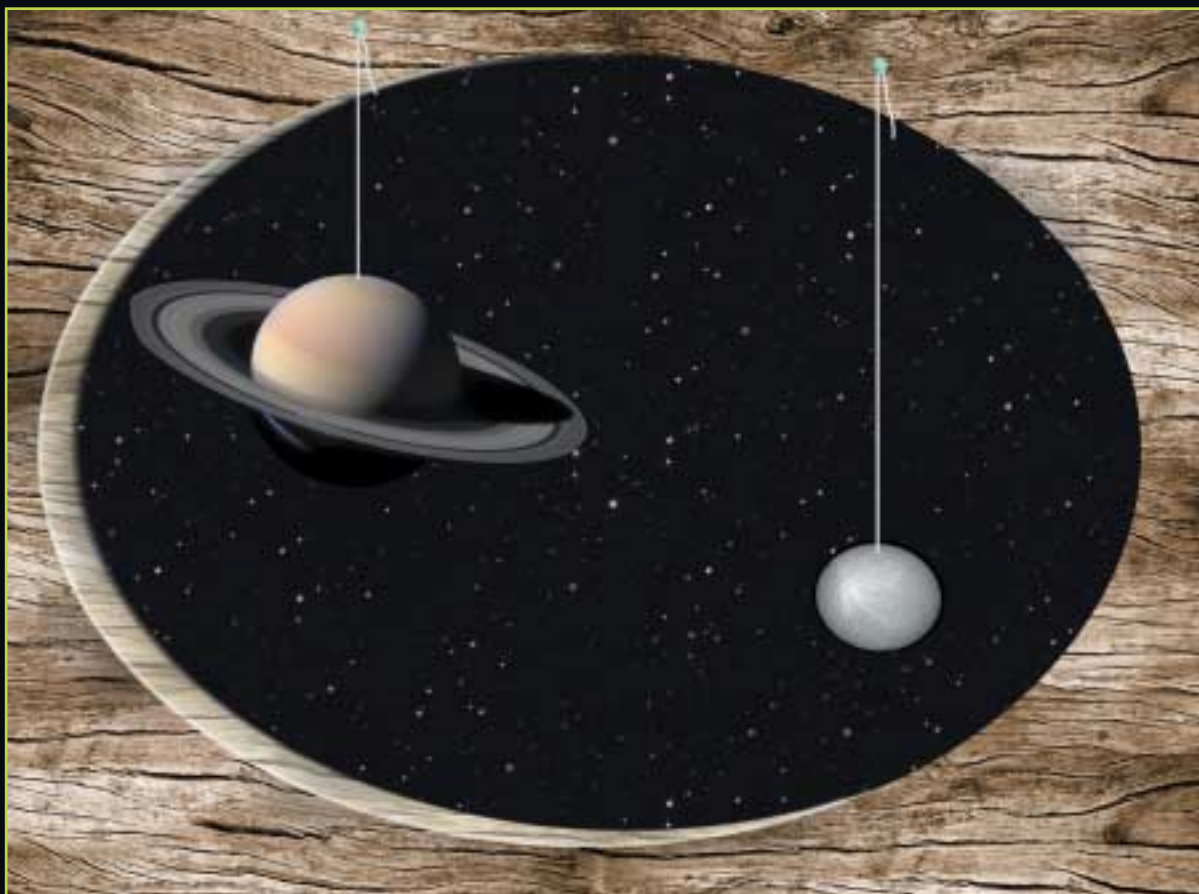


Marea, ondoan dagoenaren indarra

Roa Zubia, Guillermo

Elhuyar Zientziaren Komunikazioa



G. ROA

Espazioan egoteak biratzea dakar; zerbaiten inguruan, eta gorputz bakoitzak bere ardatzaren inguruan ere bai. Sateliteek biratu egiten dute, baita planetek ere; eta izarrek, eta galaxiek, eta galaxia-kumuluek. Denek. Hala ere, ez da kaos bat; biraketa horiek guztiak lege bat bete behar dute. Lege fisiko bat: marea-indarren legea.

PLANETA NON, SATELITEAK HAN; inguruko orbitan, umeak gozokiak banatzen dituenaren inguruan bezala. Eta, itxuraz, planetei ez diete eragiten sateliteen gorabeherek. Begi bistaz ez du ematen, esate baterako, Jupiterri eragiten dionik lau satelite handi eta hogeita hamabost txiki izateak (hogeita hamabost, guk dakigula). Jupiter erraldoia da, eta satelite handiena ere, Ganimide, oso txikia da harekin alderatuta. Pentsa liteke nekez antzemango diola Jupiterrek Ganimideren presentziari. Baina hori ez da egia.

Sateliteak izateak Jupiterri eta beste edozein planetari eragiten die. Planetaren forma eta errotazioa inguruko sateliteen araberakoa da. Lege orokorra da. Gauza bera gertatzen da eguzki-sistema osoarekin; azken batean, planetak Eguzkiaren inguruko sateliteak dira.

Formula ospetsua

Sateliteen eragina ulertzeko, Newtonen grabitatearen legea ulertu behar da: masa duten bi gorputzek elkar erakartzen dute. Edozein gorputz izanda ere.

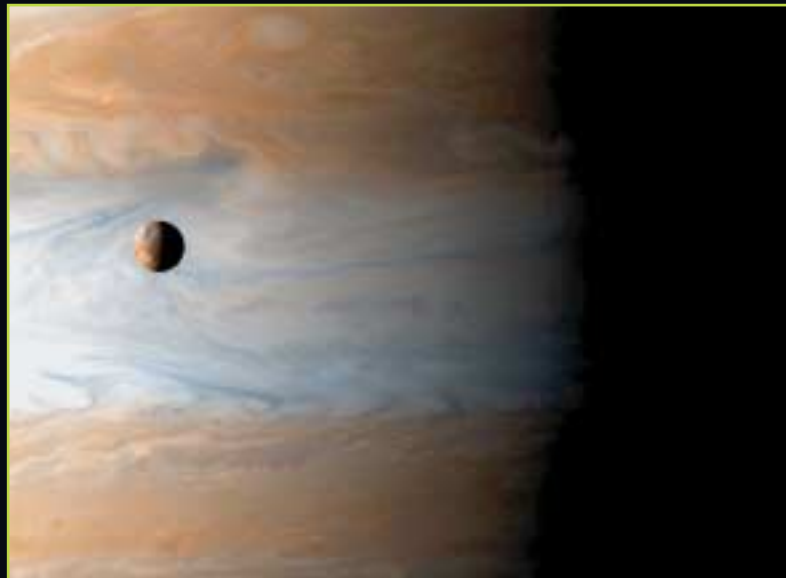
Eskuan duzun arkatzak eta Afrikako zebra batek, adibidez. Baldintza batarra da bi gorputzek masa izan behar dutela. Hori bai, erakarpen-indar hori zenbatekoa den, beste kontu bat da. Bi faktore hartu behar dira kontuan: batetik, masak handiak edo txikiak diren eta, bestetik, zer distantzia dagoen haien artean.

Grabitatearen ikuspuntutik, arkatzak eta Afrikako zebra oso masa txikia dute, eta elkarrengandik oso urruti daude, beren arteko erakarpen-indarra sumatzeko (batez ere, indar handiagoz erakartzen dituzten beste hainbat gorputzez inguratuta daudelako).

Astroekin, grabitatearen efektua askoz handiagoa da. Oso kasu bereziak dira: izarrek, planetek eta sateliteek oso masa handia dute, eta horrek haien arteko distantzia konpentsatzen du. Kontuan hartu behar da, adibidez, planeta-satelite distantzia txikiena ere gure adibideko arkatzaren eta zebren artekoa baino askoz handiagoa dela. Eta distantziarekin grabitate-indarra oso azkar ahultzen dela. Hain zuzen ere, Newtonen formula ospetsuaren zatitzailean, distantziaren karratua agertzen da.

$$F = G \frac{Mm}{r^2}$$

(distantzia r hizkiak adierazten du, G zenbaki bat besterik ez da, eta M eta



Zaila da imajinatzea lo sateliteak Jupiter planetari eragiten diola, baina eragiten dio.

m bi gorputzen masak). Horrek esan nahi du bi gorputzen arteko distantzia bi aldiz handituz gero erakarpen-indarra ez dela hasierakoaren erdia, baizik eta lau aldiz txikiagoa.

“grabitateak distantziarekin duen aldatzeko moduarengatik, planeta satelitedunak ez dira esferikoak”

Planeten tripa

Grabitateak distantziarekin duen aldatzeko moduarengatik, planeta satelitedunak ez dira esferikoak. Azken batean, izugarri handiak dira planetak; ondoan satelite bat dutenean, satelitearen masak gehiago erakartzen du gertu duen planetaren alde planetaren zentroa baino; eta askoz gehiago planetaren beste alde baino. Lurraren alde bat, adibidez, 12.756 kilometro gertuago dago Ilargitik beste alde baino; Jupiterren, diferentzia askoz handiagoa da, 142.984 kilometroko diametroa baitu. Sateliteak indartsu egiten dio tira gertu duen aldeari, eta indar txikiagoarekin planetaren beste aldeari. Ondorioz, planetak elipsoide-itxura hartzen du satelitearen norabidean (bi aldeetarantz, aurrerantz eta atzerantz).

Deformazioa antzematen zaio planetari, batez ere, ez badago oso material zurrunez eginda. Jupiter, Saturno, Urano eta Neptuno gehienbat gasez eginda daude, eta gasa oso erraz deformatzen da. Marte, Lurra, Artizarra eta Merkurio askoz zurrunagoak dira, oro har, solidoak direlako. Dena dela, Merkurio eta Artizarrak ez dute sateliterik, eta Marterenak oso txikiak dira. Baina Lurra bai, badu satelite handi bat gertu, Ilargia. Eta Ilargiaren erakarpen-indarra sumatzen du Lurra, bai atmosferan, bai ozeanoan, bai eta lur solidoan ere. Ondorioz,

Marea-indarrak satelite artifizialei ere eragiten die, baina horiek, normalean, ez dute deformatzeko aukerarik. Argazkian, ISS estazioa ikusten da, satelite artifizialen adibide bat.



Lurra deformatuta dago. Ilargiaren aldean eta kontrakoan dago luzatuta. Itsasoaren mareek horixe islatzen dute; ozeanoak lurra baino gehiago deformatzen dira, likidoak direlako, eta, hala, Ilargiaren aldeko itsas zatian eta kontrakoan itsasgora izaten da.

Azkenean, satelitedun planeta bat ez da esferikoa; gutxienez bi deformazio ditu: sateliteak eragindakoa eta errotazioak zuzenean eragindakoa. Planeta zapalduta dago, eta, gainera, satelitearen norabidean luzatuta. Eta ez hori bakarrik. Planetaren deformazioaren analisia gehiago konplikatzan da bi efek-

tuak batera gertatzen direla kontuan hartuta. Labur esanda, planeta norabide jakin batean dago luzatuta, baina, errotazioaren ondorioz, luzapen hori tokiz aldatzen da planetaren ikuspuntutik.

Gainera, errotazioa

Sateliteen eraginez ari gara, baina nabarmendu behar da planeten deformazio-iturri guztiak ez direla sateliteak. Errotazioak ere deformatzen ditu planetak. Zenbat eta errotazio azkarragoa eta zenbat eta malguagoa izan planeta, orduan eta deformazio handiagoa jasaten du. Adibide ikusgarriena Saturno da. Gasezko erraldoia dela esaten da, deformagarria, beraz, eta oso errotazio azkarra du. Begi-bistan da bi poloen aldeak zapalduta eta ekuatorea puztuta dituela.

“Lurra deformatuta dago; Ilargiaren aldean eta kontrakoan dago luzatuta. Hain zuzen, horixe islatzen dute itsasoaren mareek”

Lurra eta Ilargia, adibidez. Une jakin batean, Ilargia Indonesiaren gainean badago, eragiten duen deformazio handiena Borneon egon daiteke, esate baterako (Borneon eta, jakina, munduaren beste aldean, Kolonbia inguruan alegia, deformazioa bi aldeetara hedatuta dagoelako). Baina Lurraren errotazioaren ondorioz, denborarekin, koskorra mendebalderantz mugitzen da. Handik sei ordu, adibidez, Ilargia Afrikaren gainean egongo da, eta deformazio handiena Kongon izango da (eta Ozeano Barean, Hawaiiiko longitudean ekuatoretik gertu). Ilargiak dituzten planeta guztietan gauza bera gertatzen da.

Roche-ren muga eta eraztunak

Planeta baten marea-indarrak deformatu egiten ditu sateliteak. Satelitea zenbat eta gertuago egon, orduan eta deformazio handiagoa du; asko hurbiltzen bada, satelitearen grabitateak ez dio bere buruari eusten, eta satelitea puskatu egiten da.

Mareak satelite bat txikitzeko, sateliteak oso gertu egon behar du, oso ezberdinak izan behar dutelako planetaren alde baterako eta besterako distantziek; planetatik zenbat eta gertuago egon, orduan eta desberdinagoak dira bi distantzia horiek. Txikitzea muga bate-tik aurrera gertatzen da, eta muga horri Roche-ren muga deitzen diote astronomoek. Roche-ren mugatik barrurantz, ez dago sateliterik; egotekotan, sateliteen puska txikiak daude. Egia da puska bakoitza ere satelitetxo bat dela, baina puska-multzoak gerriko-itxura hartzen du, eta horri eraztun deitzen zaio, ez satelite-multzo.

Saturnon, adibidez, nabarmena da. Eratzun bat baino gehiago sortu dute Roche-ren mugatik behera dauden gorputzek. Jupiterrek, Uranok eta Neptunok ere badituzte eraztunak, arrazoi berarengatik. Horren beste adibide bat da Jupiterren gertatutakoa: 1992ko uztailean, Shoemaker-Levy kometa planetari gerturatu zitzaien, Roche-ren muga gainditu zuen. Kometa Jupiterko marea-indarrak suntsitu zuen, eta, 1994ko maiatzean, puska planetaren kontra talka egiten ikusi ahal izan zituzten astronomoek.



NASA

Shoemaker-Levy kometak ezin izan zion Jupiterren marea-indarrari eutsi, eta puskatu egin zen.



G. ROA

Roche-ren mugatik (lerro urdina) barrura; satelite baten grabitazio-indarra planetaren marea-indarra baino ahulagoa da. Horrek esan nahi du satelitea gehiago gerturatuz gero puskatu egingo dela.

Deformazioa uhin bat bezala mugitzen da errotazioarekin batera, planeta biratzen ari delako, eta planeta etengabe zuzentzen ari delako deformazioaren norabidea, sateliteari begira izateko. Zuzenketa ez da bat-batekoa; denbora pixka bat eskatzen du.

Horregatik, deformazioa pixka bat mugituta dago planeta-satelite ardatzetik, aurreratuta planetaren errotazioa satelitearen orbita baino azkarragoa denean, eta atzeratuta aurkako kasuan. Bi kasuetan, sateliteak tira egiten dio mugituta dagoen deformazioari, eta horrek aldatzen dio errotazio-abiadura planetari. Azken batean, satelitearen eraginez, planetaren joera da errotazio-abiadura satelitearen orbitaren abiadurarekin berdintzea, hau da, milaka milioi urte pasatu ondoren, planetaren alde berak begiratuko dio beti sateliteari.

Ilargia, esate baterako, balaztatzen ari da Lurraren errotazioa; ondorioz, egunaren iraupena 0,0016 segundo laburragoa da, pasatutako mende bakoitzeko. Oso prozesu mantsoa da, baina teorian, egunen batean, Lurra alde bera izango du beti Ilargia dagoen alderantz. Horrek esan nahi du Lurraren beste aldetik ez dela Ilargia ikusiko. Beti toki berak izango du Ilargia 'gainen'. Borneo balitz, adibidez, Amerikatik ez litzateke inoiz Ilargia ikusiko

Ilargiaren eraginez, Lurrean gehien deformatzen dena atmosfera da.



ARTXIBOKOA

(kontuan hartu gabe ordurako kontinenteen banaketa ezberdina izango litzatekeela). Gainera, marea-ındarrak itsasoko mareen gorabeherak ere geraraziko ditu; gure adibidean, Borneok itsasgora izango luke betiko (baita Amerikak ere), eta Europak, adibidez, beti itsasbehera.

“egunen batean, Lurra alde bera izango du beti Ilargiari begira; beste aldetik, ez da Ilargia ikusiko”

Elkarri begira

Sateliteak planetaren mugimenduan duen efektu bera gertatzen da alderantziz ere; planeten eraginez, sateliteak deformatu egiten dira, eta, denboraren poderioz, errotazioa egokitzen dute, planeta nagusiari beti alde bera erakusteko. Satelite artifizialek ere egiten dute hori (dena dela, satelite artifizialen materialak ia ez dira deformatzen). Efektua indartsuagoa da sateliteetan planeta nagusian baino.

Ilargiak, adibidez, aspaldi jasan zuen efektu horren eragina, eta gaur egun alde bera erakusten digu beti. Beste adibide aurreratuago bat Pluton-Karon sistema bitarra da. Marearen eraginez, aspalditik erakusten diote biek alde bera elkarri. Plutondik Karonen alde bakarra ikusten da, eta Karondik ere Plutoneren alde bakarra.

Beste planetak eta sateliteak bide beretik doaz. Eta baita izarrak ere. Izarrek planetetan ere eragiten dute marea-ındarra, eta alderantziz. Deborarekin, beraz, espero izatekoa da Lurra beti alde bera erakutsiko diola Eguzkiari. Hala ere, Eguzkiak ez du hain luze iraungo. Lehenago desagertuko da (eta, ondorioz, Lurra ere bai). Mareen ındarra garrantzitsua da, baina ez da espazioko gertaerak eragiten dituen bakarra. □



Galaxietan ere eragin handia du marea-ındarrak. Planeta baten lekuan galaxiaren gunea dago, eta sateliteen lekuan izarrak.

MASA