

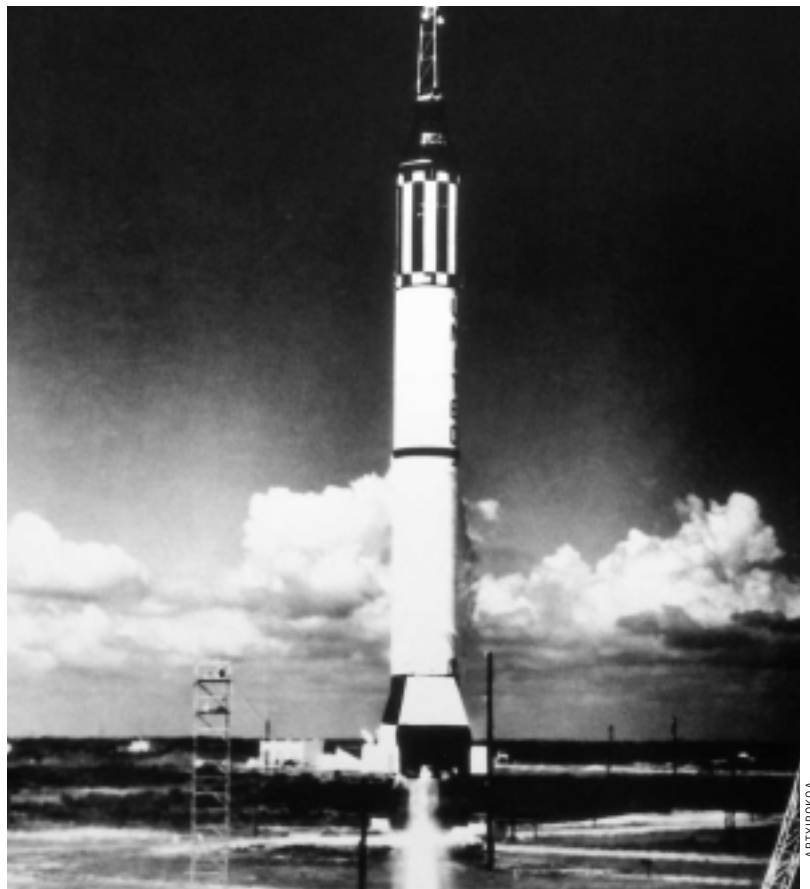
Grabitatearekin jarraituz

Lurretik Ilargira

Luis Bandres Unanue

XIX. mendearen bigarren erdian Frantzian gaur egun oraindik gustura irakurtzen den eleberri fantastiko bat argitaratu zen: Jules Verne idazlearen "Lurretik Ilargira" izenekoa, hain zuzen. Bertan, kanoitzarraz botatako jaurtigai batean bidaiariak joan ziren Ilargiraino. Jules Vernek proiektuaren zehaztasun guztiak hain ongi azaltzen dituenez, ziuraski batek baino gehiagok bere bideragarritasunaz honakoa galdetu dio bere buruari: gauzatu al daiteke proiektu hori?

LEHENBIZI, AZTER DEZAGUN TEORIKOKI, GUTXIENEZ, KANOI BATEKIN JAURTIGAIA BOTATZEA eta hau Lurrera ez erortzea posible ote den. Teoriak baietz esaten digu. Ikus ditzagun muturreko bi posibilitateak. Lehenengoan tiroa bertikalki gorantz egingo dugu eta Lurra bera baino ez dagoela (ez eta airerik edo besotelako inongo marruskadurarik kontsi-



ARTXIBOKOA

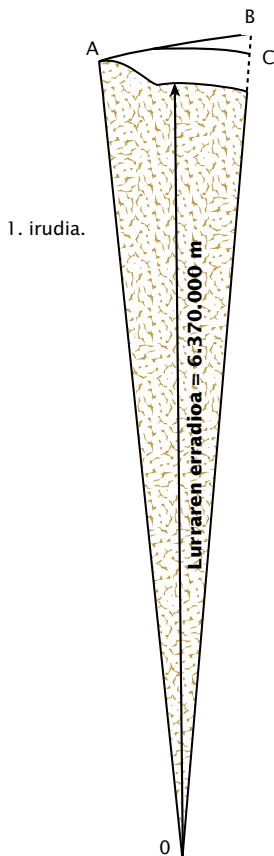
deratuko dugu) aski izango da jaurtigaiari energia zinetikoa behar adina ematea Lurraren eraginetik atera dadin. Oso zaila ez den kalkuluaren bidez jaurtigaiari 12.386 km/s-ko abiadura (edo handiagoa) ematen bazaio, esandakoa gertatuko dela ikus daiteke.

Beste aukera bat kanoiak jaurtigaia horizontalki botatzea da. Kasu arruntetan zergatik erortzen da jaurtigaia Lurrera? Lurrak behetik tiratzen duelako. Horregatik honen ibilbidea zuzena izan beharrean zolu aldera makur-

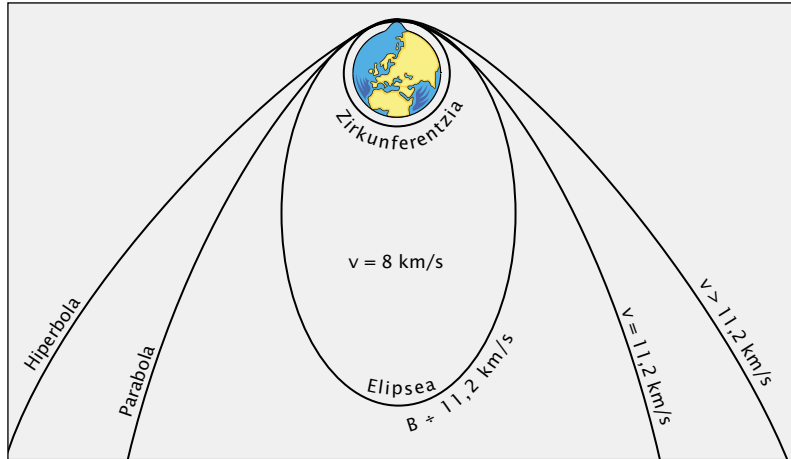
tzen den lerroarena da eta azkenik honekin egiten du topo. Lurraren azalaren kurbatua dela egia da, baina jaurtigaiaren ibilbidearen makurdura askoz itxiagoa da Lurrarena baino. Jaurtigaiaren ibilbidearen makurdura txikiagotuz eta Lurraren gainazalera adinako egingo bagenu, jaurtigaia ez litzateke inoiz Lurrera eroriko eta beraren inguruan jira-bira jarraituko luke, Lurraren satelite bihurtuta. Baina nola lor daiteke hori? Lehen bezala, jaurtigaia-ri behar adinako abiadura emanaz. Begira diezaiogun 1. irudiari.

Bertan lur-esferaren sektore baten ebakidura daukagu. Kanoia mendi baten A tontorrean dago. Lurrak inongo grabitaterik izango ez balu, tiroa horizontalki egin eta segundo bat iragan ondoren, jaurtigaia B puntuan izango litzateke. Baina grabitatearen indarrak egoera hau aldatu egiten du eta segundo bat igaro ondoren, jaurtigaia B puntutik bost metro behera izango da, hots, C puntuan (Lurraren gainean eta hutsean, libre erortzen den edozein gorputzek lehenengo segundoan bost metroko bidea betetzen du). Beraz, bost metro horiek jaitsi ondoren jaurtigaia Lurraren azaletik A puntuko altuera berdinean izango balitz, bere ibilbidea Lurraren esferako gainazalarekiko kurba zentrokidea izango litzateke.

Orain, AB zuzenkiaren luzera kalkulatu behar dugu, hau da, jaurtigaia lehenengo segundoan betetzen duen bide horizontala; beraz, gure helburua lortzeko kanoiaren ahotik irtetea izan behar duen abiadura. Kalkulu hau egitea erraza da: AOB triangelua hartuz, hau A erpinean zuzena da. Bestalde



1. irudia.



2. irudia.

$OA = OC =$ Lurraren esferaren erradioa dela kontsideratuz, $6.370.000$ m gutxi gorabehera, eta $OB = OC - BC = 6.370.005$ m. Pitagorasen teoremaren bitartez

$$AB = \sqrt{OB^2 - OA^2}$$

izango dugu, hots, 8.000 m, gutxi gorabehera.

“airea izango ez balitz, horizontalki eta 8 m/s-ko hasierako abiaduraz botatako edozein jaurtigai ez litzateke inoiz Lurraren gainera eroriko”

Hau da, airea izango ez balitz (honek izugarritzko oztopoa jartzen dio oso abiadura handiz doan edozein gorputzi), horizontalki eta 8 m/s-ko hasierako abiaduraz botatako edozein jaurtigai ez litzateke inoiz Lurraren gainera eroriko.

Eta abiadura handiagoa izango balitz, zer gertatuko litzateke? Ortze-mekanikak erakusten duenaren arabera. 8 km/s eta $11,2$ km/s bitarteko jaurtigaia elipseak beteko lituzke Lurraren

inguruan, eta elipseak luzeagoak izango dira hasierako abiadura handiagoa izan ahala. Baina abiadura hori $11,2$ km/s-koa izanda, elipsea izan beharrean kurba irekia izango dugu, hots, parabola, eta Lurretik betirako alde egingo du (ikus 2. irudia).

Beraz, teorikoki kanoi-bala bat ilargiraino bota dezakegu. Horretarako hasierako abiadura handia baino ez zaio eman behar.

Orain azter dezagun ilargirako bidaia Jules Verneren eta errealtatearen arabera. Esandako eleberria irakurrita gertatutakoa. Aldiune horretan zerbait harrigarria gertatu zen: jaurtigaia banean zeuden objektu guztiek beren pisua galdu zuten, bai eta bidaiariak beraiek ere, eta inongo paretari heldu gabe airean zintzilik gelditu ziren. Baina egileak ez zuen kontuan hartu gauza berbera gertatu behar zuela puntu horretatik pasatu aurretik eta baita gero ere, hau da, bidaiariak nahiz objektuak grabitaterik gabe izango liratekeela bidaia hasi zen aldiune beretik.

Honek itxuragabekeria dirudi, baina pixka bat pentsatu ondoren horrela izan behar duela ikusiko dugu. Honek konturatzeko har dezagun Jules Verneren eleberri beraren beste pasarte bat. Irakurlea gogoratuko denez, bidaiariak txakurraren gorpua kanpora bota ondoren, hau Lurrera erori beharrean, zeharo harriturik, jaurtigailuarekin batera espazioan jarraitzen zuela

Gorputz bat eta bere euskarria espazioan azelerazio berdinez higitzen direnean, batak besteari ez dio inongo presiorik egiten.



ARTXIBOKOA

ikusitako zuten. Vernek erantzun egokia emanaz fenomeno hau zehatz-mehatz eta oso ongi adierazten du. Hau da, dakigunez, hutsean Lurrak gorputz guztiak azelerazio berdina ematen die-nez gero, denak abiadura berdinez erortzen dira. Kasu honetan, jaurtigaia nahiz txakurraren gorpua, Lurraren eragina dela eta, berdinez higituko lirakeke. Beraz, elkarren arteko abiadura erlatiboa zero izango da, edo, bestela esanda, botatako gorputza eta bidaiariak batera joango lirakeke.

Baina Vernek kontuan hartu ez zuena hau zen: baldin eta txakurraren gorputza jaurtigaia kanpo dagoenean Lurrerantz erortzen ez bada, zergatik erortzen da barnean dagoenean? Txakurraren gorputza jaurtigaia barnean jartzen bada (inongo euskarri izan gabe, kanpoan dagoenean bezala) espazioan zintzilik edo geldituko da, hots, bi gorputz horien arteko abiadura erlatiboa zero denez, bata bestearekiko geldirik egongo da.

Ezpairik gabe, txakurrari buruz esan dugun guztia gainera gorputzekin gertatzen da, hots, bidaiariek edo jaurtigaia barnean dauden tresna guztiak eta, beraz, nahiz euskarri-puntuak galdu, ez dira eroriko. Hau da, hegaldian doan jaurtigaia barnean zoluaren gainean dagoen aukia, hankaz gora sabaiaren kontra jarriko ba-

litz, ez da "behera" aldera eroriko eta sabaiaren kontra aurrera jarraituko du. Edozein bidaiari haren gainean eser daiteke jaurtigaia zolura jausteko inongo beldurrik gabe (bestela, aukia bera eroriko litzateke eta). Baina hori ezinezkoa da, dakigunaren arabera, jaurtigaia barnean dauden gauza guztiak bere azelerazioa baitaukate.

"jaurtigaia barnean dauden gauza guztiak jaurtigaia azelerazioa bera daukate"

Dirudenez, Jules Verne ez zen honetaz konturatu: bere ustez jaurtigaia barnean, hegaldi librea, objektuek beren euskarri-puntuetan presioa egingo lukete, jaurtigaia geldirik dagoenean egiten duten bezala. Egia da, bai, gorputzek, grabitazio-eremuk gainazal baten gainean daudenean presio egiten diotela gainazal horri, baldin eta gaiznala geldirik edo abiadura uniformeaz higitzen ari bada; baina, gorputz bat eta bere euskarria espazioan azelerazio berdinez higitzen direnean, batak besteari ez dio inongo presiorik egiten (baldin azelerazioak

kanpoko indarren ondorio badira, kasu honetan bezala, eta ez jaurtigaia motorren eraginezkoak).

Honek honakoa esan nahi du: jaurtigaia kanoia gasen eragina bukatu bezain laster, bidaiariek eta barneko gainerako objektu guztiak beren pisua galdu zutela eta grabitaterik gabe egongo lirakekela. Hau jakinda, bidaiariek erraz antzeman zezaketenez espazio librea ala kanoia barnean zeuden. Baina eleberrigilea ez zen honetaz konturatu eta bidaia sideralaren lehenengo ordu-erdian bidaiariek hegan zihozten ala ez jakin ahal izateko izan zituzten buruhausteak kontatuko dizkigu:

- Nicholl, higitzen ari al gara?
- Nicholl eta Ardan-ek elkarri begiratu zioten. Ez zituzten jaurtigaia dardarak sentitzen.
- Edo, Floridako zoluaren gainean al gaude lasai-lasai? Nicholl-ek galde-tu zuen.
- Edo Mexikoko golkoaren hondoan –gaineratu zuen Michel-ek.

Baldintza hauek itsasontziko bidaiariek izan ditzakete, baina ez hegaldi librea doan jaurtigaioek. Lehenengoek beren pisua izango dute; bigarrenok, aldiz, grabitatea galdu eta berehala konturako lirakeke.

Horrelako jaurtigaia bidaiak harri-garria izan beharko luke! Mundu txiki bat non gorputzek ez baitaukate pisurik eta gauzak eskutik libre utzi eta erori gabe lasai-lasai utzitako tokian segituko bailukete; objektuek edozein posiziotan beren oreka izango lukete eta botila okertutakoan ura ez litzateke eroriko...

Zoritxarrez Jules Vernek bere "Lurretik Ilargira" izeneko lanean ez zituen gauza hauek guztiak kontuan hartu eta aukera izugarria galdu zuen. Hala ere, eleberria benetan zoragarria da, nahiz eta Fisika aldetik hanka-sartze bat edo beste izan. **□**