



Shoemaker-Levy 9 kometaren azken urratsak

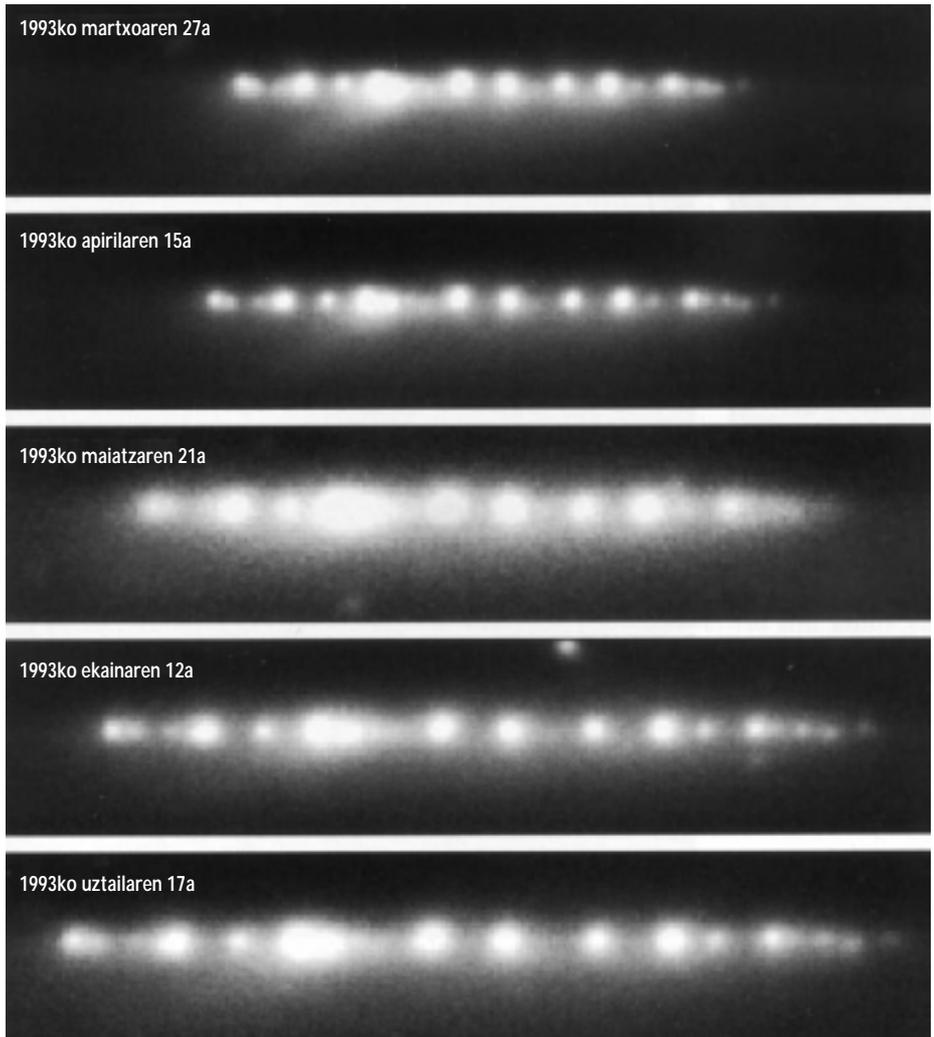
Patxi Razkin & Jon Andoni Boneta*

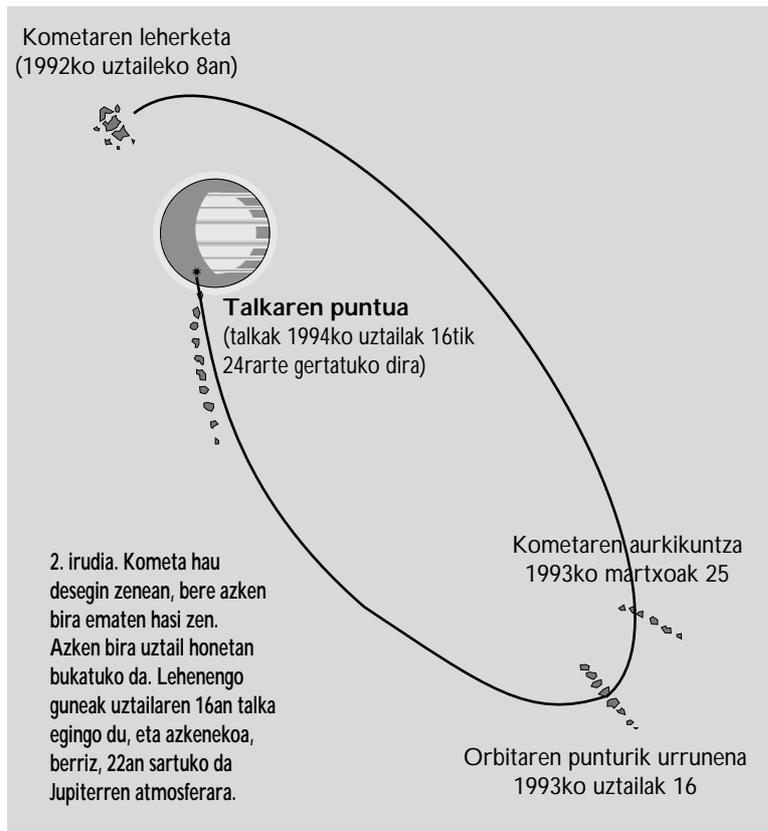
goa dela esango dugu. Bigarren Mundu Gerran jaurtikitako bomba guztiak, atomikoak bertan sartuta, 2 megatoni besterik ez ziren izan.

Gaur egun Shoemaker-Levy 9 deitutako kometa 1993ko martxoaren 25ean ikusi zuten lehenengo aldiz astronomoek. Handik aurrera, asko izan dira kometa horri begira ibili direnak, bere itxura harrigarriak astronomoen jakinmina piztu du eta. Oso teleskopio handiak erabili badira ere, Hubble teleskopio espazialak bidali ditu argazki onenak (1. irudia), bertan 22 gune aurkitu direlarik (eta ez bakarria, kometatan normala izaten den bezala). Badirudi Jupiterren indar grabitatorioen eraginez desegin den kometa baten zatiak direla.

Uztail honetan ikaragarritzko talka egingo dute Jupiter planetak eta kometa batek. Astronomiaren historian ez da inoiz horrelakorik ikusteko aukerarik izan; planeta baten aurkako talka bat, alegia. Talka honetan, eta azken kalkulu arabera, 100 milioi megatoni energia askatuko da; pentsatu ere ezin den energi kopuru itzela. Adibide gisa, energia hori gure planeta honetan 80.eko hamarkadan genituen bomba atomiko guztiena baino 10 mila aldiz handia-

1. irudia. Shoemaker-Levy 9 deitutako kometa 1993ko martxoaren 25ean ikusi zuten lehenengo aldiz astronomoek. Oso teleskopio handiak erabili badira ere, Hubble teleskopio espazialak bidali ditu argazki onenak, bertan 22 gune aurkitu direlarik (eta ez bakarria, kometatan normala izaten den bezala). Badirudi Jupiterren indar grabitatorioen eraginez desegin den kometa baten zatiak direla. Irudiko sekuentzian kometaren zatikien eboluzioa ikus daiteke.





Kometaren historia

Horrelako kometa aurkitzea (horrenbeste gunerekin) benetan harrigarria denez, zerutar mekanika deritzon astronomiaren adarra, ikaragarriko ordenadoreak erabilita, kometa honen historia aztertzen hasi zen.

Lehen kalkuluek datu harrigarri bat eman zuten aditzera, gero behatoki guztietatik bidalitako datuekin konparatuz baieztatu egin delarik. Kometa honek ez du inola ere kometa normalaren orbita, hau da, Eguzkiaren ingurukoa. Jupiterren inguruan dabil biraka (2. irudia), 1970ean planeta horretara gehiegi gerturatu ondoren harrapatu egin zuen eta. Handik aurrera kometa izandakoa Jupiterren satelite anonimo bihurtu zen, oraindik kometa deitzen bazaio ere.

Baina badirudi kometa edo satelite honek, ustegabe txiki batzuk bazituela bere baitan. 1992ko uztailan hain gertu pasa zen Jupiterren gainazaletik, non marea-inda-

rreko lehertu egin baitzuten (marea-ingar hauek indar grabitatorioak dira). Datu hauek guztiak ordenadoreak emandakoak dira, eta horren zuzeneko frogarik ez izan arren, nahikoa fidagarriak dira.

Kometa hau desegin zenean, bere azken bira ematen hasi zen, bihotza deseginda zuelarik bere burua hil nahian edo. Azken bira uztail honetan bukatuko da. Lehenengo guneak uztailaren 16an talka egingo du, eta azkenekoa, berriz, 22an sartuko da Jupiterren atmosferara, sei egunez iraungo duen agonia honetan.

Datuak oraindik guztiz zehaztu gabe daude, baina Kaliforniako Jet Propulsion Laboratory-tik IAURA bidalitako datuak ikusita lehenengo guneak uztailako 16an 19 h 45 min-etan (UT) talka egingo du.

Talkaren energia

Lehen aipatutako ordenadoreen bidez ateratako datuek diote-

nez, kometa eta Jupiterren arteko abiadura erlatiboa 60 km/s-koa izango da talkaren unean. Datu hau ezagutuz gero, erraza da askatuko den energia neurtea. (Datu hori jakin gabe energia mekanikoaren kontserbazioaren printzipioan oinarriturik, posible izango litzateke kalkulatzeko, baina ez goaz horretan hastera.)

Abiadura hori ezaguturik, badakigu zein izango den talkaren unean kometaren energia zinetikoa, eta gutxi gora-behera hori izango da askatuko den energia. Energia zinetikoa kalkulatzeko erabili behar dugun formula hau da: $E_z = (m \cdot v^2) / 2$, non m kometaren masa, eta v abiadura diren. Abiadura ezagutzen dugunez, masa falta zaigu datu guztiak ezagutzeko.

Masa kalkulatzeko, kometaren dentsitatea (ρ deituko diogu dentsitateari) jakin behar dugu, eta bolumena ere bai. Beraz, $m = \rho \cdot V$, eta kometaren gune batek esfera baten itxura duela kontsideratzen badugu, $m = \rho \cdot 4 / 3 \cdot \pi \cdot r^3$.

Dentsitatea kalkulatzeko arazoak ditugu. Zer dentsitate har dezakegu? Kometaren batena edo asteroideren batena, adibidez? Edo beste dentsitatearen bat hartu behar da? Zientzilariak ez daude ados, baina kometa-itxura duenez, kometaren dentsitatea hartuko dugu. Hau izan daiteke, duarik gabe, kalkuluetan lehenengo errua. Har dezagun $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$, txikiagoa (edo handiagoa) izan daitekeela kontutan hartuta.

Horiek horrela $E_z = 1 / 2 \cdot \rho \cdot 4 / 3 \pi \cdot r^3 \cdot v^2 = 7,54 \cdot 10^{21} \cdot r^3$. Formula honek energia jouletan emango digu, erradioa kilometrotan ipiniz gero.

Erradio hauek estimatzea da gauzarik zailena, argazkietan guneak hauts- eta gas-hodei baten barruan agertzen direlako. Gainera horrelako distantzietara hain gauza txikiak ikustea ez da erraza. 4.000 kilometrorra hogei duroko txanpon bat ikustea bezala-



koa litzateke, proportzioak kontutan hartuta. Beste era batera esanda, Ilargian Lurretik Apolo zunda ikustea bezalaxe litzateke.

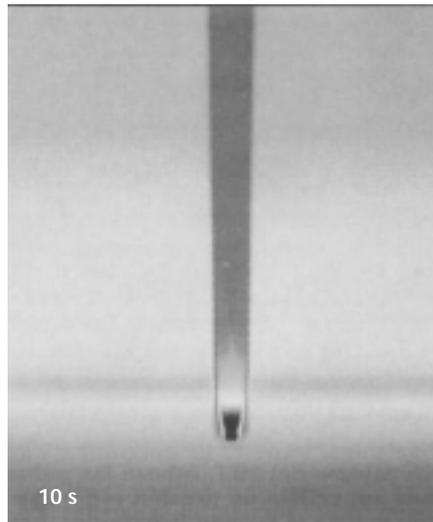
Azken kalkuluek aditzera eman dutenez, eta ez goaz nola egin dituzten berri ematera, gune handienaren diametroa 4,3 km-koa da gehienez. Erradioa diametroaren erdia izanik, nukleo horren energia zinetikoa kalkula dezakegu: $7,5 \cdot 10^{22}$ joule. Nukleo edo gune guztiak kontutan hartuta, $4,31 \cdot 10^{23}$ joulekoa da beren energia zinetikoa. Esan beharra dago ikerlari askok eta askok txikiagoak direla uste dutela.

Energia hau zenbatekoa den ulertzeko, adibide batzuk emango ditugu.

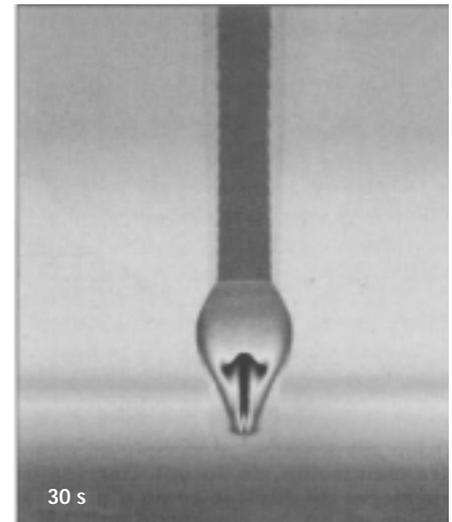
Ehun kilometro orduko abiaduraz dabilen automobil baten energia zinetikoa, 1,5 tonako masa baldin badu, $5,78 \cdot 10^5$ joulekoa izango da. *Boeing 747* hegazkin ezagunak, 300 tonako masa izanik eta 1.000 km orduko abiaduraz $1 \cdot 10^{10}$ jouleko energia zinetikoa du.

Mundu guztian urtebetean erretzen den energia 10^{19} joulekoa da. Irakurlea konturatuko da ez dela inola ere txantxetako energia. Eta Lurrean "katastrofikoak" diren lurrikarekin konparatzen badugu, argiago ikusiko dugu. Gutenberg eta Richter-ek 8 magnitudeko lurrikararen energia 10^{17} joulekoa dela eman zuten aditzera. Bere eragin izugarriak denok ezagutzen ditugu. Gune handienaren energia ia milioi bat aldiz handiagoa izanik... Tira. Eskerrak kometaren helburua Jupiter den, eta ez Lurra.

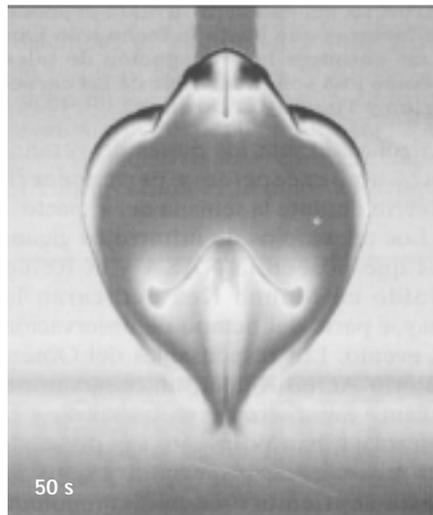
Hala eta guztiz ere, masak konparatuz kometarena Jupiterrena baino askoz txikiagoa da. Inurri batek *Queen Elizabeth* transatlantikoaren aurka talka egingo balu bezala izango litzateke horrelako talka (masak kontutan hartuta). Beraz, ikarragarria izango da talka, baina planetaren masa kontutan hartuta, Jupiterren orbitan ez du eraginik izango.



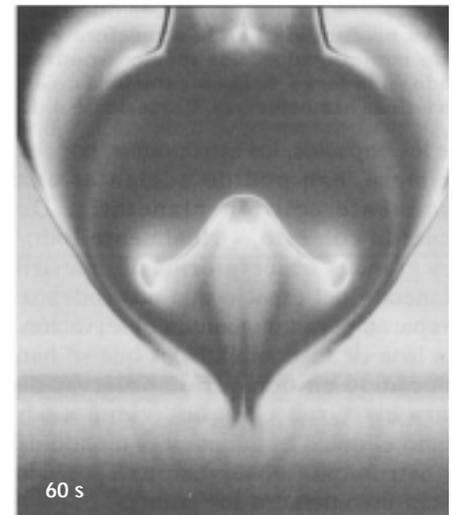
10 s



30 s



50 s



60 s

3. irudia. Irudi honetan NASAko Ames Ikerketa Zentruko Kevin Zahnle eta Chicagoko Unibertsitateko Mordecai-Mark Mac Low zientzilariek, kilometroko sekzioa duen izotzezko kometatik Jupiterrekin talka egitean izango lukeen eboluzioaz egin duten simulazioa ikus daiteke. Gorputzekin eta inguruko atmosferarekin sortuko den marruskadura dela eta, 10 mila graduraino bero daitezke atmosferako gasak. Horren eraginez atmosferako masa handi bat gorantz joango da eskualde hotzagoetara. Masa gorantz doan neurrian, atmosferako gasak hedatu eta hoztu egingo dira. Masa horretan dauden konposatu ezberdinak kondentsatu eta hodei handi bat sortuko dute.

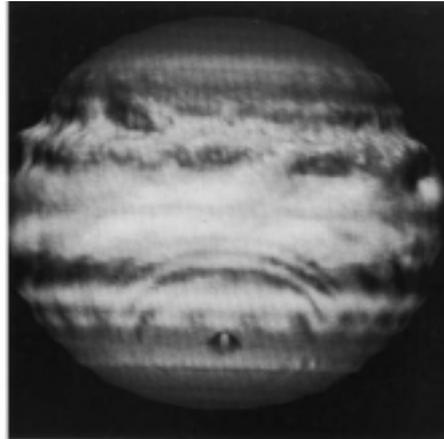
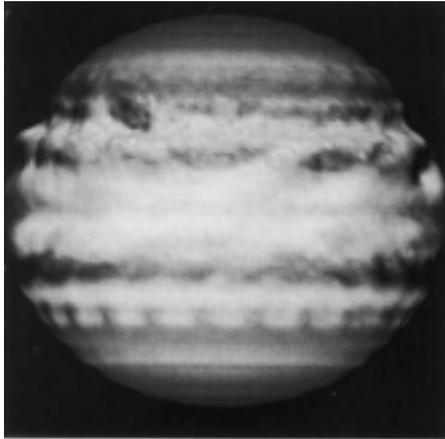
Talkaren eragina Jupiterren atmosferan

Oraindik ez dago argi talka horren eragina zein izango den, batez ere atmosferara sartzean kometaren portaera ezagutzen ez delako. Gorputzek Jupiterren atmosferara sartu ahala beren abiadura gal-

du egingo dute eta inguruko atmosferarekin batera suzko bola bihurtuko dira (3. irudia).

Gorputzekin eta inguruko atmosferarekin sortuko den marruskadura dela eta, 10 mila graduraino bero daitezke atmosferako gasak. Horren eraginez atmosferako masa handi bat go-





4. irudia. Zientzilariak ez dira ados jartzen gorputzak noraino sartuko ote diren erabakitzeke. Batzuek atmosferaren goi aldean desintegratu egingo direla uste dute, eta beste batzuen ustetan ehundaka kilometroko sakoneran desegingo dira.

Bestetik, atmosfera ingurune elastikoa denez, talkaren eraginez uhin elastikoa agertzea espero da, Joseph Harrington eta MITeko hiru lankideek ordenadorez egindako simulazioetan ikusten dugunez.

rantz joango da eskualde hotzagoetara. Masa gorantz doan neurrian, atmosferako gasak hedatu eta hoztu egingo dira. Masa horretan dauden konposatu ezberdinak kondentsatu eta hodei handi bat sortuko dute.

Horrez gain, zientzilariak ez dira ados jartzen gorputzak noraino sartuko ote diren erabakitzeke. Batzuek atmosferaren goialdean desintegratu egingo direla uste dute, eta beste batzuen ustetan ehundaka kilometroko sakoneran desegingo dira.

Bestetik, atmosfera ingurune elastikoa denez, talkaren eraginez uhin elastikoa agertzea espero da, 4. irudian ordenadorez egindako simulazioetan ikusten dugunez.

Lurretik talkak zuzenean ikustea ezinezkoa izango da; gure ikuspuntuarekiko talkak Jupiterren atzealdean izango baitira. Hala ere, Jupiterren 4 ilargi handientan ikusi ahal izango da eztanda-

ren isladapena. Talkaren eragina, talka gertatu ondoren ordu gutxi barru ere ikusiko da, Jupiterrek bere ardatzarekiko oso azkar birra ematen du eta (hamar orduetan).

Beraz, egun hauetan Lurreko teleskopioez gain, konpondu berri den *Hubble* teleskopio espaziala eta *Voyager* eta *Galileo* zundak egongo dira Jupiterri begira. *Voyager* oso urruti dago, baina berak zuzenean ikusiko du talka, talkako distiraren neurriak hartuko dituelarik. Galileok berriz, ez du zuzenean ikusiko, baina bere posizioa dela eta minutu gutxi batzuk geroago ikusiko ditu talkaren guneak. Hala ere 100 argazki baino gehiago ezingo ditu bidali; antena nagusia matxuraturik baitauka. Tresna guzti hauen bidez, aipatutako efektu guztiak aztertuko dira. Horrela, bai Jupiterren atmosfera eta bai kometaren egiturak hobeki ezagutuko dira.

Lurrean gerta al daiteke?

Ezetz esatea gezurra izango litzateke. Edozein kometa edo asteroideren orbitak Lurrarena zeharkatzen badu, Lurrarekin talka egiteko posibilitateak izango ditu. Eta gertatzen dira, bai, horrelako talkak. Izaten diren talkak oso txikiak dira gehienetan, batzuetan nabarmenak badira ere. Tunguska (ikus *Elhuyar. Zientzia eta Teknika*, 66. eta 67. zenbakiak) ibaitik gertu (Siberian) adibidez, 1908. urtean 20.000 kilotoi (0,02 megatoni, 5.000 milioi aldiz *Shoemaker-Levy* baino txikiagoa) zituen kometa baten zatia lehertu egin zen 2.000 km karratuko lurraldea hondatuz. Horrelako talkak, Siberiakoa bezalakoak, mende behin izaten dira zientzilari batzuen ustetan. Beste batzuek ordea, hain ugari ez direla esaten dute. Talka handiagoak are eta bakanagoak dira, kometa edo asteroide txikiak handiak baino askoz ere ugariagoak direlako batipat. Hain bitxia den talka ikusteko aukera gutxitan izango da gure Eguzki-sisteman. Goazen, beraz, talka honen eragina lasai-lasai ikustera eta teleskopioek bidaltzen dituzten irudiez gozatzera, ez dugu berriz ikusteko aukerarik izango eta.

* Aranzadi Zientzi Elkarteko Astronomi Saileko kideak.

