

# Ikusten ez den materia

Lasa Diarbide, Aitzol

Elhuyar Zientziaren Komunikazioa

**Galaxien dinamika ulertzeko materia falta zaie astronomoei. Ez zaie informaziorik falta, baizik eta materia; dinamika horrek zentzua izateko, materia gehiago egon beharko luke teleskopioen bidez ikusten dena baino. Unibertsoari falta zaion materia hori materia iluna izenarekin bataiatu dute astronomoek. Baina zaila da ikusten ez den materiari buruz zerbait ikastea.**

ZER DEN INORK EZ DAKIEN ARREN, badago arrazoi bat astronomoek materia ilunaren kontzeptua bolo-bolo erabiltzeko. Hain zuzen, bestela azaldu ezin daitezkeen gertaerak azaltzeko erabiltzen da materia iluna.

Adibidez, daukaten errotazio-abiadura azkarra dela eta, zenbait galaxia sakabanatu egingo lirateke, egungo teorien arabera. Nolabait, daukaten masa ez da nahikoa abiadura horretan biratzen dabilen materiari eusteko. Gertakari horiek azaltzeko balio du materia ilunaren ideiak: ikusten ez dugun materia bat dago —beraz, iluna—, galaxia horiei ez sakabanatzeko adinako masa ematen diena.



Begi dirdiratsua.

Beste galaxia batzuek, galaxia nano deiturikoek, errotazio azkarra ez duten arren, masa ikusgai gutxi dute. Masa horrek ezingo luke grabitazio-indar nahikoa sortu, eta galaxia sakabanatu egingo litzateke. Baina suposatu daiteke ikusten ez den materia dagoela hodeiari eusten. Galaxia nanoen kasuan, falta den materiak Eguzkia halako 30 izan beharko luke.

Azken batean, unibertsoan dauden grabitate-indarren efektuak azaltzeko,

oro har, materia falta da. Unibertsoak falta duen materia hori da materia iluna, hain zuzen, guztia ongi joateko falta dena.

## Materia ilunaren bila

Unibertsoan gertatzen diren grabitate-indarrak azaltzeko, beraz, materia ilunaren bila abiatu beharra dago. Izan ere, horrelako materiari baldin badago, aurrena jakin beharko da non dagoen.

lazko otsailean, materia ilunez osatutako galaxia bat izan daitekeena topatu zuten Virgoren izar-multzoan. Hasiera batean hidrogeno-hodeia topatu zuten, eta suposatuz gero, galaxia nanoa izan zitekeela, horregatik ez zutela ikusten. Hidrogenoa nola mugitzen zen aztertu ondoren, ordea, astronomoak konturatu ziren zirudien baino masa handiagokoa behar zuela izan. Baina, orduan, izarrek pizteko adinako masa izango zukeen hodeiak, teleskopio amateur baten bidez ikusteko modukoa, eta han ez zen izarrik ageri. Materia ilunez osatutako galaxia dela suposatuz gero, ordea, hodeiaren inguruko eremu grabitatorioak arazorik gabe azal daitezke.



NASA

Daraman abiadura itzelagatik, Izar Baztertuak gure galaxia uzteko ibilbidea hartu du. Horrek aukera ematen die astronomoei materia ilunarekin duen elkarrekintza aztertzeko.

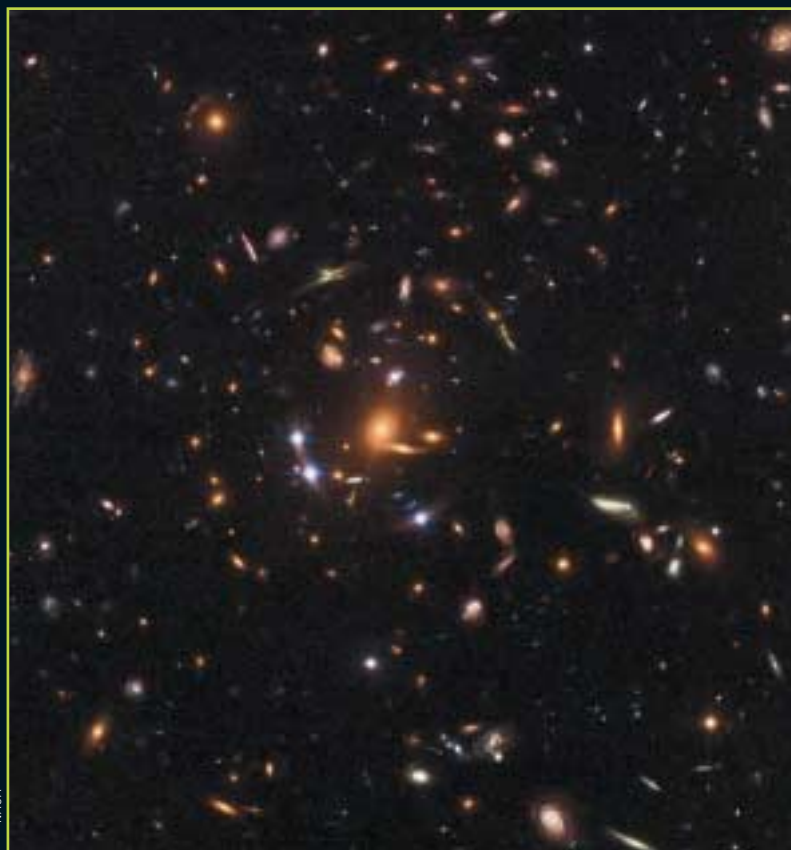
Gisa horretako azterketen arabera, uste da galaxia ilunak ohiko galaxiak baino ugariagoak direla. Beste hipotesi baten arabera, materia ilunak ohiko materia inguratzen du, eragin grabitatorioari esker, eta, horregatik, berebiziko garrantzia dauka izarrek eta gainerako astroak sortzeko orduan.

*“unibertsoan dauden grabitate-indarren efektuak azaltzeko, oro har, materia falta da”*

### Izar azkarrak, materia iluna aztertzeko

lazko otsailean baita ere, segundoko 700 km-ko abiaduran zihoan izarra topatu zuten astronomoek. Izarrek espazioa abiadura handian zeharkatzen badute ere, abiadura hori izugarria da izar batentzat. Esne-bideko izar batek orbita uzteko behar duen abiaduraren bikoitza da, eta hori da, hain zuzen ere, Izar Baztertuari —izen hori eman diote— gertatuko zaiona. Horren azkar doa, ezen zuzenean gure galaxiatik kanporako bidea baitarama. Izar Baztertua ez da Esne-bidea uztekotan dabilen bakarra, astronomoek horrelako 10.000 izar inguru dituzte katalogatuta, baina Izar Baztertuak dauka orain arteko errekorra abiadurari dagokionez.

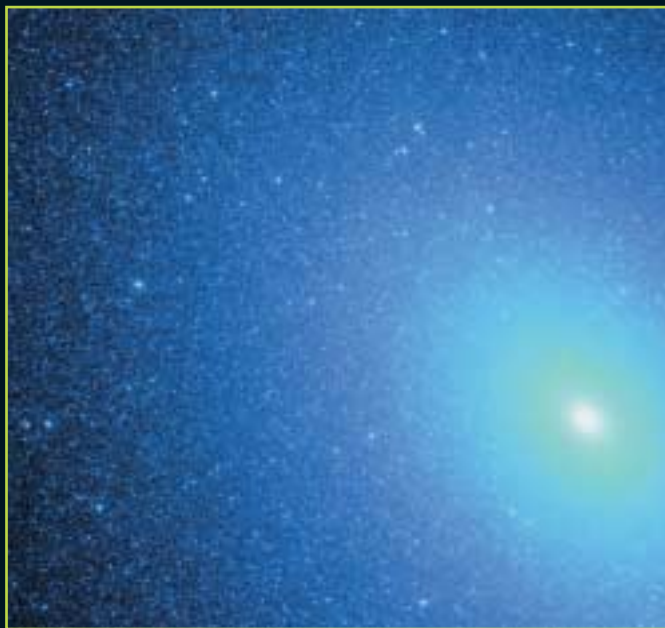
Izar Baztertuaren ohiz kanpoko abiadura abantaila handia da astronomoentzat, beste izarrekin dituen elkarrekintza grabitatorioen eragina nabarmena delako. Izar batetik hurbil igarotzean, desbideratu egingo da. Baina jasango ditu azaldu ezin daitezkeen desbiderapenak ere, eta orain moteldu egingo da, eta orain azkartu. Modu horretara, materia ilunaren, ikusten ez denaren, eragina azter daitezke. ➡



NASA

Materia iluna unibertsoaren masaren % 80 da. Ikusten ez den arren, materia iluna hor nonbait dago.

Zaila da materia ilunari buruz ezer esatea, ez duelako ageriko propietaterik.



ondorioz, materia ilunaren masa bera kalkula daiteke. Uste denez, materia ilunaren masa unibertsoaren masaren % 80 da, eta, Esne-bidearen kasuan, berriz, proportzio hori % 90ekoa da.

“*uste denez, materia ilunaren masa unibertsoaren masaren % 80 da*”

### Grabitate-leiarrari esker ere, materia iluna aztergai

Materia ilunaren peskizan, badago beste efektu kosmiko bat ere erabilgarri suerta daitekeena, grabitate-leiarraren efektua. Galaxia baten

masak sortzen duen indar grabitatorioak haren ondotik igarotzen den argia bihurritzen du, hots, grabitateak leiarraren efektua egiten du. Argiak jasaten duen bihurtura balioetsita, materia ilunaren masak bihurturan zer eragin duen jakin daiteke, eta,

Grabitate-leiarraren handitzea % 1 ingurukoa da, eta handitze kosmiko hori aztertzekeo quasarrak dira egokiak. Izan ere, quasarrak argitsuak dira, eta, oso urruti daudenez, haien argiak objektu kosmiko askoren grabitate-leiarra jasaten du Lurrera iritsi aurretik.

## Rafael Rebolo: “*Une honetan, kosmologiaren erronka nagusia da materia*”



B. KORTABARRIA

Rafael Rebolo, fisikaria eta Astrofisikan doktorea. Kanariar Uharteetako Astrofisika Institutuan egiten du lan. Lan ugari argitaratu ditu, baita sari ugari jaso ere, eta zientzia-komunitatean izen handia lortu du. Donostiako *Annus Mirabilis* kongresuan hitzaldi bat eman zuen. Biziaren jatorria izan zuen hizpide; izan ere, elementuen jatorriari buruzko hainbat proiektu zuzendu ditu. Nekez bera baino egokiagorik materia ilunaz hitz egiteko.

### Unibertsoa ulertzeko, materia ilunaren kontzeptua asmatu duzue kosmologoek.

Unibertsoaren eboluzioa nolakoa den ulertzeko dugun eredurik onena Big Bang-arena da. Onena izan arren, ordea, eredu horrek baditu oso ondo ulertzen ez ditugun osagai batzuk, unibertsoan dauden gauza guztien jatorria ezagutzetik izan ez dugulako. Osagai horiei izen exotiko samarrak eman dizkiegu, materia eta energia iluna, adibidez. Egiten ditugun behaketak ondo ulertzeko, ereduan integratu behar ditugu osagaiok. Kontrakoa badirudi ere, horrek ez dio indarrak kentzen ereduari. Konbinazio interesgarria dugu esku artean: batetik, ereduak ezartzen duen eremua; bestetik, oraindik erabat ezagutzen ez ditugun osagaiak. Bati zein besteari edo biei buruzko azalpenak emango dituzten esperimentuak egiteko, baliabide gehiago behar dugu.

### Eta zer uste da direla materia eta energia iluna?

Materia iluna unibertsoan dagoen materia ugariena izango litzateke, baina oraindik ez dugu ezagutzen haren jatorria. Materia arruntez hitz egiten denean badakigu oinarrian atomoak daudela, beren nukleoekin, elektroiekin eta nukleo osagaiekin. Gurea bezalako planeta batez edo izar batez ari garenean, badakigu, oro har, nolako materiaz eginda dagoen. Hala ere, arrastoek eta ebidentziek iradokitzen dute unibertsoan badaudela bestelako materia-formak. Ezin ditugu horien ezaguarriak zehaztu, laborategietan ez dugulako behar besteko energia eskuratzen; eskala kosmikoan, aldiz, materia-mota horien eragina nabarmena da, igarri egiten da.

## Materia ilunaren propietateak

Orain arte ikusitakoaren arabera, materia iluna deitutako zerbait dago unibertsoan, eta haren existentzia grabitatearen elkarrekintzek frogatzen dute. Eta, existitzen bada, izango du propietaterik. Baina zein dira?

*“ez diote aurkitu ez karga elektrikorik, ez magnetismorik, ez eta elkarrekintzarik ere argiarekin edo erradiazioarekin”*

Materia ilunak iheskorregia dirudi hari buruzko informaziorik zuzenean lortzeko. Ez diote aurkitu ez karga elektrikorik, ez magnetismorik, ez eta



Argia bihurritu egiten da galaxia baten ondotik igarotzean, galaxiaren grabitate-eremuak uhinak ere erakartzen dituelako. Argia zenbat bihurritu den jakinda, galaxiaren masa kalkula daiteke, eta, hortik, galaxiako materia ilunaren proportzioa.

elkarrekintzarik ere argiarekin edo erradiazioarekin. Propietate horiek —propietate falta horiek— kontuan hartuta, badirudi zaila daukatela astronomoek materia ilunari buruz gauza gehiago ikasteko. Ezta gutxiagorik ere.

Materia ilunaren existentzia justifikatzeko, galaxia nanoak erabili izan dituzte astronomoek, eta zentzuzkoa dirudi haien bidez informazio gehiago atera ahal izatea. Hasteko, galaxia nanoetako materia ilunaren abiadura

## eta energia ilunaren jatorria ulertzea”

### Bai, baina zer uste da direla?

Materia ilunaren osagai izateko hautagai nagusia oinarritzko partikula bat izango litzateke, oinarritzko indarrak batzen dituzten teoretikako batzuk beteko balira existituko litzatekeen partikula bat, alegia. Partikula horrek protoiak baino askoz ere masa handiagoa edukiko luke, 100 aldiz handiagoa beharbada, baina gainerako materiarekin elkarrekintzan jartzeko modua ez litzateke ohikoa izango. Eskuekin hartzen ditugun objektuak bezalakorik edo behatzen dugun bezalako astrorik ezin eratu luke. Elkarrekintza-mota horri elkarrekintza ahula deitzen zaio, materiarekin elkarrekintzan jartzeko modua ahula delako. Horrek esan nahi du ezin antzemango geniokeela, masa handia izan arren. Horregatik da zaila aurkitzen: masa badu, baina materiarekin beste modu bateko erlazioa du. Hortik ziur gauza asko ikasiko genukeela!

### Hori da aukera bakarra? Ezinezkoa litzateke, adibidez, orain ditugun teoretikoren bat okerra izatea?

Aukeretako bat da hori, naturaren oinarritzko legeetariko batekin arazoa izatea, zehazki Grabitazio Unibertsalaren Legearekin. Beste aukera, berriz, mamitzen ari dena, materiaren forma berri bat izatea da, gaur egun fisikari batzuk iragartzen ari direna. Kontua da ez dugula elementu esperimentalik zein partikula den esateko, ezin izan dugu jakin oraindik materia hori osatzen duten partikulak nolakoak diren. Edozelan ere, delakoa dela interesgarria izango da eta irabazten aterako gara; esan nahi dut unibertsoa hobeto ulertzeko aukera emango digula, bai indarren jatorria hobeto ezagutuko dugulako edo bai partikulena.

### Materia iluna kosmologiaren erronketako bat da?

Bai. Une honetan, kosmologiaren erronka nagusia da materia eta energia ilunaren jatorria ulertzea, unibertsoaren oinarritzko osagaiena alegia. Oinarritzko diot, osagai horiek gabe ezin ditugulako ondo ulertu egiten ditugun behaketetako batzuk. Hortik aurrera ez dakigu ezer, existitzen direla pentsatzeko aztarnak dauzkagu, baina ezin dugu esan zer diren, eta, horregatik, erronka handia dira. Iceberg-aren gailurraren antza duen zerbait dira. Itsas gainean dagoen zerbait ikusten dugu, baina atzean dagoena seguruenik handiagoa izango da, eta aurkituko dugu poliki-poliki.

### Erronka horiei erantzuteko eperik?

Oso une interesgarrian gaude. Niri XVII. mendearekin alderatzea gustatzen zait. Orduko astronomoak planetak zer diren ulertzen hasi ziren, eta fisikariak, berriz, Galileo, Koperniko, Newton eta Kepler adibidez, mundua nola antolatzen den. Orduko kosmosa, orduan natura aztertzeko zituzten baliabideak erabilita, gure eguzki-sistema zen. Gaur egun, urrunago iristeko baliabideak ditugu eta honen guztiaren jatorria zein den galdetzen dugu. Eta teoriak egiten ditugu. Haiek Grabitazio Unibertsalaren Legea egin zuten, eta guk ez dakigu ondorengo urteotan Fisikaren lege berriren bat emango dugun edo ez. Emango dugula pentsatzea gustatzen zait niri. Edozelan ere, jakintza irabaziko dugu, eta jakintza eskuratzea guztiiontzat da onuragarria.

**Beñardo Kortabarria**

## ***Materia iluna topatzeko teknika ez da berria***

“Izar ederrak argi egiten dau/zeru altuan bakarrik/ez da bakarrik, lagunak ditu/Jaun zerukoak emonik”. Bizkaiko balada zaharrak agintzen duen legez, zeruan ez dago izar bat bakarra, baizik eta ugari. Zenbat daitezkeenak gure Lurra planetatik ikus daitezkeenak besterik ez dira, baina, hala ere, asko eta asko dira. Beste batzuk ez dira begi hutsez ikusten, ezta teleskopio optiko baten bidez ere, urrutiegi daudelako edo argi gutxi igortzen dutelako, baina gizakiaren adimenak aurkitu egiten ditu, neurketa astronomikoen bitartez.

Ikusten ez diren izarrek aurkitzeko, lehenengo eta behin, ezagutzen diren izarrei buruzko informazio asko behar da, eta informazio hori lortzeko ezinbestekoak dira teleskopioak. Izan ere, teleskopioak aztertzen du izar batek igortzen dituen uhin elektromagnetikoen espektroa. Espektro horretatik abiatuta jakin daitezke izarren abiadura, norabidea eta masa.

Izarrek ikaragarriko masak dituzte, eta masek elkarrekintza grabitatorioak eragiten dizkiete elkarri. Batzuetan, ordea, izar batek ez du datu enpirikoen arabera dagokion abiadura edo ibilbidea. Kasu horietan, ikusten ez den masa bat dago, nonbait, elkarrekintza grabitatorio baten bidez izarren ibilbidea moldatzen duena. Horra hor ikusten ez den izar bat aurkitzeko modu bat.

Antzeko teknikak erabili behar dira, hain zuzen ere, materia ilunari buruzko datuak biltzeko, materia iluna ikusten ez den materia delako.

segundoko 9 km dela ondorioztatu dute. Abiadura horretatik gora, galaxia nanoa osatzen duen hodeia sakabarnatu egingo litzateke, eta, abiadura horretatik behera, aldiz, hodeia trinkotu egingo litzateke. Informazio horrekin, eta ekuazio fisikoen sokatik tiraka, ondorioztatu daiteke materia ilunaren temperatura 10.000 °C dela.



Masen arteko elkarrekintza grabitatorioak aztertzea da ikusten ez diren objektu kosmikoak aurkitzeko modu bat.

*“zulo beltzak energia ilunezko izarrek direla dio hipotesietako batek”*

Horrek temperatura altu samarra dirudi inolako argirik sortzen ez duen materia-erentzat. Lehenengo hipotesien arabera, materia ilunak hotza behar zuen ezinbestean. Baina materia ilun hotzaren hipotesiak arazo ugari ematen zituen. Besteak beste, galaxia txikiak egon beharko lukete galaxia handiagoak orbitatzen, eta horrelako egitura kosmikorik ez da oraino inon ere aurkitu. Materia ilun beroaren hipotesiak, aldiz, ez ditu horrelako gabeziak.

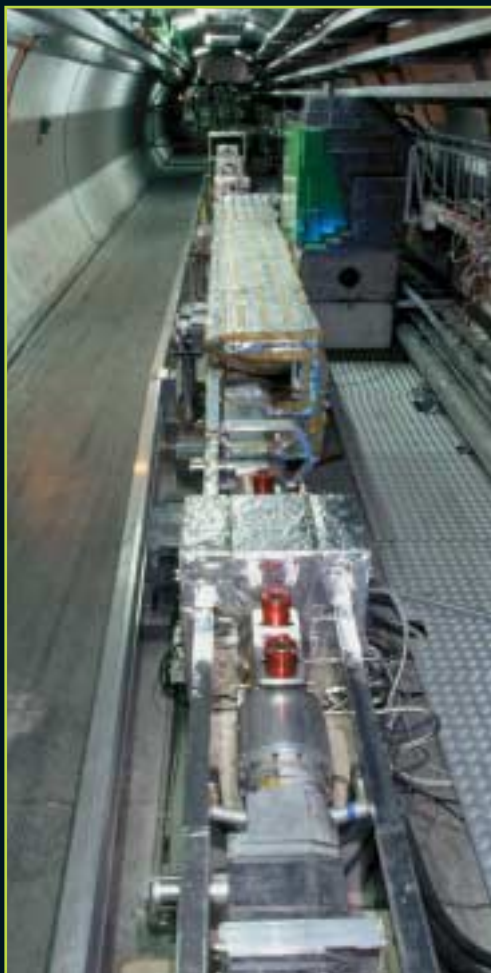
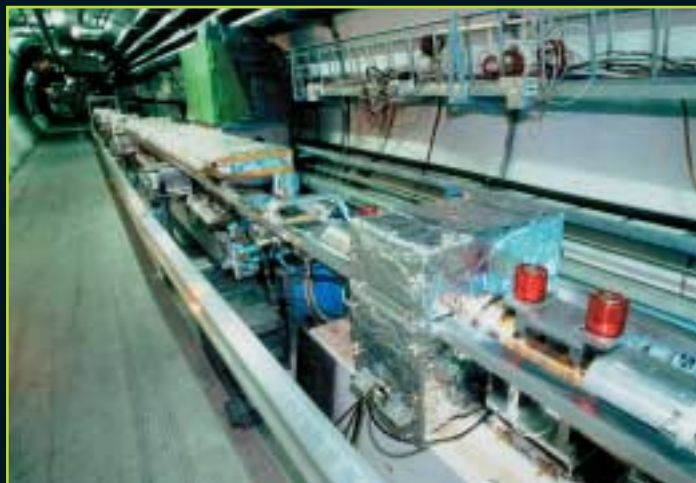
## **Energia iluna**

Materia ilunaren existentzia justifikatu ondoren, eta haren zenbait propietate aipatu ondoren, materia ilunaren sorburuaren hipotesiak azter daitezke.

Horretarako, ezinbestekoa da fisika kuantikoaren alorrean sartzea eta zulo beltzak aipatzea. Izan ere, zulo beltzak energia ilunezko izarrek direla dio hipotesietako batek. Unibertsoa hedatzen ari dela gauza onartua da astronomoen artean, eta hipotesiak dio energia iluna dela espantsio horren erantzulea.

Hipotesiaren arabera, zulo beltzak ikaragarriko grabitatea eragiten dio kanpoko materiari. Baina, zulo beltzaren barruan, materia antimateria bilakatzen da, eta kanpora igortzen da berriz ere. Materiak eta antimateriak elkar suntsitzen dute, eta energia handiko erradiazioa askatzen dute. Hori litzateke galaxien zentroetan sortzen den erradiazioaren iturria.

Zulo beltzez gainera, energia ilunezko beste izar batzuk egon beharko luketela dio hipotesiak, funtsezkoak deiturikoak. Azken horiek ez lirarteke sortuko ohiko zulo beltzen modura —zulo beltzak izarren kolapsoen ondorio dira—, baizik eta espazio-denboraren fluktuazioen bidez. Nolabait, ur-lurrunezko hodei batean ur tantak



NASA

Genevako CERN laborategian materia iluna artifizialki sortzeko ahalegina egingo dute. Horretarako ari dira eraikitzen LHC partikula-azeleragailua.

kondentsatzen diren modura, espazio-denbora kuantikoan energia ilunezko izarrak ere sortzen dira. Izar horiek ohikoen grabitatea sortuko lukete, baina ikusgaitzak lirateke. Hots, materia ilunaz osatutik leudeke.

### Materia iluna laborategian sortzeko asmoa

Dirudienez, espazioan haren eragina ikus daitekeen arren, oso zaila izango da materia iluna bera teleskopio baten bidez aurkitzea. Eta espazioan aurkitzea zaila izango denez, bestelako esperimenduak egiten ari dira materia iluna aurkitzeko asmotan. Esate baterako, Zuricheko Unibertsitatean simulazioak egin dituzte superordenadore baten bidez, eta ondorioztatu dute Esne-bidean materia ilunez osatutako  $10^{15}$  halo

dagoela. Horrek esan nahi du Lurrak halo horietako bat zeharkatzen duela 10.000 urtean behin.

*“simulazioak egiteaz gain, materia iluna laborategian sortzeko asmotan ere badabiltza zientzialariak”*

Baina, simulazioak egiteaz gain, materia iluna laborategian sortzeko asmotan ere badabiltza zientzialariak. Horretarako, neutralinoak izeneko partikula subatomikoa sortu nahi dute laborategian, partikula hori delako

materia iluna sortzeko hautagaietako bat. Neutralinoak ez da inoiz detektatu, baina supersimetriaren teoriak haren existentzia iradokitzen du, eta zenbait masa duen eta nola sor daitekeen zehazten du.

Neutralinoak bere buruaren antipartikula da. Horrek esan nahi du bi neutralinok talka egitean elkar suntsitzen dutela. Talka horretan gamma izpiak sortzen dira. Dena dela, horrelako leherketak ez dira oso ohikoak. Genevako CERN laborategian eraikitzen ari diren LHC partikula-azeleragailuak neutralinoak eta beste partikula supersimetrikokoak sortzeko balioko duela espero da, eta 2007an egongo omen da erabiltzeko moduan. 