

Cosmologie

Julieta Fierro, Beatriz García, Susana Deustua

Uniunea Astronomică Internațională, Universitatea Națională Autonomă din Mexic (México DF, México), Universitatea Tehnologică Națională (Mendoza, Argentina), Institutul de Știință al Telescopului Spațial (Baltimore, SUA)

Rezumat

Deși fiecare corp ceresc în parte are farmecul său, înțelegerea evoluției Universului este un subiect fascinant în sine. Chiar dacă suntem ancorați în vecinătatea Pământului, este captivant să înțelegem că putem ști mai mult despre Univers.

În secolul al XIX-lea astronomia s-a concentrat pe catalogarea proprietăților obiectelor cerești individuale: planete, stele, nebuloase și galaxii. La sfârșitul secolului al XX-lea, însă, atenția s-a schimbat către înțelegerea categoriilor de obiecte: roiuri de stele, formații de galaxii și structura Universului. Știm acum care este vârsta și care a fost istoria Universului, știm, de asemenea, că expansiunea accelerează, dar nu știm încă care este natura materiei întunecate. Și noi descoperiri continuă a fi făcute.

Mai întâi vom descrie câteva proprietăți ale galaxiilor care sunt părțile cele mai mari ale Universului. Mai târziu vom aborda ceea ce este cunoscut, ca modelul standard sau Big Bang, și care sunt dovezile care susțin acest model.

Obiective

- A înțelege cum a evoluat Universul de la Big Bang până astăzi.
- A cunoaște cum sunt organizate materia și energia în Univers.
- A analiza cum învață astronomii despre istoria Universului.

Galaxiile

Galaxiile sunt formate din stele, gaz, praf și materie întunecată, putând fi foarte extinse, având mai mult de 300 000 ani lumină în diametru. Galaxia din care face parte Soarele conține o sută de miliarde (100 000 000 000) de stele. În Univers sunt miliarde de astfel de galaxii.

Galaxia noastră este o mare galaxie spirală, similară galaxiei Andromeda din imaginea alăturată. Soarelui îi ia 200 de milioane de ani să se rotească în jurul centrului, mișcându-se cu 250 kilometri pe secundă. Deoarece sistemul nostru solar face parte dintr-un disc al galaxiei, noi nu putem vedea întreaga galaxie; e ca și cum am încerca să pictăm o pădure când ne aflăm în mijlocul ei.

Galaxia noastră este numită Calea Lactee. Privind cu ochiul liber de pe Pământ, putem vedea o mulțime de stele individuale, precum și o centură extinsă, formată dintr-un număr enorm de stele și nori interstelari alcătuiți din gaz și praf. Structura galaxiei noastre a fost descoperită

prin observații în vizibil și cu radio telescoapele, precum și prin observarea altor galaxii. (Dacă nu avem oglinzi, ne putem imagina cum arătăm privindu-i pe alții). Folosim undele radio, deoarece acestea pot trece prin norii care sunt opaci în vizibil, așa cum putem folosi un telefon mobil în interiorul unei clădiri.

Clasificăm galaxiile în trei categorii. Cele neregulate sunt mai mici, dar mai numeroase, fiind în mod obișnuit bogate în praf și fiind, în același timp, pepiniere pentru noi stele. Multe dintre aceste galaxii sunt sateliți ai altor galaxii. Calea Lactee are 30 de galaxii satelit, prima descoperită fiind Norii lui Magellan, care poate fi văzută din emisfera sudică.

Galaxiile spirală, așa cum este a noastră, au în general două brațe răsucite în spirală în jurul părții centrale, numită bulb. Aceste galaxii tind să aibă în centru o gaură neagră cu o masă de milioane de ori mai mare ca a Soarelui. Noi stele se nasc în special în brațele galaxiilor, deoarece densitatea mai mare a materiei interstelare poate conduce, prin contracție, la nașterea stelelor.

Când o gaură neagră din nucleul galactic atrage nori de gaz sau stele, materia este încălzită înainte de căderea în gaura neagră, iar o parte a ei emerge sub formă de jeturi incandescente care se mișcă prin spațiu, încălzind mediul intergalactic. Sunt cunoscute ca nuclee galactice active, un mare număr de galaxii spirală având astfel de nuclee.



Fig. 1a: Galaxia Andromeda. Galaxie spirală foarte asemănătoare Căii Lactee. Soarele se află la marginea unui braț al galaxiei noastre. (Foto: Bill Schoening, Vanessa Harvey / REU program / NOAO / AURA / NSF). Fig.1b: Marele Nor al lui Magellan. Satelit neregulat al galaxiei noastre, poate fi văzut cu ochiul liber din emisfera sudică. (Foto: ESA și Eckhard Slawik).

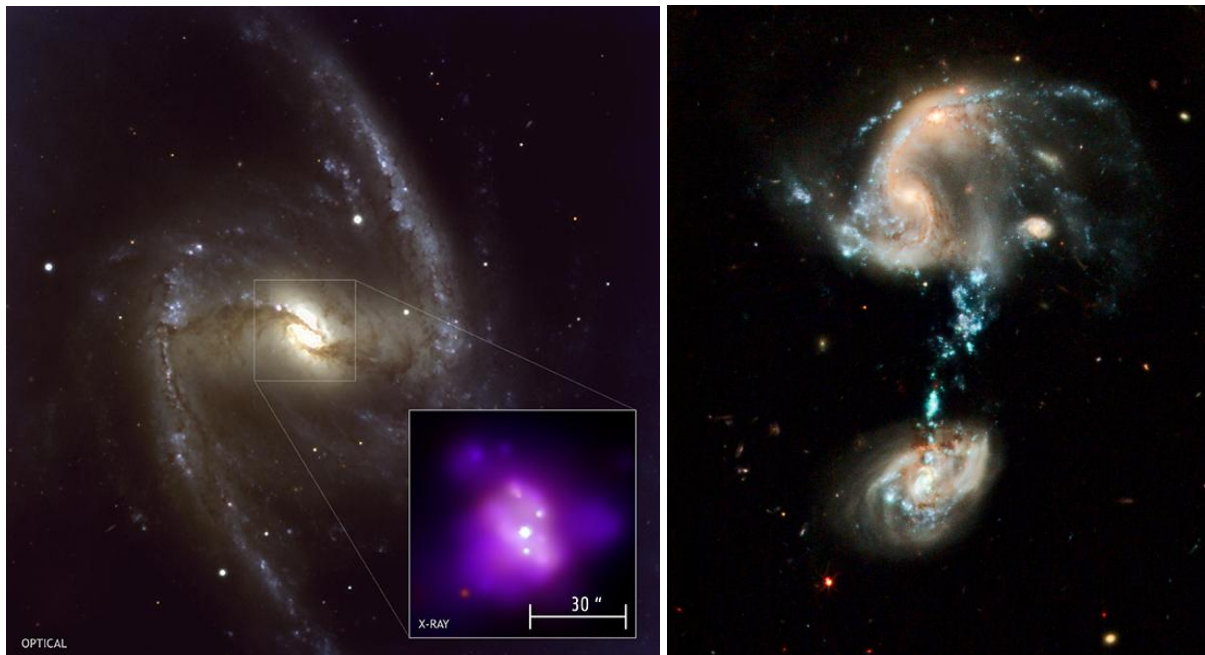


Fig 2a: Imaginea optică a galaxiei NGC 1365 și imaginea în raze X a materiei din apropierea găurii negre centrale. (Foto: X-ray image: NASA/CXC/CfA/INAF/Risaliti Optical image: ESO/VLT). Fig. 2b: Arp 194 – un sistem de două galaxii interacționând într-un proces spectaculos. Nucleele galactice fuzionează și o coadă albastră este ejectată. (credit: NASA, ESA și Hubble Heritage Team (STScI))

Distanțele dintre stele sunt imense. Pământul se află la 150 000 000 km față de Soare, Pluto este la o distanță de 40 de ori mai mare. Cea mai apropiată stea se află la o distanță de 280 000 de ori mai mare, iar cea mai apropiată galaxie se află la o distanță de zece miliarde

Cele mai mari galaxii sunt cele eliptice (deși există și galaxii eliptice mici). Se crede că acestea, la fel ca și galaxiile spirală gigant, se formează atunci când galaxiile mai mici se îmbină. Unele argumente pentru această ipoteză provin de la diversitatea vârstelor și compozițiilor chimice a diferitelor grupuri de stele din galaxia îmbinată.

Galaxiile formează roiuri de galaxii cu mii de componente. Galaxiile eliptice gigant se găsesc în mod obișnuit în centrele roiurilor și, câteodată, au două centre, ca rezultat al recentei îmbinări a două galaxii.

Roiurile și super-roipurile de galaxii sunt distribuiți în Univers în structuri filamentare care înconjoară regiuni imense lipsite de galaxii. Este ca și cum Universul la scară largă este o baie cu bule în care galaxiile sunt suprafețele bulelor.

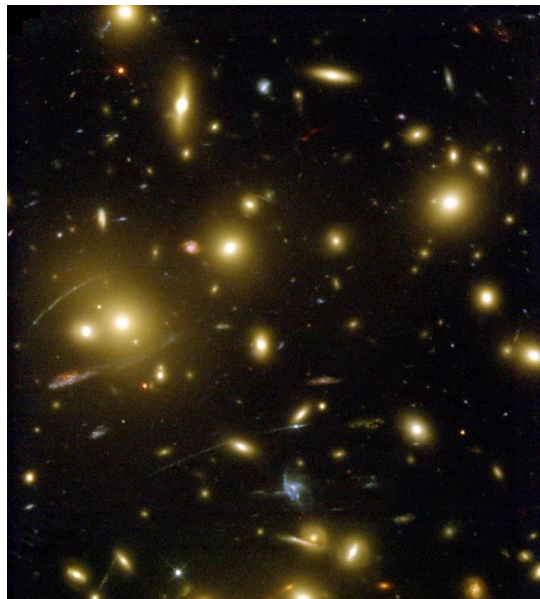


Fig 3. Roiul de galaxii Abell 2218. Arcele care pot fi văzute sunt determinate de efectul de lentilă gravitațională. (Foto: NASA, ESA, Richard Ellis (Caltech) și Jean-Paul Kneib (Observatoire Midi-Pyrénées, Franța)

Cosmologie

Vom descrie câteva proprietăți ale Universului în care trăim. Universul consistă din materie, energie și spațiu și evoluează în timp. Dimensiunile sale temporale și spațiale sunt mult mari decât cea ce utilizăm în viața de zi cu zi.

Cosmologia încearcă să răspundă la întrebări fundamentale despre Univers: De unde venim? Care este viitorul Universului? Care este locul nostru în acest Univers? Care este vârsta Universului?

Este de remarcat faptul că știința evoluează. Cu cât știm mai multe, cu atât ne dăm seama cât de puține lucruri știm. O hartă este utilă chiar dacă este doar o reprezentare a unui loc, la fel cum datorită științei putem avea o reprezentare a naturii, putem să vedem anumite aspecte ale acesteia și să anticipăm anumite evenimente, toate acestea bazându-se pe prezumții raționale care trebuie confirmate prin măsurători și date observaționale.

Dimensiunile Universului

Distanțele dintre stele sunt enorme. Pământul este la 150 milioane km de Soare, Pluto este de 40 de ori mai departe. Cea mai apropiată stea este de 280.000 de ori mai departe și cea mai apropiată galaxie este de 10 miliarde de ori și mai departe. Structura filamentară a galaxiilor este de zece trilioane (unu urmat de 12 zerouri) mai mare decât distanța de la Pământ la Soare.

Vârsta Universului

Universul nostru s-a născut acum 13,7 miliarde (13 700 000 000) de ani. Sistemul solar s-a format mult mai târziu, acum 4,6 miliarde (4 600 000 000) de ani. Viața pe Pământ a apărut

acum 3,8 miliarde (3 800 000 000) de ani, iar extincția dinozaurilor s-a petrecut acum 65 milioane de ani. Oamenii moderni au apărut în urmă cu aproximativ 150.000 de ani.

Avem motive raționale să credem că Universul nostru a avut o origine în timp, deoarece observăm că el se extinde rapid. Aceasta înseamnă că toate roiurile de galaxii sunt în mișcare unele față de altele și, cu cât distanța este mai mare, cu atât mișcarea este mai rapidă. Dacă am măsura rata expansiunii, am putea estima când au avut aceeași poziție în spațiu. Făcând calculul, obținem vârsta de 13,7 miliarde de ani. Această vârstă nu contrazice evoluția stelară, deoarece nu vom observa stele sau galaxii cu vârstă mai mare de 13,5 miliarde de ani. Evenimentul de la care a început expansiunea Universului este cunoscut ca Big Bang.

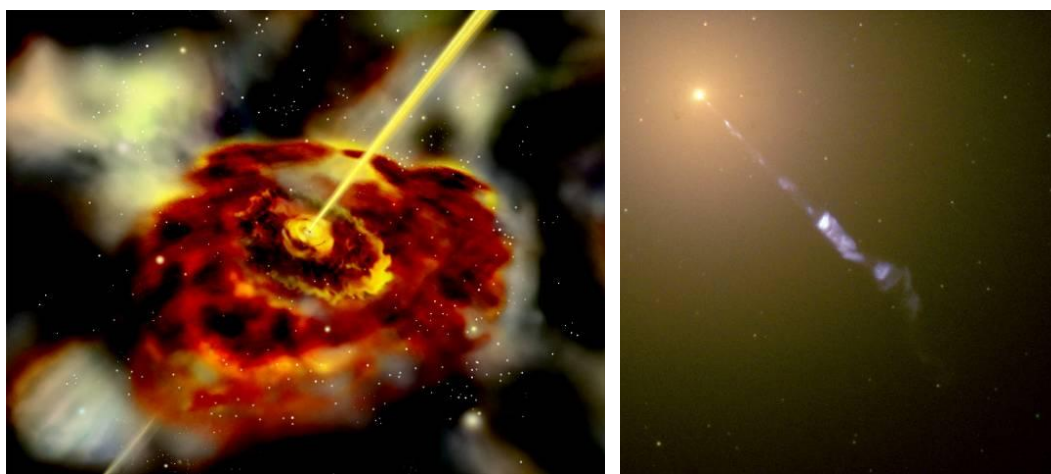


Fig. 4a: Reprezentare artistică a unei găuri negre din centrul unei galaxii. (Foto: NASA E/PO Sonoma State Univ.). Fig. 4b: Galaxia M87, un exemplu de jet într-o galaxie reală. (Foto: NASA și Hubble Heritage Team).

Măsurarea vitezei

Putem măsura viteza unei stele sau a unei galaxii utilizând efectul Doppler. În viața de zi cu zi experimentăm efectul Doppler atunci când auzim schimbarea de ton a sirenelor ambulanței sau poliției, atunci când se apropie sau se îndepărtează. Un experiment simplu este să plasăm un ceas cu alarmă într-o sacoșă cu mână lungi. Dacă cineva rotește sacoșa deasupra capului, putem sesiza schimbarea de ton atunci când ceasul se îndreaptă către noi sau se îndepărtează de noi. Viteza ceasului poate fi calculată ascultând schimbarea de ton, care este cu atât mai mare cu cât viteza este mai mare.

Lumina emisă de obiectele cerești suferă o schimbare a frecvenței sau a culorii care poate fi măsurată în funcție de viteza cu care se apropie sau se îndepărtează. Lungimea de undă crește (deplasare spre roșu) atunci când mișcarea este de îndepărtare de noi, respectiv scade (deplasare spre albastru) atunci când se apropie de noi.

Când Universul a fost mai compact, undele sonore care l-au traversat au fost produse în regiuni cu densitate mai ridicată sau mai mică. Superroiurile galactice s-au format acolo unde densitatea materiei a fost mai ridicată. Pe măsură ce Universul se dilata, spațiul dintre regiunile de densitate ridicată a crescut ca dimensiune și volum. Structura filamentară a Universului este o consecință a expansiunii acestuia.

Unde sonore

Sunetul poate traversa medii ca aerul, apa sau lemnul. Când producem un sunet, generăm o undă care comprimă materialul din jurul său. Aceste unde traversează mediul din interiorul urechii noastre și comprimă timpanul care trimite sunetul la celulele nervoase sensibile la aceste excitații. Nu auzim exploziile solare sau furtunile de pe Jupiter, deoarece spațiul dintre corpurile cerești este practic vid și undele sonore nu se pot propaga în absența unui mediu material.

Este de remarcă faptul că nu există un centru al expansiunii Universului. Folosind o analogie bidimensională, ne putem imagina că suntem la Paris la sediul UNESCO și că Pământul se dilată. Am putea observa că toate orașele se deplasează unele față de altele și nu avem nici un motiv să afirmăm că suntem în centrul expansiunii, deoarece toți ceilalți locuitori ar observa același lucru.



Fig. 5: Deși, din punctul nostru de vedere, viteza luminii care are valoarea de 300.000 kilometri pe secundă este extrem de mare, ea nu este totuși infinită. Lumina de la stelele cele mai apropiate poate ajunge în sute de ani până la Pământ, iar lumina de la galaxii poate face această călătorie în milioane de ani

Toate informațiile care provin din cosmos ajung într-un timp îndelungat la noi, astfel încât noi vedem stelele cum erau în trecut, nu cum sunt în prezent.

Există obiecte aflate la o distanță atât de mare, încât lumina emisă de ele încă nu a ajuns la noi, astfel încât încă nu le putem vedea. Asta nu înseamnă că ele nu sunt acolo, ci că pur și simplu ele s-au format după ce radiația din acea regiune a cerului a pornit către noi.

Faptul că viteza luminii este finită are câteva implicații în astronomie. Distorsiunile spațiului afectează traiectoria luminii, astfel încât, dacă noi vedem o galaxie într-un loc anume, este posibil ca în realitate aceasta să nu se mai afle acolo, deoarece curbura spațiului s-a schimbat. În plus, o stea nu se mai află acolo unde este observată deoarece se află în mișcare. Nu mai sunt cum le vedem acum. Vom vedea totdeauna obiectele cerești așa cum au fost și, cu cât sunt mai îndepărtate, cu atât le vedem mai îndepărtate în timp. Deci, a analiza obiecte similare

aflate la distanțe diferite este echivalent cu a vedea același obiect în momente diferite ale evoluției sale. Cu alte cuvinte, putem vedea istoria stelelor dacă observăm tipuri similare aflate la distanțe diferite.

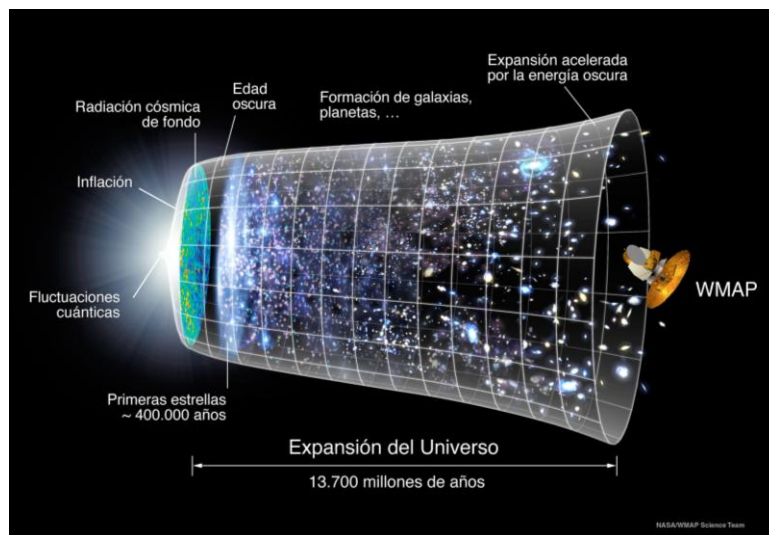


Fig 6. Istoria Universului în expansiune (Foto:NASA/WMAP).

Nu putem vedea marginea Universului, deoarece lumina nu a avut timp să ajungă până la Pământ. Universul nostru este infinit în dimensiune, dar noi vedem doar o secțiune a sa având raza de 13,7 miliarde de ani lumină, i.e. cât lumina a avut timp să ajungă la noi de la Big Bang. O sursă emite lumină în toate direcțiile, deci în diferitele regiuni ale Universului o putem vedea în diferite momente ale existenței sale. Vedem toate obiectele cerești așa cum au fost ele în momentul în care au emis lumina pe care noi o observăm acum, deoarece trebuie să treacă un timp finit până când aceasta să ajungă la noi. Aceasta nu înseamnă că noi avem o poziție privilegiată în Univers, orice observator din oricare altă galaxie poate observa ceva echivalent cu ceea ce noi detectăm.

La fel ca în toate științele, în astronomie și astrofizică, cu cât știm mai multe despre Universul nostru, cu atât mai multe întrebări se deschid. În continuare vom discuta despre materia întunecată și energia întunecată pentru a avea o idee despre câte încă nu știm despre Univers.

Materia întunecată nu interacționează cu radiația electromagnetică, adică nu absoarbe și nu emite energie. Materia obișnuită, așa cum este cea din stele, poate produce lumină sau o poate absorbi, așa cum se întâmplă cu norii de praf interstelar. Materia întunecată nu interacționează cu nici o radiație, are masă și, prin urmare, exercită atracție gravitațională

S-a descoperit prin efectele sale asupra mișcării materiei vizibile. De exemplu, dacă o galaxie se deplasează în jurul unui spațiu aparent gol, suntem siguri că ceva o atrage. La fel cum sistemul solar este menținut împreună datorită atracției gravitaționale a Soarelui care menține planetele pe orbitele lor, galaxia în discuție are o anumită orbită deoarece ceva o atrage. Știm acum că materia întunecată este prezentă în galaxiile individuale, în roiuri galactice și pare a fi baza structurii filamentare a structurii Universului. Cu alte cuvinte, materia întunecată este cel mai comun tip de materie din Univers.

Știm acum că expansiunea Universului este accelerată. Aceasta înseamnă că există o forță care contracarează efectele gravitației. Energia întunecată este numele pe care astronomii l-au dat acestui fenomen descoperit recent. În absența energiei întunecate expansiunea Universului ar încetini.

Conform cunoștințelor noastre actuale, conținutul de materie-energie al Universului este 74 procente energie întunecată, 22 procente materie întunecată și doar 4 procente corespund materiei normale (corespunzând tuturor galaxiilor, stelelor, planetelor etc.). În esență, natura și proprietățile a 96 procente din Univers rămân a fi descoperite.

Viitorul Universului nostru depinde de raportul care există între materia vizibilă, pe de o parte, și materia și energia întunecată, pe de altă parte. Înainte de descoperirea materiei și energiei întunecate se credea că expansiunea se va opri și gravitația va inversa expansiunea cu contracția, ceea ce conducea la un Big Crunch, în care totul se va întoarce într-un singur punct. Dar, odată ce existența materiei întunecate a fost stabilită, teoria a fost modificată. Acum, expansiunea va ajunge la o valoare constantă într-un timp infinit. Cunoscând existența energiei întunecate, ne așteptăm ca în viitor expansiunea să accelereze, iar Universul să crească în volum. Sfârșitul Universului este foarte rece, foarte întunecat și infinit în timp.

Bibliografie

- Greene, B., *The Fabric of the Cosmos: Space, Time, and the Texture of Reality* (2006)/*El tejido del cosmos* (2010)
- Fierro, J., *La Astronomía de México*, Lectorum, México, 2001.
- Fierro, J., Montoya, L., *La esfera celeste en una pecera*, El Correo del Maestro, México, 2000.
- Fierro J., Domínguez, H., *Albert Einstein: un científico de nuestro tiempo*, Lectorum, México, 2005.
- Fierro J., Domínguez, H., *La luz de las estrellas*, Lectorum, El Correo del Maestro, México, 2006.
- Fierro J., Sánchez Valenzuela, A., *Cartas Astrales, Un romance científico del tercer tipo*, Alfaguara, 2006.
- Thuan, Trinh Xuan, *El destino del universo: Despues del big bang* (Biblioteca ilustrada)(2012) / *The Changing Universe: Big Bang and After* (New Horizons) (1993)
- Weinberg, Steven, *The First Three Minutes: A Modern View of the Origin of the Universe* . (2009)

Surse Internet

- The Universe Adventure <http://www.universeadventure.org/> <http://www.cpepweb.org>
- Ned Wright's Cosmology Tutorial (in English, French and Italian) <http://www.astro.ucla.edu/~wright/cosmolog.htm>