

Deu a la quaranta

per Joan Miró

El nostre col·laborador Joan Miró ens introdueix el concepte i la possible màgia d'un nombre: 10^{40} . Les reflexions del treball abasten aspectes fonamentals de la cosmologia i del concepte d'univers.

Joan Miró i Ametller (Barcelona, 1946). Doctor en ciències químiques per la Universitat Autònoma de Barcelona. Actualment és professor del Col·legi Universitari de Girona.

Els anys trenta, en sengles articles, dues importants figures de la física i la cosmologia, S.A. Eddington (1931) i P.A.M. Dirac (1937), van constatar unes rares coincidències d'ordre de valor en nombres sense dimensions que relacionaven paràmetres microscòpics amb altres paràmetres cosmològics. Els nombres adimensionals són les xifres que s'obtenen en dividir entre elles quantitats que es mesuren en les mateixes unitats i, per tant, els valors resultants són independents del sistema d'unitats de mesura. Per exemple, la relació entre la distància que separa la Terra del Sol i la distància que hi ha de la Casa de Cultura de Girona fins a la Catedral és un nombre adimensional. Un dels primers valors examinats fou la relació entre la força elèctrica i la força gravitatòria que hi ha entre un protó i un electró, les partícules que formen el sistema atòmic més simple: un àtom d'hidrogen. El resultat obtingut és de l'ordre de 10^{40} , és a dir, un 1 seguit de 40 zeros - deu mil sextilions, o sigui, deu mil bilions de bilions. Direm aleshores que les forces elèctriques entre partícules elementals són 10^{40} vegades més intenses que les forces gravitatòries, molt i molt més febles. El mateix ordre de valor es troba en la relació entre el temps requerit per un fotó per recórrer l'univers sencer (uns deu mil milions d'anys, o 10^{17} segons) i el temps que tarda un fotó a travessar un protó, és a dir, un nucli d'un àtom d'hidrogen (uns 10^{-24} segons). El 10^{40} també el trobem en dividir l'esmentat temps requerit per travessar un protó, pel temps de Planck, uns 10^{-43} se-

gons, que és l'edat que tenia l'univers, després del "gran pum", quan van deixar de predominar els efectes quàntics de la gravetat. En efecte, si bé teòricament podem retrocedir en la història del cosmos fins a l'instant esmentat, tot basant-nos en les lleis físiques que governen el cosmos actual, abans del temps de Planck regien altres lleis, desconegudes per ara, ja que la gravetat, que com hem vist és la força més feble, esdevé abans dels 10^{-43} segons la força principal i la més intensa.

Aquestes coincidències van dur Dirac i Eddington a suposar que es trobaven davant una constant física fonamental, una cosa així com el nombre pi, una constant importantíssima per poder explicar l'estructura de l'univers, que podia esdevenir el punt de partida d'una física radicalment diferent. En tot cas, Dirac ceia que l'edat de l'univers podia escriure's en funció d'una variable pròpia de les partícules microscòpiques i que 10^{40} seria aleshores el valor d'aquesta edat.

Les idees de Dirac són avui discutides en funció de la precisió en la mesura dels paràmetres implicats en els càlculs. Per exemple, el vertader valor de la relació entre les forces elèctriques i gravitatòries en un àtom d'hidrogen és $2,3 \cdot 10^{39}$; un càlcul precís, limitat pels nostres coneixements, de la relació entre l'edat de l'univers i el temps de viatge a través d'un protó dona $1,13 \cdot 10^{41}$. D'altra part, Dirac feia la hipòtesi que la constant de la gravetat, que apareix en la llei de Newton, ha de variar en funció del temps i que, per tant, els cossos no s'atreuen ara en la mateixa proporció que ho feien milions d'anys enrera. D'aquesta hipòtesi, més dràstica en el

marc d'una teoria física que unes lleugeres diferències numèriques, no es tenen proves experimentals, malgrat que alguns investigadors han proposat experiments verificables, però que no han confirmat pas les prediccions de Dirac.

El valor 10^{40} , com a aproximació, apareix també en altres relacions, que no sempre són nombres adimensionals, i apareix com a tal o bé elevat a exponents senzills; per aquesta raó es considera que és interessant de continuar analitzant-lo. Així el trobem: a) en l'anomenada constant d'estructura fina gravitatòria, que intervindrà com a paràmetre rellevant en les interaccions entre partícules i camps en la teoria quàntica de la gravitació; b) en el nombre calculat de partícules carregades, protons i electrons essencialment, que hi ha en tot l'univers; e) en la relació entre el nombre de fotons i el nombre de protons que hi ha en tot l'univers; i f) en la constant d'estructura fina per a les interaccions nuclears febles. Adhuc en aspectes fonamentals de les teories d'unificació de les forces electromagnètiques i de les interaccions nuclears febles, retrobem l'esmentat valor, com és el cas de la relació entre el temps de vida mitjana del protó (uns 10^{31} anys) i el temps de Planck ja mencionat.

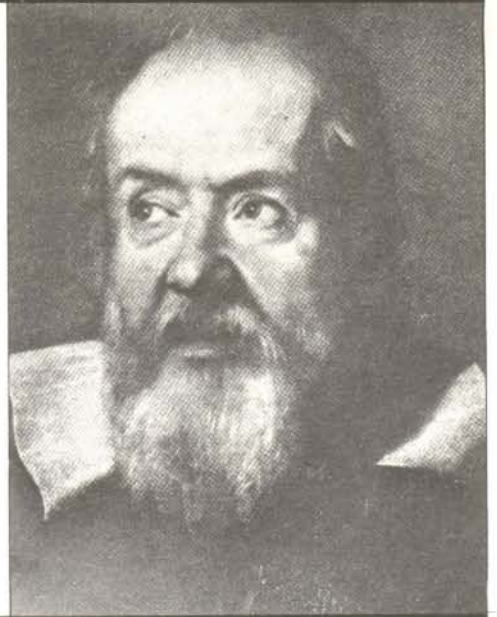
Hom pot creure que aquests càlculs formen part de les especulacions, entre eixerides i serioses, a les quals són afeccionats els estudiosos de la física. Podríem esmentar a tall d'exemple l'univers "d'Àlicia al país de les meravelles" o "L'increïble univers minvant" de Fred Hoyle i J. Narlikar, batejat segons una bona novel·la de fantasia científica signada per R. Matheson i que va inspirar una colpidora



fig. 1
Nicolau Copèrnic (1473-1543)

fig. 2
Galileu Galilei (1564-1642)

Segons la filosofia científica iniciada d'ença Copèrnic i Galileu, la nostra posició en el cosmos és equivalent a qualsevol altra, és a dir que no ocupem un lloc d'observació privilegiat.



pel·lícula de J. Arnold. Segons Hoyle i Narlikar, el desplaçament vers el roig que presenten les línies espectrals de les galàxies, pedra de toc i d'escàndol de les cosmologies modernes, podria explicar-se també si en lloc d'una expansió general del cosmos acceptéssim que tot s'empetiteix en la mateixa proporció.

Tanmateix, una anàlisi acurada del significat dels paràmetres implicats en els càlculs mencionats anteriorment suggereix que l'estructura macroscòpica de l'univers i l'estructura microscòpica de les partícules reposa sobre un equilibri molt delicat i molt ajustat. Petites variacions en el valor de les constants fonamentals donarien lloc a un univers en rapidíssima expansió o que patiria un col·lapse catastròfic en els primers instants de la seva existència; o bé es faria impossible l'existència d'estels estables o la formació d'elements químics, i per tant no seria possible la formació de planetes i molt menys l'evolució biològica tal com la coneixem a la Terra.

Consideracions d'aquesta mena han conduït a l'enunciat d'un postulat anomenat "el principi antròpic". En la seva formulació més "forta" aquest principi diu: "l'univers ha d'ésser així per admetre l'aparició d'observadors —nosaltres— en alguna etapa de la seva existència". El principi sembla oposar-se a la filosofia científica iniciada d'ença de Copèrnic i Galileu, segons la qual la nostra posició en el cosmos és equivalent a qualsevol altra, és a dir, que no ocupem un lloc d'observació privilegiat. Aquest concepte constitueix un principi cosmològic que s'oposa al geocentrisme empeltat de religió que dominava la ciència abans de Galileu.

¿S'està engenant un relançament de l'antropocentrisme i el sobrenaturalisme —sovint presents en alguns corrents socials d'avui dia amb pinzellades irracionals— en la cosmologia teòrica? No és estranya l'aparició de tendències d'aquesta mena en un camp ja afeccionat habitualment a l'especulació.

Cal remarcar que en l'evolució del cosmos ha estat necessari que transcorregués un temps mínim per permetre l'aparició d'éssers vivents capaços d'observar l'univers científicament, un temps que, per a una vida del tipus de la terrestre, s'ha avaluat almenys en uns deu mil milions d'anys. És el temps requerit per a la formació dels elements químics que entren en la composició dels nostres cossos. També cal dir que la cosmologia actual rebutja l'anomenat principi cosmològic perfecte, segons el qual ni el lloc ni el temps d'observació no tenen valors privilegiats, és a dir, que l'univers ha estat sempre el mateix i s'hauria vist sempre igual, si hi hagués hagut algú per mirar-se'l. Per tant, les coincidències còsmiques són simplement "coincidències" relacionades amb l'època en què fem l'observació: donada la breu història de la humanitat comparada amb els temps còsmics, això ens deixa només un petit marge de temps. Si comparem l'edat del sistema solar des de la seva formació (uns cinc mil milions d'anys), l'evolució cultural des del descobriment del foc representaria els dos darrers segons del dia.

Si així es fan admissibles les coincidències, cal reconèixer que no s'expliquen. El nostre cosmos pot dependre de la probabilitat d'una combinació de circumstàncies d'homogeneïtat i iso-

tropia acoblades a lleugeres desviacions i perturbacions, com les que exigeixen la formació de les galàxies. És possible que l'ordre còsmic que constatem a llargues distàncies hagi derivat d'una fluctuació estadística a partir d'una condició més probable de desordre caòtic. La vida intel·ligent apareixeria, doncs, quan les condicions ho permetessin.

Alguns autors decanten per admetre la realitat simultània d'una multiplicitat d'universos alternatius —una idea proposada per H. Everett el 1957 per interpretar les incerteses quàntiques—, universos que anirien ramificant-se amb cada esdeveniment microscòpic. Aquest tractament suggereix noves solucions quan se'l combina amb un enunciat "feble" del principi antròpic, que diu: "el que esperem observar ha d'estar restringit per les condicions d'existència dels observadors". Entrem així en un problema semblant al plantejat per la quàntica, al voltant de la modificació de les condicions d'un experiment per la intervenció de l'experimentador, o, altrament, per l'existència d'un atzar microscòpic inherent a la naturalesa. La proposta d'Everett ha estat criticada, perquè implica la formulació de nous problemes de difícil acceptació, com els universos paral·lels o una macrofunció universal.

El principi antròpic ignora les relacions entre l'estructura global i l'estructura local del cosmos, tal com s'entén des de Mach, el qual atribuïa l'origen de la inèrcia a interaccions amb galàxies distants, un principi present en el rerafons dels treballs d'Einstein sobre la relativitat. D'altra part, el principi no pot donar cap predicció verificable experimentalment,



fig. 3

Ernest Mach (1838-1916) atribuïa l'origen de la inèrcia a interaccions amb galaxies distants. Principi present en el rerafons dels treballs d'Einstein.



fig. 4

Max Planck (1858-1947) Abans del temps de Planck, uns 10^{-43} segons, es considera que regien les lleis quàntiques de la gravetat. D'ençà d'aquell instant, s'aplica la teoria d'Einstein per al camp gravitatori.

com és de rigor en el mètode científic.

Remarquem, a més, que en realitat desconeixem si les condicions necessàries per a l'aparició de la vida extraterrestre són tan dràstiques com les establertes en el nostre raonament sobre la vida a la Terra. Si no són tan rígides, potser hi ha hagut observadors abans de les condicions exigides pel factor 10^{40} .

És possible que nous estudis forneixin altres explicacions dels fenòmens naturals fonamentals, amb lleis de les quals sigui possible derivar el valor 10^{40} per càlcul, i així es perdria el misteri de les coincidències. Aquest podria ser el cas d'una futura teoria super-unificada que reunís les interaccions nuclears fortes i febles i les forces electromagnètiques amb la gravetat.

Per ara hi ha arguments d'unificació per a les tres primeres. La gravetat, encara no ha estat possible d'incorporar-la-hi. Tanmateix, quan es pugui fer, no costa gaire endevinar que aleshores ens trobarem amb noves preguntes per contestar.

Tota aquesta reflexió no s'ha d'entendre pas com una superpervivència del relativisme. De fet, precisament el relativisme en ciència va quedar ferit de mort, tal com Ortega va assenyalar, d'ençà de la teoria de la relativitat d'Einstein. Al capdavant, expressar l'edat de l'univers en funció d'alguna propietat microscòpica revela un desig d'absolut.

Joan Miró

Aquest article ha estat publicat al n.º 103 de la Revista de Girona

GLOSSARI DE TERMES SIMPLIFICAT

Constant d'estructura final: mesura els efectes entre partícules i camps. Per exemple, la constant d'estructura fina electrònica mesura la interacció entre l'electró i el camp electromagnètic.

Desplaçament vers el roig: desviació vers les longituds d'ona més grans de les línies espectrals en els espectres dels objectes lluminosos que s'allunyen de l'observador. Per analogia, hom ho compara amb el to progressivament més greu que sembla adquirir un so que s'allunya de nosaltres.

Forces electromagnètiques: Forces que actuen ente partícules carregades i que arriben a llargues distàncies.

Fotó: partícula de llum. Viatja a una velocitat constant, sempre a raó d'uns 300.000 km cada segon.

Gravetat: força que actua entre els cossos, resultant de l'atracció entre les masses, i que arriba a distàncies molt llargues, malgrat ésser la més feble de les forces de la natura. La teoria de la relativitat general la tracta com una deformació de l'espai-temps.

Interaccions nuclears: són les forces que actuen dins el nucli. Les interaccions febles governen els fenòmens radioactius i la desintegració de partícules com els neutrons. Les interaccions fortes mantenen unides les par-

tícules del nucli atòmic. Ambdues són intenses però d'abast molt curt.

Protó: partícula del nucli atòmic de càrrega positiva. El protó i el neutró, una altra partícula del nucli que no té càrrega elèctrica, són compostes de quarks, i es consideren partícules elementals.

Temps de Planck: abans del temps de Planck, uns 10^{-43} segons, es considera que regien les lleis quàntiques de la gravetat. D'ençà d'aquell instant, s'aplica la teoria d'Einstein per al camp gravitatori.

Univers: Tot el que existeix. No obstant això, caldria que parléssim d'univers observable, és a dir, el que abasta tota la regió que ha pogut recórrer un raig de llum d'ençà de l'inici de l'univers, fins a incloure aquells objectes la llum dels quals, emesa fa desenes de milers de milions d'anys, ens arriba ara, encara que les possibilitats de veure-la a la pràctica estiguin limitades per les característiques dels aparells d'observació. Les teories actualment més acceptades donen a aquest univers, iniciat en una singularitat que esclatà, una edat compresa entre catorze i vint milions d'anys.

Electró: partícula atòmica de càrrega negativa. Està situada fora del nucli. És considerada una partícula elemental.