

La meva lectura d'Amanda Gefter, Trespassing on Einstein's lawn¹

Josep Planelles, Borriana, Gener 2015

Tot i res: la substància de l'univers

Com podríem definir no-res? Suposo que ho podríem definir com l'absència d'alguna cosa. Com l'absència de tot.

Com es pot obtenir alguna cosa del no-res? Simplement sembla impossible, però potser hem estat pensant en el "no-res" pel camí equivocant. Què passaria si tinguéssim un estat que fou infinit, sense límits, i tot arreu perfectament igual?

Una "cosa" és defineix pels seus límits. Pel que la diferencia d'alguna altra cosa. És per això que quan es dibuixa una cosa és suficient en dibuixar el seu contorn. Els seus límits. Els límits defineixen la 'cosa'. Però en un estat completament homogeni sense límits i infinit no hi ha res que el diferencia d'altre ... no contindria 'coses'. Seria no-res.

En general, la gent pensa que per arribar a no-res, ho ha de treure tot. Però si no-res es defineix com un estat homogeni infinit, sense límits, no s'ha d'eliminar cap cosa per arribar-hi, només cal posar-ho tot en una configuració específica.

Si fusionem cada objecte fins que tot en l'univers es vegi exactament igual, i aquesta cosa completament indiferenciada fos infinita, sense límits, aleshores tot hauria desaparegut en una homogeneïtat. Tot es converteix en no-res. Però en certa manera seguiria sent tot, perquè tot allò amb que es va començar encara està en allí.

No-res és simplement tot en una configuració diferent. Diguem-li estat H.

És com si es construeix un castell de sorra a la platja i després s'enderroca. On va el castell? La 'materialitat' del castell va ser definida per la seva forma, pels límits que el diferenciaven de la resta de la platja. Quan s'enderroca el castell desapareix de nou en la homogeneïtat de la platja. El castell i la platja, la cosa i el no-res, són només dos distribucions diferents.

Com va començar l'univers? Bé, abans que l'univers no hi havia res. Així que per aconseguir un univers, no-res havia de convertir-se en algun objecte. L'objecte i el no-res han de ser dos estats diferents de la mateixa cosa, la mateixa realitat, en cas contrari no hi hauria manera de transformar un en l'altre. Però, com el no-res pot ser un estat de res? Ens adonem ara la conveniència de pensar en el no-res com un estat infinit, d'homogeneïtat il·limitada. Si es parteix d'això, el problema de l'origen de l'univers es torna almenys abordable.

El no-res abans de l'univers era un estat infinit, d'il·limitada homogeneïtat, una uniformitat monòtona i uniforme que s'estenia per tota l'eternitat. O almenys fins a que

¹ *Trespassing on Einstein's lawn: a father, a daughter, the meaning of nothing, and the beginning of everything* by Amanda Gefter, Batman Books, NY 2014.

va néixer l'univers. Cosa que origina la pregunta del milió: ¿Per què el no-res decideix canviar? Com és possible que alguna cosa definida per una homogeneïtat implacable esdevindria mai diversa? Podria res, com ara un univers, mai succeir?

"It from bit", va ser l'eslògan de Wheeler per a indicar la idea que l'univers físic no està fet de matèria, sinó d'informació. En la teoria quàntica, fer una observació és equivalent a demanar un si o un no. Està la partícula ací o en un altre lloc? Està el gat viu o mort? Wheeler va suggerir que el plantejament d'una qüestió creava un bit d'informació i que aquests bits són els blocs fonamentals de la realitat. L'univers i tot el que conté ("it") pot sorgir de la miríade d'opcions si-o-no, resultant de les mesures (els "bits"). Wheeler va escriure. "La informació potser no és just allò que aprenem sobre el món. Potser és allò que constitueix el món". Aquesta és una idea força estranya, donada la nostra intuïció de que els blocs fonamentals de la matèria són simplement peces més petites d'aquesta, com ara les partícules.

Simetria: sobre l'origen de l'univers

Una forma d'aconseguir que les *simetries es trenquin* és baixar la temperatura. Un toll d'aigua és molt simètrica, si es mira des de qualsevol angle es veu el mateix. Però si es refreda prou i es congela, forma cristalls de gel amb més estructura i menys simetria. Els físics, pensen de manera semblant sobre l'univers. En la calor de la gran explosió, el *big bang*, el buit era simètric. A mesura que l'univers s'expandeix i es refreda, l'estructura es congela, generant formes retorçades de gluons virtuals. Amb l'estructura ve la massa. Amb la massa ve tota la resta. El món que veiem al nostre voltant i la gent que veiem als espills no són més que fragments trencats de simetria. Fragments de no-res.

La fase més simètrica de l'univers resulta ser generalment inestable. Podem especular que l'univers va començar en l'estat de la màxima simetria possible i que en aquest estat no existia la matèria: l'univers era una vacuïtat molt buida, sense partícules ni camps de fons. Un segon estat d'energia més baixa estava disponible, però, en el que els camps de fons impregnaven l'espai. Finalment, una engruna de la fase menys simètrica apareix -- sorgeix sense cap motiu, com una fluctuació quàntica-- i, impulsada per una energètica favorable, comença a créixer. L'energia alliberada per la transició pren forma en la creació de partícules. Aquest esdeveniment podria ser identificat amb el *big bang*. ... La nostra resposta a gran pregunta de Leibniz 'Per què hi ha alguna cosa en lloc de res?' podria ser que "no-res és inestable".

L'univers: va començar una vegada?

El no-res no podia canviar, perquè què seria estar canviant en referència a què? Es necessitaria almenys algun marc de referència fora del no-res, que no es pot tenir. Almenys no es pot tenir d'acord amb la definició del no-res com infinit i il·limitat. No-res sembla una moneda d'una sola cara.

Allò que desesperadament necessitem és una relat explicat des de dins de l'univers. Des de dins del no-res. I si l'univers no és no-res, potser no-res mai canvia. Potser que en realitat l'univers mai va néixer. *Potser no-res s'assembla a alguna cosa quan estàs dins d'ell*. Si no-res és per definició il·limitat aleshores, tot el que es necessita perquè es vegi com una cosa és una frontera. Markopoulou deia que quan s'està a l'interior de l'univers,

no pot veure tot, només la regió acotada pel corresponent conus de llum. Podria un conus de llum proporcionar el límit el necessari per convertir no-res en alguna cosa?

Hermann Minkowski va dir: "D'ara endavant l'espai per si mateix i el temps per si mateix estan condemnats a esvair-se en meres ombres i només una mena d'unió dels dos conservar una realitat independent." L'espai i el temps eren ombres a la paret; l'espai-temps el marc real.

Invariants: allò que és invariant és allò que és real.

Einstein no estava tan preocupat amb el que era relatiu com amb el que era invariant, perquè sabia que *allò que és invariant és allò que és real*. De fet, ell es va penedir d'haver anomenat la seva teoria com teoria de la relativitat, hagués volgut en canvi haver-la anomenat *invariantentheori*: la teoria de la invariància.

Imaginem un tipus de partícula de matèria, com ara un electró. Aquest és descrit per una funció d'ona, la qual té una fase. Però la fase no és una cosa física. És només una mesura de quant avançada està l'ona del seu cicle—si està a meitat camí cap a la seua cresta o dirigint-se al seu ventre, o el que sigui, en relació amb algun aparell de mesura. En relació amb a algun observador. Si estàs veient una onada passar i fas un pas a l'esquerra, canvies la seva fase. Aleshores, és obvi que la fase no pot ser una característica intrínseca de l'ona; depèn de l'observador. Per descomptat, allò que importa són les diferències de fase, com ara en la figura d'interferència en l'experiment de la doble escletxa. Però fase en si mateix no té cap significat intrínsec. La fase defineix un marc de referència.

L'electromagnetisme és una força de *gauge*. *Gauge* és només una altra paraula per a referir-nos a la fase. És un punt de vista, un marc de referència. Com en el principi de covariància general d'Einstein, el principi de simetria de gauge exigeix que tots els gauges són creats iguals; cap marc de referència és més veritat que un altre. Però els canvis de gauges locals—canvis en els punts de vista-- deixen la funció d'ona amb fases desajustades. Per donar compte de la falta de correspondència i mantenir tots els sistemes de referència en igualtat de condicions, es necessita una força de gauge. La força electromagnètica assegura que no es confonguin dues descripcions diferents d'un electró i dos electrons diferents.

La gravetat, l'electromagnetisme, les forces nuclears ... totes són fictícies. Són dependents del gauge, que és només una altra forma de dir que depenen de l'observador. No són invariants. Però la força fictícia sorgeix perquè tu ets "realment" accelerant tot i que no ho saps. No diu la teoria de la relativitat que no es pot dir si s'està "realment" accelerat? Es pot estar en un sistema inercial amb una força o en un sistema accelerat sense força, i totes dues descripcions són equivalents. No es pot privilegiar marc del l'observador com "real", qualsevol marc d'observació és igualment vàlid.

Invariants: Allò real és allò que és invariant

Einstein havia dit que la física és un intent conceptual per comprendre la realitat pensada de manera independent de conforme és observada. En aquest sentit es parla de la realitat física. "Real" per a Einstein significa independent de l'observador, i l'única manera d'esbrinar el que és independent de l'observador és comparar tots els punts de

vista possibles amb l'esperança de trobar aquestes pedres angulars rares que no canvien d'un punt de vista a un altre. *Allò que és real és allò que és invariant.*

Aquesta és una veritat filosòfica que tothom ja sap, almenys instintivament. Si veiem una cosa tan estranya que no podem creure el que vèiem i volem assegurar-nos que no hem perdut l'*oremus*, què fem? Ens dirigim a el xicot del nostre costat i li preguntem: Veus això també? Si diu que no, llavors sabem que la cosa no és invariant en canviar els marcs de referència, i és probablement el moment d'agafar pànic.

Hem de tenir cura de separar les nostres històries sobre la física de la seva estructura matemàtica subjacent, per tal de no confondre descripcions diferents de coses diferents. I ara, amb la invariància com el nostre únic criteri de realitat última, entenem que les descripcions són les que varien entre un marc de referència i un altre – únicament les estructures tenen la potencialitat de ser invariants.

Partícules: són invariants? Són reals?

Wheeler va ser qui primer es va adonar que una antipartícula és només una partícula ordinària per a la qual la fletxa del temps s'ha invertit. Les antipartícules han d'existir per tenir en compte el fet que, per a alguns observadors, una partícula pot semblar com aquell que fa un viatge en un DeLorean.² Partícules i antipartícules no són dues coses diferents. Són dos punts de vista diferents.

Sempre que es demana als físics definir partícula, contesten que és una "*representació irreductible del grup de simetria de Poincaré*". La simetria de l'espai-temps ho defineix tot en ell. La simetria de Poincaré és la simetria de l'espai-temps pla, lliure de gravetat, de la relativitat especial, és la simetria que garanteix l'equivalència entre els sistemes inercials rotats l'un respecte de l'altre o que es mouen a diferents velocitats uniformes o que tenen els orígens en diferents llocs. Allò que anomenem "partícules" són les estructures invariants més bàsiques que, en l'espai-temps pla, no desapareixen en cap sistema de referència.

Podem imaginar que simetries no se trenquen --que només apareixen trencades quan els nostres marcs de referència són finits i que la completa simetria de la realitat última no pot abarcar-se amb la nostra vista. Si poguérem veure la totalitat de l'espai-temps des d'algun punt Arquimedià exterior, regnaria la simetria en l'univers. Les forces desapareixerien. ¿I què quedaria invariant? Fos el que fos, seria la realitat última.

¿Hem de suposar partícules són reals? Les partícules són excitacions de camps (són cordes), de manera que partícules i camps van junts. I els camps es defineixen en termes del buit.

La supersimetria mostra que allò que sembla ser un bosó en un marc de referència sembla un fermió en un altre. En un superespai de dimensió superior, bosons i fermions són idèntics. A l'espai ordinari, són diferents ombres de la mateixa peça. La seva distinció està basada únicament en el marc de referència en el qual són observats.

² El DeLorean és un automòbil esportiu fabricat per John DeLorean DeLorean Motor Company per al mercat dels Estats Units en 1981-1983. El cotxe es va convertir en una icona per a la seva aparició com màquina del temps en la trilogia *Tornant al Futur*.

Gràcies a la incertesa quàntica, parells de partícules i antipartícules virtuals estan constantment apareixent a partir del buit. Fantasmes fugaços, surten a la superfície per un instant i després es reuneixen per aniquilar-se, desapareixent en l'agitada mar quàntica. En cas d'una parella que emergeix prop d'un forat negre, una i altra poden quedar separades per l'horitzó de successos. Incapaces de reunir-se i aniquilar-se, la partícula de fora de l'horitzó escapa a l'espai, mentre que la seua companya antipartícula cau dins de la singularitat. Sola, separada de la seva parella, la partícula virtual escapada es fa real. Per a un observador fora del forat negre, sembla que l'horitzó està irradiant. Mentrestant, l'energia negativa de la antipartícula encongeix el forat negre molt lleugerament, de manera que perd massa i sembla que s'evapori lentament.

Les partícules, però, són realment excitacions de camps --camps quàntics que, fins i tot en els seus estats d'energia més baixos, fluctuen al voltant d'un valor mitjà, l'energia de punt zero. Una fluctuació de freqüència positiva correspon a la presència d'una partícula virtual, mentre que una fluctuació de freqüència negativa correspon a una antipartícula virtual. Però les coses creixen en interès quan hi ha un horitzó de successos.

En un espai infinit sense límits, les freqüències de totes les possibles longituds d'ona estan representats per igual, de manera que s'anul·len entre si, deixant darrere el que sembla un calmat espai buit. Però quan s'enganxa un horitzó de successos en aquest espai, tot canvia. El buit és totalment diferent depenent de en quin costat de l'horitzó et trobis. L'espai exterior a l'horitzó ara és finit i limitat. La seua energia canvia i, amb ella, qualsevol altra cosa. Un nou buit, nous camps, noves partícules. Els horitzons creen partícules mitjançant la reestructuració del buit.

Les partícules poden ser dependents de l'observador. Les partícules no són invariants doncs. Les partícules no són, en última instància, reals.

La llum, per definició, utilitza la totalitat del seu espai-temps en l'espai, no deixant res per al temps. En altres paraules, veu tot l'espai en un lapse de temps nul. Des del nostre punt de vista, la llum que surt d'una estrella a 5 milions d'anys-llum de distància, triga 5 milions d'anys en arribar al nostre ull. Però des del punt de vista de la llum, el seu viatge és instantani. Des del punt de vista de la llum, la velocitat de la llum no és la velocitat de la llum. La llum no té cap velocitat. Veu tot arreu alhora en un sol instant. Un fotó no veu l'univers. Un fotó veu una singularitat. Veu l'estat-H.

Conclusió

La realitat és radicalment depenent de l'observador. Cada possible ingredient de la realitat última ha estat tatxat. Res és invariant. Res en última instància és real.