

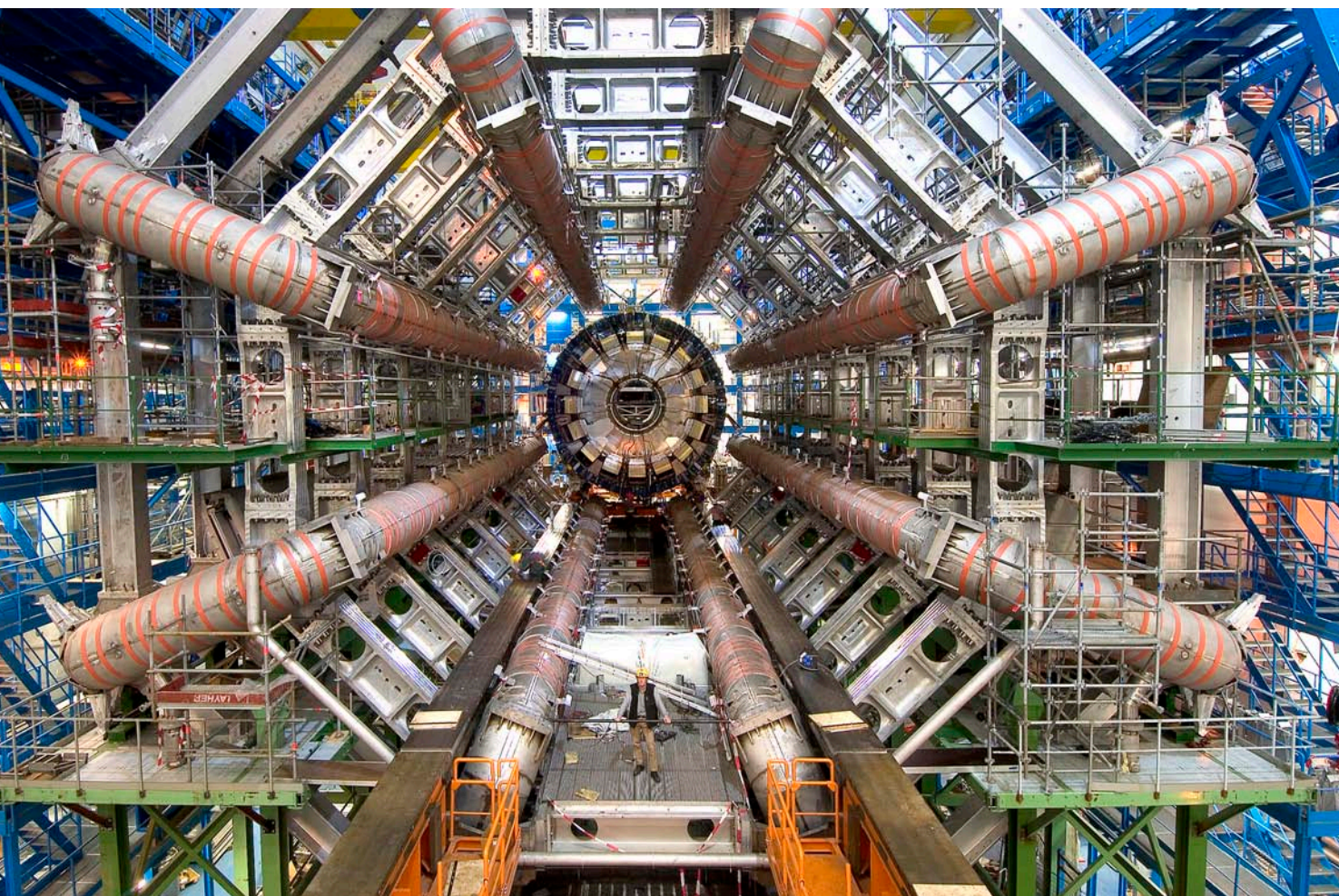
El Gran Col·lisionador d'Hadrons del CERN tornarà aquesta primavera després de dos anys aturat. Amb més energia que abans, l'accelerador de protons provocarà col·lisions més fortes i per tant podrà generar partícules més difícils de trobar. Tant els físics experimentals com els teòrics esperen que els descobriments que permeti fer aquesta nova tongada de col·lisions siguin més reveladors que la històrica troballa del bosó de Higgs.

Torna la bèstia

El 4 de juliol del 2012 l'Organització Europea per a la Recerca Nuclear (CERN) anunciava el descobriment del bosó de Higgs, una partícula elemental fins llavors només prevista per la física teòrica. El fet que la seva existència es demostrés de manera

empírica va suposar un esdeveniment incommensurablement important per a la comunitat científica. Trobar-lo era, de fet, un dels principals objectius del Gran Col·lisionador d'Hadrons (LHC), l'accelerador de partícules més potent del món.

En un túnel a 100 metres sota terra i que té una circumferència de 27 quilòmetres, l'LHC accelera dos feixos de protons fins que arriben quasi a la velocitat de la llum. Els dos feixos viatgen en direccions oposades en conductes separats on hi ha un buit quasi total. De fet, estan tan buits que són, sense exagerar, el lloc més buit de l'univers. L'LHC accelera els protons amb un camp electromagnètic generat per uns imants superconductors que estan a 271.3°C. És el lloc més fred de l'univers. Els dos feixos de protons



ATLAS, un dels sis detectors del Gran Col·lisionador d'Hadrons del CERN.

s'estavellen l'un contra l'altre i creen noves partícules que, gràcies a uns immensos i sofisticats detectors, poden ser processades pels superordinadors i posteriorment analitzades pels científics. Es produeixen uns mil milions de col·lisions per segon i s'arriba a una temperatura que supera fins a cent mil vegades la del centre del Sol. Els experiments de l'accelerador generen 30 petabytes d'informació l'any, un volum que ocuparia més d'un milió de Blu-ray Discs, és a dir dos-cents cinquanta anys de vídeo en alta definició. En fi, que poca broma amb les xifres de la senyora màquina.

Però es veu que no n'hi havia prou. Uns mesos després del descobriment del bosó de Higgs es va plegar provisionalment la paradeta per millorar l'accelerador. Si cap de dos anys ja és a punt i està previst que torni a engegar els motors aquesta primavera. La millora més destacable, la que veritablement pot marcar la diferència, és l'augment de l'energia de l'accelerador. Amb més energia els protons podran anar encara més ràpid. Concretament, passaran d'anar del 99,999999% de la velocitat de la llum al 99,9999997%. Un increment del 0,0000007 pot semblar insignificant, però el cert és que cal molta energia per generar un augment tan petit. De fet, si abans operava a un nivell energètic de 8TeV, ara ho farà a 13TeV, quasi el doble.

Quins nous descobriments podria comportar el fet que els protons s'estavellin a una velocitat una miqueta més alta? Abans de respondre a aquesta pregunta cal explicar un principi fonamental de la col·lisió de partícules i dels resultats que produeix. Tothom sap que quan un plat es trenca, el que queda són trossets petits d'aquell mateix plat. Doncs bé, amb les partícules la història funciona d'una altra manera. Aquí entra Einstein i la seva famosa fórmula, $E=mc^2$. La matèria i l'energia són intercanviables: la matèria es pot convertir en energia i viceversa. Quan els protons s'estavellen els uns contra els altres a tanta velocitat, es desintegren i deixen anar energia, i aquesta energia, quan es torna a convertir en matèria, no té per què convertir-se en quarks –el pilar fonamental dels protons–, sinó que pot convertir-se en qualsevol partícula que, per crear-se, necessiti la quantitat d'energia que s'ha després

Si tu estavelles dos protons et pot sortir una partícula que els protons no tenien

en el xoc. És com si et cagués un plat a terra i cada bocí de plat es convertís en una figureta que hagués pogut fer-se amb aquell bocí de ceràmica. Per tant, si tu estavelles dos protons et pot sortir una partícula que els protons no tenien, com ara un bosó de Higgs. Com que les partícules tenen masses diferents, per crear-se necessiten quantitats d'energia diferents. Si augmentes l'energia, doncs, es poden generar partícules més pesants. Ara, amb un LHC més potent que abans, es poden descobrir noves partícules que fins ara no s'haurien pogut generar.

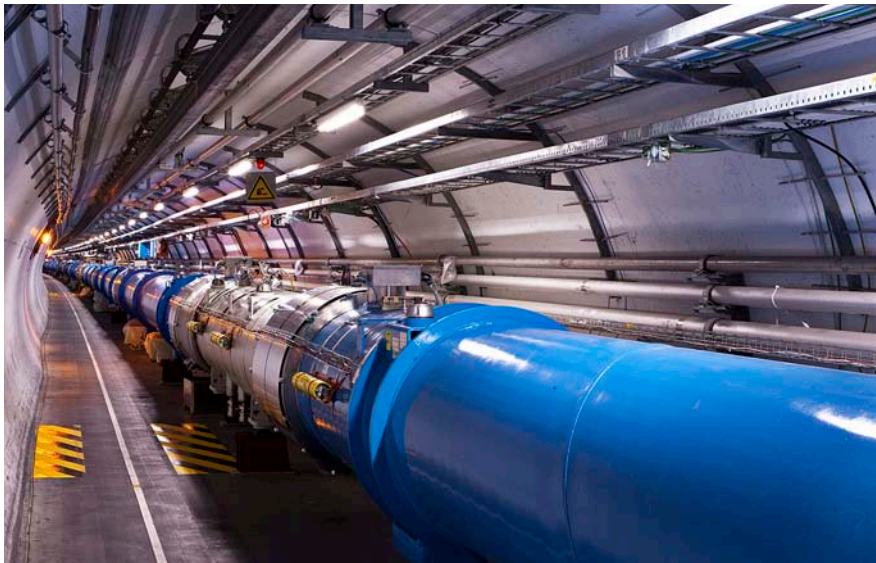
Completar el Model Estàndard.

El Model Estàndard de Física de Partícules és el manual d'instruccions de la física quàntica. El model organitza les diferents partícules subatòmiques conegudes i explica les interaccions entre elles a partir de fórmules matemàtiques. Vindria a ser com una mena de taula dels elements del món subatòmic. Aquest model fa anys que funciona la mar de bé a l'hora de predir els fenòmens antiintuitius –antiniwtonians– que passen allà a baix, un lloc ple de partícules tan petites que de vegades no tenen ni volum –no ocupen espai!– i que poden fer veritables trucs de màgia com ara aparèixer del no-res, desaparèixer de sobte o estar a dos llocs a la vegada. Si s'hagués demostrat que el bosó de Higgs no existia, el Model Estàndard hauria resultat ser matemàticament fals. És a dir, fals. Per això quan el van trobar es van destapar tantes ampolles de xampany arreu del món. Els físics de partícules van poder salvar la seva eina de treball, però això no vol dir que el Model Estàndard sigui perfecte. Hi ha un munt d'incògnites sense resoldre i moltes parts del trencaclosques que no encaixen. Els científics esperen que amb la segona tongada de col·lisions de l'LHC es puguin detectar noves partícules que els ajudin a omplir buits i a ampliar el model.

La matèria fosca. Encara que sembli mentida, tot el que podem observar, ja siguin les galàxies, les estrelles, els planetes o tot el material orgànic i inorgànic de la Terra, representa només el 4,6% de l'univers. És a dir, només aquest percentatge del cosmos està format per àtoms. La resta és energia fosca i matèria fosca. L'energia fosca –que ocupa més d'un 70% de l'univers– la deixarem per a un altre dia perquè no es preveu que l'LHC pugui desentrellar ni una punta d'aquest misteri.

Per contra, el col·lisionador de Ginebra sí que podria aclarir dubtes sobre la matèria fosca, que representa un 23% del cosmos –és a dir, quasi sis vegades més que la matèria normal. No ha estat mai vista perquè ni absorbeix ni emet llum, però pot ser detectada per la força de gravetat que exerceix en la matèria normal que l'envolta. És a dir, que encara que no la puguem veure, podem veure'n i mesurar-ne els efectes. De fet, els astrònoms la van descobrir quan es van adonar que no hi havia prou matèria visible per explicar les relacions gravitacionals de les estrelles i de les galàxies. Cal que existeixi aquesta matèria invisible exercint força de gravetat per explicar aquestes interaccions. O això, o les lleis de Newton estan del tot equivocades, cosa que no és gaire probable. Per aquest motiu, la seva existència està àmpliament acceptada per la comunitat científica i els físics tenen l'esperança que amb l'augment energètic de l'accelerador del CERN es pugui generar i detectar una partícula de matèria fosca.

L'antimatèria. Pot sonar encara més inaccessible que la matèria fosca, però en realitat no ho és. L'antimatèria no només existeix del cert sinó que els físics han produït i utilitzat antipartícules. Cada partícula té la seva corresponent antipartícula, que és exactament igual però amb la càrrega contrària. Per exemple, l'antipartícula de l'electró –de càrrega negativa– és el positró –que té càrrega positiva. Quan es troben s'aniquilen l'una a l'altra i generen molta energia. Al principi de l'univers –i això vol dir un minúscul instant després del Big Bang–, la matèria i l'energia eren una mateixa cosa. Just després de separar-se, les partícules de matèria i d'antimatèria es van exterminar les unes a les altres. Afortunadament per a nosaltres, hi havia un pèl més de



El túnel del Gran Col·lisionador d'Hadrons del CERN.

matèria que d'antimatèria, i això va fer possible que es formés l'univers que coneixem. Però el motiu i el grau d'aquesta asimetria continua sent una incògnita. L'LHC pot servir per estudiar aquesta anomalia amb molta més precisió. Qui sap, potser en un futur es podrà utilitzar la reacció matèria-antimatèria com a font d'energia. Seria molt més potent que la generada per qualsevol altre mètode de propulsió que coneguem.

Dimensions extra. Nosaltres estem acostumats a un món de tres dimensions espacials i una de temporal, però molts físics teoritzen que hi ha altres dimensions. És més, hi ha teories que sols podrien ser certes si existissin dimensions extra. La més famosa i més estudiada és la teoria de cordes. El que proposa és que els blocs fonamentals de l'univers no són partícules sinó cordes que vibren. Segons com vibrin, les cordes semblen una cosa o una altra. Una corda vibrant d'una determinada manera apareixeria com un electró i una corda vibrant d'una altra manera apareixeria com un quark.

Per aguantar-se matemàticament, la teoria de cordes necessita que l'univers tingui com a mínim onze dimensions. Fora de l'idioma matemàtic és impossible entendre o imaginar les dimensions extra, però els tranquil·litzarà saber que no impliquen portes a mons paral·lels. No és tan complicat. El que proposa la teoria és que podria haver-hi dimensions extremadament petites i comprimides, massa perquè puguem percebre-les.

Aquestes dimensions amagades podrien explicar per què la gravetat és molt més fluixa que les altres tres forces de la natura. (Pensin que la força electromagnètica que manté un imant enganxat a la nevera és molt més forta que la força gravitacional de tota la Terra empenyent-lo cap avall.) L'explicació que dóna la teoria de cordes és que, si bé les altres forces es troben només en el nostre món tridimensional, la gravetat en canvi afecta també les altres dimensions i per tant es veu forçada a repartir-se.

Aquest tipus de teories prediuen que, de la mateixa manera que els àtoms poden tenir diferents nivells energètics, les partícules del Model Estàndard tenen una versió més pesada que *viu* en altres dimensions. Aquestes partícules amb més massa podrien sorgir, paf, amb les col·lisions altament energètiques generades a l'LHC.

La idea segons la qual cada partícula del Model Estàndard té una cosina germana més pesada es coneix com a supersimetria. No és una teoria sinó un principi que apliquen algunes de les teories existents. Moltes, de fet. Tot i que no hi hagi cap prova que indiqui que la supersimetria és un principi de la natura, és molt popular en el món de la física quàntica i ha generat més de deu mil articles científics. Si descobrissin aquestes partícules supersimètriques emparentades amb les que ja coneixem, l'impacte seria superior al del descobriment del bosó de Higgs. El bosó era la peça que faltava en el Model Estàndard, però la

supersimetria significaria una extensió del model i encetaria un nou paradigma en la física de partícules. No sols convertiria la idea de les dimensions extremes en una opció factible, també podria ajudar a demostrar que les diferents forces de la natura són en el fons una única força. Podria, a més, resoldre el misteri de la matèria fosca, ja que una de les partícules supersimètriques que es prediuen és precisament la partícula d'aquesta matèria invisible. Fins i tot podria respondre moltes de les preguntes que encara planteja la naturalesa del bosó de Higgs. Veurem què passa. Aquesta primavera comença l'espectacle.

I què? Segur que molta gent es fa aquesta pregunta. En realitat, què importa? Com pot millorar les nostres vides el fet de conèixer millor l'estructura de la matèria i l'origen de l'univers? Cal gastar-s'hi milionades ingents? El mateix CERN reconeix que l'objectiu principal d'LHC és adquirir coneixement, saber per saber. Vicente Rives, estudiant de doctorat de l'Institut de Ciències del Cosmos de la Universitat de Barcelona (un institut que participa en un dels experiments del Gran Col·lisionador) ens fa un plantejament interessant. La tecnologia desenvolupada expressament per poder fer aquest tipus d'experiments, ens diu, ha servit per generar aplicacions pràctiques en altres camps. Per exemple, en la diagnòsi del càncer: "La tomografia per emissió de positrons (PET) és un miniaccel·lador de partícules. I quan es van descobrir els rajos X tothom deia que no servien per a res, però mira ara". També ens explica que la primera web del món es va crear al CERN perquè els científics que hi treballaven tenien la necessitat de compartir dades.

Quan a principis del segle XIX John Dalton va postular el primer model atòmic amb bases científiques, qui es podia imaginar que a finals d'aquell mateix segle, amb el domini dels electrons, s'iniciaria la revolució tecnològica més important de la història? Si gràcies a l'LHC aconseguim conèixer millor les partícules subatòmiques que ja hem detectat i descobrir-ne de noves, potser algun dia serem capaços de dominar-les a plaer, i llavors, què serem capaços d'enginyar? Aquesta és la pregunta que cal fer-se!

Àstrid Bierge