

Exploradors del més petit

Uns 400 científics que treballen amb l'accelerador de partícules més gran del món, l'LHC del Centre Europeu de Recerca Nuclear (CERN) de Ginebra (Suïssa), s'han reunit a la Facultat de Física de la Universitat de Barcelona. L'LHC ha de reproduir, el 2007, les condicions de l'univers en els moments immediatament posteriors al Big Bang.



Construcció de l'accelerador de partícules LHC de Ginebra (Suïssa). La instal·lació fa una circumferència de 27 km.

CERN GENEVA

Un astronauta a la Lluna pot fer coses que a la Terra semblen impossibles. És capaç de moure's amb menys dificultat i pot saltar molt amunt. Aquesta diferència s'explica perquè la massa de la Lluna és inferior a la de la Terra, és a dir, reflecteix un canvi en les característiques de l'entorn, però, en cap cas significa que la llei de la gravetat sigui diferent a la Lluna que a la Terra. Fets com aquest i com que les mateixes lleis de la física siguin vàlides en qualsevol moment del temps són coneguts pels físics com a simetries. Durant els últims cent anys s'ha après que les lleis fonamentals de la física estan associades a principis de simetria. La teoria que descriu la gravetat, la relativitat general, es basa en el principi d'equivalència, segons el qual no hi ha cap diferència entre els efectes d'una acceleració i els d'un camp gravitatori. La des-

cripció de les altres forces fonamentals, l'electromagnètica –responsable de les interaccions entre càrregues elèctriques–, la nuclear forta –responsable de mantenir els quarks units a l'interior dels protons i neutrons que formen els nuclis dels àtoms– i la nuclear feble –responsable de processos de desintegració–, també es basa en una simetria, per bé que més abstracta, anomenada *gauge*. Molts físics tendeixen a situar aquests principis de simetria en el primer nivell del seu marc explicatiu. Sota aquest punt de vista, doncs, es pot entendre que les quatre forces fonamentals són el mecanisme que la natura fa servir per respectar les simetries.

La simetria CP. L'anomenat model estàndard descriu el funcionament de les partícules elementals que constitueixen la matèria. En aquest model hi ha

dues simetries que representen un paper important. La primera, la conjugació de la càrrega (C), estableix que les lleis de la física han de ser les mateixes encara que cada partícula se substitueixi per la seva antipartícula. Una antipartícula té una massa idèntica a la de la seva partícula corresponent, però valors oposats d'altres propietats com la càrrega elèctrica i càrregues relacionades amb altres forces. La segona, la simetria de paritat (P), es fonamenta en el fet que la mateixa física ha de poder descriure tant un sistema com la seva imatge especular. Fins a l'any 1955 s'adjudicava a aquestes simetries el caràcter de lleis fonamentals, però els experiments van demostrar que no sempre eren vàlides. En aquell moment sorgí la proposta que la combinació d'ambdues simetries, l'anomenada simetria CP, sí que havia de ser sempre respectada. Novament, les observacions no van deixar espai al dubte: la força nuclear feble viola la simetria CP. El model estàndard ha aconseguit incloure aquesta violació dins de la seva estructura teòrica, però no ha estat capaç de quantificar-la.

Matèria i antimatèria. El model estàndard divideix les partícules elementals en dues classes: quarks i leptons. A més, a cada partícula li correspon una antipartícula. L'antipartícula de l'electró, per exemple, és l'anomenat positró. Quan una partícula i la seva antipartícula coincideixen, s'anihilen mútuament i donen lloc a una explosió d'energia que, al seu torn, pot originar noves partícules i antipartícules. Segons el model del Big Bang, processos d'aquesta mena succeïen durant els primers instants de vida de l'univers. Però, en principi, la gran explosió va donar lloc a quantitats molt semblants de matèria i d'antimatèria. Per tant, si la matèria i l'antimatèria s'anihilen i alliberen energia, les quantitats observades avui haurien de ser també molt semblants. Hi ha fortes evidències experimentals que menys d'un 0,01 per cent de l'univers està fet d'antimatèria, la qual cosa fa pensar que la natura ofereix un tracte de favor a la matèria i, d'alguna manera secreta, discrimina l'antimatèria. Els físics han establert tres condicions necessàries per explicar aquesta diferència entre matèria i antimatèria. La primera, indica que el protó no és estable i que es pot

desintegrar espontàniament. Aquesta condició pot resultar xocant, ja que tots nosaltres estem fets de protons, neutrons i electrons. De tota manera, el ritme de desintegració seria tan baix que en tota la història dels protons de la Terra tan sols n'hauria desaparegut una cullerada de cafè. La segona condició implica l'existència d'una gran explosió inicial, el Big Bang, en què tota la matèria i energia de l'univers estaven concentrades en un sol punt. L'última és la violació de la simetria CP. Els experiments fets fins avui sembla que indiquen que la violació d'aquesta simetria succeeix en una quantitat més petita del que seria necessària per poder explicar la diferència observada entre matèria i antimatèria. Per tant, la mesura d'aquesta violació constitueix una prova de foc per al model estàndard, que podria obrir les portes a una nova física, desconeguda i no continguda en aquest model.

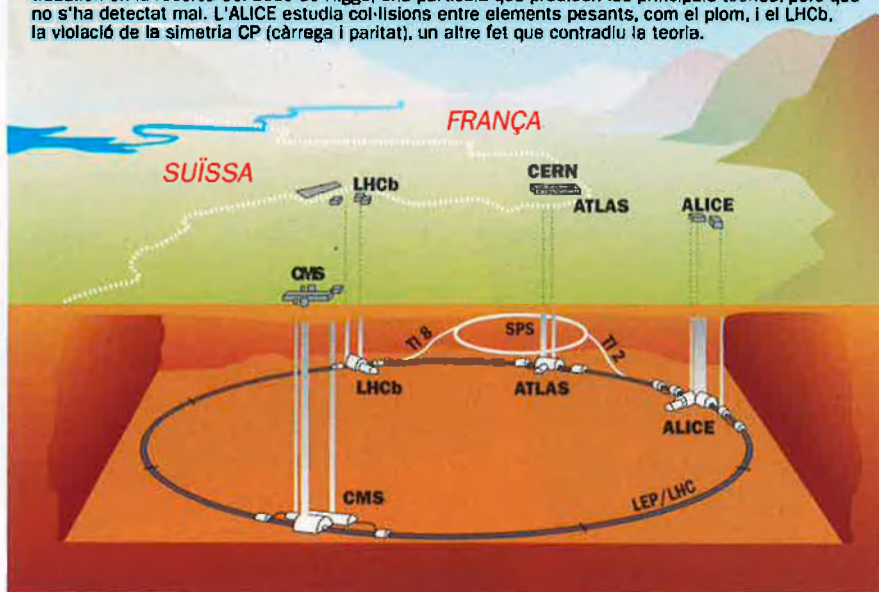
L'accelerador de partícules LHC.

Més de 10.000 científics d'uns 1.000 instituts de recerca de més de 100 països diferents treballen per tenir a punt a mitjan 2007 un laboratori on es pugui observar el comportament de la matèria a escales mai contemplades fins avui. Es tracta de l'LHC (Large Hadron Collider, gran col·lisionador d'hadrons), el major accelerador de partícules de tot el món, amb 27 quilòmetres de circumferència i situat 100 metres sota el terra de la ciutat de Ginebra, al Centre Europeu de Recerca Nuclear (CERN). Les condicions de funcionament de l'accelerador requereixen camps magnètics molt alts, que tan sols es poden aconseguir amb materials superconductors.

L'LHC disposarà de quatre detectors amb els quals efectuarà observacions diferents. Els detectors ATLAS i CMS es dedicaran a la recerca del bosó de Higgs, una partícula predita pel model estàndard, necessària per dotar de massa la resta de partícules, i que mai no ha estat detectada. Amb el detector ALICE s'estudiaran col·lisions entre nuclis d'elements pesants, com els de plom. Aquestes col·lisions reproduiran les condicions que hi havia a l'univers instants després del Big Bang i permetran estudiar un nou estat de la matèria, conegut com a plasma de quarks i gluons. A més, també aportaran informació so-

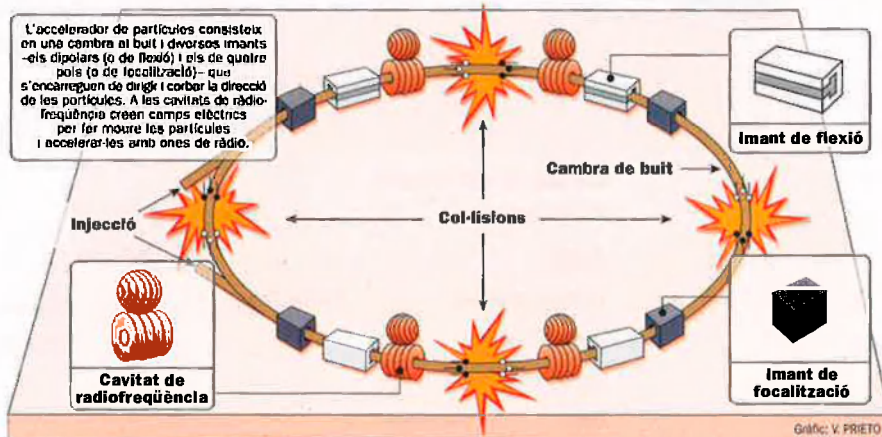
El Centre Europeu de Recerca Nuclear (CERN)

El CERN, situat prop de Ginebra, en la frontera franco-suïssa, té quatre detectors. L'ATLAS i el CMS treballen en la recerca del bosó de Higgs, una partícula que prediuen les principals teories, però que no s'ha detectat mai. L'ALICE estudia col·lisions entre elements pesants, com el plom, i el LHCb, la violació de la simetria CP (càrrega i paritat), un altre fet que contradueix la teoria.



Els principals components d'un accelerador

El LHC (Large Hadron Collider) és un accelerador de partícules que actua com "gran col·lisionador d'hadrons", que és la traducció literal del seu nom. El giny permet accelerar els protons a velocitats que s'acosten a la de la llum.



bre com aquest plasma inicial es va condensar en protons i neutrons, i com aquests van fusionar-se per formar els primers nuclis atòmics. L'últim detector, l'LHCb (Large Hadron Collider beauty), se centrarà en l'estudi de la violació de la simetria CP, element crucial per poder entendre l'estructura i funcionament de la matèria en el seu nivell més fonamental.

Reunió de l'experiment LHCb a Barcelona.

Els científics implicats en l'LHCb, més de 400, es reuneixen quatre vegades l'any per coordinar la construcció del detector i poder resoldre els problemes que un projecte tan complex i ambiciós genera. La darrera d'a-

questes reunions va ser organitzada pel Departament d'Estructura i Constituents de la Matèria i el Centre Especial de Recerca en Astrofísica, Física de Partícules i Cosmologia de la Universitat de Barcelona, i va tenir lloc del 12 al 16 de setembre passats a la Facultat de Física. La comunitat científica espera, doncs, amb impaciència, els resultats d'aquest projecte, ja que poden indicar canvis qualitius profunds en la manera d'entendre la matèria i l'univers que ha construït la física. Una construcció que, tanmateix, és la descripció més precisa que mai hagi sorgit del coneixement humà.

Toni Pou