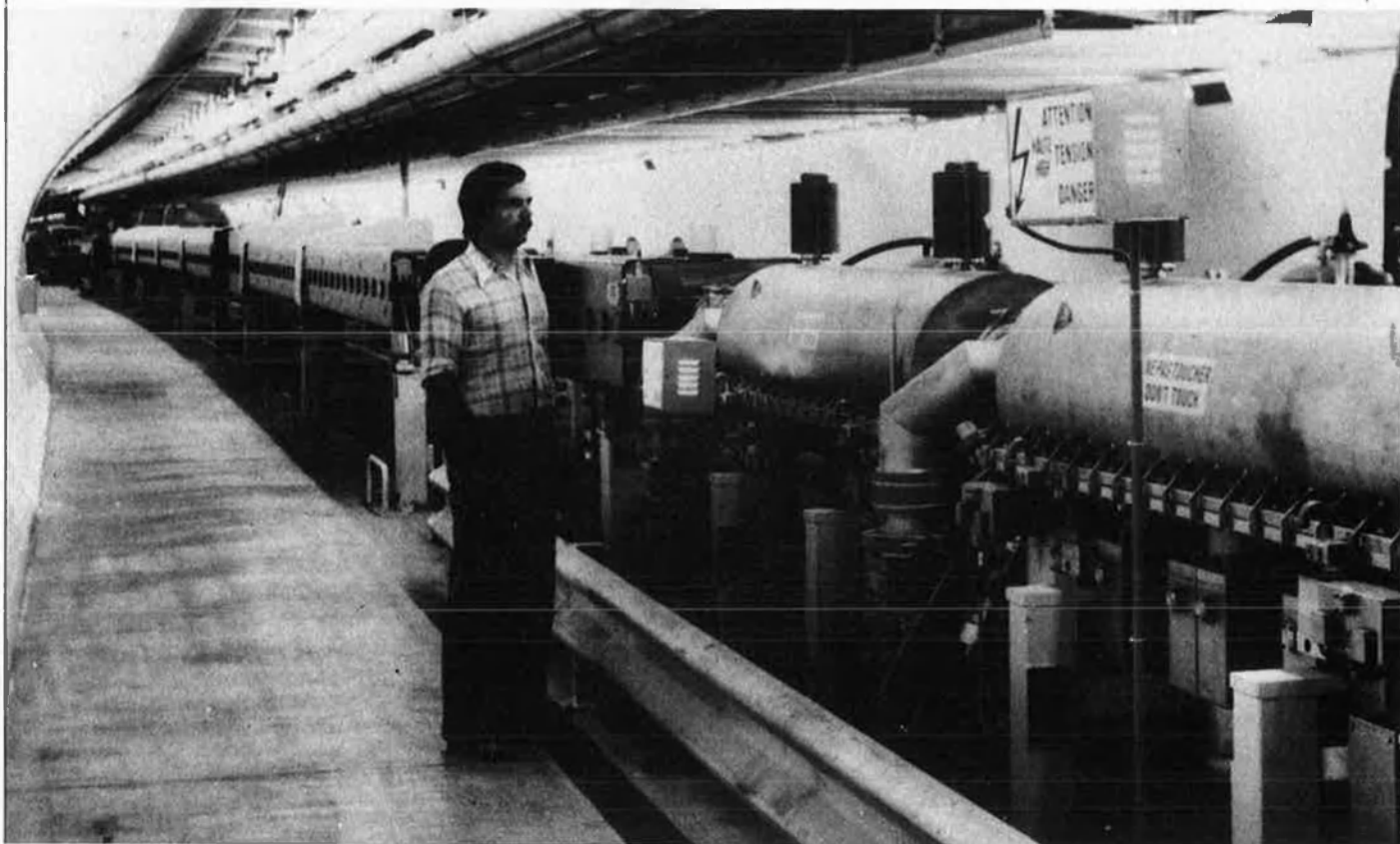


Viatge als secrets de la matèria

Els grans acceleradors de partícules ens permeten anar coneixent l'estructura mínima de la matèria. Les grans despeses necessàries queden compensades per les nombroses aplicacions que s'han derivat dels nostres coneixements sobre l'àtom.



El túnel té 27 quilòmetres de longitud, però els seus *usuaris* hi donen unes 10.000 voltes cada segon. Els que es mouen a aquesta velocitat són electrons i positrons –antielectrons–, que recorren l'anell que el CERN –Centre Europeu de Recerca Nuclear– té a Ginebra. Els detectors esperen les múltiples col·lisions que permeten esbrinar les característiques de les partícules i endinsar-se en la composició íntima de la matèria.

L'accelerador LEP és el més gran del món, si bé els americans ja tenen projectat el SSC –Superconducting Supercollider– que ha de tenir uns 87 quilòmetres de circumferència i que serà construït a

Waxahachie –Texas– si un pressupost tan impressionant com la grandària de la màquina s'arriba a cobrir.

Des que, pels voltants del canvi de segle, es va descobrir que l'àtom –l'indivisible– no era digne d'aquest nom, han anat apareixent partícules que d'una banda han permès confegir models i de l'altra han complicat el panorama del microcosmos. Els objectius d'aquestes grans màquines són dos. L'un és seguir descobrir partícules que ens ajudin a entendre l'estructura de la matèria. L'altre, arribar a una teoria que unifiqui les quatre forces fonamentals de la natura. I per això cal assolir energies cada vegada més altes i construir acceleradors com més a més grans. El viatge cap a allò infinita-

ment petit fa necessàries màquines de grandària creixent.

Al segle XIX es va arribar a la conclusió que electricitat i magnetisme eren expressions d'una mateixa força. Des d'aleshores es parla d'electromagnetisme. Queden, però, tres forces més: la nuclear forta –que manté unides les partícules en el nucli atòmic–, la nuclear feble –responsable d'algunes desintegracions radioactives– i la gravitatòria. A la dècada dels 70, Weinberg, Glashow i Salam arribaren a elaborar la teoria electrofeble, que unifica la força electromagnètica i la nuclear feble. Per ara, però, els intents d'unificar totes quatre forces han estat infructuosos.

D'altra banda, la col·lecció de partícu-

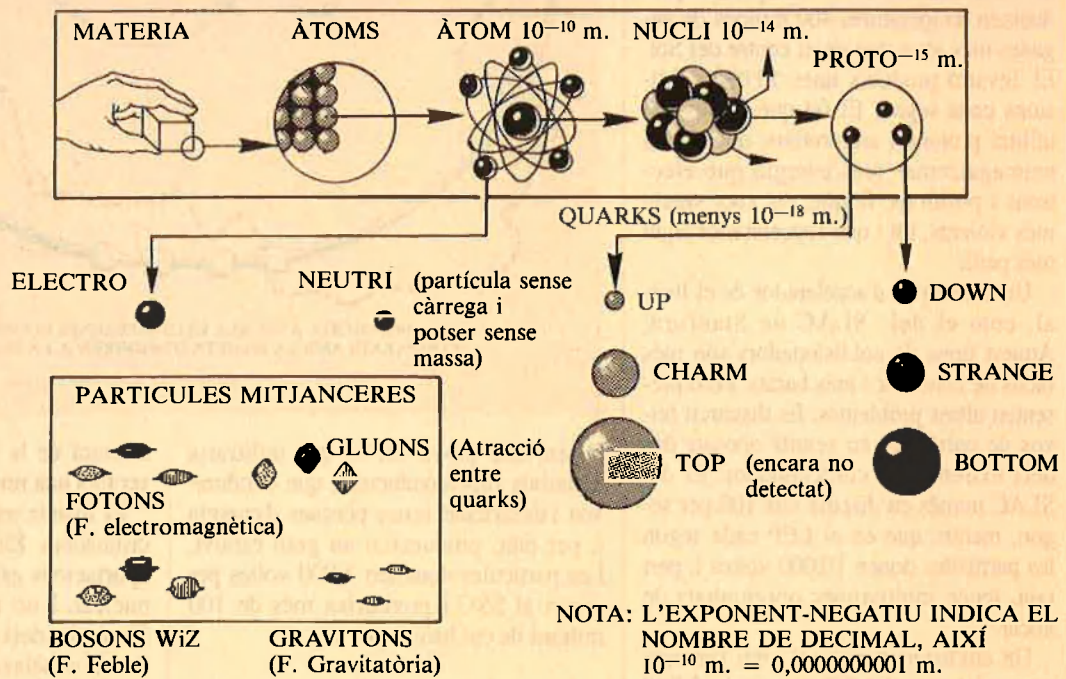
les subatòmiques es va ampliant. A l'àtom tenim el nucli –amb protons i neutrons– i els electrons, que hi giren al voltant. Però els protons i neutrons estan formats per unes subpartícules anomenades quarks. I encara és possible que els quarks es puguin subdividir en unes altres partícules, que, segons les diferents teories, s'anomenarien prions o rishons. Els científics van traient capes del que s'ha anomenat la ceba còsmica, sense que es pugui assegurar que un dia arribarem al punt final.

responsables de la força feble. La seva detecció, el 1983, va conformar experimentalment la teoria electrofeble. I els hipotètics gravitons, encara no detectats, transmeten la força gravitatòria.

A més, hi ha altres partícules previstes pels físics, però que encara no s'han detectat. Devien existir en les primeres fraccions de segon després del Big Bang –gran explosió– que, segons les conviccions actuals dels científics, va produir el naixement de l'univers. En els acceleradors s'intenten reproduir les condicions

científics de tot el món. Té 14 estats membres –als quals, aviat s'hi poden afegir d'altres, com l'URSS–. L'any passat, però, els investigadors americans que van decidir treballar en el CERN superaven els dels països membres.

El LEP va costar més de 4 anys de treballs i uns 100.000 milions de pessetes. La inversió ha servit no sols als europeus, sinó també a més d'un terç dels físics de partícules soviètics i a un quart dels col·legues xinesos. En total, més de 2.000 físics, repartits en quatre equips. A



Si un àtom té unes dimensions aproximades d'una deumil·lèsima de milionèsima de metre, els nuclis pesants són 10.000 vegades més petits i el protó unes deu vegades més petit que aquests nuclis. I els quarks, com a mínim, són mil vegades més petits que el protó. Per dir-ho gràficament, si un quark fes un centímetre, un protó faria deu metres, el nucli 100 metres i un àtom mil quilòmetres.

A més d'aquestes partícules, hi ha les anomenades mitjanceres, que fan sentir els efectes de les diferents forces. Els fotons, partícules que conformen la llum, transmeten la força electromagnètica. Els gluons –derivats de *glue*, goma– mantenen els quarks units entre ells. Els bosons intermediaris –dos W i un Z– són

de densitat de matèria i de temperatura que hi havia trilionèsimes de trilionèsimes de segon després del Big Bang.

El LEP de Ginebra presenta unes característiques impressionants. Els seus 27 quilòmetres de circumferència estan a una mitjana de 110 metres sota terra. Conté 330.000 metres cúbics de formigó i 60.000 tones d'aparells, inclosos gairebé 5.000 electroimants, 4 detectors de partícules –de 3.000 tones cada un–, 160 ordinadors i 6.600 quilòmetres de cables elèctrics.

Aquest accelerador ha donat protagonisme a Europa en la física de partícules. Entre els anys 40 i 70, aproximadament, el camp estava dominat pels americans. A partir dels 80, el CERN va atraure

la cúpula trobem el director del CERN, l'italià premi Nobel de Física Carlo Rubbia.

Precisament fou Rubbia qui, amb el suport de l'enginyer De Meer, va detectar els bosons W. Per produir-los calia una gran energia. En els acceleradors s'augmentava la velocitat de les partícules fins a velocitats properes a la de la llum –300.000 km/s– i se les feia xocar contra un blanc fix. Se sabia que fer xocar feixos de partícules que anessin en direccions contràries augmentava l'energia de la col·lisió. El moviment circular es produeix gràcies als imants que mantenen les partícules carregades elèctricament en aquesta trajectòria. Cada partícula té la seva antipartícula, amb les mateixes

característiques, però amb algunes propietats, com la càrrega elèctrica, oposades. Així, utilitzant electrons i positrons –antielectrons– els imants fan que els dos feixos es moguin en sentits contraris, fins que es produeix un gran nombre de col·lisions. A partir d'aquí, es creen noves partícules, de les quals els detectors enregistren les traces.

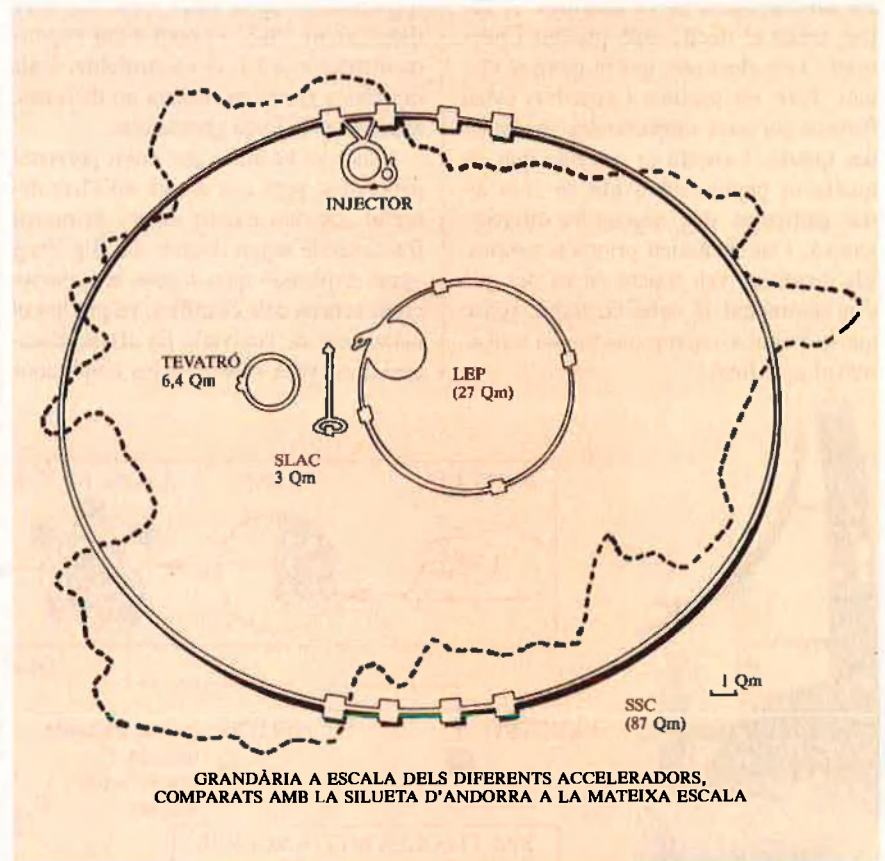
Però hi ha altres acceleradors importants al món. N'hi ha un a Dubna -URRS-. També hi ha el famós Tevatró del Fermilab, a Illinoi. Té un perímetre de 6,4 quilòmetres. Quan les partícules, amb la màxima velocitat, xoquen, es produeixen temperatures 400 milions de vegades més altes que en el centre del Sol. El Tevatró produeix unes 50.000 col·lisions cada segon. El fet que el Tevatró utilitzi protons i antiprotons, que poden emmagatzemar més energia que electrons i positrons, fa que, els xocs siguin més violents, tot i que l'accelerador sigui més petit.

Un altre tipus d'accelerador és el lineal, com el del SLAC de Stanford. Aquest tipus de col·lisionadors són més fàcils de construir i més barats. Però presenten altres problemes. Es dispersen feixos de partícules en sentits oposats des dels extrems del col·lisionador. El del SLAC només en dispara uns 100 per segon, mentre que en el LEP cada segon les partícules donen 10.000 voltes i, per tant, tenen moltíssimes oportunitats de xocar.

Un col·lisionador lineal amb l'energia que produeix el LEP mesuraria 2.700 quilòmetres. Però si es desenvolupen noves tecnologies d'acceleració, es podria construir un col·lisionador de set o vuit quilòmetres de llarg que proporcionaria quatre o cinc vegades més energia que el LEP.

El SSC és l'esperança, per als americans, d'evitar la contínua fuga de físics de partícules cap a Europa. Podria estar acabat l'any 2.000 i costaria entre 7.000 i 8.000 milions de dòlars –entre 700.000 i 800.000 milions de pessetes–. Això ha creat un debat científic i polític. Alguns investigadors pensen que fer aquesta despesa significaria oblidar altres projectes més modestos durant molts anys. A més, el CERN té el suport de diversos governs, mentre els Estats Units no troben gaire ajuda econòmica per a dur endavant el projecte.

El SSC tindria 10.000 electroimants i



el seu nom prové del fet que utilitzaria materials superconductors, que condueixen l'electricitat sense pèrdues d'energia i, per tant, produeixen un gran estalvi. Les partícules donarien 3.000 voltes per segon al SSC i produirien més de 100 milions de col·lisions per segon.

APLICACIONS

Amb les xifres esmentades, una de les preguntes que es fa molta gent és la utilitat d'aquestes inversions, amb tants de problemes per tot el planeta. Hi ha qui creu que fer col·lisionar electrons i positrons no serveix per a res més que per a fer col·lisionar després copes de xampany, tot celebrant la troballa d'una nova partícula.

Probablement molta gent no se n'adona, però la nostra societat seria essencialment diferent sense la recerca sobre la composició de la matèria. El físic Henrik Casimir, que més endavant seria director de la Philips, va dir una vegada que és una bajanada escandalosa pensar que la recerca acadèmica no té cap paper important en la innovació. Així, els transistors són una conseqüència dels nostres coneixements sobre els electrons i l'es-

tructura de la matèria. I el transistor va ser tota una revolució en electrònica.

El mateix es pot dir dels circuits dels ordinadors. Els científics que hi van fer aportacions essencials estudiaven física nuclear. I no resulta necessari explicar l'impacte dels ordinadors a la societat. Sense conèixer a fons l'estructura de la matèria no hauríem pogut aconseguir làsers, que no serveixen només per a ornar discoteques, sinó que tenen aplicacions en els camps més diversos.

I també podem esmentar el radar, els microones, els superconductors, noves fonts d'energia i moltes coses més.

També cal referir-se als mètodes d'anàlisi. La difracció de rajos X va permetre conèixer l'estructura del DNA –molècules portadores del missatge genètic–, que anys després ha dut a la revolució biotecnològica. També hi ha nous sistemes per a analitzar els materials, que sofreixen desgast en avions, en automòbils, en qualsevol tipus de maquinària. Al mateix temps, el coneixement sobre l'estructura de la matèria permet trobar materials amb noves característiques i respon a les exigències de la societat.

De la física de les partícules també s'han derivat nous mètodes de diagnòstic



Vista aèria del CERN.

mèdic, més fiables i innocus que d'altres. També s'utilitzen protons i neutrons per a eliminar tumors cancerígens.

Fins i tot l'art se'n serveix. Gràcies als coneixements sobre partícules i àtoms podem estudiar obres d'art i verificar-ne o no la legitimitat. Al Museu del Louvre hi ha un accelerador de partícules, com a símbol que aquesta branca de la física té influència en els camps més diversos.

I finalment, la tecnologia necessària per a construir els acceleradors, els detectors de partícules, els electroimants i tota la resta repercutiran un dia en la vida quotidiana, tal com ha passat quasi sempre en la història de la ciència. Aquestes despeses no sols són útils, sinó que són imprescindibles per trobar solucions a les demandes de la societat moderna.

I en tot cas, l'home sempre ha desitjat saber de què està format l'univers, quines forces hi actuen, com és tot allò que ens envolta i com som nosaltres mateixos. Dels acceleradors, se'n derivaran molts avanços. I encara que no fos així, significarien un viatge als interrogants més profunds, una aventura extraordinària que ens mena als secrets de la matèria.

Xavier Duran

València i Barcelona, centres importants

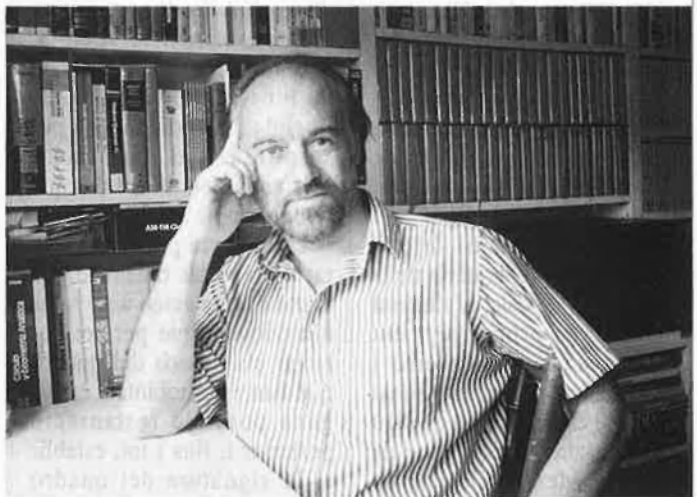
A València i a Barcelona hi ha equips importants en Física de Partícules. A més, hi ha la possibilitat que un nou accelerador del CERN s'instal·li a València. Segons el doctor Josep Bernabeu, de la Universitat de València, "aquesta és una oportunitat oberta, ja que hi ha d'altres candidats, com ara Sevilla o bé el laboratori d'Orsay, a França. El nou accelerador haurà de tenir una gran intensitat per a obtenir moltes més partícules i aconseguir estudiar la que és més desconeguda: la partícula Tau. De moment, l'opció valenciana ha obtingut l'informe positiu de l'ECFA -Comitè Europeu de Futurs Acceleradors- i ací tenim personal experimentat que es a hores d'ara a Ginebra i en altres projectes del CERN".

"Això -prosegueix el doctor Barnabeu- té un interès extraordinari, no només per l'objectiu científic, sinó perquè la construcció d'aquesta màquina de-

sevoluparà una nova tecnologia al seu voltant de superconductors -criogènica, alt buit, electrònica de potència, etc.- fonamentals per a l'estimulació d'altres projectes. Li han donat suport sobretot els empresaris a l'IMPIVA i el departament de Física Corpuscular, de la Universitat de València".

València i Barcelona tenen una estreta relació en aquest tipus de recerca. Segons explica el doctor Albert Bramon, de la Universitat Autònoma de Barcelona, "Des del punt de vista de la Física de Partícules teòrica hi col·laborem, i molts de nosaltres hem passat anys a València -jo mateix hi vaig estar dos anys i mig-, i molts valencians han treballat a la Universitat de Barcelona".

A més, també treballen a Ginebra, en el CERN: "Des del punt de vista experimental, equips catalans i valencians treballen al voltant del mateix accelerador, el LEP, amb dos de-



Albert Bramon.

DOMENEC UMBERT

tectors diferents".

El doctor Bramon valora molt positivament aquests treballs: "Aquestes contribucions experimentals a la Física de Partícules han estat de nivell excel·lent i així es reconeix en medis internacionals".

El preu d'aquest tipus de recerca representa un problema,

però les derivacions són molt positives. "La col·laboració internacional -conclou el doctor Bramon- posa el finançament a l'abast per a fer aquest tipus de recerca. L'aventura d'endinsar-se en els coneixements d'un món fonamental però desconegut no es pot deixar de dur endavant".

J. M. Trigo / X. Duran