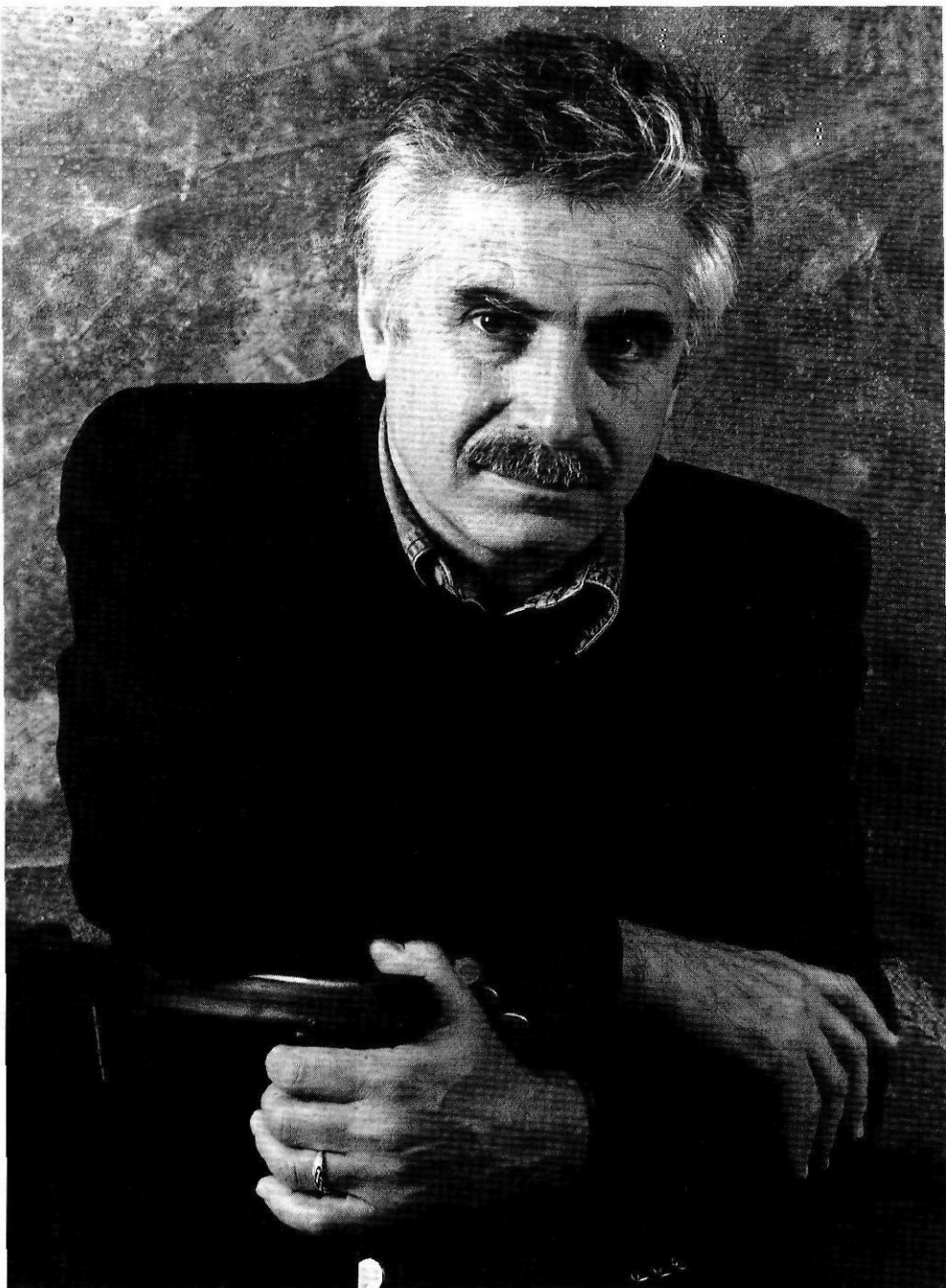


JOSEP M. OLIVERAS



## **Lluís Oliver i els components fonamentals de la matèria**

Joan Miró  
Eva Vázquez

**E**l Govern francès va atorgar l'any passat una distinció al seu equip de recerca pels treballs realitzats sobre el model dels quarks. Què representa aquest premi en el conjunt dels seus treballs?

— «No ha estat el govern, sinó l'Acadèmia de Ciències, que dóna una sèrie de premis cada any a científics de diverses disciplines: matemàtiques, física, química, biologia i medicina. El premi, que porta per nom el Prix Danton, ha estat atorgat al meu equip,

format per Alain Le Yaouanc, Olivier Pène, Jean-Claude Raynal i jo mateix se'n diu el Prix Danton, amb motiu dels nostres treballs sobre el model de quarks. Això de mundialment reconeguts cal naturalment relativitzar-ho, vol dir dins del cercle relativament estret dels especialistes en aquest tema de la física de partícules elementals. Els meus col·legues i jo vàrem començar a treballar en aquest tema quan encara els quarks eren una pura conjectura matemàtica al final dels anys 60, i encara no tenien, ni molt menys, la unanimitat. Els quarks són els constituents de les partícules que s'interaccionen fortament: el protó, el neutró, els mesons... Als anys 70 varen veure la verificació experimental i la coherència teòrica d'aquest model de manera espectacular, i ara els quarks han esdevingut l'esquema admès per tothom. Per nosaltres, el premi representa un encoratjament al nostre treball, un petit reconeixement tardà que el camí que vàrem triar fa uns 25 anys era la bona direcció, encara que per saber això, naturalment, no necessitàvem el premi.

*- D'on li ve aquesta curiositat per conèixer la més íntima composició de la matèria? Com va començar els seus estudis en aquest camp?*

- Per començar, he de dir que va ésser determinant per a mi la gran curiositat intel·lectual dels meus pares. Vaig fer el batxillerat a l'Institut de Girona, cosa que retrospectivament valoro molt, pels excel·lents professors que vaig tenir, cadascun amb un registre humà i intel·lectual diferent, els senyors García López, Sobrequés, Florit, la senyoreta Fustagueres... Fins i tot vaig trobar saludable la cara dura i desmitificadora de mossèn Costa Negre.

A Barcelona, ja havia fet la meitat de la carrera d'enginyer, però vaig decidir deixar-me-la per anar a estudiar a la Facultat de Ciències, a la plaça Universitat, on hi havia una millor atmosfera, a fer Física. L'ambient, tant intel·lectual com humà i polític em convenia molt més, i la política era molt important en aquell moment. Barcelona era aleshores una ciutat molt viva malgrat la Dictadura, i faltava temps per fer coses. Anant del pati de Ciències al pati de Lletres (on hi havia moltíssimes més noies que a Ciències, uns quants ordres de magnitud més) a escoltar cur-

sos de filosofia com els de Valverde, Álvarez Bolado... vaig conèixer la meua dona, la Nuri Masramon.

A Física vaig tenir bons professors (Azpiroz, Codina, Linés, Teixidor, Vaquer...) Linés feia un curs magnífic sobre la construcció dels números reals. El Sr. Codina explicava l'electromagnetisme, quasi de manera històrica: la primera meitat de l'any descrivia els fenòmens, culminant amb la formulació de les equacions de Maxwell, i la segona meitat treballava les equacions de manera deductiva. Teixidor i Vaquer feien cursos molt dignes de matemàtiques «modernes», teoria de grups i geometria no euclidiana, entre altres coses. Al final de la carrera tenia la intenció de fer la tesi amb el professor Azpiroz (recordo que ell ens va parlar del descobriment dels cinturons de Van Allen per als primers satèl·lits), que era especialista de relativitat general (la gravitació einsteiniana), però vaig tenir la mala fortuna que es va morir al 1966. Just abans havia anat al CERN (Centre Europeu de Recerca Nuclear) a fer una estada d'uns mesos, el que em va permetre de seguir un curs d'iniciació a la física de partícules elementals a Madrid, a la Junta d'Energia Nuclear, l'any 1966. Després vaig tornar a Barcelona al departament del professor Garrido, de Mecànica Quàntica, però finalment vaig decidir anar-me'n a París a fer la tesi. Vaig tenir molta sort perquè el professor François Lurçat (nebot de l'artista, el tapisser), que em va acollir, va ajudar-me molt i va fer-me entrar al CNRS, el Centre de Recerca francès, al 1968. Va ésser aleshores que vaig començar a treballar amb els meus col·legues sobre el model dels quarks, que més que un model és un quadre general per estudiar les interaccions de les partícules elementals. Vaig basar la meua tesi sobre aquest tema al 1975 i una mica més tard vaig fer una estada de dos anys a la Universitat de Califòrnia a Berkeley».

*- Vol dir que durant tot aquest temps vivia només per als seus estudis?*

- «Vaig participar al moviment del maig del 68, una experiència excepcional encara que actualment tingui una opinió més sospesada sobre les ideologies de l'època, amb algunes de les quals em vaig identificar i encara m'hi identifico. Aquells primers anys varen ésser també els del descobriment d'aquesta

ciutat mítica que és París, el món cultural extraordinàriament ric, els llibres, el cinema, etc. L'Enric Marqués era aleshores allà i ens va fer conèixer aspectes de la ciutat que sense ell no hauríem sospitat. Recordo que anàvem sovint a sopar a un bistròt al costat de Les Halles, que encara existeix».

*- I sobre els seus treballs d'aquella època, quins destacaria?*

- «Per explicar els temes sobre els que he treballat, he de fer una petita digressió, inevitable. Hi ha quatre interaccions fonamentals a la natura: la gravitació i les interaccions electromagnètica, feble i forta. L'electromagnetisme és responsable de la interacció entre partícules carregades elèctricament, del magnetisme, de la llum, o més generalment de la radiació electromagnètica i, per tant, de la física atòmica i molecular. La interacció feble està a l'origen de la radioactivitat beta i de molts altres fenòmens, com la interacció dels neutrinos amb la matèria (que és tan feble que la terra els apareix com pràcticament transparent). La interacció forta és la responsable de la cohesió del nucli atòmic, de la radioactivitat alfa, etc. Els quarks són els constituents elementals de les partícules que interaccionen fortament, els hadrons (del grec *hadros* fort) com el protó i el neutró, i participen a totes les quatre interaccions fonamentals. Es tracta, doncs, d'un tema molt ampli. Al meu equip ens interessem en l'espectroscòpia dels hadrons (l'equivalent per la interacció forta de la Taula de Mendeliev de la física atòmica) i en les interaccions febles d'aquestes partícules, el que fa intervenir complicades interrelacions entre la interacció forta i la interacció feble. També ens interessem per un tema fascinant de la interacció feble, la violació de CP. La interacció feble viola de manera màxima la paritat P (la simetria respecte d'un mirall), cosa que no fan les altres interaccions i en particular les dues interaccions a les quals estem familiaritzats en el món macroscòpic, la gravitació i l'electromagnetisme. Però hi ha una simetria que es denota per CP (considerar el procés simètric respecte d'un mirall i canviar a la vegada partícules per antipartícules) que està conservada per totes les interaccions excepte per un efecte molt petit de la feble, descobert a l'any 1964. Aquesta violació de CP té conseqüències cosmològiques absoluta-

ment decisives, perquè és responsable del fet que l'univers sigui constituït de matèria (protons, neutrons i electrons, essencialment) i no meitat de matèria i meitat d'antimatèria, com ho suggereix la producció d'antimatèria al laboratori, que obeeix a les mateixes lleis que la matèria, si no fos per aquesta petita violació de CP».

– *Quina és la situació avui de la unificació de les forces fonamentals? Existeixen perspectives que permetin preveure una via de solució teòrica?*

– «Considero que he estat molt afortunat d'assistir a la construcció de la teoria que unifica les interaccions electromagnètica i feble, que es pot simbolitzar pel signe  $SU(2) \times U(1)$ , que indica el grup de simetria d'aquesta teoria quàntica de camps. La formulació d'aquesta síntesi és un èxit fabulós de la física teòrica, d'una simplicitat conceptual sorprenent i a la vegada d'una complexitat i riquesa de predicció extraordinàries. Aquesta teoria, formulada als anys 1964-1974, i verificada experimentalment des d'aleshores amb una gran precisió (l'últim descobriment ha estat el quark top, anunciat oficialment fa només unes setmanes)<sup>1</sup>, és la culminació d'un esforç experimental i teòric que comença pràcticament fa un segle, amb els estudis sobre la radioactivitat beta. Moments àlgids d'aquesta història varen ésser la hipòtesi del neutrino per Pauli, la conjectura de la violació de la paritat per Lee i Yang, la teoria de Feynman i Gell-Mann, i finalment la teoria unificada de Glashow-Salam-Weinberg. Incidentment, es diu neutrino i no «neutrí» com de vegades he llegit, perquè es tracta d'una paraula italiana, crec que inventada per Enrico Fermi, que s'utilitza en totes les llengües, anglès, francès, etc. Com deia Fermi als anys 30, per a la radioactivitat beta, el neutró es transforma en protó emetent un parell electró-neutrino «como un quanto di luce», premonició de la unificació de la interacció feble amb l'electromagnetisme».

– *Els avenços de la ciència i la sofisticació dels mètodes de treball han permès un nivell d'abstracció increïble per analitzar els grans fenòmens de l'univers. Què n'opina?*

– «La necessitat de construir edificis teòrics unificant fenòmens aparentment molt diferents ha estat un esforç constant i prometeic dels homes. El primer avenç absolutament decisiu, model de

tot edifici teòric, és evidentment la teoria de la gravitació de Newton, que unifica dos fenòmens aparentment desconectats, el moviment dels cossos celestos, els planetes etc. i la gravitació terrestre, dos mons per als quals els grecs proposaven models totalment desconectats, referents al món de l'èter i al món subllunar, imperfecte, i per als quals respectivament Copènic i Galileo havien proposat dues teories aparentment sense relació. Aquesta teoria de la gravitació universal ens indica, amb el mot «universal», el projecte que hi ha darrera tot intent d'unificació. Les paraules claus són «universalitat», «naturalitat»... que resumeixen el propòsit englobador i simplificador sense artifici, amb relacions matemàtiques més o menys complexes però conceptualment simples a la vegada, d'una gran bellesa formal, com un cristall, i amb conseqüències verificables sobre el món empíric, encara que l'algorisme necessari per obtenir-ne les conseqüències observables sigui de vegades d'una gran complexitat.

El segon gran exemple d'unificació és evidentment la síntesi de l'electricitat i del magnetisme donat per les equacions de Maxwell al 1864, que culmina un segle d'esforços teòrics i experimentals, estudis sobre aquests fenòmens familiars però relativament «marginals» com són l'electricitat atmosfèrica i el magnetisme, coneguts des de l'antiguitat. L'estudi de les conseqüències matemàtiques de les equacions de l'electromagnetisme varen portar Einstein a formular la teoria de la relativitat al 1905.

La teoria de Glashow-Salam-Weinberg  $SU(2) \times U(1)$  unifica la interacció electromagnètica i la interacció feble, és la Teoria Electrofeble. D'altra banda, també disposem actualment d'una teoria de les interaccions fortes entre els quarks, que té el nom extraordinari de cromodinàmica quàntica, simbolitzada per la simetria  $SU(3)$ . La teoria actual de les interaccions al món microscòpic és, doncs, el que diem el Model Standard,  $SU(2) \times U(1) \times SU(3)$  i la paraula «model» és modestíssima, perquè es tracta d'una teoria molt sofisticada, que resisteix de moment a la comparació amb les dades experimentals. Aquesta teoria és una teoria quàntica, a diferència de la gravitació, que fins i tot en la seva versió relativista, formulada per Einstein (la relativitat general), és una teoria no quàntica, sinó clàssica, com

ho eren les equacions de Maxwell de l'electromagnetisme».

– *Aquestes unificacions no topen amb algunes incompatibilitats?*

– «El problema de l'unificació de les forces té dos vessants. Per una banda, la unificació de les interaccions electrofeble, forta i gravitatòria. El primer problema no és molt difícil; es poden formular teories que engloben les interaccions electromagnètica, forta i feble sense gran dificultat, i en tenim molts exemples matemàtics. Una característica comú de totes aquestes teories, que se'n diuen teories de gran unificació és que prediuen l'existència d'una nova interacció que seria responsable de la desintegració del protó, és a dir, de la desaparició de l'univers tal com el coneixem. Actualment sabem per l'experiència que el protó té una vida mitja més gran que  $10^{32}$  anys! Això és una restricció que naturalment aquestes teories han de verificar.

D'altra banda, la unificació de les quatre interaccions, les interaccions gravitatòria, electromagnètica, forta i feble demana la solució d'un problema fonamental, el de formular una teoria quàntica de la gravitació és a dir, teoria de la gravitació que pugui ésser aplicada al món microscòpic, on hi hagués l'equivalent del fotó de l'electromagnetisme (partícula responsable de la interacció), que seria la partícula que en diem el gravitó. Aquest problema és molt difícil, i només algunes temptatives han pogut ésser formulades, que serien al mateix temps teories d'unificació de totes les interaccions. Essencialment hi han hagut dues teories d'aquest tipus, que tenen com a nom la Supergravetat i la Teoria de les Supercordes.

Un dels problemes d'aquestes és que no són úniques, i en alguns dels seus aspectes tenen problemes que en podríem dir de manca de «naturalitat»; és a dir, tenen aspectes artificiosos. Aquestes teories, com sovint passa amb la física teòrica, han introduït nous conceptes que els matemàtics estan ara desenvolupant. D'altra banda, s'intenta estudiar quins efectes hauria d'incorporar una teoria quàntica de la gravitació (evaporació quàntica d'un forat negre, etc.).»

– *Què opina de les despeses que requereix la recerca en casos com ara el SSC (supercol·lisionador superconductor)? Són realment útils els resultats que se'n poden obtenir? No*

# LES TRES FAMÍLIES DE PARTÍCULES ELEMENTALS

Massa en mils de milions d'electronvolts (GeV)

		FAMÍLIA ELECTRÒNICA	FAMÍLIA MUÒNICA	FAMÍLIA TAUÒNICA
QUARKS	2/3	UP aproximadament 0.01 GeV	CHARM aproximadament 1,5 GeV	TOP (TRUTH) al menys 89 GeV no observat fins ara
	-1/3	DOWN aproximadament 0.01 GeV	STRANGE aproximadament 1,5 GeV	BOTTOM (BEAUTY) aproximadament 5,5 GeV
LEPTONS	0	NEUTRÍ ELECTRÒNIC < 2 x 10 <sup>-8</sup> GeV	NEUTRÍ MUÒNIC < 2 x 10 <sup>-4</sup> GeV	NEUTRÍ TAUÒNIC < 0,035 GeV
	-1	ELECTRÓ < 5,11 x 10 <sup>-4</sup> GeV	MUÓ < 0,106 GeV	TAU < 1,78 GeV

Diagrama que mostra les tres famílies de partícules elementals (Quarks i Leptons) i les seves masses relatives. Les partícules són representades per icones: UP (punt), DOWN (punt), NEUTRÍ ELECTRÒNIC (punt), ELECTRÓ (punt), CHARM (esfera), STRANGE (cubo), NEUTRÍ MUÒNIC (punt), MUÓ (cones), TOP (TRUTH) (esfera gran), BOTTOM (BEAUTY) (cubo), NEUTRÍ TAUÒNIC (punt), i TAU (piràmide). Les fletxes indiquen canvis de massa relatiu entre famílies i canvis de càrrega elèctrica dins de cada família.

estem, al capdavant, massa lluny de les energies amb les quals s'especula?

«El que acabo de dir està relacionat amb la teva pregunta. Demanar-se quin és el cost social i les conseqüències pràctiques, positives i negatives, de la ciència és òbviament legítim i necessari. El SSC (supercol·lisionador superconductor, amb imans superconductors a la temperatura de l'heli líquid, com ja es fa actualment a l'accelerador de Fermilab a prop de Xicago) era un projecte molt car, previst a Texas. És veritat que sembla que s'hauria de privilegiar la recerca en altres dominis, i ja es fa, com la biologia molecular, etc. que són aparentment d'una utilitat més immediata.

La física de partícules és actualment, com l'astrofísica, una ciència que té un objecte molt llunyà de la vida pràctica, es tracta essencialment de recerca fonamental, encara que tingui diverses conseqüències tecnològiques. Amés, és veritat que les energies a les quals hem arribat actualment (de l'ordre de 10<sup>12</sup> eV o electró-Vols, unes mil vegades la massa del protó) són molt baixes respecte de les que es consideren a les teories unificant la gravitació amb les altres interaccions (el que se'n diu la massa de Planck, de l'ordre de 10<sup>28</sup> eV, l'arrel quadrada de l'invers de la constant de Newton de la gravitació). El SSC «només» pretenia arribar a 10<sup>13</sup>-10<sup>14</sup> eV, però era una

considerable pas endavant en la recerca de matèria d'un nou tipus, que molt possiblement existeix en aquesta escala. Queda, a no tan alta energia, el projecte europeu LHC per a col·lisions protó-protó, que s'instal·larà al final de segle al mateix túnel on hi ha ara el LEP, on es fan col·lisions electró-positró per estudiar les propietats dels bosons Z i W responsables de les interaccions febles. Per la famosa i mediàtica llei de Einstein E=mc<sup>2</sup> (que va afegir en un *addendum* al seu article de 1905), fent xocar partícules amb gran energia cinètica, podem produir partícules de massa més elevada, d'una categoria diferent, és a dir, tenim així accés a un altre món. D'aquesta manera s'ha descobert recentment, a Fermilab el quark top, que té una massa de l'ordre de 180 vegades la massa del protó.

El que ha passat amb l'enterrament del SSC és una mica semblant, però més dramàtic, al que ha passat amb la NASA i la recerca espacial: es continua però de manera ralentida. El LHC del CERN es farà segurament, per decisió europea, i molts equips americans també hi treballaran. Altres projectes menys ambiciosos però també fonamentals estan en ple desenvolupament a Stanford i Hamburg, entre molts altres.

Encara que l'escala de Planck sigui lluny de les energies actuals, aquesta escala ens afecta, ja que fixa la intensitat

de la interacció gravitatòria, de fet la que ens és més familiar als humans. A aquesta energia els aspectes quàntics de la gravitació es farien sentir al món microscòpic. L'escala de Planck ens concerneix també perquè és la frontera conceptual que tenim davant. Sempre les fronteres han semblat inútils i il·lunyanes, però l'esperit humà s'hi ha llençat per pura pulsio especulativa, no solament amb motivacions utilitàries. És a dir, aquests grans acceleradors, LEP, LHC o SSC, són a la frontera d'allò infinitament petit (actualment s'estan testant distàncies de l'ordre de 10<sup>-18</sup>m), el que el telescopi espacial Hubble o el satèl·lit COBE, que mira les inhomogeneïtats de la radiació de fons còsmica, són al món de l'astrofísica i de la cosmologia. Per fer-se una idea del que significa 10<sup>-18</sup>m, pensem que un àtom mesura de l'ordre de 10<sup>-10</sup>m, un nucli atòmic 10-14m i un protó 10<sup>-15</sup>m. La talla d'un quark o d'un electró és més petita que 10<sup>-18</sup>m.

De fet, els dos mons estan lligats, perquè la mecànica quàntica ens diu que altes energies significa petites distàncies (per exemple, la radiació X, més energètica que la llum visible, penetra més profundament), i petites distàncies significa estar més a prop de l'Univers Primordial, al començament del Big Bang, que és el model cosmològic que sembla descriure correctament i de manera relativament econòmica

l'univers en expansió. Cal subratllar que es tracta d'un model, que incorpora el que sabem de les interaccions fonamentals i extrapolant-les; és a dir, seguint aquest principi d'«universalitat» del qual parlàvem. La relació actual entre la física de partícules i la cosmologia és semblant a la relació entre la física atòmica o la física nuclear i l'astrofísica des dels anys 30. L'espectroscòpia atòmica es va aplicar per conèixer la composició química de les estrelles, i les reaccions nuclears per explicar l'energia emesa per les estrelles i també la seva mort. El principi d'universalitat ens diu que, fins que no tinguem prova del contrari, les mateixes lleis físiques s'apliquen per tot arreu al cosmos. Ara la física de partícules estén el seu camp a la cosmologia, i de fet ja ha resolt una sèrie d'inconsistències lògiques que tenia el model clàssic del Big Bang, com per exemple el fet sorprenent que l'univers com un tot és un domini causal únic, ja que el model clàssic predeia dominis causals de molt més petites dimensions».

– *Quin és el paper d'una ciència com ara la física fonamental o la física de les partícules? En definitiva, quin és el seu concepte de ciència?*

– «Aquesta és una pregunta difícil. Jo diria que la física (i la ciència en general, de la qual la física n'és el prototip) és un empirisme especulatiu o bé, més concretament, la física seria una espècie de materialisme matemàtic. Les dues paraules són crucials, al meu entendre. Les teories físiques són edificis conceptuals molt sofisticats, que se semblen als que es troben a les matemàtiques. Però la física teòrica no es pot confondre amb les matemàtiques aplicades. *L'objectiu principal del físic teòric és de contribuir a la comprensió dels fenòmens naturals i no solament de resoldre equacions.* L'especulació pot anar molt lluny, es fan de vegades hipòtesis realment extravagants, fins al límit del precipici de l'impensable, però hi ha dos jutges implacables d'aquesta especulació: la coherència lògica o matemàtica d'una banda, i la verificació experimental de la teoria, de l'altra. Es tracta de l'esquema d'Einstein: realitat empírica → principis fonamentals → lleis → experiència. El primer pas és el més abismal (per exemple, la llei de Newton) i, com diu Verlet, darrera dels principis i conceptes que aprenem a l'escola hi ha un món conceptual negat o posat entre parèn-

si, com si la fórmula fos un decorat de teatre que amagués totes les preguntes que varen portar a la seva formulació, i només en quedés el seu costat operacional, pràctic. Però si ho mirem de prop, les preguntes encara són allà, si tenim la paciència de demanar-nos què signifiquen aquests signes, misteriosos malgrat la seva aparent simplicitat.

La segona i tercera etapes, la formulació de lleis concretes i la tornada a la seva verificació experimental són molt delicades també, exigeixen algorismes extraordinàriament complicats. Per exemple, la formulació de l'electrodinàmica quàntica data dels anys 40-50, però la seva verificació amb la increïble precisió actual de  $10^6$  ha exigut un esforç col·lectiu colossal, tant des del punt de vista teòric com experimental. Aquesta teoria, entre d'altres, és el que pedantment Penrose en diu una teoria «magnífica» («superb theory»), que es distingeix per la seva gran bellesa matemàtica, la unicitat de les seves prediccions, i la seva confirmació experimental amb la màxima precisió que tant la teoria com l'experiment poden obtenir. El Model Standard electrofeble comença ja a ésser verificat, però només som al començament d'un llarg i pacient treball de comparació amb l'experiència, amb l'esperança que trobem una dificultat, que seia un senyal que hi ha un altre món físic no descrit pel Model Standard, suggerint una unificació més àmplia de les interaccions, el que en diem la Gran Unificació.

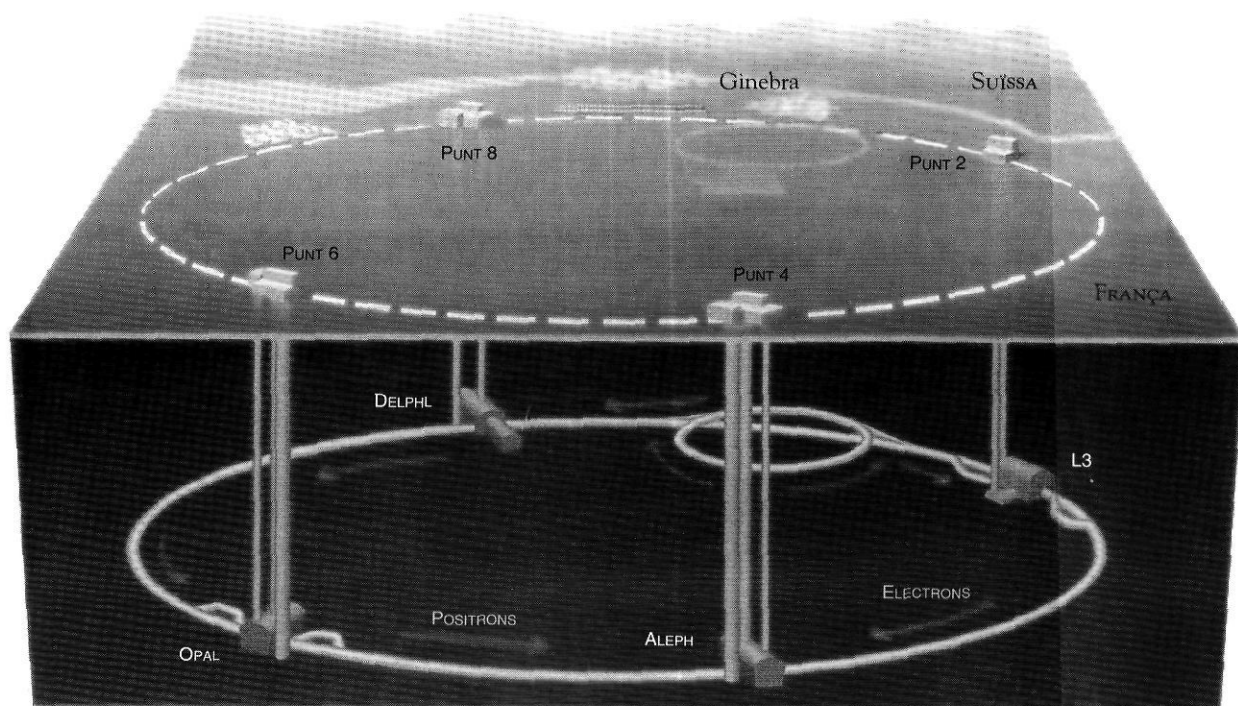
Això ens porta a l'observació d'Einstein que el que és realment incompreensible és que el món sigui intel·ligible. Per què aquestes teories matemàtiques descriuen el món real amb tanta precisió, no ho sabem. Aquest és un problema epistemològic –la matematització del real– de la més gran importància. S'ha dit que l'home posseeix un cervell que ha evolucionat evidentment a l'interior del món físic i es pot, concebre que els esquemes lògics que l'home crea siguin la imatge d'aquest món. Però els sistemes biològics evolucionen en un mitjà determinat essencialment per la gravitació i l'electromagnetisme; és a dir, l'atracció de la terra, la llum, l'electricitat del sistema nerviós, etc. El que resulta estrany és que puguem formular teories sobre altres esferes d'allò real. Sobre les interaccions febles o fortes, sobre els quarks o sobre els forats negres o les

estrelles de neutrons o l'univers com una totalitat. El per què de la capacitat dels éssers humans de conceptualitzar el món de manera matemàtica és un misteri que segurament no entendrem mai, perquè és contrari al coneixement ésser-ne objecte i subjecte a la vegada. Però com totes les qüestions metafísiques; és a dir, les preguntes que no tenen resposta, és lúcid i legítim que ens ho demanem i que n'estiguem sorpresos».

– *La ciència respon encara, doncs, a aquelles grans preguntes de l'home sobre el món. No hi ha uns límits a aquestes respostes, a aquest coneixement?*

– «Un altre problema és de la relació entre la ciència i les regles de comportament; és a dir, la moral. Encara que no n'estic gaire segur, al meu entendre la moral i la ciència no tenen res a veure, i si estan en relació, és d'una manera subtil i insospitada. No és per atzar que els filòsofs varen fer la distinció entre raó pura i raó pràctica o entre el món com a voluntat i el món com a representació. Tinc la impressió que *la necessitat de coneixement i de poder, diem-ne com vulguem, és molt poderosa, i sempre hi haurà una frontera del saber que voldrem fer recular de manera lúdica i agressiva o sàdica, a la vegada, independentment de la utilitat material o ètica que pugui tenir per als homes.* Malgrat això, em sembla que la ciència pot influir sobre el comportament, la moral, en el sentit següent. Vivim en un món sofista, pragmàtic, fet d'aparences, on qualsevol idea peregrina o sinistre, o senzillament sense interès, pot emergir i imposar-se, almenys de moment, si es diu amb prou força i té suficient audiència. En canvi, per exemple, determinar les lleis de la interacció dels neutrinos amb la matèria, interacció que és extraordinàriament feble, doncs com he dit la terra mateixa els apareix com quasi transparent, és una lliçó extraordinària d'ascetisme epistemològic. Només amb un treball concienzós, teòric i experimental, que ha durat molts anys, això ha estat possible. En aquest sentit, em sento pròxim d'Epicur, Lucreci o Spinoza, que em sembla que dedueixen la moral del procés de coneixement (les idees clares i distintes d'Spinoza)».

– *Estem en condicions de fer una història, o una genealogia, de les partícules?*



Túnel del LEP, on es fan col·lisions electró-positró per estudiar les propietats del bosons Z i W responsables de les interaccions febles.

– «Podria fer una petita història des dels anys 30-40, però val més que et digui quin és l'estat actual de la qüestió. Hi han essencialment dos tipus de partícules, les partícules de «matèria» i les partícules d'«interacció», és a dir, simplificant, les que formen la matèria i les que transmeten una interacció. Per exemple, partícules d'interacció són el fotó per l'electromagnetisme, els bosons 2 i W per a la interacció feble, i els «gluons» (de l'anglès «glue», que vol dir cola) per la interacció forta. D'altra banda, s'han descobert tres tipus o famílies de partícules de matèria, que han posat ordre a l'enorme taula de Mendeleiev de les partícules. La matèria més lleugera, de la qual nosaltres estem fets, està constituïda de quatre partícules elementals: els quarks U i d, l'electró i el neutrino electrònic, el que dona el quartet (u, d, e,  $\nu_e$ ). Per exemple, el protó i el neutró estan constituïts de quarks u i d, els àtoms estan formats de u, d, e, etc. Ara bé, s'han descobert dues famílies més de matèria, més pesada, amb la mateixa estructura (u, d,  $\mu$ ,  $\nu_\mu$ ), (t, b,  $\tau$ ,  $\nu_\tau$ ) i que tenen interaccions entre elles i amb la matèria més lleugera. Tenim arguments per pensar que només hi ha tres generacions de matèria (a LEP, al CERN, s'ha mesurat el número de tipus de neutrinos), encara que no sabem per què n'hi ha tres generacions, ni l'origen de l'escala de masses (un factor de més de deu mil entre els quarks top i u). La

recerca a més alta energia ens podria donar la resposta. Un altre misteri molt important és l'origen de la massa dels bosons Z i W (els gluons i el fotó tenen, en canvi, massa zero), que de moment té una solució purament matemàtica, que encara s'ha de testar experimentalment, potser a l'LHC».

– *Per què continua treballant a l'Estat francès? No ha pensat en tornar a Catalunya?*

– «Han estat les circumstàncies professionals que m'han fet quedar a França. M'han tractat molt bé i França és un país esplèndid, d'una cultura apassionant, pròxima a la nostra. D'altra banda, he observat que m'agrada la distància relativa que dona el fet d'ésser un estranger, encara que faci tants anys que sóc allà. Alguna vegada he pensat en tornar, però mai he fet els passos necessaris. Cal dir que a Catalunya hi ha equips excel·lents, tant a la Central com a Bellaterra, que treballen en el meu camp».

– *Vostè és un afeccionat al cinema i la pintura. Podria trobar una relació entre els seus gustos estètics i el seu treball científic?*

– «El cinema ha estat per a mi extraordinàriament important, hi he anat bulímicament, sobretot a veure els clàssics, i encara hi vaig. Veure a la cinemateca una pel·lícula antiga, per exemple un incunable del cinema mut, és una activitat a la vegada lúdica i cultural que

necessito de tant en tant. La pintura és una altra cosa, menys passiva. Sempre m'ha interessat anar als museus, per exemple descobrir un quadre bo a una petita pinacoteca de províncies a Itàlia és un gran plaer. El caràcter massiu de les exposicions actuals em molesta, trobo que l'art s'està sacralitzant. El meu pare pinta, i jo també m'hi he posat des de fa uns anys. Em sembla que el que m'agrada és la idea de compondre (Cézanne deia que pintar és compondre), és a dir posar ordre dins el meu cap, però més instintivament que amb l'estudi. Tant el cinema com la pintura fan referència a la pulsio escòpica, en mirar. Cal dir que a la meua feina és molt corrent que la gent s'interessés més aviat per la música, que és un art molt abstracte, emparentat amb les matemàtiques. Jo no sóc gaire típic en aquest sentit.

Joan Miró és professor de Química a la Universitat de Girona.

Eva Vázquez és periodista.

1.- El nom de «quark», que defineix les partícules més petites de la matèria, va ser elegit el 1964 pel físic nord-americà Murray Gell-Mann basant-se en un fragment de la novel·la «Finnegan's Wake», de James Joyce, en el qual un dels personatges diu: «Three quarks for muster mark». En aquella època es necessitaven tres tipus de quarks per classificar les partícules conegudes; actualment, se'n coneixen sis.