

**FÍSICA NUCLEAR:
EL BALANÇ D'UN SEGLE**

© del text: l'autora, 1999

© de l'edició: Universitat de les Illes Balears, 1999

Coberta: Jaume Falconer

Edició: Universitat de les Illes Balears. Servei de Publicacions i Intercanvi Científic.
Cas Jai. Campus universitari. Cra. de Valldemossa, km 7.5. 07071 Palma (Balears)

Impressió: JORVICH, SL. Carrer de Francesc de Borja Moll, 22. 07003 Palma

DL: PM 1771-1999

FÍSICA NUCLEAR: EL BALANÇ D'UN SEGLE

Quan vaig rebre l'encàrrec de preparar la lliçó inaugural del curs, vaig pensar que el final del mil·lenni era un bon moment per fer balanç. En aquest sentit pocs poden negar que una de les característiques que criden més l'atenció del segle XX són els importants descobriments científics que s'hi han fet i que han afectat i seguiran afectant de manera profunda i de vegades de manera dramàtica les nostres vides. Entre aquests descobriments, els relacionats amb la mecànica quàntica i la física del nucli ocupen un lloc destacat, pel fet que van obrir una finestra de la qual es pogueren contemplar panoràmiques de la natura fins aquell moment insospitades.

Així es va comprovar que els elements químics no eren immutables i que podien, obeint algunes regles, transmutar-se entre si. Per això Ernest Rutherford, fent una elecció afortunada i eloqüent, va poder titular un dels seus llibres *La nova alquímia*.

Foren molts els que van contribuir al naixement de la nova ciència i alguns d'ells van gaudir de gran reconeixement públic. La grandesa, però, no sols resideix en els descobriments i les respostes que trobaren, sinó en els temes i en les preguntes que gràcies als esforços de persones concretes quedaren plantejats i que marcaren el camí de les generacions futures.

El balanç del segle és molt llarg i per això només podré fer unes breus pinzellades, que espero que siguin suficients per deixar clar que la Universitat ha estat la base de la creació del coneixement científic, el seu objectiu fonamental, i en la seva divulgació per a la formació de nous professionals, els ha de mostrar quins són els camins per adquirir el coneixement i sobretot els ha d'ensenyar a plantejar-se preguntes. La nostra institució és un lloc on els que hi treballem tenim l'obligació de fer-nos preguntes i cercar respostes, cercar-les. Trobar a cada problema la resposta adequada i definitiva ja és una altra cosa, probablement reservada a una minoria.

Així, el descobriment del nou fenomen natural de la radioactivitat, potser un dels més espectaculars des del descobriment dels raigs X, va quedar reservat a Henri Becquerel, tercer d'una generació de físics, que com el pare i l'avi fou catedràtic del Museu d'Història Natural de París, professor de l'Escola Politècnica i membre de l'Acadèmia de Ciències. Com a tal, Becquerel va ser present a la sessió de l'Acadèmia del 20 de gener de 1896 en la qual Henri Poincaré va assenyalar l'estreta connexió entre els raigs X i la fluorescència. Becquerel estava familiaritzat amb una substància fluorescent, el fosfat d'urani, perquè el seu pare era un expert en sals d'urani. Aquest element havia estat descobert a finals del segle XVIII a les pedres de pechblenda a Saxònia i Bohèmia i es va presentar a la Reial Acadèmia de Ciències de Berlín amb el nom d'urani, agafat del recentment descobert en aquells moments planeta Urà. Fins al descobriment de

Becquerel, la seva principal utilització havia estat la derivada dels colors dels seus òxids, així la cristalleria, la ceràmica i les porcellanes de Bohèmia adquiriren fama universal per les tonalitats noves que es devien a la incorporació de l'urani.

El 24 de febrer de 1896, poc més d'un mes després de la reunió, Becquerel presenta la seva primera comunicació a l'Acadèmia de Ciències, on posa en evidència que si agafa una mostra de la substància suposadament fluorescent i la posa sobre una placa fotogràfica embolicada amb un paper negre i l'exposa al sol durant unes quantes hores, quan es revela es descobreix la silueta de la substància fluorescent.

Becquerel havia demostrat que la radiació emesa pel sulfat d'urani era capaç d'impressionar una placa fotogràfica. Semblava, efectivament, que la fluorescència anava acompanyada de radiació X. Però uns quants dies més tard, el 2 de març, l'Acadèmia de Ciències rebia una altra comunicació de contingut molt més sorprenent. El dia 26 de febrer Becquerel s'havia vist obligat a interrompre els seus experiments perquè a París no hi feia sol, i com que ja ho tenia tot preparat, ho va guardar en un calaix. Com sempre, a París el sol tardava a tornar a aparèixer, i el dia 1 de març va decidir de revelar la placa esperant trobar-hi imatges febles, però les trobà molt fortes. És a dir, sense la presència de la llum del sol, per tant sense cap estímul exterior capaç de provocar l'emissió de radiació, per tant sense cap fluorescència visible, el compost d'urani havia estat capaç d'impressionar la placa.

El 9 de març del mateix any, Becquerel informava l'Acadèmia que la nova radiació, a més a més d'enfosquir les plaques fotogràfiques, ionitzava els gasos fent-los conductors, un fet que s'aprofita encara actualment per mesurar l'activitat de les mostres. Becquerel va continuar estudiant les propietats de la nova radiació i va publicar diverses notes en els *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*. d'alguna manera el

descobriments quedà complet a l'article del 18 de maig, on Becquerel associà a l'urani una fosforescència invisible que més tard s'anomenà radioactivitat.

Sense treure importància al descobriment, que a Becquerel li valgué el premi Nobel de l'any 1903, compartit amb Pierre i Marie Curie, m'agradaria remarcar que probablement fou molt important que Becquerel tingués l'oportunitat de conèixer la idea de Poincaré i la sabés escoltar. Saber escoltar els altres per aprendre dels seus encerts i errades és quelcom molt important per avançar. Però el que és més important del descobriment en si són les preguntes que va deixar plantejades. Quin tipus de radiacions emet l'urani? Hi han altres elements que també n'emeten? D'on surt, l'energia de les radiacions que s'emeten?

Aquests resultats cridaren l'atenció de Maria Sklodowska, una polonesa que havia aconseguit una llicenciatura en Física i una en Matemàtiques a la Sorbona de París els anys 1893 i 1894, quan dels 1.825 alumnes de la Facultat de Ciències només vint-i-tres eren dones, de les quals només dues es van graduar. En aquells moments Marie ja era casada amb Pierre Curie, un físic que ja l'any 1895 rebia el premi Gaston Planté pels seus treballs sobre l'electròmetre de quars piezoelèctric. La piezoelectricitat és el fenomen que permet la conversió recíproca d'energia elèctrica i mecànica, produint vibracions estables. De fet, en l'actualitat vivim rodejats d'instruments en què s'aprofita aquest fenomen, com els rellotges de quars.

El primer fruit de l'interès de Marie Curie fou un article presentat a l'Acadèmia de Ciències el 12 d'abril de 1898 amb el títol de «Les radiacions emeses pels compostos d'urani i tori». Maria Sklodowska per als seus experiments havia utilitzat les instal·lacions d'un antic magatzem de l'Escola Municipal de Física i Química Industrials del carrer Lhomond. Mirant a

vegades la nostra universitat, també podríem afirmar que la manca de laboratoris adequats és quelcom que ni el pas d'un segle ha pogut arreglar. Per veure si altres substàncies a més a més de l'urani emetien radiacions, es comprovava si l'aire es convertia en conductor de l'electricitat: així, es posava el material que es volia estudiar sobre una placa metàl·lica, davant n'hi havia una altra que feia de condensador, i amb un electròmetre de quars piezoelèctric es comprovava si hi passava corrent elèctric.

Marie va demanar ajuda a Pierre, que coneixia bé els electròmetres de quars, i entre tots dos el 18 de juliol de 1898 aïllaren el poloni (una substància 400 vegades més activa que l'urani): és en la comunicació d'aquest descobriment que s'introdueix per primera vegada la paraula radioactivitat. El 26 de desembre de 1898 comunicaven que havien aconseguit aïllar el radi. Així s'arriba al començament del segle XX amb una taula periòdica de vuitanta-nou elements.

Amb la concessió del premi Nobel l'any 1903 va arribar la fama, i el 31 de gener de 1904 visitava el laboratori magatzem el president de la República Francesa, que prometia nous locals, i el rector de l'Acadèmia, Louis Liard, demanava al Parlament la creació d'una càtedra a la Sorbona per a Pierre Curie, que l'ocupà l'1 d'octubre del mateix any i es denominà «de Física General i Radioactivitat». Marie Curie va continuar com a cap de treballs pràctics i el magatzem laboratori fou transferit a un annex de la Facultat de Ciències, al carrer Cuvier. Marie continuaria treballant en aquell laboratori fins a l'any 1916; Pierre moriria el 19 d'abril de 1906 atropellat per un cotxe de cavalls. Marie, a partir de l'any 1910, ocuparia la càtedra del seu marit i obtindria el premi Nobel de química de l'any 1911.

La radioactivitat estigué des del seu naixement molt lligada a la medicina. El paper de Marie i de la seva filla Irène

durant la Primera Guerra Mundial fou sens dubte excepcional, tant als hospitals de campanya com als diferents centres de França. De fet, els efectes de la radioactivitat sobre la pell foren coneguts poc després d'haver-la descobert, i el mateix Pierre Curie va fer experiments sobre el seu braç per comprovar els resultats de l'alemany Giesel. Desgraciadament alguns dels que participaren en les primeres experiències moriren d'anèmia o de leucèmia per haver treballat amb grans quantitats de material radioactiu sense prendre, en aquells moments per desconeixement, les precaucions adequades. La vinculació de la Física Nuclear a la medicina ha continuat fins a l'actualitat i constitueix la part fonamental de la física mèdica del nostre país. Avui tots els hospitals públics tenen serveis de radioteràpia, de medicina nuclear, i la major part compten amb acceleradors lineals d'electrons (a la Comunitat Autònoma de les Illes Balears n'hi ha dos). Per sort, avui l'avanç és ràpid i les tècniques de tomografia per emissió de positrons permeten detectar les disfuncions de molts òrgans en els primers estadis, cosa que augmenta espectacularment les possibilitats de curació de moltes malalties. Només dues clíniques del nostre país tenen aquesta tècnica, però no n'hi ha cap que tingui al seu abast tècniques de teràpia amb protons. L'alt cost de moltes d'aquestes instal·lacions i el fet de no tenir experiència amb instal·lacions similars dedicades a la investigació ens tornen a deixar moltes vegades a remolc dels països més avançats.

De la pregunta «quin tipus de radiacions emet l'urani?» se'n va ocupar el neozelandès Ernest Rutherford, que s'havia graduat al Canterbury College de Nova Zelanda, en un centre que comptava amb cent cinquanta alumnes i set professors, i que havia aconseguit una beca per anar a treballar amb Joseph John Thomson al Laboratori Cavendish. M'agradaria remarcar que aquestes beques havien estat creades pel marit de la reina Victòria a fi que tots els joves de l'imperi

britànic amb mèrits suficients poguessin tenir accés a l'educació del Regne Unit. No cal dir que l'establiment d'una política de beques adequada, avui encara pendent a la nostra comunitat, ha reportat a tots els països més beneficis que despeses.

Quan Rutherford va arribar a Cambridge va començar a estudiar la ionització dels gasos per la radiació X i es va dedicar també a la radiació de l'urani, pel que fa a la qual demostrà que era de caràcter complex. D'entrada va identificar dos tipus de radiació que va anomenar alfa i beta i que avui sabem que corresponen a nuclis d'heli i a electrons (o positrons), respectivament. La radiació electromagnètica (gamma) va ser identificada per Paul Villard a l'Escola Normal de París. L'any 1898 Rutherford va deixar Cambridge per anar a la Universitat McGill de Montreal. Quan va arribar al Canadà es va trobar uns bons laboratoris de física i química subvencionats pel milionari Sir William McDonald. Aquesta és una de les grans diferències que sempre hi ha hagut entre els països nòrdics i els llatins: gairebé mai no trobem en el nostre país grans fortunes que hagin fet subvencions a la Universitat; potser el que passa és que per gestionar un gran patrimoni al nostre país no fa falta haver de passar per la Universitat.

A Montreal, Rutherford va establir amb l'ajuda de Soddy la llei que regeix el decreixement de l'activitat d'una substància radioactiva. També va descobrir que l'urani a través de la desintegració donava origen a un altre element, i que mentre l'activitat de l'element pare decreixia la del fill creixia. Així, quan li fou concedit el títol de Lord (Lord Rutherford de Nelson), les corbes de creixement i decreixement de la radioactivitat foren incorporades al seu escut d'armes.

Amb el temps Rutherford havia esdevingut un conferenciant de molt de prestigi i la Universitat de Yale li oferí una càtedra, però la va refusar perquè no va veure garanties de seguir la seva recerca. L'any 1907 li oferiren la càtedra de

Manchester i va retornar al Regne Unit; l'any 1908 obtingué el premi Nobel i el seu discurs de recepció versà sobre la naturalesa de les partícules alfa emeses pels cossos radioactius.

Durant la seva estada a Manchester, juntament amb Geiger va establir la manera de determinar el nombre d'Avogadro a partir del comptatge de partícules alfa amb un detector de sulfur de zinc. Ernest Marsden, un estudiant de Nova Zelanda que havia anat a treballar amb el seu compatriota, descobreix que quan bombardeja partícules alfa sobre la matèria, només unes quantes partícules reboten. Rutherford a partir d'aquest experiment construeix el seu primer model atòmic, pel qual afirma que la major part de la matèria està concentrada en una regió molt petita (el nucli atòmic) i la resta és pràcticament buida: cal remarcar que les magnituds que dóna per a la mida del nucli són totalment correctes.

Al final de la guerra Thomson, director del Cavendish, es va jubilar, i Rutherford és cridat per dirigir-lo. Els seus predecessors havien estat Maxwell, Rayleigh i Thomson. Allà es rodejà d'un grup d'excel·lents joves físics com Chadwick, Blackett, Ellis, Cockcroft, Walton i Oliphant, i a l'antic laboratori de Thomson hi havia Aston, Wilson i Kapitza. Lord Rutherford va morir l'any 1937 i està enterrat a l'abadia de Westminster, al costat de Newton. Mark Oliphant, un dels seus darrers col·laboradors, explica que utilitzant un dels primers acceleradors havien trobat partícules que no coneixien amb col·lisions deuteri-deuteri. Després d'una llarga jornada de treball, se'n va anar a dormir, però a mitja nit Rutherford li va telefonar i li digué: «Ja sé què són les partícules: ${}^3\text{He}$.» Oliphant va demanar: «Per quina raó?» A la qual cosa Rutherford respongué: «Per quina raó, per quina raó...; me n'he adonat mentre era al bany.» Efectivament, les partícules eren ${}^3\text{He}$.

Aquests foren sobretot descobriments experimentals, però cal afegir-hi les idees teòriques, que foren tan fonamentals com el descobriment dels raigs X i la radioactivitat. De fet, és aquest joc subtil i oscil·lant entre la teoria i l'experiència el que fa avançar la física, i és l'associació entre totes dues coses que, fent servir el llenguatge de les matemàtiques, dóna resultats a vegades sorprenents que permeten descriure la natura i preveure els fenòmens.

Per contestar la pregunta d'on surt l'energia de les desintegracions radioactives i per a tot el desenvolupament futur, resultà fonamental la idea de la quantificació de l'energia proposada per Max Planck, el premi Nobel de 1920, un home conservador d'idees tal com corresponia al seus orígens, un home que va encarnar les millors virtuts alemanyes: l'honestat i el sentit profund del deure, però que va posar sobre la taula una de les idees més fonamentals i revolucionàries del segle —de fet fou un revolucionari malgrat ell mateix. Per entendre el balanç energètic de les desintegracions seria fonamental, però, tenir en compte la relació entre massa i energia $E = mc^2$ establerta per Albert Einstein.

D'altra banda, el danès Niels Bohr, que havia participat activament en la vida del laboratori de Rutherford com a professor visitant, començà una nova revolució teòrica proposant un model per a l'àtom en el qual la constant de Planck tenia un paper fonamental per descriure els estats estacionaris. Bohr va tenir una gran reputació: després de la Primera Guerra Mundial, era catedràtic de física teòrica a Copenhaguen i va aconseguir que es construís un nou institut, és l'actual Institut Niels Bohr. Els seus hàbits de treball consistien a pensar-ho gairebé tot en veu alta, i això duia a discussions inacabables, era una espècie de mètode socràtic, per al qual sempre necessitava un interlocutor. Entre els físics que feren llargues estades a l'institut destaquen Dirac, Mott,

Heisenberg, Pauli, Gamow i Landau, Slater i Nishina, entre altres. Bohr també va organitzar a Copenhaguen entre 1920 i la Segona Guerra Mundial una sèrie de conferències en les quals es van presentar moltes de les noves idees que acabaren de perfilar el món microscòpic de l'àtom i el nucli.

Després del descobriment de Moseley (alumne de Bohr) del comportament de la radiació X característica emesa pels àtoms en funció del nombre atòmic del nucli, es va trobar un mètode per establir amb certesa quins elements faltaven a la taula periòdica. L'estudi de les capes profundes dels àtoms va obrir la via d'exploració de les xarxes cristal·lines, l'arquitectura de sòlids i de molècules. Aquestes tècniques conduïren a l'anàlisi d'estructures, cosa que fou fonamental per a moltes altres disciplines, des de la mineralogia fins a la biologia molecular. De fet, la biologia molecular ha portat a la biologia una revolució comparable a la de la mecànica quàntica a la física, perquè ha obert horitzons totalment nous. D'altra banda, l'estudi dels isòtops ha tingut innumbrables aplicacions a la geologia, a l'arqueologia, a les ciències de la vida, etc., de manera que deixa un exemple remarcable d'interdependència entre les diverses disciplines.

Però caldrà esperar la física feta a l'Alemanya de Weimar per arribar a una vertadera formulació de la mecànica quàntica. Allà Arnold Sommerfeld, professor a Munic, va generalitzar les regles de quantificació de Bohr. La formulació de Heisenberg, el principi d'exclusió de Pauli i la formulació ondulatoria de Schrödinger quedaren completats amb la dualitat ona-corpúscle de De Broglie i la formulació relativista de Dirac.

A més a més de les idees teòriques, s'anaven perfilant els nous descobriments experimentals, algun dels quals, com el descobriment del neutró, va durar deu anys. El primer a observar neutrons sense saber-ho va ser Bothe bombardejant

beril·li amb partícules alfa emeses pel poloni. El 18 de gener de 1932 Frédéric Joliot i la seva dona Irène Curie (filla de Marie Curie) es van adonar que la radiació que provenia de la reacció alfa-poloni era capaç d'arrancar protons de la parafina. Inicialment es van pensar que era radiació gamma i que l'emissió del protó era produïda per una espècie d'efecte Compton, i així ho publicaren; però la secció eficaç de col·lisió hauria d'haver estat molt més gran. Chadwick va repetir l'experiència al Laboratori Cavendish, i fent interaccionar la partícula emergent amb l'hidrogen, l'heli i l'oxigen va poder demostrar que la radiació tenia una component neutre de massa semblant al protó. El resultat el va publicar a *Nature* i va anomenar la nova partícula neutró, cosa que li va valer el premi Nobel. El descobriment del neutró fou capital a la Física Nuclear: el model basat en el fet que el nucli és format per protons i neutrons com a partícules estables encara és vigent. Però per arribar a una comprensió total de l'estructura nuclear, és imprescindible conèixer els detalls de la interacció protó-protó, protó-neutró i neutró-neutró. En aquest camp s'ha avançat molt, tot i que encara queda pendent l'obtenció de la interacció a partir de primers principis.

Aquells dies els descobriments de noves partícules anaven l'un darrere l'altre. Així es descobreix el deuteri, i Anderson descobreix l'electró de càrrega positiva (positró), tot ignorant la predicció que n'havia fet Dirac, que per cert també havia estat prèviament detectat per Irène Curie i Frédéric Joliot però no n'havien donat la interpretació correcta.

El setè Congrés de Solvay, del 22 al 28 d'octubre de 1933, fou dedicat al nucli: allà es trobaren la nova i la vella generació de físics nuclears. Un dels problemes que encara van quedar sobre la taula era el balanç energètic de la desintegració beta, és a dir, el fet que electrons i positrons tinguessin una distribució contínua d'energia, que havia estat detectat per Jean

Perrin. Pauli féu la primera proposició dient que els electrons anaven acompanyats d'una partícula neutra que anomenà neutrí (petit neutre). Amb aquesta idea Fermi va elaborar la primera teoria de la desintegració beta i va enviar l'article a *Nature*, l'editor el refusà ràpidament, i cal dir que, si bé no podia explicar la violació de la simetria de paritat, la teoria explicava totes les altres evidències experimentals que en aquell moment existien de la desintegració beta.

El 10 de febrer de 1934 Irène i Joliot Curie publicaren a *Nature* el descobriment de la radioactivitat artificial, és a dir, fent incidir partícules alfa sobre un blanc d'alumini aconseguiren un isòtop artificial de fòsfor i el van identificar. Les conseqüències del descobriment de la radioactivitat artificial foren immenses, i per això Marie Curie, llavors ja mortalment malalta, va escriure: «Han tornat els bons temps del vell laboratori.»

Mentrestant Enrico Fermi aconseguí finalment la càtedra de Roma i juntament amb Franco Rasetti començà a reunir al seu voltant una sèrie d'estudiants com Edoardo Amaldi, Ettore Majorana i Emilio Segrè. En el grup de Roma descobriren una sèrie d'elements artificials i s'adonaren que els neutrons lents eren molt més eficients que els ràpids. L'any 1938 Fermi obtingué el premi Nobel, però els esdeveniments polítics a Europa feren que la major part dels grups es desmuntessin: així Lise Meitner, que treballava amb Hahn i Strassmann a Alemanya, havia fugit de la fúria de Hitler als Estats Units. Einstein també, el seguiren Bohr i el seu fill Aage, també Fermi juntament amb gran part del grup de Roma. Allà, sota la direcció d'Oppenheimer, s'engegà el projecte Manhattan, un cop ja conegut que Hahn i Strassmann havien descobert la fissió de l'urani. Aquest experiment, que va aconseguir trencar a trossos un nucli pesant, va obrir les portes a les aplicacions de la tecnologia nuclear com a font d'energia

controlada i també desgraciadament incontrolada, i deixà endemés sense resolució satisfactòria el problema dels residus. Avui les possibles aplicacions tecnològiques en aquest camp apunten cap al procés invers, aquell que permet fusionar nuclis lleugers per fer-ne de pesants.

Cal també remarcar que amb la construcció dels primers acceleradors per part de Cockcroft i Walton s'aconseguien les primeres desintegracions de partícules accelerades artificialment, i Lawrence, que més que un gran físic fou un excel·lent director, propicià la construcció del primer ciclotró, que tenia un diàmetre de 30 cm. L'any 1936, al Laboratori de Berkeley, amb un ciclotró de 94 cm de diàmetre es mesurà el moment magnètic del neutró i es va produir el tecneci, element artificial avui tan utilitzat en medicina.

Quedava en evidència que si en reduir l'escala de longituds en un milió apareixen resultats impressionants, una modificació d'un milió en la potència dels mitjans experimentals també dóna necessàriament enormes canvis. Així, als petits acceleradors els seguiren el sincrociclotró de 4,7 m de diàmetre, que va produir els primers mesons artificials, el betatró, que va produir les parelles protó-protó, els acceleradors d'electrons i els grans col·lisionadors, que han permès entrar de ple en la física de partícules.

Això propicià el descobriment de moltes noves partícules, i físics teòrics com Murray Gell-Man aportaren idees fonamentals per classificar-les, com el model de quarks. Wu, Yang i Lee posaren en evidència la violació de la simetria de paritat, i Stefan Weinberg i Abdus Salam establiren, per explicar-la, la teoria d'unificació electrofeble, teoria per la qual van obtenir el premi Nobel de 1979 i que dóna l'explicació fins avui definitiva de la complexitat de la desintegració beta.

Avui queden encara moltes coses per entendre i preguntes per contestar, però malgrat que moltes coses puguin

semblar llunyanes del món macroscòpic, les manifestacions macroscòpiques de la mecànica quàntica són moltes: en són petits exemples l'efecte Mössbauer, la superconductivitat, la superfluïdesa, l'efecte túnel i de fet tota la física dels semiconductors. A les fronteres de la Física Nuclear se situen sobretot l'astrofísica i la biologia. Avui la carta de nuclis encara continua creixent; apareixen els anomenats nuclis exòtics, que poden donar llum a alguns dels processos de nucleosíntesi als estels i també a noves possibilitats en el procés de fusió. També, la recerca dels elements superpesants, com el recent descobriment dels isòtops de càrrega $Z = 114$ a Dubna i Berkeley, amb vides mitjanes que poden arribar a trenta segons. I en un pla molt més proper a les partícules elementals, queden preguntes com el perquè de la quantificació de la càrrega de l'electró, la validesa del model estàndard i les seves limitacions. Voldria remarcar que el Comitè Europeu per la Física Nuclear dóna com a temes més actuals de recerca: l'estructura nuclear en condicions extremes, les col·lisions nucli-nucli i les transicions de fase, la dinàmica dels quarks i els hadrons, l'astrofísica nuclear, la física del neutrí i les interaccions fonamentals.

De fet la ciència s'assembla a un organisme viu; la complexitat del sistema científic és la base d'aquesta analogia. L'experiència i la teoria en són els constituents fonamentals i hi ha d'haver entre si un intercanvi permanent. L'experiència necessita instruments i tècniques en el pla material, i en el pla intel·lectual necessita objectius i idees. Les necessitats tècniques creen lligams amb la tecnologia, que, de retruc, és o hauria de ser constantment enriquida per la ciència. La necessitat d'objectius crea els lligams amb la teoria, que tampoc no podria sobreviure sense la verificació permanent donada per l'experiència.

En tot aquest segle i també en els anteriors la Universitat ha estat el medi on aquest organisme viu ha viscut

i aquí és on s'ha creat el nou coneixement tant científic com humanístic, la transmissió del qual ha permès realitzar amb èxit la tasca de formació de nous professionals.

A primera vista hom podria estar temptat de pensar que són els descobriments experimentals els que més han contribuït a augmentar la qualitat de vida, com les diverses aplicacions en medicina dels isòtops radioactius, les possibilitats energètiques de la fissió i de la fusió, entre altres, però cap d'aquestes aplicacions i possibilitats no hauria pogut existir sense les idees teòriques que els donaren suport i que en alguns casos donaren lloc als esmentats descobriments. Seria absurd plantejar-se si fou més important l'aportació feta, entre moltes, per Rutherford del concepte del nucli atòmic o la invenció del primer ciclotró per Lawrence, però cal que quedi clar que l'un no hauria pogut existir sense l'altre i que totes dues idees necessiten suport.

Tots hauríem de tenir molt present que la creació de nou coneixement és missió fonamental de la Universitat i que la ciència és sobretot universal, que cada vegada les diferents disciplines estan més relacionades i que té molt poca importància si és la física la que fa avançar la biologia o al revés; de la mateixa manera, en el marc d'aquesta universalitat, els descobriments del Laboratori Cavendish no foren mai programats ni pensats per aplicar-los a la seves rodalies, però han reportat a la humanitat i al Regne Unit grans beneficis i perspectives de futur.

Els que ens dediquem a intentar contestar alguna petita part d'algunes de les possibles preguntes plantejades, sabem que no podem esperar respostes immediates, però mantenim sempre malgrat els anys la il·lusió renovada quan trobem un nou resultat, encara que moltes vegades sabem que no serà definitiu.

Avui, de manera semblant, els homes i dones d'aquesta terra miren amb il·lusió i esperança la nova onada de dirigents fruit del vent del canvi que ha arribat a totes i cadascuna de les illes. Els universitaris no som aliens a aquesta il·lusió. Tot i que no esperem resultats immediats, estem convençuts que els nous gestors tindran ben clar que el coneixement és la clau que obre les portes del futur.

Montserrat Casas Ametller

Catedràtica d'universitat de Física
Atòmica, Molecular i Nuclear

Bibliografía

- Les physiciens modernes et leurs découvertes.* E. Segrè, Ed. Fayard, Paris (1984).
- Lo que queda por descubrir.* J. Maddox, Ed. Debate, Barcelona (1999).
- Marie Curie and the Radioactivity.* J. M. Sánchez Ron, CSN, Madrid (1999).
- Nuclear Physics in Europe: Highlights and Opportunities.* NUPPEC Report, Paris (1997).
- Historia Nuclear de España.* R. Caro *et al.*, CSN, Madrid (1995).
- Más allá de la Física.* W. Heisenberg, Ed. Católica, Madrid (1974).