

FEYNMAN, UN FÍSIC ORIGINAL

Jesús Navarro

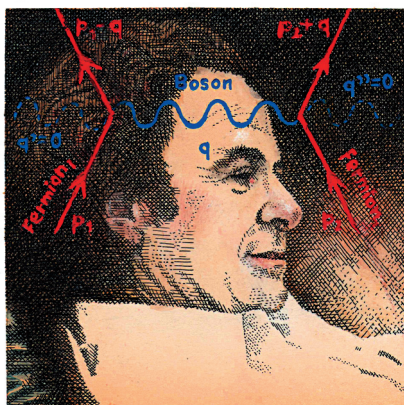
Richard Phillips Feynman (1918-1988) va ser un dels físics més brillants i originals del segle XX. Amb una curiositat il·limitada davant els fenòmens de la naturalesa, va fer contribucions rellevants en diversos camps de la física i també va ser un excel·lent divulgador, capaç de transmetre la seua passió per la ciència. D'una intuïció extraordinària, buscava sempre abordar els problemes de la física de manera diferent a la dels altres, volia presentar d'una altra manera les qüestions conegudes, fora dels camins fressats.

Repassar les contribucions de Feynman a la física és recórrer la major part de la física del segle XX. Va obrir noves vies en camps com la mecànica quàntica, l'electrodinàmica quàntica, la matèria condensada, les interaccions i partícules elementals, la física no lineal o la informació i la computació quàntiques. A aquesta llarga llista s'hi pot afegir també el seu paper pioner en la gravetat quàntica i en el que ara es diuen nanotecnologies. El 1965 va rebre el premi Nobel de Física, compartit amb J. Schwinger i S. Tomonaga, pels seus treballs en electrodinàmica quàntica. De manera independent, els tres científics van arribar a mostrar com abordar l'estudi quàntic i relativista de sistemes amb càrregues elèctriques, com ara electrons i positrons, en interacció amb camps electromagnètics. Van donar prescripcions precises per tal d'evitar les divergències inevitablement presents en la teoria (d'això se'n diu «renormalitzar» en l'argot tècnic) i poder així fer prediccions contrastables amb els experiments. Però el mètode de Feynman il·lustra prou bé el seu tarannà. Allà on els seus col·legues escrivien llargues fórmules matemàtiques, Feynman dibuixava, literalment, els processos físics que volia estudiar, a partir dels quals podia fer els càlculs fàcilment

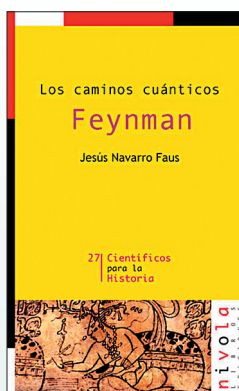
amb unes regles precises. Actualment, l'ús de diagrames de Feynman, o variants d'aquests diagrames, és el procediment estàndard per efectuar càlculs en molts i diferents camps de la física.

És un tòpic referir-se a l'excel·lència de Feynman com a comunicador. Molts dels assistents a les seues classes i xarrades recorden la fascinació que Feynman exercia sobre l'audiència, cosa a la qual no era aliè el seu caràcter histriònic. Per a Feynman, l'aula era un teatre i ell un actor que havia de mantenir una intriga mentre parlava de física i escrivia nombres i fórmules a la pissarra. Amb aquesta intenció preparava molt acuradament classes o xarrades com si foren peces de teatre clàssic, amb presentació, nus i desenllaç. La seua manera apassionada de parlar de física el va convertir en un conferenciant popular; moltes de les seues conferències han estat transcrits i publicades en forma de llibre, i fins i tot n'hi hagué algunes de gravades per a la televisió. Això va passar per exemple amb les «Messenger Lectures», que va impartir l'any 1964 a la Universitat de Cornell. Les conferències van ser recollides al llibre *The Character of Physical Law*, que va tenir des del primer moment una acollida molt favorable, sobretot entre els professors d'ensenyament secundari, dins i fora dels Estats Units. Malgrat els anys que han passat des que es va editar, el llibre manté tot l'interès i frescor, i cada relectura és una nova lectura, com correspon a un clàssic. Per explicar què és la física, Feynman reflexiona sobre qüestions generals, com les lleis de la física, els principis de conservació, el significat de les simetries de les lleis físiques o l'evolució temporal i la distinció entre passat i futur. Són qüestions conceptuals que no solen ser discutides en textos bàsics, possiblement perquè es consideren massa

«ALLÀ ON ELS SEUS COL·LEGUES ESCRIVEN LLARGUES FÓRMULES MATEMÀTIQUES, FEYNMAN DIBUIXAVA, LITERALMENT, ELS PROCESSOS FÍSICS QUE VOLIA ESTUDIAR»



Manuel Boix. *Feynman*, 2007. Aquarel·la i tinta xinesa, 8 x 8 cm.



Los caminos cuánticos Feynman

Jesús Navarro Faus
Nivola Libros i Ediciones.
Tres Cantos, 2007.
222 pàgines.

dinàmica quàntica. És un text atractiu per a tota mena de lector, molt clar i ben il·lustrat, amb nombrosos requadres que expliquen la vida dels principals científics implicats (Oppenheimer, Schwinger, Tomonaga, Dyson...). Parlar de Feynman és, com adverteix l'autor, parlar de tota la física del segle xx. Però encara així, preval el caràcter extravertit d'aquest científic, la seua disposició constant al comentari jocós, a l'anècdota inspirada. Feynman sempre és divertit, fins i tot quan parla seriosament. A vegades els genis poden ser molt antipàtics (com ara Newton), pesadament bromistes (l'insaciable Gamow) o senzillament estúpids (com Watson, amb els seus comentaris racistes i masclistes). La persona Feynman sempre va estar a l'altura del seu geni, i home i obra s'igualen en un mateix i inaudit vèrtex. De vegades, com adverteix Jesús Navarro, algunes celebrades anècdotes són massa boniques per a ser veritat, però en aquest llibre en trobareu moltes que són inqüestionablement certes. Com la seua demostració dels motius pels quals es va produir l'accident del transbordador Challenger, o la seua afició a participar en festes i tocar els bongos, o la furgoneta decorada amb els seus diagrames (els famosos diagrames de possibilitats que un electró i un positró interaccionen intercanviant un fotó), o la seua amistat amb el propietari d'un *topless*, al qual sovint acudia per meditar sobre un problema, sense por que ningú no el destorbara. Per això, les conferències tan brillants que pronunciava, recollides en tres mítics volums vermells, són un tresor per a la major part dels físics. Feynman continua sent el gran professor de professors, l'home a imitar, el científic que tot amant de la física porta en ment, potser per damunt d'Einstein. Quan va morir, els estudiants del Caltech van penjar una gran pancarta a la façana principal de la biblioteca, amb el lema «We Love you, Dick». Perquè qui crea una cosa única i, a més, arriba a l'ànima dels seus admiradors, esdevé un *mite*. I Lavater hi estaria d'acord.

MARTÍ DOMÍNGUEZ

Ressenya publicada al suplement *Cultura/s* de *La Vanguardia*,
el 21 de novembre del 2007

T'ESTIMEM, DICK

El fisonomista Lavater escriu que qui produeix més que la resta, posseeix *vigor*; qui elabora més i millor, *talent*, i qui crea una cosa única, *geni*. Richard Feynman va ser d'aquesta última classe, i des de molt jove, com explica el professor del CSIC Jesús Navarro, va ser conegut com el «cas Feynman». Tenia un do especial, una aptitud única, una disposició particular per a –més que crear– resoldre el que altres no havien aconseguit solucionar. Aquest llibre se centra en l'estudi de les seues contribucions científiques, especialment en l'electro-

filosòfiques. I vet aquí Feynman parlant de física i fent filosofia, ell que mai no amagava el seu desdeny pels filòsofs. Amb el seu estil pragmàtic, Feynman entra sempre directament en el cor de la qüestió, sense fer massa voltes, i l'audiència pot copsar de seguida el problema plantejat. Un bon exemple del que dic és quan parla de la física quàntica. Tot el misteri de la quàntica es pot resumir en la dualitat ona/corpuscle, i l'experiment de la doble escletxa conté els ingredients bàsics per discutir-lo. Feynman ho fa amb una senzillesa i profunditat que al meu parer no han estat mai superades i pràcticament totes les divulgacions existents de la mecànica quàntica estan inspirades en aquesta versió.

Feynman va fer classe només per a estudiants de l'últim any i de doctorat, amb una única i important excepció. Els anys 1961-62 i 1962-63 va fer un curs de física per a estudiants de primer i segon any que s'ha convertit en un dels cursos de física més famosos. Les classes van ser gravades, transcrits i publicades amb el títol *The Feynman Lectures on Physics*, en tres volums que es continuen editant i traduint avui dia. Com a anècdota il·lustrativa de la popularitat d'aquest curs, esmentaré el que li va referir un antropòleg rus amb qui va mantenir correspondència els últims anys de la seua vida. En un dels seus viatges a Tuva, una petita república soviètica fronterera amb Mongòlia i la Xina, l'antropòleg va trobar una jove as-

«ACTUALMENT L'ÚS DE DIAGRAMES
DE FEYNMAN ÉS EL PROCEDIMENT
ESTÀNDARD PER EFECTUAR CÀLCULS
EN MOLTS I DIFERENTS CAMPS
DE LA FÍSICA»

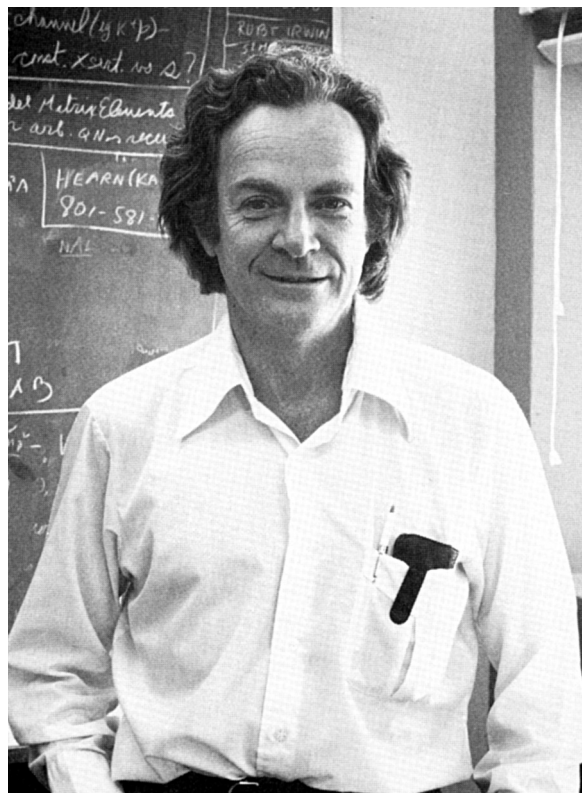
seguda a la porta de la seua *iurta*, amb un llibre a les mans. La xica estava preparant un examen de física i el llibre que estudiava no era altre que el curs de Feynman en una traducció pirata al rus.

S'ha de matisar, però, el valor pedagògic d'aquest curs, que no és, al meu parer, la millor manera d'iniciar-se a la física. Encara que Feynman va fer un gran esforç en trobar explicacions senzilles i clares per als estudiants, els més beneficiats van ser els doctorands, professors i científics que assistien al seu curs, perquè aquest constitueix una manera brillant d'il·lustrar amb l'exemple com cal pensar i raonar en física. El curs no



L'afició de Feynman a tocar els bongos era ben coneguda i una prova més del caràcter extravertit del físic. El seu amic Ralph Leighton va escriure dos llibres amb les anècdotes que Feynman li contava durant les reunions setmanals que organitzaven per tocar aquest instrument.

**«FEYNMAN ES VA CONVERTIR
GAIREBÉ EN UNA ICONA POPULAR
I PROMPTE VAN APARÈIXER
EN LES BOTIGUES SAMARRETES
AMB ELS SEUS DIAGRAMES»**



Feynman als anys 1970. Les seves classes van ser publicades en tres volums, en una obra que va assolir una gran popularitat.

presenta la física a la manera tradicional, sinó la visió de Feynman, però els assistents i els lectors posteriors s'hi van entusiasmar de tal manera que la van assumir com a pròpia. Feynman es va convertir així en un gran professor de professors, tal com s'ha escrit moltes vegades. Continua essent una experiència molt estimulante la lectura d'aquest curs, sobretot quan es tenen bases sòlides en física.

Feynman va ser conegut fora dels àmbits científics gràcies a la publicació de dos llibres editats pel seu amic Ralph Leighton, amb les anècdotes que li contava durant les reunions setmanals per tocar els bongos. Tots dos llibres (els títols originals són *Surely you are joking, Mr. Feynman* i *What do you care what other people think?*) es continuen reeditant amb molt d'èxit. Naturalment, les anècdotes són massa boniques per ser verídiques en tots els detalls, però transmeten fidelment l'estil Feynman i la visió que ell volia donar de si mateix. I és que a Feynman li agradava molt contar històries divertides, en què ell tenia sovint el paper més destacat. Però la vertadera popularitat li va arribar arran la participació en la comissió encarregada d'investigar l'accident del *Challenger*, al gener de 1986. El transbordador espacial va explotar poc després d'enlairar-se, i la re-

LA FÍSICA A ESCENA, UN COP MÉS

Entrevista a Tono Saló, Teatre de la Incertesa

La companyia Teatre de la Incertesa va visitar el passat mes de novembre la Facultat de Física de la Universitat de Barcelona. Ens van mostrar la seva segona posada en escena del món de la física per mitjà de l'obra *QED* de Peter Parnell, on el protagonista és el gran Richard Feynman. El personatge no supera la popularitat de Hawking o Einstein, però cap físic no deixaria de mencionar-lo entre els més destacats del gremi. Sigueu científics o no, la lectura de les seves classes magistrals és extremadament recomanable, molt abans que els llibres dels mateixos Einstein o Hawking. La factura de la peça teatral recorda precisament una d'aquestes classes magistrals, però alhora també ens presenta un Feynman íntim, ja gran, cap allà al 1987, en plena batalla contra el càncer. Han de tornar a operar-lo i del seu despatx estant reflexiona alternant la física i la ciència amb aspectes més personals i quotidians. Apareix evidentment la seva electrodinàmica quàntica –o, si es prefereix, *quantum electrodynamics (QED)*– amb anècdotes incloses. Narra les alegries i els dubtes tant durant com després de la participació en el projecte Manhattan per a la fabricació de la bomba atòmica. Com a membre de la comissió per aclarir les causes de l'explosió del transbordador *Challenger*, s'enfronta per telèfon al president de la comissió per exigir-li menys patriotisme i major rigor científic en l'informe final. La posada en escena és austera: una taula, un telèfon, una pissarra, un projector de diapositives i poca cosa més. Durant una hora, l'actor Pere Ventura interpreta Feynman. Juxtaposa les cavil·lacions del científic amb diàlegs amb una Ingrid Marín que encarna diversos personatges. Després de la representació a la Facultat de Física, vam estar conversant amb Tono Saló, ajudant de direcció de la companyia Teatre de la Incertesa.

La vostra experiència és força inèdita dins el panorama teatral català. No puc deixar de preguntar-li per què us ha interessat la ciència.

I per què no ens hauria d'interessar? La companyia Teatre de la Incertesa va néixer quan l'Ajuntament de Barcelona i el Vladimir de Semir van encarregar-nos una lectura dramatitzada de l'obra *Copenhague* de Michael Frayn per a la Setmana de la Ciència de 2002. Ho va fer

**«SENSE PROPOSAR-NOS-HO
HEM ESDEVINGUT
UNA COMPANYIA
ESPECIALITZADA EN TEATRE
CIENTÍFIC»**

a través de la Gemma López, membre de la companyia i bioquímica, que va cursar el Màster de Comunicació Científica de la Pompeu Fabra i ha treballat de periodista en llocs com ara el programa *Redes*. Fruit de l'experiència, van sortir-nos altres lectures de la mateixa obra des del 2003

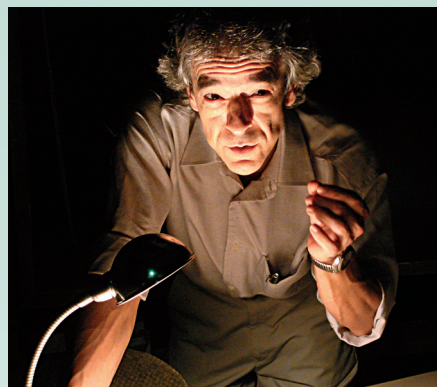
fins el 2005. Precisament, en una lectura al Cosmocaixa, vam conèixer l'Ignasi Labastida, de la Societat Catalana de Física. Ens vam entendre. Gràcies al mecenatge de la Societat, que volia promoure la física d'una manera diferent, vam poder fer un pas endavant. Vam posar a escena *Els físics* de Friedrich Dürrenmatt el 2005, durant l'Any Mundial de la Física. Mentrestant, ens han anat sortint altres lectures dramatitzades. I, enguany, la Societat Catalana de Física ens ha tornat a ajudar en la posada en escena de *QED*. Sense proposar-nos-ho hem esdevingut una companyia especialitzada en teatre científic.

Com ha respost el públic en les dues posades en escena que heu dut a terme?

En el cas d'*Els físics*, l'obra va estar programada durant quatre setmanes amb una mitjana de 60 espectadors diaris, més de 1.200 en total. En una sala alternativa com ara el Tantarantana de Barcelona es pot considerar un èxit. Amb *QED*, al Versus Teatre també de Barcelona, el públic també ha respost satisfactòriament, però només ens han programat dues setmanes i en un horari molt dolent, a mitja tarda. No obstant això, les entrades van exhaurir-se els tres últims dies, just quan començava a funcionar el boca orella... una pena. En ambdós casos van programar-nos el mes de setembre, un mes que cap companyia vol perquè és una època de l'any en què la gent no té costum d'anar al teatre. En resum, tot i les dificultats, estem molt contents.

I, malgrat tot, heu pogut fer rodar *QED*? Teniu actuacions programades?

Estem tenint molts problemes per trobar actuacions. Costa vendre a un programador una obra que tracta d'un físic encara que després funcioni raonablement bé pel que fa a públic. A més cal afegir que a Catalunya és en general difícil fer rodar una obra. Els muntatges acostumen a viure i morir a Barcelona. Tot i així, aca-



A l'esquerra, cartell de l'obra *QED* de Peter Parnell que representa la companyia catalana Teatre de la Incertesa. Durant una hora, l'actor Pere Ventura interpreta Feynman. Juxtaposa les cavil·lacions del científic amb diàlegs amb una Ingrid Marín que encarna diversos personatges.

bem de portar *QED* a Esparreguera i el públic en va quedar molt satisfet. Ara som aquí, a la Facultat de Física, i esperem tancar alguna altra representació en llocs com ara a València, a la Universitat Politècnica de Catalunya... Ho anem intentant.

Abordar textos dramàtics amb contingut científic deu representar una dificultat afegida. Com trebal·leu? Quin ha estat tot el procés de gestació de l'obra?

Els membres de la companyia tenen altres obligacions i el primer gran repte és retrobar-nos. Trobar una certa simultaneïtat en les nostres agendes. La tria de les obres *QED* i *Els físics* va ser induïda per l'Ignasi Labastida. Ens va suggerir que ens les llegíssim. Ens van agradar i en Marc Rosich es va posar a traduir-les al català. Posteriorment les vam adaptar a les nostres possibilitats com a companyia. Per exemple, en el cas d'*Els físics*, el repartiment era massa llarg i es va reduir. En *QED*, el nostre director i dramaturg Matias Marcé va reduir el metratge de l'obra una mitja hora fins a deixar-la en 65 minuts. Després va venir la posada en escena del Matias amb la complicitat dels actors de la companyia. La Societat Catalana de Física ens va solucionar el problema econòmic amb una ajuda de 10.000 euros en ambdós casos i finalment només mancava trobar una sala que ens volgués. També cal afegir la feina de la Gemma López, que va procurar-nos en tot moment una assessoria científica acurada.

Sorpren la desimboltura d'en Pere Ventura traçant els famosos diagrames de Feynman.

Sí. Se'ls ha estudiat a consciència. També ha fet una

anàlisi acurada de la curiosa i extravertida personalitat de Feynman. S'ha mirat fotografies seves, s'ha documentat. I ha visionat les famoses classes magistrals d'en Feynman que hi ha penjades a la xarxa.

I ara què? Teniu algun projecte teatral nou relacionat amb la ciència? Penseu portar a escena alguna altra obra de teatre?

Esperarem a veure què ens suggereix l'Ignasi Labastida [riu]. Voldríem portar a escena *Copenhague*, no només fer-ne una lectura dramatitzada, però una companyia va-

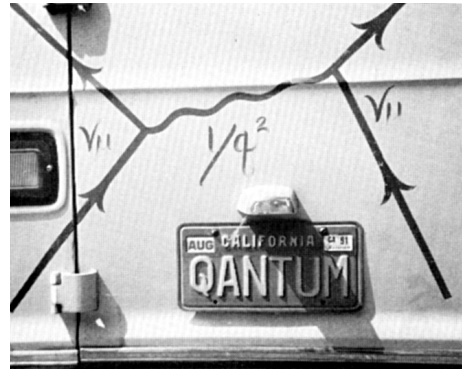
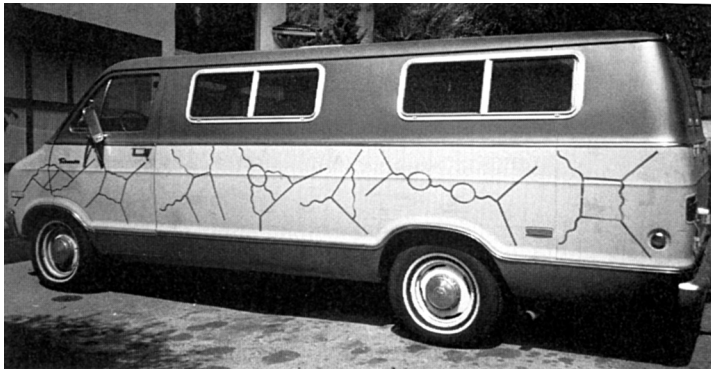
lenciana té els drets i haurem d'esperar fins que estiguin disponibles. També cal admetre que el repertori de teatre científic és força escàs. És cert que tant Dürrenmatt com Parnell, cadascú a la seva manera, són dramaturgs acreditats. Però la llista de dramaturgs que hagin abordat la ciència és

curta. Crec que les obres més interessants són el gairebé mític *Galileo Galilei* de Bertold Brecht o l'*Arcàdia* de Tom Stoppard, recentment programada al Teatre Nacional de Catalunya, però totes dues exigeixen un repartiment ampli. Altres obres que se m'ocorren són ja força menors. Pel que fa a la física el repertori crec que ja se'ns ha acabat. En altres àmbits relacionats amb la biologia o la química queda algun text dramàtic interessant, però tampoc no n'hi ha molts més. Segurament, el millor seria que en Marc Rosich ens escrivís un text a mida. De ganes no ens en falten. Manca només que tots els membres de la companyia estiguem disponibles, i òbviament un finançament per tirar-la endavant.

JOSEP PERELLÓ

Professor lector, Dep. de Física Fonamental, Universitat de Barcelona

**«CAL ADMETRE QUE EL
REPERTORI DE TEATRE
CIENTÍFIC ÉS FORÇA ESCÀS»**



La furgoneta de Feynman, decorada amb alguns dels seus diagrames. La matrícula estava personalitzada, però amb falta d'ortografia perquè sis és el nombre màxim de caràcters permès a Califòrnia.

transmissió en directe per televisió de l'accident va amplificar-ne l'impacte social. Una bona meitat del segon llibre d'anècdotes està dedicada a aquesta participació. Contrariant molt el president de la comissió, que volia controlar tot el procés, Feynman va fer per lliure la seua pròpia investigació, seguint el seu costum. Prompte es va convèncer que el problema estava en les juntes de goma que tancaven el dipòsit de combustible. Va veure que no podien suportar les baixes temperatures existents en el moment del llançament, i va decidir fer-ne una demostració durant una de les sessions públiques de la comissió. Hi va mostrar que un tros de junta, comprimit amb una mordassa i refredat en un got amb gel, tardava

més del compte a recuperar la forma, temps suficient perquè s'escapara el combustible del dipòsit i poguera explotar. Els periodistes presents van difondre per tot arreu la seua intervenció i tothom va copsar la causa principal de l'accident. Feynman es va convertir gairebé en una icona popular i prompte van aparèixer en les botigues samarretes amb els seus diagrames.

He volgut insistir ací en l'originalitat de Feynman, deixant de banda altres aspectes de la seua personalitat. En paraules del seu col·lega Schwinger, Feynman era l'exemple d'aquell qui «gosa seguir el ritme d'un tambor diferent». La metàfora ha fet fortuna (tothom identifica tambor amb bongos), i ha aparegut, amb variants, en títols de llibres i articles sobre el nostre personatge. Si en la joventut aquesta originalitat era sobretot motivada per un afany de competència, en la maduresa hi va trobar un aspecte més interessant i profund. Les lleis de la física poden ser sovint formulades de moltes formes, diferents a primera vista, fins que amb un cert treball matemàtic es demostra que són idèntiques. Feynman deia que aquest és un fet misteriós, que ningú no entén, i hi veia un reflex de la simplicitat de la naturalesa. Per això, si tingués l'oportunitat de recomençar la seua carrera «voldria –deia– oblidar com he resolt un problema. Així, cada vegada que sorgira el problema podria resoldre'l d'una manera distinta, no ho faria pensant com l'havia resolt abans». Pot ser, volia dir, les lleis de la naturalesa són simples si es poden descriure de diverses maneres sense saber a primera vista que són completament equivalents. ☺

«FEYNMAN BUSCAVA SEMPRE ABORDAR ELS PROBLEMES DE LA FÍSICA DE MANERA DIFERENT A LA DELS ALTRES»

NASA Admits Cold Affects Shuttle Seal

Continued From Page A1

rockets at the Marshall Space Flight Center in Huntsville, Ala., acknowledged that low temperatures could slow the rate at which the O rings move to form a tight seal after being hit by hot gases. He said that this, in turn, would increase the erosion of the O rings under the pressure of the gases rushing by.

When asked by Dr. Feynman if there was some temperature below which the O rings should not be used, Mr. Mulloy said that the procurement specifications indicated that they could be safely operated at temperatures down to 30 degrees below zero, Fahrenheit. But he said that tests had indicated that the rings lost resiliency as temperature declined toward 50 degrees Fahrenheit, and he added that Morton Thiokol Inc., which builds the booster rockets, presented data to NASA the day before the launching indicating a further loss of resiliency at 20 or 25 degrees Fahrenheit.

He said that the Thiokol data suggested that the shuttle should not be launched at temperatures below those of previous flights. Nevertheless, he added, NASA experts judged that the O rings would perform properly under the conditions at the time of launch.

NASA officials said that the outside air was about 38 degrees Fahrenheit at the time of launching, but did not say how this temperature compared with previous launchings. No previous

neers had been concerned last year about erosion observed on the O rings in some previous flights.

The hearing particularly focused on memorandums written by Richard C. Cook, a budget analyst in the NASA comptroller's office, who had warned in a July 23, 1985, memo that flight safety was "being compromised by potential erosion of the seals" and that "failure during launch would certainly be catastrophic."

A parade of agency witnesses testified that Mr. Cook's concerns were overstated, that the issue of seal erosion had been dealt with carefully by top NASA engineering experts and managers, and that seal problems had diminished in 1980. The NASA officials did not specifically dispute the budget analyst's contention that seals had eroded but argued that more competent professionals than he had judged them adequately safe.

Mr. Cook works in the resources analysis branch, which consults with the agency's engineers to determine the budgetary impact of hardware problems. The branch head, Michael B. Mann, told the panel that the possible budget implications of seal erosion was the first assignment he gave to Mr. Cook, who was then a new employee. After Mr. Cook reported back that engineers considered the problem very serious, Mr. Mann said he checked with the engineers and concluded that "maybe the memo overstated their concerns."

Concerns Sent to Others

EXPERIMENT: Richard P. Feynman at hearing demonstrating informal resiliency test on material used to make sealing rings. He said he first tried the experiment on lunch break.

The New York Times/Marilyn K. Ye

El diari *The New York Times* del dia 12 de febrer de 1986 informava sobre la comissió que investigava l'accident del *Challenger*.

Jesús Navarro. IFIC (Centre Mixt CSIC-Universitat de València).