

# LA FÍSICA DELS LEPTONS

---

José Bernabéu\*

La Reial Acadèmia de Ciències de Suècia decidí de concedir el Premi Nobel de Física, el 1995, a dues contribucions experimentals fonamentals en la física dels leptons. La meitat del premi ha estat assignat a Martin L. Perl, de la Universitat de Stanford (Califòrnia), pel descobriment del leptó tau. L'altra meitat ha estat assignada a Frederick Reines, de la Universitat de Califòrnia a Irvine, per la detecció del neutrí.

En què consisteix realment el nostre univers? Quins són els constituents primaris i quines en són les propietats? Quines són les forces fonamentals que actuen sobre aquests constituents? Aquesta investigació és l'objectiu de la física de partícules elementals. Algunes forces, que són el punt de partida per a entendre l'estructura i el comportament dels objectes, són "forces fonamentals". Es diferencien de les que podem anomenar forces secundàries: el pes, la fricció o fins i tot la força química. Avui dia pensem que només hi ha tres forces fonamentals en la Natura: són la "gravitació universal", la "força electrodèbil" i la "força nuclear forta". Totes les forces secundàries que observem es deuen a la força electromagnètica que actua a l'escala dels àtoms i les molècules en la matèria ordinària. L'estudi dels leptons i els neutrins s'unifica en la força electrodèbil.

Els leptons són aquells constituents elementals que, contràriament als quarks, *no* senten la força forta. Són, doncs, ideals per a un estudi detallat de la força electrodèbil, sense les complicacions que poden aportar en aquest estudi les interaccions fortes addicionals dels quarks. Martin L. Perl i els seus col·laboradors descobriren, mitjançant una sèrie d'experiments entre 1974 i 1977, al Centre de l'Accelerador Lineal de Stanford (SLAC) dels Estats Units, que l'electró carregat, constituent de la matèria ordinària, té un familiar que és unes 3.500 vegades més pesat: l'anomenat TAU. El descobriment del tau fou el primer senyal del fet que existia una tercera família que, en el sector dels quarks, continuà construint-se uns anys després amb el descobriment del quark "bottom" i s'ha completat recentment amb el del quark "top". L'existència de la tercera família és molt important per al model teòric actual que descriu les propietats de les constituents elementals de la Natura: l'anomenat model estàndard. La mateixa interacció dèbil responsable de

les desintegracions del tau és l'agent les propietats del qual, tal com es veuen en la desintegració beta dels nuclis atòmics, són protagonistes de la segona meitat del Premi Nobel de Física en 1995: la detecció del neutrí. La nostra història comença amb Wolfgang Pauli, un gran físic teòric que el 1930 va tenir la intuïció de suggerir l'existència d'una nova partícula en una època en què aquestes especulacions no es feien. Després d'uns vint anys de confusió experimental, pel 1927 els experiments que mesuraven l'espectre d'energia dels raigs beta havien demostrat més enllà de qualsevol dubte que aquest espectre era continu, és a dir, que l'energia de l'electró no estava fixada sinó distribuïda en una regió de valors fins a una energia màxima. Si la desintegració beta conduís tan sols als dos cossos visibles de l'estat final, les energies del nucli "filla" i de l'electró estarien fixades, com a conseqüència de lleis de conservació exactes: la conservació de l'energia i la del moment lineal. Quan la desintegració és en tres cossos, es donen, per contra, configuracions possibles amb diferents energies de l'electró. En efecte, l'energia disponible en la transició del nucli "pare" al nucli "filla" pot ara ser repartida entre les altres dues partícules finals. D'ací ve la hipòtesi de Pauli, producte de la seua "desesperació", que tres partícules, incloent-hi una de neutra visible, havien de ser presents en l'estat final. Foren Frederick Reines i el desaparegut Clyde L. Cowan, Jr., els qui en 1956 aconseguiren demostrar experimentalment l'existència del neutrí amb la seua detecció en un reactor.

Avui dia coneixem també que hi ha tres espècies de neutrins, una per cadascuna de les tres famílies en què s'agrupen els constituents elementals de la Natura. Els leptons carregats i els neutrins participen en la força dèbil, però només els leptons carregats interaccionen electromagnèticament. Els neutrins no tenen càrrega elèctrica i poca o cap massa. Malgrat que moltes propietats del neutrí encara són desconegudes, la seua dèbil interacció amb la matèria permet utilitzar-lo com a sonda per a explorar l'estructura del protó, dels nuclis atòmics, de les estrelles i de l'Univers.

---

\*Catedràtic de Física Teòrica.