

Neutrinos; fillos do medo

1 de novembro do 2020

Non moito tempo atrás ocorreu un episodio digno de ser recordado. Camiñabamos o meu amigo Juanma —físico teórico— e máis eu polas rúas de Compostela. Era un día frío de poalla e vento fino. Xa noite pecha, saíamos dun bar, o quinto en tres horas, conversando e bambeando. Tiveramos naquel último local un debate intenso acerca da conservación da enerxía con varios descoñecidos: un vampiro, unha momia e media, un maquinista da Renfe e dous cadaleitos. Unha discusión interesante, a cal gañáramos por certo. Era un día de vento e de poalla, as gotas enchoupaban o rostro mediante un scattering ineludíbel. Pasabamos preto do Obradoiro cando un sopro enfadado do ceo tirou a maceta dun balcón achegado. O armazón de barro pasou tan preto da face do meu compañeiro que o roce peloulle a barba do lado esquerdo. Juanma berrou agudo e estridente namentres saltaba aos meus fortes brazos de físico experimental, quen non nos alporizamos polas manifestacións do mundo natural. Con todo, certo aire místico no ambiente mantíñame alerta, algo desacougado. Aquela noite de defuntos descubrín unha nova sospeitada dende tempo atrás: os físicos teñen medo.

Son moitos os medos que os físicos experimentan. Poden, incluso, experimentar algún deles realizando experimentos en empirismo trememente de segunda orde. Debemos desbotar a imaxe dos científicos coma heroes xigantes capaces de soportar a penetrante mirada do abismo e a luz cegadora do descoñecido; os físicos son unha recua de medorentos e choromicas incapaces de se enfrontar á realidade que se lles presenta sen tremer coma tren en treboada terríbel. E iso é algo bo, moitas veces. Non minusvaloremos o potencial do medo —nin o seu campo asociado—, pode ser moi útil.

En *Batman Returns*, Bruce Wayne é quen de escapar da prisión The Pit (un pozo de gran profundidade) realizando unha boa escalada e un salto complicado. Foi quen de realizalo, unicamente, sen arnés de seguridade, gracias ao impulso proporcionado polo medo á morte. Non podemos saber de onde naceu a inspiración dos guionistas, mais se cadra beberon da historia da física.

A finais do século XIX e comezos do XX o estudo da radioactividade estaba nun momento de gran dinamismo. Descuberta no ano 1896 por Becquerel, moitos investigadores procuraban coñecer máis acerca deste curioso proceso. Rutherford clasificou a radioactividade en tres tipos: alfa, beta e gamma; cada unha máis penetrante ca a anterior. Os estudos posteriores demostraron que as partículas alfas eran núcleos de helio, que a gamma era radiación electromagnética e que a radiación beta eran electróns ou positróns. Esta última provocaría unha crise terrorífica na física teórica.

A radiación beta, concluíron acertadamente na época, era o resultado da desintegración dun neutrón do núcleo atómico nun protón e un electrón **1**, coñecida coma radiación β^- , ou dun protón nun neutrón e un positrón **2**, a β^+ .

$$n \rightarrow p + e^- \tag{1}$$

$$p \rightarrow n + e^+ \tag{2}$$

Para o caso que nos ocupa, ímonos limitar a considerar unicamente o primeiro caso, a β^- , aínda que todo o dito vale para ambas as dous; unicamente haberá que substituír neutrón por protón, e viceversa, e electrón por positrón.

Así pois, un neutrón do núcleo, en repouso, convértese nun protón, que se queda dentro do núcleo, e un electrón que sae disparado fóra del. Eses electróns voadores forman a radioactividade que podemos detectar cun medidor. Chegados a este punto, os investigadores procederon a calcular e medir a enerxía dos electróns disparados. A enerxía total debía ser a mesma antes e despois da desintegración. Usando relatividade e algo de álgebra concluíron¹ que a enerxía dos electróns

¹ Desprezando, ademais, sutilezas como a enerxía de retroceso do núcleo ou a diferenza entre as enerxías de ligadura dos electróns.

debería ser sempre a mesma² a diferenza entre as enerxías correspondentes ás masas³ do átomo pai, X, e á do fillo, Y.

$$T_{e^-} = [M(X) - M(Y)]c^2 \quad (3)$$

Procederon, pois, á medida da enerxía. Problema. Que pasou? Os electróns non saían sempre coa mesma enerxía cinética, senón que en moitos casos tiñan un valor moito menor ao esperado. Logo, o electrón non usou toda a enerxía dispoñible, pero, entón, a enerxía total entes e despois da desintegración eran distintas. Sobraba enerxía, onde demo foi? A enerxía non se conservaba!

O pánico e a histeria espallouse pola comunidade. Físicos da máis alta categoría berrando polos corredores, chorando nas esquinas, arrincando pelos do bigote. Dise, incluso, que Schrödinger meteuse nunha caixa de cartón durante mes e medio, negándose a saír ata que se resolvese o problema. Un espectáculo, e non era para menos. O principio de conservación da enerxía e un dos piares fundamentais da física, e os resultados poñían en dúbida a súa validez. De ter que renunciar a el, toda a construción teórica da física moderna quedaría renga, bambeante, a piques de se esnaquizar contra o chan. Que medo, si, que medo. Un medo terrible. Un medo estimulante, un medo xerador.

No ano 1930 o físico vienés Wolfgang Pauli propuxo a existencia dunha nova partícula fundamental: o neutrino. Segundo o bo de Pauli, estes neutrinos tamén eran producidos na desintegración beta, levando parte da enerxía dispoñible. É dicir, a enerxía que faltaba, a que non usara o electrón, estaba sendo utilizada polo neutrino para saír disparado fóra do núcleo atómico. As desintegracións, logo, serían así.

$$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e \quad (4)$$

$$p \rightarrow n + e^+ + \nu_e \quad (5)$$

Isto resolvía o problema da enerxía, que desta forma si se conservaba, mais presentaba outros novos. Se había unha nova partícula, por que nunca se detectara? Para que as cousas cadrasen, o neutrino debía ser unha partícula sen carga, de masa case nula e cunha probabilidade de interacción coa materia practicamente igual a cero. En suma, Pauli propuxo a existencia dunha partícula indetectable cos medios da época para poder resolver o problema. Unha tolería. Coma saltar sen arnés de seguridade. A comunidade, con todo, aceptou a existencia dos neutrinos e mobilizaron unha enorme cantidade de recursos para poder detectalos. Unha lotería. Á procura de entes sen masa e que case non interaccionaban coa materia; cazapantasmas. Todo por medo á morte da conservación da enerxía. Saltaron sen corda, coma Bruce Wayne. E saíron do pozo.

No ano 1956 Cowman e Reines presentaron a primeira detección de neutrinos, nunha cámara de burbullas. A partícula existía, non tiña carga e a súa masa era case nula, tal e como se esperaba. Hoxe, os neutrinos é parte fundamental dos alicerces que sustentan o modelo estándar. O seu estudo segue a ser liña de investigación vigorosa na física de altas enerxías. Pauli descubriu unha partícula sin poder detectala. Cazou ao voo un pantasma enerxético, unha proeza.

Os misterios do universo poden dar medo, por iso debemos enfrontarnos a eles.

—Oes Anxo, gustoume iso dos neutrinos que lle contaches a Drácula no Abrigadoiro.

—Que certo iso que dis, Juanma. Estiven acertado, certamente.

—Penso que lle gustou a el tamén. Víaselle emocionado.

—Se cadra si. Aínda que o tinto de Barrantes semellaba sangue nos meus beizos, igual andaba pensando en darme unha boa chuchada.

—Tamén che digo unha cousa, eu son físico e non teño medo.

—Ai non, que va. Se ti es físico teórico, ti teslle medo a calquera medida.

—Tranquilo, don Experimental. Ti tes medo dos tensores.

—Os tensores non existen pailán, non digas parvadas.

—Vaia vento se levantou de golpe.

—Si... Coma se o ceo estivese enfadado, non si?

²No caso da β^+ a expresión sería: $T_{e^+} = [M(X) - M(Y) - 2m_e]c^2$

³A enerxía correspondentes á masa é: $E = mc^2$