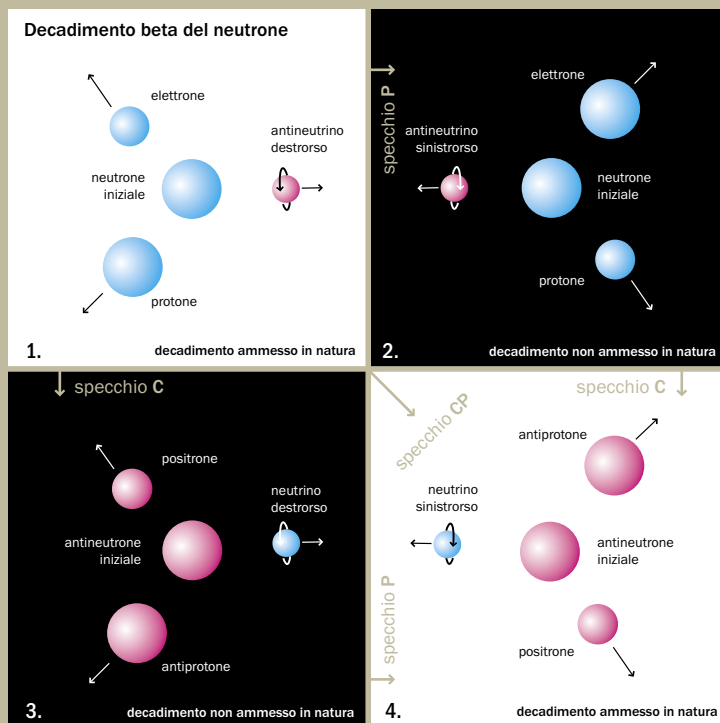


[as] CP, la simmetria imperfetta



Richard Feynman, in una sua famosa lezione, provocò così i suoi studenti: “Supponete di poter comunicare con un alieno di una lontanissima galassia: potete escogitare qualcosa per sapere se è composto di materia o di antimateria?”. La via alla soluzione passa per le proprietà di tre fondamentali trasformazioni applicabili alla nostra realtà: parità (P), coniugazione di carica (C) e inversione temporale (T). Per lungo tempo si è ritenuto che queste tre trasformazioni fossero delle vere e proprie “simmetrie”: applicate alla realtà fisica, singolarmente o in successione, producono sistemi descritti da equazioni che rimangono invariate. Ebbene, queste simmetrie sono soddisfatte quando sono in gioco interazioni elettromagnetiche o forti ma, se esaminiamo processi regolati dalle interazioni deboli (come nel caso del decadimento beta del neutrone, fig. 1), ciò non è affatto vero.

P. Se c'è “simmetria di parità” allora, cambiando verso ai tre assi del riferimento cartesiano che misura le tre coordinate di ogni punto dello spazio, le leggi della fisica non cambiano. Nel 1957, però, il gruppo condotto da Chien Shiung Wu studiò il decadimento beta del neutrone in nuclei di cobalto, e scoprì che applicando ad esso la trasformazione P si inverte la distribuzione nello spazio delle particelle finali e si produce un antineutrino sinistrorso, che non esiste in Natura (fig. 2): nel caso di questi decadimenti, il mondo “allo specchio P” è perciò irreal.

C. Se adesso ci inventiamo un altro “specchio”, che non inverte coordinate spaziali ma sostituisce a tutte le particelle le corrispondenti antiparticelle, allora gli elettroni diventano positroni, i protoni diventano antiprotoni, i neutrini diventano antineutrini, e così via. Anche questa simmetria viene però violata

nell'esempio da noi scelto, il decadimento beta del neutrone dove, applicando la trasformazione C, si produce un neutrino destrorso, che non esiste in Natura (fig. 3).

CP. Riavutisi dallo sgomento seguito alla scoperta delle violazioni di C e P, se applicate singolarmente, i fisici notarono che tutti i processi elementari allora noti erano coerenti se effettuati in un anti-laboratorio (cioè un laboratorio allo “specchio C”), purché visto nello “specchio P”: cioè le simmetrie C e P erano violate se applicate singolarmente, mentre la simmetria “composta” CP si conservava (fig. 4).

Fine delle storie? No. Nel 1964 James W. Cronin e Val L. Fitch scoprirono che i mesoni K_L , che sarebbero dovuti decadere solo in tre pioni, potevano eccezionalmente decadere in due pioni. In questo secondo caso si può dimostrare che c'è “violazione di CP”. Questa asimmetria appare più evidente in altri due modi di decadimento dei K_L , uno lo “specchio CP” dell'altro, con un elettrone o con un positrone tra i prodotti finali. Se CP fosse una simmetria rigorosamente valida, il K_L dovrebbe decadere con eguale probabilità nei due modi: invece se i decadimenti con elettroni finali sono 1.000, saranno 1.006 quelli con positroni. La simmetria CP è violata: la Natura sa distinguere tra materia e antimateria! E se l'alieno di Feynman ci informa che, facendo lo stesso esperimento, scopre che le particelle meno frequenti (i “nostri” elettroni) sono anche tra i costituenti dei i “suoi” atomi, allora sapremo che è fatto di materia.

T. I fisici hanno allora pensato anche a un terzo “specchio”, ancora più bizzarro, che inverte la “freccia del tempo”, facendo scorrere i fenomeni a ritroso. Per quanto possa sembrare strano, i processi elementari

sono realistici anche se “facciamo scorrere il film all'indietro”, ma con qualche eccezione che, guarda caso, coinvolge sempre le interazioni deboli: invertendo la freccia del tempo in alcuni decadimenti, infatti, si ottengono dei processi che non esistono in Natura. **CPT.** Nel 1954 Gerhard Luders riuscì a dimostrare un fondamentale teorema, il teorema CPT: se a partire dal nostro universo ne immaginiamo un secondo, con scambio particelle-antiparticelle, a partire da esso un terzo, invertendo il segno a tutte le coordinate spaziali, e infine un quarto, invertendo lo scorrere del tempo, giungiamo a un universo realistico, senza contraddizioni, anche in presenza delle interazioni deboli. CPT è dunque una simmetria universale? Finora sembra di sì, tutti gli esperimenti confermano l'invarianza CPT. [Crisostomo Sciacca]

In alto una rappresentazione schematica del decadimento beta del neutrone (fig. 1). Lo stesso processo sottoposto a trasformazioni di parità (fig. 2) o di coniugazione di carica (fig. 3): i processi che si ottengono applicando singolarmente queste due trasformazioni non sono ammessi in Natura. Se invece le trasformazioni si applicano in modo combinato (fig. 4), allora il processo così ottenuto è possibile: il decadimento beta del neutrone è simmetrico per CP. Per il neutrino, oltre alla velocità è raffigurato lo spin, la sua “rotazione”: in Natura il neutrino è solo “sinistrorso” (se racchiudiamo leggermente la mano sinistra, il pollice ne indica la velocità e le altre dita ne danno il “verso di rotazione”), mentre gli antineutrini sono solo “destrorsi”, come la vite che avanza ruotando in senso orario.