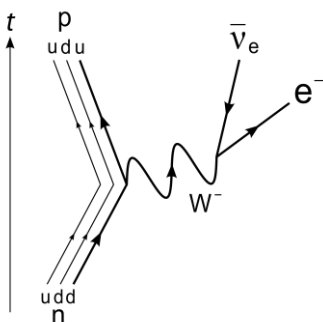


Dopo aver discusso dello *spin* e di cosa esso *non significhi*, è ora di affrontare uno degli aspetti più difficili, ma anche più importanti, dell'attuale conoscenza scientifica. Si tratta dell'*interazione debole* che, apparentemente, sembra una piccola sporcizia da lasciare da parte. Invece, è il cuore di tutto ciò che ancora non comprendiamo e, verosimilmente, lo spiraglio che la Natura lascia aperto per noi, affinché possiamo sbirciare in direzione della "Nuova fisica" attesa da tutti. Parliamone un po'.

I neutroni, quando si trovano all'interno dei nuclei atomici, sono *stabili*, vale a dire che durano quanto i nuclei stessi, a parte i casi di elementi naturalmente radioattivi. Se però stacciamo un neutrone da un nucleo (ora non importa come) e lo lasciamo *libero*, questo neutrone, dopo una decina di minuti, *decadrà* in un protone, più un elettrone, più un antineutrino elettronico. Facciamo il conto delle cariche elettriche: protone positivo, più elettrone negativo, più antineutrino neutro uguale zero. Dal momento che la carica del neutrone iniziale è zero, il conto torna. Ora facciamo il conto del numero di particelle: protone più elettrone sono due particelle di *materia*, ma l'antineutrino è un'antiparticella di *antimateria*, per cui anche qui il conto torna; un neutrone iniziale che era una particella di materia si trasforma in *due* particelle di materia *meno un'antiparticella*. L'energia? Bene: il neutrone ha una massa superiore alla somma di quella del protone più l'elettrone più l'antineutrino, per cui può dare origine a queste tre particelle, e resta abbastanza energia per fornire loro energia cinetica. La conservazione del momento? Qui le cose sono più delicate, ma non serve spenderci troppe parole: diremo solo che per conservarlo non basta che il neutrone si spacchi in due particelle, ma ne occorrono tre. E tre sono.

Enrico Fermi fu il primo a costruire una teoria del "Decadimento  $\beta$ " (a quell'epoca, gli elettroni emessi da un materiale radioattivo erano ancora chiamati "Raggi  $\beta$ "), e per gli esperimenti possibili ai suoi tempi, la teoria forniva risultati eccellenti. La "forza intrinseca" dell'interazione debole fu valutata circa 1/100.000 nella stessa scala in cui l'interazione elettromagnetica vale 1/137. Di qui il nome di *Interazione debole* rispetto alle altre conosciute a quell'epoca. Ma Fermi sapeva che la sua teoria era valida solo in prima approssimazione, poiché ipotizzando di applicarla a energie molto alte i risultati teorici diventavano privi di senso. Infatti, oggi sappiamo che l'interazione debole lavora solo attraverso i bosoni  $W^-$ ,  $W^+$  e  $Z^0$ . Ricordando che un protone è composto dai tre quark ( $u$ ,  $u$ ,  $d$ ) mentre un neutrone è composto da ( $u$ ,  $d$ ,  $d$ ), vediamo come procede il decadimento del neutrone al livello delle particelle *davvero* elementari.

L'asse verticale è quello dei tempi. All'inizio (in basso) abbiamo un neutrone. A un certo punto, un quark  $d$ , che ha una massa maggiore del quark  $u$ , emette un bosone  $W^-$  con carica elettrica  $-1$ . Il quark  $d$ , che ha carica elettrica  $-1/3$ , si trasforma in un quark  $u$ , che ha carica elettrica  $+2/3$ , e viene fuori un protone. A sua volta, il bosone  $W^-$  decade dopo un tempo brevissimo in un elettrone  $e^-$  cedendogli tutta la sua carica elettrica, e in un antineutrino elettronico  $\bar{\nu}_e$ . Il gioco è fatto; l'interazione debole è stata *mediata* dal bosone debole  $W^-$ , senza il quale non avrebbe potuto aver luogo.



Ora cominciamo a elencare i problemi che si presentano nell'interazione debole. In primo luogo, essa cambia il *sapore* dei quark. In questo caso, da **d** a **u**. Nessun'altra interazione è in grado di farlo. Ancora più importante è la cosiddetta **violazione di parità**. Cerchiamo di capire cosa significhi.

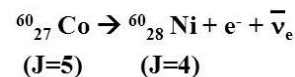
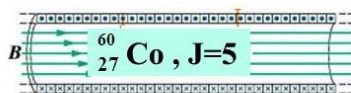
Se osserviamo il mondo riflesso in uno specchio, escludendo oggetti complicati come persone e orologi, ma soffermandoci solo su oggetti molto piccoli come le particelle elementari, è pressoché impossibile distinguere tra oggetto *vero* (nel nostro mondo) e oggetto *fittizio* (riflesso nello specchio). Questa impossibilità si chiama "Simmetria di Parità" o, più semplicemente, **P**.

Ebbene: se Alice avesse voluto capire se si trovava nel mondo *vero* o in quello *fittizio* avrebbe potuto eseguire un esperimento sul decadimento  $\beta$ . Infatti, prendendo dei nuclei di  $^{60}_{27}\text{Co}$ , naturalmente radioattivo e che decade in  $^{60}_{28}\text{Ni}$ , e allineandoli tutti per mezzo di un campo magnetico, avrebbe trovato la situazione sperimentale descritta nella figura qui sotto.

Vale a dire: nel mondo *vero* gli elettroni escono verso sinistra, e gli antineutrini verso destra. Non capita mai che gli antineutrini escano verso sinistra. Nell'immagine speculare, però, succedrebbe il contrario: gli antineutrini uscirebbero sempre verso sinistra, mai verso destra.

L'esperimento non è semplicissimo; grazie al cielo il cobalto è un metallo ferromagnetico e, mettendolo in un forte campo magnetico a bassissima temperatura, si possono allineare tutti i nuclei. Però i rivelatori di neutrini (o antineutrini) non sono facili da costruire, e dobbiamo accontentarci dei rivelatori di elettroni, aggiungendo il principio di conservazione del momento per capire dove va l'antineutrino.

Eseguendo le misure in questo modo, qualcuno potrebbe essere tentato di dire che gli elettroni vanno verso sinistra per come è allineato il cobalto, ma non è così, e si può dimostrare sia teoricamente (non ci provo neanche), sia eseguendo esperimenti di decadimento  $\beta$  di diverso tipo. Insomma: al contrario di tutte le altre interazioni, quella debole si accorge della differenza tra destra e sinistra, e non è simmetrica. Come conseguenza, potremmo dire che non esistono antineutrini *di sinistra*, e perciò non esistono neutrini *di destra*. Non so se ciò possa avere conseguenze politiche, ma già da questo primo segnale possiamo dire che l'interazione debole contiene in sé altre sorprese, che vedremo nei prossimi salotti.



Dopo il decadimento:

