

DA ϕ NE E GLI "SPECCHI INFRANTI"

Tra Pisa e Marina di Pisa si trova S. Piero a Grado, una località famosa, almeno nei dintorni, per la sua bellissima basilica romanica del 1000. Essa possiede una caratteristica simmetria speculare, ha due absidi: è come se avessero costruito due basiliche, l'una di fronte all'altra, saldate insieme. La simmetria di questa chiesa è sintomatica di come da sempre l'uomo abbia associato l'idea di perfezione e di bellezza all'idea di simmetria; il creato stesso, almeno ci pare, nei suoi aspetti più evidenti, ci spinge a pensarla così, basti pensare, a grande scala, alle bellissime simmetrie dei cristalli (per esempio quelli del sale da cucina), o, a piccola scala, agli atomi. Ed è proprio a causa dello studio delle simmetrie in natura, che un pomeriggio mi sono trovato a S. Piero a Grado.

Poco distante dalla basilica, in mezzo a una bellissima campagna pianeggiante, con ampie distese di prati aperti, coi monti sullo sfondo, e, più lontano, il bellissimo paesaggio delle Alpi Apuane imbiancate sotto il cielo azzurro, vi si trova un centro dell'INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare). Un pomeriggio sono andato ad ascoltare il seminario di presentazione di un esperimento alquanto inusuale, che i fisici italiani, dopo aver messo a punto tutti i loro macchinari, inizieranno a svolgere al centro dell'INFN di Frascati. Ma vediamo di che si tratta partendo dall'inizio.

Era il dicembre 1956 quando una certa signorina Wu, con alcuni collaboratori, "infranse" il primo "specchio" della natura (non ebbe sette anni di guai). Anche la natura è vanitosa e ha bisogno di specchiarsi? ed è così bella da suscitare le gelosie della signorina Wu? Non è così. In verità ella non rompe niente che non fosse già rotto, ella scoprì soltanto che uno dei sette "specchi" immaginari, inventati dai fisici per descrivere la simmetria delle leggi della natura, non funzionava. Una prima cosa che può venire in mente dicendo la parola "specchio" è proprio l'idea di simmetria; infatti uno specchio altro non fa che riprodurre un'immagine perfettamente simmetrica a quella reale, con destra e sinistra scambiate. I fisici pensarono che la natura dovesse essere simmetrica sotto certe trasformazioni delle cariche elettriche, delle coordinate spaziali e del tempo; cioè che essa potesse avere sette particolari simmetrie, ognuna delle quali rappresentata da uno specchio immaginario, in cui le leggi di natura, per così dire, rispecchiandovisi, si pensava che non dovessero cambiare. Ma non è così.

C, P e T, e le loro quattro combinazioni, CP, CT, PT e CPT, sono i nomi di questi specchi immaginari. Il primo specchio infranto (dalla fatidica signorina Wu) fu lo specchio P, o della parità, legato alla simmetria per riflessione delle leggi della natura. Dire che è valida la simmetria relativa allo specchio P significa dire che le leggi naturali siano uguali per ogni situazione reale e per la loro immagine speculare, non dovremmo poterci accorgere di essere in un mondo con la sinistra e la destra scambiate tra loro. Cioè, se un evento è possibile, anche la sua immagine speculare lo dovrebbe essere, cosicché osservando un evento reale nello specchio, anche ciò che si vede potrebbe realmente accadere. Ma la signorina Wu (la tipica guastafeste), su indicazione di altri due fisici, Lee e Yang (compari, che l'anno seguente presero il Nobel), mise in evidenza un processo radioattivo in cui la simmetria P non funziona (si dice che c'è rottura della simmetria P), diventando così possibile, per via sperimentale, determinare di trovarsi in un mondo reale o in uno speculare al nostro.

1-----

Esagerando la cosa, è come se una mattina, specchiandoci, scopriremmo che le leggi della riflessione non fossero poi così valide come si pensava, e che in certe situazioni potessimo vedere la nostra immagine capovolta nello specchio.

1-----

La rottura di questo specchio portò i fisici a dubitare anche dei principi di simmetria legati agli altri specchi e la cui validità era da lungo tempo assunta come assiomatica nello sviluppo delle loro teorie matematiche. Infatti si scoprì che anche lo specchio C non funzionava come doveva. Tale specchio immaginario, anziché invertire destra con sinistra inverte il valore delle cariche elettriche e delle caratteristiche magnetiche delle particelle. La eventuale validità della simmetria relativa allo specchio C comporterebbe che le stesse leggi della natura, valide per un universo fatto di particelle, dovrebbero valere ugualmente per un universo di antiparticelle¹. Non potremmo così distinguere se ci troviamo in un mondo di materia o antimateria. In conseguenza della scoperta della rottura della simmetria legata allo specchio C, si può dire che un universo composto di antiparticelle si comporterebbe in modo differente dal nostro. L'ultima speranza è nello specchio T. Esso dovrebbe essere quello che garantisce la simmetria tra la direzione in avanti e indietro nel tempo, facendo sì che le leggi della natura siano le stesse nelle due direzioni. Invertendo la direzione temporale di tutte le particelle e antiparticelle del nostro universo, si dovrebbe ripercorrere esattamente tutta la sua storia a ritroso e tornare al suo inizio. La rottura anche di questa simmetria è legata a una scoperta avvenuta nel 1964. Infatti per sette anni s'era pensato (e sperato) che almeno la simmetria combinata CP fosse conservata. Cioè si pensava che l'universo si sarebbe sviluppato nello stesso modo della sua immagine speculare, se, in contemporanea, ogni particella fosse stata cambiata con la sua antiparticella. Ma neppure questa simmetria era valida. Fu evidente dal decadimento di certe particelle, chiamate mesoni K, in altre particelle più leggere, a causa di una delle quattro forze fondamentali² detta forza "debole". Fu il "colpo gobbo" della natura, l'universo, a una indagine più attenta (stiamo parlando di distanze di un milionesimo di milionesimo di metro) non aveva quell'ordine e quella simmetria che ci si aspettava!

2-----

Bisogna pensare che la presenza di simmetrie semplifica notevolmente le teorie dei fisici, perché ad esse, come alle cosiddette *invarianze*, sono legate delle leggi di conservazione. In particolare, ad esempio, la legge di conservazione dell'energia, è una conseguenza dell'invarianza della natura rispetto al tempo, cioè del fatto che un esperimento è indipendente dall'istante in cui è realizzato, che nessun esperimento può dare una misura assoluta del tempo e che tutte le costanti universali (come la carica dell'elettrone e la velocità della luce) ne sono indipendenti.

2-----

L'unica simmetria che si spera rimanga in piedi è quella CPT. Cioè che l'universo continui a comportarsi nello stesso modo sostituendo tutte le particelle con antiparticelle, prendendone l'immagine speculare e invertendone la direzione temporale. Se questa simmetria non fosse valida crollerebbe l'edificio teorico della cosiddetta teoria quantistica dei campi e della relatività di Einstein (i pilastri della fisica moderna), esistendo un teorema che afferma che qualsiasi teoria che obbedisca alla meccanica quantistica e alla gravità debba sempre obbedire alla simmetria combinata CPT. E' dalla sperata validità della simmetria CPT e dalla certa rottura della simmetria CP che si deduce, come compensazione, che la simmetria

¹ Le antiparticelle sono esattamente identiche alle particelle ordinarie del nostro universo conosciuto (**ogni particella ha la sua corrispondente antiparticella**), ad eccezione delle loro caratteristiche elettriche e magnetiche, che sono opposte a quelle delle particelle; ad esempio, l'antiparticella dell'elettrone è una particella ad esso uguale ma con carica elettrica opposta.

² **In natura si conoscono quattro forze fondamentali: la gravitazionale, l'elettromagnetica, la nucleare forte e la nucleare debole.**

T non sia valida: le leggi della fisica devono mutare se si rovescia la direzione del tempo. Una più completa comprensione dell'asimmetria CP e T, e quindi del perché l'universo all'inizio abbia fatto determinate scelte anziché altre, come privilegiare una direzione del tempo anziché un'altra o la materia all'antimateria, richiede una più profonda conoscenza delle particelle soggette all'asimmetria. Questo è proprio lo scopo dell'esperimento che si svolgerà all'INFN di Frascati dove si stanno facendo le ultime verifiche per la messa a punto di un particolare acceleratore di particelle³. Si tratta di Da ϕ ne (Double Annular ϕ Factory for Nice Experiments), la cui inaugurazione è stata celebrata lo scorso 29 settembre. Questo acceleratore è il capostipite di una nuova generazione di macchine per esperimenti di fisica delle particelle, che, anziché puntare ad aumentare le energie di collisione tra le particelle in gioco, con il conseguente aumento dei costi, puntano all'osservazione di eventi rarissimi. Tra questi eventi vi è quello della formazione di una coppia di particelle chiamate mesoni K_L e K_S e l'individuazione successiva del loro decadimento. Questa coppia di particelle si comporta inspiegabilmente in modo diverso rispetto alla inversione di carica e direzione spaziale, cioè rompe la simmetria CP. Si riuscirà a produrne una coppia al secondo, ma per farlo bisognerà accumulare 90 miliardi di particelle al secondo che scontrandosi daranno vita a una miriade di particelle, tra cui le due citate. Questi esperimenti saranno cruciali per discriminare tra le attuali teorie che spiegano il meccanismo di violazione della simmetria CP. C'è da dire che questa macchina riesce a mantenere all'avanguardia la ricerca italiana nel campo della fisica, con relativamente poca spesa (circa 120 miliardi! pochi, rispetto ai circa 2400!! impiegati per la realizzazione di un potentissimo acceleratore di particelle, chiamato LHC, in costruzione a Ginevra) e opportunità di lavoro per numerose imprese nazionali, continuando quel solco iniziato negli anni cinquanta con Ada e Adone, due macchine acceleratrici, all'avanguardia per l'epoca (Ada fu la prima a far scontrare fasci di elettroni e antielettroni), e che hanno contribuito a scoperte fondamentali per la fisica moderna. Si attende che Da ϕ ne entri a pieno ritmo per la metà del 1998.

In conclusione, la rottura dello specchio CP evidenzia una profonda differenza tra materia e antimateria. Anche se non si riesce ancora a spiegare bene come mai ci sia questa rottura di simmetria (questo appunto dovrà chiarircelo meglio Da ϕ ne) che ha sconvolto i fisici, c'è del buono in tale scoperta. Infatti, pare che l'universo sia formato solo da atomi stabili (che non si disintegrano) costituiti da particelle di materia, mentre non esistono atomi stabili costituiti di particelle di antimateria (antiatomi); le antiparticelle possono essere create in laboratorio dai fisici, ma non appena incontrano una particella di materia, con questa si annichilano liberando energia. La domanda che gli scienziati si pongono è come mai la natura abbia preferito la materia all'antimateria, si sa infatti che nell'universo, poco prima del primo milionesimo di secondo, materia e antimateria esistevano in quantità probabilmente uguali. La scoperta della rottura della simmetria CP ha dato risposta a questo quesito, sancendo una sostanziale disparità tra materia e antimateria. Si pensa infatti che sia stato proprio un leggero difetto nella simmetria CP all'inizio dell'universo a sbilanciarlo verso la materia, facendo sì che sopravvivessero dalla annichilazione con l'antimateria, soltanto un protone su un miliardo e un elettrone⁴ su un miliardo.

³ Attraverso gli acceleratori di particelle, la cui lunghezza può variare da qualche metro a qualche chilometro, i fisici sono in grado di far scontrare particelle (tra loro o con antiparticelle) per generarne di nuove, che in genere sono molto instabili e non si vedono se non in questi acceleratori. E' così che si sono scoperte le miriadi di particelle conosciute (si veda articolo su C.N. n° 8 - 25 aprile 1997, pag.50-51).

⁴ Il protone e l'elettrone sono particelle costituenti gli atomi di materia, cioè quelli di cui siamo formati.

3-----

Allora il notevole balzo concettuale è che l'universo, con i suoi "specchi infranti", non sia dovuto ad asimmetrie nel momento della sua "nascita" ma ad asimmetrie intrinseche alle sue leggi. Così si può pensare che all'inizio esso dovesse essere più simmetrico ma evolvendosi lo diventerà forse sempre meno; cosicché la natura tenderà ad avere sempre maggiore preferenza o per la destra o per la sinistra: per decidere quale delle due, bisognerebbe avere molti più dati osservativi sull'universo di quelli che possediamo.

3-----

4-----

Un volto umano, si sa, è sottilmente asimmetrico: che sia il riflesso di una più profonda asimmetria nelle leggi della natura? Sembra proprio che essa tenda a fare le cose in modo sottilmente asimmetrico, che sia questo il segreto della sua bellezza? così come la bellezza di un'opera d'arte può essere nella sua più o meno sottile asimmetria: l'ho notato nei quadri che fa un mio amico (ma forse è soltanto questione di gusto personale). La simmetria è bella? o è un po' banale? **Osservando più attentamente la natura o le opere d'arte (quelle vere) penso che noteremo che ciò che è bello è sempre leggermente asimmetrico.**

4-----