

Il documento è protetto da copyright. E' vietato qualsiasi ulteriore atto di utilizzazione (re-immissione in rete, diffusione, riproduzione in copia), senza la dovuta autorizzazione o citazione della fonte di provenienza.
www.duenote.it di Pippo Panasci

La radioattività

La maggior parte dei nuclei atomici a noi familiari sono stabili. Quasi tutti i nuclei di carbonio contenuti nei nostri tessuti e di calcio nelle nostre ossa non sono oggi diversi da com' erano quando furono prodotti nel cuore di una supernova miliardi di anni fa. Alcuni nuclei non condividono però questa proprietà. Questi nuclei si disintegrano spontaneamente, emettendo frammenti minori, in periodi di tempo compresi fra microsecondi e durate paragonabili all'età della Terra. Si dice che questi nuclei sono radioattivi, e il processo di disintegrazione viene chiamato «decadimento radioattivo»; le particelle emesse in questo decadimento costituiscono la radioattività. Tutti gli isotopi dell'uranio sono radioattivi, come pure molti nuclei più leggeri, fra cui il carbonio-14 e lo stronzio-90.

periodo di dimezzamento

Il modo migliore per pensare al comportamento dei nuclei radioattivi è quello di pensare ai granelli di mais per popcorn che scoppiano sul nostro fornello. Non tutti i granelli scoppiano assieme.

Prima ne scoppiano alcuni, poi altri, su un intervallo di vari minuti. Non esiste alcuna teoria della stabilità nucleare in grado di predire sempre tutti i particolari del decadimento radioattivo.

Noi non comprendiamo, per esempio, perché alcuni atomi impieghino miliardi di anni a decadere, mentre altri scompaiono in pochi secondi. Possiamo però misurare il fenomeno con grande precisione.

Se prendiamo due quantità simili di nuclei radioattivi dello stesso tipo, esse presenteranno press'a poco lo stesso comportamento, con singoli nuclei che decadranno in tempi diversi.

La rapidità complessiva del decadimento viene chiamata periodo di dimezzamento, e questo viene definito come il tempo impiegato a decadere da metà dei nuclei appartenenti a un campione dato. Ciò significa, per esempio, che se si hanno 100 nuclei con un periodo di dimezzamento di un minuto, fra un minuto ne resteranno 50, fra due minuti circa 25 (metà della metà), fra tre minuti 12,5 (in media) e via dicendo.

Il periodo di dimezzamento dei diversi atomi è molto vario. L'uranio-238 (l'isotopo più comune dell'uranio) ha un periodo di dimezzamento di 4,5 miliardi di anni: pari press'a poco all'età della Terra.

Il più effimero dei molti isotopi del plutonio ha invece un periodo di dimezzamento di un miliardesimo di secondo, cosicché il suo decadimento può essere misurato solo con rivelatori elettronici avanzatissimi. In natura esiste una grandissima varietà di valori compresi fra questi due estremi.

Decadimento alfa, beta e gamma

La radiazione, scoperta per la prima volta alla fine dell'Ottocento, fu un fenomeno sconcertante per fisici e chimici di formazione classica. Furono individuati tre tipi diversi di radiazione, ognuno connesso a un diverso tipo di decadimento. Gli scienziati battezzarono questi tipi misteriosi di radiazione con le prime tre lettere dell'alfabeto greco: alfa, beta e gamma. Noi usiamo ancor oggi questi nomi, anche se comprendiamo molto di più su tutt' e tre i tipi.

Quando un nucleo subisce il decadimento alfa, emette un fascio formato da due protoni e due neutroni: il nucleo di un atomo d'elio, detto anche particella alfa. Dopo il decadimento alfa, il nucleo risultante ha due protoni e due neutroni in meno rispetto a quello originario.

Ciò comporta che il nucleo può attrarre con la sua forza elettrica due elettroni in meno, e dopo un po' di tempo i due elettroni in eccesso se ne vanno.

Quel che rimane, quindi, è un atomo con due protoni e due elettroni in meno; è stato creato un atomo di un elemento chimico diverso, detto sostanza «figlia».

Il decadimento alfa cambia quindi sia la massa sia l'identità del nucleo in gioco. L'uranio-238, per esempio, decade emettendo una particella alfa, e il prodotto finale è un atomo dell'elemento torio (per l'esattezza torio-234). Il decadimento alfa, mutando l'identità del nucleo, modifica quindi l'identità dell'atomo stesso. Il decadimento alfa (e, come vedremo fra poco, anche il decadimento beta) costituiscono una versione moderna della pietra filosofale, il materiale che gli alchimisti medievali credevano potesse trasmutare il piombo in oro.

Nel decadimento beta, uno dei neutroni nel nucleo emette un elettrone e, nel corso di questo processo, si converte in un protone. La sostanza figlia ha quasi la stessa massa della sostanza madre, ma ha un protone in più e un neutrone in meno.

Il decadimento beta, quindi, modifica l'identità, ma non la massa, di un nucleo. La «particella beta» fu così chiamata prima che ci si rendesse conto che era un comune elettrone, e oggi di tanto in tanto si trova ancora l'espressione «raggi beta» o «particelle beta» con riferimento a elettroni. (Un esempio di decadimento beta è quello del potassio-40 in argo-40: vedi «La datazione per mezzo di isotopi radioattivi».)

Uno fra i decadimenti beta più interessanti implica non un nucleo, bensì un neutrone libero. Lasciato a sé, un neutrone decade in un protone, un elettrone e una particella detta neutrino, con un periodo di dimezzamento di circa 8 minuti. Di norma i neutroni compresi in un nucleo non possono decadere in questo modo. Oggi perciò, miliardi di anni dopo la creazione dell'universo, esistono ancora neutroni perché sono rimasti protetti all'interno di nuclei atomici.

Infine, il terzo tipo di decadimento, ossia il decadimento gamma, implica una riorganizzazione di protoni e neutroni all'interno del nucleo e la conseguente emissione di radiazione elettromagnetica sotto forma di un raggio x.

Il decadimento gamma non cambia né la massa né l'identità del nucleo.

Catene di decadimento

La vicenda della radioattività non si conclude di solito con un solo decadimento. Di norma un nucleo radioattivo decade mediante un processo che produce una sostanza figlia, la quale decade mediante un altro processo. La nuova sostanza figlia così prodotta decadrà a sua volta e il processo continuerà con una lunga catena sino a pervenire a un nucleo stabile. Questo processo è ben illustrato dall'uranio-238, un elemento sorprendentemente comune nella crosta della Terra (molto più comune, per esempio, dell'oro, dell'argento o del mercurio). Esso decade per emissione di una particella alfa a torio-234, che decade a sua volta per mezzo di un' emissione beta a protoattinio-234 (91 protoni e 123 neutroni), con un periodo di decadimento di 24 giorni. Questo nucleo decade a sua volta per mezzo di emissione beta a uranio-234, con un periodo di dimezzamento di 2 minuti, e l'uranio-234 emette una particella alfa trasformandosi in torio-230, che ha un periodo di dimezzamento di 250.000 anni. Questa serie di decadimenti continua sino alla formazione di piombo-208, che è un nucleo stabile.

Un prodotto inevitabile della catena di decadimento che ha inizio con l'uranio-238 è il gas radioattivo rado-222. Il rado decade per mezzo di emissione alfa, e ha un periodo di dimezzamento di circa 4 giorni. Questo gas può filtrare dal suolo nelle nostre case, dove i prodotti del suo decadimento possono configurare un grave rischio per la salute. Adottando una prospettiva temporale vasta, possiamo riconoscere che il problema del rado, che può riscontrarsi in qualche abitazione, risale in definitiva al fatto che vari miliardi di anni fa qualche supernova produsse in grande abbondanza, nel corso della sua esplosione, uranio-238.