

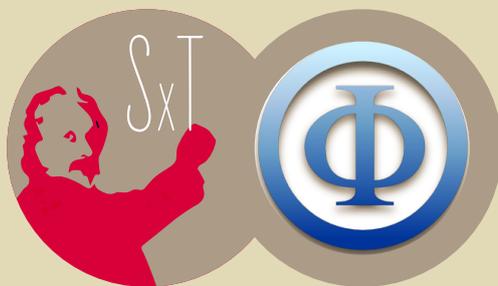
FISICAST

per
SxT

La Radioattività

(seconda puntata)

di
Giovanni Vittorio Pallottino



La Radioattività (seconda puntata)

Giovanni Vittorio Pallottino

Abstract:

Sì, la radioattività trova un gran numero di impieghi utili. Dalla datazione di antichi reperti all'alimentazione di veicoli spaziali fino alla creazione delle specie di grano oggi più diffuse sulle nostre tavole. E altro ancora. Ne parliamo con Giovanni Vittorio Pallottino, già docente del Dipartimento di Fisica della Sapienza e autore del libro "La radioattività intorno a noi- Fra pregiudizi e realtà".

INIZIO

Torniamo a parlare di radioattività con Giovanni Vittorio Pallottino, già docente del dipartimento di fisica della Sapienza e autore del libro "La radioattività intorno a noi- Fra pregiudizi e realtà". Questa volta per occuparci delle centrali nucleari. E cominciamo a vedere come funzionano.

A: In linea di principio è semplicissimo, in pratica un po' meno. Il punto fondamentale è che ci sono atomi che diventano instabili quando il loro nucleo è colpito da un neutrone e lo assorbe, e allora il nucleo si spacca suddividendosi in due nuclei più leggeri, dando luogo così a due atomi. Questo processo, nel caso dei nuclei atomici, si chiama fissione nucleare, dal latino findere, che vuol dire spezzare. Ora l'importanza del processo di fissione sta nel fatto che esso libera una grande quantità di energia che alla fine è disponibile in forma di calore. E questo è il risultato che ci interessa, perché dal calore si può ottenere energia elettrica, come avviene nelle centrali elettriche convenzionali.

Q: Però non si capisce questa energia da dove provenga

A: Il fatto è che la massa totale dei prodotti della reazione di fissione è un po' minore di quella del nucleo iniziale. Ed è proprio questa differenza di massa, questa massa perduta, che si trasforma in energia secondo la famosa equazione di Einstein che Gianluca ci ha spiegato alcune puntate fa. Si ha infatti $E = mc^2$, dove E l'energia che si libera, m è la massa

scomparsa nella reazione e c la velocità della luce. In modo simile a quanto si era detto a proposito dell'energia liberata nel decadimento radioattivo.

Q: Ma il decadimento radioattivo è un fenomeno spontaneo mentre le reazioni di fissione richiedono l'intervento di neutroni. E allora chi ce li fornisce i neutroni?

A: Il bello è che i neutroni necessari allo sviluppo delle reazioni di fissione ce li producono gratis queste stesse reazioni. Per fissare le idee consideriamo l'uranio-235, che è usato come combustibile nelle centrali nucleari. E ricordiamo che il numero 235 rappresenta il totale dei protoni e dei neutroni contenuti nel nucleo di questi particolari atomi. Ora quando un nucleo di uranio-235 subisce la fissione, assieme ai due nuclei più leggeri si producono anche due o tre neutroni molto veloci, dotati cioè di una considerevole energia cinetica. E sono loro che poi, opportunamente rallentati, andranno a colpire altri nuclei di uranio provocandone a loro volta la fissione, in una reazione a catena.

Q: Perché mai questi neutroni si dovrebbero rallentare?

A: Perché se sono troppo veloci non possono venire assorbiti e quindi sfuggono dai loro bersagli. E del resto per rallentarli si fa in modo che essi subiscano una serie di urti contro atomi di altri elementi che non si scindono, nel corso dei quali la loro energia cinetica si trasforma in calore, che come si è detto è il prodotto essenziale delle reazioni di fissione. Si pensi che dalla fissione di appena un grammo di uranio-235 si ottiene la stessa quantità di calore che richiederebbe di bruciare tre tonnellate di carbone. Da questo calore si possono poi ottenere quasi diecimila chilowattora di elettricità, che davvero non è poco! Tornando al rallentamento dei neutroni, i materiali usati a questo scopo nei reattori nucleari sono generalmente acqua o grafite, che costituiscono il cosiddetto moderatore chiamato così perché modera la velocità dei neutroni, senza però assorbirli. E qui vale la pena di ricordare che la tecnica del rallentamento dei neutroni per aumentarne l'efficacia risale a un'idea di Enrico Fermi, messa in atto nei famosi esperimenti svolti negli anni Trenta nel vecchio istituto di Fisica di via Panisperna. Idea che condusse Fermi al premio Nobel nel 1938.

Q: Quindi per ogni nucleo di uranio che subisce la fissione si generano due o tre neutroni che possono provocare la fissione di altri due o tre nuclei di uranio e così via. Quindi con una forte crescita dello sviluppo di queste reazioni. Funziona così?

A: Non esattamente. Perché molti dei neutroni prodotti dalle reazioni sfuggono comunque o non danno luogo a fissione. L'importante è che si crei una reazione a catena equilibrata, non esplosiva, nella quale alla fissione di un atomo di uranio segua mediamente la fissione di un altro atomo e così via. In modo che la reazione si mantenga e dia luogo a una produzione di calore costante nel tempo. A questo scopo nei reattori si usano le cosiddette barre di controllo, costituite da sostanze, come il cadmio e il boro, che hanno la proprietà di assorbire i neutroni senza però

dar luogo a fissione. Queste barre sono disposte fra quelle che contengono l'uranio, ma sono mobili. Quando sono completamente inserite l'assorbimento dei neutroni da parte loro è tale che la reazione a catena non riesce a svilupparsi. Man mano che esse vengono estratte, un numero crescente di neutroni viene assorbito dall'uranio provocandone la fissione, fino a raggiungere una posizione per cui la reazione si mantiene, sviluppando una potenza costante nel tempo.

Q: A proposito di uranio, perché si parla di uranio arricchito? Cosa vuol dire?

A: L'uranio naturale proveniente dalle miniere comprende solo una piccola frazione, lo 0,7%, di uranio-235, che è la specie atomica comunemente usata come combustibile. Il resto è uranio-238, che non è utilizzabile facilmente. Nei reattori nucleari attualmente più diffusi, perché possa svilupparsi la reazione a catena occorre usare uranio arricchito, cioè contenente una percentuale maggiore di uranio-235, dal 3 al 5%. L'arricchimento è una operazione non facile dato che le due specie di uranio non possono essere separate per via chimica perché hanno le medesime proprietà chimiche. E allora si adoperano delle centrifughe che le separano sfruttando le piccolissime differenze fra la densità della specie più pesante (U238) e quella più leggera (U235).

Q: Che altro c'è da dire sui reattori nucleari?

A: Ci sarebbe ancora parecchio, ma vediamo di stringere. Diciamo intanto che le parti essenziali di un reattore – barre di combustibile, moderatore e barre di controllo - sono racchiuse in un contenitore di acciaio inossidabile chiamato vessel. Ed è qui che si sviluppa il calore utile, che va portato fuori, per azionare le turbine collegate agli alternatori che producono l'elettricità. Ciò avviene grazie ad apposite tubazioni dove, a seconda del tipo di reattore, scorre acqua oppure vapore. Il vessel, a sua volta, si trova all'interno dell'edificio di contenimento, una struttura in cemento armato molto robusta, rivestita di acciaio al suo interno e con pareti di oltre un metro di spessore. Che ha lo scopo di impedire la fuoriuscita di sostanze radioattive anche in caso di guasti e di proteggere il reattore da incidenti di origine esterna, come terremoti o azioni terroristiche. E qui ricordiamo che anni fa venne lanciato un aereo militare F4 Phantom contro una barriera di calcestruzzo armato che simulava la parete esterna dell'edificio di contenimento di un reattore. L'aereo si polverizzò, creando nella barriera una lesione di appena 6 centimetri.

Q: Ma che succede se qualcosa va storto, per esempio qualche parte del reattore non funziona e si corre il rischio di un incidente, come del resto è avvenuto in passato?

A: Prima di parlare degli incidenti voglio menzionare i sistemi di sicurezza, che mirano appunto a evitarli. Questi sistemi devono assicurare, in qualsiasi evenienza, che le reazioni di fissione possano venire interrotte e che la temperatura del combustibile nucleare non raggiunga valori pericolosi, o peggio ancora, che non si arrivi alla fusione dei materiali all'interno del reattore. Ora di questi sistemi ve ne deve

essere in funzione contemporaneamente più di uno, in modo che se uno si guasta ve ne sia un altro che possa immediatamente sostituirlo. Per esempio, alle barre di controllo a cui è affidato lo spegnimento del reattore, si accompagna un sistema di spegnimento secondario che inietta nel reattore acqua contenente boro, che assorbe i neutroni sottraendoli alle reazioni di fissione. Nei reattori più recenti, inoltre, si impiegano sistemi di sicurezza intrinseca, che sfruttano leggi naturali come la gravità e che per entrare in funzione non richiedono né energia elettrica, che può venire a mancare come è successo a Fukushima, né interventi di operatori umani, che possono commettere errori come accadde a Chernobyl.

Q: Parliamo allora degli incidenti alle centrali nucleari: gravissimi, con un gran numero di vittime e con una risonanza fortissima nei media e nell'opinione pubblica di tutto il mondo.

A: Incidenti certamente gravissimi per i danni prodotti e per le conseguenze. In particolare, per la contaminazione di vaste zone che si sono dovute evacuare e che saranno a lungo inabitabili, per l'accumulo nel suolo di atomi radioattivi, che provengono dai reattori incidentati in quanto prodotti dalle reazioni di fissione. Alcuni dei quali vi resteranno a lungo continuando ad emettere radiazioni beta e gamma, come il cesio-137 che ha un tempo di dimezzamento di circa trenta anni. Un prodotto di reazione particolarmente pericoloso è lo iodio radioattivo, perché tende ad accumularsi nella tiroide provocando varie malattie, fra cui il cancro.

Gli incidenti nucleari sono invece da ridimensionare notevolmente per quanto riguarda il numero delle vittime effettivamente accertate. Nel caso dell'incidente di Fukushima, per esempio, non si è registrata finora alcuna perdita di vite umane a causa della radioattività, e per il futuro si prevede che potrà verificarsi qualche caso di cancro, peraltro non distinguibile rispetto alla normale incidenza di questo male. Mentre lo tsunami e il terremoto hanno causato oltre ventimila vittime. E proprio lo tsunami fu la causa del disastro nucleare, interrompendo l'alimentazione elettrica delle pompe che dovevano raffreddare il reattore dopo che si era spento automaticamente al momento del terremoto.

Q: Quello che successe a Chernobyl, però, è ben diverso. E infatti si parla di centinaia di migliaia di vittime.

A: Quello verificatosi alla centrale sovietica di Chernobyl, in effetti, è stato il peggiore incidente nucleare della storia. Provocato da manovre irresponsabili di tecnici incompetenti e aggravato poi da scelte di progetto assai dubbie. Fra cui la mancanza di un adeguato edificio di contenimento, che se vi fosse stato avrebbe limitato la fuoriuscita e la dispersione di sostanze radioattive. Qui la radioattività ha provocato effettivamente numerose vittime: 47 a breve fra il personale intervenuto per lo spegnimento dell'incendio del reattore e altre 50 fra le persone colpite dal cancro alla tiroide. Altre ancora, valutate in qualche migliaio, sarebbero state causate dall'aumento di casi di cancro nel corso dei decenni successivi al disastro, però assolutamente non accertabili in pratica a causa della modesta entità di questo aumento rispetto alla normale incidenza dei tumori. Va detto tuttavia che di stime di questo genere ne

sono state fatte varie altre, tutte in realtà non verificabili a posteriori e spesso gonfiate per motivi ideologici.

Chiaramente accertati, invece, sono i danni psicologici e alla salute mentale subiti dalle popolazioni di vaste regioni attorno alla centrale disastrosa, fra l'altro soggette a una evacuazione forzata che ha riguardato circa trecentomila persone. La conseguente disintegrazione degli equilibri sociali ha condotto a un forte aumento dei suicidi, circa un migliaio, alla crescita dell'alcolismo e a un gran numero di aborti volontari per il timore di malformazioni nei nascituri, peraltro mai registrate.

Q: Si immagina comunque che tutti questi incidenti abbiano condotto a uno stop del nucleare.

A: Solo in parte e in alcune nazioni, per esempio in Germania dove si sta ricorrendo alle centrali alimentate a carbone. Perché in molte parti del mondo, soprattutto nei paesi emergenti come la Cina o l'India, vi è oggi un gran numero di reattori in fase di sviluppo. In tutto il mondo attualmente ve ne sono 72 in costruzione e 174 in corso di progettazione. I quali si aggiungono ai 435 reattori che sono attualmente in funzione. Ora le ragioni per cui si continua a ricorrere al nucleare sono varie. C'è il vantaggio della continuità di funzionamento nei confronti dell'energia solare ed eolica, che sono aleatorie e intermittenti. Le centrali nucleari, inoltre, a differenza di quelle alimentate da gas o carbone, non emettono il gas anidride carbonica che è considerato responsabile del riscaldamento globale del nostro pianeta. Gli svantaggi riguardano il forte costo iniziale di queste centrali, la lunghezza dei tempi necessari per costruirle e il rischio di gravi incidenti.

Q: ... però un po' pericolose lo sono ...

A: Su questo non c'è dubbio, ma quanto pericolose? In effetti sono stati svolti vari studi comparativi fra le diverse fonti di energia per valutare il numero di morti per unità di energia prodotta, arrivando alla conclusione che la scelta nucleare è una delle meno pericolose per la vita umana. Sembra strano, ma è proprio così. E non è il solo caso in cui la realtà dei fatti contrasta con le opinioni più diffuse. Avviene per esempio che molte persone hanno paura di viaggiare in aereo, nonostante si tratti di uno dei mezzi di trasporto più sicuri, con un numero di vittime, a parità di percorso, che è sessanta volte minore rispetto ai viaggi in automobile.

Q: E le scorie radioattive? Questo problema appare irrisolto a tutt'oggi. Con la conseguenza di lasciare una pericolosa eredità alle generazioni future.

A: Qui bisogna intanto distinguere fra la maggior parte dei rifiuti radioattivi prodotti dalle attività ospedaliere e industriali, che sono gestiti senza difficoltà ponendoli in siti controllati fino a che la loro radioattività si riduce a livelli non più pericolosi, e i prodotti delle reazioni di fissione provenienti dai reattori nucleari, la cui pericolosità permane per tempi di molte decine di migliaia di anni. Per questi ultimi la soluzione che gode di un generale consenso scientifico internazionale consiste nel confinamento geologico. Che significa utilizzare siti creati all'interno di strutture rocciose

estremamente stabili, per esempio formazioni di granito, in depositi geologici che si trovano a profondità di molte centinaia di metri. Come si sta facendo in Svezia. E qui ricordiamo che sono state proprio le barriere geologiche naturali che hanno impedito, nel corso di quasi due miliardi di anni, il rilascio verso l'ambiente della radioattività prodotta dalle scorie degli antichi reattori naturali che sono stati individuati nei giacimenti di uranio di Oklo, in Africa.

Q: Questa notizia è veramente curiosa. Hai detto proprio reattori naturali? Ma di che si tratta?

A: Si tratta di questo. Circa due miliardi di anni fa dei giacimenti di uranio, che si trovano oggi nei pressi del fiume Oklo, nello stato africano del Gabon, furono inondati da acqua. Questa svolse il ruolo di moderatore e allora si poterono innescare delle reazioni di fissione, proprio come avviene nelle centrali nucleari, grazie al fatto che in quel tempo lontano la concentrazione dell'uranio-235 nei giacimenti era decisamente maggiore di quella attuale. Le reazioni di fissione andarono avanti molto lentamente con una potenza stimata attorno a 100 chilowatt, nel corso di qualche centinaio di migliaia di anni, fino poi ad estinguersi quando la concentrazione dell'uranio-235 divenne insufficiente a mantenere le reazioni a catena. E quindi, per concludere, non solo la radioattività è un fenomeno naturale, sempre presente attorno a noi, ma persino i reattori nucleari si sono trovati in natura!

FINE

Filename: 030-La Radioattività (seconda puntata).docx
Directory: /Users/piaastone/Library/Containers/com.microsoft.Word/Data/
Documents
Template: /Users/piaastone/Library/Group
Containers/UBF8T346G9.Office/User
Content.localized/Templates.localized/Normal.dotm
Title:
Subject:
Author: Gianluca
Keywords:
Comments:
Creation Date: 25/03/2020 17:35:00
Change Number: 2
Last Saved On: 25/03/2020 17:35:00
Last Saved By: pia astone
Total Editing Time: 0 Minutes
Last Printed On: 25/03/2020 17:35:00
As of Last Complete Printing
Number of Pages: 6
Number of Words: 2.543
Number of Characters: 13.653 (approx.)