

FISICAST

per
SxT

Marie Curie

di
Gianvittorio Pallottino



Marie Curie

Gianvittorio Pallottino

Abstract:

Ci sono personaggi che hanno contribuito al progresso della scienza in modo straordinario. Tra questi spicca Marie Skłodowska-Curie, che comprese la natura della radioattività e la sua importanza per la fisica, la chimica e la medicina. Una storia affascinante che si svolge a Parigi fra la fine dell'800 e l'inizio del '900.

INIZIO

Ci sono personaggi che hanno contribuito in modo straordinario al progresso delle conoscenze, e che merita sicuramente ricordare. Fra questi spicca una donna eccezionale, Marie Curie, a cui dedichiamo la puntata di oggi. Ce ne parla Giovanni Vittorio Pallottino già docente del Dipartimento di Fisica di Sapienza Università di Roma.

Q: Gianvittorio, perché, fra tante figure importanti, ci vogliamo occupare proprio di Marie Curie?

A: Per le sue straordinarie doti umane di impegno, sacrificio e disinteresse, da un lato. E dall'altro per i suoi eccezionali contributi scientifici. Che aprirono orizzonti totalmente nuovi nell'esplorazione dei fenomeni della radioattività, e che nel giro di pochi anni la portarono a conseguire ben due premi Nobel.

Q: Come inizia la sua storia? Come mai lasciò la Polonia, la sua terra natale, per la Francia?

A: La vita di Marie Sklodowska, questo è il suo cognome di origine, fu tutt'altro che facile. Nata a Varsavia nel 1867, dimostrò sin dall'infanzia uno straordinario interesse per le scienze. Ma a quel tempo la Polonia era sotto il dominio russo e le donne non erano ammesse all'università. Marie allora frequentò per qualche tempo una università clandestina gestita in segreto dai patrioti polacchi. Poi decise di emigrare a Parigi, per studiare alla Sorbona dove riuscì, nonostante le forti difficoltà economiche in cui si trovava, a conseguire la laurea prima in fisica e poi in matematica. E fu ancora a Parigi che conobbe e sposò Pierre Curie, un fisico ben noto per i suoi studi sul magnetismo e per la scoperta della piezoelettricità.

Q: Piezo che? E poi che cosa c'entra con la radioattività?

A: Cosa c'entra lo vedremo presto. Quanto alla piezoelettricità si tratta di una particolare proprietà di certi cristalli, sia naturali, come il quarzo, sia artificiali, che quando vengono deformati, per esempio premendoli, generano cariche elettriche di segno opposto ai loro

estremi. Cioè producono una tensione elettrica proporzionale alla deformazione, che è sempre una frazione piccolissima della dimensione del cristallo. L'aspetto interessante è che avviene anche l'opposto: applicando una tensione ai loro estremi, questi cristalli si allungano o si accorciano. Si capisce quindi che i cristalli piezoelettrici trovano molti impieghi pratici. Per esempio vengono usati nei microfoni, oppure come generatori degli ultrasuoni usati per fare le ecografie.

Q: E la radioattività?

A: Qui occorre un breve richiamo di quanto detto nelle puntate di Fisicast che abbiamo dedicato a questo argomento. Ricordiamo infatti che nel 1896 il fisico francese Henri Becquerel aveva scoperto che i sali e i minerali di uranio emettevano una radiazione sconosciuta. Questa si manifestava producendo calore e poteva impressionare a distanza una lastra fotografica attraversando anche un foglio di metallo. Becquerel trovò poi che un gas non conduttore attraversato da questa radiazione poteva condurre l'elettricità. Ciò significa, detto in termini moderni, che la misteriosa radiazione aveva potere ionizzante, cioè strappava elettroni agli atomi del gas producendo particelle cariche: elettroni liberi, dotati di carica elettrica negativa e atomi ionizzati, ossia ioni, dotati di carica positiva. E la presenza di queste cariche rendeva appunto conduttore un gas irradiato.

Q: E Marie Curie?

A: Marie e Pierre Curie si dedicarono immediatamente allo studio della radiazione di Becquerel, che costituì l'argomento della tesi di dottorato di Marie, con l'obiettivo di comprenderne la natura. E in seguito fu proprio Marie Curie a coniare il termine radioattività per denominare questo tipo di fenomeni. Il primo risultato ottenuto fu che la misteriosa radiazione era emessa, oltre che dall'uranio, anche dall'elemento chimico chiamato torio. Ma il risultato più interessante fu che l'intensità della radiazione non dipendeva dalla natura chimica dei composti contenenti uranio o torio, che hanno proprietà chimiche e fisiche molto diverse. Dipendeva soltanto dalla quantità di uranio o torio che era presente nei composti.

Q: E questo fatto che la radiazione non dipendesse dal composto chimico indicava qualcosa di importante?

A: Se l'emissione della radiazione non dipendeva dalla disposizione degli atomi nelle molecole dei composti dell'uranio o del torio, si doveva concludere che avesse a che fare soltanto con gli atomi dei due elementi, anzi con fenomeni che riguardano l'interno di questi atomi, cioè con quello che oggi chiamiamo nucleo atomico. E questo era un contributo concettuale importantissimo, ottenuto fra l'altro in un tempo nel quale la costituzione interna degli atomi era ancora un terreno inesplorato. Il passo successivo fu la ricerca di altri elementi in grado di emettere radiazioni spontaneamente, ma non ne venne trovato nessun altro fra quelli allora conosciuti. E qui entra in ballo la piezoelettricità. Perché lo strumento usato da Marie Curie per stabilire la radioattività delle sostanze in esame sfruttava appunto le minuscole deformazioni di un cristallo piezoelettrico in presenza delle cariche elettriche create dall'effetto ionizzante della radiazione.

Q: Mi sembra però di ricordare che a un certo punto i coniugi Curie si procurarono dei minerali per studiarne la radioattività.

A: Ricordi molto bene, perché fu proprio così che i Curie arrivarono a scoprire due nuovi elementi chimici. Ma procediamo con ordine. Esaminando la peblend, un minerale contenente uranio proveniente dalle miniere dell'attuale repubblica Ceca, Marie Curie trovò che la sua radioattività era decisamente maggiore di quella che competeva alla quantità di uranio in esso contenuto. Ciò significava che il minerale doveva contenere un elemento sconosciuto molto più radioattivo dell'uranio. La radioattività di questo nuovo elemento doveva essere eccezionalmente elevata, poiché la sua presenza doveva essere trascurabile, visto che era sfuggita alle analisi chimiche svolte fino allora sulla composizione della peblend. E quindi era necessario disporre di grandissime quantità di questo minerale per esaminarne i contenuti e provare ad estrarne il nuovo elemento.

Q: Come fecero i Curie a procurarsi queste grandi quantità di minerale?

A: In effetti la peblend era un minerale piuttosto costoso e quindi inaccessibile ai Curie che disponevano soltanto di risorse limitatissime. Ma l'interesse per le loro ricerche era tanto grande che l'Accademia austriaca delle scienze decise di mettere a loro disposizione sette tonnellate di minerale di scarto, dal quale erano stati estratti gli elementi di maggior pregio. Questo minerale, mescolato ad aghi di pino ed altri detriti vegetali, si trovava abbandonato in una foresta nei pressi della miniera. Quando fu esaminato, risultò più radioattivo della peblend, da cui proveniva come scarto di miniera.

Q: Immagino che per estrarre minuscole quantità di elementi sconosciuti da sette tonnellate di minerale abbia richiesto parecchio lavoro.

A: Infatti. Questo lavoro consisteva prima nell'eliminare dal minerale i detriti vegetali e poi nel trattarlo chimicamente per estrarne la parte radioattiva, sfruttando il fatto che le sue proprietà chimiche erano simili a quelle del bismuto e del bario. Un lavoro veramente estenuante, svolto soprattutto da Marie Curie, che consisteva nel trattare ogni volta a lungo una ventina di chilogrammi di minerale per estrarne chimicamente una minuscola frazione. Ripetendo poi questo lavoro centinaia di volte fino ad esaurire tutto il materiale a disposizione. Tutto ciò, lavorando in un ambiente di fortuna che era gelido d'inverno e caldissimo d'estate, e dove addirittura penetrava la pioggia. Ma il risultato fu eccezionale, perché condusse alla scoperta di due nuovi elementi chimici, entrambi fortemente radioattivi.

Q: E allora dicci finalmente di che cosa si tratta.

A: La prima scoperta, annunciata in un lavoro del 1898, quello nel quale per la prima volta venne usato il termine radioattività, riguardava un nuovo elemento, che aveva proprietà simili a quelle del bismuto. Ad esso Marie Curie volle dare il nome di polonium (polonio in italiano), per ricordare la sua patria. Questo elemento, come si è detto, è molto radioattivo, centinaia di volte più dell'uranio, e si trasforma in piombo con un tempo di dimezzamento relativamente breve, di circa 138 giorni. E si tratta di una sostanza fortemente radiotossica, la stessa che nel 2006 venne propinata a Londra al dissidente russo Aleksandr Litvinov per ucciderlo.

Q: Fermati un attimo. Hai parlato di tempo di dimezzamento. Che cosa significa?

A: Hai ragione, dobbiamo un po' ricapitolare questi argomenti. Ricordiamo allora che alcune specie di atomi, quelli chiamati radioattivi come appunto l'uranio o il torio, sono intrinsecamente instabili nel senso che prima o poi si trasformano in atomi diversi. Più precisamente la radioattività consiste nella trasformazione spontanea di un atomo di una certa specie in uno di un'altra, che è accompagnata dall'emissione di energia nella forma di radiazioni. Ora se si considera un buon numero di atomi radioattivi, si trova che dopo un tempo caratteristico di quella specie, chiamato tempo di dimezzamento, se ne sarà trasformata all'incirca la metà, dopo due tempi di dimezzamento la metà dei rimanenti e così via. Ma tutto questo i Curie ancora non lo sapevano.

Q: E allora torniamo al seguito di queste scoperte.

A: Proseguendo nel loro titanico lavoro di separazione ed estrazione, i coniugi Curie, alcuni mesi dopo la scoperta del polonio, trovarono un altro nuovo elemento fortemente radioattivo. Questa volta si trattava di un metallo con proprietà chimiche simili a quelle del bario, a cui venne dato il nome di radium (radio, in italiano). Aggiungiamo anche che un terzo elemento radioattivo, l'attinio, venne poi scoperto dal fisico francese André-Louis Debierne grazie alle tecniche sviluppate dai Curie. Ora però gli scienziati dovevano affrontare il fatto che questi elementi, in particolare il radio, si comportavano in modo stranissimo, spiegando come fosse possibile che emettessero in continuazione luce e calore come se ne avessero una riserva inesauribile. L'emissione era tale che le sostanze radioattive si riscaldavano spontaneamente portandosi a temperature decisamente maggiori di quella dell'ambiente. E allora ci si chiedeva: da dove proviene questa energia?

Q: Già, da dove proveniva tutta questa energia? Poteva forse darsi che fra le proprietà inconsuete delle sostanze radioattive rientrasse anche la violazione del principio fondamentale della conservazione dell'energia?

A: No, perché, come scrisse Marie Curie in un lavoro del 1903, alla conservazione dell'energia non si poteva rinunciare. Si poteva pensare invece che il radio non creasse energia, ma ne ricevesse continuamente dall'esterno, nella forma di una radiazione ancora sconosciuta, e poi la riemettesse. Oppure si poteva pensare che gli atomi del radio disponessero di una grande riserva interna di energia dalla quale attingere continuamente. Ma allora, come scrisse ancora Marie Curie, "siamo portati a credere che questa sostanza non resti immutata, come ci appare, ma sia sottoposta a cambiamenti estremamente lenti". E proprio in questo si trovava la spiegazione, cioè nella graduale trasformazione del radio in altri elementi, con una perdita di massa corrispondente all'energia sviluppata. Come si capì meglio in seguito sulla base della famosa equazione di Einstein riguardante l'equivalenza di massa ed energia, alla quale abbiamo dedicato la puntata intitolata E uguale emmeciquadro. Del resto la breve vita dei campioni di polonio dimostrava che gli atomi delle sostanze radioattive subivano qualche trasformazione e che questo imponeva di abbandonare l'ipotesi della invariabilità degli atomi, che al tempo era un fondamento della fisica.

Q: Molto bene, ma non ci hai detto nulla sui riconoscimenti ottenuti dai Curie. Per esempio a proposito dei premi Nobel.

A: Proprio nel 1903, la scoperta e gli studi sulla radioattività portarono all'assegnazione del premio Nobel per la fisica allo scopritore Becquerel, a Marie Curie e a Pierre Curie. E Marie Curie fu la prima donna a ricevere questo premio. In effetti la proposta iniziale dell'Accademia svedese delle scienze prevedeva di premiare soltanto Becquerel e Pierre Curie. Ma Pierre, che ben conosceva il contributo essenziale di Marie, suggerì all'accademia di includere anche lei fra i vincitori. Marie Curie conseguì poi un secondo premio Nobel nel 1911, questa volta per la Chimica, come scopritrice di due nuovi elementi chimici. E in effetti nei procedimenti per estrarre ed isolare il polonio e il radio i Curie, in particolare Marie, avevano utilizzato tecniche chimiche molto raffinate. In quest'ultima occasione Pierre Curie, che era scomparso qualche anno prima, non poté figurare fra i vincitori in base alla regola per cui il premio può essere assegnato soltanto a persone viventi. Ricordiamo anche che Marie Curie in quegli anni fu chiamata ad insegnare alla Sorbona. E anche qui fu la prima donna a ricevere questo prestigioso incarico.

Q: Ora ho un quesito che mi pare importante. I coniugi Curie e gli altri sperimentatori del tempo si erano accorti o no della pericolosità delle sostanze radioattive?

A: Precisiamo innanzitutto che queste sostanze sono effettivamente pericolose per la salute soltanto quando sono fortemente radioattive. Per esempio noi viviamo tranquillamente anche se il nostro corpo contiene una non trascurabile quantità di elementi radioattivi, come del resto avviene in tutto quello che ci circonda, incluso il cibo. E di questo ne abbiamo parlato diffusamente in una puntata precedente. Ma la mia risposta al tuo quesito è: no. I primi sperimentatori non conoscevano gli effetti sulla salute delle sostanze fortemente radioattive, sicché le maneggiavano senza precauzioni. E del resto si trattava di pericoli invisibili perché tali sono le radiazioni che esse emettono. Questa scarsa attenzione, in realtà, durò per parecchi decenni. Era così anche all'epoca della famosa vicenda dei ragazzi di Via Panisperna, negli anni Trenta del secolo scorso, come ci raccontava il grande Edoardo Amaldi.

Q: Capisco che questa disattenzione da parte dei primi sperimentatori era praticamente inevitabile. Ma ci furono delle conseguenze?

A: Altro che! Le conseguenze ci furono, e anche gravissime. Per esempio Marie Curie nell'ultima parte della sua vita fu colpita da una anemia aplastica, della quale morì nel 1934, quasi certamente contratta a causa della sua prolungata esposizione alla radioattività. E alla morte di Pierre Curie in un incidente stradale, avvenuta nel 1906, contribuì certamente lo stato di profonda debolezza nel quale egli si era venuto a trovare a causa delle radiazioni. Tempo prima lo stesso Pierre Curie si era procurato un forte bruciatura su un braccio dove aveva tenuto per alcune ore un campione di sali di radio per studiarne gli effetti. E a seguito di questo esperimento aveva proposto di usare le radiazioni per curare il cancro, antesignano della radioterapia della quale si è parlato in una precedente puntata.

Q: Poco dopo questi fatti scoppiò la Guerra mondiale. Cosa avvenne di Marie Curie?

A: Siamo nell'estate del 1914. Poco dopo l'inizio del conflitto le truppe tedesche cominciano a marciare verso Parigi. Il primo pensiero di Marie Curie è quello di porre in salvo i campioni di radio che aveva messo da parte per continuare le sue ricerche, portandoli a Bordeaux, lontano da Parigi. Subito dopo ella si mette a disposizione del governo per sfruttare le conoscenze scientifiche sui raggi X negli ospedali militari. Riesce così a creare una flotta di decine di furgoni attrezzati con la strumentazione necessaria per eseguire radiografie, che vennero chiamati Petit Curie. Nonostante le sue precarie condizioni di salute, impara a guidarli e con uno di essi, dopo aver seguito un corso di anatomia, nell'autunno del 1914 si reca al fronte. Qui presta la sua opera in prima persona, salvando un gran numero di vite grazie alla rapidità con cui i raggi X consentivano di localizzare le schegge dei proiettili nei feriti. Ma va menzionata anche un'altra sua opera, quella relativa all'impiego del radon.

Q: Prima però ci devi dire che cosa è questo radon.

A: Marie Curie aveva osservato che dal radio e dai suoi composti si sviluppava lentamente un gas fortemente radioattivo, inodore e insapore come l'aria, ma più pesante dell'aria. Questo gas venne chiamato emanazione, ma il nome con cui è noto oggi è radon. Lo si trova in molte abitazioni, nelle cantine e nei piani inferiori, in quanto prodotto dalla trasformazione del radio a sua volta proveniente dalle piccole quantità di uranio presenti nel terreno e nei materiali da costruzione. E qui occorre attenzione perché il radon diventa molto pericoloso per la salute quando la sua concentrazione supera determinati livelli. Ma torniamo a Marie Curie, che mise a disposizione degli ospedali il radon ottenuto dal radio, dopo averlo sigillato in tubicini di vetro. L'impiego terapeutico consisteva poi nel posizionare i tubicini sulle parti del corpo dei pazienti dove si trovavano i tessuti malati.

Q: Questi procedimenti furono mai brevettati?

A: In effetti l'industria era molto interessata alla produzione del radio, in vista dei suoi impieghi terapeutici. E siccome questo elemento veniva ottenuto dai minerali con i procedimenti di estrazione e raffinazione che avevano sviluppato e messo a punto i coniugi Curie, sarebbe stato più che ragionevole brevettare questi processi. Ma Marie e Pierre non vollero farlo perché erano entrambi degli idealisti. E infatti fornirono alle industrie interessate tutte le indicazioni necessarie a produrre il radio dal minerale. Con la stessa generosità con cui più volte fornirono preziosi campioni radioattivi ai colleghi impegnati nelle ricerche sulla radioattività.

Q: E il famoso Institute de Radium?

A: Questa istituzione, in seguito chiamata Istituto Curie, è un centro di ricerca di altissimo livello che fu creato da Marie Curie per svolgere ricerche sui due fronti della fisica della radioattività e degli impieghi terapeutici, a tale scopo avvalendosi anche di un ospedale specialistico. Menzioniamo soltanto un risultato importantissimo. Cioè la scoperta della radioattività artificiale, che nel 1935 valse il premio Nobel per la Chimica a Eva Curie, figlia di Marie e di Pierre, e a suo marito Frederic Joliot. Questi due

scienziati, bombardando alcuni elementi con nuclei di elio, ossia particelle alfa, ne ottennero la trasmutazione in isotopi radioattivi di altri elementi.

Q: Fermati un momento e spiegaci cosa sono questi isotopi.

A: Di un dato elemento chimico esistono delle varietà, che differiscono perché nei nuclei dei loro atomi si trova un numero diverso di neutroni. Il caso più noto è quello dell'idrogeno, che ha tre forme diverse: l'idrogeno normale, il cui nucleo è privo di neutroni, il deuterio, che è dotato di un neutrone, e infine il trizio, che ne possiede due. Queste varietà si chiamano isotopi, che in greco significa "stesso posto", per indicare che tutte le varietà di un dato elemento occupano la stessa posizione nella tavola periodica degli elementi, perché hanno proprietà chimiche identiche. Alcuni di questi isotopi sono stabili, altri radioattivi.

Q: E allora torniamo alla scoperta della radioattività artificiale

A: Quello che i coniugi Joliot-Curie trovarono, era che colpendo con nuclei di elio gli atomi di certi elementi si otteneva una radioattività che si manteneva nel tempo dopo aver interrotto il bombardamento. Tale risultato si poteva spiegare soltanto ammettendo che questi atomi fossero stati trasformati in isotopi di altri elementi, e in isotopi radioattivi. In particolare, i due scienziati trovarono che irraggiando un foglio di alluminio, alcuni dei suoi atomi si trasformavano in fosforo radioattivo, un isotopo del fosforo non presente in natura. Con questa tecnica divenne possibile ottenere isotopi radioattivi di vari elementi chimici, che trovarono numerosi impieghi utili, sia in campo medico che in altri settori. E qui va menzionato il fatto che non è facile ottenere l'urto fra un nucleo di elio e un altro nucleo atomico, dal momento che sono entrambi carichi positivamente e quindi tendono a respingersi. Fu una straordinaria intuizione di Enrico Fermi quella di realizzare la radioattività artificiale non usando un proiettile elettricamente carico ma uno neutro, cioè un neutrone. Tecnica che in quegli anni portò a ad ottenere un gran numero di nuovi isotopi radioattivi. E che pochi anni dopo avrebbe aperto la porta alla fissione nucleare dell'uranio e alle centrali nucleari. Ma di questo abbiamo già parlato in precedenti puntate di Fisicast.

FINE