

**FUSIONE FREDDA: un osservatorio privilegiato  
sulla dinamica del rapporto tra scienza e società.  
di  
Antonella De Ninno, ricercatore ENEA Frascati**

L'annuncio di una produzione di energia di sospetta origine nucleare in una cella elettrolitica, nel marzo del 1989, mise in fibrillazione la comunità scientifica per alcuni mesi perché sembrava sfidare tutte le certezze condivise dalla comunità dei fisici. Si sosteneva infatti da un lato di poter osservare reazioni nucleari di fusione in un metallo a temperatura ambiente con una trascurabile emissione di radiazioni, dall'altro di poter produrre significative quantità di energia termica con una attrezzatura di grande semplicità e dal costo limitato.

La fusione nucleare è una fonte di energia poiché, nell'ambito dei nuclei leggeri, l'energia di un nucleo composto è minore della somma delle energie dei nuclei componenti. Il "difetto" di energia viene reso così disponibile. Tale meccanismo è alla base del funzionamento del Sole che produce energia "di fusione" permettendo così l'esistenza della vita sulla Terra. La possibilità di imitare il Sole da anni affascina gli scienziati i quali si sono provati a riprodurre la reazione di fusione più semplice, ovvero la reazione che porta alla fusione di due nuclei di Idrogeno (l'elemento più semplice formato soltanto da un protone ed un elettrone) e produrre energia. Tuttavia i nuclei atomici si presentano come cariche positive mutuamente repulsive a causa della forza di interazione elettrostatica, forza che diventa tanto più grande quanto più i nuclei si avvicinano. Nelle stelle l'immane pressione esercitata dalla massa stellare fa aumentare la temperatura dei gas che le compongono fino a centinaia di milioni di gradi, impartendo così a ciascun nucleo una energia di agitazione termica sufficiente a superare la repulsione. Sulla terra occorre evidentemente comunicare l'energia necessaria per compiere il processo di avvicinamento dei nuclei altrimenti. Il problema è stato "brillantemente" risolto con la forza nelle bombe all'Idrogeno, le bombe H, dove una esplosione nucleare basata sul processo di fissione di Uranio arricchito o Plutonio, comunica ad una "pastiglia" di Idrogeno l'energia necessaria ad innescare il processo di fusione liberando una energia distruttiva. Molto più difficile appare invece controllare il processo di produzione di energia attraverso la fusione. Da oltre 50 anni sono in corso studi basati sul confinamento di gas molto caldi di nuclei (plasmi). I gas vengono riscaldati attraverso il bombardamento con radiazioni elettromagnetiche o fasci di atomi neutri e devono essere tenuti distanti dalle pareti del contenitore, che altrimenti finirebbe per essere distrutto, mediante l'uso di potenti campi magnetici. Appare evidente che i problemi tecnologici da risolvere sono di grande complessità e l'apparato di ricerca coinvolto su questa tematica assorbe migliaia di ricercatori in tutto il mondo con investimenti dell'ordine di migliaia di miliardi di lire all'anno.

In questo quadro appare chiaro perché la possibilità di avere una reazione di fusione a temperatura ambiente e con una attrezzatura tanto complessa quanto una banale cella elettrolitica, dal costo di qualche centinaio di migliaia di lire abbia generato prima una attenzione spasmodica e poi, subito dopo, una rabbiosa reazione di incredulità e scherno da parte della comunità dei fisici nucleari. Nel giro di pochi mesi i più prestigiosi laboratori scientifici del mondo anglosassone, i laboratori dell'UK Atomic Energy Authority di Harwell in Inghilterra, il Caltech in California solo per citarne alcuni, si attivarono per riprodurre l'esperimento proposto da Fleischmann e Pons (F&P). E nel giro di poche settimane arrivarono alla conclusione che l'esperimento non poteva essere riprodotto, dunque era basato su presupposti errati, errata interpretazione dei dati sperimentali, errata metodologia scientifica. L'avventata comunicazione di Fleischmann e Pons alla stampa, si poteva addirittura configurare come frode! Va aggiunto per completezza che i due ricercatori "incriminati" non erano certo dei neofiti: Martin Fleischmann è un notissimo e stimato

elettrochimico, Professore Emerito dell'Università di Southampton e membro della Royal Academy of Science britannica con all'attivo numerosissime pubblicazioni e Stan Pons, suo allievo, era allora ricercatore presso l'Università dello Utah dove era stato realizzato l'esperimento.

Da quel momento si aprì una disputa sulla riproducibilità degli esperimenti di fusione fredda destinata a trascinarsi fino ad oggi anche se, nel corso degli anni la polemica si è andata meglio definendo.

La richiesta di riproducibilità degli esperimenti è intrinseca alla corretta applicazione del metodo sperimentale che sta alla base della scienza moderna.

Nel caso della fusione fredda la fretta di F&P di comunicare i risultati e la fretta dei loro critici di confutarli fu tale da non consentire loro di individuare la corretta procedura per la replica dell'esperimento. L'articolo inviato al Journal of Electroanalytical Chemistry nel marzo 1989 risulta, ad una lettura attuale, piuttosto scarno nella descrizione, si parla di celle elettrolitiche con soluzione di acqua pesante ( $D_2O$ ), catodi di Palladio in forma di fogli di alcuni millimetri di spessore, barrette da 1 a 4 millimetri di diametro e 10 centimetri di lunghezza e cubetti di 1 centimetro di lato e rese di energia di 10 Kwatt per centimetro cubo di Palladio. Non c'erano dettagli sulle procedure sperimentali, né veniva specificato il quantitativo di Deuterio che era stato necessario introdurre nel metallo prima che la reazione avesse luogo. Quasi contemporaneamente Steven E. Jones, un fisico di un'altra Università dello Utah, confermava in un articolo sulla prestigiosa rivista Nature, i risultati di F&P mediante la misura di frammenti nucleari prodotti della reazione di fusione durante l'infusione elettrolitica di Deuterio in elettrodi metallici di Palladio o Titanio. Jones non riportava misure di generazione di energia ma soltanto misure nucleari di "prodotti" di reazione.

Sorprende, a guardarla oggi la cronologia degli eventi: nel giro di 6 mesi comparvero in letteratura decine di articoli di stroncatura dei lavori di Fleischmann & Pons e di quello di Jones, quest'ultimo smise poco tempo dopo di occuparsi di fusione fredda. E' stupefacente pensare di riprodurre un esperimento di cui non sono ancora note le basi teoriche: dal reperimento delle giuste apparecchiature alla definizione del protocollo di misura, alle calibrazioni soltanto in pochi mesi di tempo. Alla luce di quello che sappiamo oggi le raffinate misure calorimetriche dei laboratori inglesi e le sofisticate misure nucleari delle università americane, appaiono come i tentativi di chi, avendo realizzato un meraviglioso impianto per la misura dei gas di scarico di una automobile, non sa se in realtà la misura è stata fatta a motore acceso o spento.

Fatto sta che nel marzo del 1990, quindi dopo 1 anno dallo storico annuncio la comunità scientifica decretò l'addio all'"incidente" della fusione fredda con un secco articolo sul numero di marzo di Nature.

Ha detto giustamente Martin Fleischmann: *"La sola domanda che ci si può porre è: chi potrebbe volere il successo di questa ricerca?"*.

Nessuno può convincere uno scienziato che ciò che ha osservato personalmente nel suo laboratorio non è reale quando egli sia convinto di aver preso tutte le precauzioni necessarie per una corretta osservazione. Così la ricerca è andata avanti in pochi, sparuti laboratori un po' in tutto il mondo compatibilmente con i margini di libertà concessi ai ricercatori nelle diverse istituzioni scientifiche, anzi, per esattezza, in maniera inversamente proporzionale al loro grado di organizzazione, aspetto che ha incidentalmente favorito il sistema scientifico italiano nel guadagnare una posizione di preminenza nella ricerca sulla fusione fredda.

L'anomalia di questo fenomeno sta soprattutto nel fatto di essere "inaspettata". La sua mancata previsione da parte delle teorie fisiche generalmente accettate, del paradigma scientifico dominante, è stata confusa con la sua "impossibilità" all'interno di quel paradigma. Ma, si può dimostrare che, anche in questo caso si è trattato di una derivazione frettolosa.

La reazione nucleare di fusione è stata lungamente studiata come processo che coinvolge due atomi di deuterio che si avvicinano fino a collidere e a fondersi, appunto, generando un nucleo più grande ma instabile che si rompe in frammenti che sfuggono via portandosi appresso un po' di energia. I frammenti sono ben noti ai fisici nucleari che sono abituati a considerarli come l'unica firma della avvenuta reazione nucleare. Non esisteva nel 1989, nessun motivo di dubitare che queste modalità di reazione valessero non soltanto nel vuoto ma anche nella materia condensata, ad esempio all'interno di un pezzo di Palladio, si cercavano perciò, come prodotti della reazione nucleare, i frammenti che usualmente si osservano nelle reazioni che avvengono quando due atomi di deuterio collidono in un plasma, ossia in un gas denso di atomi "caldi". L'impresa si rivelò però un'esperienza altamente frustrante, perché, a causa della cattiva conoscenza del problema, i risultati erano sporadici e le quantità di "frammenti" osservate erano del tutto incongruenti con le quantità di calore misurato. Questo aspetto, da un lato alimentava le critiche sulla presunta "irriproducibilità" del fenomeno e dall'altro veniva preso a pretesto per dimostrare l'impossibilità della reazione a temperatura ambiente.

In realtà, spesso nella storia della scienza, dei fatti osservati sperimentalmente hanno mostrato l'inadeguatezza del paradigma dominante il quale non va totalmente rigettato ma ampliato con l'integrazione di un diverso punto di vista (è il caso dell'effetto fotoelettrico che ha portato ad affiancare alla visione ondulatoria della luce la visione corpuscolare efficace nella descrizione dei processi di interazione). Anche la fusione fredda non richiede di rigettare interamente la moderna teoria delle reazioni nucleari, come è stato più volte fatto credere strumentalmente, ma di affiancare a quella descrizione, valida nel vuoto, una "correzione" che tenga conto della particolarità della materia condensata.

La descrizione della materia condensata, che può essere appresa dai manuali universitari, è fondata sul postulato della "separabilità" dei moti degli elettroni e dei protoni nei nuclei. Si afferma che, vista la grande differenza nelle masse di nuclei ed elettroni (un nucleo pesa migliaia di volte di più di un elettrone), i loro moti intorno alle rispettive posizioni di equilibrio (sempre attivi nella materia per temperature diverse dallo zero assoluto) avvengono su scale di tempo molto diverse, il piccolo elettrone gira tanto velocemente intorno al nucleo che questo gli appare come fermo. Dunque un solido può essere considerato come la sovrapposizione di due strutture: i nuclei debolmente oscillanti intorno alle loro posizioni di equilibrio e gli elettroni organizzati in strutture energetiche loro imposte dalla periodicità del reticolo cristallino. Inoltre la distanza tra i nuclei nei solidi è ben 100.000 maggiore delle dimensioni di un nucleo, quindi la materia solida è fatta molto più di vuoti che di "pieni"!

In questa rappresentazione la soluzione del problema della fusione fredda appare senza speranza! Come si può pensare che due nuclei di deuterio si avvicinino al punto di fondere se stanno distanti ben 100000 volte in più rispetto a quanto richiesto perché diventino importanti le forze nucleari? Come si può pensare che le reazioni nucleari nella materia condensata seguano schemi diversi da quelli seguiti nel vuoto se la distanza tra i nuclei è tanto più grande rispetto alle loro dimensioni caratteristiche? Ammesso che si abbia comunque una reazione nucleare in un solido come è possibile che i frammenti prodotti non fuggano via trasportando con sé l'energia in eccesso e che questa energia rimanga invece nel solido riscaldandolo?

I difensori del paradigma dominante si sono sentiti in dovere di segnalare con forza che questa presunta reazione contraddiceva a quasi tutte le idee della fisica atomica e dello stato solido del XX secolo e che come tale era assolutamente impossibile!

In verità le prime teorie proposte per spiegare la possibilità di una tale reazione erano lacunose ed inverosimili e soprattutto avevano un enorme difetto: non suggerivano alcuna possibile verifica sperimentale che ne dimostrasse la validità!

Alla fine del 1989, apparve però un articolo a firma di Giuliano Preparata, Emilio Del Giudice e Tullio Bressani, rispettivamente professore di fisica teorica all'Università di Milano, ricercatore dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare e Professore all'Università di Torino, dalle caratteristiche totalmente diverse. Innanzitutto faceva delle previsioni che potevano essere verificate sperimentalmente e poi non cercava di aggirare le critiche mosse dalla comunità scientifica con artifici logici "ad hoc", ma suggeriva di ampliare la teoria della materia condensata con l'introduzione di un nuovo attore che usualmente veniva trascurato per motivi di semplicità: il campo elettromagnetico. L'introduzione di questo nuovo concetto (non del tutto nuovo nella storia della fisica moderna ma solo un po' dimenticato) chiariva meravigliosamente il quadro che avevano davanti gli sperimentatori: perché il fenomeno abbia inizio è necessario un "innesco" rappresentato da una quantità minima di atomi di deuterio da cacciare nel Palladio e, soprattutto, il frammento da cercare, la firma della reazione nucleare è diverso da quanto ci si aspetta nel vuoto.

Una teoria che presenta queste credenziali merita indubbiamente una seria attenzione da parte della comunità scientifica, ma questo non è ancora avvenuto.

A ben guardare alla base dell'obiezione mossa dalla comunità scientifica c'è una contrapposizione di natura filosofica e precisamente si tratta della reazione di una visione atomistica della natura, per cui la natura è formata dalla sovrapposizione di oggetti separabili ed interagenti mediante forze attive solo a brevi distanze, una sorta di gigantesco meccano. L'interpretazione che si trae invece dalla teoria della coerenza va ben al di là della interpretazione della fusione fredda, si tratta di una nuova interpretazione della materia condensata in cui la materia assume un carattere collettivo e coerente e le forze che tengono insieme i solidi non sono più la sovrapposizione di un sistema di molle ed uncini ma sono prodotte dall'interazione di campi elettromagnetici con l'intero sistema di molecole o atomi che li compongono. Scompare da questo quadro la cosiddetta "libertà asintotica", principio affermatosi nella fisica delle alte energie degli anni 70 per cui una qualsiasi particella, (atomo od elettrone) se indagato con una sonda di energia opportuna può essere considerato come libero anche se fa parte di una struttura complessa come un solido; è sufficiente che l'energia della sonda sia molto maggiore delle energie di legame che la tengono "incatenata" alla struttura e questa riacquista asintoticamente la sua libertà. E cos'è questa visione se non l'ambizione delle moderne società occidentali per cui se pure inserito in una struttura sociale complessa l'uomo conserva la propria individualità da cui, sola, dipende il proprio destino. La struttura sociale non è altro che la sovrapposizione di "stati" scarsamente interagenti ognuno dei quali descritto dalle proprie regole di funzionamento?

Nei sistemi coerenti invece le leggi di funzionamento di un sistema complesso emergono dalla organizzazione in strutture coerenti in cui il "destino" del singolo non è separabile dal destino dell'intero sistema. Non è lecito, credo, spingere oltre l'analogia fino al paragone con i sistemi sociali proposti dalle dottrine politiche del XIX e XX secolo, ma il contenuto "eversivo" della teoria della coerenza nella materia condensata non è secondario e la fusione fredda appare, in questa ottica, soltanto come la punta di un iceberg.

A questo punto è chiaro quale sia il valore “strategico” della fusione fredda, il suo potenziale sociale e perché abbia in questi anni coagulato forti passioni sia a favore che contro. La vicenda della fusione fredda diventa, come raramente è accaduto nella storia della scienza dell’ultimo secolo di un argomento chiave per capire in quale direzione si è incamminata la scienza moderna: una scienza di poteri forti, di potentati economici e di sostanziale isolamento culturale (chi può osare di comprendere il funzionamento del mega acceleratore di particelle o dell’impianto di prova della fusione termonucleare controllata che occupa centinaia di scienziati !). Siamo invece in questo caso di fronte ad un piccolo, economico esperimento che coinvolge solo alcuni ricercatori e che non va avanti se qualcuno decide di prendersi un periodo di vacanza !

Ovviamente c’è anche il sogno dell’energia pulita ed economica, il solito sogno di Prometeo mai confessato ma presente in ogni scienziato. Certo non per tutti sono prevalenti le motivazioni ideologiche: molti esperimenti non sono guidati da una visione di una nuova scienza della natura ma soltanto di presunte “intuizioni” che hanno come obiettivo principale produrre un brevetto che può rendere miliardario lo scopritore (a questo filone appartengono gli esperimenti ideati da alcuni “inventori” americani il cui kit sperimentale viene venduto su internet). Ma in definitiva a Martin Fleischmann va riconosciuto il merito di aver dato inizio ad una ricerca che sposa il miraggio di una fonte energetica veramente democratica alla riappropriazione del dialogo con la natura che, correttamente interrogata svelerà i propri segreti a chi sa usare “gli occhi della mente”.