

# **IL DIALOGO TRA LA TEORIA DELLA COERENZA E LA FUSIONE FREDDA**

**EMILIO DEL GIUDICE**

*INFN/Milano*

Nel marzo 1989 i giornali di tutto il mondo riportarono la notizia dell'annuncio di Martin Fleischmann e Stanley Pons sulla conseguita Fusione Fredda. La Fusione Fredda consiste nel processo per cui a temperatura ambiente i nuclei del deuterio, isotopo pesante dell'idrogeno avente un nucleo composto da un protone ed un neutrone, fondono tra loro producendo energia pari a 24 MeV (milioni di elettronvolt) per fusione, quando siano ospitati all'interno del reticolo cristallino del palladio e la loro concentrazione ecceda la soglia di un nucleo di deuterio per ogni nucleo di palladio.

A quel tempo io lavoravo con Giuliano Preparata a Milano sugli sviluppi della teoria della coerenza. La coerenza è la proprietà di un insieme di oscillatori (sia particelle materiali che modi di un campo) di muoversi con una fase ben definita, come un corpo di ballo.

Un sistema quantistico è costituito da componenti fluttuanti ognuno con una fase propria; quando queste fasi individuali si correlano in una fase di tutto l'insieme abbiamo la coerenza, la quale è mantenuta dal campo di gauge, che, nel caso degli atomi, è il potenziale del campo elettromagnetico. Le correlazioni sono mantenute da un campo che viaggia con la velocità di fase, che può ben eccedere la velocità della luce, per cui si formano regioni estese (domini di coerenza) al cui interno la dinamica è sincronica, non deve cioè propagarsi in modo causale, come accade tra particelle indipendenti, non correlate in fase.

Queste considerazioni, che allora ci erano già familiari, ci permisero di non restare vittime di quella malattia che recentemente il Premio Nobel Brian Josephson ha efficacemente definito "pathological

disbelief”, cioè miscredenza patologica, la malattia che colpisce chi crede di sapere e in realtà non sa nulla e non sa di non saper nulla.

Di fatto il fenomeno della Fusione Fredda presentava ai teorici una grossa difficoltà concettuale, che fu esposta, meglio di altri dal Premio Nobel Anthony Leggett. Nella Fusione Fredda il processo di fusione nucleare è controllato dalla dinamica del reticolo cristallino ospitante i nuclei di deuterio. La difficoltà concettuale nasce dal fatto che i tempi tipici della dinamica reticolare, dati dalle teorie convenzionali dello stato solido che prescindono dal concetto di coerenza, sono molto più grandi dei tempi tipici di un processo nucleare; come potrebbe allora una dinamica reticolare influenzare lo svolgimento di un processo nucleare?

Per noi questa difficoltà era superata dalla considerazione del reticolo come dominio di coerenza, caratterizzato da una dinamica sincronica, così come mostrato dall'esempio dell'effetto Mössbauer, che proprio allora noi stavamo studiando assieme a Tullio Bressani, che propose per la Fusione Fredda la nozione di “effetto Mössbauer inverso”.

Questo ruolo della dinamica sincronica del dominio di coerenza nel processo della Fusione Fredda implicava anche che l'energia emessa in ogni singola fusione, così come l'impulso del rinculo di ogni nucleo che decade durante l'effetto Mössbauer, appartiene all'intero dominio di coerenza e la sua emissione non dà luogo alla rottura del nucleo prodotto dalla fusione che perciò, nel caso di Fleischmann e Pons, resta elio 4.

Questa predizione ci fu subito chiara e fu formulata nel primo articolo apparso nel maggio 1989 sul Nuovo Cimento e nella relazione di Giuliano Preparata al Congresso di Salt Lake City nella primavera 1990.

La teoria della coerenza aveva un altro importante contributo da offrire. Nei domini di coerenza formati dal deuterio la fase è modificata dal potenziale del campo elettromagnetico (il famoso effetto Böhm-Aharonov); siccome la fase è anche legata al potenziale chimico dei domini, è possibile modificare il potenziale chimico (in particolare abbassarlo) attraverso un potenziale elettromagnetico esterno. Giuliano Preparata concepì questo importante risultato nel 1993, quando apprese da Martin Fleischmann gli importanti esperimenti di Alfred Cöhn del 1929-1933 sulla propagazione degli ioni idrogeno nei metalli. Fu scelto come agente il potenziale elettrico; l'applicazione di un potenziale negativo ad un catodo unidimensionale (ad esempio, un filo) avrebbe determinato un abbassamento del potenziale chimico del deuterio tale da determinare un massiccio ingresso di nuclei di deuterio nel catodo in modo da innalzare il rapporto stechiometrico

deuterio/palladio fino ai valori ai quali scattava il processo nucleare. Il potenziale applicato al filo produceva ovviamente anche una corrente elettrica, per minimizzare la quale e il conseguente impatto negativo sulla coerenza, era necessario ridurre il più possibile la sezione trasversa del filo.

Giuliano chiamò spiritosamente questo effetto “Cöhn-Aharonov” (in rima con Böhm-Aharonov), ma dopo la sua dipartita il 24 aprile 2000 noi lo abbiamo ribattezzato “effetto Preparata”.

La prospettiva di un caricamento veloce ed efficiente dei catodi di palladio fino ai valori critici per la fusione nucleare apriva una nuova prospettiva agli sviluppi della Fusione Fredda.

Per approfondire questa prospettiva si esplorò la possibilità di una cooperazione con l'industria. Preparata ebbe contatti con alcune grandi industrie, in particolare la Fiat e la Edison, in collaborazione con le quali furono compiute ricerche preliminari. In particolare nella collaborazione con la Edison fu messo a punto un metodo calorimetrico, sulla base di un suggerimento iniziale di Fleischmann, per determinare l'energia rilasciata nel processo della Fusione Fredda. Questo metodo si fondava sulla calorimetria isoperibolica e consentiva di valutare l'energia rilasciata sulla base della determinazione, ripetuta spesso durante il processo, del coefficiente che correlava l'immissione nel sistema di piccole quantità note di calore e la conseguente variazione di temperatura. In tal modo era possibile superare la difficoltà posta alla calorimetria dal fatto che l'energia prodotta dalla Fusione Fredda era rilasciata in forma radiativa in tempi brevissimi cosicché solo una piccola frazione termalizzava vicino alla sorgente ed era perciò rilevabile da un normale calorimetro. In effetti le determinazioni fondate sul metodo isoperibolico davano valori circa dieci volte maggiori delle determinazioni fatte attraverso la normale calorimetria e questa discrepanza fu all'origine di nuove epidemie di “pathological disbelief”. Il problema fu poi chiarito dagli esperimenti compiuti all'ENEA di Frascati, dove la misura del numero di nuclei di elio 4 prodotti, fatta con la spettrometria di massa, permise di risalire in modo diretto all'energia prodotta. I calori trovati erano dieci volte più grandi di quelli trovati dal calorimetro, esattamente lo stesso rapporto trovato con la calorimetria isoperibolica, che vide così rivendicata la sua esattezza.

Nel 1996 si aprì un nuovo periodo di ricerca. Fu costituita a Milano una società di ricerca denominata LEDA (Laboratorio di ElettroDinamica Avanzata) i cui soci erano Giuliano Preparata, un imprenditore triestino, il Sig. Zacchigna, la Pirelli Cavi e una società finanziaria facente capo a Massimo Moratti.

Per circa due anni questa società compì una intensa attività di ricerca. Usando l'effetto Preparata per il caricamento dei catodi e la calorimetria isoperibolica come metodo di misura dell'energia

prodotta, furono eseguite alcune centinaia di esperimenti, in cui furono provati vari layout. I risultati furono molto incoraggianti a patto di superare i pregiudizi allora ancora vigenti contro la calorimetria isoperibolica. Furono raggiunte densità di energia prodotta dell'ordine di alcuni kilowatt per centimetro cubico di catodo di palladio con un rapporto energia prodotta/energia impiegata dell'ordine di  $5 \div 10$ .

L'attività di LEDA si avvale, oltre che del contributo degli abituali collaboratori di Giuliano Preparata, anche dell'apporto di Martin Fleischmann.

L'attività di LEDA ebbe termine alla fine del 1997 per motivi finanziari, ma aprì la strada ad una nuova fase in cui la ricerca si spostò all'ENEA di Frascati. I risultati di LEDA spinsero Massimo Scalia, allora deputato dei Verdi, ad interessare l'allora Direttore Generale dell'ENEA, l'Ing. Renato Strada, per la prosecuzione di questo filone di ricerca nel laboratorio di Frascati, dove la ricerca sulla Fusione Fredda aveva già conseguito importanti risultati grazie al lavoro di Franco Scaramuzzi, Antonella De Ninno, Antonio Frattolillo, Vittorio Violante ed altri.

Questi sforzi approdarono al lancio di un nuovo programma di ricerca, centrato sul laboratorio di Frascati, che ricevette un nuovo impulso nel 1999, quando Carlo Rubbia diventò Presidente dell'ENEA.

Giuliano Preparata si trasferì a Frascati dove restò fino alla sua morte prematura il 24 aprile 2000. Il gruppo da lui diretto comprendeva, oltre a me, Antonella De Ninno, Antonio Frattolillo ed alcuni giovani laureati e studenti. Dopo la sua morte questo gruppo continuò la ricerca che si concluse nel 2002 con il conseguimento dell'obiettivo proposto, cioè la dimostrazione sperimentale che:

1. l'applicazione di un potenziale elettrico negativo ad un catodo unidimensionale di palladio determina un incremento del caricamento fino a valori del rapporto stechiometrico maggiori di 1, in accordo con gli esperimenti condotti a LEDA
2. al superamento del valore critico del rapporto stechiometrico, una quantità di calore eccedente l'energia immessa nella cella elettrolitica è rivelata da un calorimetro fondato sull'effetto Peltier
3. in concomitanza con l'apparizione di questo calore anomalo, la cui entità corrisponde ad una potenza di qualche decina di watt per centimetro cubo, appare nello spettrometro di massa un numero di atomi di elio 4 che eccede di molto il fondo ambientale. Questa quantità anomala di elio 4 è la "cenere" della reazione nucleare. L'entità della "cenere" consente di

valutare l'energia totale prodotta, che risultò essere di circa 300 watt per centimetro cubo di palladio, cioè minore dei valori trovati a LEDA.

L'esistenza del fenomeno della Fusione Fredda e le sue principali caratteristiche erano perciò conclusivamente dimostrate. Questi risultati furono comunicati nei congressi sulla Fusione Fredda tenuti a Pechino nel 2002 e a Boston nel 2003 e pubblicati nei relativi Proceedings.

Però il tentativo di pubblicare questi risultati su giornali scientifici incontrò la tenace resistenza degli editori, che opposero i più svariati motivi per negare la pubblicazione, dalla mancanza di spazio alla indisponibilità di referees competenti, spingendosi fino a chiedere che l'esperimento fosse ripetuto un gran numero di volte. In realtà anche un solo fatto anomalo richiede una spiegazione ad una mente razionale!

Questi fatti possono essere un buon materiale di studio per comprendere le dinamiche interne della società scientifica e sono state oggetto di un interessante documentario prodotto nel 2006 da Rai News 24 con il titolo "Il Rapporto 41". Il Rapporto 41 è il titolo del rapporto interno dell'ENEA con i nostri risultati.

Soltanto recentemente i nostri risultati sono stati accolti in una pubblicazione ufficiale, soggetta alla "peer review", e curata dall'American Chemical Society che apparirà nell'agosto 2008. nella bibliografia di questa pubblicazione, che è il Rif. 4 della bibliografia del presente scritto, sono contenuti i riferimenti agli articoli scientifici relativi alle ricerche di cui ho parlato finora.

La conclusione nel 2002 di questa fase della ricerca non ha prodotto ulteriori sviluppi anche a causa della mancanza di finanziamenti sia da parte dell'ENEA che da parte di altri. D'altronde la teoria della coerenza trovava applicazione in altri campi, preminente tra tutti la biologia, che ha attratto l'attenzione di alcuni di noi.

Per tornare alla Fusione Fredda, si può osservare che l'uso di catodi unidimensionali, se ha consentito il raggiungimento veloce di livelli di caricamento tali da innescare il fenomeno nucleare, presenta forti difficoltà poiché il catodo, essendo molto sottile, è fragile e si rompe facilmente in presenza di forti rilasci di calore prodotti dalla fusione nucleare. La rottura del catodo mette fine al fenomeno; negli esperimenti la vita media di un catodo non eccedeva alcuni giorni, per cui la prospettiva di un impiego pratico richiede l'elaborazione di un tipo di catodo molto più robusto, ma tuttavia ancora suscettibile di un facile caricamento usando le risorse offerte dalla teoria della coerenza. Spunti in questa direzione non mancano, ma questo appartiene al futuro

## **Bibliografia**

I riferimenti bibliografici agli articoli prodotti nell'attività di ricerca di cui si parla in questo scritto possono essere trovati nelle bibliografie dei quattro testi citati nella bibliografia seguente.

1. G. PREPARATA, *QED Coherence in Matter* – World Scientific, 1995
2. G. PREPARATA, *Dai quark ai cristalli*, Bollati-Boringhieri, 2002
3. R. GERMANO, *Fusione Fredda*, Bibliopolis, 2002. Questo testo contiene una bibliografia completa aggiornata al 2002
4. A. DE NINNO, E. DEL GIUDICE, A. FRATTOLILLO, *Evidence of Coherent Nuclear Reactions in Condensed Matter*, nel volume “Low Energy Nuclear Reactions Sourcebook, American Chemical Society Symposium Series (ed. J. Marwan and S. Krivit), Oxford University Press (agosto 2008) e le pubblicazioni citate nella sua bibliografia