

NEUTRONI VIRTUALI E MINIATOMI

IN REAZIONI LENR

(Lino Daddi)

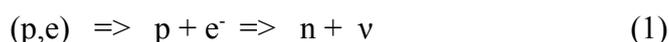
1 – L'ipotesi di neutrone virtuale è richiesta nella cattura orbitale

La cattura orbitale (generalmente cattura K) è di solito considerata un evento di interazione beta (dunque da attribuire alla forza nucleare debole). Tuttavia è facile rendersi conto che nel processo ha un ruolo anche la forza forte e che esso interessa non solo il nucleo, ma anche l'intero atomo. Per esempio non può avvenire se l'atomo è completamente ionizzato, come in certe situazioni astronomiche.

Occorre tenere presente che l'elettrone K non va sul nucleo perché attratto da esso per la forza coulombiana. Questa forza in realtà è quella che “mantiene” l'elettrone nell'orbitale K; se fosse questa a portare l'elettrone sul nucleo essa compirebbe lavoro, e l'elettrone ci arriverebbe con molta maggiore energia. Invece l'energia rimane quella che compete all'orbitale K, perché l'elettrone si porta sul nucleo per fluttuazione della sua distanza da esso, secondo la probabilità stabilita dalla Meccanica Quantistica, e conformemente al Principio di indeterminazione (P.I.).

Fra i tipici nuclei che manifestano cattura orbitale possiamo ricordare ^{40}K e ^{136}La , che sono esempi di ben differenti instabilità, essendo il ^{40}K quasi stabile (emivita di miliardi di anni) ed il ^{136}La decisamente instabile (emivita di 9.5 min). Dunque il processo di cattura K può avvenire con valori fortemente differenti della velocità di reazione.

La cattura di un elettrone orbitale da parte del nucleo può essere vista come reazione



di uno p degli Z protoni del nucleo. Il sistema (p,e) delle particelle p ed e, fra le quali, oltre all'attrazione coulombiana, agisce l'interazione debole, è da considerare come “neutrone virtuale”; esso è costituito da 1 quark up, 1 quark down ed 1 “quark down virtuale”, quest'ultimo essendo un'associazione provvisoria di un quark up ed un elettrone, fra cui agisce l'interazione debole. Il neutrone virtuale può essere pensato come un neutrone “in attesa di convalida”, cioè in attesa di ricevere la necessaria massa-energia. Esso può diventare reale in seguito all'acquisto dell'energia necessaria per la produzione del secondo quark down. Ma questa è fornita dalla forza forte, la quale TENTA di ricompattare il nucleo, e fa questo tentativo trattando il neutrone virtuale come se fosse reale.

Questa è, in dettaglio, *la successione cronologica*

- 1) L'elettrone K va sul nucleo, ma non si sa se la cattura sarà possibile.
- 2) Per sondare la possibilità di cattura, l'elettrone forma con uno dei protoni un neutrone virtuale (formando con un quark up un quark down virtuale).
- 3) Il nucleo cerca di ristrutturarsi, sostituendo il protone col neutrone virtuale *come se questo fosse reale*. Se dalla ristrutturazione, operata dalla forza forte, viene resa disponibile l'energia occorrente per il processo; l'iniziale nucleo $Nu(Z,A)$ diventa nucleo $Nu(Z-1,A)$.

La cattura orbitale comporta il successivo riassetto a catena dei gusci elettronici dell'atomo a causa della tendenza degli elettroni più esterni ad occupare i livelli più interni che via via restano liberi (con emissione di una molteplicità di fotoni aventi energia nel campo dei raggi X).

Una temporanea presenza di un elettrone K sul nucleo si deve considerare possibile per i nuclei di tutti gli atomi. *In definitiva TUTTI I NUCLEI avrebbero la possibilità di catturare un elettrone orbitale per convertire un protone in un neutrone, ma solo quelli in grado di ottenere energia dalla ristrutturazione, operata dalla forza forte (come esposto nella successione cronologica) presentano questo tipo di decadimento beta.*

2 – Miniatomi di idrogeno e neutroni virtuali

Anche l'elettrone dell'atomo di idrogeno può venire a trovarsi sul protone, soprattutto se l'atomo non è legato in molecole. Lo stato atomico (o nascente) dell'idrogeno è raro in natura; può però essere conseguito in particolari condizioni, per esempio quando l'idrogeno è assorbito entro metalli che ne favoriscono la dissociazione molecolare (meglio se finemente suddivisi, ed eventualmente in presenza di catalizzatori).

Ma la presenza dell'elettrone *sul protone* riduce fortemente, fino a dimensioni nucleari, le dimensioni dell'atomo, che diviene un "miniatomo"^[1] [2]. Così esso si comporta come una particella neutra, *capace di avvicinarsi ad un nucleo senza subire la repulsione coulombiana*. Di per sé, il miniatomo di idrogeno non ha a disposizione l'energia per diventare neutrone reale, e la sua breve vita limita la probabilità di incontrare un nucleo $Nu(Z,A)$.

Si intende che il miniatomo di idrogeno è comunque un atomo, costituito da un protone ed un elettrone separati, fra cui agisce l'attrazione coulombiana e *su cui ancora non opera l'interazione debole*. Nel *miniatomo l'elettrone risente dell'attrazione di entrambi i quark up* del nucleo e sarebbe improprio considerarlo da subito come *neutrone virtuale*. Sarebbe comunque un *neutrone virtuale libero*, a differenza del neutrone virtuale facente parte del nucleo che abbiamo considerato nella cattura K. Anche nel neutrone virtuale libero *l'elettrone* (sempre soggetto alla forza coulombiana) *interagirebbe essenzialmente con uno solo dei quark up* mediante l'interazione debole. *D'ora in poi denomineremo semplicemente "neutrone virtuale" il neutrone virtuale libero*. Ovviamente anche come neutrone virtuale il sistema compresso (p,e) è in grado di evitare la repulsione coulombiana ed avvicinarsi ad un nucleo incontrato.

Un diagramma di Feynmann simile a quello che si considera per spiegare la propagazione dei fotoni mediante un'*alternanza* fra lo stato di fotone e quello di coppia virtuale di elettrone e positrone può essere adattato a questo nostro caso: *qui l'alternanza sarebbe fra lo stato di neutrone virtuale e quello di miniatomo*. *Dopo molte alternanze la vita del (p,e) può risultare decisamente incrementata* rispetto a quella semplicemente prevedibile col principio di indeterminazione. Da questo punto di vista la distinzione fra miniatomo e neutrone virtuale appare concettualmente importante.

Quando un miniatomo di idrogeno (o un neutrone virtuale) incontra un nucleo $Nu(Z,A)$, l'esito di tale interazione può essere di diversi tipi, in particolare processi nucleari che coinvolgano sia l'elettrone che il protone (o solo il protone) del sistema (p,e).

Innanzitutto può avvenire la sola cattura del protone, mentre l'elettrone è disperso. Questa sarebbe la vera e propria reazione LENR ; essa generalmente lascia il nucleo in stato eccitato, la cui energia in eccesso può essere utilizzata per la cattura di un elettrone, sia esso uno degli Z elettroni degli orbitali dell'atomo (Z,A) oppure l'elettrone stesso del sistema (p,e). L'energia di eccitazione può servire per rendere reale il neutrone virtuale (che può essere subito assorbito dal nucleo). Il duplice assorbimento, del protone e dell'elettrone, equivale evidentemente alla cattura di un neutrone (lento), con le ben note reazioni neutroniche, soprattutto del tipo (n,γ) . Con l'energia del gamma di cattura ridotta dell'energia 0,78 MeV richiesta per la reazione $p+e=n$.

Importante è il caso in cui venga assorbito un elettrone orbitale (soprattutto del guscio K) perché tale reazione è seguita da emissione di molti raggi X dovuti alla cascata di transizioni con le quali gli elettroni atomici riempiono gli orbitali che via via si liberano. Il loro assorbimento contribuisce al calore complessivamente prodotto.

3 – Altre ipotesi di generazione di miniatomi o neutroni virtuali

Nel recente passato sono state avanzate, come meccanismo di superamento della repulsione coulombiana, varie ipotesi di formazione di miniatomi (differenti da quella sopra esposta) ed anche di neutroni virtuali.

Da segnalare il miniatomo proposto da WIDOM e LARSEN [3], basato su un possibile incremento della massa dell'elettrone atomico (elettrone rivestito, o pesante) a seguito di locali fluttuazioni del campo elettromagnetico. Secondo W e L il rapporto $\beta = m_i/m_0$ fra la massa incrementata m_i e la massa di riposo m_0 deve avere un valore almeno uguale a 2.53 per rendere positivo il Q della fusione $p+e=n$. Alla fine si trova un neutrone molto lento.

DUFOUR [4] aveva ideato invece l'*hydrex*, anch'esso miniatomo, che si formerebbe nei solidi permeati di idrogeno per effetto di intensi campi elettromagnetici. L'*hydrex*, secondo il suo ideatore, dovrebbe avere un ruolo importante nelle reazioni LENR, nelle quali interverrebbe l'interazione nucleare debole e l'emivita sarebbe di alcuni giorni. Se il protone fosse catturato insieme all'elettrone del miniatomo, si avrebbe un evento equivalente alla cattura di un neutrone con emissione di gamma di cattura.

MILLS [5] fornì con la sua teoria universale una base teorica che consente all'elettrone di avvicinarsi strettamente al nucleo, formando il cosiddetto "*hydrino*". La cosa richiederebbe idrogeno allo stato atomico ed un catalizzatore (potassio o ioni di stronzio). Per questo miniatomo i raggi consentiti obbediscono alla relazione: r_0/n , con n intero da 1 a 137.

Secondo HEFFNER [6] un quark UP del nucleo di idrogeno, essendo positivo, ha la possibilità di porsi al centro di uno "stato collassato" dell'atomo. L'interazione debole è poco probabile con tali stati collassati (instabili e troppo brevi). Tuttavia, in seguito alla combinazione con un altro nucleo (per tunneling) produce un nucleo risultante con un elettrone intrappolato il quale determina un tempo aggiuntivo perché avvenga la reazione debole.

Diversa la proposta di STREMMENOS [7], secondo cui non atomi di idrogeno, ma protoni, si diffondono nei difetti della struttura cristallina del Ni. Così catturerebbero elettroni formando miniatomi instabili (durata 10^{-18} sec) e sarebbero subito catturati da nuclei di Ni. Le loro dimensioni ($< 10^{-14}$ m) consentono un avvicinamento corrispondente, fino a rendere predominanti le forze nucleari di coesione.

Formazione di neutroni virtuali è stata considerata da MILEY [8] per giustificare le reazioni LENR nei solidi.

4 – Reazioni di fusione fredda nel reattore di Focardi e Rossi

Nel reattore di FOCARDI e ROSSI [9] sono presenti nichel in polvere e idrogeno gassoso; viene riferita l'aggiunta di un “catalizzatore”, non meglio identificato. Poiché viene prodotto calore in quantità molto superiore a quanto sarebbe da attendersi da reazioni chimiche, esso dovrebbe provenire da reazioni nucleari a freddo (LENR) fra nuclei di nichel ed idrogeno. La riduzione in polvere del nichel facilita ovviamente gli incontri fra questi nuclei rispetto ad analoghi esperimenti che utilizzavano il nichel in barrette (come nei primi esperimenti a Siena[10]).

E' impensabile che l'idrogeno possa reagire restando in forma molecolare, dunque dovrebbe prodursi una preventiva dissociazione in atomi singoli. A questo probabilmente provvede il catalizzatore, per esempio, potassio o stronzio (ma lo stesso nichel può, in parte, servire allo scopo).

Nella presente rassegna terremo conto della notevole differenza fra l'abbondanza naturale degli isotopi maggioritari del nichel (massa 58 al 67,6% e massa 60 al 26,2 %) e la scarsa abbondanza degli altri isotopi stabili. Faremo cioè l'ipotesi che le reazioni nucleari che avvengono siano essenzialmente quelle del ^{58}Ni e del ^{60}Ni : $^{58}\text{Ni} + p = ^{59}\text{Cu}$ e $^{60}\text{Ni} + p = ^{61}\text{Cu}$.

La tabella che segue ci aiuterà nella discussione.

		^{59}Co				
^{58}Ni 67,6 %	^{59}Ni ϵ 8 10^4 y	^{60}Ni 26,2 %	^{61}Ni 1,25 %	^{62}Ni 3,66%	^{63}Ni β^- 8 y	^{64}Ni 1,16 %
^{59}Cu β^+/ϵ 51 s	^{60}Cu β^+/γ 24 m	^{61}Cu β^+/ϵ 3,3 h	^{62}Cu β^+ 9,8 m	^{63}Cu	^{64}Cu β/ϵ 13 h	^{65}Cu

La condizione di miniatomo o di neutrone virtuale consente al sistema protone/elettrone di avvicinarsi ad un nucleo di nichel superando la barriera coulombiana, che ovviamente avrebbe effetto repulsivo fra protone e nucleo di nichel.

Quando un nucleo di Ni assorbe solo il protone senza catturare anche un elettrone si ottiene un nucleo di rame immediatamente sottostante nella tabella dove, a caratteri rossi, sono distinti gli isotopi radioattivi, mentre quelli stabili sono in nero. L'emivita dei nuclei di rame radioattivi è breve, tanto da consentire loro, decadendo, di contribuire al calore prodotto nel reattore.

Dalla tabella si vede che da ^{62}Ni e ^{64}Ni la cattura del solo protone porta alla formazione di nuclei stabili del rame (^{63}Cu e ^{65}Cu , il cui rapporto isotopico così risulta così variabile nel tempo e pertanto in generale è differente da quello naturale). Rossi e Focardi hanno in effetti verificato una differenza (1,6 anziché il valore naturale di 2,24). Questo risultato è importante dal punto di vista concettuale, ma probabilmente poco significativo agli effetti del calore svolto, perché gli isotopi coinvolti sono, come abbiamo rilevato, decisamente minoritari.

In generale i nuclei di rame ottenuti per assorbimento del protone si formano in stato eccitato. La diseccitazione comporterebbe emissione di raggi gamma, ma l'eccesso di energia può consentire invece una cattura orbitale: cioè la cattura di un elettrone orbitale da parte del nucleo. Molti di questi nuclei eccitati possono catturare quasi immediatamente un elettrone K *del proprio atomo*.

Per gli isotopi più abbondanti i risultati finali di queste catture protoniche seguite da catture orbitali sarebbero nuclei di ^{59}Ni (quasi stabile, che via via si va accumulando) e ^{61}Ni (stabile).

Occorre ricordare che la cattura di un elettrone dell' orbitale K ad opera dei un nucleo di rame eccitato dopo l'assorbimento di un singolo protone non è una radioattività beta, ma segue immediatamente la reazione di assorbimento del protone. La cattura lascia un vuoto nell'orbitale K, con conseguente cascata degli elettroni atomici da gusci esterni a riempirlo. I conseguenti raggi X, facilmente schermabili, potrebbero dare un contributo non trascurabile al calore svolto nel reattore.

Quando viene catturato l'intero sistema (p,e), essendo questo evento equivalente alla cattura (n, γ) di un neutrone termico, molto spesso, come si vede dalla tabella, viene prodotto un nucleo stabile di Ni. A parte il ^{59}Ni che, avendo tempo di dimezzamento di quasi 105 anni, può essere considerato stabile (ed è radioattivo per cattura K).

Comunque, oltre che nella cattura K, ogni altra volta che l'assorbimento del protone è seguito da quello di un elettrone (per es. elettroni di conduzione) il nucleo finale, immediatamente a destra nella riga della tabella che contiene gli isotopi del nichel, risulta quasi sempre stabile.

5 – Produzione di neutroni in reazioni LENR

La prima idea di miniatomo fu forse quella di DON BORGHI [10]. Egli ipotizzò un legame fra elettrone e protone, diverso da quello coulombiano, capace di rendere il sistema (p,e) equivalente ad un neutrone (neutroide). A conferma di questa ipotesi Egli osservò all'esterno della cella dove avveniva una scarica in gas idrogeno molte attivazioni di rivelatori usualmente adoperati per

neutroni termici. L'intensità della sorgente neutronica calcolabile da queste attivazioni era

significativa: almeno 10^4 n/s. Fra i rivelatori attivati ce n'erano alcuni caratterizzati da lunghe emivite; per la loro osservazione l'emissione neutronica dovette essere stata lunga ed abbastanza stabile.

In alcuni esperimenti di fusione fredda nei sistemi Ni-H effettuati dal gruppo PIANTELLI / FOCARDI [11] a Siena, neutroni abbastanza numerosi apparivano fuoruscire dalla cella di reazione. All'esterno di essa fu attivato l'oro, da ^{197}Au a ^{198}Au , da un flusso di neutroni abbastanza intenso. Il processo di emissione neutronica si protrasse per diverse settimane; ma, al di fuori di questo periodo, a quanto risulta, non è più comparso. Fu osservata anche una radiazione gamma, a convalida della natura nucleare del processo.

Sia negli esperimenti di Borghi che in quelli di Siena noi possiamo pensare che dalle celle non siano usciti neutroni, ma miniatomi di idrogeno (o neutroni virtuali) la cui vita poteva risultare prolungata dall'alternanza fra neutroni virtuali e miniatomi.

BIBLIOGRAFIA

- [1] - L.DADDI - *Infinite Energy* **47**, 22 (2003); Proc. Workshop TESMI (Lecce 2002) pag. 1
- [2] - E.CONTE- Proc. Workshop TESMI (Lecce 2002) pag. 50
- [3] - A.WIDOM ed L.LARSEN – *Eur.Phys.J.C*. DOI 10/1140/epje/S2006-02479-8
- [4] - J.DUFOUR - *Fus.Technol.* **24**, 205 (2003) ; J.N.P. (Nuclear Experiments Blog) – aprile 2010
- [5] - R. L.MILLS – *Infinite Energy* **17**, 21 (1998) ; *Fus.Technol.* **28**, 1697 (1995)
- [6] - H.HEFFNER - J.N.P. (Nuclear Experiments Blog)- aprile 2010
- [7] - E.STREMMENOS – J.N.P. (Nuclear Experiments Blog) – gennaio 2011
- [8] – G.H.MILEY et al. - Proc. ICCF10 (2003)
- [9] - S.FOCARDI e A.ROSSI - J.N.P. (Nuclear Experiments Blog) – febbraio 2010
- [10] – C.BORGHI - *Phys.At.Nucl.* **56**, 939 (1993)
- [11] - F.PIANTELLI et al. - *Nuovo Cimento A* **112**, 921 (1999)