

PRODUZIONE DI ENERGIA E REAZIONI NUCLEARI IN SISTEMI NI-H A 400 C

S. Focardi * e F. Piantelli^o,

*Dipartimento di fisica, Università di Bologna , ^oDipartimento di fisica, Università di Siena

SOMMARIO

Viene descritta una serie di esperimenti che nell'arco di un decennio ha portato a numerose conferme sulla esistenza di fenomeni imprevedibili sulla base delle conoscenze di fisica nucleare relative alle interazioni fra particelle libere. In pratica come mostreremo nel seguito si è ottenuta produzione di energia termica da parte di sistemi costituiti da barrette di Ni in atmosfera di H a 400 C. Le quantità di energia prodotte, inspiegabili nell'ipotesi di una loro origine chimica appaiono giustificabili su base nucleare per il fatto che sono state osservate diverse emissioni di particelle (neutroni, raggi X, protoni o deutoni) la cui origine può essere soltanto dovuta a reazioni nucleari. In particolare, come mostreremo nel seguito, due celle sperimentali hanno prodotto energia termica per un periodo di dieci mesi fornendo 600 MJ e 900 MJ corrispondenti a potenze medie di 23 e 45 W. Sono stati osservati fenomeni di assorbimento di H in Ni in quantità superiore a quanto riportato in letteratura. Sono stati osservati in più occasioni emissioni di raggi γ da campioni di Ni che avevano assorbito H e, in una circostanza una emissione di neutroni. Il campione che ha prodotto 900 MJ ha mostrato emissione di particelle cariche pesanti (protoni o deutoni). Al termine degli esperimenti sulla superficie di campioni che hanno prodotto energia sono stati osservati numerosi elementi non presenti nelle condizioni iniziali.

1 INTRODUZIONE

Nel marzo del 1989, due professori di elettrochimica, Fleischmann e Pons, annunciarono in una conferenza stampa, prima che il loro articolo [1] fosse reperibile, di avere ottenuto reazioni nucleari in elettrolisi con acqua pesante (deuterata) a 100 °C. Si trattò di una partenza fatta col piede sbagliato che ha condizionato fortemente tutta la storia successiva. Tra l'altro Fleischmann e Pons anziché in modo diretto, dandone la dimostrazione, giustificarono la loro affermazione di avere prodotto reazioni nucleari sulla base del fatto che l'energia liberata nel fenomeno osservato non era spiegabile sulla base di processi fisico-chimici. L'annuncio, ripreso dalla stampa e dalla televisione, lasciò fortemente perplessi tutti coloro che conoscendo la fisica nucleare sapevano benissimo che le reazioni tra nuclei essendo contrastate dalla enorme repulsione Coulombiana, che impedisce loro di avvicinarsi, possono verificarsi solo a temperature dell'ordine delle centinaia di milioni di gradi.

Tuttavia l'importanza del problema energetico e la speranza di poter ottenere energia in grandi quantità (perché di origine nucleare) e senza le complicazioni tecnologiche tipiche dei reattori a fusione convinsero diversi ricercatori a ripetere l'esperimento di Fleischmann e Pons, cercando di migliorarlo. Poiché non ci si improvvisa fisici nucleari, molti ottennero risultati sbagliati riuscendo, tra l'altro, anche a pubblicarli. Questo dette origine da parte delle riviste scientifiche ad atteggiamenti di sospetto, che si concretizzarono nella loro non accettazione, verso tutti gli articoli che trattavano problemi di questo tipo. Gli apprendisti stregoni furono quindi il secondo errore in questa storia. Di conseguenza i ricercatori che da allora hanno operato in questo campo hanno preso a riunirsi periodicamente in conferenze (siamo ora arrivati alla undicesima) in cui la soglia di accettazione delle relazioni

presentate è a un livello piuttosto basso. Questo è il terzo errore della storia.

Per quanto ci riguarda, il merito di avere ottenuto i primi risultati e di averci coinvolto convincendoci della loro correttezza va fatto risalire a Francesco Piantelli che sperimentando con Ni e idrogeno osservò i primi effetti termici. Da allora tutte le nostre ricerche si sono concentrate sui sistemi Ni-H a differenza di quelle condotte dalla maggioranza degli altri gruppi che hanno generalmente seguito la linea tracciata da Fleischmann e Pons continuando a studiare in elettrolisi il sistema Pd-deuterio.

Come sarà illustrato nel seguito della relazione, sono stati da noi ottenuti importanti risultati come produzione di energia termica per periodi di 10 mesi da parte di due celle che hanno prodotto rispettivamente 600 MJ e 900 MJ, con potenze medie pari a 23 e 35 W, e punte di 70 W a fronte di 29 W di alimentazione. I lunghi periodi di funzionamento delle celle sperimentali ci hanno permesso di osservare fenomeni riconducibili alla presenza di reazioni nucleari. Questi, di cui verrà data descrizione nel seguito sono emissione di raggi γ , emissione di neutroni, emissione di particelle cariche, presenza, al termine degli esperimenti, di altri elementi, oltre al Ni sulle superfici dei campioni utilizzati.

2. PRODUZIONE DI ENERGIA

La Fig. 1 rappresenta lo schema del dispositivo sperimentale comunemente utilizzato. Nella cella le cui dimensioni (non critiche) sono 50 mm di diametro e 100 mm di lunghezza può essere fatto il vuoto mediante una pompa turbomolecolare, come pure può essere immesso idrogeno gassoso. Il campione di Ni, collocato al centro della cella, viene mantenuto alla temperatura prefissata facendo circolare

corrente in un conduttore che lo avvolge; termometri sono collocati sul campione di Ni e sulle pareti esterne della cella. Tutti i dati (pressione del gas, temperature, tensione e corrente del riscaldatore) sono acquisiti automaticamente.

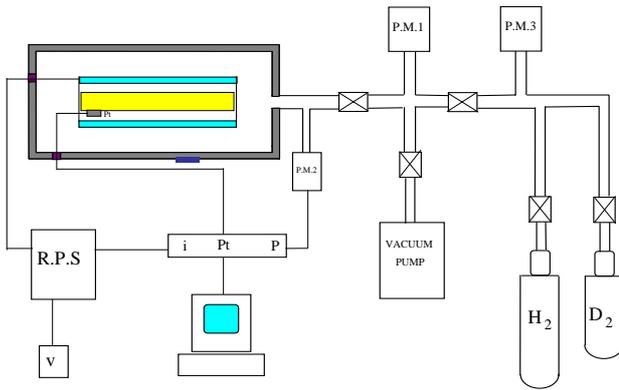


Figura 1 Tipico apparato sperimentale.

Nel corso dei vari esperimenti sono state utilizzate celle contenenti uno o più campioni a struttura cilindrica o piana. La Fig. 2 mostra i particolari di una cella cilindrica con un solo campione.

Dopo le opportune operazioni iniziali di pulizia dei campioni, di svuotamento della cella e di immissione dell'idrogeno si è sistematicamente provveduto ad eseguire la calibrazione della cella consistente nel costruire il grafico sperimentale in cui, in condizioni di equilibrio, la temperatura, relativa all'ambiente, di un punto della parete esterna viene rappresentata in funzione della potenza immessa (quest'ultima calcolata come prodotto della tensione per la corrente del riscaldatore), Ciò permette la calibrazione dell'apparato in quanto in base alla legge della convezione di Newton la potenza emessa dalla cella verso l'ambiente è proporzionale alla temperatura della superficie esterna del corpo. Poiché in condizioni di equilibrio la potenza emessa deve necessariamente uguagliare quella immessa nel sistema, la temperatura della parete esterna permette di valutare la potenza immessa (alla quale va anche aggiunta quella eventualmente generata dal sistema). Durante

dipende molto probabilmente dalla diversa storia dei campioni di Ni, precedente il loro utilizzo. L'avvenuto ingresso di H nel Ni viene verificato dalla diminuzione della pressione del gas, volutamente tenuta al di sotto della pressione atmosferica. Durante queste operazioni la pressione del gas viene mantenuta infatti fra 100 e 1000 mbar mentre la temperatura sulla superficie del campione viene tenuta fra 150 e 450 °C Una seconda importante informazione che il gas sta penetrando nel metallo si può ottenere analizzando il diagramma sperimentale pressione-temperatura che in questo caso presenta fenomeni di isteresi e che non segue in alcune parti la legge di Gay-Lussac (Fig. 3), secondo cui, a volume costante, pressione e temperatura sono proporzionali.

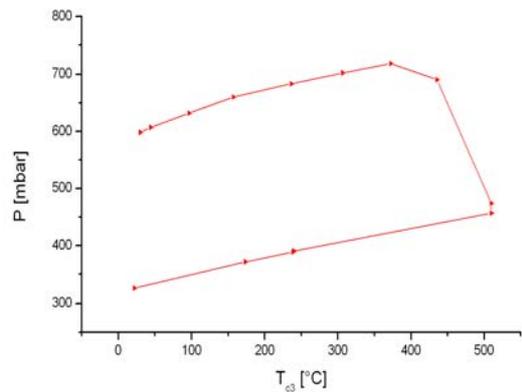


Figura 3 Grafico della pressione in funzione della temperatura durante l'assorbimento di H da Ni. Nel tratto a destra la legge di Gay-Lussac non è rispettata.

Assumendo che il caricamento dell'idrogeno nel Ni sia un fenomeno che coinvolge l'intero volume, abbiamo trovato nei vari esperimenti un valore massimo di 6 per mille, 70 volte maggiore di quello riportato in letteratura [2]. In altri casi non abbiamo ottenuto alcun caricamento Ciò avvalorata la nostra ipotesi che la riuscita di questa parte del processo dipenda dalla storia del campione di Ni, cioè dai trattamenti cui è stato sottoposto.

Un secondo importante aspetto di questo processo, anch'esso sconosciuto in letteratura [2] è la dipendenza della velocità di caricamento e quindi della quantità di H che penetra nel Ni dalla temperatura.

Il fenomeno è mostrato in Fig. 4 in cui sono rappresentati i valori di temperatura e di pressione per un periodo di 12 giorni. Le variazioni di temperatura sono state ottenute variando la potenza di ingresso. Si osserva chiaramente che la tendenza della curva che descrive l'andamento temporale della pressione dipende dalla temperatura del Ni. Ciò conferma ancora una volta il diverso comportamento del sistema in occasioni differenti, dando purtroppo argomenti a coloro che sostengono che la non riproducibilità del fenomeno è prova della sua non esistenza. A questi signori noi ribattiamo che finché non saranno noti tutti i parametri risulterà impossibile eliminare quelli non influenti. Probabilmente si renderà necessaria in futuro una vera e propria mappatura termica del campione di Ni, fin ora limitata a una o poche posizioni.

Durante la fase iniziale viene costruita la curva di calibrazione

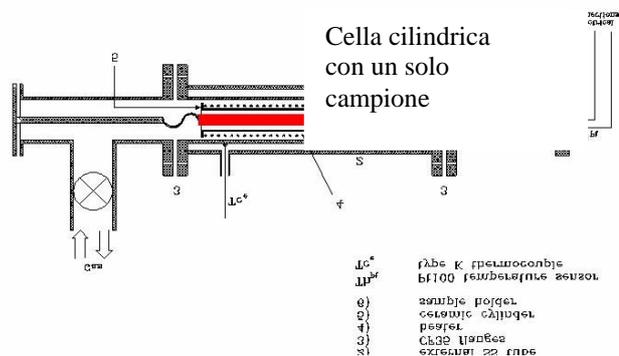


Figura 2 Particolare di una delle celle sperimentali.

la fase di calibrazione hanno inizio generalmente (ma non sempre) fenomeni di assorbimento dell'idrogeno da parte del Ni. L'assenza di questo fenomeno che talvolta si è verificata

che consiste nella costruzione del grafico sperimentale in cui

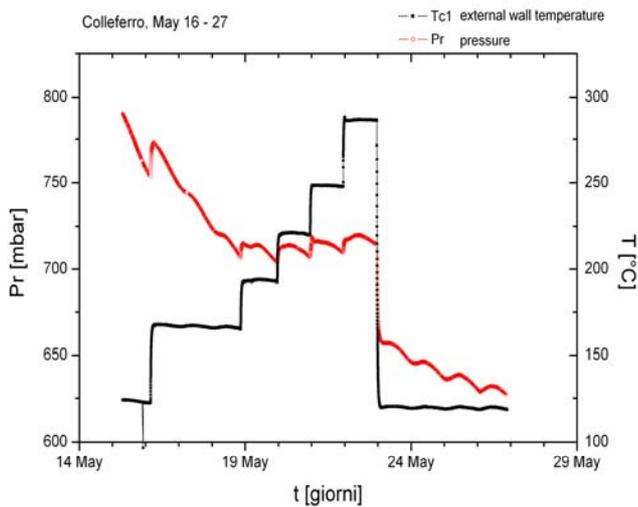


Figura 4 Andamento temporale della temperatura e della pressione nell'arco di 12 giorni. La temperatura, i cui valori si leggono sulla scala a destra, è rappresentata dalla curva a gradini.

la temperatura del Ni [3] o di un punto della parete esterna [4] viene riportata in funzione della potenza immessa, quando è stato raggiunto l'equilibrio termico. In seguito si cerca di ottenere produzione di energia cambiando il regime di funzionamento della cella. L'operazione consiste nel perturbarne il funzionamento con brusche variazioni di pressione e di temperatura. Nel caso di successo (cosa che non sempre si verifica) la curva caratteristica cambia e, a parità di potenza immessa la temperatura della parete esterna risulta più elevata. Nella Fig. 5 sono riportate la curva di calibrazione (in basso) e i punti sperimentali di una cella che sta producendo energia.

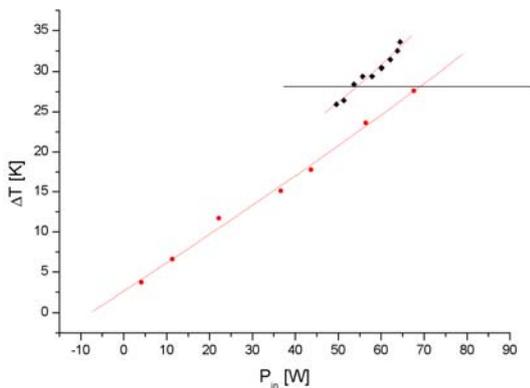


Figura 5 . Curva di calibrazione (in basso) e punti sperimentali che nostrano una produzione di energia in atto.

La potenza prodotta può essere valutata dalla distanza in orizzontale fra le due curve, che nel caso rappresentato dalla Fig. 5 è stimabile in 15 W. La produzione di energia, una volta iniziata, può essere arrestata e ripresa, sempre perturbando il sistema. Diverse celle hanno prodotto energia: fra esse quelle che hanno dato i risultati più consistenti hanno funzionato per circa 10 mesi prima di essere arrestate definitivamente. Le quantità di energia prodotte sono risultate 600 e 900 MJ. Nell'ipotesi che questa energia sia di origine chimica, assumendo per la reazione in questione lo stesso calore di formazione dell'acqua, si ottengono per la massa di H e di N coinvolte nella reazione valori almeno un migliaio di volte maggiori di quelli effettivamente presenti nelle celle.

3. EMISSIONE DI NEUTRONI

L'ultimo argomento presentato nel precedente paragrafo non è certamente sufficiente a dimostrare l'esistenza di reazioni nucleari. Queste vanno provate rivelando particelle la cui origine risiede nei nuclei. I lunghi periodi di produzione di energia da parte delle nostre celle sono stati certamente determinanti nel darci l'occasione di osservare particelle provenienti dal nucleo. La cella che produsse 900 MeV in 10 mesi iniziò verso la metà di marzo 1995 ad incrementare la potenza prodotta, costringendoci per mantenere costante la potenza emessa a ridurre quella di alimentazione. Nello stesso periodo, che si protrasse per circa 4 mesi, da aprile a luglio, la cella prese ad emettere neutroni, con un flusso via via decrescente nel tempo, come potemmo verificare utilizzando tre contatori di neutroni. Il 6 luglio la cella venne ricondotta nello stato non eccitato in modo da arrestare la produzione di energia; anche l'emissione di neutroni si interruppe. Nel periodo di massima emissione di neutroni riuscimmo a mettere

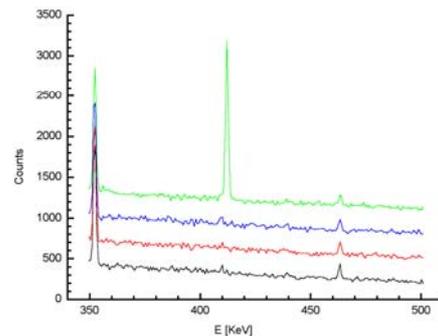


Figura 6 Spettro di energia dei raggi gamma emessi dall'oro attivato (curva in alto). Le altre curve, mostrate per confronto, si riferiscono a oro non attivato e al fondo del laboratorio.

n evidenza la loro esistenza con una tecnica a prova di ogni critica [5]. Una sottile lamina di oro racchiusa in una scatola di paraffina, il cui scopo è quello di rallentare i neutroni, fu tenuta per 12 giorni nelle vicinanze della cella. Au¹⁹⁷, catturando i neutroni rallentati dalla paraffina trasmuta in Au¹⁹⁸, che a sua volta si trasforma spontaneamente in uno stato eccitato del mercurio Hg^{198*}. Quest'ultimo decade nello stato

fondamentale del mercurio emettendo un raggio γ da 411.8 keV. Dopo l'attivazione la lamina d'oro fu trasferita su un contatore di raggi γ al germanio, ottenendo lo spettro mostrato in Fig. 6, nel quale è ben evidente il picco prodotto dai γ di 411.8 keV. Ciò prova l'avvenuta trasmutazione dell'oro e quindi l'emissione di neutroni dalla cella. Utilizzando una sorgente di neutroni di intensità nota e la stessa tecnica si giunse a determinare in 6000 neutroni al secondo l'emissione complessiva di neutroni da parte della cella e in 10 neutroni/cm²s il valore del flusso medio. Questo corrisponde a 1000 volte il flusso medio di neutroni della radiazione cosmica.

4. EMISSIONE DI RAGGI GAMMA

Al fine di verificare l'esistenza di reazioni nucleari da parte del sistema Ni-H, in tutti gli esperimenti è sempre presente un rivelatore di radiazione γ costituito da un contatore a scintillazione con un cristallo di NaI attivato al tallio. Normalmente questo rivelatore registra in funzione dell'energia il numero di raggi γ che hanno attraversato il cristallo, dando in pratica lo spettro in energia della radioattività naturale. Trascorsa una durata predeterminata, questi spettri vengono salvati su memorie magnetiche, e ivi conservati in archivio. La costanza di detti spettri è stata verificata usando diversi contatori a NaI e contatori al germanio.

In alcune occasioni lo spettro della radioattività naturale risultò modificato in quanto, come mostrato in Fig. 7, in alcune regioni di energia i conteggi registrati risultarono più elevati [6]. La differenza tra questi spettri anomali e lo spettro di fondo (riportata come inserto in Fig. 7) rappresenta il contributo di raggi γ emessi dal sistema Ni-H. Fenomeni come

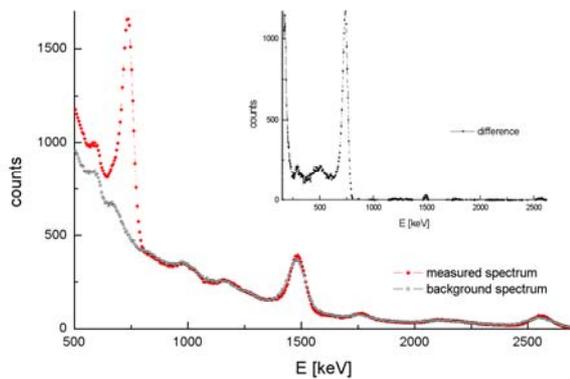


Figura 7 Spettro energetico della radioattività ambientale (curva in basso) al quale si aggiungono raggi gamma provenienti dalla cella (curva in alto). Nell'inserto la differenza fra le due curve dà lo spettro energetico della radiazione gamma emessa dal sistema Ni-H.

questo che appaiono improvvisamente, durano diversi giorni, dell'ordine di un mese, per poi scomparire sono stati osservati in diverse occasioni; l'esempio riportato in Fig. 7 è quello cui corrisponde la massima intensità della radiazione proveniente dalla cella.

5. EMISSIONE DI PARTICELLE CARICHE

Il campione responsabile della emissione di neutroni, al termine dell'esperimento, dopo essere stato estratto dalla cella, fu analizzato con una camera a nebbia a diffusione, uno strumento in grado di visualizzare tracce di particelle cariche che lo attraversano [7]. Furono fotografate tracce di particelle cariche uscenti dal campione di Ni (Fig. 8): dalla ionizzazione di queste tracce si può escludere che si tratti di elettroni o di altre particelle che ionizzano al minimo mentre dal percorso attraversato si può escludere che si tratti di particelle alfa. Resta quindi la possibilità che si tratti di protoni o di deutoni. Il fenomeno osservato della emissione di particelle cariche dalla superficie del campione prova che stavano ancora continuando reazioni nucleari. Campioni di Ni non trattati nelle celle e posti nella camera a diffusione non mostrano alcun effetto del genere essendo il Ni non radioattivo.



Figura 8 Tracce di particelle cariche uscenti da un campione di Ni, fotografate in una camera a nebbia.

6 ANALISI DELLE SUPERFICI DEI CAMPIONI

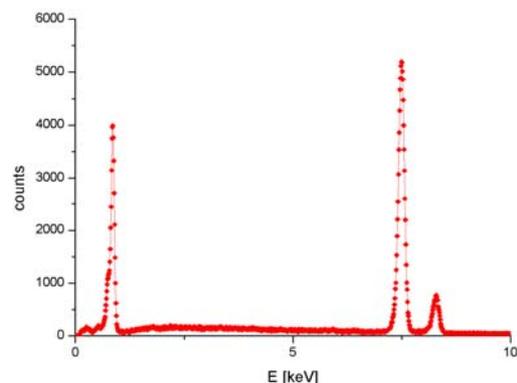


Figura 9 . Spettro SEM EDAX della superficie di un campione di Ni collocata in posizione marginale nella cella. I picchi osservati misurano le energie dei raggi X emessi dalla superficie del Ni sottoposta a bombardamento di elettroni.

Sia i campioni che hanno assorbito idrogeno sia quelli che

hanno prodotto energia sono stati sottoposti ad analisi delle superfici con la tecnica SEM EDAX, che permette di identificare gli elementi presenti in superficie [7]. La stessa analisi è stata effettuata su superfici di campioni di Ni poste in posizioni marginali nella cella. In Fig. 9 è riportato lo spettro ottenuto su una superficie marginale.

Se il Ni ha prodotto energia, sulla superficie si possono osservare negli spettri SEM EDAX, oltre al Ni, anche altri elementi [7], come mostrato in Fig. 10. Nel corso di numerosi esperimenti, abbiamo osservato F, Na, Mg, Al, Si, P, Cl, K, Ca, Cr, Mn, Fe, Cu, Zn. In pratica, a parte gli elementi leggeri non rilevabili con SEM EDAX sono stati osservati tutti gli elementi più leggeri del Ni con l'esclusione di Sc, Ti, V e Co ai quali vanno aggiunti i più pesanti Cu e Zn [8].

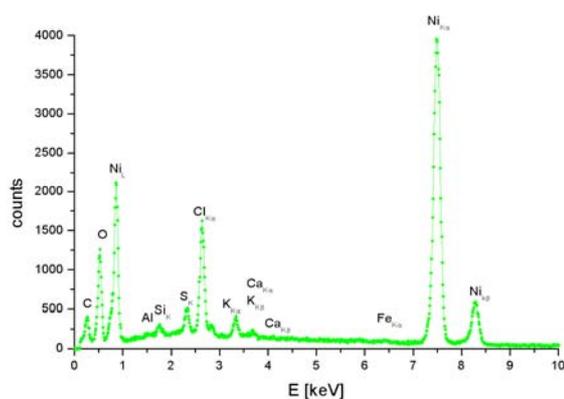


Figura 10 . Spettro SEM EDAX della superficie di un campione che ha prodotto energia

7 DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Nel corso di una attività durata tre lustri riteniamo di avere ottenuto risultati tali da convincere chiunque non abbia idee preconcepite sul fatto che è possibile ottenere energia, sia pure in quantità insignificanti per immediate applicazioni, per lunghi periodi e non giustificabile da un punto di vista chimico. Il fatto che si verificano reazioni nucleari (come provato dalla emissione di neutroni, γ e particelle cariche) lascia supporre, anche se questo non è provato, che la produzione di energia sia dovuta a tali reazioni. Purtroppo non sappiamo quali reazioni avvengano e perché, e questo è certamente un limite importante. Come pure è un limite il fatto che nessun altro gruppo abbia messo insieme una raccolta così estesa di prove sperimentali da non permettere agli increduli di rimanere tali, lasciando loro l'alibi di richiedere a tutti i costi la riproducibilità come condizione essenziale della esistenza del fenomeno, anche quando non si è ancora compreso quali siano i fatti rilevanti e quali non lo siano. Va peraltro sottolineato che nell'ambito degli esperimenti da noi condotti la riproducibilità è ormai acquisita perché numerosi fenomeni, soprattutto la produzione di energia sono stati riprodotti in innumerevoli occasioni.

Occorre tuttavia concedere al lettore esterno, che non partecipa ad alcun esperimento, le grandi differenze esistenti fra i risultati da noi ottenuti e quelli di gruppi che continuando sulla linea tracciata da Fleischmann e Pons lavorano in elettrolisi con Pd e deuterio. Questi non hanno mai ottenuto

produzione di energia per lunghe durate né potenze confrontabili con le nostre. Di conseguenza non hanno neppure osservato fenomeni di origine nucleare così vistosi come quelli qui riportati.

Poiché al termine degli esperimenti con Pd vengono trovati sulla superficie di questo metallo gli stessi elementi che noi troviamo con il Ni, è probabile che le reazioni nucleari avvengano con l'idrogeno a partire da elementi leggeri presenti come impurezze in entrambi i tipi di campioni. Il Ni può egli stesso dar origine a reazioni nucleari che sono favorite rispetto a quelle del Pd per motivi energetici.

In ogni caso questa incredulità diffusa ha finito col danneggiare le ricerche in questo settore per le quali è sempre difficile trovare i finanziamenti necessari.

Coloro che giocano contro dovrebbero rendersi conto che il tempo è galantuomo e finirà prima o poi col rendere giustizia a chi la merita. Per gli altri, sarà la storia della scienza a scrivere le condanne.

8.RINGRAZIAMENTI

Gli autori desiderano ringraziare i loro collaboratori E. Campari (Bologna), G. Fasano, V. Gabbani, G. Lorusso, V. Montalbano, C. Stanghini e S. Veronesi (Siena) il cui contributo, come appare dalla bibliografia, è stato determinante per i risultati raggiunti.

9.RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. M. Fleischmann and S. Pons, Electrochemically Induced Nuclear Nuclear Fusion of Deuterium, *J. Electroanal. Chem.*, vol. 261, p. 301, 1989.
2. Y. Fukai, *The metal-hydrogen system*, Springer-Verlag, Berlin, 1993.
3. S. Focardi, R. Habel and F. Piantelli, Anomalous Heat Production in Ni-H Systems, *Nuovo Cim. Vol. 107 A*, pp 163-167, 1994.
4. S. Focardi, V. Gabbani, V. Montalbano, F. Piantelli and S. Veronesi, Large excess heat production in Ni-H systems, *Nuovo Cim. Vol. 111 A*, pp 1233-1241, 1998.
5. A. Battaglia, L. Daddi, S. Focardi, V. Gabbani, V. Montalbano, F. Piantelli, P. G. Sona and S. Veronesi, Neutron emission in Ni-H systems, *Nuovo Cim. Vol. 112 A*, pp 921-9311, 1999.
6. S. Focardi, V. Gabbani, V. Montalbano, F. Piantelli and S. Veronesi, On the Ni-H System, *Asti Workshop in Hydrogen/Deuterium loaded Metals*, pp 35-47, 1997.
7. S. Focardi, V. Gabbani, V. Montalbano, F. Piantelli and S. Veronesi, Analisi superficiale con microsonda X delle barrette metalliche utilizzate per la produzione anomala di energia negli esperimenti di Siena, *Atti Acc. Fisiocritici Siena, Serie 15, Tomo 15*, pp 109-115, 1996.
8. E. G. Campari, S. Focardi, V. Gabbani, V. Montalbano, F. Piantelli, E. Porcu, E. Tosti and S. Veronesi, Ni-H Systems, *Proceedings of the 8th Conference on Cold Fusion*, pp 69-74, 2000.