SPERIMENTAZIONE **LENR**: ALCUNE QUESTIONI FONDAMENTALI

Sergio Bartalucci, Laboratori Nazionali di Frascati dell' INFN, Via E. Fermi 40, 00044 Frascati (ROMA)

- Cosa sappiamo delle reazioni LENR?
- Eccesso di potenza termica
- Produzione di He and Trizio
- Produzione di nuclidi da trasmutazioni
- Emissioni di radiazioni da processi nucleari
- Dove si producono le reazioni LENR e da cosa sono influenzate?
- Nuclear Active Environment NAE, Nanoparticelle, Leghe, Litio, contenuto H/D, Superconduttività
- Fratture (cracks), Organismi viventi, ipotesi teoriche inverificate (neutroni, hydrino, heavy e⁻, etc.)
- Quali sono le osservabili fisiche e come vengono misurate?
- Calorimetria: adiabatica, isoperibolica, a flusso etc.
- Neutroni, raggi X e γ , particelle cariche
- Quali sono i tratti comuni agli esperimenti sulle reazioni LENR?
- Riproducibilità
- Stabilità
- Accuratezza
- *Rationale* teorico e *goal* scientifico
- Come dovrebbe essere fatto un esperimento 'antiscettici' sulle reazioni LENR?

ECCESSO DI POTENZA

1989-2005: circa 200 esperimenti con metodi diversieccessi di potenza termica tra 5 mW e 183 WRate di successo dipende dalla natura del Materiale Catodico: due partidello stesso materiale possono dare risultati diversiErrore massimo nelle misure ≤ 2 W

Lo spread nelle misure influenzato dalle condizioni della cella: dimensioni e trattamento del substrato, temperatura, energia applicata, concentrazione dei reagenti, quantità di materiale attivo

Source of Cathode Material	Maximum Excess Power, W	Success Ratio	
Johnson-Matthey	0.4	9/14	
Fleischmann-Pons	0.06	2/2	
Johnson-Matthey	0.04	1/1	
Tanaka Kikinzoku Co. (Japan)	0.06	1/3	
Johnson-Matthey	0	0/1	
IMRA (Japan) Pd-Ag alloy	0	0/1	
Naval Research Laboratory	0	0/4	
John Dash	0	0/2	
Pd/Cu	0	0/2	
Wesao	0	0/6	
Co-deposition	0.15	2/34	

M.H. Miles, ICCF-5, p.97 (1995)

Misure accurate con calorimetria a flusso (McKubre et al., cella FPE)







ELIO E TRIZIO

REAZIONI CON DEUTERIO D+D \Rightarrow ⁴He + γ (23.4 MeV) D+D \Rightarrow ³He(0.82 MeV) + n(2.45 MeV) D+D \Rightarrow T(1.01 MeV) + p(3.02 MeV) D+T \Rightarrow ⁴He(3.5 MeV) + n(14.01 MeV) D+p \Rightarrow ³He + γ (5.5 MeV) ma niente γ in onda S (Schwinger)



 $E/He = 20\pm5MeV$ ma grande incertezza sulla quantità di elio!

Altre reazioni possibili: D-cluster, d(⁶Li, α) α etc.

Trizio: la 'firma' autentica di una reazione nucleare T/D in D₂O è $\approx 10^{-15}$; presenza solo occasionale, rivelato in 61 expt. su 200 con raccolte da 10⁶ a 10¹⁶ particelle T \Rightarrow ³He + e⁻ + ν Q=-0.019 MeV Sovrabbondanza rispetto ai neutroni n/T $\approx 10^5 \div 10^9$ Rivelazione difficile(LSC o contatori prop.) efficienza bassa <25% Spettrometria di massa non semplice: misura di T via DT(5033) ma c'è anche DDH⁺(5036)

evidenze di eccessi anomali di Trizio in esperimenti di sovraccaricamento in D/Pd

In sintesi il Trizio è:

- Raro
- Instabile quando rivelato
- Dipendente dal substrato
- Osservato in condizioni 'impossibili' (Ni-H, Pd-D loading)
- Troppo per essere ignorato
- Troppo poco per essere collegato al calore anomalo



TRASMUTAZIONI

SIMS (Secondary Ion Mass Spectroscopy) risoluzione ppm versus SUPERSIMS (SIMS + AMS) risoluzione ppb -> ppt oppure Tof MiniSIMS con $m/\Delta m$ >600 Possibilità di distinguere singoli elementi da molecole

Catodi a thin-film ${}^{63}Cu/{}^{65}Cu (nat)=2.2$ ${}^{63}Cu/{}^{65}Cu (meas)=0.165 !!$ Molecola $C_5H_5^+$

Diffusione D_2 attraverso sandwich 'caldo'Pd- CaO Composizione elementale variata nel *upstream film* ¹³³Cs --> ¹⁴¹Pr osservata con X-ray spectroscopia Non osservato sviluppo calore come previsto, effetto *cluster* Repliche hanno avuto scarso successo



M.L. Apicella et al., Proc. of ICCF-15, p. 227 (2009)



RADIAZIONI DA PROCESSI NUCLEARI

140

120

100

Counts

Neutroni: misure occasionali ed inaccurate Radiazione γ da fusione nucl. 'standard' non osservata Bursts di raggi X ma correlazione temporale?

Emissione di particelle durante elettrolisi Uso di CR-39 con SSB (Silici a barriera superf.) per Δ E-E Separazione isotopica difficile

Emissione di particelle dal catodo durante scariche nei gas: α , p, d ; da dove proviene questo tipo di radiazione?

CR-39 plastics: misura solo l'accumulo di radiazione, senza correlazione temporale.

Danneggiamento da' informazioni sull'energia e natura delle particelle interessate

Identificazione e misura energia non sempre univoca,

comportamento erratico

Calibrazione? Efficienza? Stima del fondo?

Pd depositato su varii metalli

Rivelatori al diamante: adattabili alle LENR ma spettri incompatibili con emisssioni nucleari, background non stimato



NUCLEAR ACTIVE ENVIRONMENT

- NAE: influenza dell'ambiente 'atomico' sui fenomeni LENR
- Aumento di reattività ed alterazione del bilanciamento 'hot fusion' D-D nei reticoli metallici?
- Erraticità dei fenomeni termici: conseguenza dei NAE?
- Frattali-cracks-dendriti- clusters: tecnologia per riprodurli?
- Nanoparticelle: riproducibili?
- Organismi viventi: biotrasmutazioni?
- Ipotesi teoriche non facilmente verificabili: neutroni, hydrino, heavy electron, stati quantici correlati, condensati di Bose-Einstein etc.



CALORIMETRIA

Adiabatico Capacità termica Sempre applicabile Calibrazione difficile Isoperibolico Conduttività 10(d.w.) ÷ 250 mW Condizioni stazionarie gradienti termici, convettiveFPE, double wall A flusso Capacità termica Condizioni stazionarie Seebeck Conduttività Condizioni stazionarie

Problemi comuni: Precisione scarsa, calibrazione instabile, drift termici di varia natura

(stanza, flow rate, potenza applicata, strumentazione e componenti usate).

Difficolta' di eseguire frequenti calibrazioni, mai menzionate in letteratura. Necessità di taratura con reazioni chimiche note

Solo errori statistici sono riportati nelle pubblicazioni! MANCANZA TOTALE DI MISURE INTEGRALI DI ENERGIA!!

 $\boldsymbol{P}_{calor} = \boldsymbol{P}_{EI} + \boldsymbol{P}_{X} + \boldsymbol{P}_{H} + \boldsymbol{P}_{C} + \boldsymbol{P}_{R} + \boldsymbol{P}_{gas} + \boldsymbol{P}_{w}$

Analisi dati inaccurata in calorimetria isoperibolica Solo FP ottennero $\Delta P = 0.1 \text{ mW}$

M.H. Miles, ICCF-17, 2012



Calorimetric Power Terms Reported

GROUP	PCALOR	•	P.	P.	Pc .	n	Pos	Ре
F-P •	YES	YES	YES	YES		YES	YES	NO
MILES	YES	YES	YES	YES	YES		YES	YES
CALTECH	NO	YES	NO	NO	YES		NO	NO
MIT	NO	YES	NO	YES	YES		NO	NO
HARWEL L	NO	YES	NO	NO	•	YES	NO	NO
GRENOBL E	YES • Fleisch	YES	YES	YES		YES	YES	NO

I TRATTI COMUNI

- (Ir)riproducibilità
- (In)stabilità
- (In)accuratezza: solo errori statistici sono riportati nelle pubblicazioni e non sempre!

• Assenza di un *rationale* teorico e di un *goal* sperimentale

L'ESPERIMENTO IDEALE?

Alcune domande fondamentali a cui dovrebbe rispondere:

- 1) Quanti sono i meccanismi fisici che attivano le LENR?
- 2) L'eccesso termico osservato nel caricamento elettrochimico e in quello a gas ha la stessa origine?
- 3) Come realizzare e mantenere i materiali attivi dal punto di vista delle impurità e dei difetti?
- 4) Le nanostrutture sono solo desiderabili, o veramente indispensabili al verificarsi delle LENR?
- 5) Quale è il ruolo rispettivo di deutoni e protoni negli esp. LENR? C'è intercambiabilità?
- 6) Dove avvengono le LENR? Solo sulla superficie o c'è anche un effetto 'bulk'?
- 7) Qual è il ruolo degli ossidi metallici ed altre interfacce?
- 8) Si può realmente escludere l'intervento di reazioni non-nucleari nello sviluppo di calore?
- 9) Che rapporto c'è tra l'emissione di particelle nucleari e l'eccesso termico?
- 10) Quali sono le ragioni fondamentali che minano la riproducibilità degli esperimenti?
- 11) Etc. etc. etc.

Una combinazione delle migliori tecniche sperimentali già utilizzate nel settore Una preparazione metodica degli apparati e dei materiali. Una numerosa equipe sperimentale con competenze multidisciplinari La sperimentazione finora è stata condotta con esiguità di mezzi finanziari e di personale . Soltanto un ente/istituto di ricerca di medie dimensioni appare in grado di ospitare un'attività sperimentale 'seria', che permetta di rispondere a queste domande

Grazie dell'attenzione!

Sergio.Bartalucci@lnf.infn.it Sergiobarta@tiscali.it





