

**31° CORSO AVANZATO DI RADIOPROTEZIONE MEDICA.**

**LENR: esiti sperimentali e ricerche teoriche.**

**Francesco Celani**

Primo Ricercatore in Fisica Multidisciplinare Applicata, INFN-LNF, I.

(in prorogatio) Vice-President of "*International Society of Condensed Matter Nuclear Science*", UK.

Socio di: \*Società Italiana di Fisica (1976), I; \*Japan Cold Fusion-Research Society (2000), J; \*International Society of Condensed Matter Nuclear Science (ISCMNS, Co-founder, 2002), UK; \*Russian Physical Society (*Honoris-Causa, Life-Membership*, 2009), CSI; \*American Chemical Society (2011), USA.

**Radiazioni: lesività e protezione.**

**Associazione Italiana di Radioprotezione Medica. Università degli Studi di Padova.**

**39042, Bressanone-Brixen; 28 Agosto-1 Settembre 2017**

## INDICE

**NB. Il contenuto della relazione è effettuata in qualità di Vice-Presidente della ISCMNS.**

- **(-A-)** Energia-Ambiente: note storiche, fonti energetiche, fattori antropici.
- **(-B-)** Attuali conoscenze dell'Universo dal punto di vista della Materia ed Energia.
- **(-C-)** Limiti (grossi) del cosiddetto “**Standard Model**” per la Fisica (introdotto nel 1967-1968): ad esempio, **NON comprende la forza gravitazionale!** Possibili integrazioni/sviluppi grazie ad alcuni studi sulle LENR (*Low Energy Nuclear Reactions*).
- **(-D-)** Innovativi esperimenti nei LNF: utilizzo di materiali non convenzionali, a basso costo, per studi volti principalmente alla generazione di AHE (Anomalous Heat Effects) a temperature di interesse tecnologico (300-700 °C).
- Possibili effetti pratici, cioè per la vita del *cittadino qualunque*, nel caso si riuscissero a controllare completamente i fenomeni di tipo LENR. **Ultime notizie.**

## **(-A-) Energia-Ambiente: fonti energetiche, fattori antropici, effetto serra.**

- Molte delle informazioni tecniche riportate, in particolare valori numerici, sono state riprese dal libro (pubblicato nel maggio 2007):
- **Titolo:** Light, Water, Hydrogen. The Solar Generation of Hydrogen by Water Photoelectrolysis.
- **Autori:** Craig A. Grimes, Oomman K. Varghese, Sudhir Ranjan. Pennsylvania State University, University Park, PA 16802, USA.
- **Casa Editrice:** Springer.
- **Codice ISBN:** 978-0-387-33198-0.

- **Comode ovvietà**: nomenclatura dei prefissi, simbologia Internazionale (virgola decimale simboleggiata con punto in basso.), alcune grandezze tecniche:
  - Unità (1; oppure  $10^0$ );
  - Mille, kilo, k, (1,000; oppure  $10^3$ );
  - Milione, Mega, M, (1,000,000; oppure  $10^6$ );
  - Miliardo, Giga, G, (1,000,000,000; oppure  $10^9$ );
  - Tera, Tera, T, (1,000,000,000,000; oppure  $10^{12}$ ).
- Watt: Joule/secondo.
- Volume di un gallone di liquidi (in particolare petrolio/benzina)=3.785litri.
- Parti per milione: ppm (concentrazione di una parte su  $10^6 \rightarrow 10^{-6}$ ).

- **Nota storica.** Nella antica Attica (attuale regione della Grecia), su una popolazione totale di **315,000 individui**, ben **115,000 erano schiavi**, cioè una percentuale di oltre il 36%!!!
- In condizioni operative e di salute ottimali un uomo adulto poteva e può sviluppare, in media, una potenza di **100 W** (100 J/s) con turni di lavoro di 4+4 ore. In 8 ore di lavoro può produrre una Energia pari a  $100_{\text{W}} * 3600_{\text{s}} * 8_{\text{ore}} = 2,880,000 \text{ J}$ , ( $2.88 * 10^6$ , cioè **2.88 MJ**). Per confronto, **metabolismo di base** umano = **6.3 MJ**.
- Per tempi brevi (al massimo 1 ora), la potenza che può sviluppare un atleta particolarmente allenato può arrivare a 300 W. Quindi una energia, in una ora, pari a  $300_{\text{W}} * 3600_{\text{s}} = 1,080,000 \text{ Joule}$ . La potenza di picco che un uomo in buona salute riesce a fornire, per alcune decine di secondi, è dell'ordine di 700-1000 W.

- La attuale popolazione mondiale è di circa 7 miliardi (7G) di individui.
- La quota parte della potenza irraggiata dal Sole e raccolta sulla Terra è di oltre 40 TeraWatt ( $40 \cdot 10^{12}$  J/s). Tale valore corrisponde ad una Energia, per anno, pari a  $3 \cdot 10^{24}$  Joules. Nel 2007 il totale di energia consumata dall'uomo è stato di circa  $3 \cdot 10^{20}$  J, cioè circa **1 parte su 10000 dell'energia proveniente dal Sole**.
- 1 gallone (3.785 litri, circa 2.8kg) di benzina tipica ha una energia equivalente di 121.8 MJ (cioè 43.5 MJ/kg), quindi molto elevata. Per confronto, 1 kg di TNT (trinitrotoluolo, noto come "tritolo") ha una energia di soltanto 4.18 MJ.
- **1 gallone di benzina è equivalente al lavoro muscolare di ben 14 uomini (100W) che lavorino per 24 ore ( $14 \cdot 100W \cdot 86400s = 120,960,000$  J; 120.96 MJ).**

- Quindi, il costo, in Italia, della benzina al distributore (circa 1.50 €/litro), prezzo reale <0.50 €/litro, è particolarmente basso, almeno dal punto di vista del suo valore energetico intrinseco..... Il rendimento reale di un motore automobilistico è dell'ordine del 20-35%, a seconda della tipologia e regime operativo.
- Purtroppo, per approvvigionarsi di energia a così basso costo, si son fatte, e continuano a fare, guerre esplicite e/o “camuffate” da intenti umanitari/stabilità Internazionale (Irak, Libia, Siria, Iran?, ....). Il potere delle compagnie petrolifere, ad esempio le cosiddette (storiche) “Sette Sorelle”, è tuttora immenso. Caso limite è rappresentato dalla Libia che ha, attualmente, il costo di estrazione più basso del mondo (4-5 US\$/barile di petrolio greggio, cioè 159 litri; il peso medio è di circa 140 kg).

- Secondo le stime più accreditate le riserve petrolifere al 2007 (a parte la nuova procedura del cosiddetto “fracking”, cioè fratturazione idraulica ad altissima pressione di rocce, oltre 1000 atmosfere), erano di circa 40-50 anni. Il fracking, purtroppo altamente deleterio per le falde acquifere ed addirittura **sospettato** di provocare terremoti, potrebbe cambiare notevolmente i numeri in gioco, aumentando in maniera sostanziale il valore delle stime pregresse (→100 anni?).
- Comunque va considerato che le stime sono state fatte principalmente dalla IEA (International Energy Association): in quanto parte attiva nel “business” di Petrolio/GPL/Metano, sono state oggetto di contestazioni e critiche.
- Riguardo il **carbone**, le stime delle riserve variano da 80 a 300 anni.

- Riguardo il **metano** (CH<sub>4</sub>), le stime al 2007 (sempre *trascurando le nuove tecnologie dello “shale gas”*, cioè giacimento non convenzionale di metano adsorbito nelle microporosità di specifiche rocce ed argille, in particolare scisti bituminosi; ***estrazione orizzontale*** ad alta profondità, 1000-2000m) convergevano su **60 anni**. In particolare, sempre stime vecchie di oltre 10 anni, davano un valore totale delle riserve di  $1.4 \cdot 10^{14} \text{ m}^3$  ed un consumo annuo di  $2.4 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$ , cioè utilizzo appunto per circa **50 anni** da oggi. Il valore aggiuntivo dello shale gas, sicuramente non trascurabile ed oggetto di forte dibattito di politica estera internazionale (USA-Cina-India-Nord\_Africa-Francia,...), oltre ovviamente all'OPEC, non è ancora completamente chiaro. Un discorso a sé è il grandissimo quantitativo di metano contenuto nel “**permafrost**” (Siberia, Alaska): i forti timori di una reazione a catena incontrollata, **con danni all'ambiente per l'effetto serra irreversibili**, sono tuttora oggetto di aspro contendere scientifico e politico.

- Riguardo il **nucleare a fissione convenzionale** (percentuale di Uranio\_235,  $^{235}\text{U}_{92}$ , arricchita dallo 0.7% naturale fino al 3-4% di concentrazione sul totale  $^{238}\text{U}_{92}$ ), cioè **non-autofertilizzante**, le stime delle riserve di Uranio parlano di circa **60 anni**. Utilizzando la metodologia dei **reattori autofertilizzanti al Plutonio**,  $^{239}\text{Pu}_{94}$ , (ancora da completare/perfezionare, anche se iniziati nei primi anni '70 del secolo scorso e particolarmente in Francia, reattori Phoenix e Super-Phoenix, con anche il contributo tecnico-scientifico di numerosi Ricercatori Italiani) con le attuali riserve di Uranio note, la vita operativa dei reattori potrebbe essere estesa a circa **500 anni**. Il tutto poiché, nei reattori autofertilizzanti, viene utilizzato come combustibile anche l'isotopo 238 del U (abbondanza isotopica del 99.3%). I Giapponesi, dopo una lunga sosta forzata (quasi 10 anni) per vari incidenti (o sabotaggi) mai chiariti, sono all'avanguardia (reattori "Minoru"). Comunque, a seguito dell'incidente di Fukushima, vi è nuova *pausa di riflessione*.

- Nel caso dei reattori nucleari a **Torio naturale 232**,  $^{232}\text{Th}_{90}$ , complessi da costruire ed ostacolati per motivi essenzialmente bellico-politici, la vita operativa sarebbe di oltre **2000 anni**. Anche il poco Th presente in Italia, nei vari tufi vulcanici, sarebbe sufficiente per una ragionevole indipendenza energetica nazionale per almeno 500 anni. Va considerato che l'abbondanza naturale di Th è 4-5 volte maggiore di quella dell'U. Inoltre il Th è presente, in quantità apprezzabili, in paesi (India, Sri-Lanka, Norvegia, Brasile, Turchia, Australia, Venezuela, Sud Africa, Italia, Giappone) diversi da quelli in cui si trova principalmente lo U (USA, Canada, Australia, Nigeria, CSI). Tale fatto, unito alla necessità di un limitato quantitativo di materiale *fertile*, potrebbe essere motivo di una riduzione delle tensioni internazionali per l'approvvigionamento dello U, l'unico materiale *fissile* ( $^{235}\text{U}$ ) presente in natura a livelli macroscopici.

- Un discorso a sé è l'impatto ambientale in generale e il cosiddetto **effetto serra** in particolare, generalmente ascritto alla Anidride Carbonica (CO<sub>2</sub>): prodotta dalla combustione/utilizzazione principalmente di combustibili a base carboniosa.
- Attualmente la concentrazione di CO<sub>2</sub>, uno dei maggiori responsabili dei cosiddetti gas ad effetto serra (ma non solo lei!), nella atmosfera Terrestre è la più alta mai vista da circa **500,000 anni**.

- Nel periodo pre-industriale la concentrazione di CO<sub>2</sub> era stata, per oltre **500,000 anni** all'incirca stabile ad un livello di **270 ppm** (cioè 0.27 per mille). Nell'anno **1999** era arrivata a **370**; nel **2007** era di **383**, nel **2014 ha SUPERATO 400**. Nel **Settembre** (mese con minimo stagionale di CO<sub>2</sub>) **2016** era a **410**. Il **26 Aprile 2017** ha raggiunto il valore record di **412 ppm**, come misurato dall'osservatorio di Mauna Loa-Hawaii (la più antica stazione di rilevamento di CO<sub>2</sub> al mondo).
- Il **carbone**, bruciando, produce **430 g di CO<sub>2</sub>/kWh** prodotto, cioè 430 g ogni 3.6 MJ di energia prodotta (1000 W\*3600 s). Si ricorda che una tipica automobile, alimentata a benzina, emette ben 120-200 grammi di CO<sub>2</sub> per ogni chilometro percorso. In confronto, bruciando il **metano**, si producono **190 g di CO<sub>2</sub>/kWh**, cioè soltanto il **44% rispetto al carbone**. Quindi, il metano “ci dà una mano” ma è poco; potrebbe, per ipotesi, diventare catastrofico se “estratto” dal permafrost.

- **Globalmente, dal 1990 al 2004 l'emissione di CO<sub>2</sub> è aumentata del 24.4%. Il tutto, nel caso dei trasporti, nonostante il netto miglioramento dei processi di combustioni dei motori a ciclo Otto-Benz e Diesel, avvenuto grazie alle cosiddette accensioni ed iniezioni elettroniche sempre più sofisticate (multijet) ed a pressioni sempre più elevate (fino a 2000 Atmosfere, piezoelettriche). Ovviamente nulla possono le cosiddette marmitte catalitiche verso la CO<sub>2</sub>, prodotto finale della combustione di sostanze carboniose. Tali costose marmitte sono in grado di ridurre soltanto i quantitativi dei: cosiddetti "Idrocarburi Incombusti" (HC), Ossidi di Carbonio (CO), Ossidi di Azoto (NO<sub>x</sub>).**

- I valori attualmente accettati dei contributi per l'effetto serra dei vari gas e loro capacità specifica per molecola, cioè valore di normalizzazione, sono:
  - a) Vapore acqueo, circa 2/3 del totale.
  - b) CO<sub>2</sub>, 15%. Valore di normalizzazione unitario per il "potere" di riscaldamento;
  - c) Metano, 8%. Valore di normalizzazione=21.
  - d) Idrocarburi alogenati 1-2%. Valore di normalizzazione, a seconda dei vari tipi di CFC, 140-117000.

***Risulta ovvio che le CAUSE SCATENANTI sono l'aumento di CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ed idrocarburi alogenati, il vapore acqueo è la conseguenza finale!***

***In altre parole, siamo in presenza di una "reazione positiva" che potrebbe anche divergere, cioè tragedia irreversibile per l'intera Natura: Terra "bollita".***

## (-B-) Attuali conoscenze dell'Universo, dal punto di vista della Materia ed Energia.

(libero riadattamento di articoli pubblicati da: M. Pallavicini, Le Scienze #572, pp 58-63, Aprile 2016; AA.VV. "La Materia Oscura", 5 Sett. 2015, RBA, ISSN 2421-3993; articoli vari di L. Holmlid, Univ. Gothenburg-SE; articoli vari di: F.Santandrea-P.Cirilli; A. Calao; G.Vassallo-F.Celani).

- La **Materia ordinaria**, di cui anche la Terra ed i suoi abitanti sono composti, è solo una **piccola frazione** della Materia dell'Universo.
- Le **componenti principali** del cosmo sono **Materia** ed **Energia Oscura**.
- **Materia ordinaria: 4.9%; Materia Oscura: 26.8%; Energia Oscura: 68.3%.**
- Prime evidenze sistematiche dell'esistenza della materia oscura nel 1970-1972.
- **La Materia Oscura era stata ipotizzata molti decenni prima.**

- Prime indicazioni dell'esistenza della Energia Oscura nel 1998 (Samuel Perlmutter, Adam Riess, Brian Schmidt; Premi Nobel per la Fisica nel 2011): causa della accelerazione della espansione dell'Universo  
*fenomeno completamente inaspettato*
- Valore della densità calcolata, principalmente da considerazioni astrofisiche, della Materia Oscura in prossimità della Terra:  
300000 protoni (p) per metro cubo di volume "libero" ( $\Rightarrow$ 300 protoni per litro).

## Cenni sui principali costituenti/masse della materia ordinaria; Terra, Sole.

- Alle tre principali “*particelle elementari*” si attribuisce la composizione degli atomi ordinari: **protone** ( $p^+$ , carica positiva +1); **elettrone** ( $e^-$ , carica negativa -1), **neutrone** ( $n^0$ , carica nulla 0). Valore della carica:  $1.602176565(35) \cdot 10^{-19}$  Coulomb.
- Soltanto l’elettrone è veramente una particella elementare (cioè indivisibile); il protone e neutrone, secondo l’attuale **Modello Standard** a quark, sono composti a loro volta da altre particelle denominate **quark** (3 quark in tutto).
- I quark di cosiddetta “prima generazione” sono chiamati **up (u)**, carica +2/3; **down (d)** carica -1/3.
- Massa del **protone** ( $m_p$ )= $1.672621777(74) \cdot 10^{-27}$  kg (circa 1836 volte la massa dell’elettrone), considerato stabile (vita media,  $\tau$ ,  $>10^{31} - 10^{33}$  anni. Per confronto, *età Universo* =  $13.8 \cdot 10^9$  anni). Il protone è composto da quark **uud**, corrispondenti ad una carica di  $+2/3 + 2/3 - 1/3 = +1$ . Raggio:  $0.84087(39) \cdot 10^{-15}$  m.

- Massa **elettrone** ( $m_e$ ) =  $9.10938291(40) \cdot 10^{-31}$  kg. Viene considerato stabile ( $\tau > 4.6 \cdot 10^{26}$  anni). Carica = -1.

Per il raggio si hanno tre “possibilità” (quindi problema aperto):

- a) Raggio classico  $r_e = e^2 / (4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot m_e \cdot c^2) = 2.8179403267(27) \cdot 10^{-15}$  m;
- b) Lunghezza d’onda di Compton /  $2\pi \Rightarrow h / (2\pi \cdot m_e \cdot c) = 3.8615926800(25) \cdot 10^{-13}$  m;
- c) Puntiforme, secondo il Modello Standard.

In a), b):  $h = 6.626070040 \cdot 10^{-34}$  J\*s;  $c = 299792458$  m/s;  $\epsilon_0 = 8.854187817 \cdot 10^{-12}$  F/m.

- Massa del **neutrone** =  $1.674927 \cdot 10^{-27}$  kg. Il neutrone è composto da quark **udd**; corrispondenti ad una carica di  $+2/3 - 1/3 - 1/3 = 0$ . E’ instabile se libero, cioè non legato ad un atomo ( $\tau = 880.3 \pm 1.1$  s). **NB. Grosso errore sulla vita media, tuttora problema aperto!!** Decade in:  $\rightarrow p + e + \text{antineutrino elettronico}$ .
- Massa della **Terra**:  $5.9726(7) \cdot 10^{24}$  kg. Raggio equatoriale medio:  $6.378137 \cdot 10^6$  m.
- Massa del **Sole**:  $1.9885(2) \cdot 10^{30}$  kg. Raggio equatoriale:  $6.9551(4) \cdot 10^8$  m.

## (-C-) Il Modello Standard

Il cosiddetto **Modello Standard**, introdotto a partire dal 1967-1968, nonostante i numerosi successi per la previsione di molte delle particelle successivamente trovate, purtroppo **NON è un Modello esaustivo e completo** poiché:

- a) Ha ben **19 (diciannove!)** **parametri liberi** (ad esempio massa delle particelle e costanti di accoppiamento) che devono essere determinati sperimentalmente;
- b) **NON** comprende la interazione **gravitazionale**;
- c) **NON** prevede la massa per i **neutrini**;
- d) **NON** prevede l'esistenza di **materia oscura**.

*Quindi, è il “**miglior che abbiamo a disposizione**” ma è **palesamente lacunoso** poiché in **contrasto con l'osservazione sperimentale di alcuni fenomeni-chiave ritenuti innegabili: **interazione gravitazionale, massa dei neutrini, materia oscura.*****

## Concentrazione e/o densità delle Materia Oscura ed Energia Oscura

- Il valore della concentrazione di **Materia Oscura**, pari a  $3 \cdot 10^5$  protoni/m<sup>3</sup>, è calcolato considerando la materia oscura avere la stessa densità del protone.
- Il numero aumenta se la densità è inferiore e, viceversa, diminuisce se la densità aumenta.
- Densità della **Energia oscura è molto piccola**.
- Ad esempio, nel volume della Terra, vi sono soltanto **7mg** di Energia oscura. D'altro canto, poiché **si diffonde su grandi spazi**, apparentemente vuoti del cosmo, fa sì che il suo contributo totale sia molto elevato → circa il **68% del contenuto dell'Universo**.

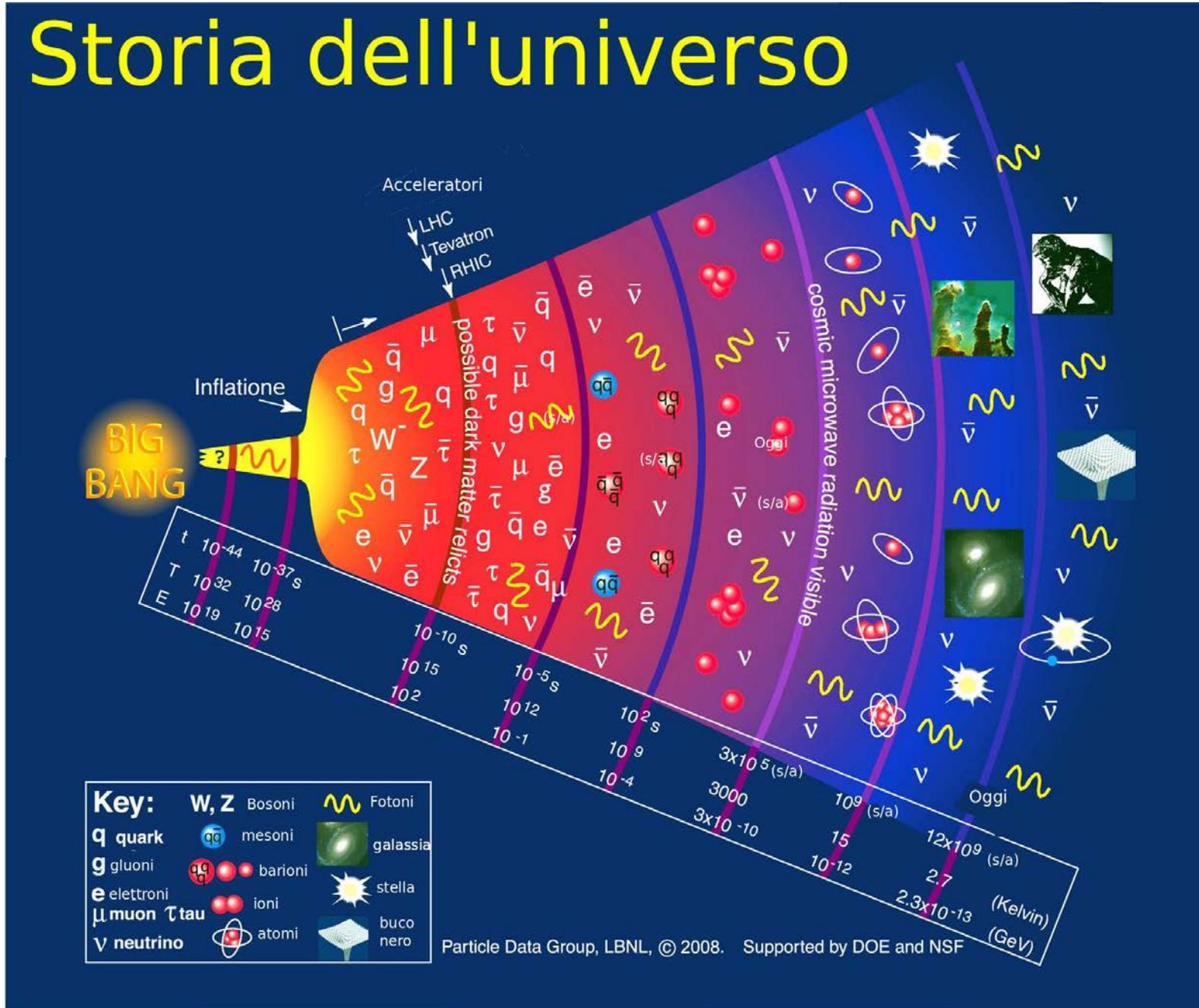
## Scale temporali e temperature dell'Universo

- **Tempo zero** ( $T_0$ ): 13.81 (+-0.05) miliardi di anni fa ( $\Rightarrow 4.355 \cdot 10^{17}$  s).
- Temperatura del tempo zero=?
- Dopo 2-3 picosecondi da  $T_0$  temperatura scesa a  $10^{15}$  Kelvin (K) (dati scientificamente affidabili). 1 picosecondo= $10^{-12}$  s, cioè 1 milionesimo di milionesimo di secondo.
- $T=10^{15}$  K prodotta artificialmente, sulla Terra, negli urti frontali di protoni ad alta energia tramite i cosiddetti "Acceleratori di particelle".
- Dopo 1 s da  $T_0$ : plasma caldo di protoni, elettroni, fotoni, neutrini e "materia oscura".

- Dopo 300 s da  $T_o$ , con temperatura scesa a circa  $600 \cdot 10^6$  K, praticamente termina il processo di nucleo-sintesi degli elementi leggeri fino al Litio (cioè Idrogeno, H; Elio, He; Litio, Li).
- a) Idrogeno,  $^1\text{H} = p^+ + e^-$ ; oppure Deuterio,  $^2\text{D} = p^+ + e^- + n^0$ ;
- b) Elio, He:  $^3\text{He} (= > 2p^+ + 2e^- + n^0)$ ; oppure  $^4\text{He} (= > 2p^+ + 2e^- + 2n^0)$ ;
- c) Litio, Li:  $^6\text{Li} (= > 3p^+ + 3e^- + 3n^0)$ ; oppure  $^7\text{Li} (= > 3p^+ + 3e^- + 4n^0)$ .
- L'universo continua a raffreddarsi ed espandersi.
- Dopo 380000 anni da  $T_o$ , con temperatura scesa a **3000 K, gli elettroni si legano ai nuclei** per formare atomi e l'universo divenne trasparente alla luce (**"e luce fu"...**).
- La cosiddetta "radiazione cosmica di fondo" è il segnale residuo originatosi 380000 anni dopo  $T_o$ , "raffreddato" dopo essersi espanso. Il valore attuale è di 2.7255 K. **Scoperta casuale** (A. Penzias, R. Wilson nel 1968 nei Laboratori Bell): Premio Nobel per la Fisica nel 1978.

- Nei miliardi di anni successivi la gravità prende il sopravvento e proprio la **Materia oscura si suppone** abbia svolto un ruolo cruciale nella formazione delle strutture oggi osservabili: ammassi, galassie, stelle, sistemi solari e pianeti (tra cui la Terra).
- Ora, dopo miliardi di anni di rallentamento dell'espansione, si osserva che l'universo ha una **espansione accelerata**, suggerendo l'esistenza di un'altra componente sconosciuta, chiamata **Energia oscura**.
- La storia ed evoluzione dell'Universo, ovviamente secondo il Modello Standard, sono illustrate in un (ben noto) grafico riassuntivo sviluppato dai LBNL-USA nel 2008.

# Storia dell'universo



## Considerazioni varie

- All'aumentare delle conoscenze scientifiche, paradossalmente, è diminuita la percentuale di Universo che riusciamo a "capire": siamo passati dal 100% (erroneo....) di inizio secolo all'attuale 4.9%! *Ci siamo resi conti di conoscere solo il 4.9% per misure effettuate nel 1970-1975 e "deduzioni incontrovertibili" del 1998.*
- Non è chiaro se, pur facendo *esperimenti sempre più complessi e costosi*, mai(?) riusciremo ad identificare il ruolo del restante 95.1%. E' molto difficile pensare di costruire un acceleratore con circonferenza pari a quella equatoriale della Terra, e neppure basterebbe per avvicinarsi al "Tempo Zero"  $T_0$ .
- Cosa sia avvenuto al  $T_0$  è tuttora NON chiaro né, probabilmente, ipotizzabile, oltre al fatto se "Qualcuno" ne sia stato il "promotore". L'ipotesi di un essere "Superiore" non può, razionalmente, essere esclusa anche se, ovviamente, è competenza di altre ambiti/discipline valutare: *Religione, Filosofia, "Istinto primordiale"*

- L'unica certezza che abbiamo è sul piccolo 4.9% e la sua quota-parte del luogo in cui viviamo (cioè il pianeta Terra).
- E' indispensabile, ora come non mai, preservare il nostro "Paradiso" e, possibilmente, consegnarlo ai nostri figli in condizioni almeno non peggiori di quelle attuali: il degrado, a tutti i livelli, non è più un segreto di Stato. Ad esempio, la "isola di plastica", nell'Oceano Pacifico, è più grande dell'Italia.
- *Il mondo interconnesso/globalizzato non ci offre più l'alibi della "ignoranza"*
- Allo stato attuale delle conoscenze ritengo che la parte predominante degli sforzi della **Ricerca Scientifica-Tecnologica-Industriale debba essere rivolta a contrastare il riscaldamento globale della nostra Terra** e le varie forme di inquinamento e degrado correlate. Se l'emergenza sarà risolta si potrà tornare a "ricerche di base" di lungo respiro (*ma non acceleratori, in prospettiva, con dimensioni pari a quelle della circonferenza equatoriale della Terra....*).

- In altre parole, prima dobbiamo pensare alla **sopravvivenza**, dopo si potranno dedicare grandi risorse a temi e problematiche, sì interessanti, ma **NON** indispensabili.
- La produzione di fonti energetiche a basso impatto ambientale dovrebbe essere uno degli argomenti al top della agenda dei nostri Governanti: purtroppo. a parte riunioni sempre più “planetarie” e/o di “passerella” (ad esempio il COP 21 di Dicembre 2015 a Parigi) i risultati reali sono realmente limitati.
- Fortunatamente il Vaticano, il 24 Maggio 2015, si è fatto promotore di una campagna di sensibilizzazione a livello planetario: Enciclica **“Laudato Si”**.
- E’ compito di tutti Noi, **Cittadini Qualunque**, mantenere vivo il contenuto “ecologico” del messaggio scritto nell’Enciclica e, soprattutto, renderlo attivo con le azioni di tutti i giorni.

**(-D-) Conclusioni/commenti su Modello Standard: opportunità di un nuovo modello. *Lavori in corso (LNF, Gotenborg, Giappone..)*.**

- La Ricerca Scientifica ha recentemente (ultimi 40 anni) fatto luce su ipotesi della costituzione dell'Universo che sembravano, a dir poco, fantasiose.
- La constatazione più importante è che la materia ordinaria è solo il 4.9% di quella **INDISPENSABILE** per spiegare le attuali osservazioni astrofisiche.
- Sono state recentemente (2002) introdotte da Ricercatori (linea di ricerca multidisciplinare) alcune ipotesi non convenzionali, ad esempio "isole" (dette "clusters") di **materia ultra-densa** (anche 10000-100000 volte quella usuale), che potrebbero spiegare almeno una parte della cosiddetta "Materia Oscura".

- Tale ricerca, a basso costo se confrontata con quella degli usuali acceleratori di particelle (LHC: circonferenza 27 km, oltre 5000 Ricercatori per un solo esperimento), è condotta da un piccolo gruppo di ricerca in Svezia (coordinatore Leif Holmlid,) a partire dal 1992. Lavoro basato su modelli teorici russi del 1982.
- La ricerca è nota anche come Inverse Rydberg Matter o **Ultra Dense Deuterium** poiché il Deuterio (p, e, neutrone), isotopo “pesante” dell’Idrogeno (p, e), NON radioattivo e presente in natura (1/6400 nell’acqua di mare), è stato il primo elemento che Holmlid afferma di essere riuscito a “super-condensare” nel 2008.
- La super–condensazione è realizzata con metodologie abbastanza accessibili e di costi limitati. **La riproducibilità deve essere (fortemente) potenziata**. Si basa su un ulteriore sviluppo di alcuni, “vecchi”, specifici catalizzatori già utilizzati per la sintesi della cosiddetta benzina sintetica (1920-1945, principalmente in Germania) a partire da Carbone in polvere, Idrogeno gas, catalizzatore a base di ossidi misti di Ferro opportunatamente “attivato” (generalmente Potassio).

- Ovviamente, nel caso del UDD, all'Idrogeno è stato sostituito il Deuterio ed alcuni esperimenti, con esiti promettenti, sono in corso anche nei Nostri Laboratori in Italia.
- *Aspetto chiave di tale ricerca è che lo UDD, in opportune condizioni di non-equilibrio, risulta produrre più energia di quella immessa: possibile aiuto (?) per la riduzione dell'effetto serra (provocato da combustione di composti carboniosi).*
- Tornando a considerazioni di tipo ambientale nel caso specifico dell'Italia, è possibile osservare, purtroppo, sia l'aumento di fenomeni metereologici estremi (alluvioni, siccità prolungate) che di zone di territorio, di fatto, desertificate (in particolare, Sicilia e Puglia).

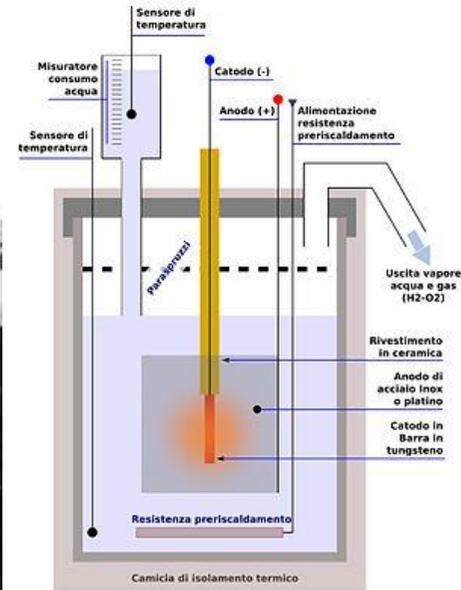
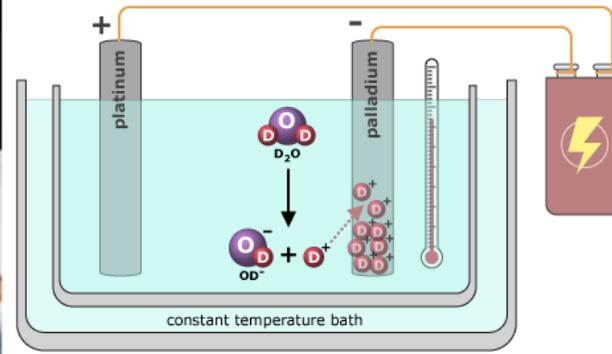
- E' interessante notare che le ricerche sul UDD, dal punto di vista della interpretazione dei risultati sperimentali, hanno dato spazio anche ad un modello interpretativo della realtà fisica più semplice rispetto al Modello Standard precedentemente riportato e che, almeno in linea di principio, NON è in contrasto con le numerose osservazioni sperimentali precedentemente elencate.
- L'interpretazione **"Zitterbewegung"** (rotazione/oscillazione rapidissima) della meccanica quantistica potrebbe essere la chiave per una comprensione teorica della:
  - A)Materia Oscura;
  - B)"Generazione" di Idrogeno (e/o Deuterio) ultradenso;
  - C) Produzione di energia , apparentemente anomala e di origine ignota, nella materia condensata.

- Secondo una interpretazione "*Zitterbewegung*" (termine introdotto da E. Schroedinger per indicare una oscillazione rapidissima dell'elettrone) della meccanica quantistica (*con varie varianti e sviluppi, ad esempio Francesco Santandrea-Pierluigi Cirilli, Giorgio Vassallo-Francesco Celani, Andrea Calaon,..*), le *particelle elementari possono essere descritte come anelli di corrente generata da cariche elementari che ruotano alla velocità della luce, con una frequenza uguale alla massa delle particelle stesse* (espresse in "unità naturali").
- Un modello "*Zitterbewegung*" particolarmente interessante è stato proposto da D. Hestenes nel 1983: "*Quantum Mechanics from Self-Interaction*". *Foundation Physics, Vol.15, N1, (1983), 63-87.*
- 
- Successivamente (1994), e senza esserne a conoscenza, Francesco Santandrea e Pierluigi Cirilli ne hanno sviluppato una variante, per alcuni aspetti semplificata. Pubblicata con titolo: "*Teoria dello Spazio Quantizzato*", Presidenza del Consiglio dei Ministri-Italia, 21/9/1994, N. 344146, Prot. 4646.

- Come prima conclusione, la constatazione della **incompletezza del Modello Standard** nello spiegare fenomeni osservati nella vita “normale”, può essere il punto di partenza per una riflessione “filosofica” sui limiti delle nostre interpretazioni dell’osservabile e non escludere, a-priori, anche altri modelli interpretativi. ***Sarebbe auspicabile che la Dirigenza Scientifica Italiana avesse “sensibilità specifica” verso fenomeni scientifici sperimentali poco compresi, come avviene, per esempio, in Giappone, con indubbi vantaggi per tale Nazione.....***
- Desideriamo anticipare che, in base ai nostri recenti esperimenti, il parametro “dominante” nei fenomeni LENR sembra essere la **capacità “catalitica”** del materiale attivo di dissociare l’Idrogeno e/o Deuterio da Molecolare ad Atomico ( $D_2 \rightarrow 2D$ ) ed (iper)-accumularlo in altri opportuni materiali. Il tutto a temperature più basse possibili ( $<1000^\circ C$ ) e per tempi più lunghi possibili ( $>ore$ ). Tale osservazione sembra essere in accordo con quanto sviluppato da Leif Holmlid a partire dal 2002: abbiamo sviluppato un nuovo tipo di reattore LENR ottimizzato per monitorare, in maniera indipendente, la effettiva capacità catalitica ed accumulo.

## Premessa

- L'origine delle ricerche in cui siamo coinvolti, convenzionalmente, è stata motivata dai risultati sperimentali, inaspettati, resi pubblici, durante una “forzosa” conferenza stampa, da due (famosi) elettrochimici: Martin Fleischmann e Stanley Pons.
- Il tutto avvenne il 23 Marzo 1989 presso l'Università di Salt Lake City (Utah-USA).
- Al fenomeno da loro trovato, cioè un aumento inspiegabile dell'energia prodotta durante elettrolisi, prolungate nel tempo (anche mesi), con elettrodi di Palladio (Pd, catodo) e Platino (Pt, anodo) in soluzione 0.1 Molare (con LiOD) di Acqua Pesante (D<sub>2</sub>O), venne IMPROPRIAMENTE, e per brevità, dato il nome di Nuclear Cold Fusion in quanto il valore integrale dell'energia in eccesso prodotta era nettamente superiore a qualunque fenomeno chimico/fisico, NON nucleare, noto.
- Il maggior limite di tale sperimentazione era, ed è tuttora, la insoddisfacente riproducibilità dei fenomeni osservati. **Obiettivo finale è AUMENTARE la riproducibilità con metodologie innovative, anche discostandoci fortemente dagli esperimenti originali del 1989.**



## **(-D1-) Descrizione di nuovo reattore (14 Febbraio 2017)**

- **Composizione del Gruppo di lavoro e suoi ambiti operativi, scientifici ed etici.**
- **Motivazione di nuovo set-up. Cenni su motivi scelta, inusuale, della Costantana.**
- **Rassegna dei progressi ottenuti in termine di AHE e stabilizzazione dell'effetto:**
  - ✓ **Introduzione di specifiche fibre di vetro multifilamentari per la preparazione del "core" del reattore;**
  - ✓ **Uso di nuovi "ingredienti";**
  - ✓ **Utilizzo di geometrie "locali" dei fili di costantana non-convenzionali; start-up dell'esperimento di nuovo tipo;**
  - ✓ **Recenti misure ed osservazione del ruolo anche degli ossidi come un indicatore qualitative dello **AHE (Anomalous Heat Effect)**.**
- **Prossimi progetti e conclusioni.**

## Gruppo di lavoro

- Il lavoro sperimentale oggetto della presentazione è stato effettuato principalmente presso i LNF-INFN. Numerosi afferenti non retribuiti (*volontariato*).
- Alcuni test, spesso risolutivi, sono stati effettuati presso un Laboratorio Industriale privato di una **Industria Metallurgica del Trentino-Alto Adige**, con cui collaboriamo da oltre 6 anni. Molti dei finanziamenti ed attrezzature necessarie agli esperimenti LNF-INFN sono stati elargiti proprio da tale Industria (**Mecenatismo ambientale**).
- Altri esperimenti di replica di alcune delle anomalie da noi evidenziate sono state effettuate in stretta collaborazione con il gruppo di lavoro del Martin Fleischmann Memorial Project (in particolare Mathieu Valat e Bob Greeyner), nell'ambito dello spirito etico della "**Live Open Science**" (LOS). I membri di tale gruppo congiunto Internazionale (I, F, UK) di ricerca avanzata, e la specifica metodologia, sono stati *candidati nel 2014 e 2015 al Premio Nobel per la Pace*.

## Introduzione

- Uno specifico programma di ricerca è iniziato nel 2011 con lo scopo di: aumentare la intensità e riproducibilità degli AHE; superare i limiti di costo/disponibilità del Pd.
- Tale programma si è focalizzato nello studio della **Costantana**, una lega di Rame-Nichel-Manganese ( $\text{Cu}_{55}\text{Ni}_{44}\text{Mn}_1$ , abbreviata come CNM o Cst) invece dei metalli usuali (Pd, Ti, Ni) che precedentemente erano stati a lungo studiati in ambito LENR.
- Tale lega, NON usuale nel campo di ricerca delle LENR, fu selezionato all'inizio del 2011 dopo aver formulato l'ipotesi (o meglio dire congettura) di un **fattore nascosto** dietro alcuni esperimenti iniziali, apparentemente coronati da successo, effettuati da Andrea Rossi (probabilmente non se ne era reso conto immediatamente).
- Per quanto siamo riusciti a capire, tali esperimenti vennero effettuati nel 2007 insieme a Brian Ahern, in un Laboratorio collegato al DARPA (Difesa-USA).

- *Desideriamo informare che il motivo reale della scelta della Costantana, cioè una ipotesi di lavoro/supposizione, è stato reso pubblico soltanto il 6 Giugno 2017 in occasione del “International Workshop on Anomalies in Hydrogen Loaded Metals - 12” (IWAHLM-12) che si è tenuto a Costigliole d’Asti dal 4 al 9 Giugno 2017. Precedentemente era un “segreto” noto unicamente al gruppo di lavoro ed agli appartenenti al Martin Fleischmann Memorial Project.*
- **Ulteriori dettagli ed approfondimenti sono stati forniti in occasione della “Giornata di Studio” che si è tenuta presso la “Casa Dell’Aviatore” (Ministero Difesa-Aeronautica, Roma) il 30 Giugno 2017. Il titolo del convegno (particolarmente affollato ed attivamente partecipato) è stato: “Nuove trasformazioni della materia: LA VIA ITALIANA ALLA FUTURA ENERGIA”.**

## Motivazione per la scelta della Costantana

- La “motivazione” è iniziata nel Gennaio 2011 quando facemmo l’ipotesi che il “reale e principale catalizzatore o iniziatore” della reazione con l’Idrogeno gassoso fosse la **termocoppia** inserita dentro le nano polveri di Nichel (Ni), e non il Ni stesso.
- Ci riferiamo alla termocoppia di **tipo J (Fe-Costantana)**, specificatamente utilizzabile nell’intervallo di temperature (ambiente--750°C) della maggior parte degli esperimenti. Inoltre tale termocoppia è particolarmente comoda da usare a causa del basso costo ed elevata sensibilità (circa 50  $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ).
- Inoltre, noi avevamo ragione di credere che tale termocoppia potrebbe essere stata danneggiata/corrugata in superficie dopo numerosi test (cicli bassa-->alta temperatura) ed in atmosfere potenzialmente corrosive per il materiale. In particolare, noi ritenevamo che perfino lo specifico materiale isolante vetroso che ricopriva i fili potesse aver contribuito ulteriormente alla “generazione” del fenomeno catalitico.

- Alcuni mesi dopo (Giugno 2011) trovammo un articolo che mostrava come alcune leghe di Rame-Nichel (cioè proprio la Costantana) potevano “fornire” **valori particolarmente elevati di energia (2-3 eV)**, in un ampio intervallo di composizione Cu-Ni, **per la dissociazione catalitica dell’Idrogeno da molecolare ad atomico ( $H_2 \rightarrow 2H$ )**.
- Tale intrinseca caratteristica era stata prevista, tramite simulazioni numeriche, dal 1999 da S. Romanowsky e Collaboratori [Langmuir 15(18), 5773-5780]. Purtroppo, nel Febbraio del 2011, non eravamo a conoscenza di tale lavoro teorico/numerico.

Reprint da S. Romanowasky (Tab.1) mostra i valori previsti di energia per la dissociazione dell'Idrogeno da molecolare ad atomico. Alcuni dei dati riportati in tabella sono stati anche confermati sperimentalmente, a livello qualitativo, dagli stessi Autori.

Tipo di materiale e sua composizione	$\Delta E$ (eV) per la dissociazione dell'Idrogeno ( $H_2 \rightarrow 2H$ )
$Ni_{0.375} Cu_{0.625}$	3.164
$Ni_{0.625} Cu_{0.375}$	2.861
$Ni_{0.8125} Cu_{0.1875}$	2.096
Ni	1.736
$Ni_{0.1825} Cu_{0.8175}$	1.568
$Ag_{0.8125} Pd_{0.1875}$	0.572
$Ag_{0.625} Pd_{0.375}$	0.560
$Ag_{0.325} Pd_{0.675}$	0.509
$Ag_{0.1875} Pd_{0.8125}$	0.509
Pd	0.424
Cu	-1.110
Ag	-1.416

Tab. 1. Adattata da S. Romanowski et al. (*Langmuir* 15 (18), 5773-5780)

Il catalizzatore migliore è  $Ni_{0.375} Cu_{0.625}$  (+3.164 eV); il peggiore è Ag (-1.416 eV).

- **Un comportamento simile è prevedibile anche per il Deuterio. A supporto, anche le pregresse (dal 1989) misure effettuate dal nostro gruppo, in ambiente elettrolitico e gassoso, hanno mostrato un comportamento qualitativamente simile a quanto calcolato da Romanowsky.**
- **E' doveroso menzionare che, nell'estate del 2012, un Collega portò alla nostra attenzione un brevettato pubblicato nel 1993 (US5770036, US5411654, US5674632) dove il primo inventore è proprio B. Ahern. In tale brevetto si afferma che il composto Cu-Ni potrebbe essere un buon candidato per ottenere AHE, specialmente quando il Cu-Ni è a dimensioni nanometriche o preparato alternando strati di Rame e Nichel.**
- **Tale informazione ci rese più fiduciosi sulla "ipotesi Cu-Ni" come trigger per fenomeni AHE. Inoltre, ci incoraggiò ad effettuare ulteriori sviluppi della nostra tecnica originale per preparare materiali a multistrato, dimensione nanometrica, utilizzando i "nostri" opportuni impulsi elettrici di alta potenza**

## Principali passi e miglioramenti: ossidazione dei fili con potenza pulsata.

- Allo scopo di aumentare la superficie specifica dei fili di CNM, abbiamo applicato molte centinaia di impulsi elettrici (durata 50 ms) ad elevata potenza specifica (**15-20 kVA/g**).
- La procedura permette di raggiungere, rapidamente, una temperatura superficiale di 800-1000 °C. A tale temperatura la CNM si ossida velocemente, mostrando (al SEM) la formazione di una struttura **spugnosa** con dimensionalità anche **sub-micrometrica**.
- Riteniamo che quanto osservato sia dovuto al rapido aumento di temperatura (tempo di salita elettrico **<1μs**) seguito da un rapido raffreddamento (da 900 a 650°C, temperatura alla quale l'ossidazione si arresta). Tale processo porta anche alla separazione di varie fasi della iniziale CNM, con diverse composizioni (“isole” di Cu, Ni, CuO, NiO, Cu<sub>a</sub>Ni<sub>b</sub>,...).

- **La diversa composizione locale di tali fasi, molteplici, si oppone ai (dannosi) processi di sinterizzazione che potrebbe avvenire durante la (eventuale) generazione di AHE ad alte temperature:** è quindi superfluo l'utilizzo di materiali inerti (tipo  $ZrO_2$ ), indispensabili proprio per evitare la sinterizzazione. In tale ultimo caso si passerebbe da dimensionalità nanometriche e/o sub-micrometriche ad agglomerati di decine di micron, completamente inutili in ambito catalitico e LENR.
- E' probabile che ***l'effetto pelle*** (causato dall'impulso, fronte di salita particolarmente rapido) concentri la maggior parte della corrente iniettata (quindi potenza), principalmente sulla ***superficie del filo***, con prevedibili effetti sugli aumenti termici e, soprattutto, loro gradienti locali e disomogeneità. Si ha quindi una reazione a catena virtuosa per i nostri scopi.
- Osservazioni al SEM-EDX hanno mostrato la formazione di ossidi misti locali, spesso auto-organizzati in strutture a multistrato. La procedura di preparazione è uno degli elementi-chiave del complesso sistema atto a generare AHE. Tuttavia, per motivi "esterni" (forza lavoro insufficiente, finanziamenti istituzionali assenti), uno **studio sistematico NON è stato purtroppo effettuato.**

- Per chiarezza, la tecnica descritta NON permette un preciso controllo della dimensionalità delle singole nanoparticelle prodotte. Ad esempio, il Prof. **Yoshiaki Arata** (Univ. Osaka-Giappone; insignito del Empereor Prize), che per primo ha introdotto l'uso dello Pd35%-ZrO<sub>2</sub>65% in ambito LENR, ottiene nanoparticelle con **dimensionalità controllata di 2-15 nm**, grazie al sofisticato (ma costoso) metodo del melt-spinning e quenching. Comunque, anche in tale caso, vi sono problemi di sinterizzazione dopo ripetuti cicli di riscaldamento-raffreddamento a temperature maggiori di 300 °C.
- **Punto debole.** Abbiamo a volte osservato che le “**strutture utili**” (una **sottile corona circolare**, diametro esterno 205-210 μm, interno 190-195 μm) sulla superficie del filo di CNM (avente un diametro iniziale di 200 μm), possono staccarsi dal filo stesso (che si comporta come il substrato) e cadere sul contenitore interno del reattore (in vetro) che si trova a temperature notevolmente inferiori a quelle del filo: la reazione viene, di fatto, interrotta. Tale effetto negativo aumenta dopo: assorbimento di H, D; numerosi cicli termici (20→400--700→20 °C).

## Introduzione di guaine in fibra di vetro e loro impregnazione.

- Allo scopo di prevenire e/o minimizzare la separazione dello strato superficiale attivo (spessore di solo poche decine di  $\mu\text{m}$ ) dal “core” del filo, lo abbiamo inserito, subito dopo la preparazione tramite impulsi (ed altri eventuali additivi) dentro una **guaina in fibra di vetro**. Tale procedura è stata adottata sistematicamente dal 2013.
- Inoltre, abbiamo ragioni da credere che tale **fibra di vetro**, in opportune circostanze, possa contribuire alla generazione/aumento di fenomeni AHE. Tale effetto fu osservato anche in una precedente campagna di misure utilizzando fili di Palladio (Pd) nel 2008: motivo dell’inserimento era l’isolamento elettrico dei fili di Pd da altri tipi di fili conduttivi (Pd, Pd-Y, Pt, Ni).
- Nel 2008 furono testate diversi tipi di guaine con diversa composizione chimica. In particolare ci accorgemmo che quelle in **Allumina** ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), benché capaci di sopportare temperature molto elevate ( $1200^\circ\text{C}$ ) per tempi prolungati, **mai diedero vantaggi dal punto di vista dello AHE**.

- Soltanto fibre realizzate con uno specifico materiale (meno costoso/sofisticato della Allumina) risultarono promettenti cioè il vetro **Borosilicato tipo E**: vetro **boro-silico-alumino-calcico**. In particolare, dal nostro punto di vista sperimentale “globale”, ottenemmo i migliori risultati con le fibre prodotte dalla SIGI-Favier (I-F) che sono addizionate anche di **TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>**. Tale fibre, benché limitate riguardo la temperatura massima continuativa (550 °C) avevano mostrato una sorta di **effetto sinergico** per lo **AHE**. Quindi abbiamo ipotizzato che lo stesso vetro potrebbe essere un co-fattore importante ma non avevamo alcuna giustificazione “teorica” per le nostre osservazioni sperimentali.
- Avendo in mente, principalmente, l’idea della fibra come contenitore (per ridurre la dispersione della preziosa polvere sub-micrometrica), realizzato con fibre micrometriche intrecciate (diametro 4-6 μm), abbiamo pensato di potenziarne ulteriormente l’effetto impregnandola di opportune sostanze a “Bassa Funzione Lavoro” per l’emissione di elettroni. Il tutto realizzato, semplicemente, impregnando le fibre (igroscopiche) in una soluzione di Sr(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> diluita in H<sub>2</sub>O o D<sub>2</sub>O. Un successivo trattamento a 400-500 °C scompone i nitrati in ossidi, cioè SrO che è il materiale attivo per l’emissione elettronica.

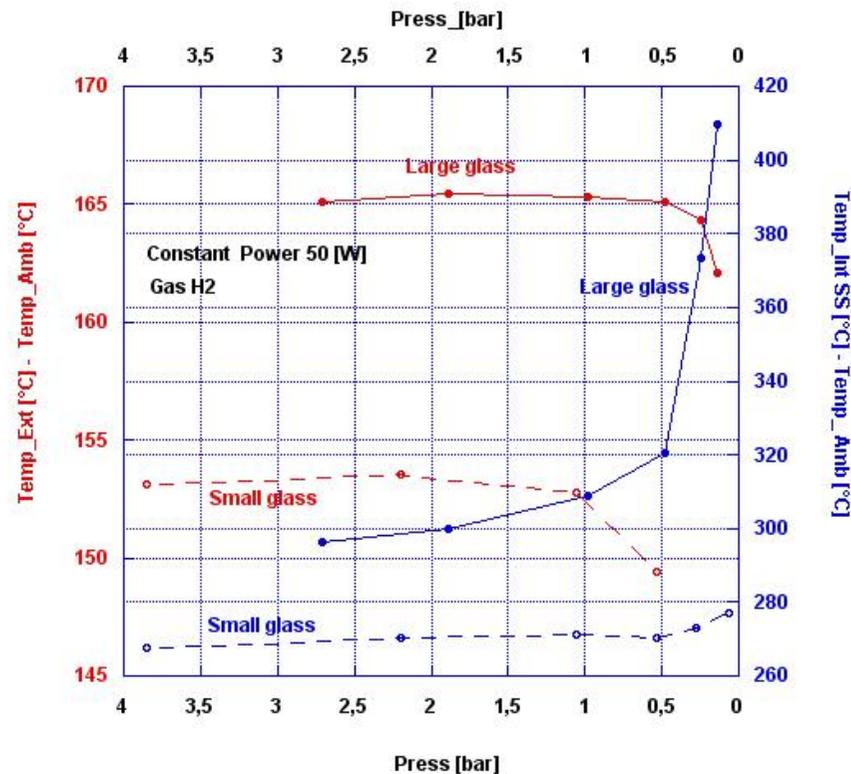
- I fili di CNM sono successivamente inseriti nelle guaine così preparate.
- Si ricorda che lo **SrO** è uno dei materiali (ad esempio CaO, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) che hanno una bassa funzione lavoro (2-3 eV) per l'emissione di elettroni. L'utilizzo di tali materiali è in accordo con le procedure di Yasuhiro Iwamura (1999, Mitsubishi Heavy Industries) nel campo delle trasmutazioni (Sr→Mo; Cs→Pr) indotte da un flusso di Deuterio attraversante una struttura a multistrato, di spessore nanometrico, composta da CaO e Pd.
-

- **La Funzione Lavoro ( $W$ )** di un materiale è il fattore principale per l'emissione di elettroni ad alte temperature: **Effetto Termoelettrico**; cioè la legge di Richardson (premio Nobel in Fisica nel 1928). Tale effetto è, ad esempio, alla base del funzionamento di tutte le "vecchie" valvole termoioniche e delle attuali compatte lampade a fluorescenza (elevato rendimento luminoso).
- La formula è:  $J = A_g T^2 \exp(-W/KT)$ .  $J$  è la densità di corrente ( $A/m^2$ );  $A_g$  è un fattore costante;  $T$  è la temperature (in K);  $K$  è la Costante di Boltzmann ( $1.38 \cdot 10^{-23}$ ).
- Ad esempio, a 1000K, il fattore esponenziale, variando  $W$  (3, 2, 1, 0.5eV), è rispettivamente:  $7 \cdot 10^{-16}$ ,  $8.5 \cdot 10^{-11}$ ,  $9.2 \cdot 10^{-6}$ ,  $3.03 \cdot 10^{-3}$ . In altre parole, una riduzione da 2 a 1 eV aumenta la densità di corrente di un fattore  $10^5$ !! Dati recenti affermano, riguardo lo SrO a bassa dimensionalità, un valore di soltanto 1.2 eV rispetto a quello di 2.3 eV nello stato massivo. Noi realizziamo proprio strati sottili di SrO sulla superficie del vetro grazie a soluzioni molto diluite, accompagnati da numerosi cicli di immersione → essiccazione, prima della decomposizione finale del nitrato ad alta temperatura.

## Riscoperta del lavoro di Irving Langmuir

- *Riteniamo che i vari passaggi di impregnazione (SrO; Fe<sub>x</sub>O<sub>y</sub>, K-Mn) della fibra di vetro, nel loro insieme, aumentino ulteriormente la sua tendenza intrinseca ad assorbire o interagire con l'Idrogeno (o Deuterio) nello stato **Atomico**.*
- Riteniamo importante ricordare anche che le proprietà di alcuni specifici tipi di vetro e la loro interazione con l'Idrogeno Atomico furono scoperti da **Irving Langmuir** (Premio Nobel per la Chimica) all'incirca nel 1927. Frase originale di Langmuir: **"Vetro che assorbe H, non H<sub>2</sub>"**. Lavoro, poco noto, trovato nei "sotterranei" del CNR da L. Del Sorbo e L. Notargiacomo.
- Inoltre, gli elementi alcalino terrosi (chimicamente aggressivi per il vetro) usati per l'impregnazione e successiva decomposizione ad alta temperatura, aumentano sensibilmente la superficie delle guaine in fibra di vetro. All'inizio, con una **singola guaina** di diametro esterno di 1 mm e lunghezza 100 cm, abbiamo una superficie effettiva di circa **10000 cm<sup>2</sup>**, considerando che è composta da numerosissimi mini-fili (a superficie non regolare) con diametro di 4-6 μm. Il tutto va confrontato con la tipica superficie di una lampada ad incandescenza (usata da **Langmuir**) avente una superficie di **300-400 cm<sup>2</sup>**.

- Fig.1. Risultato principale presentato al “2014 MIT Colloquium on Cold Fusion effect” (21-23 March 2014; MIT-Cambridge-USA), di esperimenti usanti 2 fili di CNM e filo di 1 Pt, inseriti dentro guaine di vetro, a basso (bleu) ed alto (rosso) valore di ulteriore vetro aggiunto dentro il reattore. Atmosfera di H<sub>2</sub>, differenti pressioni. Vengono riportati i valori delle temperature interne ed esterne, meno ambiente. *Gli effetti sono più elevati a bassa pressione, in accordo con le osservazioni di Langmuir riguardo la ricombinazione  $2H \rightarrow H_2$ .*



## Aggiunta di Ferro-Potassio-Manganese e loro effetti

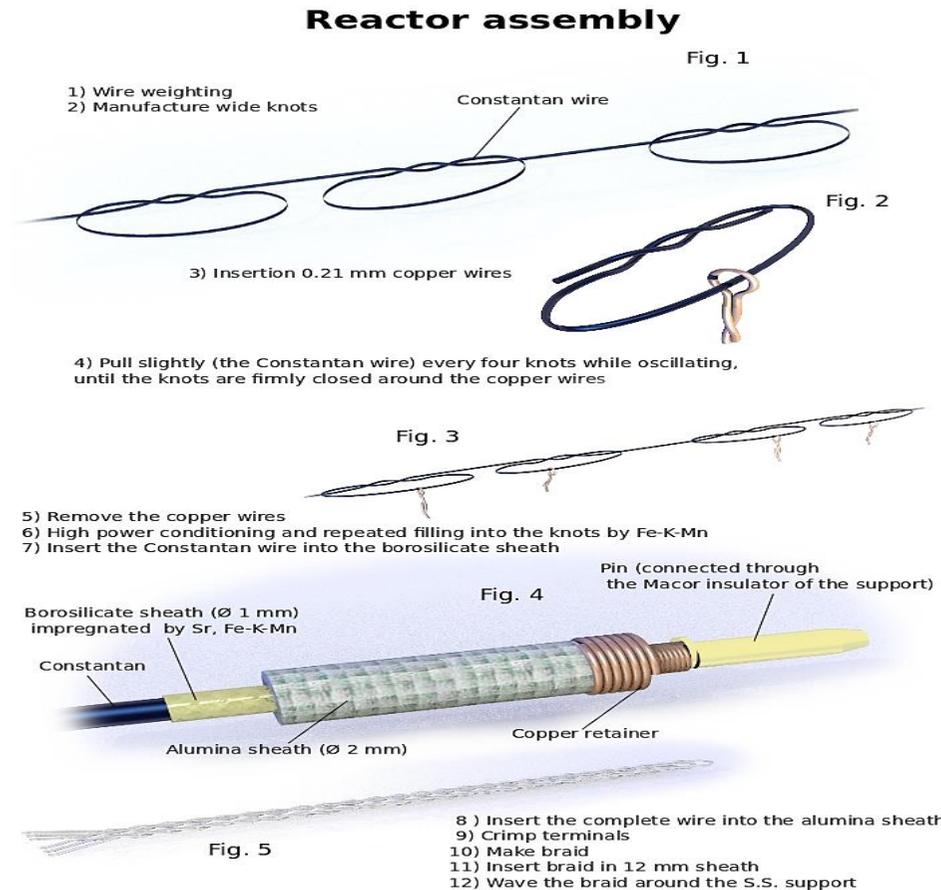
- Volendo aumentare il valore dello AHE, in un ulteriore sviluppo del CNM, abbiamo aggiunto **Fe** (nella forma di ossidi misti) sulla superficie dei fili e guaine, insieme al **K** (utilizzato come “promotore” della reazione  $H_2 \rightarrow 2H$ , seguendo le procedure di Fischer-Tropsch, 1920-1945, per la sintesi della benzina sintetica partendo da C e  $H_2$ ). L’aggiunta di Fe-K fu effettuata prima e durante i ripetuti cicli di impulsaggio ad alta potenza per: rendere il filo spugnoso; ulteriore co-fattore per ridurre la sinterizzazione superficiale della CNM.
- 
- Successivamente (Maggio 2016) abbiamo aggiunto anche **Manganese** (Mn) allo scopo di stabilizzare gli effetti: è stato recentemente scoperto da un gruppo Giapponese che il Mn ha la proprietà di ridurre l’evaporazione del K ad alta temperatura. Come similitudine, l’effetto del Mn può ricordare quello dello Iodio per aumentare l’efficienza e la vita media delle ben note lampade alogene ad incandescenza di Tungsteno, per uso domestico e soprattutto automobilistico.

- Riguardo l'utilizzo del **Fe**, successivamente agli esperimenti iniziali del 2012 (spesso coronati da successo), ci siamo resi conto che il primo batch di CNM che avevamo utilizzato era stato preparato dalla ditta costruttrice (IsabellenHutthe) prima del 1970. Misurammo che il contenuto in Fe, sia come impurezza o aggiunto intenzionalmente, era non trascurabile (0.5-1%) con addirittura valori fino al 3-5% in certe zone, specialmente superficiali.
- In aggiunta all'ipotesi di un materiale di partenza (Cu, Ni, Mn) a bassa purezza abbiamo sospettato una qualche contaminazione superficiale: durante il processo di trafilatura e/o un immagazzinamento non appropriato (dentro un vecchio armadio in ferro abbastanza arrugginito) in Italia.
- Di fatto, osservammo che il primo batch di costantana "antico" diede, generalmente, valori di AHE interessanti (fino al 5-20% della potenza di ingresso di, usualmente, 50W). I test con materiali più "moderni", e più puri dal punto di vista chimico, diedero risultati più modesti.
- Per ultimo, se consideriamo anche il fatto che la termocoppia J contiene proprio il Fe, l'ipotesi di un effetto sinergistico per la produzione di AHE è rinforzata.

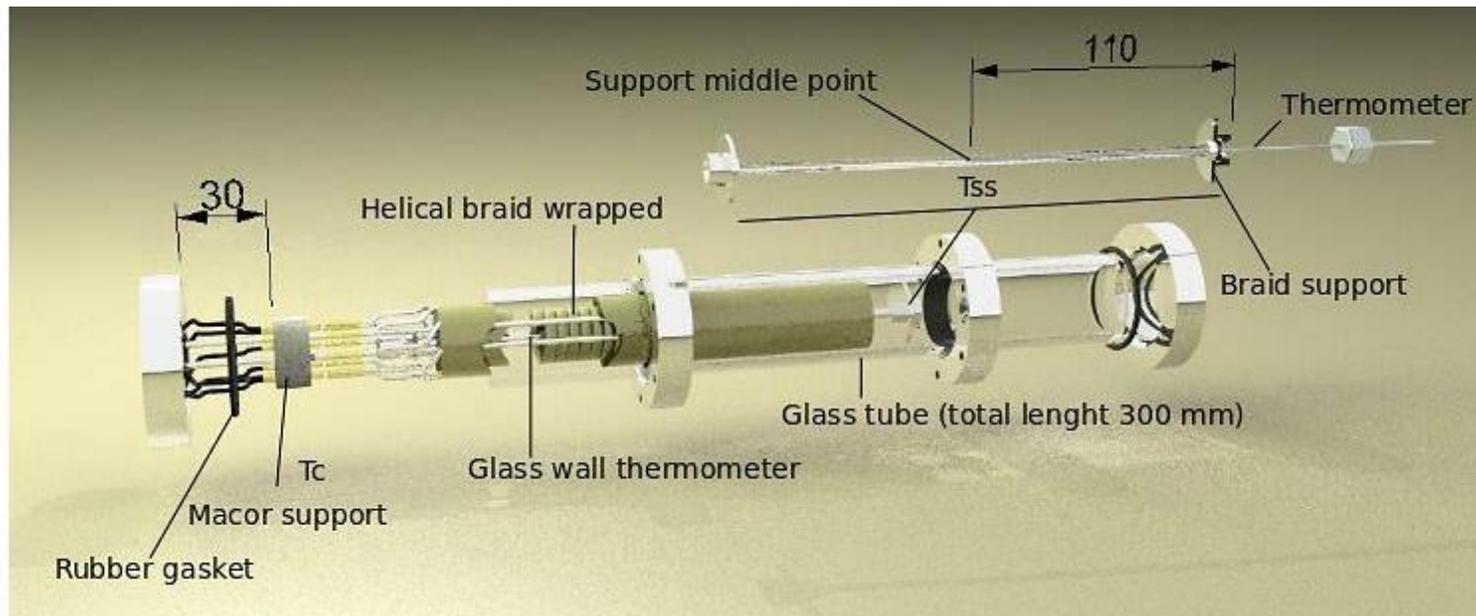
## Importanza del “non equilibrio” ed utilizzo dei nodi

- In praticamente tutti i nostri esperimenti (dal 1989) ci siamo resi conto che la presenza di situazioni di *Non Equilibrio* è un fattore chiave per indurre (e possibilmente aumentare) gli effetti “nucleari” e/o di AHE. In base a tali conclusioni, nel 2015, abbiamo introdotto un nuovo tipo di geometria del filo il cui obiettivo era di aumentare localmente gradienti termici, e possibilmente di concentrazione, *SENZA apporto di extra-energia dall'esterno*.
- In altre parole, abbiamo sviluppato una procedura (concettualmente semplice) per ottenere gradienti termici lungo il filo traendo vantaggio dall'utilizzo proprio delle fibre di vetro che, per molti aspetti, sono discontinuità per il trasferimento del calore dal filo all'ambiente gassoso che lo circonda. Tale effetto “spontaneo” è ulteriormente rinforzato se il filo ha una corrente macroscopica che lo attraversa, come è tipico nei nostri esperimenti. Dopo vari tentativi ci rendemmo conto che l'approccio più semplice era quello di introdurre numerosi **nodi** lungo il sottile filo di CNM. *La realizzazione pratica dei nodi è, per ora, laboriosa.*
- Il metodo funzionò molto bene, IMMEDIATAMENTE ed i primi risultati vennero presentati a ICCF20 (Ottobre 2016). Inoltre ci rendemmo conto che il valore di AHE è correlato con il numero di nodi: il filo con **71 nodi è più efficiente di quello con 41 nodi per lo AHE.**

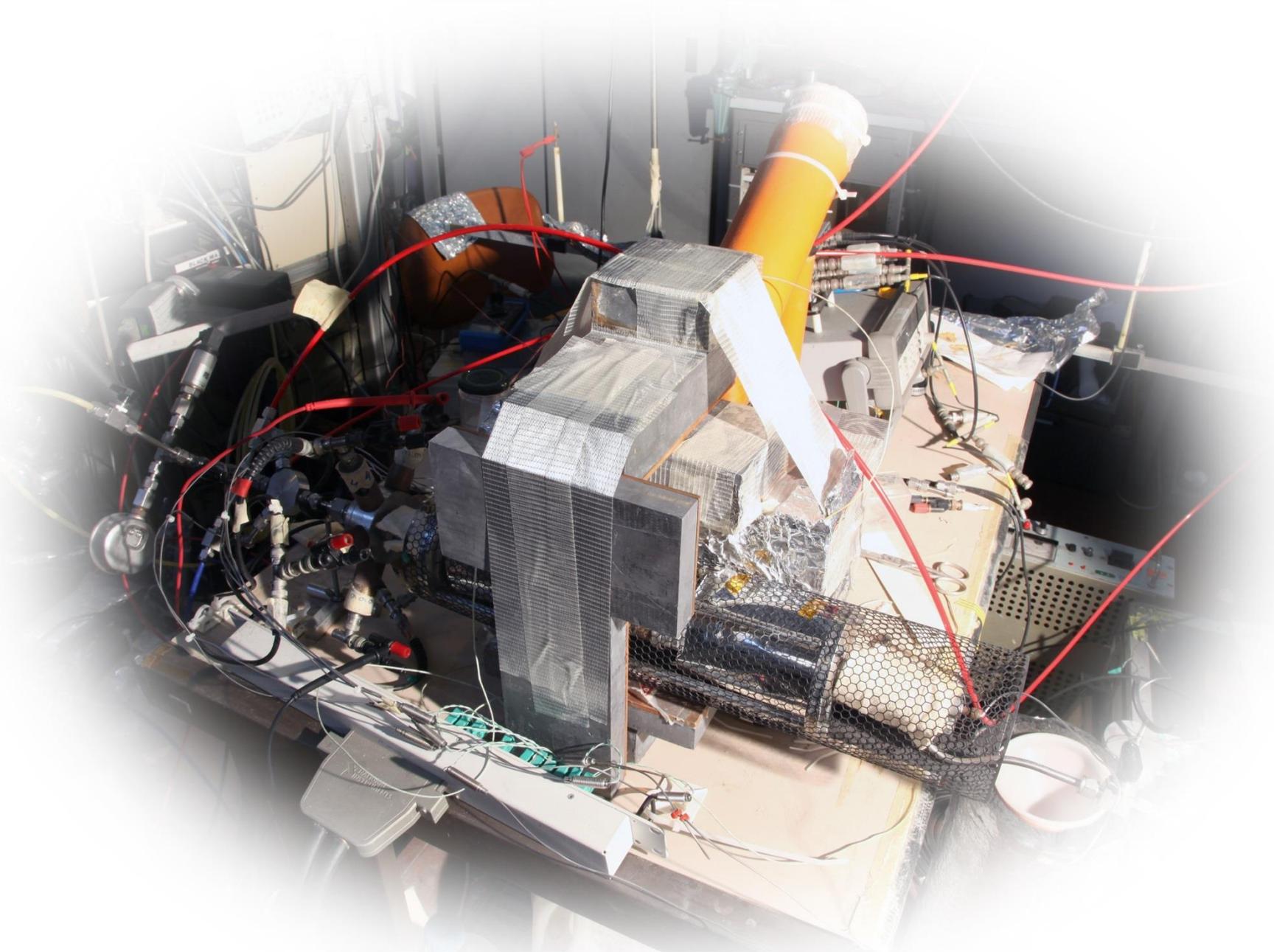
## Assemblaggio del reattore, incluso la preparazione dei nodi (JCMNS#24, Agosto 2017)

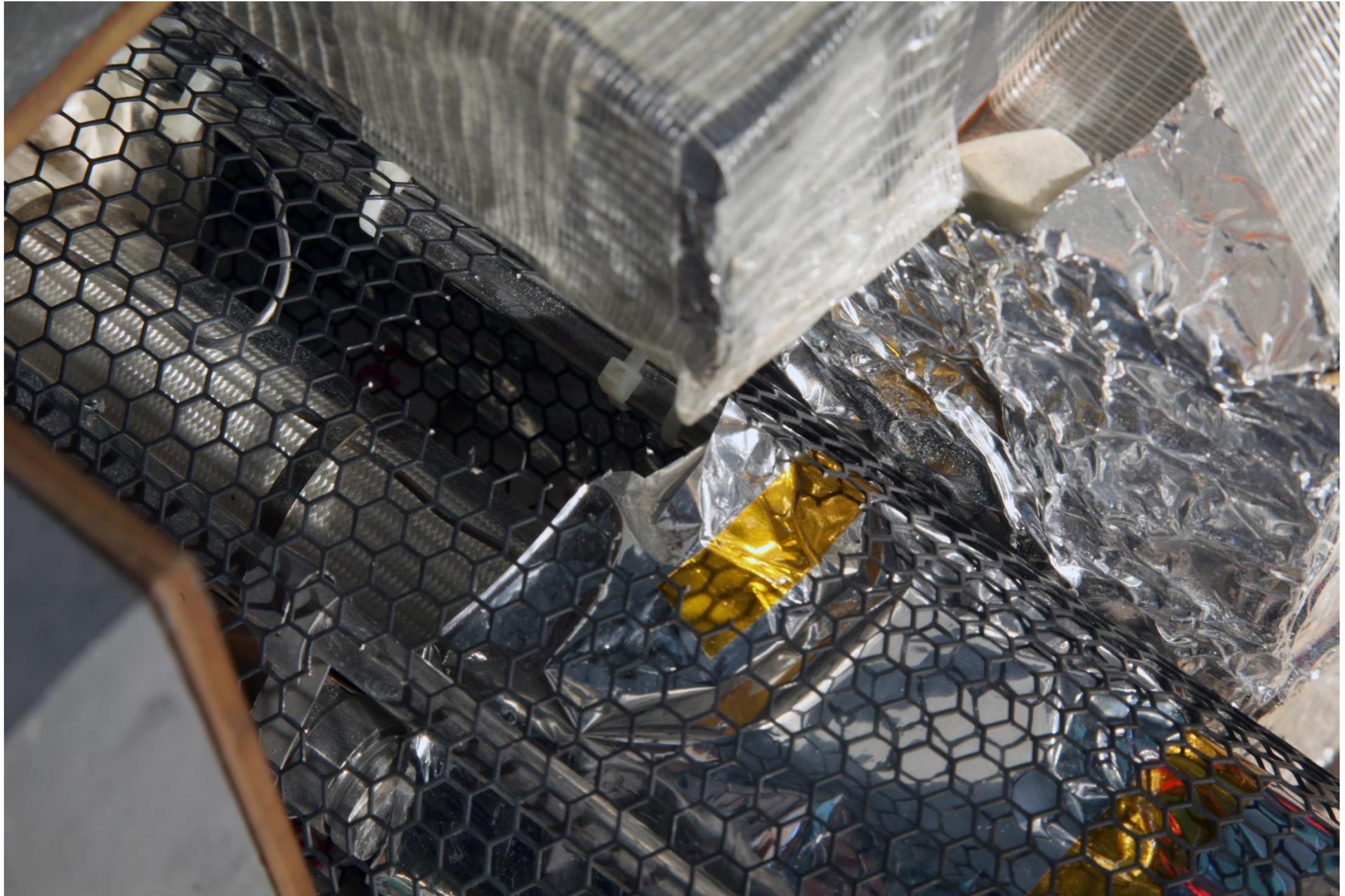


**Fig. R1:** Preparazione dei nodi nel filo di CNM. **Fig. R2:** Inserzione di un filo di Cu per evitare di stringere completamente il nodo. **Fig. R3:** Punto critico del restringimento dei nodi, evitando stress eccessivi al filo di CNM. **Fig. R4:** Dopo il trattamento ad alta potenza, inserimento dei fili dentro le varie guaine. **Fig. R5:** Treccia dei 3 fili che vengono arrotolati sul supporto in SS.

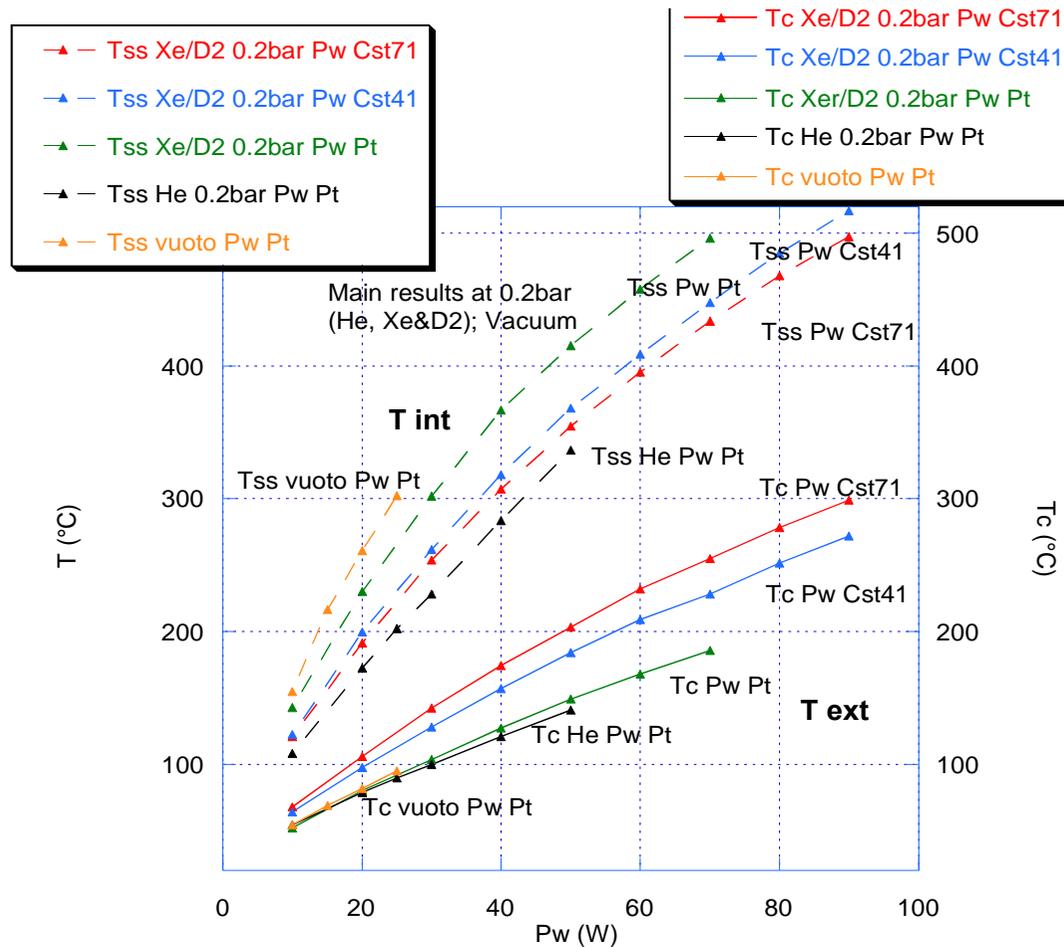


***Fig.2 Visione d'insieme del Reattore dopo l'assemblaggio. Riguardo le temperature, Tc è quella esterna centrale, Tss é quella più interna del "core" del reattore. Volume utile interno circa 250 cc.***





## Effetto del numero dei nodi del filo sullo AHE emesso [Agosto 2017, JCMNS#24].



*Fig.3 Overview degli esperimenti principali effettuati utilizzando il Vuoto (Pw su Pt), He (Pw su Pt), Miscela Xe+D<sub>2</sub> (Pw su Pt, Cst41, Cst71). E' distinguibile un grosso aumento della temperature esterna Tc rispetto al caso sul Pt, quando Pw è applicata ai fili con Cst41 and Cst71 (miglior risultato).*

## Immissione di gas nobili a bassa conducibilità termica (Xenon ed Argon)

- Dal 2008 abbiamo osservato che l'aggiunta di Argon ed altri gas (anche nobili) a bassa conducibilità termica al H<sub>2</sub> o D<sub>2</sub> spesso aumentava la probabilità di ottenere AHE. Tale fenomeno è stato osservato anche in esperimenti condotti a bassa pressione (0.1 bar).
- *Nel caso dello Xe, in particolare, abbiamo potuto misurare un effetto sulla produzione di AHE e sua intensità molto più alto di quanto aspettato.*
- Alla fine di Novembre 2016, mentre eravamo ancora intenti ad interpretare lo strano effetto dello Xe sul AHE, trovammo casualmente, e con grande sorpresa, che era stato ottenuto in Germania, nel 1993 un brevetto (DE4300016), brevissimo (3 pagine!!), che affermava che l'aggiunta di Xe al Deuterio aumentava significativamente la reazione  $2D^+ + 2D^+ \rightarrow He^4$ .
- Inoltre trovammo non poche similarità tra i due apparati sperimentali utilizzati. Nel caso del brevetto Tedesco vi era un sottile e lungo tubo capillare in vetro contenente Xe e Deuterio dissociati tramite riscaldatore al W ed opportuno campo elettrico per la ionizzazione.

In Tab.2 sono riportati i valori di alcune temperature di riferimento, interne ed esterne, con 50 W di potenza di ingresso, cambiando la miscela di gas. Gli esperimenti sono stati tutti condotti con il filo di CNM da 71 nodi. [JCMNS#24, Agosto 2017].

Gas Type	D <sub>2</sub>	Xe/D <sub>2</sub>	Xe/D <sub>2</sub>	Ar/D <sub>2</sub>	He	H <sub>2</sub>	D <sub>2</sub> O(2cc) Air(10cc)	D <sub>2</sub> O(2cc) Air(10cc) Xe(45cc)
Press.(bar) React. off	1	1/0.8	1/0.8	1/1	1	1	0.05	0.2
Press.(bar) React. on	1.41	2.63	2.64	2.71	1.346	1.32	0.20	0.51
Pw(W)	50.18	50.13	50.38	49.91	49.75	50.25	50.11	50.30
T <sub>c</sub> (°C)	197.2	208.3	208.6	205.5	191.0	192.8	203.7	212.4
T <sub>ss</sub> (°C)	258	342	342.9	308.9	253.5	243.7	367.8	400.1
T <sub>Pt</sub> (°C)	257	318	319.4	292.3	252.1	244.6	344.7	376.1
T <sub>amb</sub> (°C)	20.7	20.4	20.0	18.4	17.0	17.8	20.5	20.6

Tab.2. E' particolarmente interessante confrontare i valori causati dall'aggiunta di Xe ed Acqua Pesante (D<sub>2</sub>O).

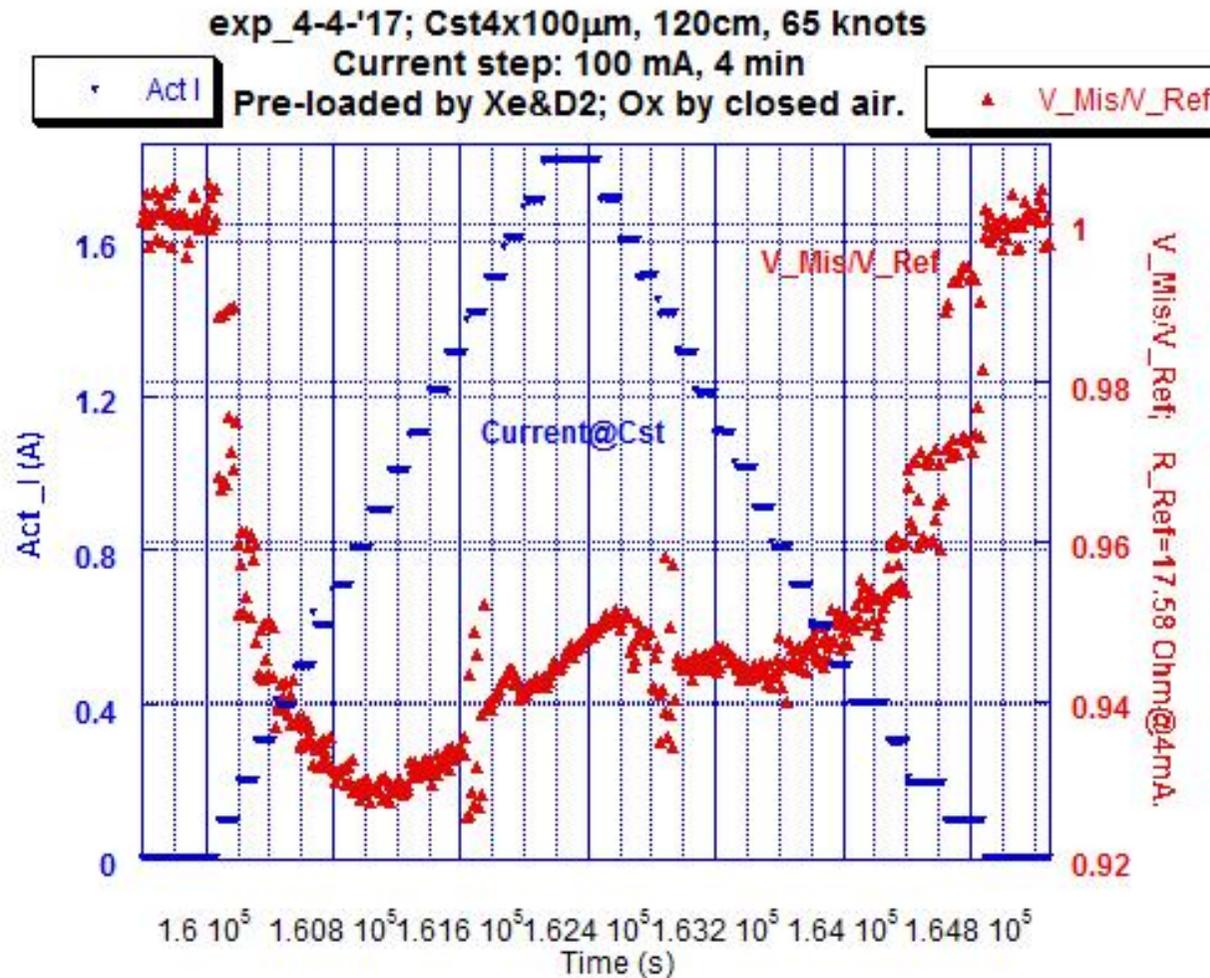
- Nel Gennaio 2017, con lo scopo di aumentare ulteriormente il valore dello AHE, abbiamo cambiato la precedente configurazione di uno dei 2 fili di CNM (diametro 200  $\mu\text{m}$ , lunghezza apparente 105 cm, reale 120 cm, 70 nodi, foro dei nodi 0.25-0.30 mm), con 4 fili indipendenti aventi diametro 100  $\mu\text{m}$ , messi in parallelo e ciascuno elettricamente isolato con fibre di vetro. Numero totale di nodi 300, foro di solo 0.15-0.20 mm.
- Riassumendo, con 4 fili di diametro 100  $\mu\text{m}$  messi in parallelo abbiamo: a) **stessa resistenza elettrica**; b) **superficie attiva doppia**; c) **numero di nodi 4 volte maggiore**. Maggiore svantaggio è la **temperatura superficiale** (a potenza di ingresso costante), **inferiore** rispetto al filo singolo da 200  $\mu\text{m}$ .
- Siamo ragionevolmente certi che il **valore assoluto della temperatura** (tipo leggi di **Arrhenius** e/o **Richardson**) è un parametro di controllo per la generazione di AHE, cioè deve essere la **più alta possibile**.
- Limite del sistema è che, aumentando eccessivamente la temperatura, i rischi di sinterizzazione aumentano: quanto ciò avviene i valore di AHE diminuiscono fortemente. E' difficile "recuperare" il sistema, pur sfruttando le capacità di infrangimento del  $\text{H}_2$  e/o  $\text{D}_2$ .

## Reattore Febbraio 2017: risultati sperimentali e nuove conoscenze.

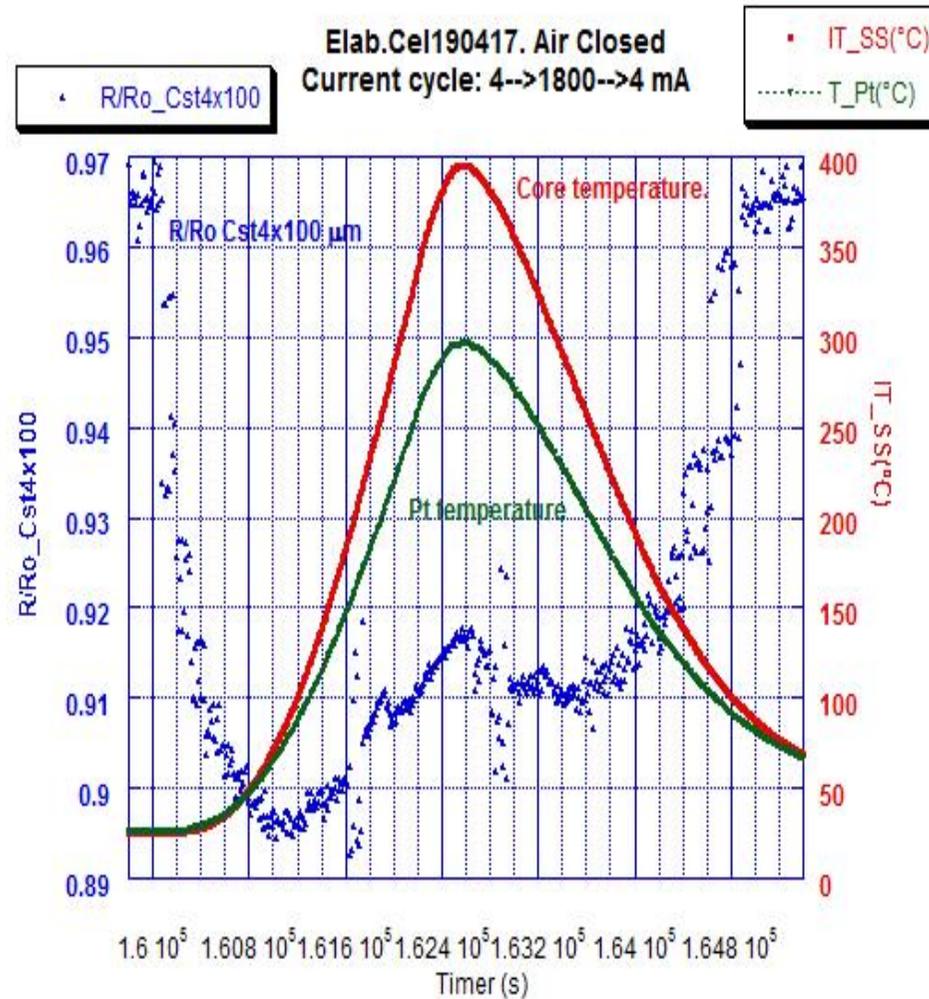
- A causa di limiti costruttivi imprevisti, nelle preparazioni recenti (>Febbraio 2017), non siamo riusciti a mettere le fibre di vetro impregnate dentro la usuale fornace per essiccare l'acqua e decomporre i nitrati ad ossidi: vi era quindi un pò di D<sub>2</sub>O residua adsorbita sulla superficie delle fibre.
- Sorprendentemente, abbiamo osservato che lo AHE era presente sin dall'inizio dell'esperimento, già durante i cicli preliminari di condizionamento tramite regime di vuoto dinamico ad alta temperatura (500-800 °C): la potenza era fornita al filo di Pt, usato come riscaldatore. Ci aspettavamo una usuale calibrazione ed abbiamo osservato AHE!
- Tale fenomeno è stato accompagnato da una **forte riduzione del valore della resistenza della CNM**: finora abbiamo interpretato tale fenomeno come un assorbimento di Deuterio in accordo sia a praticamente tutti i nostri precedenti esperimenti che ai numerosi articoli sugli effetti dell'idrogeno sulla CNM. Comunque alcuni degli Autori (W. Bruckner et al., *Thin Solid Films* 258, 1995, 252-259) non si resero conto a pieno delle potenzialità di tale fenomeno (da loro studiato dal 1987). Soltanto 10 anni dopo vennero effettuati studi più approfonditi (A. W. Szafransky, *Journal of Alloys and Compounds*, 404-406, 2005, 195-199).

- Inoltre, quando la potenza era stata applicata alla CNM, alla fine dei cicli ad alta potenza (da 90 W a 10 W, atmosfera di He), il valore della resistenza al minimo di corrente applicata (4 mA) era **MAGGIORE** di quella al valore di 750 mA (equivalente ad una potenza applicata di circa 10 W). Tale inaspettato/interessante fenomeno era presente soltanto quando la potenza era applicata al filo di CNM (cioè riscaldamento diretto), non quando la potenza era applicata al Pt (riscaldamento indiretto). Quindi, un fenomeno misurabile soltanto a causa del fluire della corrente, **NON** correlato direttamente con l'aumento termico.
- Ulteriori studi hanno mostrato che tale effetto è messo in risalto quando la CNM è sottoposta soltanto ad una parziale ossidazione della superficie, cioè quando del Deuterio residuo è ancora presente dentro il filo.
- In breve, **umentando la corrente** applicata alla CNM (fino a valori di circa 800 mA), abbiamo osservato una **riduzione della resistenza** che risale a potenze più elevate.

- In Fig. 4 viene mostrata la caratteristica della tensione ai capi del filo al variare della corrente applicata (step di 100 mA, durata di ogni step 240 secondi) normalizzata al suo valore con la corrente minima di misura (4 mA). Il filo di CNM (4x100 mm) era stato precedentemente caricato, per molti giorni, con miscela Xe-D<sub>2</sub>.
- -Viene effettuato un ciclo completo per correnti crescenti (fino a 1800mA) e decrescenti. Il tutto per evidenziare eventuali fenomeni di isteresi: tali fenomeni sono presenti e, molto probabilmente, sono di origine termica. Il gas di misura è l'aria racchiusa nel volume libero (circa 250 cc) del reattore.
- Il fenomeno della riduzione della resistenza quando la corrente viene aumentata, e viceversa, ricorda il ben noto diodo a **"Effetto Zener"** nella regione di auto-stabilizzazione della tensione.
- L'effetto diminuisce quando la temperatura "ambiente" del filo è aumentata (Fig. 5), per correnti maggiori di 700 mA.

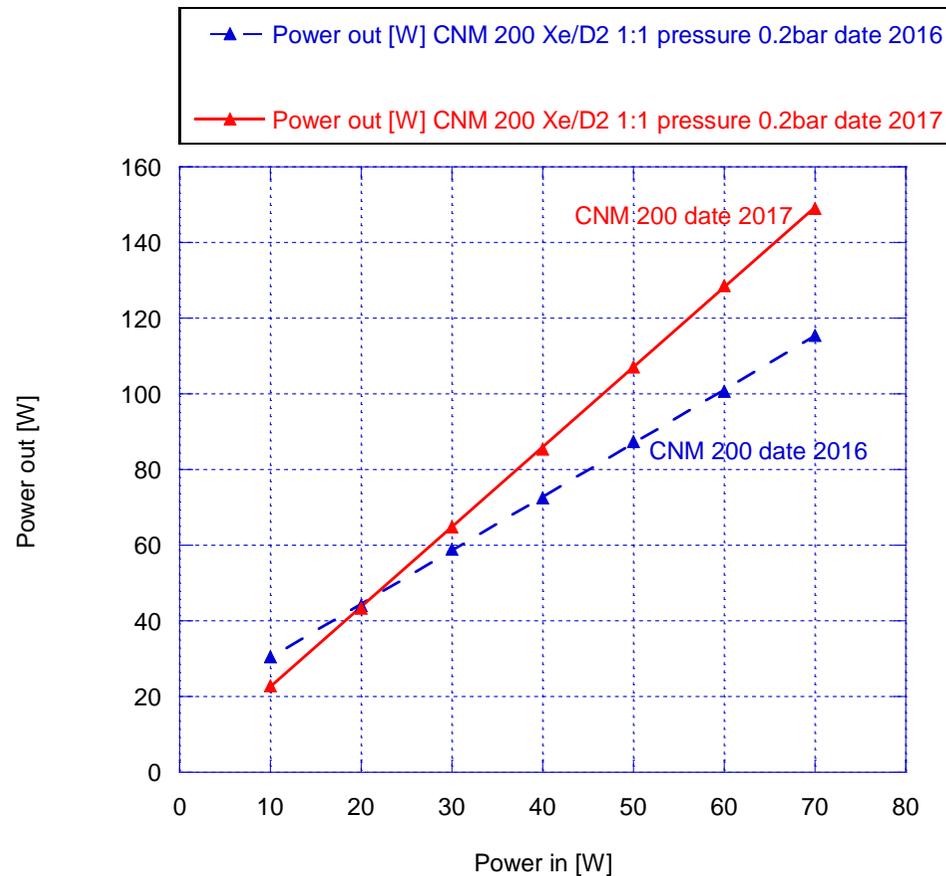


- **Fig. 4:** In *blue*, è mostrata la corrente applicata in funzione del tempo. Ciascuno step ha una ampiezza di 100 mA e durata di 4 min. In *rosso*, la tensione (calcolata come resistenza misurata per la corrente applicata). Il valore è normalizzato al valore di riferimento di 4 mA. Il numero totale di nodi è 300.



**Fig. 5: Caratteristica della resistenza (blue) del filo di CNM (4x100 mm), in funzione del tempo, confrontata con la temperatura del core del reattore (rosso) e del filo di Pt adiacente (verde).**

- E' inaspettato che un effetto locale (pochi micron di dimensioni), forse di tipo "Zener", possa essere evidente perfino su scale del metro, cioè 1 Milione di volte più imponente di quanto ipotizzabile. Forse potrebbe avvenire qualche tipo di "coerenza" a lungo range, o "confinamento" indotto dalla tensione (o corrente) quando la concentrazione di Deuterio lungo il filo è abbastanza elevata.
- Tali tipi di fenomeni, più in generale, vennero predetti e (parzialmente) osservati dai Prof. Giuliano Preparata ed Emilio del Giudice nei sistemi Pd-D dal 1996. Potrebbe non essere una semplice coincidenza che, secondi tali Autori, i fenomeni sono evidenziabili soltanto quando il materiale è nella forma di fili lunghi e sottili, come nel nostro caso ed il rapporto D/Pd , nel loro caso, era prossimo a 1.
- **A latere, e comunque come obiettivo principale della nostra ricerca, abbiamo evidenza sperimentale tra una correlazione positiva tra l'osservazione di un fenomeno tipo-Zener e valori particolarmente interessanti di AHE, come riassunto, per comparazione, in Fig. 6.**



**Fig. 6: Potenza di uscita calcolata (Stefan-Boltzmann,; “Newton” a  $10W^* K/m^2$ ) in funzione della potenza di ingresso applicata sul filo di CNM da  $200 \mu m$ , 70 nodi: esperimenti 2016 e 2017. Gas e pressioni simili. Nel 2017 è aumentato il numero di fili ( $1 \rightarrow 4$ ) e nodi ( $65 \rightarrow 300$ ) della CNM. L’effetto sembra essere riconducibile al riscaldamento dei fili  $4 \times 100$  CNM. Il tutto evidenzia la possibilità di scalabilità dello AHE.**

## Conclusioni

Un programma sperimentale, a dir poco “ardito”, iniziato nel 2011, ha permesso di aumentare, significativamente, la probabilità di accadimento ed intensità dei fenomeni AHE. E' importante citare:

- L'uso della Costantana (CNM).
- L'uso del riscaldamento diretto (Effetto NEMCA).
- La procedura di ossidazione pulsata dei fili, per aumentare la superficie e numero delle strutture sub-micrometriche. Il quenching (cioè raffreddamento ultra-rapido), ripetuto molte centinaia di volte, agevola la formazione di eventuali materiali amorfi (non stechiometrici) inter-granulari: vengono contrastati i fenomeni incipienti di sinterizzazione.
- L'aggiunta di Fe e K. In più, il Mn ha ridotto significativamente l'evaporazione del K, punto debole dei precedenti catalizzatori tipo Fischer-Tropsch.
- L'utilizzo di specifiche fibre di vetro impregnate con SrO, materiale a funzione lavoro particolarmente bassa, per l'emissione di elettroni.
- L'introduzione della procedura costruttiva di effettuare nodi, con piccolissimo diametro interno, con i fili di CNM

- L'aggiunta di Argon e soprattutto Xe al Deuterio.
- L'utilizzo di fili particolarmente sottili (4x100  $\mu\text{m}$  Vs 1x200  $\mu\text{m}$ ).

\*NEMCA: Non Faradaic Electrochemical Modification of Catalytic Activity .

Il fenomeno è stato particolarmente studiato e sviluppato dal Prof. Costas Vayenas, Università di Salonicco, dal 1995. Si ricorda che osservazioni similari, benché NON spiegate, risalgono al 1905

- Abbiamo elementi per pensare che le numerose procedure adottate, benché originate da un approccio primitivo di “prove e correzione di errori”, unite ad una osservazione dei fenomeni particolarmente lunga (e senza pregiudizi interpretativi) hanno provocato l’aumento dello AHE dall’iniziale 5-20% del 2012 ai valori attuali del 100% (cioè un fattore 2 rispetto alla potenza di ingresso elettrica immessa). La affidabilità, e riproducibilità sono diventati “quasi accettabili”. **Quindi, molto lavoro sistematico è INDISPENSABILE.**
- Aspetto ancor più importante, le temperature interne e soprattutto esterne (per migliorare il recupero energetico, limitato dalla ben nota legge di Carnot) sono aumentate in maniera sostanziale. In alcuni specifici esperimenti (usando la miscela ottimale Xe-D<sub>2</sub> a bassa pressione) la temperatura interna del reattore spesso superava i 700°C mentre quella esterna era dell’ordine di 300°C. Il tutto senza apparenti danneggiamenti del filo, guaine ed altri componenti.
- Secondo noi tale risultato rappresenta un progresso chiave verso l’applicazione delle LENR nel mondo reale, non solo una curiosità (complessa) di Laboratorio.
- Ci aspettiamo ulteriori miglioramenti aumentando la quantità di materiale attivo (0.6g).

## **Ultime Notizie**

### **Leading the Japanese Gvt NEDO project on anomalous heat effect of nano-metal and hydrogen gas interaction (August 9, 2017)**



Akito Takahashi Akito Takahashi.

***Comunicato-stampa ufficiale a Research Gate***

Goal: **To confirm non-chemical (namely nuclear origin-like) high energy-density heat generation by nano-metal and hydrogen gas interaction at elevated temperature and to extend R&D program for new hydrogen energy.**

- Interim Report for the H28 fiscal year of H-27-29 program R&D. Subjective: Leading Program for Energy and Environment. Sub-theme: Analysis and control of new thermal energy by metal-hydrogen interaction
- 
- Reporters: The 6 parties of teams from ***Technova Inc., Nissan Motors Co, Kyushu University, Tohoku University, Nagoya University and Kobe University*** to re-confirm and obtain basic data on the previously claimed anomalously high-energy density heat release effect (AHE) by the interaction of hydrogen gas and Ni-based nanometal composite samples, the following program was implemented by the 6 parties for the H28(2016 Oct to 2017 March) period.

- The **target** to obtain thermal energy density more than **2 MJ/mol-H** has been cleared with *much enhanced energy density* (ca. **200 MJ/mol-D** for instance), by collaboration studies for CNS (*Cu-Ni/silica*), CNZ(Cu-Ni/zirconia) and PNZ (Pd-Ni/zirconia) series samples at 200-300 degree C operation temperatures.
- New experimental calorimetry system (new MHE facility) for metal hydrogen-gas interaction was installed in June H28 in Tohoku University, and the initial running tests in July and implemented the first experiment with PNZ-type sample to observe and confirm the previously claimed Technova-Kobe results of AHE, with less than 1.5% error in calorimetry. The new experimental system was totally established in August 2016 (H28).
- Collaboration study by the 6 parties was implemented with 10 test experiments in the H28 period, using the MHE facilities at Kobe University and Tohoku University, for metal nano-composite samples which were fabricated by the melt-spinning/oxidation technique to have provided PNZ-type and CNZ-type samples. PS-type (Pd /silica) and CNS-type samples provided by the wet technique at Kyushu University, Nagoya University and Kobe University were also tested.
- AHE phenomena were observed in most experiments except for using PS-type samples.
- ***Observed AHE data showed ca. 5-200 MJ/mol-H(or D for PNZ-type) level high thermal energy density for several days sustaining power (ca.4-20 W level) .***

- Material analyses by XRD, SEM and STEM/EDS for every sample before and after the hydrogen charge run have been done by the 6 parties.
- 
- Interesting nano-structure data have been obtained in the view of controlling the sustainable AHE phenomena of nano-composite metal and hydrogen gas interaction.

### Risultato principale

- **Dimostrato sperimentalmente che, nel caso del Deuterio, utilizzando come “comburente” opportune nanoparticelle al posto dell’usuale Ossigeno, si ha un aumento della efficienza di produzione energetica di un fattore 703.**
- **Dettaglio del calcolo:**
- **$2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + 2.964 \text{ eV}$  per molecola di acqua:**
- **Energia per mole  $\text{H}_2\text{O}$ :  $2.964 * (1,6 * 10^{-19}, \text{ eV}) * (6 * 10^{23}, 1 \text{ mole}) \Rightarrow 28.45 * 10^4 \text{ Joule}$**
- **Energia per molecola  $\text{D}_2$ :  $[(200^6) / (6 * 10^{23})] * 1.6 * 10^{-19} = 2.083 \text{ keV}$**
- **Rapporto efficienza “ $\text{D}_2$  con nanoparticelle” /  $\text{D}_2$  con  $\text{O}_2 = 200 * 10^6 / 28.45 * 10^4 = 703$**

## **Addendum#1. Modello *Zitterbewegung* dell'elettrone e Low Energy Nuclear Reactions (LENR)**

(breve introduzione)

- Secondo il modello *Zitterbewegung* (termine tedesco per indicare un movimento rapidissimo) da noi proposto, l'elettrone è un anello di corrente (circa 19.79 A) generato da una carica elementare che ruota alla velocità della luce lungo una circonferenza pari alla lunghezza d'onda di Compton dell'elettrone, cioè  $\lambda_c \approx 2.4 \cdot 10^{-12}$  m. La carica non è puntiforme, ma distribuita sulla superficie di una sfera avente un raggio pari al raggio classico dell'elettrone  $r_c \approx 2.8 \cdot 10^{-15}$  m .
- 
- Tale corrente sarebbe quindi all'origine del momento magnetico, del momento angolare “intrinseco” e della massa dell'elettrone  $\approx 511$  keV, valore quest'ultimo esattamente uguale all'inverso del raggio dell'anello se espresso in unità naturali.
- La corrente è anche la causa del quanto di flusso magnetico responsabile del movimento rotatorio della carica (self-interaction).

- Il momento angolare “intrinseco” è uguale al prodotto del momento meccanico della carica per il raggio dell'anello.
- Il momento meccanico a sua volta ha una origine puramente elettromagnetica ed è uguale al prodotto della carica elementare per il potenziale vettore generato dalla corrente.
- Il momento magnetico è uguale al valore della corrente moltiplicato l'area racchiusa dall'anello.
- Il protone, considerando un modello analogo, avrebbe un raggio molto più piccolo dell'elettrone ( $r_e/r_p = m_p/m_e \approx 1836.153$ ).
- La formazione di una ipotetica struttura formata da un elettrone con un protone al centro, avente una energia potenziale  $-e^2/r_e \approx -3.728 \text{ keV}$ , genererebbe l'emissione di un fotone, avente lunghezza d'onda di circa  $3.3 \text{ \AA}$  ( $\lambda_\phi \approx 3.325 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ ), facilmente assorbito da un reticolo metallico. E' possibile che tale struttura possa formarsi soltanto in determinate condizioni, in presenza di idrogeno atomico e di particolari catalizzatori, in sistemi fuori dall'equilibrio.

- L'energia sviluppata potrebbe essere all'origine del calore anomalo generato in alcuni sistemi metallo-idrogeno ed all'origine delle trasmutazioni nucleari anomale riscontrate in alcuni esperimenti [es. Iwamura].
- Mini-atomi di idrogeno (o deuterio) ultradenso sarebbero strutture elettricamente neutre di dimensioni picometriche (intermedie tra l'atomo e il nucleo), che potrebbero quindi superare facilmente la barriera Coulombiana dando origine a reazioni nucleari non usuali, considerando la notevole differenza (dimensioni, momento magnetico, etc) tra tali strutture e le particelle come i neutroni normalmente utilizzate negli esperimenti nucleari.
- Maggiori dettagli si potranno trovare nell'articolo *The Electron and Occam's razor* .Vol. 25 JCMNS (Settembre 2017).

## Addendum#2 Commento su risultati esperimenti MHI, NEDO-MHE, modelli UDD e ZBW.

### APPROFONDIMENTO su trasmutazioni tipo Iwamura

- Nell'esperimento di Iwamura (MHI, Giappone) lo strato di CaO, indispensabile per la trasmutazione indotta dal Deuterio ( $\text{Sr} \rightarrow \text{Mo}$ ;  $\text{Cs} \rightarrow \text{Pr}$ ), dista *centinaia di strati atomici* dalla zona vicino la superficie dove vengono depositati o impiantati gli atomi da trasmutare.
- Occorre quindi *necessariamente* trovare un meccanismo che spieghi *l'azione a distanza* ed il ruolo del CaO, il superamento della barriera coulombiana da parte dei nuclei di Deuterio e la solita assenza di intense radiazioni nucleari tipica delle LENR.
- Una interessante ipotesi potrebbe derivare dal considerare fondamentale la formazione di deuterio ultradenso (UDD) in corrispondenza dello strato di ossido di calcio, dove la elevata differenza di funzione lavoro tra Pd e CaO favorisce la formazione di un denso strato di elettroni (SEL, Swimming Electrons Layer). Il deuterio ultra-denso potrebbe facilmente migrare nella zona dove sono presenti gli atomi da trasmutare.

- Tale ipotesi sembra molto più realistica dell'ipotesi di formazione di *di-neutroni*, risultato di una ipotetica cattura *nucleare* dell'elettrone (Teoria della Brillouin), considerando l'elevata differenza di massa tra un neutrone e la somma delle masse del protone e dell'elettrone.
- Mini-atomi di deuterio ultra-denso non avendo carica, ma possedendo una dimensione ( $\sim 0.76$  pm) e un momento magnetico non dissimile da quello dell'elettrone, sarebbero quindi, secondo questa ipotesi, i probabili responsabili della trasmutazione del Cs in Pr e dello Sr in Mo.
- Interessante notare che in questa ipotesi gli elettroni avrebbero il preciso ruolo di vettori di nuclei di deuterio all'interno del nucleo da trasmutare, in accordo all'ipotesi ZBW.

### Addendum#3 Similitudini tra vari modelli.

- E' interessante notare come l'energia minima di reazione anomala AHE, prevista dai modelli UDD (Deuterio Ultra Denso, L. Holmlid; di fatto alcuni keV), ZBW (Vassallo e Collaboratori; 3.7 keV), Dark Energy (D. Kidwell, Naval Research Laboratories-USA; alcuni keV) e le misure sperimentali del NEDO-MHE (Giappone; 2.1 keV) siano molto simili.
- 
- Va ricordato che il valore calcolato, o misurato, è quello minimo nel caso (fortunato!) che si riescano a trovare le condizioni sperimentali opportune. Da varie osservazioni sperimentali si può ipotizzare che l'energia a disposizione "localmente" possa essere auto-utilizzata per ottenere una sorta di *reazione a catena* il cui risultato potrebbe produrre un guadagno energetico effettivo molto maggiore dei 3.7 keV di partenza.