

DESCRIZIONE dell'invenzione avente per TITOLO:

"Apparato e metodo per la produzione diretta di energia elettrica da radiazione carica e cogenerazione di calore mediante attivazione neutronica controllata di reazioni nucleari di elementi leggeri",

a nome di: Associazione Open Power con sede in Roma, via Genzano n. 95, di nazionalità italiana, presentata in data 19/01/2016 con il n. 102016000004163

Inventori: Ugo ABUNDO, Alessandro BURGOGNONI, Michele DI LECCE, Paola PIERAVANTI, Salvatore Luciano SAPORITO, Angela VENUTO

-----  
RIASSUNTO

Apparato per realizzare la conversione diretta di energia da nucleare ad elettrica, e la cogenerazione di calore, per la produzione di energia da reazioni nucleari a bassa energia (denominate LENR), comprendente una prima coppia di elettrodi, una seconda coppia di elettrodi di cui almeno uno con porosità nanometriche almeno parzialmente immersi in un contenitore-capsula impermeabile almeno parzialmente agli isotopi di idrogeno , un elettrodo metallico a griglia connesso ad un potenziale di regolazione, un generatore di corrente/potenziale connesso a detta prima coppia, un sistema per il trattamento del potenziale elettrico generato tra gli elettrodi di detta seconda coppia;

- detto contenitore contiene, tra dette coppie di elettrodi, una miscela fluida comprendente idrogeno e/o suoi isotopi;
- detto contenitore contiene, tra dette coppie di elettrodi, una miscela bersaglio solida, liquida o bifase a contatto con almeno un elettrodo;
- detta miscela bersaglio comprende due o più tipi di

polveri di diversi metalli e/o semiconduttori o loro composti, di dimensioni nanometriche da  $10^{-9}$  a  $10^{-7}$  m e/o micrometriche da  $10^{-6}$  a  $10^{-4}$  m con superficie nanostrutturata (ad esempio dendriti frattali), ed eventualmente contiene polveri di materiali dielettrici come ad esempio l'Allumina, per mantenere le componenti metalliche parzialmente disaggregate dal punto di vista dell'attraversamento da parte della corrente elettrica, o è costituita in foglia di materiale sinterizzato poroso;

- detta miscela bersaglio comprende almeno un materiale combustibile attraverso reazioni nucleari di fusione e/o fissione attivate dai materiali presenti nel detto contenitore;
- detta miscela bersaglio è in strato sottile, ad esempio da 10 micrometri a 2 millimetri di spessore;
- detto contenitore-capsula è a sua volta contenuto in un recipiente in cui è presente un materiale che assorbe esotermicamente i neutroni inutilizzati, impedendo che raggiungano l'ambiente esterno all'apparato;
- detto generatore di corrente è configurato per generare una corrente la cui forma d'onda e la cui eventuale frequenza di ripetizione dipendono dalle condizioni operative che si vogliono mantenere nel processo;
- detto sistema per il trattamento del potenziale elettrico relativo generato tra gli elettrodi di detta seconda coppia è configurato per produrre corrente elettrica impiegabile su un carico, previa trasformazione delle caratteristiche di detta differenza di potenziale, in relazione al carico;
- sono compresi mezzi per la rimozione efficiente del calore da detto apparato.

L'invenzione riguarda anche il relativo metodo di produzione di energia.

## DESCRIZIONE

Scopo della presente invenzione è quello di fornire un apparato ed un metodo che risolvano i problemi e superino gli inconvenienti della tecnica anteriore.

Sono oggetto della presente invenzione un apparato ed un metodo secondo le allegate rivendicazioni, che fanno parte integrante della presente descrizione.

In particolare, la presente invenzione riguarda un apparato e relativo metodo di esercizio per la produzione di energia da reazioni nucleari a bassa energia o LENR , con conversione diretta di energia da nucleare ad elettrica, e cogenerazione di calore, con rendimenti di interesse industriale.

Sono con essa evitati l'impiego di combustibili fossili, l'immissione di inquinanti nell'ambiente, le perdite di conversione da ciclo termodinamico, parti in movimento nello stadio di produzione.

Si desidera ringraziare il prof. Fabio Cardone e il dott. Francesco Celani per gli interessanti confronti, da punti di vista complementari sull'argomento LENR, in rappresentanza dei tanti ricercatori con cui gli Inventori hanno avuto scambi di opinioni, e che sarebbe impossibile citare qui esplicitamente.

### Stato della tecnica

La disponibilità di energia è sempre stata motore di sviluppo sociale ed economico.

Purtroppo la sua produzione, sia da combustibili fossili o nucleari, che da risorse rinnovabili presenta numerosi problemi ben noti agli addetti, che spaziano dalla esauribilità delle risorse, all'inquinamento da parte dei sottoprodotti della produzione (ad es. CO<sub>2</sub>, scorie radioattive, polveri nocive), alla difficoltà di distribuire la produzione

in prossimità dei luoghi d'utilizzo, alla discontinuità temporale della produzione, alla difficoltà di accumulazione della stessa energia prodotta, o alla difficoltà di produzione a richiesta.

A questi problemi l'invenzione oggetto della presente descrizione offre una soluzione innovativa, come dettagliato nel seguito negli appositi paragrafi.

L'energia da fusione nucleare, che promette di risolvere alcuni di questi problemi, è da tanto tempo oggetto di ricerca applicativa ma allo stato attuale ancora molto lontana dall'obiettivo, nonostante ingenti impieghi di risorse umane ed economiche, per immensi problemi tecnici ben noti agli esperti del settore, non ultimo quello dell'esercizio a temperature analoghe a quelle del Sole.

Da più di venticinque anni sono invece in progresso studi alternativi, noti con la dicitura "LENR" (Reazioni Nucleari a Bassa Energia) che stanno gettando luce sulla possibilità di ottenere energia da reazioni nucleari condotte a temperature di normale utilizzo industriale.

Si è oggi in possesso, come testimoniato da ampia letteratura scientifica e numerosissimi brevetti, di soluzioni ancora parziali al problema nella sua totalità, ma che offrono conoscenze sugli specifici aspetti da comporre.

Si tratta di dimostrazioni concrete della possibilità di condurre tali reazioni a temperature non stellari, come comprovato da apparecchi ormai presenti in largo uso sul mercato commerciale, a solo titolo d'esempio i generatori portatili di neutroni per scopi di ricerca e medici, e gli strumenti rilevatori di neutroni. Rispettivamente, nei primi si fanno avvenire reazioni nucleari controllate tra isotopi dell'idrogeno con conseguente liberazione di neutroni dai

nuclei; nei secondi, reazioni di cattura neutronica da parte di nuclei di elementi leggeri quali isotopi di elio, litio, boro, con conseguente emissione di segnali della cattura, interpretabili ai fini della misurazione delle caratteristiche dei neutroni incidenti.

Lo stato attuale della tecnica nel settore LENR può essere sinteticamente riportato mediante la rapida citazione di alcuni tra i principali studi caratterizzanti le diverse tipologie di approccio al problema.

Principali studi inerenti, per categoria:

- Fleischmann (primo annuncio ufficiale di sviluppo anomalo di calore in situazione elettrolitica creata da passaggio di corrente tra elettrodi metallici);
- De Ninno (rapporto ufficiale ENEA relativo alle anomalie energetiche utilizzando filo metallico sottile in elettrolisi);
- Arata (anomalie termiche in matrici metalliche deposte su supporto ceramico, in gas di isotopi di idrogeno, riscaldato);
- Don Borghi (studio della generazione di neutroni in idrogeno sollecitato da microonde);
- Focardi (effetti anomali dell'idrogeno gassoso su nichel monolitico);
- Mizuno (effetti anomali in elettrolisi di soluzioni saline con catodo in tungsteno in regime di plasma elettrolitico);
- Iorio e Cirillo (analisi degli effetti in reattori tipo "Mizuno");
- Celani (effetti anomali su filo di Costantana nanostrutturato in superficie, in atmosfera di idrogeno);
- Abundo (catodi a letto fluido di polveri in reattori tipo

"Mizuno");

- Miley (effetti di stratificazioni sottili di diversi metalli e studio del comportamento di materiali nano strutturati);
- Godes (effetto di sollecitazioni elettriche periodiche su materiali catodici);
- Ahern (effetto della nano dimensione sulla localizzazione di energia atta ad innescare le reazioni a soglia energetica);
- B.V.Vasiliev , ArXiv 1101.0330v6 - 2013 (nuovo effetto termomagnetico nei metalli(c)).

Sintesi delle fondamentali e più significative categorie di brevetti inerenti:

- Mills US 2004/0095705 A1 (creazione delle condizioni per la formazione di atomi di idrogeno con orbitale ridotto, ed emissione delle elevate energie di transizione)
- Miley US 20130295512 (migrazione dei protoni attraverso strati multi materiali);
- Brillouin US 0332087 A1 (sollecitazione elettrica periodica del materiale catodico);
- Ahern US 5411654 A, WO1996035215, WO2011123338 (preparazione di materiali per esaltare la localizzazione di energia);
- Soininen WO 2013 076378 A2 (creazione di materia di Rydberg e decadimento esoenergetico);
- Correa US 5449989 (eccessi energetici da scariche elettriche in plasmi a bassa pressione);
- Kucherov US 5632870 (dissociazione catalitica dell'acqua, energeticamente alimentata da scambio di calore con l'ambiente);
- K. Shoulders, US5054046 (metodo per la produzione e la manipolazione di cariche ad alta densità)
- H.Aspden, US Patent 5734122 (apparato per la conversione termoelettrica di energia)

- Omero Speri Brevetto Italiano N.1024274 (scariche elettriche in isotopi dell'idrogeno, e combustibili, in presenza di elementi leggeri);
- Mizuno WO0126117 (eccesso di calore in plasma elettrolitico)
- Patterson U.S. Patent 5,494,559 (cella elettrolitica con eccesso anomalo di calore);
- Iwamura EP1202290 B1 (trasmutazioni di nuclidi radioattivi);
- Mastromatteo, WO 01/29844 A1 (apparato per generare energia termica);
- Tengzelius, US 2013/0087062 A1 (apparato di fusione nucleare con sviluppo di energia termica);
- Mosier-Boss Pamela (US Navy) US 8419919 B1 (apparato e metodo per stabilizzare rifiuti radioattivi);
- A.Rossi US Patent Application 2014/0326711 A1 (reattore a nickel e idrogeno);
- F.Piantelli EP 2368252 B1, PI2008A00019, EP0767962B1 (reattore a nickel e idrogeno);
- L.Holmlid EP2680271A1, Method and apparatus for generating energy through inertial confinement fusion;
- U.Abundo RM2013A000131 (reattore elettrolitico con catodo a letto fluido), richiesta depositata;

Nonostante i grandi progressi ottenuti, allo stato attuale la ricerca LENR soffre principalmente delle ancora basse rese in termini di rapporto tra energia prodotta ed immessa nell'apparato, e di difficoltà nei rendimenti di conversione tra l'energia termica prodotta e quella ottenibile dopo trasformazione in elettricità, universalmente riconosciuta come forma flessibile, adatta alla maggior parte degli utilizzi.

I principali problemi ancora presenti nella ricerca LENR, che determinano le suddette difficoltà, vengono discussi nel seguito, in relazione alle soluzioni offerte dalla invenzione in oggetto.

- Le reazioni nucleari coinvolte necessitano di un flusso di nucleoni esterni (protoni o neutroni) di idonea energia per penetrare nei nuclei di combustibile ed attivare reazioni esotermiche; i neutroni sono preferibili perché non risentono della repulsione da parte della carica positiva del nucleo, infatti nella maggior parte delle apparecchiature LENR essi vengono immessi, o localmente generati; sono inoltre disponibili studi su reazioni nucleari mediate da elettroni (ad esempio Andrea Calaon [http://www.hydrobetatron.org/files/lenr\\_theory\\_calaon\\_n.pdf](http://www.hydrobetatron.org/files/lenr_theory_calaon_n.pdf)) basati su stati legati protone-elettrone, diversi dall'atomo standard di idrogeno, comunque complessivamente neutri e da questa proprietà chiamati generalmente "quasi-neutroni". Che si tratti di protoni, neutroni o quasi-neutroni, per ottenere nel processo rese di interesse industriale, il numero di tali interazioni tra particelle esterne e nuclei nell'unità di tempo va promosso; la presente invenzione realizza tale incremento (rispetto ai processi noti) mediante un processo di moltiplicazione con effetto analogo a quello della pila atomica; pertanto essa è utilmente impiegabile particolarmente in quelle apparecchiature e processi basati su fenomeni LENR, in cui vengano immessi, prodotti o simulati neutroni.
- Il processo però non può prevedere, per motivi di sicurezza, l'impiego di elementi intrinsecamente radioattivi nel combustibile, che attiverrebbero reazioni a catena di difficile controllo. La presente invenzione



adotta un ciclo sinergico tra reazioni emettitrici di neutroni e reazioni ad attivazione neutronica.

- I metodi oggi disponibili per la produzione di un flusso neutronico da far incidere sul combustibile (ad esempio metodo isotopico, fusione deuterio-trizio, acceleratori di protoni incidenti su bersaglio) si limitano ad un flusso neutronico sufficiente solo ad innescare debolmente le reazioni esotermiche ad attivazione neutronica, senza tuttavia consentire che queste raggiungano il livello di automantenimento richiesto dalle applicazioni industriali se in assenza di combustibile fissionabile. Prendendo come esempio il metodo isotopico, il bombardamento su  $^9\text{Be}$  (il nucleo più diffuso di berillio) con particelle  $\alpha$  emesse spontaneamente da un grammo di  $^{241}\text{Am}$  (isotopo radioattivo dell'americio a tempo di dimezzamento pari a 430 anni, proveniente da rifiuti dei reattori nucleari a fissione) provoca una emissione neutronica dell'ordine di  $3-4 \times 10^6$  neutroni/secondo, sufficienti per giustificarne l'impiego nella alimentazione soltanto per particolarissime apparecchiature dalle speciali esigenze operative quali elettromedicali, satelliti o cannoni neutronici per il solo start-up di reattori nucleari, lasciando poi al combustibile fissionabile il compito di mantenere la reazione innescata. Ad esempio riassuntivo dello stato dell'arte relativa al metodo isotopico, si riporta che nel brevetto EP 2625696A1 (D.L.Stucker, Primary neutron source multiplier assembly, 14 agosto 2013) é illustrato un apparato per l'emissione controllata di neutroni basato sull'impiego di  $^{252}\text{Cf}$  (isotopo del californio, elemento artificiale, che emette per decadimento spontaneo particelle  $\alpha$  e neutroni) e  $^9\text{Be}$ , quest'ultimo per la capacità combinata di emettere un neutrone quando

raggiunto da una particella  $\alpha$ , e due neutroni quando colpito da un neutrone, esibendo pertanto una capacità moltiplicativa dell'emissione del californio. Il brevetto propone il meccanismo come attivatore di reattori solo dotati di combustibile di diversa natura da californio e berillio, non proponendo Cf e Be stessi come combustibile combinato; nella presente invenzione le sostanze (non spontaneamente radioattive) partecipanti alla sinergia che viene nel seguito illustrata vengono invece proposte come combustibile effettivo. Si parte dal considerare che l'energia prodotta non deve essere proporzionale alla ridotta capacità di emissione neutronica dell'unità di massa dell'attivatore, ma proporzionale a tutta la massa del combustibile, interessato da bombardamento o produzione neutronica in loco. Affinchè sia possibile un largo utilizzo industriale occorre che la massa del combustibile non partecipi passivamente limitandosi ad assorbire i nucleoni, ma contribuisca in qualche modo a produrne di nuovi. Il meccanismo di moltiplicazione (proposto nella presente invenzione) tra neutroni assorbiti e neutroni prodotti, pur con fattore di moltiplicazione  $> 1$  (in situazione ideale di reazione), nella realtà soffre della resa  $< 1$  legata alla probabilità ( $< 1$ ) che la reazione avvenga, escludendo quindi assolutamente l'innescò di una reazione a catena autonoma e irreversibile nell'invenzione in oggetto. Uno dei modi di esercire l'invenzione, esposto a titolo di esempio non limitativo del campo di applicazione, prevede di attivarne il funzionamento con un generatore di neutroni esterno (disponibile dallo stato della tecnica attuale), innescare così il ciclo di reazioni sinergiche e governarlo con l'energia di controllo, eventualmente fornita dalla conversione diretta nucleare-elettrica.

- In tutti gli impianti termoelettrici (a combustibile fossile, o a fusione o fissione nucleari) anche di tipo LENR noti dalla letteratura scientifica è presente il problema della decurtazione che si verifica all'atto della conversione dell'energia termica prodotta, in energia elettrica sia per fornire all'utenza una forma flessibile di energia, che per alimentare elettricamente l'apparato. Nella presente invenzione, l'energia è cogenerata: una parte termica, ed una parte elettrica direttamente ottenuta dalle reazioni nucleari senza detrazioni di ciclo di conversione termodinamica. Fin dal 1913, ad opera di Henry Moseley ("The attainment of high potentials by the use of radium", Proceedings of Royal Society A, vol 88, p.471,1913), è noto che la radiazione  $\beta^-$  (elettroni energetici) emessa da isotopi naturalmente radioattivi può essere sfruttata per produrre direttamente energia elettrica da reazioni nucleari di decadimento, e la relativa tecnica si è evoluta fino al livello attuale di disponibilità commerciale di apparecchi noti col nome di "Betacells". Purtroppo, dato il basso numero di atomi (per unità di massa della sostanza radioattiva) che decadono nell'unità di tempo (del resto un grammo di sostanza diluisce la propria emissione dimezzandola nell'arco anche di secoli), si raggiungono attualmente, nonostante interessantissimi rendimenti che raggiungono un 8% in alcune versioni, poche decine di milliWatt/grammo di radioisotopo, rendendo le Betacell impiegabili solo in applicazioni particolari e non certo per vera e propria produzione di energia. Non si conoscono invece alla data attuale, nella letteratura scientifica, né brevettuale, apparati semplici, basati sulla raccolta di emissioni  $\beta^-$  prodotte dal ciclo di reazioni Li-Be-H, intrinsecamente

non radioattivi, soggetti ad attivazione neutronica regolabile, e pertanto potenzialmente partecipanti alle reazioni con tutta la massa di combustibile (dell'ordine di  $10^{23}$  particelle/grammo) che, se ipoteticamente consumata in un anno, darebbe luogo, considerando un ordine di grandezza di  $10^{11}$  decadimenti al secondo per l'isotopo radioattivo, ad una emissione, nel caso dell'invenzione in oggetto, 100'000 volte maggiore delle Betacell. Metodi alternativi, che non usano il semplice apparato riportato nella presente descrizione, si riferiscono ad apparati molto complessi, difficilmente integrabili nelle apparecchiature LENR (che sono spesso operanti in condizioni molto particolari per garantirne il funzionamento); ad esempio, il brevetto di Livin Popa-Simil, US 20130121449 "Method and device for direct nuclear energy conversion in electricity in fusion and transmutation processes" descrive un apparato basato su "super-capacitori" e "micro-nano-etero strutture" in "meta-materiali", con moduli del super-capacitore a loro volta comprendenti diversi moduli "sub-funzionali" in serie/parallelo, costituendo pertanto una struttura così complessa che difficilmente può accordarsi con le richieste di semplicità e dimensioni necessarie per la specificità delle condizioni operative delle LENR. Invece, nel presente apparato, la semplicità costruttiva si accoppia ad un corrispondentemente semplice controllo in pressione dei gas e potenziale di griglia.

La presente invenzione risponde quindi contemporaneamente a tutte le citate esigenze senza produrre scorie radioattive a lungo decadimento né emettere inquinanti nell'ambiente, senza l'impiego di combustibile naturalmente radioattivo, mediante un ciclo di reazioni che producono, accanto a calore, direttamente energia elettrica da reazioni nucleari senza

perdite di conversione da ciclo termodinamico e senza parti in movimento nello stadio di produzione.

L'invenzione verrà ora descritta a titolo illustrativo ma non limitativo, con particolare riferimento ai disegni delle figure allegate; nelle figure da uno a quattro è riportato uno schema di principio che mostra le funzioni dei vari stadi integrati che possono comporla (non tutti necessariamente richiesti); tali figure costituiscono anche la descrizione grafica di una delle possibili implementazioni proposte dell'invenzione; tuttavia sono oggetto dell'invenzione anche tutte le possibili altre implementazioni di quanto reclamato nelle rivendicazioni, mediante applicazione ad esse dell'arte nota.

Stadi illustrati nelle figure da 1 a 4:

- attivazione neutronica;
- ciclo di reazioni primarie globalmente esotermiche di cattura neutronica /moltiplicazione;
- governo (controllo dei campi elettrico e magnetico, della pressione e della temperatura);
- produzione diretta di energia elettrica;
- trasferimento termico;
- refrigerazione primaria;
- moderazione;
- cattura neutronica secondaria esotermica;
- refrigerazione secondaria;
- schermatura.

ATTIVAZIONE NEUTRONICA (fase non necessariamente presente):

Nella figura 3 (sezione trasversale della camera contenente le capsule) uno o più cannoni tubolari 301 disposti radialmente, aperti all'estremo verso l'esterno della camera 308 di contenimento in metallo (ad esempio in acciaio), e chiusi

all'estremo verso l'interno da materiale moderatore (ad esempio polietilene) in spessore scelto (mediante le conoscenze ben note agli esperti del settore) secondo la entità di moderazione voluta, alloggiando al proprio interno le unità di irraggiamento neutronico che possono essere di tipo isotopico controllabile, o a reazione di isotopi d'idrogeno, o qualunque altra tipologia purchè regolabile; i cannoni raggiungono la zona ove alloggiando le capsule 302 col combustibile (una o più d'una, disposte in tal caso a nido d'ape) a distanza da queste correlata alla ulteriore moderazione voluta, in dipendenza dallo strato d'acqua (o altro refrigerante) 303 da attraversare. Il combustibile 109 di figura 1 viene irradiato dai neutroni moderati attraverso gli strati dei materiali che essi attraversano (per la previsione della distribuzione energetica dei neutroni esistono software di simulazione ben collaudati in campo di reattoristica nucleare); l'irraggiamento può venire utilizzato solo allo start-up per avviare le reazioni o mantenuto durante il funzionamento per assisterle; comunque, indipendentemente dalla attivazione che facilita l'innesco delle reazioni del combustibile, la maggior parte delle teorie sulle reazioni LENR prevede meccanismi di generazione in loco, nella massa del combustibile, di neutroni (teoria di Widom-Larsen, recenti teorie dei "quasi-neutroni", stati legati elettrone-protone, quale quella di Andrea Calaon riportata in [http://www.hydrobetatron.org/files/lenr\\_theory\\_calaon\\_n.pdf](http://www.hydrobetatron.org/files/lenr_theory_calaon_n.pdf)).

La eventuale disposizione a nido d'ape 302 delle capsule in figura 3 consente tanto la scalabilità dell'apparato verso maggiori potenze prodotte, quanto il reimpiego efficiente dei neutroni, irraggiati e/o prodotti, che sfuggono da ciascuna capsula.

CICLO DI REAZIONI PRIMARIE GLOBALMENTE ESOTERMICHE DI CATTURA NEUTRONICA /MULTIPLICAZIONE:

Senza con questo limitare l'applicazione delle rivendicazioni della presente invenzione, si illustra a solo titolo d'esempio una possibile implementazione, nella versione delle figure 1,2,3,4 al caso, molto rappresentativo, degli apparati LENR a gas di isotopi d'idrogeno, introdotti o evoluti a partire da idruri.

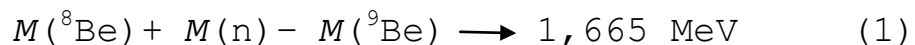
La miscela combustibile 109 in strato sottile, ad esempio da 10  $\mu\text{m}$  (micrometri) a 2 mm (millimetri) di spessore, in figura 1 (sezione longitudinale della capsula) della invenzione in oggetto, in polvere di dimensioni da 5 nm (nanometri) a 100  $\mu\text{m}$  (micrometri), (preferibilmente da 20 a 100 nanometri) (che può essere anche, ad esempio, un sinterizzato poroso) poggia su uno strato 108 di metallo nanoporoso (ad esempio ottenuto per sinterizzazione) capace di alto assorbimento di isotopi di idrogeno (ad esempio titanio, punto di fusione 1668°C) e contiene una miscela di litio e/o suoi idruri o deuteruri (reagente), berillio (temperatura di fusione 1287°C, largamente usato con idonee precauzioni in tecnica nucleare nonostante la conosciuta tossicità) e/o suoi ossidi o silicati (reagente), e/o una lega Li-Be e/o idruro e/o deuteruro di Li-Be (reagenti); essa può contenere anche una miscela di metalli della stessa granulometria della polvere reagente (ad esempio non limitativo, nichel e/o ferro e/o cobalto) con lo scopo di costituire l'ambiente catalitico, ossidi ceramici sempre in polvere (ad esempio allumina) per ridurre sinterizzazioni casuali (fuori dalle tipologie eventualmente progettate e realizzate per la preparazione dell'elemento di combustibile sinterizzato) nella miscela di polveri, che ridurrebbero la superficie attiva per la catalisi, e un moderatore per rallentare i neutroni e così facilitarne

la cattura da parte dei nuclei reagenti (secondo le conoscenze note in tecnica nucleare), ad esempio polvere di grafite.

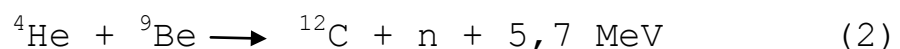
A titolo di esempio non limitativo, tipici valori di composizione della miscela di polveri, dedotti da prove preliminari effettuate dagli Inventori, sono: litio da 1 a 60%, berillio da 1 a 50%, nichel da 0 a 90%, ferro da 0 a 50%, cobalto da 0 a 50%, ossidi ceramici da 0 a 50%, grafite da 0 a 50%. Si precisa che ci si sta riferendo solo al campione di combustibile preparato per l'immissione nel reattore, non allo stato dello stesso campione durante la reazione: infatti esso, sottoposto alle condizioni operative del processo, ad opera sia di trasformazioni chimiche che nucleari che di stato fisico di aggregazione, cambia alcune delle caratteristiche iniziali sia in termini di specie presenti che di fasi.

Punto centrale innovativo nella presente invenzione è il ciclo di reazioni litio-berillio-idrogeno (per semplicità le reazioni vengono qui riportate senza evidenziare gli eventuali neutrini).

Il  ${}^9\text{Be}$ , il solo isotopo stabile, ha un neutrone poco legato, con energia di legame di 1,66 MeV (MegaelettronVolt, con la conversione:  $1 \text{ MeV} = 4,45 \cdot 10^{-20} \text{ KWh}$ ), come si evince dalla differenza tra le masse di  ${}^9\text{Be}$  e  ${}^8\text{Be}$  (instabile), tenuto conto della massa del neutrone



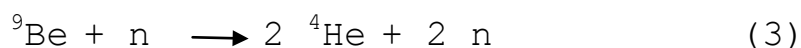
che può essere espulso se il nucleo è colpito da una particella  $\alpha$  di energia superiore a 1,7 MeV, secondo la reazione (esoenergetica)



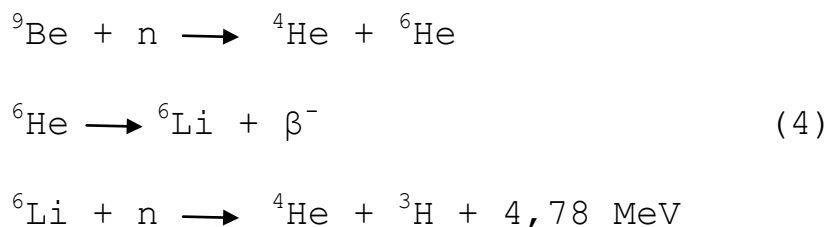


con uno spettro tipico di distribuzione di energie che arriva a circa 10 MeV e un picco tra i 4 e i 5 MeV, come rilevato da prove effettuate dagli Inventori, in accordo con quanto disponibile in letteratura.

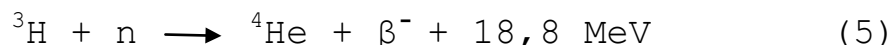
Inoltre il berillio ha anche la proprietà di emettere due neutroni se colpito da un neutrone di energia superiore a circa 1,9 MeV (proprietà ben nota che ne fa un moltiplicatore di neutroni anche impiegato nella reattoristica nucleare) producendo  $^8\text{Be}$  che quasi immediatamente si spezza in due particelle  $\alpha$ , rilasciando così più neutroni di quanti ne assorba



In presenza anche di neutroni di bassa energia (contenuti in misura minore nello spettro di emissione del berillio sotto irraggiamento  $\alpha$ ), può crearsi una piccola quantità di trizio secondo la reazione (4) in tre stadi

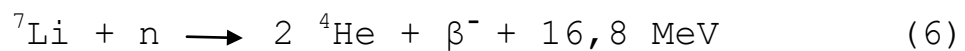


Il trizio prodotto è facilmente assorbito nel metallo poroso 108 di figura 1, 208 di figura 2, alloggiato nel contenitore ceramico a vaschetta 105, 205 in materiale resistente alla corrosione da metalli fusi e loro vapori, o rivestito sulla faccia interna da uno strato protettivo 113, 209, ad esempio nitruro di boro; il trizio subisce la degradazione



che si è mostrata essere più veloce rispetto alla reazione di formazione, al punto da non lasciarne tracce (Andrea Calaoon [http://www.hydrobetatron.org/files/lenr\\_theory\\_calaon\\_n.pdf](http://www.hydrobetatron.org/files/lenr_theory_calaon_n.pdf)).

Il litio ha la composizione isotopica naturale  ${}^6\text{Li}$  7,5% e  ${}^7\text{Li}$  92,5%; per gli scopi della presente invenzione la composizione naturale è idonea, ma si può preferire una composizione arricchita in  ${}^6\text{Li}$  per favorire la terza delle (4), e di conseguenza la (5), o arricchita in  ${}^7\text{Li}$  per favorire le reazioni



Per tutte le reazioni elencate, la probabilità di cattura dei neutroni dipende dai fattori nel seguito illustrati.

Convenzionalmente si usa esprimere la probabilità delle varie interazioni per unità di lunghezza di cammino a fissa energia attraverso la sezione d'urto  $\sigma$  in barn ( $10^{-28} \text{ m}^2$ ). Ad ogni tipo di nucleo corrisponde una sezione d'urto in funzione dell'energia, per ogni tipo di interazione; la sezione d'urto neutronica totale non è altro che la somma di queste.

Relativamente al materiale nel suo insieme, si definisce una sezione d'urto macroscopica  $\Sigma$ , noto il numero di nuclei nell'unità di volume:  $\Sigma = N \cdot \sigma$

Per i tassi di reazione si introduce il flusso neutronico  $\phi(r)$ . Per neutroni di velocità  $v$ ,  $v \cdot \Sigma$  rappresenta la frequenza di interazione per il processo. Presa la densità di neutroni  $n(r)$  (numero di neutroni per unità di superficie), il flusso risulta :  $\phi(r) = n(r)v$

Quindi la densità del tasso di reazione, cioè il numero di reazioni per unità di volume e tempo è:  $\phi(r)\Sigma$ .

Ad esempio per il  ${}^6\text{Li}$  la sezione d'urto neutronica  $\sigma$  é di circa 900 barn a basse energie, riducendosi di un fattore 1000 alle

alte. La sezione d'urto neutronica  $\sigma$  del  ${}^7\text{Li}$  è molto più bassa (G.Rupak, Radiative Neutron Capture on lithium 7, <http://arxiv.org/abs/1101.0207>), dell'ordine di 0.1-1 barn, e sale a 10 barn con un picco specifico a circa 250 KeV, (come riportato in "Tables of Physical and Chemical Constants" [http://www.kayelaby.npl.co.uk/atomic\\_and\\_nuclear\\_physics/4\\_7/4\\_7\\_2e.html](http://www.kayelaby.npl.co.uk/atomic_and_nuclear_physics/4_7/4_7_2e.html)); tuttavia il ciclo di reazioni, mediante l'ultima delle (4) riproduce  ${}^6\text{Li}$ , più adatto dal punto di vista della sezione d'urto.

Per questo motivo (rallentare i neutroni) è presente un moderatore nella miscela 109 di figura 1, 214 di figura 2.

Nello stadio "governo" viene illustrata una ulteriore efficace modalità per aumentare la probabilità di cattura neutronica da parte dei nuclei interessati dalle reazioni.

#### RIEPILOGO DEL MECCANISMO Li-Be-H

Si traccia di seguito un riepilogo sintetico del meccanismo sinergico Li-Be-H che viene attivato nell'apparato e con le modalità della invenzione in oggetto:

- sotto irraggiamento neutronico di attivazione (mediante cannone neutronico e/o mediante le condizioni operative di "governo") il  ${}^6\text{Li}$  (con l'ultima delle (4) e con la (5)) e il  ${}^7\text{Li}$  (con la (6), la (7) e successiva (5)) producono particelle  $\alpha$ ,  $\beta^-$  ed energia;
- irraggiato dalle particelle  $\alpha$  così prodotte, il  ${}^9\text{Be}$  produce neutroni secondo la reazione (2);
- questi vengono moltiplicati dalla reazione (3); se il  ${}^9\text{Be}$  seguisse la strada delle (4), si perverrebbe comunque a particelle  $\alpha$  per rialimentare la (2) e produrre neutroni; la prima e la seconda delle (4) ricostituiscono il  ${}^6\text{Li}$ .
- i neutroni prodotti sono disponibili per rialimentare il ciclo di attivazione del litio;

- il ciclo può essere interrotto o regolato, interrompendo o regolando l'azione del cannone neutronico e/o delle condizioni di "governo";
- le reazioni elencate, tranne lo stadio (7) che non è terminale, sono fortemente esoenergetiche:  
 il berillio e il litio si consumano (combustibili); la radiazione  $\alpha$ , facilmente assorbita dai materiali, produce riscaldamento; quella  $\beta^-$ , come viene dettagliato nella descrizione dello stadio relativo al suo assorbimento, dà luogo alla produzione diretta di energia elettrica.

#### STADIO DI GOVERNO:

Nella figura 1 l'avvolgimento del conduttore refrattario per alte temperature 103, ad esempio non limitativo di forma solenoidale, provvede tanto al riscaldamento del materiale alloggiato nella capsula 101 di figura 1, 201 di figura 2 (in materiale metallico atto a resistere alle pressioni e temperature del processo, ad esempio in acciaio o metallo refrattario, con struttura bivalve e giunti sigillati 112, 212) che alla produzione di un campo magnetico, fisso o variabile, dipendente dalle caratteristiche della corrente che lo percorre. Il rivestimento 106, 216 è in materiale metallico ferromagnetico anche ad alta temperatura, e non ricopre tutto lo strato ceramico 105, 205.

Detto strato ceramico è in materiale resistente all'aggressione da parte di metalli liquidi e loro vapori, oppure è internamente rivestito da uno strato di materiale 113, 209 dalle dette caratteristiche, ad esempio nitruro di boro. Gli elettrodi 104, 211 in materiale conduttore ad alto punto di fusione sono parzialmente rivestiti di ceramica, e alimentati attraverso i conduttori isolati 412 di figura 4 che attraversano le flange 402. Detti elettrodi, in materiale conduttore refrattario, possono essere entrambi a contatto col

combustibile, conduttore di corrente, o solo uno a contatto col combustibile per realizzare nell'atmosfera gassosa un arco elettrico continuo o a scariche, (come illustrato nella figura 1 o come in altre possibili implementazioni dell'invenzione, seppur qui non dettagliatamente descritte) ; tra di essi può applicarsi una differenza di potenziale (ad esempio con una forma d'onda continua o oscillante o pulsata), atta al passaggio di una corrente capace di produrre un campo magnetico nella polvere combustibile, incrementato dalla presenza di un componente ad alto punto di Curie (quale ad esempio il cobalto  $^{59}\text{Co}$ , 100% dell'abbondanza naturale: punto di fusione  $1495^\circ\text{C}$ , punto di Curie  $1121^\circ\text{C}$ ), pertanto ferromagnetico nelle condizioni operative previste. Il cobalto, bombardato da neutroni, può dare luogo alla reazione



con una emivita del  $^{60}\text{Co}$  di 5,2 anni. Ma la bassa sezione d'urto del  $^{59}\text{Co}$  (N.Moss, L.Yaffe, "Determination of the Neutron Capture Cross Section for the  $^{59}\text{Co} (n, \gamma) ^{60}\text{Co}$  reaction" <http://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.1139/v53-055> ), pari a pochi percento rispetto alla reazione del  $^6\text{Li}$  , rende la (8) svantaggiata.

La presenza di un campo magnetico nel materiale combustibile è nota essere elemento di promozione delle reazioni di cattura da parte dei nuclei (dotati di momento magnetico) di nucleoni incidenti (che possiedono un proprio momento magnetico), a causa delle forze attrattive magnetiche generate dall'allineamento degli spin (R.B.Little, "Magnitites Pycnonuclear Reactions Within Electrochemical, Radioactive and Electromagnetic Medias, US 2014/0140461 A1, Maggio 2014), (Andrea Calaon, "Electron - Mediated Nuclear Reactions

[http://www.hydrobetatron.org/files/lenr\\_theory\\_calaon\\_n.pdf](http://www.hydrobetatron.org/files/lenr_theory_calaon_n.pdf)), in accordo con le prove effettuate dagli Inventori.

I tubi di comunicazione 111 in figura 1, 213 in figura 2, 411 in figura 4 consentono la regolazione della pressione nella capsula, nonché lo spurgo dei gas prodotti dalle reazioni e il controllo della loro composizione. Lo stato dell'arte consente di essere in grado di immettere, spurgare, immagazzinare, rimboccare o cambiare la composizione di detti gas. Riassumendo, le reazioni sono governate mediante controllo della temperatura, dei parametri elettromagnetici, della pressione e della composizione dei gas nella camera di reazione: tipici parametri di esercizio: temperature da 50°C a 1400°C (preferibilmente da 200°C a 1200°C) e pressioni da 1 Pa a  $5 \times 10^6$  Pa (preferibilmente da 10 Pa a  $5 \times 10^5$  Pa); per quanto riguarda i gas principali, He da 0 a 100%, H<sub>2</sub> (isotopi) da 0 a 100%, Li da 0 a 100%.

#### STADIO DI PRODUZIONE DIRETTA DI ENERGIA ELETTRICA:

L'invenzione in oggetto utilizza un apparato e sostanze idonee, nonché condizioni idonee a far avvenire una selezione di reazioni ad attivazione neutronica, esoenergetiche, con risultato finale di separazione di cariche in radiazione  $\beta^-$  e/o elettroni pesanti (muoni che successivamente decadono in particelle  $\beta^-$ ) e  $\alpha$ , a spese di parte dell'energia ricavata dal riarrangiamento dei nuclei. Infatti la seconda reazione delle (4), la (6), la (7) con stadio finale (5), l'ultima delle (4) con stadio finale (5), la (5) stessa e la (8) emettono radiazione  $\beta^-$  energetica distribuita su spettri dipendenti dalle reazioni coinvolte. Parallelamente vengono emesse radiazioni  $\alpha$  che, se non intercettate dalla reazione (2), o dalla massa del combustibile, ne fuoriescono.

La presente invenzione, nella costituzione dell'apparato e nella modalità di funzionamento, sfrutta poi la capacità della

materia di assorbire in modo molto diverso, e selettivo, radiazione  $\alpha$  o  $\beta^-$ . La maggior parte della prima viene assorbita nello strato sottile 109 di figura 1, caricandolo positivamente, mentre la parte di radiazione  $\beta^-$  che fuoriesce dalla superficie dello strato, viaggia in direzione del collettore metallico 106 e lo raggiunge, dopo aver attraversato lo spazio della camera 108, 206 che contiene gas (principalmente isotopi di idrogeno ed elio); le particelle  $\alpha$  vengono intercettate, anche in modo direttamente proporzionale alla pressione di controllo presente nella camera, mentre le  $\beta^-$  lo sono in misura molto trascurabile. Un elettrodo metallico a griglia 215 in figura 2 (per semplificare, non esplicitamente riportato in tutte le figure) parallelo allo strato di combustibile, interposto tra questo e l'elettrodo collettore di elettroni, mantenuto ad un potenziale di regolazione, contribuisce a controllare i flussi delle cariche. Ai capi dei conduttori 110,210 e 107,207 rispettivamente a contatto con i materiali conduttori 108,208 e 106,214 si stabilisce quindi, ad opera delle radiazioni emesse dalle reazioni, una differenza di potenziale tale che al 110,210 si manifesta una polarità positiva e al 107,207 una polarità negativa. Tale differenza di potenziale, molto elevata, può venire trattata con metodi ben collaudati nel settore chiamato "Betavoltaic", relativo alla raccolta di cariche da parte di emettitori  $\beta^-$  spontanei (si evidenzia che nel caso della presente invenzione l'emissione è promossa invece dall'attivazione neutronica, ma la raccolta delle cariche prescinde dal meccanismo di emissione). Adottando le tecniche del Betavoltaic, si può ad esempio commutare rapidamente il prelievo di cariche per ottenere una corrente pulsata o alternata, facilmente poi convertibile a minori tensioni mediante usuali trasformatori, ed eventualmente successivamente raddrizzata e livellata. Si calcola che dalla

conversione completa di un grammo di litio, contenente l'ordine di grandezza di  $10^{23}$  nuclei, se viene emesso un elettrone con una energia compresa tra 0,5 e 1 MeV per ogni nucleo reagito (con la conversione  $1 \text{ MeV} = 4,45 \cdot 10^{-20} \text{ KWh}$ ), si ottiene un ordine di grandezza di 2-4 MWh elettrici prodotti.

#### STADIO DI TRASFERIMENTO TERMICO E REFRIGERAZIONE PRIMARIA:

In figura 3 (sezione trasversale del contenitore della/e capsula/e) é illustrata la eventuale disposizione a nido d'ape delle capsule 302 (nel caso siano più di una), o 413 di figura 4, nella camera 303,404 in cui circola un refrigerante per l'estrazione del calore prodotto dalle reazioni esotermiche citate, secondo le tecniche dell'arte nota (ad esempio acqua eventualmente sotto pressione, o fluidi refrigeranti adatti alle condizioni termiche del processo). Per facilitare lo scambio termico, la capsula 201 di figura 2 (sezione trasversale) presenta le alettature 202,102.

Il detto fluido refrigerante circola attraversando la camera 404 di figura 4 (sezione longitudinale del contenitore) mediante le bocche di ingresso e uscita 403 praticate nelle flange di chiusura 402.

#### STADIO DI MODERAZIONE:

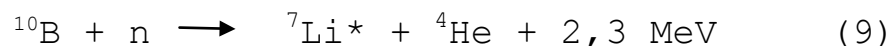
Nella figura 3 lo strato cilindrico 304, coassiale ai contenitori metallici 310 e 308,413 (questi ultimi ad esempio in acciaio) é costituito da uno o più materiali per il rallentamento dei neutroni che fuoriescono dal/i cannone/i 301,408 e dalla/e capsula/e 302, secondo le capacità ben conosciute nell'arte nota, ad esempio polietilene, paraffina, teflon, grafite, negli spessori e nell'ordine suggeriti da tale arte nota (ad esempio 0,1-3 cm di spessore di polietilene); tali moderatori conseguono il risultato di rallentare i detti neutroni fino alle energie utili per la



maggior efficienza dello stadio di cattura neutronica secondaria esotermica. Il calore prodotto nelle capsule viene smaltito grazie alla detta circolazione di refrigerante nella camera 303; nel caso questo sia costituito da acqua, esso stesso esercita un forte potere di moderazione prima che i neutroni raggiungano lo strato effettivamente denominato "di moderazione".

#### STADIO DI CATTURA NEUTRONICA SECONDARIA ESOTERMICA:

Nella figura 3 lo strato cilindrico 305 (410 in figura 4) internamente coassiale al contenitore 310 contiene boro o un suo composto, al fine sia di impedire la fuoriuscita dei neutroni dall'apparato, che di raccogliere il residuo effetto energetico ancora disponibile per attivazione neutronica. Le conosciute tecniche di simulazione per la cattura di neutroni da parte di nuclei (in questo caso da parte del boro) consentono di determinarne lo spessore ottimale dello strato 305 in dipendenza dalle condizioni di esercizio, ad esempio da 1 a 8 centimetri. E' noto che il  $^{10}\text{B}$  (isotopo del boro di abbondanza naturale circa 20% accanto al  $^{11}\text{B}$  con abbondanza circa 80%) presenta una elevata sezione d'urto per la cattura di neutroni lenti, che raggiunge l'ordine di grandezza di  $10^4$  barn alle bassissime energie, secondo la reazione



in cui  $\text{Li}^*$  rappresenta uno stato attivato di litio, che poi si stabilizza con emissione  $\gamma$ .

#### STADIO DI REFRIGERAZIONE SECONDARIA:

Il calore prodotto nello strato 305 viene utilmente estratto mediante circolazione di refrigerante nell'intercapedine 307 collocata tra i cilindri metallici 310 e 308 di figura 3, a cui si accede dalle bocche 311, 405 praticate nella parte cilindrica del contenitore 401 di figura 4.

#### STADIO DI SCHERMATURA:

Nella figura 3, esternamente al contenitore metallico 308, è posizionato uno strato 309 (denominato 409 nella figura 4), ad esso coassiale in piombo, tipicamente, ad esempio, dello spessore da 2 a 5 mm (millimetri), avente lo scopo di assorbire eventuali radiazioni  $\gamma$  primarie e la radiazione  $\gamma$  secondaria emessa in conseguenza della diseccitazione del  ${}^7\text{Li}^*$  della (9).

A causa del consumo tanto del combustibile presente nelle capsule 302 di figura 3, che del boro contenuto nel cilindro 305, la struttura fisica dell'apparato prevede la possibilità di sua apertura e sostituzione dei componenti esauriti, per il ripristino della loro funzionalità, accedendo attraverso l'apertura delle flange 402 protette dallo strato 406 contenente boro (anche detto strato è sostituibile).

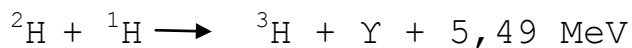
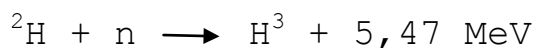
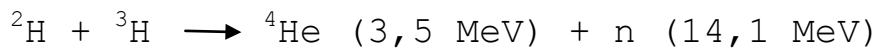
#### Altre applicazioni dell'invenzione

Senza con questo limitare il campo di applicazione dell'invenzione in oggetto, si riporta brevemente un altro esempio di implementazione; quello già illustrato nelle figure da 1 a 4, grazie alla foggia a vaschetta della capsula di contenimento del combustibile, è adottabile sia per combustibile che nelle condizioni di reazione resta integralmente solido (monolitico, sinterizzato poroso o disaggregato), che nel caso in cui alcuni componenti passino allo stato liquido e/o aeriforme; nella illustrazione che segue si descrive una applicazione particolarmente idonea per combustibili solidi aggregati e che nelle condizioni del processo non producono fase liquida, o al massimo questa sia alloggiata nei pori del restante materiale. L.Holmlid, nel brevetto riportato nella sezione "Stato della tecnica" descrive un apparato basato su idrogeno ultradenso irraggiato

con laser, successivo innesco di una reazione esoenergetica, quindi raccolta di sola energia termica utilizzabile. Nella presente invenzione, invece, la attivazione laser viene sostituita da impulsi elettrici (più facilmente modulabili in qualsiasi forma d'onda) applicati tra gli estremi del combustibile (o uno ad un estremo e l'altro a distanza dal secondo estremo, così da generare arco voltaico, continuo o a scariche); inoltre, diversamente da quanto riportato in detto brevetto, i prodotti di reazione emessi (radiazioni  $\alpha$ ,  $\beta^-$  e  $\gamma$ ) subiscono un trattamento selettivo: la radiazione  $\alpha$  viene catturata per prima e usata per generare calore, quella  $\beta^-$  per seconda, su collettore metallico per generare anche, direttamente, energia elettrica; quella  $\gamma$  viene infine schermata. Lo schema di apparato è simile a quello descritto in dettaglio nelle figure 1,2,3,4, con le principali differenze:

- una miscela gassosa reagente viene assorbita su uno strato composito multi-materiale nanoporoso (che ne eleva la densità sino a condizioni di ignizione in presenza di sufficiente sollecitazione energetica esternamente fornita con impulsi elettrici), con stessa composizione di quanto descritto per le figure 1,2,3,4 depositato su una struttura portante (ad esempio non limitante: barra, filo o tubo, nel quale in particolare può circolare un fluido refrigerante per estrarre il calore prodotto dalle reazioni esoenergetiche);
- tale supporto (ad esempio ceramico) con lo strato ricoprente, occupa la posizione assiale di una camera cilindrica di metallo, e nella camera viene mantenuta una atmosfera gassosa di isotopi di idrogeno;
- lo strato viene sottoposto ad una differenza di potenziale, pulsata, ai suoi estremi, per fornire l'energia di attivazione al posto del laser;

- le reazioni degli isotopi di idrogeno (tra loro e con i materiali dello strato) producono radiazioni  $\alpha$ ,  $\beta^-$  e/o elettroni pesanti (muoni) e  $\gamma$ , ed eventuali neutroni;
- tali radiazioni emergenti dallo strato vengono così trattate: le  $\alpha$  intercettate nell'atmosfera gassosa all'uopo regolata, le  $\beta^-$  (in cui decadono anche i muoni) catturate dal detto cilindro metallico e impiegate per produzione diretta di energia elettrica, neutroni e  $\gamma$  trattati in strati esternamente coassiali al collettore dei raggi  $\beta^-$ , come in figura 3 (stadi di moderazione, cattura neutronica secondaria esotermica, refrigerazione secondaria, schermatura);
- le principali reazioni candidate per la produzione di radiazione che comprenda anche la  $\beta^-$  sono, oltre quelle precedentemente illustrate (sistema da (1) a (9) ), quelle del sistema aggiuntivo gassoso (10) (in fase adsorbita nel reticolo metallico):



## RIVENDICAZIONI

1) Apparato (100, 200, 300, 400), per realizzare la conversione diretta di energia da nucleare ad elettrica, e la cogenerazione di calore, per la produzione di energia da reazioni nucleari a bassa energia (denominate LENR), comprendente una prima coppia di elettrodi (la coppia 104, la coppia 211), una seconda coppia di elettrodi (la coppia 106 e 108, la coppia 208 e 214) di cui almeno uno con porosità nanometriche (108, 208) almeno parzialmente immersi in un contenitore-capsula (101,201) impermeabile almeno parzialmente agli isotopi di idrogeno, un elettrodo metallico a griglia 215 connesso ad un potenziale di regolazione, un generatore di corrente/potenziale connesso a detta prima coppia, un sistema per il trattamento del potenziale elettrico generato tra gli elettrodi di detta seconda coppia, con le seguenti caratteristiche:

- detto contenitore contiene, tra dette coppie di elettrodi, una miscela fluida comprendente idrogeno e/o suoi isotopi;
- detto contenitore contiene, tra dette coppie di elettrodi, una miscela bersaglio (109, 214), solida, liquida o bifase a contatto con almeno un elettrodo;
- detta miscela bersaglio comprende due o più tipi di polveri di diversi metalli e/o semiconduttori o loro composti, di dimensioni nanometriche da  $10^{-9}$  a  $10^{-7}$  m e/o micrometriche da  $10^{-6}$  a  $10^{-4}$  m con superficie nanostrutturata (ad esempio dendriti frattali), ed eventualmente contiene polveri di materiali dielettrici come ad esempio l'Allumina, per mantenere le componenti metalliche parzialmente disaggregate dal punto di vista dell'attraversamento da parte della corrente elettrica, o

- é costituita in foggia di materiale sinterizzato poroso;
- detta miscela bersaglio comprende almeno un materiale combustibile attraverso reazioni nucleari di fusione e/o fissione attivate dai materiali presenti nel detto contenitore;
  - detta miscela bersaglio è in strato sottile, ad esempio da 10 micrometri a 2 millimetri di spessore;
  - detto contenitore-capsula è a sua volta contenuto in un recipiente in cui è presente un materiale che assorbe esotermicamente i neutroni inutilizzati, impedendo che raggiungano l'ambiente esterno all'apparato;
  - detto generatore di corrente è configurato per generare una corrente la cui forma d'onda e la cui eventuale frequenza di ripetizione dipendono dalle condizioni operative che si vogliono mantenere nel processo;
  - detto sistema per il trattamento del potenziale elettrico relativo generato tra gli elettrodi di detta seconda coppia è configurato per produrre corrente elettrica impiegabile su un carico, previa trasformazione delle caratteristiche di detta differenza di potenziale, in relazione al carico;
  - sono compresi mezzi (303, 307) e eventuali alettature (102, 202), per la rimozione efficiente del calore da detto apparato.

2) Apparato secondo la rivendicazione 1 , caratterizzato dal fatto che detto materiale bersaglio comprende uno o più dei seguenti materiali in miscela: isotopi di H, in particolare provenienti da detta miscela fluida e/o evoluti da idruri presenti nella miscela, Li, Be, B, Ni, Fe, Co, Ti, C ed eventualmente altri metalli con capacità di assorbimento di idrogeno , loro leghe e/o composti e/o loro idruri e deuteruri, anche bimetallici, e eventuali sostanze promotrici di detto assorbimento di idrogeno.

3) Apparato secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta capsula 101, 201 (o più d'una, 302), è interna ad una prima camera 303 a sua volta interna ad una seconda 305, a sua volta interna ad una terza 307; le dette camere sono separate rispettivamente mediante le pareti 304, 310 e sono tutte interne ad un contenitore globale 308.

4) Apparato secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che la parete 304 è costituita da materiale, anche composito, in grado di completare il rallentamento di neutroni energetici, iniziato ad opera del materiale refrigerante che fluisce nella camera 303, fino ai livelli necessari per la loro cattura nello strato 305, contenente boro e/o suoi composti, eventualmente arricchito nella sua componente isotopica di massa atomica 10, e le pareti 310 e 308 sono in materiale metallico, la camera 307 è percorsa da fluido refrigerante, il contenitore 308 è rivestito esternamente da uno strato 309 di piombo per schermare le radiazioni  $\gamma$ .

5) Apparato secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che sono presenti uno o più tubi in posizione radiale 301, 405, aperti verso l'esterno dell'apparato e chiusi da materiale moderatore di neutroni verso il centro dello stesso, in ciascuno dei quali può trovarsi alloggiato un sistema per la generazione controllata di neutroni.

6) Apparato secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che ogni capsula è provvista di accessi 111, 213 per il controllo delle caratteristiche della fase gassosa contenuta nella detta capsula, in termini di pressione, temperatura e composizione, di accessi 104, 211 per la prima coppia di elettrodi, di

accessi 110, 107 e 210, 207 per la seconda coppia, di un avvolgimento 103 in materiale conduttore elettrico per la regolazione della temperatura e del campo magnetico nella capsula.

7) Apparato secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che la serie di camere 303, 305, 307 presenta gli accessi 403 per il refrigerante primario, 406 per la miscela di gas, 407 per i collegamenti elettrici agli elettrodi, praticati attraverso una o più flange sigillate 402, mentre gli accessi 405 per il refrigerante secondario sono praticati attraverso il contenitore 401.

8) Apparato secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che la capsula è attraversata da un tubo isolante ceramico percorso internamente dal fluido refrigerante primario e il combustibile è deposto sulla superficie esterna del tubo, su uno strato di metallo poroso con elevata capacità di assorbire idrogeno; lo strato metallico poroso costituisce uno degli elettrodi della seconda coppia, mentre il rivestimento metallico interno della capsula, coassiale al tubo, costituisce l'altro elettrodo della seconda coppia; gli estremi del rivestimento combustibile costituiscono i terminali della prima coppia; di questi ultimi, uno è collegato direttamente all'alimentazione, l'altro può esserlo direttamente, o tramite un arco elettrico che si instaura durante le scariche impulsive nel gas contenuto nella capsula.

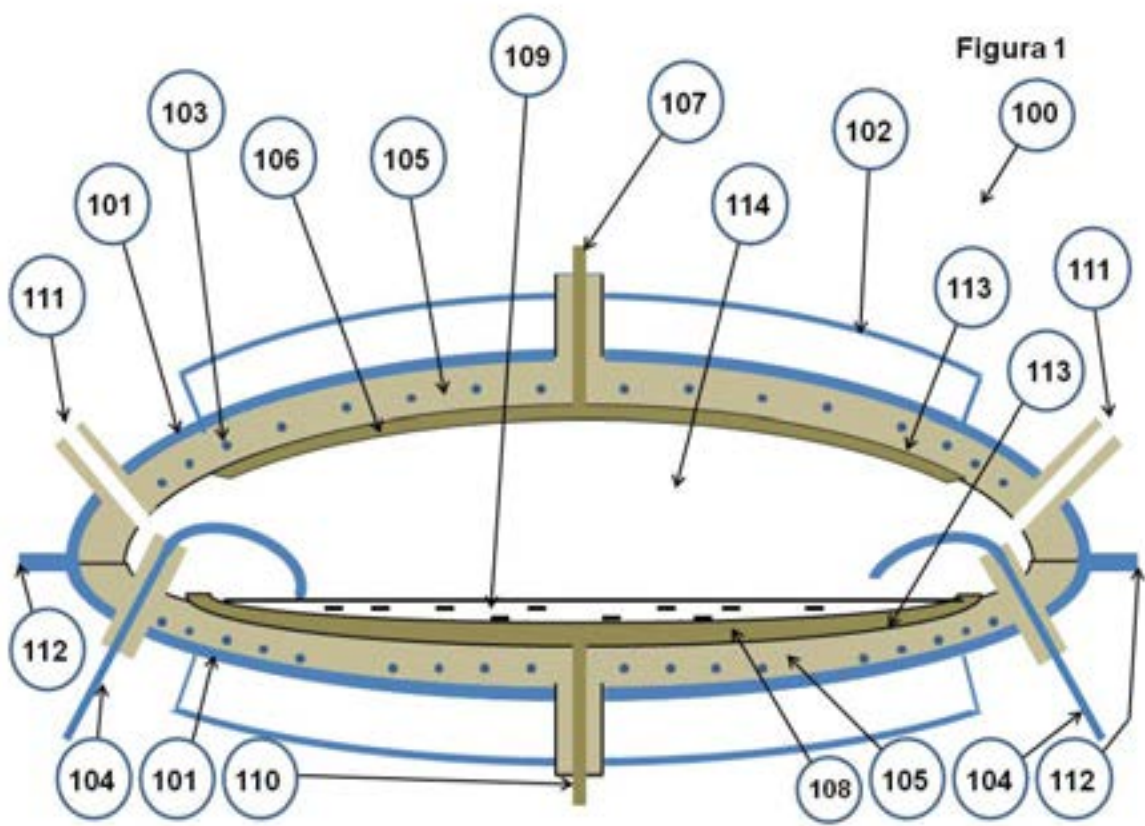
9) Metodo per realizzare la conversione diretta di energia da nucleare ad elettrica, e la cogenerazione di calore, per la produzione di energia da reazioni nucleari a bassa energia o LENR, caratterizzato dal fatto di fornire un

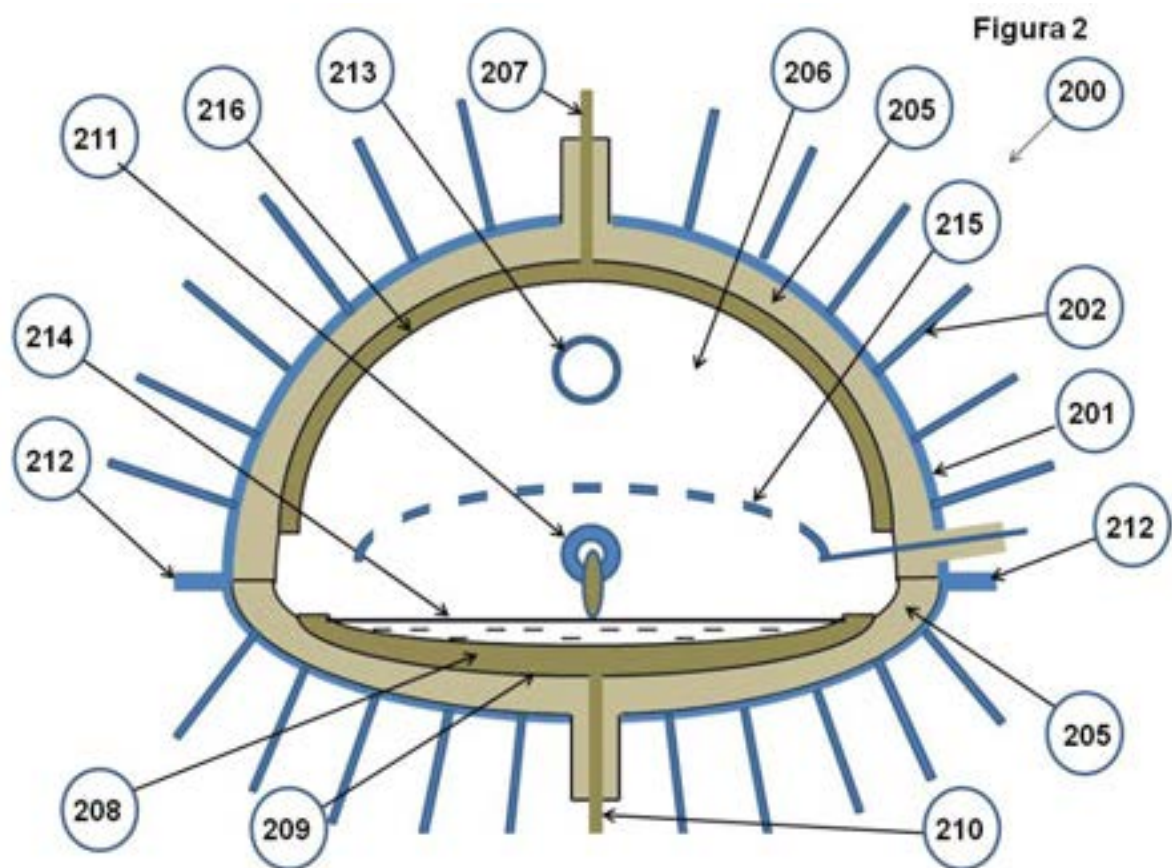


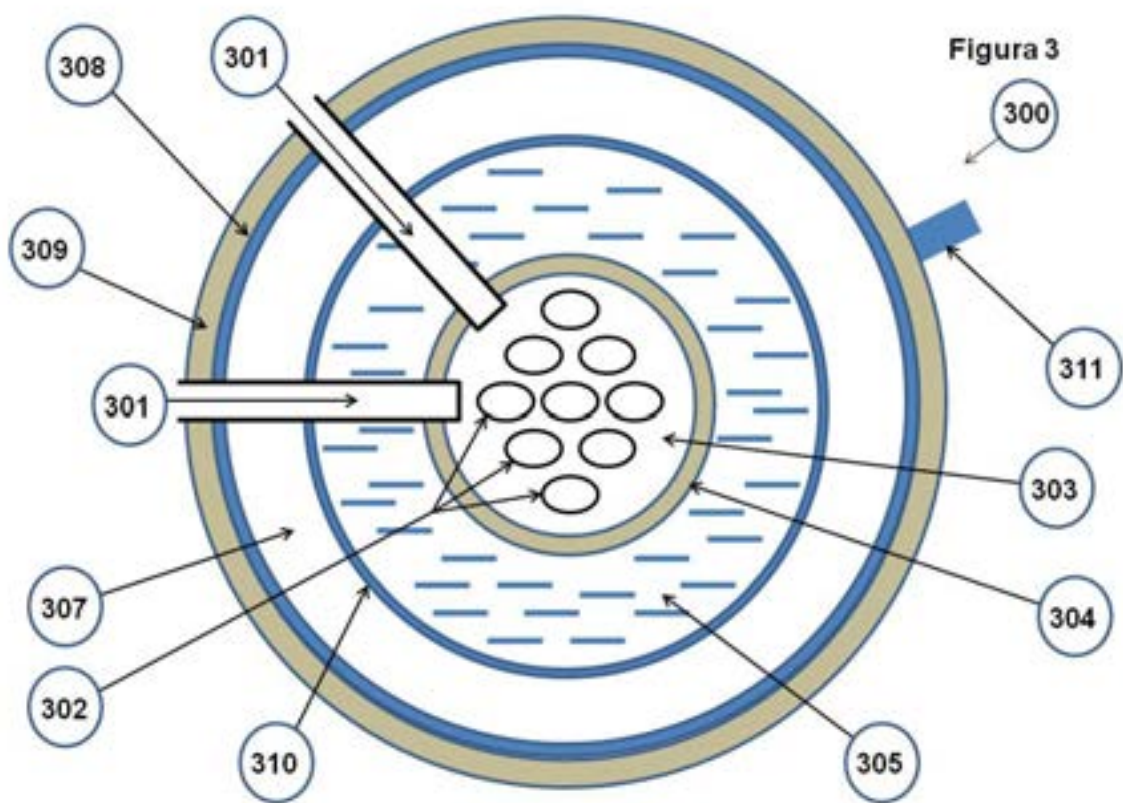
apparato come in una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 8, e dal fatto di eseguire le seguenti fasi:

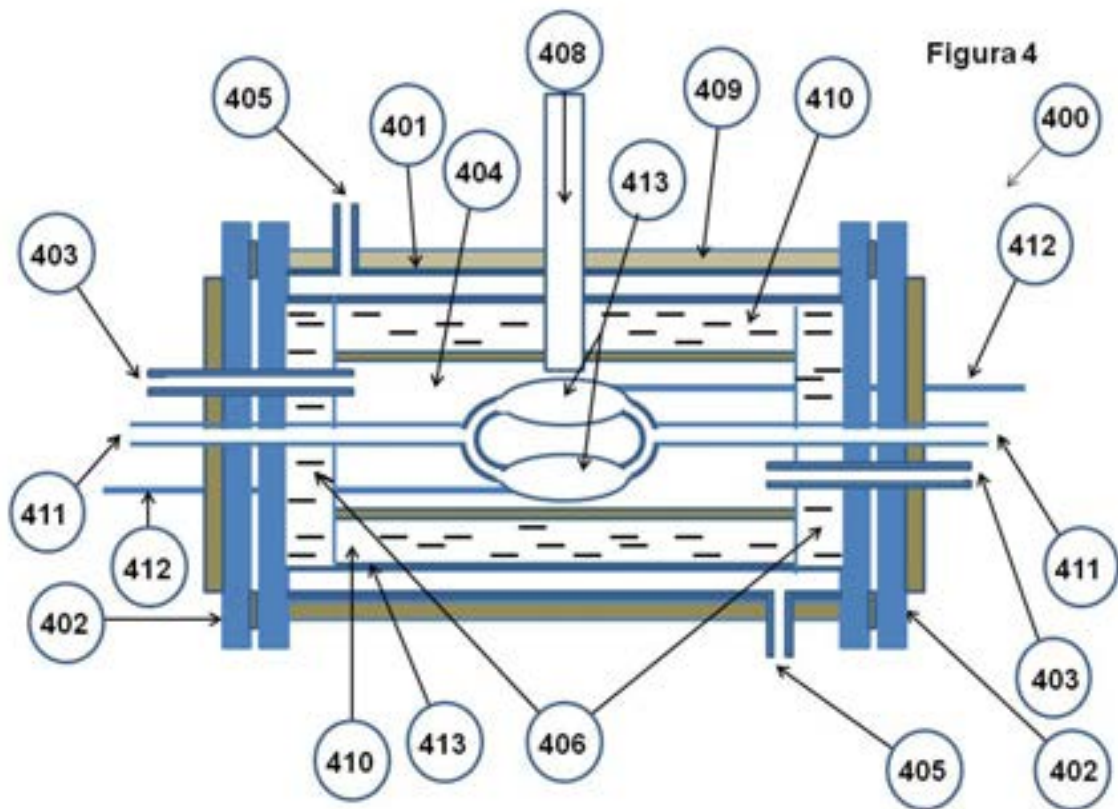
- A. alimentare, attraverso detto generatore di corrente, la prima coppia di elettrodi secondo la forma d'onda e la frequenza richieste dal combustibile;
- B. alimentare elettricamente detto avvolgimento per il controllo della temperatura e del campo magnetico;
- C. regolare la pressione e la composizione della fase gassosa nella capsula;
- D. irradiare almeno inizialmente il combustibile mediante cannone neutronico, per coadiuvare la generazione interna di neutroni capaci di attivare il ciclo di reazioni Li-Be-H, complessivamente esoenergetiche, basate sulla attivazione del berillio da raggi  $\alpha$ , sulla sua capacità di moltiplicazione dei neutroni, sulla produzione di raggi  $\alpha$  da parte del litio, sull'interazione idrogeno-neutroni e idrogeno-idrogeno, per ottenere globalmente energia termica e emissione di radiazione  $\alpha$ ,  $\beta^-$  e elettroni pesanti (muoni che decadono in radiazione  $\beta^-$ ), separatamente su detta seconda coppia di elettrodi ad opera di detto apparato, agendo sia sulla pressione dei gas che sul potenziale dell'elettrodo metallico a griglia di regolazione 215;
- E. utilizzare la differenza di potenziale che si crea agli elettrodi della seconda coppia, per produrre corrente elettrica impiegabile su un carico, previa trasformazione delle caratteristiche di detta differenza di potenziale, in relazione al carico;
- F. rimuovere, attraverso detti mezzi per la rimozione del calore, l'energia termica prodotta nella capsula dal detto ciclo Li-Be-H e nello strato di boro per cattura neutronica;

10) Metodo secondo la rivendicazione 9, caratterizzato dal fatto che i punti A e B della stessa rivendicazione 9 prevedono una alimentazione elettrica rapidamente variabile con rampe di salita degli impulsi di durata temporale dell'ordine dei nanosecondi per creare campi magnetici molto intensi nel combustibile, grazie alla presenza del cobalto nella miscela bersaglio, dotato di proprietà ferromagnetiche anche ad alta temperatura, per facilitare l'allineamento magnetico dei nuclei che interagiscono nelle reazioni tra i componenti della miscela stessa, e con/tra i componenti della atmosfera gassosa presente nella capsula.









## CLAIMS

1) Apparatus (100, 200, 300, 400), for performing the direct conversion of energy from nuclear to electrical and cogeneration of heat, for the production of Energy from Low Energy Nuclear Reactions (named LENR), comprising a first pair of electrodes (the pair 104, the pair 211), a second pair of electrodes (the pair 106 and 108, the pair 208 and 214) of which at least one with porosity at the nanoscale (108, 208) at least partially immersed in a container-capsule (101,201) at least partially impermeable to hydrogen isotopes, a metal grid electrode 215 connected to an adjustment potential, a voltage/ current generator connected to said first pair, a system for the treatment of the electric potential generated between the electrodes of said second couple, characterized in that:

- said container includes, between said pair of electrodes, a fluid mixture comprising hydrogen and/or its isotopes;
- said container includes, between said pairs of electrodes, a target mixture (109, 214) which is solid or liquid or biphasic and is in contact with at least an electrode;
- said target mixture comprises two or more types of powders of different metal and/or semiconductor materials or their compounds with nanometric dimensions from  $10^{-9}$  to  $10^{-7}$  m or micrometric from  $10^{-6}$  to  $10^{-4}$  m with nano-structured surface (for example fractal dendrites), possibly containing nanometric powders of dielectric materials such as Aluminum oxide to maintain the metallic components as disaggregated from the point of view of the crossing by the electric current, or is formed in the shape of sintered porous material;
- said target mixture comprises at least a material which is combustible by means of fusion or fission nuclear

reactions activated by one or more among the materials comprised in said container;

- said target mixture is constituted by a thin layer , for example from 10 micrometers to 2 millimeters thick;
- said container-capsule is in turn contained in a vessel in which is present a material which absorbs unused neutrons exothermically, preventing them from reaching the environment outside the unit;
- said current generator is configured to generate a current whose waveform and whose possible repetition frequency depend on the operating conditions that are to be maintained in the process;
- said system for the treatment of the relative electrical potential generated between the electrodes of said second pair is configured to produce electric current employable on a load, after processing of the characteristics of said potential difference, in relation to the load;
- means (303, 307) and any fins (102, 202), for efficient removal of heat from said apparatus are included.

2) Apparatus according to claim 1, characterized in that said target material is a mixture of one or more of the following materials: isotopes of H, in particular coming from said fluid mixture , and/or evolved from hydrides contained in the mixture, Li, Be, B, Ni, Fe, Co, Ti, C and possibly other metals capable of adsorbing hydrogen, their alloys and/or compounds and/or hydrides and deuterides, also bimetallic ones, and possibly substances promoting said hydrogen adsorption.

3) Apparatus according to any claim 1 or 2, characterized in that said capsule 101, 201 (or more than one, 302), is within a first chamber 303 in turn internal to a second 305, in turn internal to a third 307; said chambers are separated



respectively by means of the walls 304, 310 and are all internal to a global container 308.

4) Apparatus according to any claim 1 to 3, characterized in that the wall 304 is made of such a material, also composite, able to complete the slowdown of energetic neutrons, started by means of the refrigerant material that flows into the chamber 303, to the levels required for their capture in the layer 305 containing boron and / or its compounds, possibly enriched in its isotopic component of atomic mass 10, the walls 310 and 308 are made of metallic material, the chamber 307 is crossed by the cooling fluid, the container 308 is externally covered by a layer 309 of lead for shielding  $\gamma$  radiation.

5) Apparatus according to any claim 1 to 4, characterized in that there are one or more tubes in a radial position 301, 405, open towards the outside of the apparatus and closed by neutron moderating material towards the center of the same, in each of which it can be housed a system for the controlled generation of neutrons.

6) Apparatus according to any claim 1 to 5, characterized in that each capsule is provided with accesses 111, 213 for the control of the characteristics of the gaseous phase contained in the said capsule, in terms of pressure, temperature and composition, with accesses 104, 211 for the first pair of electrodes, with accesses 110, 107 and 210, 207 for the second pair, with a winding 103 in electrical conductive material for the regulation of the temperature and of the magnetic field in the capsule.

7) Apparatus according to any claim 1 to 6, characterized in that the series of chambers 303, 305, 307 presents the accesses 403 for the primary coolant, 406 for the gas mixture,

407 for the electrical connections to the electrodes, formed through one or more sealed flanges 402, while the accesses 405 to the secondary coolant are formed through the container 401.

8) Apparatus according to any claim 1 to 7, characterized in that the capsule is crossed by an insulating ceramic tube in which the primary coolant flows, and the fuel is deposited on the outer surface of the tube, on a layer of porous metal with a high capacity of adsorbing hydrogen; the porous metal layer constitutes one of the electrodes of the second pair, while the internal metal coating of the capsule, externally coaxial to the tube, constitutes the other electrode of the second pair; the extremes of the fuel coating constitute the terminals of the first pair; of the latter, one is directly connected to the power supply, the other can be directly, or through an electrical arc that is established during the impulsive discharges in the gas contained in the capsule.

9) Method for performing the direct conversion of energy from nuclear to electrical, and cogeneration of heat, for the production of energy from Nuclear Reactions at Low Energy or LENR, characterized by the fact of providing an apparatus as in any claim 1 to 8, and by the fact of performing the following steps:

- A. power supplying, through said current generator, the first pair of electrodes according to the waveform and frequency required by the fuel;
- B. power supplying said winding for the control of the temperature and of the magnetic field;
- C. adjusting the pressure and the composition of the gaseous phase in the capsule;
- D. irradiating at least initially the fuel by means of neutron gun , to assist the internal generation of

neutrons capable of activating the reaction cycle Li-Be-H, globally exothermal, based on the activation of the beryllium by  $\alpha$  rays, on its ability to neutron multiplication, on the production of  $\alpha$  rays by lithium, on hydrogen-neutron interaction and hydrogen-hydrogen, to obtain globally thermal energy and emission of radiation  $\alpha$ ,  $\beta^-$  and heavy electrons (muons that decay into radiation  $\beta^-$ ), separately on said second pair of electrodes by said apparatus, by acting both on the pressure of the gases and on adjustment of the potential of the metal grid electrode 215;

- E. using the potential difference that creates at the electrodes of the second pair, to produce usable electric current on a load, after processing of the characteristics of said potential difference, in relation to the load;
- F. removing, through said means for the removal of heat, the thermal energy produced in the capsule from said cycle Li-Be-H and in the layer of boron for neutron capture.

10) Method according to claim 9, characterized in that the items A and B of the same claim 9 provide an electric power supply rapidly variable with time duration of the ramps of the pulses of the order of nanoseconds to create strong magnetic fields in the fuel, thanks to the presence of cobalt in the target mixture, provided with ferromagnetic properties even at high temperature, to facilitate the magnetic alignment of the nuclei which interact in the reactions between the components of the mixture itself, and with / among the components of the gaseous atmosphere present in the capsule.