

# **Onde di pressione, onde d'urto e cavitazione. Tecniche avanguardistiche di trasformazione degli inquinanti: il contributo italiano.**

*Maurizio Proietti*

## **Abstract**

Gli inquinanti chimici sono sostanze estranee ai processi biologici degli organismi viventi. Un ambiente inquinato incide negativamente sulla salute degli esseri viventi, in maniera particolare sull'apparato riproduttivo e sulla spermatogenesi. Oggi, grazie alla tecnologia avanzata nell'ambito della Fisica Nucleare possiamo dotarci di macchine che ci aiutano a risolvere, almeno in parte, il problema degli inquinanti. Grazie ad esse comincia ad emergere un diverso concetto del rifiuto, che viene visto non più come spesa di smaltimento ma come risorsa di materie prime, superando il concetto di riciclaggio. Tutto parte nel 1934, a Roma, quando per la prima volta fu liberata l'energia nucleare da Enrico Fermi. Fu utilizzato l'elemento Uranio radioattivo, ma all'epoca il processo alla base del rilascio di energia non fu riconosciuto; si trattava della scissione del nucleo dell'uranio per mezzo dei neutroni. C'era però il problema della massa critica; i tedeschi per aggirarlo utilizzarono la pressione. Si prefiggevano, partendo da un'onda di pressione, di generare un'onda d'urto all'interno di una qualsiasi quantità di uranio. Diebner, Gerlach e Trinks furono gli scienziati che sperimentarono il metodo, ma l'avvento della Grande Guerra interruppe il loro lavoro e i dati andarono persi. Nel 1989, Metcalf sorprese il mondo scientifico con la scoperta della sonoluminescenza; infatti non ci si aspettava che il suono e gli ultrasuoni potessero indurre l'acqua ad emettere luce. Successivamente videro la luce il primo (1992-1998) ed il secondo (1999-2002) modello di macchina statunitense, erano i primi tentativi di realizzare reazioni nucleari tramite la cavitazione. Rispettando la tradizione della cultura classica, iniziarono anche in Italia gli studi inerenti le reazioni piezonucleari. I risultati sperimentali furono preceduti da studi teorici che coinvolsero prevalentemente istituzioni scientifiche ed alcune università italiane. Il progetto della macchina ad ultrasuoni (cavitatore) venne messo a punto, dal professor Cardone, nel 2005. Grazie agli scienziati italiani, oggi è possibile, tramite gli ultrasuoni, trasformare velocemente la materia. Anche gli elementi tossici.

**Conclusioni:** alla luce della moderna tecnologia, possiamo ritenere che la metamorfosi della materia potrebbe essere il fenomeno principe per il disinquinamento dei liquidi. I composti chimici tossici possono essere trasformati anche in elementi utili a fini industriali.

## **Introduzione**

Un ambiente inquinato ha notevoli ripercussioni sulla salute degli esseri viventi. Gli inquinanti chimici sono sostanze estranee ai processi biologici dell'uomo, negli organismi viventi esposti provocano gravi effetti sulla salute. Cancro compreso. The environmental contaminants are generally grouped into the following functional classes: dioxins, phthalates, perfluorinated compounds, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), polychlorinated biphenyls (PCBs), brominated flame retardants, heavy metals; last, but not least the estrogen analogues. In general, these toxicants are directly released into matrices ambientali come air, soil and water (S. Manzetti et al., 2014; A. Lazartigues, et al., 2013).

Quello che più preoccupa è l'impatto negativo degli inquinanti a livello dell'apparato riproduttivo e della sfera sessuale (P.A. Thompson, et al., 2015; S. Chen, et al., 2014). Infatti, molti di questi inquinanti ambientali espongono gli organismi viventi, uomo compreso, ad alterazioni dei processi riproduttivi che possono rendere questi organismi sterili. Sono alterazioni che, in determinate condizioni, possono essere trasmesse alle generazioni successive. Studi recenti, tendenti a valutare la qualità dello sperma maschile umano, hanno evidenziato che la causa principale dei difetti osservati nella funzione riproduttiva maschile è da attribuire all'esposizione ai contaminanti ambientali

piuttosto che a difetti genetici (N.E. Skakkebaek, et al., 2016; H.A. Jeng, 2014; R.S. Tavares, et al., 2016).

Lo scopo di questo articolo è quello di dimostrare che questi tossici, con l'attuale tecnologia, possono essere resi meno pericolosi o addirittura trasformati in sostanze utili. Ne sono un esempio, i metalli pesanti, dannosi per la salute degli organismi viventi, e implicati anche nei disturbi della riproduzione. Per questo motivo assume importanza lo studio dei meccanismi di compromissione della fertilità indotti dai metalli pesanti a livello epigenetico e biochimico. Particolarmente tossici sono il cadmio (Cd), il mercurio (Hg) ed il piombo (Pb). Sebbene classificato chimicamente come metalloide l'arsenico (As), anch'esso tossico, è spesso incluso nel gruppo dei metalli pesanti. Le principali fonti globali di contaminazione antropica da metalli pesanti includono diversi processi industriali, tra cui l'industria energetica, i trasporti, la gestione dei rifiuti urbani, discariche abusive, rifiuti provenienti dalla fertilizzazione del suolo e gli stessi fertilizzanti (Piotr Rzymiski et al., 2015; Peter Massányi, et al., 2020). I metalli pesanti, i pesticidi, gli erbicidi, i ritardanti di fiamma e molti altri inquinanti hanno ripercussioni negative anche sulla spermatogenesi. Da evidenziare che i maschi, rispetto alle femmine, sono più sensibili a questo tipo di danno. La formazione di spermatozoi maturi derivanti da spermatogonial stem cells (SSC) ha luogo nel testicolo, in un microambiente ben regolato.

The peritubular myloid cells and Sertoli cells present in seminiferous tubules form the basement membrane which along with cytokines, growth factors and blood vessels form the niche that supports SSCs (M.C. Hofmann 2008; J.M. Oatley, et al., 2012).

L'azione dell'ormone follicolo-stimolante (FSH), del testosterone, dell'estradiolo e della loro stretta regolazione da parte delle cellule di Leydig e del Sertoli sono fondamentali per la spermatogenesi. L'FSH ed il testosterone sono ormoni che esercitano la loro azione sulle cellule del Sertoli e contribuiscono alla promozione dello sviluppo delle cellule germinali (P.J. O'Shaughnessy, et al., 2010; A.K. Chowdhury, 1979). Gli effetti di alcuni contaminanti chimici ambientali causano danni alle cellule del Sertoli, prevalentemente attraverso l'induzione di stress ossidativo e apoptosi (Ramos-Treviño, J. et al., 2018; Premendu Prakash Mathur, Shereen Cynthia D'Cruz 2011).

Oggi, grazie alla tecnologia avanzata nell'ambito della Fisica Nucleare possiamo dotarci di macchine che ci aiutano a risolvere, almeno in parte, il problema degli inquinanti. Grazie ad esse comincia ad emergere un diverso concetto del rifiuto, che viene visto non più come spesa di smaltimento ma come risorsa di materie prime, superando il concetto di riciclaggio.

### ***Historical retrospective***

L'energia nucleare fu liberata per la prima volta a Roma, nell'ottobre 1934, da Enrico Fermi. In quel caso fu utilizzato l'elemento Uranio radioattivo, ma all'epoca il processo alla base del rilascio di energia non fu riconosciuto; si trattava della scissione del nucleo dell'uranio per mezzo dei neutroni. Era l'epoca, quella, in cui i fisici erano convinti che il nucleo di qualsiasi atomo non poteva essere spezzato, tantomeno scisso, per liberare energia. Era un dogma nato nel 1919, quando Rutherford, lo scopritore del nucleo dell'atomo, aveva sentenziato che esso sarebbe sempre stato uno spreco e non una sorgente di energia per l'umanità.

Fermi si rivolse a Rutherford e a Bohr per chiedere conferma sulle sue ipotesi sperimentali, ma dal primo non ottenne risposta; mentre il secondo, con i suoi giudizi contorti, aumentò la confusione e l'incertezza di Fermi (Cardone F. 2016). Va sottolineato che Fermi aveva ottenuto questi risultati per pura casualità, da alcuni secchi pieni d'acqua che l'addetta alle pulizie del laboratorio nascondeva sotto il tavolo del laboratorio, tavolo su cui lavorava Bruno Pontecorvo. Fu l'acqua che svolse una duplice funzione: consentì di individuare, senza inutili e lunghe prove, qual era la sostanza più adatta a frenare i neutroni. Inoltre, aiutarono a rimuovere il pregiudizio concernente il ruolo effettivo di questi ultimi, riconoscendo solo a quelli rallentati la capacità di indurre la radioattività in modo sensibile. La variabile che si cercava, necessaria ad assicurare la ripetibilità agli esperimenti, era stata – metaforicamente – nascosta dal caso sotto il tavolo. Pontecorvo per questo tipo di esperimenti

utilizzava piccoli cilindri d'argento la cui radioattività mutava senza motivo apparente da un momento all'altro, ma ci volle del tempo per rendersi conto che la radioattività indotta nell'argento variava a seconda che il secchio fosse pieno d'acqua o vuoto. Gli esperimenti furono ripetuti, con successo, nella grande vasca in giardino quando vi furono immersi la sorgente di neutroni ed il cilindro d'argento. La via dell'energia nucleare era aperta, ma non si resero conto completamente di quanto scoperto; furono necessari altri quattro anni per apprenderlo da altri scienziati (Cardone F. Mignani R. 2000). Nel novembre 1938, la liberazione dell'energia nucleare mediante la scissione dell'uranio fu riscoperta a Berlino da Otto Hahn e Fritz Strassman, i quali si erano liberati dai pregiudizi della Meitner. Il fenomeno fu battezzato da Bohr "fissione nucleare" (Jungk, R. (1955).

### ***Trial and error***

Da allora la ricerca dello sfruttamento dell'energia nucleare procedette speditamente, già nel 1939 furono depositati due brevetti, i primi, per la costruzione di un reattore nucleare. Ma lo scoppio della Seconda Guerra Mondiale ne impedì la realizzazione. Tuttavia, i problemi di tipo scientifico non mancavano. Ad esempio, come usare l'uranio radioattivo per produrre energia nucleare su vasta scala e in grande quantità. La reazione a catena, nell'uranio, poteva aver luogo solo a condizione che ve ne fosse una quantità minima (massa critica dell'uranio) che doveva essere calcolata, e ciò costituiva un serio problema. Sia Fermi sia Heisenberg sbagliarono il calcolo, di conseguenza i brevetti francesi del 1939 riportarono il risultato errato.

I tedeschi per aggirare il problema della massa critica utilizzarono la pressione. Si prefiggevano, partendo da un'onda di pressione, di generare un'onda d'urto all'interno di una qualsiasi quantità di uranio. Gli attori principali furono Kurt Diebner, Walter Gerlach e Walter Trinks, che dal 1943 lavorarono alle reazioni nucleari prodotte o catalizzate con la pressione. Si resero conto che la sola pressione applicata all'uranio non era sufficiente ad innescare la reazione a catena e passarono alle onde d'urto (Walker M. 1993). La differenza consiste nel fatto che le onde di pressione hanno andamento armonico (sinusoidale), mentre l'onda d'urto è impulsiva e violenta. Utilizzarono la dinamite a forma di sfera cava.

Con la fine della Seconda Guerra Mondiale i risultati degli studi sulle reazioni nucleari indotte con la pressione andarono in gran parte perduti. Il primo ordigno nucleare (Trinity) che prevedeva il metodo di pressione Kistiakowsky-Neddermeyer fu sperimentato nel 1945 nel Nuovo Messico nell'ambito del progetto nucleare "Manhattan". Diebner e Gerlach prigionieri di guerra portarono nella tomba i loro segreti sull'uso della pressione nelle reazioni nucleari, pertanto tutto dovette essere riscoperto (Bernstein J. 2001; 2005). Alla "riscoperta" contribuirono il polacco Sylwester Kaliski ed il tedesco Friedwardt Winterberg, provando ad esplorare l'utilizzo della pressione nelle reazioni nucleari. Il primo realizzò la fusione termonucleare tramite esplosione conica concentrica con elevato grado di simmetria, utilizzando deuterio compresso allo stato gassoso (Rich, V. 1977; Derentowicz H. et al. 1977,1979). Per il contributo di Winterberg (1984) è interessante quanto riportato nel suo testo "Autocatalytic fusion-fission implosions".

### ***1989-1998: ultrasuoni, cavitazione e fusione termonucleare***

Nel 1989, Harold Metcalf sorprese molto il mondo scientifico con la scoperta della sonoluminescenza; infatti non ci si aspettava che il suono e gli ultrasuoni potessero indurre l'acqua ad emettere luce o, più genericamente, onde elettromagnetiche che non sono altro che radiazione elettromagnetica di cui la luce è un caso particolare (Metcalf, H. 1998). Fu messa in campo una ridda di ipotesi per spiegare il meccanismo che consentiva alle onde di pressione del suono e degli ultrasuoni di indurre l'emissione di luce da parte dei liquidi, ma presto ci si rese conto che a scatenare il fenomeno non era la pressione da sola, ma la cavitazione.

La cavitazione è un fenomeno scoperto casualmente, nei primi decenni del XX secolo, dall'osservazione delle piccole cavità che si formavano, dopo un periodo di utilizzo, sulle eliche

metalliche delle navi. Si scoprì che il fenomeno era innescato dalle piccole bolle di gas disciolto nell'acqua che invece di scoppiare e liberare il gas, implodevano: collassavano su loro stesse, causando piccole cavità sul metallo; da cui il nome cavitazione. Un processo, questo, che concentra in tempi brevissimi, e in un volume microscopico, una enorme quantità di energia. Il suono, in particolare gli ultrasuoni, causano, con la loro pressione, il collasso delle bolle di gas disciolte nell'acqua a pressione atmosferica e temperatura ambiente. Tutto ciò avviene quando le oscillazioni hanno un'elevata frequenza, cioè da un minimo di 5.000-8.000 fino ad un massimo di 20.000-25.000 oscillazioni al secondo.

Propagation and repeated reflection of ultrasound within water build standing-wave-like acoustic fields; when an ultrasound intensity gradient appears in the acoustic fields, it can in principle induce steady streaming flow. When the ultrasound intensity is sufficiently large, cavitation occurs and oscillating cavitation bubbles are either trapped in the acoustic fields or advected in the flow (Yamashita, T., & Ando, K. (2019).

Degno di nota è il fatto che, con la cavitazione ed il collasso delle bolle su loro stesse, l'onda di pressione degli ultrasuoni viene trasformata, spontaneamente, dalle bolle in onda d'urto. Questo però accade solo quando l'onda di pressione ha una dimensione maggiore del diametro della bolla che sta schiacciando.

Calcolando la luce emessa furono stabilite le temperature raggiungibili dalle onde d'urto, che sorprendentemente si rivelarono essere di migliaia, poi di centinaia di migliaia ed infine anche di milioni di gradi. Ovviamente, tali temperature avevano effetto sugli atomi dei gas e dell'acqua solo a livello microscopico, con conseguente emissione di luce accompagnata alle cariche elettriche di cui gli atomi sono composti (Brennen C.E. 1995).

L'idea delle "microscopiche cariche cave nucleari" fu una riscoperta degli esperimenti di Diebner e Gerlach. Fu adottato lo stesso criterio utilizzato per la realizzazione delle bombe tedesche, cioè eseguire la cavitazione dell'acqua pesante (Deuterio), per verificare la produzione di reazioni termonucleari dovute alle elevate temperature stimate per la cavitazione. In parole semplici, si ipotizzò di raggiungere la fusione termonucleare "inerziale" del deuterio a partire da temperatura ambiente e pressione atmosferica. Il termine inerziale, sta a significare che il deuterio doveva essere inerte prima della cavitazione, ma successivamente doveva reagire a seguito del collasso delle bolle contenenti il vapore dell'acqua pesante, bolle che venivano ritenute microscopici reattori inerziali di fusione termonucleare del deuterio. Un'idea che sembrava affascinante, incentrata però su una visione semplicistica dei fenomeni fisici, per cui molti scienziati tentarono la strategia della cavitazione con gli ultrasuoni in maniera empirica ed euristica. Erano tentativi fatti a casaccio che davano risultati a fortuna alterna. I cocenti ed inevitabili fallimenti indussero alla riflessione che portò a indicare le reazioni nucleari indotte o catalizzate per mezzo della pressione "reazioni piezonucleari".

A riprendere gli esperimenti, dopo un periodo di stasi, furono le principali istituzioni statunitensi: il Dipartimento della Difesa e il Dipartimento dell'Energia, che per 15 anni a partire dal 1991 hanno svolto una intensa attività di ricerca, che ha portato allo sviluppo dei due modelli americani delle reazioni piezonucleari.

### ***Il primo modello statunitense 1992-1998***

Il primo modello vide la luce tra il 1992 ed il 1998, fu il primo tentativo serio di realizzare reazioni nucleari tramite la cavitazione, il merito fu di George Russ che si avvale dell'esperienza di Yoshiaki Arata. Quest'ultimo è stato uno dei più importanti studiosi della fusione termonucleare inerziale all'interno di sistemi fisici costituiti da metalli ed elementi leggeri, tra cui il deuterio (Arata Y. et al., 2004). Per chiarezza è meglio limitarsi alle reazioni piezonucleari, o più semplicemente alle reazioni nucleari ultrasoniche.

Il reattore di Russ prevedeva una lastra metallica, un metallo il cui reticolo cristallino era in grado di assorbire idrogeno, o meglio deuterio, e un recipiente contenente acqua pesante in cui venivano veicolati gli ultrasuoni. Questi ultimi, erano prodotti da un generatore elettrico che inviava corrente

elettrica variabile in modo oscillante ad una colonna di piastre piezoelettriche che, a loro volta, trasformavano l'oscillazione elettrica della corrente in oscillazione meccanica delle singole piastre e da queste l'oscillazione meccanica veniva trasferita all'acqua. Lo scopo era quello di far sì che le bolle, contenenti vapori di acqua pesante, venissero compresse dalle oscillazioni ultrasoniche entro l'intervallo che innescava la cavitazione. Purtroppo, Russ non riuscì a produrre un processo continuativo, ciò fu sufficiente a decretare l'insuccesso e l'abbandono del progetto (New Energy Times Issue #32, 3 luglio 2009:[http://newenergytimes.com/v2/news/2009/NET32833xj\\$.shtml](http://newenergytimes.com/v2/news/2009/NET32833xj$.shtml)).

### ***Il secondo modello statunitense 1999-2002***

La Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) ha condotto l'esperimento nei due più importanti laboratori nazionali per la ricerca nucleare degli USA: Oak Ridge e Los Alamos. Nel 1999, a Oak Ridge, Rusi Taleyarkhan iniziò gli esperimenti che portarono alla costruzione del secondo modello di reattore nucleare ad ultrasuoni. Il ricercatore indiano non ebbe successo perché fece vibrare con gli ultrasuoni l'intero contenitore del liquido, pertanto il sistema, altamente instabile, andava incontro a continue rotture. Ma con il senno del poi, questo era un risultato scontato e prevedibile. Come fa rilevare Fabio Cardone, l'inefficacia delle vasche ultrasoniche è dovuta al fatto che la pressione ultrasonica trasmessa alla parete esterna della vasca, sebbene ritenuta efficace, è purtroppo molto differente dalla pressione ultrasonica trasmessa dalla vasca al liquido in essa contenuto. Il concetto fondamentale, se si vuole indurre la metamorfosi della materia in un liquido, è che un generatore di pressione acustica deve necessariamente essere immerso nel liquido da trasformare. Diciamo questo per sgomberare il campo dall'equivoco, ad esempio, del concetto di centrifugazione mediante contenitore posto in rotazione, che risulterebbe del tutto inefficace.

L'idea era simile a quella di Russ, ma nel secondo modello si voleva generare il collasso delle bolle direttamente al centro del contenitore, e non contro la piastra metallica sul fondo del contenitore come prevedeva il primo modello. Ci si proponeva di fare un vero e proprio reattore a funzionamento continuo. Il problema era la scelta del metodo di oscillazione dell'intero contenitore del reattore, che non era in grado di tollerare per tempi lunghi le 20.000 oscillazioni al secondo, che sono quelle necessarie a generare il fenomeno della cavitazione. Delle possibili soluzioni messe in campo ce ne furono di disastrose dal punto di vista scientifico. Fu adottato un metodo per incrementare il contenuto di deuterio nelle bolle, con il fine ultimo di ottenere bolle costituite di solo deuterio e non di vapori di acetone deuterato. Il metodo prevedeva l'invio di impulsi di neutroni dall'esterno all'interno del contenitore del reattore, in questo modo i neutroni davano la loro energia di movimento in maniera privilegiata al deuterio: quest'ultimo è l'elemento più leggero tra gli atomi della molecola di acetone. Il sistema era ingegnoso ma molto complesso da mettere in pratica, in quanto gli impulsi di neutroni dovevano essere sincronizzati con la cavitazione e gli ultrasuoni.

Erano molti anche i dubbi relativi a questioni di metodo: come può un sistema fisico in cui si immettono neutroni possa generare autonomamente nuovi neutroni? Si può essere certi che non siano i neutroni immessi a generare i neutroni prodotti, se non addirittura che i neutroni immessi siano trattenuti dal materiale del contenitore e rilasciati successivamente grazie all'effetto degli ultrasuoni?

La situazione creò disagio e gli esperimenti furono spostati a Los Alamos, ma i dubbi e le rotture della macchina restarono. Furono molte le polemiche di tipo scientifico, pochissime le discussioni scientifiche serie. Ad ogni buon conto, il secondo modello statunitense di reazione piezonucleare ha fatto scuola, ne è un esempio l'eliminazione della piastra metallica del primo modello e l'introduzione della cavitazione al centro e non nel fondo del contenitore. Aver dimostrato che l'unione del sistema oscillante con la camera di reazione, che vibrava anch'essa, si era dimostrato un metodo poco pratico, se non addirittura errato dal punto di vista tecnico e scientifico.

Tutti questi esperimenti sono serviti a porre la seguente domanda: se la pressione, sotto forma di onda di pressione, onda d'urto o collasso da cavitazione, possa o no generare o catalizzare reazioni nucleari. In caso affermativo, siamo di fronte a reazioni note o nuove? (Cardone F. 2016).

## *Gli esperimenti italiani*

Gli studi inerenti le reazioni piezonucleari, in Italia, hanno rispettato la tradizione della cultura classica: una via rigorosamente deduttiva; diversamente da quella euristica anglosassone ed empirica tedesca. I risultati sperimentali furono preceduti da studi teorici che coinvolsero prevalentemente istituzioni scientifiche ed alcune università italiane.

Si partì dal presupposto che lo spazio attorno ai nuclei atomici non fosse piatto come un foglio adagiato su un piano, ma che per le forze nucleari fosse possibile, entro certi limiti, deformare lo spazio a livello microscopico. L'idea di spazio deformato microscopicamente renderebbe ragione delle reazioni nucleari indotte, o catalizzate, dalla pressione; non solo di quelle conosciute ma avrebbe aperto la via anche a nuove possibili reazioni. Una deformazione microscopica non facile né comune, ma realizzabile solamente sotto specifiche condizioni, vincolate all'energia delle due forze nucleari: la radioattività e la forza nucleare propriamente detta. La prima responsabile dell'instabilità dei nuclei atomici; la seconda responsabile dell'esistenza stessa dei nuclei atomici. Ognuna delle due forze, a modo suo, deforma lo spazio ed è per questo che vanno seguite separatamente. Alcuni ricercatori italiani si concentrarono sullo studio della forza nucleare, nel giro di pochi anni compresero che la sua deformazione dello spazio era correlata ad una soglia di energia molto precisa ed elevata (Albertini G. et al., 2015a; 2015b).

Quando l'energia di legame non è più sufficiente interviene la radioattività a *gestire* l'instabilità, in questo modo si permette al nucleo di emettere radiazioni in successione, fino a trasformarsi progressivamente in un nucleo stabile. Inoltre, c'è da tener presente il fenomeno del *difetto di massa*, che non sempre corrisponde perfettamente all'energia di legame.

In precedenza gli esperimenti erano stati progettati come se la cavitazione trasformasse il collasso delle bolle in tante cave nucleari microscopiche, oggi sappiamo che non è così. La cavitazione è soltanto un mezzo per concentrare energia sufficiente a superare la soglia di deformazione dello spazio intorno ai nuclei atomici. In questo caso non è importante la quantità di energia che si concentra, ma il tempo breve con cui si concentra e la durata dell'intervallo tra concentrazioni (Cardone F. and Mignani R. 2004).

I ricercatori italiani dovevano tener presente alcune specifiche condizioni. Una delle quali prevedeva che l'elemento dovesse avere caratteristiche tali da potervi applicare gli ultrasuoni alla massima potenza che la tecnica consentiva, per la durata di tempo minore possibile e prima di superare la soglia di deformazione dello spazio intorno al nucleo dell'elemento scelto, cosa che avrebbe innescato le reazioni piezonucleari con conseguente liberazione di energia nucleare. Da tener presente, inoltre, che la soglia di deformazione dipendeva dal tipo di elemento scelto e, soprattutto, dall'energia di legame di ciascun nucleo. Ancora. L'energia deve essere liberata sotto forma di neutroni in movimento, la cui emissione potrebbe, però, essere discontinua (impulsi variabili nel tempo) per intensità e direzione; cosa che creerebbe problemi per stabilire l'uso più conveniente per applicazioni industriali. Altra condizione necessaria è l'assenza di radiazioni gamma.

Una macchina sperimentale, ritenuta la migliore, fu realizzata all'Università di Perugia, ma era intrasportabile a causa dell'ingombro del sistema di raffreddamento; inoltre, era poco potente. Era necessario avere una macchina con un buon progetto concettuale dei suoi costituenti più importanti. Una macchina che doveva essere un generatore di tensione elettrica in grado di produrre, in una opportuna colonna di materiali piezoelettrici, 20.000 oscillazioni al secondo. Oscillazioni da trasferire ad un amplificatore di acciaio che, a sua volta, avrebbe provveduto a trasferirle ad un sonotrodo di forma tronco-conica la cui punta erogava ultrasuoni. La punta del sonotrodo deve essere posizionata al centro della camera di reazione ove libera gli ultrasuoni, ottenendo così il massimo effetto. Era questo il concetto tecnico nuovo: il sonotrodo (e la sua punta) doveva essere separato e distinto dalla camera di reazione contenente il liquido reattivo, in maniera tale da far vibrare il liquido ma non la camera. L'ultimo aspetto, ma il più importante da tener presente, riguardava la scelta dell'elemento da utilizzare. La scelta è ricaduta ferro, perché possiede il valore più alto di energia di legame per componente, oltretutto è inerte: non è radioattivo (Cardone F. 2016).

## *Il progetto italiano*

In Italia il progetto della macchina ad ultrasuoni (cavitatore) venne messo a punto, dal professor Cardone, nel 2005. Il generatore di ultrasuoni con la colonna di piezoelettrici venne fornito dall'industria tedesca Sonotronic (<https://sonotronic.de/products/ultrasonic-components/sonotrodes>).

I punti di forza di questo apparato sono la separazione del sonotrodo, rispetto alla camera di reazione, ed il sistema di raffreddamento ad aria forzata di nuova concezione. Il sistema di raffreddamento è importante perché c'è la necessità di abbinare sonotrodo e camera di cavitazione in base a precise proporzioni, che potrebbero essere modificate dal riscaldamento, quest'ultimo indotto dalle vibrazioni che generano gli ultrasuoni. In poche parole, il raffreddamento impedisce che la dilatazione termica modifichi la geometria del sonotrodo rispetto alla camera di reazione. La macchina raggiunse la potenza di 100 watt di ultrasuoni, trasferiti al centro della camera. Una potenza che corrisponde ad un'ampiezza di oscillazione della punta di 30 micron, alla frequenza di 20.000 oscillazioni al secondo. Questi dati sono indispensabili per stabilire il volume definitivo da trattare: 300 millilitri, ed il tempo di applicazione degli ultrasuoni: 90 minuti.

Negli esperimenti vennero utilizzati, nell'ordine, ferro, alluminio, litio e torio. Ferro, alluminio e litio servivano per verificare il tempo di inerzia prima dell'emissione di neutroni, oltre che a verificare l'emissione di neutroni dal ferro. Il torio era necessario per verificare il comportamento di un elemento radioattivo rispetto agli elementi inerti. In questi esperimenti fu confermata la presenza di segnali prodotti da neutroni, cosa importante fu che non vennero registrate radiazioni alfa e beta al di fuori della camera di reazione. Inoltre, in tutte le condizioni non c'era emissione di radiazione gamma. (Mignani R. et al. 2009).

La scelta del torio, per la sperimentazione effettuata nell'anno 2005, fu ispirata dagli esperimenti dei Russi, che prevedevano l'uso delle onde d'urto da esplosioni elettriche in soluzioni acquose e sostanze radioattive. Inoltre il torio-228, avendo un nucleo composto da 90 protoni e 138 neutroni, è un esa-alfa-emettitore, che equivale a dire che si trasforma radioattivamente emettendo sei particelle alfa. Dopo essere stati sottoposti a cavitazione con potenza di 100 watt e frequenza di 20.000 oscillazioni al secondo, per un totale di 90 minuti, i campioni (300 ml) sono stati analizzati con uno spettrometro di massa ad alta risoluzione (quadrupolare a settore magnetico). Il contenuto di torio era dimezzato, così come la radioattività specifica; il tutto senza emissione di neutroni e in 90 minuti, invece dei due anni necessari. Per la trasformazione del torio in piombo, per effetto della pressione di un'onda d'urto, furono importanti gli esperimenti di Urutskoev (2004). Tutto ciò porta a concludere che il torio è stato soggetto a reazioni piezonucleari, capaci di modificarne la natura facendogli superare la soglia di energia della forza radioattiva, oltre la quale anche la geometria di tale forza non è più piatta (Mignani R. et al. 2009).

Se tutto ciò avveniva con i liquidi, non tardarono i risultati positivi trattando materiali solidi (Cardone, F., Carpinteri, A., & Lacidogna, G. 2009). Seguirono le prime misure, sebbene parziali e incomplete, dello spettro di energia dei neutroni prodotti con barre di acciaio (Cardone, F., Mignani, R., Monti, M., Petrucci, A., & Sala, V. 2012). Fu comunque un risultato importante, perché per la prima volta venivano rilevate e misurate le caratteristiche dei neutroni prodotti da nuove forme di reazioni nucleari. Il tutto confermato dagli esperimenti condotti dal 2010 al 2013 presso i laboratori di Roma-Cesano dell'ENEA (Agenzia Nazionale per le Nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile) (Cardone F. et al., 2015c).

Tra gli enti privati hanno primeggiato la Startech di Milano e la Meccano di Fabriano. Tra il 2009 ed il 2015, sono state studiate le mutazioni avvenute in sostanze sia liquide sia solide contenenti ferro, soluzioni di sali di ferro di diverse composizioni chimiche e soprattutto leghe metalliche di ferro di tipi differenti, come ad esempio una delle più comuni denominata AISI-304.

I brevetti scaturiti dalle ricerche di Cardone e collaboratori sono stati depositati dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR). Il primo brevetto del CNR concernente l'abbattimento delle sostanze radioattive, mediante reazioni nucleari ultrasoniche, è stato pubblicato sul sito del CNR fino al 2015, data in cui è stato definitivamente ceduto insieme al secondo e terzo brevetto (EPO database).

Le reazioni piezonucleari esaminate dai ricercatori del CNR si possono suddividere in due grandi categorie: reazioni ultrasoniche esotermiche e reazioni ultrasoniche endotermiche. Tali reazioni ultrasoniche, intese come reazioni piezonucleari, sono valide tanto nei liquidi quanto nei solidi, ciò a seguito degli esperimenti effettuati al Politecnico di Torino e le prove condotte a Milano con il prototipo in scala ridotta di reattore piezonucleare. Si potrebbe giungere a costruire fino a circa 10 prodotti, almeno nella produzione di neutroni e conseguente effetto termico (Sala V. et al., 2012).

Oggi, è possibile, tramite gli ultrasuoni, trasformare velocemente la materia, anche gli elementi tossici in sostanze rare in natura. Va tenuto presente il fatto che, tale trasformazione non avviene con tutti i tipi di ultrasuoni, ma deve essere accuratamente e delicatamente pilotata. Un esempio è il mercurio, che può essere trasformato in altri elementi (Tabella 1). Riportiamo per completezza nella seguente tabella 1 tutti i prodotti della metamorfosi del mercurio mettendo in evidenza le Terre Rare. Tale tabella è estratta dagli articoli scientifici pubblicati in bibliografia.

Z (numero atomico)/ elemento	Terre rare	Elemento/Isotopo	Altri Elemento/Isotopo rilevati
3 Litio		${}^7\text{Li}$ (1°)	
4 Berillio			${}^9\text{Be}$ (mono)
22 Titanio		${}^{47}\text{Ti}$ (3°)	
23 Vanadio		${}^{51}\text{V}$ (1°)	
27 Cobalto		${}^{29}\text{Co}$ (mono)	
28 Nichel		${}^{58}\text{Ni}$ (1°)	
31 Gallio		${}^{69}\text{Ga}$ (1°) ${}^{71}\text{Ga}$ (2°)	
32 Germanio			Ge
34 Selenio		${}^{78}\text{Se}$ (2°) ${}^{82}\text{Se}$ (4°)	
35 Bromo		${}^{79}\text{Br}$ (1°)	
37 Rubidio			Rb
39 Ittrio	Terra rara		${}^{89}\text{Y}$ (Mono)
42 Mollibdeno			${}^{95}\text{Mo}$ (3°) ${}^{98}\text{Mo}$ (1°)
48 Cadmio			${}^{111}\text{Cd}$ (3°)
49 Indio			${}^{113}\text{In}$ (2°)
50 Stagno		${}^{118}\text{Sn}$ (2°) ${}^{124}\text{Sn}$ (6°)	
51 Antimonio			${}^{121}\text{Sb}$ (1°) ${}^{123}\text{Sb}$ (2°)
58 Cerio	Terra rara	${}^{138}\text{Ce}$ (3rd) ${}^{140}\text{Ce}$ (1st)	
63 Europio	Terra rara		${}^{151}\text{Eu}$ (2°)
64 Gadolinio	Terra rara		${}^{152}\text{Gd}$ (7°) ${}^{158}\text{Gd}$ (1°)
70 Itterbio	Terra rara		${}^{174}\text{Yb}$ (4°)
71 Lutezio	Terra rara		${}^{176}\text{Lu}$ (2°)
72 Afnio		${}^{177}\text{Hf}$ (3°)	
75 Renio			${}^{185}\text{Re}$ (3°)
78 Platino		${}^{190}\text{Pt}$ (6°) ${}^{195}\text{Pt}$ (1°) ${}^{196}\text{Pt}$ (3°)	



79 Oro	<sup>197</sup> Au (Mono)		
90 Torio	<sup>232</sup> Th (Mono)		
92 Uranio	<sup>238</sup> U (1st)		

Tabella 1. Prodotti di reazione della metamorfosi del mercurio in ordine per numero atomico Z. In parentesi, la posizione dell'isotopo secondo l'abbondanza naturale sulla Terra, 1°, 2°, 3°,... isotopo. Mono = elemento naturalmente monoisotopico sulla Terra. In rosso, sono indicati gli elementi denominati terre rare. Questa tabella riassume i risultati ottenuti dalle esperienze condotte per la metamorfosi del mercurio riportate nella bibliografia.

Da sottolineare che quanto riportato in tabella 1 è il risultato della metamorfosi del mercurio; è evidente ed ovvio che cambiando elemento può cambiare il risultato. Si specifica, inoltre, che le terre rare ad oggi conosciute sono 14-17 a seconda degli autori che le riportano. Nel caso del mercurio ne sono state prodotte circa la metà di quelle conosciute.

Il mercurio è una sostanza importante in molti processi industriali manifatturieri e metallurgici,<sup>1</sup> in particolare per la sua caratteristica di avere affinità elettronica<sup>2</sup> con la maggioranza dei metalli sia leggeri che pesanti come ad esempio l'oro.

Purtroppo, ne è stata ampiamente riconosciuta la tossicità, fino alla velenosità,<sup>3</sup> quindi è stato escluso da molti processi industriali e manifatturieri, il caso più eclatante è quello della legislazione dell'Unione Europea (UE). Infatti, nei Paesi dell'UE è stato bandito definitivamente l'uso del mercurio in qualsivoglia processo che porti ad un prodotto commerciabile, quindi il mercurio è divenuto un rifiuto "speciale".

Mediante la metamorfosi della materia è stato possibile mutare una mole di mercurio (200 grammi circa) in altri elementi applicandovi la pressione acustica mediante sonicazione ultrasonica per tempi dell'ordine di 100-180 secondi.<sup>4</sup> I prodotti generati da questa trasformazione sono stati svariati e molteplici e coprono circa un terzo degli elementi noti nella tavola periodica degli elementi. Il fatto fondamentale è che tra tali prodotti sono presenti circa la metà delle Terre Rare note, questo è un fatto di grande rilevanza pratica e potenziale enorme conseguenza economica industriale ed addirittura geopolitica. Non approfondiamo questi ultimi aspetti limitandoci a constatare il fatto altrettanto fondamentale che una sostanza inquinante, in più bandita, può diventare sorgente di materie prime grazie al "viraggio isotopico" indotto dalla metamorfosi del mercurio per via acustica.

La tecnologia attuale ci consente di costruire nuove macchine anche polivalenti (Cardone F. et al., 2015d).

Nel 2015, è stato possibile identificare in via definitiva il processo fisico (non chimico) che porta la materia a cambiare natura degli elementi componenti sotto l'effetto della pressione acustica, questo fenomeno è stato definitivamente battezzato dagli scopritori la "Metamorfosi della Materia" in onore del grande poeta sulmonese Publio Ovidio: autore del poema immortale "le Metamorfosi".

Successivamente, questo fenomeno è stato sperimentato e studiato nel mercurio ed ha portato al suo definitivo riconoscimento, in particolare della capacità di trasformare la materia senza usare radiazioni e senza generare radioattività, ma arrivando addirittura a far produrre da una sostanza nociva come il mercurio delle sostanze utili come le Terre Rare. Infine e da ultimo, dal 2015 al 2020

<sup>1</sup> Nei processi metallurgici è fondamentale perché entra in amalgama con i metalli separandoli tra di loro. Anche nell'industria mineraria è utile se non fondamentale per estrarre a freddo i metalli dal minerale grezzo.

<sup>2</sup> Per affinità elettronica si intende la variazione di energia, cambiata di segno, che si ha quando un atomo neutro allo stato gassoso acquista un elettrone diventando ione negativo.

<sup>3</sup> Dipende dalla concentrazione nell'organismo vivente.

<sup>4</sup> La suddetta mole di Mercurio è stata opportunamente trattata mediante ultrasuoni per generare in essa le stesse condizioni di violazione dell'invarianza di Lorentz locale, attraverso un sonicatore a barra cilindrica in acciaio AISI 304, che causa l'emissione di neutroni durante la sonicazione. Dopo 3 minuti, parte del mercurio si trasforma in un materiale solido che contiene isotopi aventi massa diversa (maggiore e minore) rispetto agli isotopi già presenti nel materiale iniziale (mercurio). Queste trasformazioni del peso atomico senza produzione gamma avvengono durante le cosiddette Deformed Space-Time reactions, ne sono un caso particolare le reazioni piezonucleari.

è stato ripreso lo studio della neutralizzazione di sostanze radioattive mediante la metamorfosi della materia applicata a soluzioni radioattive acide, contenenti l'isotopo radioattivo artificiale Nichel-63. Quest'ultimo studio su soluzioni acide radioattive è stato pensato esplicitamente per i rifiuti dell'industria nucleare militare e segnatamente ai rifiuti dei processi metallurgici a freddo per la preparazione del Plutonio; quest'ultimo è il principale esplosivo nucleare correntemente in uso.

Come già riportato, la prima evidenza della "Metamorfosi della Materia" è stata pubblicata nel 2009, la prima prova completa nel 2015, anno in cui è stato fatto un quadro generalizzato della situazione.

Con i nuovi processi industriali di trasformazione acustica della materia, ossia la metamorfosi sonica della materia, è possibile, da un lato la neutralizzazione delle sostanze radioattive che rende un inquinante pericoloso innocuo, dall'altro il mercurio che da inquinante può diventare sorgente di materie prime utili, anzi strategiche come le terre rare. Questo concetto di impiego si può parimenti applicare anche agli inquinanti chimicamente nocivi sia inorganici provenienti dalla industria manifatturiera, sia organici provenienti dalle industrie agroalimentari e zootecniche.

In questo articolo non ci prefiggiamo lo scopo di descrivere le potenzialità, seppure importanti, degli ultrasuoni in ambito terapeutico. Are known advancements in ultrasound-enhanced drug delivery strategies, that have demonstrated remarkable success in providing targeted drug delivery for a broad range of diseases. In order to achieve enhanced drug delivery, these strategies harness the mechanical effects from bubble oscillations (i.e., cavitation) of a variety of exogenous cavitation agents (Thomas, R.G. et al., 2019).

### ***Prospettive di disinquinamento con metamorfosi della Materia***

Non consideriamo per il momento le sostanze solide ma riportiamo le prospettive per le sostanze liquide ove il processo di metamorfosi della materia ha dato i risultati più promettenti. Vi sono vari modi tecnici per indurre pressione acustica in un liquido posto a temperatura ambiente, pressione atmosferica e la normale gravità terrestre intesa a livello del mare. I tre metodi principali possono essere qui riassunti con la centrifugazione meccanica del liquido mediante rotori immersi in esso; la gassificazione del liquido mediante immissione forzata sotto pressione di aria, sia con tubi normali cilindrici sia con tubi di Venturi che usano sezioni coniche; infine, il metodo classico degli ultrasuoni, ma introdotti nel liquido mediante sonotrodi<sup>5</sup> in immersione, poiché il metodo delle vasche metalliche ultrasoniche si è dimostrato inefficace a produrre la metamorfosi della materia.

Dal caso del mercurio prendiamo spunto per parlare di reflui inorganici contenenti oli pesanti provenienti dall'industria meccanica. Per tale tipo di liquidi inquinanti il metodo migliore per trasformarli è sino ad oggi risultato quello della centrifugazione mediante rotore meccanico immerso nel liquido stesso. Il processo di trasferimento della pressione acustica generata dal rotore in rapida rotazione ha mostrato l'effetto di scindere le molecole e di trasformare poi gli atomi con il fenomeno della metamorfosi della materia. In tal modo è stato ottenuto un liquido complessivamente innocuo.

Per quanto concerne i reflui organici provenienti dall'industria alimentare zootecnica è stato provato sia il metodo centrifugo sia il metodo ultrasonico, ottenendo comunque sia l'abbattimento dei nitriti e dei nitrati con la conseguente trasformazione mediante metamorfosi della materia sino a giungere ad un liquido sorprendentemente confrontabile all'acqua non potabile, ma priva di inquinanti e come tale disperdibile nel terreno e utilizzabile anche a scopo irriguo.

Riguardo ai reflui organici-inorganici provenienti dalla manifattura dei pellami sono stati impiegati e sperimentati tutti e tre i metodi con risultati analoghi a quelli ottenuti con i reflui organici.

---

<sup>5</sup> Il sonotrodo è la parte metallica, realizzata in leghe opportune, la quale trasforma e trasmette la vibrazione elettromeccanica in vibrazione e pressione acustica nel materiale in cui è immerso oppure a contatto. Il suo nome è dovuto all'analogia con l'elettrodo, come l'elettrodo trasmette elettricità sotto forma di corrente elettrica, così il sonotrodo trasmette pressione acustica sotto forma di vibrazione meccanica.

Per quanto attiene all'agricoltura anche le acque reflue irrigue contenenti composti azotati provenienti da fertilizzanti possono parimenti essere assoggettate a processi di metamorfosi della materia con possibili analoghi risultati di decontaminazione.

### ***Cenno di progetto per l'apparecchio disinquinante***

Esiste in Italia un'azienda che sta preparando questo tipo di sonicatori che realizzano la metamorfosi della materia con il metodo della pressione acustica ottenuta mediante ultrasuoni ed applicata ai materiali sia liquidi sia solidi mediante sonotrodi di opportune forma e lega metallica.

Questa ditta ha competenze su tre cose: radioattività, energia e terapia adronica. Ma non la metamorfosi della materia, che non gli appartiene.

Noi abbiamo trascurato i problemi connessi alla produzione di energia ed alla neutralizzazione delle sostanze radioattive e parimenti alla generazione di emissioni per terapia adronica neutronica antitumorale. Ci siamo concentrati sulla metamorfosi della materia come fenomeno principe per il disinquinamento dei liquidi. Allo stato attuale delle conoscenze tecniche il dispositivo ideale disinquinante un liquido può essere un sistema a tre stadi centrifugo-gassificatore-sonicatore che dissociando e "metamorfizzando" i composti chimici e gli elementi che li compongono ottenga l'effetto desiderato di rendere innocui i liquidi velenosi ovvero, quando possibile, produrre da essi elementi utili a fini industriali. Ciò porta a ripensare i rifiuti, ed in particolare i reflui, come una risorsa potenziale e non più come un rischio ambientale.

Per il lettore interessato ad approfondire la questione della metamorfosi della materia come metamorfosi nucleare che genera il "viraggio isotopico" ossia la trasformazione dell'isotopo di un elemento a quello di un altro elemento, rimandiamo alla breve ma essenziale bibliografia di questo capitolo ed in particolare alla citata opera "la futura energia".

## ***Bibliografia***

- Albertini G., Kostro L., Cardone F. (2015a). Deformed Space-Time Reactions. November DOI: 10.1142/9789814719063\_0016. <https://www.researchgate.net/publication/301432644>
- Albertini G., Bassani D. (2015b). Deformed Space-Time Reactions and Their Phenomenology. *Physics Journal* Vol. 1, No. 3, 2015, pp. 382-387 <http://www.aiscience.org/journal/pj>
- Alberto Rosada, Fabio Cardone, Pasquale Avino. The astonishing  $^{63}\text{Ni}$  radioactivity reduction in radioactive wastes by means of ultrasounds application © Springer Nature Switzerland AG 2019, SN Applied Sciences (2019) 1:1319 DOI: <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1391-6>
- A. Lazartigues, M. Thomas, D. Banas, J. Brun-Bellut, C. Cren-Olive, C. Feidt, Accumulation and half-lives of 13 pesticides in muscle tissue of freshwaterfishes through food exposure, *Chemosphere* 91 (2013) 530–535.
- A.K. Chowdhury, Dependence of testicular germ cells on hormones: a quantitative study in hypophysectomized testosterone-treated rats, *J.Endocrinol.* 82 (1979) 331–340.
- Arata, Yoshiaki; Zhang, Yue Chang. The Basics of Nuclear Fusion Reactor Using Solid Pycnodeuterium as Nuclear Fuel. *Progress of theoretical physics. Supplement*, 2004-02, Vol.154, p.241-250
- Bernstein J. (2001). Hitler's Uranium Club The Secret Recordings at Farm Hall. Published in the United States by Copernicus Books, an imprint of Springer Science Business Media ISBN 978-0-387-95089-1
- Bernstein J. Il club dell'uranio di Hitler, Sironi 2005.
- Brennen C.E. (1995), *Cavitation and Bubble Dynamics*. Oxford University Press, Oxford Great Britain.
- Cardone, F., Mignani, R., Monti, M., Petrucci, A., & Sala, V. (2012). Piezonuclear neutrons from iron. *Modern Physics Letters A*, 27(18), 1250102. doi:10.1142/s0217732312501027
- Cardone F. Mignani R. (2000), *Enrico Fermi e i secchi della Sora Cesarina*. Di Renzo edizioni, Roma 2016.
- Cardone F. and Mignani R. (2004). *Energy And Geometry: An Introduction To Deformed Special Relativity*. World Scientific Publishing, Hackensack NJ. <https://doi.org/10.1142/5449>. <https://www.worldscientific.com/worldscibooks/10.1142/5449>
- Cardone, F., Carpinteri, A., & Lacidogna, G. (2009). Piezonuclear neutrons from fracturing of inert solids. *Physics Letters A*, 373(45), 4158–4163. doi:10.1016/j.physleta.2009.09.026
- Cardone, F., Mignani, R., Monti, M., Petrucci, A., & Sala, V. (2012). Piezonuclear neutrons from iron. *Modern Physics Letters A*, 27(18), 1250102. doi:10.1142/s0217732312501027
- Cardone Fabio (2016). *La Futura Energia Dalla atomica alle reazioni nucleari ultrasoniche*. Di Renzo Editore, Collana Arcobaleno, Roma (2016) ISBN 888323300-X
- Cardone, F., Carpinteri, A., & Lacidogna, G. (2009). Piezonuclear neutrons from fracturing of inert solids. *Physics Letters A*, 373(45), 4158–4163. doi:10.1016/j.physleta.2009.09.026
- Cardone F. and Mignani R. (2007). *Deformed Spacetime*. Editore: Springer.
- Cardone F. and Mignani R. (2010). *Deformed Spacetime: Geometrizing Interactions in Four and Five Dimensions*. Editore: Springer. Collana: Fundamental Theories of Physics.

Cardone, F., Cherubini, G., Lammardo, M., Mignani, R., Petrucci, A., Rosada, A., ... Santoro, E. (2015c). Violation of local Lorentz invariance for deformed space-time neutron emission. *The European Physical Journal Plus*, 130(3). doi:10.1140/epjp/i2015-15055-y

Cardone F. Albertini G. Bassani D. Cherubini G. Guerriero E. Mignani R. Monti M. Petrucci A. Ridolfi F. Rosada A. Rosetto F. Sala V. Santoro E. and Spera G. (2015d). Nuclear metamorphosis in mercury. *International Journal of Modern Physics B* Vol. 29, No. 0 1550239 (13 pages) © World Scientific Publishing Company. DOI: 10.1142/S0217979215502392

Derentowicz H. Kaliski S. et al., (1977). Generation of thermonuclear fusion neutrons by means of a pure explosion. Part 2. Experimental results. *Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Techn.*, 25, No. 10 (1977).

Derentowicz H. and Kaliski S. (1979). An experimental biconical system for explosion microfusion of plasma. *Bull. Acad. Polon. Sci., Sér. Sci. Techn.*, 27, No. 2.

EPO database. European Patent Office Database.

(<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/043558140/publication/IT1400724B1?q=fa+bio%20cardone>). Process and plant for the production of endothermic and exothermic piezonuclear reactions by means of ultrasounds and the cavitation of substances.

WO2008041255A1 • 2008-04-10 • Cardone Fabio [IT] Earliest priority: 2006-10-02 • Earliest publication: 2008-04-03

EPO database. European Patent Office Database. Apparatus and process for the production of neutrons by means of ultrasounds and the cavitation of substances. WO2008041254A1 • 2008-04-10 • Cardone Fabio [IT] Earliest priority: 2006-10-02 • Earliest publication: 2008-04-03

EPO database. European Patent Office Database. Apparatus and process for the quenching of the radioactivity of radioactive materials by means of piezonuclear reactions induced by ultrasounds and cavitation. WO2008041253A1 • 2008-04-10 • Cardone Fabio [IT] Earliest priority: 2006-10-02 • Earliest publication: 2008-04-03

EPO database. European Patent Office Database. Metodo per la produzione di nuclidi mediante ultrasuoni e cavitazione. ITRM20020563A1 • 2004-05-08 • Univ degli studi Roma tre. Earliest priority: 2002-11-07 • Earliest publication: 2004-05-08

EPO database. European Patent Office Database. Dispositivo e metodo per rilasciare neutroni. IT1400724B1 (A1) • 2013-06-28 • Startec s r L [IT] Earliest priority: 2010-07-08 • Earliest publication: 2012-01-09.

F. Cardone, G. Albertini, D. Bassani, G. Cherubini, E. Guerriero, R. Mignani, M. Monti, A. Petrucci, F. Ridolfi, A. Rosada, F. Rosetto, V. Sala, E. Santoro and G. Spera. Deformed space–time transformations in Mercury. *International Journal of Modern Physics B* Vol. 31, No. 23 (2017) 1750168 (20 pages) © World Scientific Publishing Company DOI: 10.1142/S0217979217501685

F. Cardone, G. Albertini, D. Bassani, G. Cherubini and F. Rosetto, E. Guerriero, R. Mignani, M. Monti and V. Sala, A. Petrucci, A. Rosada and E. Santoro, F. Ridolfi, G. Spera. Nuclear Metamorphosis in Mercury: Rare Earths Production *J. Condensed Matter Nucl. Sci.* 27 (2018) 1–9 ©2018 ISCMNS. All rights reserved. ISSN 2227-3123

Fabio Cardone, Gianni Albertini, Domenico Bassani, Giovanni Cherubini, Andrea Petrucci and Alberto Rosada. DST-deactivation of nickel-63 nitrate. *Radiochimica Acta*, Volume 107 Issue 6, De Gruyter (2019)

Gianni Albertini, Fabio Cardone, Giovanni Cherubini, Ettore Guerriero and Alberto Rosada. Reduction of the radiation in radioactive substances. *International Journal of Modern Physics B*, Vol. 34, No. 04, 2050001 (2020) DOI: <https://doi.org/10.1142/S0217979220500010>

H.A. Jeng, Exposure to endocrine disrupting chemicals and malereproductive health, *Front. Public Health* 2 (2014) 55.

J.M. Oatley, R.L. Brinster, The germline stem cell niche unit in mammalian testes, *Physiol. Rev.* 92 (2012) 577–595.

Jungk, R. (1955), *Brighter than a Thousand Suns*, Penguin, London 1960.

Kimmel E. Cavitation bioeffects. *Crit Rev Biomed Eng.* 2006; 34:105–161.

M.C. Hofmann, Gdnf signaling pathways within the mammalian spermatogonial stem cell niche, *Mol. Cell. Endocrinol.* 288 (2008) 95–103.

Metcalf, H. (1998). Sonoluminescence: That Flashing Sound. *Science*, 279(5355), 1322–1323. doi:10.1126/science.279.5355.1322

Mignani R. Petrucci A. Cardone F. (2009). Piezonuclear decay of thorium. *Physics Letters A* 373 (2009) 1956–1958 Elsevier B.V. DOI:10.1016/j.physleta.2009.03.067

N.E. Skakkebaek, E. Rajpert-De Meyts, G.M. Buck Louis, J. Toppari, A.M.Andersson, M.L. Eisenberg, et al., Male reproductive disorders and fertility trends: influences of environment and genetic susceptibility, *Physiol. Rev.*96 (2016) 55–97.

P.A. Thompson, M. Khatami, C.J. Baglole, J. Sun, S.A. Harris, E.Y. Moon, et al., Environmental immune disruptors, inflammation and cancer risk, *Carcinogenesis* 36 (Suppl. 1) (2015) S232–53.

Peter Massányi, Martin Massányi, Roberto Madeddu, Robert Stawarz, Norbert Lukáč. (2020). Effects of Cadmium, Lead, and Mercury on the Structure and Function of Reproductive Organs. *Toxics*. Oct 29;8(4):94. doi: 10.3390/toxics8040094.

P.J. O’Shaughnessy, A. Monteiro, G. Verhoeven, K. De Gendt, M.H. Abel, Effect of FSH on testicular morphology and spermatogenesis in gonadotrophin-deficient hypogonadal mice lacking androgen receptors, *Reproduction* 139 (2010) 177–184.

Piotr Rzymiski, Katarzyna Tomczyk, Pawel Rzymiski, Barbara Poniedziałek, Tomasz Opala, Maciej Wilczak. (2015). Impact of heavy metals on the female reproductive system. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, Vol 22, No 2, 259–264

Premendu Prakash Mathur, Shereen Cynthia D’Cruz. (2011). The effect of environmental contaminants on testicular function. *Asian J Androl.* Jul;13(4):585-91. doi: 10.1038/aja.2011.40. Epub 2011 Jun 27.

Ramos-Treviño, J., Bassol-Mayagoitia, S., Hernández-Ibarra, J. A., Ruiz-Flores, P., & Nava-Hernández, M. P. (2018). Toxic Effect of Cadmium, Lead, and Arsenic on the Sertoli Cell: Mechanisms of Damage Involved. *DNA and Cell Biology*, 37(7), 600–608. doi:10.1089/dna.2017.4081

Rich, V. (1977). COMECON. *Nature*, 269(5627), 370–370. doi:10.1038/269370a0

R.S. Tavares, S. Escada-Rebello, M. Correia, P.C. Mota, J. Ramalho-Santos, The non-genomic effects of endocrine-disrupting chemicals on mammalian sperm, *Reproduction* 151 (2016) R1–R13.

S. Chen, W.B. Melchior Jr., L. Guo, Endoplasmic reticulum stress in drug- and environmental toxicant-induced liver toxicity *Journal of environmental science and health Part C, Environ. Carcinog. Ecotoxicol. Rev.* 32 (2014)83–104.

S. Manzetti, E.R. van der Spoel, D. van der Spoel, Chemical properties, environmental fate, and degradation of seven classes of pollutants, *Chem. Res. Toxicol.* 27 (2014) 713–737.

Thomas, R. G., Jonnalagadda, U. S., & Kwan, J. J. (2019). Biomedical Applications for Gas-Stabilizing Solid Cavitation Agents. *Langmuir*, 35(31), 10106–10115. doi:10.1021/acs.langmuir.9b00795

Urutskoev L.I. (2004). Review of experimental result on low-energy transformation of nucleus. *Annales de la Fondation Louis de Broglie*, Volume 29, Hors série 3, pagg. 1149-1164

Walker, Mark. (1993). *German National Socialism and the Quest for Nuclear Power 1939–1949* (Cambridge) ISBN 0-521-43804-7

Winterberg, F. *Autocatalytic fusion-fission implosions*. Germany: N. p., 1984. Web.

Yamashita, T., & Ando, K. (2019). Low-intensity ultrasound induced cavitation and streaming in oxygen-supersaturated water: Role of cavitation bubbles as physical cleaning agents. *Ultrasonics Sonochemistry*, 52, 268–279. doi:10.1016/j.ultsonch.2018.11.025