

---

## Fusione (e confusione) nucleare

Angelo Baracca  
Giorgio Ferrari

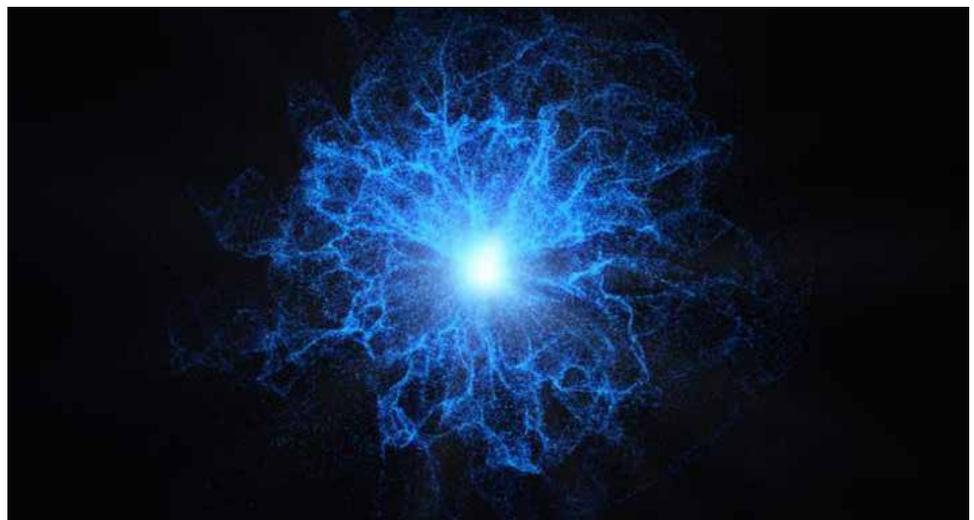
The news of the nuclear fusion experiment, as presented by the main media, has undoubtedly struck the collective imagination. The authors reduce its importance from the point of view of energy gain and underline the eminently military character of this type of research.  
Keywords: *Nuclear fusion, Nuclear energy, Military research*

---

Una campagna di stampa a livello internazionale ha esaltato l'esperimento fatto negli Stati Uniti verso la realizzazione della fusione nucleare controllata, un sogno (una promessa) inseguito fin dai primi passi della tecnologia nucleare negli anni '40-'50 del secolo scorso: periodicamente ogni decina d'anni veniva annunciato che la realizzazione sarebbe stata vicina. Lo stesso comunicato stampa del Dipartimento dell'Energia USA affermava esplicitamente: "Il 5 dicembre, un team della National Ignition Facility (NIF) del Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) ha condotto il primo esperimento di fusione controllata della storia [l'accensione della fusione], nota anche come pareggio energetico scientifico, il che significa che ha prodotto più energia dalla fusione rispetto all'energia laser utilizzata per azionarla. Questo risultato storico, primo nel suo genere, fornirà una capacità senza precedenti per supportare il programma di gestione delle scorte della National Nuclear Security Administration [armamenti della difesa nazionale] e fornirà informazioni preziose sulle prospettive dell'energia da fusione pulita". Ma oggi questo pomposo annuncio richiede molte precisazioni e distinguo, che inevitabilmente sfuggono a chi è a digiuno di queste cose.

### **Fusione a confinamento inerziale, una scelta militare**

Detto in parole semplici la realizzazione della fusione nucleare di nuclei leggeri (in un certo senso l'opposto della fissione di nuclei pesanti) richiede di riscaldare un plasma, tipicamente di deuterio e trizio, a milioni di gradi in modo che le energie cinetiche dei nuclei superino le barriere di repulsione elettrica. La reazione di fusione nucleare è stata realizzata già nel 1949,



ma in modo esplosivo; vale a dire nelle bombe termonucleari nelle quali un dispositivo primario a fissione genera la temperatura necessaria ad innescare un dispositivo secondario a fusione. Da quel tempo è iniziata la ricerca per realizzare la fusione nucleare in modo controllato (non esplosivo) a scopi pacifici, ricerca che oggi si concentra su due metodi molto diversi: il confinamento magnetico di un “plasma” ottenuto dalla fusione di Deuterio e Trizio (DT) (vedi scheda 1) in macchine di grandi dimensioni del tipo Tokamak

### scheda 1: Deuterio e Trizio

Deuterio e Trizio sono isotopi dell'idrogeno e sono entrambi dei gas. Il primo ha massa doppia rispetto all'Idrogeno dato che il suo nucleo è composto da un neutrone e da un protone, mentre il nucleo dell'Idrogeno ha un solo protone. Il trizio ha massa tripla avendo due neutroni ed un protone. Il Deuterio si ottiene per scissione della molecola dell'acqua pesante ( $D_2O$ ), che a sua volta si ottiene per via elettrolitica o per distillazione frazionata dell'acqua ( $H_2O$ ). In natura il Deuterio è presente nella molecola dell'acqua in quantità pari a 156 ppm (parti per milione), mentre il Trizio in quantità infinitesimali dell'ordine di 10-18 ppm. A differenza del Deuterio, il Trizio è radioattivo essendo prodotto da reazioni nucleari con l'acqua pesante (reattori canadesi) oppure bombardando il litio con neutroni di determinata energia. Modeste, ma non trascurabili, quantità di Trizio si producono nei reattori ad acqua in pressione che vengono scaricate nell'ambiente – dopo opportuno trattamento – come acqua triziata, HTO, e in piccole quantità come gas. Poiché il suo comportamento chimico è indistinguibile da quello dell'idrogeno, il trizio è molto mobile nei sistemi acquatici e biochimici, è incorporato dall'acqua triziata nelle molecole biologiche ed entra nelle catene alimentari: di qui la sua pericolosità. Il Trizio è il componente essenziale delle bombe termonucleari e siccome ha un tempo di dimezzamento (cioè il tempo in cui si dimezza l'attività radiologica) di 12 anni, deve essere costantemente rimpiazzato, perciò la sua produzione (pochi Kg/anno) è sotto stretto controllo militare ed è, ovviamente, molto costosa. Nell'ipotesi che la fusione nucleare per usi civili prenda piede, ne servirebbero quantità assai maggiori di quelle oggi destinate agli armamenti: a questo scopo progetti come quello di Iter prevedono che una parte dei neutroni ad alta energia che si liberano nella reazione di fusione tra D e T, colpiscono uno schermo di Litio al fine di generare Trizio.

### scheda 2: Laser

La luce laser è monocromatica (un'unica frequenza) e coerente (tutte le onde sono esattamente in fase): grazie alla sua coerenza la luce laser può rimanere concentrata per distanze molto lunghe, anche migliaia di chilometri nello spazio. La tecnologia dei laser ha registrato spettacolari progressi negli ultimi 30 anni, consentendo di raggiungere enormi potenze con apparati di dimensioni relativamente ridotte e di costo molto basso. I laser sono già utilizzati in diversi tipi di armi (proiettili a guida laser, laser nella difesa antimissile). Un laser emette degli impulsi di luce successivi e per aumentare la potenza emessa si deve ridurre la durata temporale di ogni impulso, in modo che l'energia viene emessa in un tempo minore, ma gli effetti non lineari e l'allargamento del fascio impedivano di aumentare corrispondentemente la potenza per  $cm^2$ . L'impasse venne superato alla fine degli anni '80 con l'introduzione di una nuova tecnica, chiamata chirped pulse amplification (termine difficilmente traducibile in italiano), che consentì un progresso spettacolare, raggiungendo intensità enormi, di  $10^{21}$  W/ $cm^2$ , avvicinandosi al limite teorico di intensità di  $10^{24}$  W/ $cm^2$ . Essi sono chiamati superlaser perché le loro interazioni con la materia sono qualitativamente differenti da quelle dei laser ordinari: essi consentono di generare condizioni fisiche estreme – pressioni e temperature, campi elettrici e magnetici estremamente elevati – che in natura si hanno solo all'interno delle stelle; essi possono generare direttamente reazioni nucleari, scindere nuclei pesanti, generare antimateria, generare fasci di ioni intensi e focalizzati, ecc.. I nuovi principi dei superlaser sono stati integrati nei sistemi esistenti di FCI nei laboratori di Los Alamos e Livermore negli USA, e in Francia, Gran Bretagna e Giappone. Le applicazioni militari dei superlaser sono molte e impressionanti e sono soggette a un'attività molto intensa praticamente in tutti i paesi industrializzati, dove sono stati creati dei centri specializzati. Qui ci riguarda in particolare la “fast ignition” della FCI per raggiungere la fusione nucleare.

(l'perimento più avanzato è l'impianto ITER, in costruzione a Cadarache in Francia) e il confinamento inerziale (FCI), concentrando su un corpo grande quanto un granello di pepe (pellet), composto sempre da D e T, enormi energie, tipicamente generate da superlaser (vedi scheda 2) che comprimano e riscaldino il DT a milioni di gradi innescandone la fusione nucleare. Ora,

in queste ricerche si intrecciano interessi civili e interessi militari: un autorevole articolo di quasi 50 anni fa<sup>1</sup> metteva in chiaro che “la simulazione delle armi può essere l’unica applicazione pratica della fusione laser in questo secolo [previsione completamente azzeccata]... e gli esperti di armamenti si aspettano che la fusione laser diventi uno strumento sperimentale straordinariamente utile per studiare i fondamenti della ‘fisica delle testate’ e, unitamente a codici di simulazione elettronica sempre più raffinati, per sviluppare nuovi progetti di armi... Da parte sua il generale Edward B. Giller, incaricato delle applicazioni e ricerche militari presso l’Atomic Energy Commission, ebbe a dire, durante una conversazione: ‘La gente va dicendo che questo è un programma energetico, ma [...] in realtà questo è ed è sempre stato un programma militare’”.

In effetti le ricerche finalizzate allo sviluppo di armi nucleari basate sulla fusione a confinamento inerziale si sviluppano proprio in quegli anni quando, con la messa in discussione a livello mondiale degli esperimenti atomici, il Dipartimento della difesa USA e il Dipartimento dell’Energia varano un programma per lo sviluppo delle armi nucleari di terza generazione (vedi scheda 3).

Le prime due reazioni presentano il “vantaggio” (tutto militare) di emettere anche neutroni ad alta energia che, nell’ottica della maggiore distruzione possibile e in scenari di guerra circoscritti, possono aumentare la letalità di un’arma basata sulla fusione. Fra questi due tipi, la FCI veniva considerata la più promettente: “Entro il prossimo decennio [l’articolo citato è del 1990], le microesplosioni termonucleari prodotte dalla FCI potrebbero consentire agli scienziati di comprendere meglio la fisica delle testate che coinvolgono la produzione di raggi X, le dinamiche di implosione e le instabilità, ma solo se si riuscirà a realizzare l’ignizione delle pellets. Poiché i laser e i fasci di particelle più potenti attualmente

### scheda 3: Armi nucleari

Le armi nucleari di prima generazione furono del tipo di quelle sganciate su Hiroshima e Nagasaki, nelle prime testate nucleari la fissione dell’uranio o del plutonio era molto parziale perché l’esplosione disassemblava la testata; la seconda generazione consistette nelle testate termonucleari (a fissione-fusione) e incorporò il meccanismo di boosting che ne potenziò l’effetto (aggiunta di un piccolo componente di D e T di pochi millimetri di raggio, il quale non contribuisce sensibilmente alla potenza esplosiva, ma compresso dall’esplosione innesca la fusione D-T generando un flusso di neutroni che aumenta l’efficienza e la rapidità della fissione nucleare); le testate di terza generazione furono essenzialmente di testate speciali, per usi o con effetti specifici – testate a radiazione potenziata, soppressa o indotta, bombe ad impulso magnetico (EMP), bombe ai neutroni, ecc. – le quali non hanno mai trovato un uso militare veramente convincente, e non hanno mai avuto quindi un ruolo preciso negli arsenali nucleari. <https://www.globalsecurity.org/space/systems/xrl.htm>.

disponibili per la ricerca FCI non sono ancora in grado di fornire potenze superiori a 1 megajoule in relazione alla lunghezza dell’impulso richiesta, l’ignizione delle pellets rimane un compito formidabile”<sup>2</sup>.

Il campo di indagine era inizialmente circoscritto allo sviluppo di armi con potenziale compreso tra 300 kg di esplosivo equivalente ed 1 kilotone, quindi armi di dimensioni contenute, facilmente trasportabili o comunque abbinabili ad un vettore di rapido impiego. Da notare che fino alla fine degli anni ’80 i test nucleari sotterranei, data l’alta intensità di radiazioni prodotte, servivano anche a verificare se si riusciva ad ignire (accendere) le pellets di DT impiegate nella fusione inerziale. Solo successivamente, e per i motivi sopra detti riguardanti i test nucleari, le sperimentazioni in laboratorio divennero prioritarie al punto che perfino la National Academy of Sciences ameri-

1. Gillette R, *Laser fusion: an energy option, but weapons simulation is first*, Science, vol. 188:30-34, 1975.

2. Fenstermacher DL, *The Effects of Nuclear Test-ban Regimes on Third-generation-weapon Innovation*, Science & Global Security, 1990, vol.1:187-223, 1990 <https://scienceandglobalsecurity.org/archive/sgs01fenstermacher.pdf>

cana descriveva i vantaggi potenziali della FCI per la progettazione di armi, in questi termini: “Un laboratorio di esplosivi termonucleari da 1000 MJ (Mega Joule) sarebbe uno strumento straordinario per esplorare la fisica delle armi termonucleari. Alcuni concetti su come utilizzare le armi nucleari come sorgenti di energia diretta, come i laser a raggi X o i fasci di microonde (vedi scheda 4) potrebbero essere testati in un ambiente di laboratorio in modo rapido e interattivo [...] Campagne sperimentali estese [...] che avrebbero un costo proibitivo per i test sotterranei, potrebbero essere effettuate con una struttura FCI”, aggiungendo: “L’implicazione è che una volta che un impianto FCI sarà in funzione, potrebbe fornire uno strumento cruciale per la ricerca e lo sviluppo di armi come gli XRL con esplosivo nucleare e le armi a fascio di microonde, perché potrebbe essere l’unica fonte di test accessibile per il numero di test richiesti”. Un articolo del 1998 affermava che “se venissero sviluppati esplosivi compatti a fusione pura, le salvaguardie dell’AIEA sull’uso di materiali fissili – il metodo con

cui viene verificata la non proliferazione delle armi nucleari – verrebbero aggirate”<sup>7</sup>.

Dunque, diversamente da quanto si legge sugli organi di informazione, lo scopo prioritario dell’intero progetto NIF (National Ignition Facility) di cui è parte integrante l’esperimento del 5 dicembre scorso presso il LLNL, è di tipo militare; prova ne sia che esso è stato formalizzato all’indomani della messa al bando dei test nucleari sotterranei – votata dall’Assemblea generale dell’ONU nel 1996, ma mai ratificata dagli USA – proprio per ottenere in modo non distruttivo le informazioni risultanti da quei test.

D’altronde, nella conferenza stampa seguita all’esperimento del 5 dicembre scorso, Mark Herrmann, direttore del programma di fisica e progettazione delle armi nucleari al Livermore, ha fatto la seguente dichiarazione, ripresa anche dal New York Times: “Questo esperimento ci aiuterà a capire meglio gli effetti delle bombe nucleari perché la grande generazione di potenza ottenuta crea di per sé ambienti molto estremi che assomigliano da vicino a quelli provocati da un’arma nucleare”. Finalità che Gillette aveva esplicitamente previsto già nel 1975: “la fusione laser può diventare uno strumento sperimentale straordinariamente utile per studiare la ‘fisica fondamentale delle testate’ [che presenta ancora molti aspetti oscuri] e... per sviluppare nuovi progetti di armi”.

Alla base di tutta questa vicenda c’era, indubbiamente, la competizione in campo nucleare tra e URSS la cui massima intensità si raggiunse durante la cosiddetta guerra fredda. Tuttavia, se fino agli anni ‘80 la preoccupazione degli Stati Uniti di essere superati dall’Unione Sovietica aveva qualche fondamento (i sovietici erano molto avanti nello sviluppo della tecnologia MTF), l’idea di armi di terza generazione da impiegare in determinati teatri di guerra (come ad esempio quelli occorsi in Iraq e Afghanistan) è

#### **scheda 4: Armi a energia diretta**

Le armi a energia diretta includono laser ad alta energia, dispositivi a radiofrequenza o a microonde ad alta potenza e armi a fascio di particelle cariche o neutre. Un rapporto del 2020 (Henry “Trey” Obering, “Directed Energy Weapons Are Real ... And Disruptive”, [https://ndupress.ndu.edu/Portals/68/Documents/prism/prism\\_8-3/prism\\_8-3\\_Obering\\_36-46.pdf](https://ndupress.ndu.edu/Portals/68/Documents/prism/prism_8-3/prism_8-3_Obering_36-46.pdf)) afferma: “Le armi a energia diretta non sono più solo fantascienza. Esse sono reali e stanno maturando rapidamente. Nei prossimi anni, l’Esercito, la Marina e l’Aeronautica degli Stati Uniti hanno in programma di sviluppare e mettere in campo queste armi a un ritmo crescente. Saranno impiegate su veicoli terrestri, aerei, elicotteri e navi”. ... “Gli Stati Uniti hanno fatto molta strada nello sviluppo delle capacità delle armi a energia diretta e ora si trovano in una fase critica. La tecnologia sta maturando rapidamente, stanno emergendo minacce che l’energia diretta può affrontare in modo quasi unico e i combattenti stanno segnalando il loro sostegno. Tuttavia, come per lo sviluppo di qualsiasi capacità militare senza precedenti, ci sono rischi, sfide e imitazioni che riguardano i costi, i tempi e le prestazioni”.

3. Suzanne L. Jones and Frank N. von Hippel, *The Question of Pure Fusion Explosions Under the CBT*, Science & Global Security. 1998, vol. 7:129-150, 1998 <https://scienceandglobalsecurity.org/archive/sgs07jones.pdf>

frutto dell'ossessione statunitense di mantenere il dominio esclusivo della deterrenza nucleare, atteggiamento riscontrabile già sotto l'amministrazione Reagan quando, nel 1987, rispondendo ad una interrogazione parlamentare relativa a questo tipo di armi, l'allora segretario all'Energia, John S. Herrington, rispose: "La ragione principale per cui stiamo perseguendo armi a energia nucleare diretta è sapere a che punto sono le conoscenze dei sovietici nel progettare e schierare armi simili, che metterebbero a rischio la forza deterrente strategica degli Stati Uniti o un futuro sistema difensivo".

### Il guadagno di energia

L'aspetto più appariscente dell'esperimento condotto negli USA riguarda il cosiddetto *energy gain* (in questo caso l'*energy gain* "netto" è la differenza tra l'energia utilizzabile e quella spesa nella reazione di fusione) che è stato presentato come una svolta storica nel cammino verso la fusione nucleare, perché per la prima volta è stata generata una quantità di energia superiore a quella emessa dagli impulsi laser per ottenere la reazione di fusione, cosa che, se non spiegata, potrebbe far intendere all'opinione pubblica che il sogno di quei personaggi (tra cui lo stesso Leonardo da Vinci) che tra il '500 e il '700 si ingegnarono di realizzare il moto perpetuo, si sia avverato.

Ciò che si è ottenuto al Livermore, in realtà, consiste esclusivamente in un guadagno di energia tra quella fornita dall'impulso laser per fondere gli atomi di DT e quella ottenuta da questa fusione che è stata, rispettivamente, di 2,05 MJ (Mega Joule) e 3,15 MJ, con un incremento del 150% (il cosiddetto "breakthrough" cioè più del 100%) per un tempo infinitesimo, dell'ordine del trilionesimo di secondo, ma per generare quell'impulso, i 192 laser impiegati hanno consumato una energia pari a 300 MJ, cioè 150 volte superiore a quella fornita dall'impulso e 100 volte superiore a quella ottenuta dalla fusione.

Ora non c'è dubbio che dal punto di vista della sperimentazione di laboratorio, questa prova rappresenti un successo, dato che finora l'energia ottenuta in questi test non aveva mai raggiunto la soglia del "break-even" (pareggio), cioè ottenere

dalla reazione di fusione una energia almeno pari a quella immessa attraverso l'impulso laser, ma ciò non ha nulla a che vedere con il bilancio energetico dell'intero processo che rimane enormemente deficitario e dell'ordine di 100 a 1 (300 MJ contro 3,15 MJ) che in buona sostanza dipende dal rendimento (estremamente basso) del tipo di laser impiegati.

Quello che è certo è che il bilancio energetico non ha nessuna rilevanza dal punto di vista militare, dove importa solo ottenere la fusione di una minuscola pellet perché nelle ricerche sulle armi nucleari sono state spese quantità di energia colossali, enormemente superiori alle potenze di tutte le testate realizzate, ma dal punto di vista industriale ciò significa che l'applicazione di questa tecnologia è ben lungi dal potersi, non si dica realizzare, ma almeno progettare, anche perché la tecnologia NIF – a differenza di quella ITER basata su di una reazione che, in via di principio, dovrebbe autosostenersi (plasma) – si fonda sulla possibilità di provocare la fusione "sparando" su una pellet singoli impulsi di energia laser (vedi scheda 5) che non possono autosostenersi

### scheda 5: implosione dei pellet

Forniamo qualche altro dettaglio sul meccanismo fisico dell'implosione del pellet., che ha costituito uno dei problemi principali che la NIF doveva risolvere. La piccola quantità di DT è racchiusa in un involucro: la radiazione, incidendo sulla sua superficie, la surriscalda; essa espelle così materia, che per reazione provoca l'implosione verso l'interno. Inoltre, risulta pratico non inviare direttamente sul pellet i fasci laser o i raggi di particelle: il pellet può essere posto all'interno di una cavità (*hohlraum*, dal termine tedesco), nella quale i fasci incidenti generano un intensissimo flusso di raggi X che lo colpiscono uniformemente provocandone l'implosione (*indirect drive*). È importante osservare che questo meccanismo è analogo, dal punto di vista fisico, alla fusione del secondario di una bomba termonucleare a due stadi (meccanismo di Teller-Ulam), che sfrutta appunto i raggi X generati nello *hohlraum* dall'esplosione del primo stadio a fissione per la compressione del secondario (ed è stato declassificato per la FCI quasi contemporaneamente e con parole quasi identiche al meccanismo di Teller-Ulam): in questo caso, naturalmente, non si utilizza la bomba a fissione come innesco.

e quindi per dare vita ad un processo continuo di generazione di energia bisognerebbe realizzare una macchina in grado di “sparare” impulsi di energia su una successione di pellets con una frequenza di varie volte al secondo, cosa che al momento risulta tecnologicamente ancora più difficile di quanto si presenti il confinamento magnetico del plasma. Se infatti gli aspetti critici del confinamento magnetico risiedono nelle alte temperature che si devono raggiungere (che sono perfino superiori a quelle del sole, dato che non è possibile riprodurre la stessa densità della massa solare) e nel mantenere il plasma stabile e isolato dalle infrastrutture, quelli del confinamento inerziale riguardano la sua discontinuità (one shot) che implica, sia una frequenza elevata di impulsi laser (quindi la possibilità che questi si ricarichino rapidamente, cosa per nulla scontata), sia una disponibilità illimitata di bersagli da colpire (pellets) di ridotte dimensioni, altrimenti l'energia rilasciata dalla reazione di fusione assumerebbe caratteristiche distruttive.

Insomma, il risultato trionfalistico ottenuto al Livermore non è, almeno per ora e nelle intenzioni, un passo avanti nella direzione di produrre energia illimitata (che poi non è così), ma per poter progettare armi del tutto nuove, forse micro-bombe a pura fusione (nuove testate di IV generazione): se poi potrà servire anche alla produzione pacifica di energia è comunque tutto da vedere. Ma se non si comprendono questi aspetti non si fornisce veramente l'informazione utile e trasparente per l'opinione pubblica, e si rischia di mistificare la ricerche militari, aspetto che non sfuggì al vecchio Hans Bethe<sup>4</sup> quando, nel 1997, mentre si stava per decidere il varo del NIF e la costruzione dei grandi laboratori a Livermore, scrisse una lettera al presidente Clinton in cui diceva: “È giunto il momento per la nostra Nazione di dichiarare che non sta lavorando, in

4. Fisico tedesco, emigrato negli USA dove prese parte al progetto Manhattan e durante la seconda guerra mondiale, fu a capo della Divisione Teorica

presso il laboratorio segreto di Los Alamos. Successivamente si schierò contro gli esperimenti atomici e il riarmo nucleare.

alcun modo, allo sviluppo di ulteriori armi di distruzione di massa di alcun tipo. In particolare, ciò significa non finanziare lavori che guardino alla possibilità di nuovi progetti di armi nucleari come le armi a fusione pura”.

### “Minchiate” sulla fusione nucleare

Consigliamo ai nostri lettori di visitare il blog di Paolo Attivissimo, “giornalista informatico e cacciatore di bufale”, dove all'indirizzo [attivissimo.bolgsport.com/2022/12/fusione-nucleare-le-minchiate.html](http://attivissimo.bolgsport.com/2022/12/fusione-nucleare-le-minchiate.html)

troveranno l'articolo intitolato *Fusione nucleare, le minchiate incredibili scritte da Repubblica, Corriere, ANSA e La Stampa* che, a detta dell'autore, “hanno pensato bene di informare i loro lettori deliziandoli con quella che posso solo definire una compilation di minchiate. Non è una volgarità: è una descrizione meramente tecnica dei fatti”.

L'articolo è molto documentato e dettagliato. Ci limitiamo qui a riassumere le “minchiate incredibili” che – in effetti – sarebbero potute essere colte anche da un lettore con una conoscenza della fisica solo scolastica e un minimo di spirito critico.

Si parte dai “192 laser [che] hanno riscaldato a oltre cento milioni di gradi un nucleo [...] ad una velocità superiore a quella della luce (Jaime D'Alessandro su *Repubblica*); per passare all'“acqua pesante, cioè non distillata” (Federico Rampini sul *Corriere*), notizia per cui “interi generazioni di studenti di fisica vengono travolte dal gastrospasmo”; e ad alcune affermazioni sulle dimensioni del *pellet* palesemente infondate (ANSA).

L'amara conclusione è che “questi sono i giornalisti, che hanno la pretesa che noi li paghiamo affinché ci informino su cosa succede nel mondo [...]. L'idea di far scrivere gli articoli a qualcuno che sappia cosa sta dicendo, a quanto pare, è troppo rivoluzionaria”.

Maria Turchetto