

Zeitschrift: Archi : rivista svizzera di architettura, ingegneria e urbanistica = Swiss review of architecture, engineering and urban planning

Herausgeber: Società Svizzera Ingegneri e Architetti

Band: - (2008)

Heft: 2

Vorwort: La fusione nucleare, stato dell'arte

Autor: Romer, Arturo

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 25.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

La fusione nucleare, stato dell'arte

Arturo Romer

A partire dalla seconda metà del Ventunesimo secolo, un centinaio di chilogrammi di un combustibile inesauribile permetterà di produrre tanta energia quanto un milione di tonnellate di petrolio. È questo il potenziale della fusione termonucleare, non appena l'uomo sarà in grado di controllarla. La fusione termonucleare è una promessa di energia inesauribile.

Nel sole e nelle altre stelle, i nuclei leggeri fondono liberando enormi quantità di energia. Il calore e la luce diffusi nello spazio sono proprio l'effetto di queste reazioni. Per fondersi, i nuclei devono superare la loro naturale tendenza a respingersi. Questo ostacolo può essere eliminato portando la materia a una temperatura molto elevata, ad alcune decine di milioni di gradi. Al centro del sole, i nuclei d'idrogeno (protoni) fondono a circa 15 milioni di gradi e a pressioni considerevoli. A fornire il calore necessario sono i meccanismi di crollo gravitazionale. Il confinamento è realizzato dall'equilibrio tra la pressione di radiazione prodotta e il campo gravitazionale. Il sole è il reattore più stabile immaginabile. Irradia da parecchi miliardi di anni ed è lungi dall'aver esaurito il suo combustibile primario, l'idrogeno. Questo gigantesco flusso di potenza nelle stelle è mantenuto dalla fusione in elio di 500 milioni di tonnellate di idrogeno al secondo. È impossibile riprodurre sulla terra i meccanismi attuati dal sole, soprattutto a causa della forza gravitazionale di questa stella, la cui massa è di 330 000 volte superiore a quella del nostro pianeta. La fusione per scopi energetici sfrutta come combustibili il deuterio e il trizio. L'energia liberata dalla reazione di questi due isotopi dell'idrogeno è dell'ordine di 100 000 chilowattora per 1 grammo di combustibile, e cioè dieci milioni di volte superiore a quella del petrolio. Il deuterio è presente ovunque in natura: ogni metro cubo di acqua ne contiene circa 33 grammi. Il trizio è un radioisotopo dell'idrogeno, che deve essere prodotto a partire dal litio, un metallo leggero presente ovunque in natura. Per ottenere energia utile, sono esplorate due possibilità:

- portare ad altissima pressione e ad alta temperatura un piccolo volume di materia durante un tempo estremamente breve. Si tratta del *confinamento inerziale*, il cui scopo è di ottenere il maggior numero possibile di reazioni di fusione prima che il plasma non si disperda aumentando di volume. Ci si avvicina così a densità e pressioni simili a quelle presenti al centro del sole, ma per un tempo brevissimo, dell'ordine di un milionesimo di secondo. Nella maggior parte dei casi, questa ricerca è stata tenuta segreta per via delle sue implicazioni militari. Il programma civile europeo di fusione dedica a questo processo solo una piccola attività di veglia tecnologica;
- «intrappolare» e mantenere ad altissima temperatura un plasma formato da particelle cariche elettricamente. Si tratta del *confinamento magnetico*, in cui un plasma tenuto a bassa densità reagisce durante un tempo superiore al secondo. È su questo processo che si è concentrata buona parte della ricerca internazionale. I primi lavori di ricerca internazionale sono stati imperniati sullo sviluppo del Tokamak, un reattore con camera da vuoto toroidale e bobina magnetica. Il modello più grande, il Joint European Torus (JET), in funzione dal 1983, ha ottenuto una serie di record mondiali, tra cui la prima fusione controllata deuterio-trizio nel 1991.

Il progetto internazionale ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) rappresenta il prossimo passo nello sviluppo dell'energia di fusione. ITER sarà il primo impianto a fusione di dimensioni paragonabili a quelle di una centrale elettrica convenzionale, ed ha il compito di dimostrare la fattibilità scientifica e tecnologica della fusione come fonte di energia. Il progetto dettagliato di ITER è stato messo a punto negli ultimi anni sulla base di un'intensa attività di Ricerca e Sviluppo condotta in numerosi centri di ricerca, università e industrie di tutto il mondo a cui hanno partecipato centinaia di ricercatori e tecnici. Unione Europea + Svizzera, Giappone, Federazione Russa e, dal 2003, Stati Uniti d'America, Cina e Corea del Sud, sono impegnati nei negoziati per l'organizzazione e l'attuazione del progetto. Il 28 giugno 2005 a Mosca è stato siglato ufficialmente l'accordo tra i sei partner di procedere quanto prima alla costruzione di ITER nel sito europeo di Cadarache nel sud della Francia. Ecco gli aspetti particolari del progetto ITER:

- ITER ha dimensioni lineari doppie rispetto al progetto precedente (JET, Joint European Torus) e produrrà 500 - 700 MW di potenza di fusione per tempi di circa 15-30 minuti, utilizzando e provando in maniera integrata tutti i componenti chiave per il funzionamento del reattore a fusione.

- ITER dovrebbe permettere di ottenere condizioni di ignizione con un fattore di amplificazione dell'energia dell'ordine di 5-10, soglie necessarie per convalidare questa tecnologia nella prospettiva di un reattore industriale.
- Gli elementi di base della fisica di ITER sono stati dimostrati con successo negli esperimenti già effettuati su un ampio intervallo dei parametri del plasma, i regimi di plasma di ITER richiedono una ragionevole estrapolazione di tali parametri.
- La realizzazione della macchina ITER, e in particolare di alcuni componenti chiave, ha richiesto la messa a punto di tecnologie innovative, la cui fattibilità è stata dimostrata con la costruzione di prototipi nel corso delle attività di ricerca e sviluppo condotte negli ultimi dieci anni.

La ricerca sulla fusione dovrebbe favorire l'emergere di altre tecnologie, informatiche e robotiche ad esempio, ma anche nell'ambito dell'elettronica di potenza, dell'aerospaziale, della medicina, dell'astronomia e di altre applicazioni industriali del plasma. Ma è ovviamente nel settore dell'energia che questo sforzo dovrebbe portare i risultati più promettenti. La fusione è una fonte di energia potenziale illimitata, che soddisfa ampiamente i criteri dello *sviluppo sostenibile*, con le seguenti caratteristiche:

- i combustibili di base (deuterio e litio) sono non radioattivi, abbondanti e distribuiti uniformemente negli oceani e nella crosta terrestre;
- il principio stesso della fusione esclude qualsiasi uscita di controllo del reattore;
- la scarsa quantità di combustibile provoca l'arresto immediato della reazione alla minima perturbazione;
- la fusione produce solo deboli quantità di scorie radioattive a vita breve, il cui stoccaggio potrebbe essere limitato a una o due generazioni;
- la fusione nucleare non provoca nessun inquinamento atmosferico e non genera gas ad effetto serra.
- 1 g di combustibile (miscela deuterio-trizio) equivale a 100'000 kWh

La fusione nucleare rappresenta un'immensa speranza per l'umanità e pertanto vale la pena investire tempo e denaro nella ricerca e nello sviluppo di questa fonte di energia. Questo straordinario «Progetto Manhattan» pacifico è una grande opportunità per l'umanità intera.