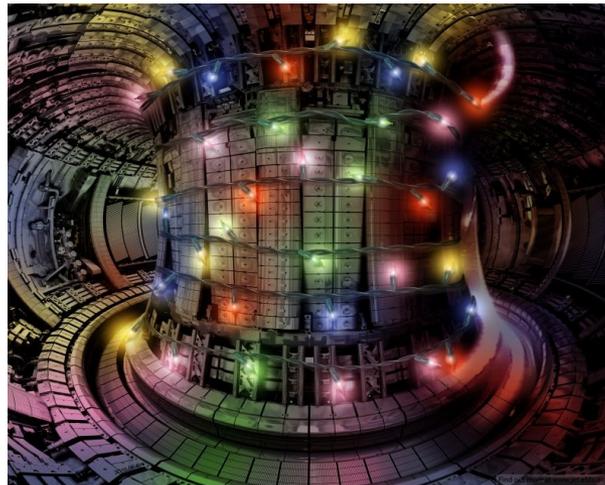


L'energia da fusione scende dalle stelle (ma quando sarà sotto l'albero?)

Andrea Macchi

CNR/NO Christmas Lecture, 20 Dicembre 2024



IN AGGIORNAMENTO

Meloni alla Cop29 di Baku: «L'Italia punta sulla fusione nucleare, può essere la svolta storica». Il Papa: la situazione non consente altri ritardi

di Sara Gandolfi



"L'energia da fusione è il meccanismo che è alla base delle stelle, e della natura. Ciò che dobbiamo fare non è altro che muoverci nel solco della natura. Ed è bello immaginare che, in un futuro non lontano, ogni Nazione abbia la sua 'piccola stella', capace di produrre energia. Sicura, pulita, illimitata. Non è un sogno ma una grande sfida, da perseguire proprio perché a portata di mano."

Intervento al World Fusion Energy Group, Roma, 6 Novembre 2024

<https://www.governo.it/it/articolo/il-sottosegretario-mantovano-interviene-al-gruppo-mondiale-l-energia-da-fusione/26979>



Descalzi: "Con la fusione a confinamento magnetico avremo energia a bassissimo costo"

L'ad dell'Eni a New York parla del progetto messo a punto dal Commonwealth Fusion System e che riguarda la realizzazione entro il 2030 di un reattore pilota per produrre energia pulita

Descalzi: "Con la fusione a confinamento magnetico avremo energia a bassissimo costo"

L'ad dell'Eni a New York parla del progetto messo a punto dal Commonwealth Fusion System e che riguarda la realizzazione entro il 2030 di un reattore pilota per produrre energia pulita

☰ MENU | 🔍 CERCA

la Repubblica

ABBONATI

GEDÌ SMILE

IL VERTICE



La stretta nucleare di Putin e Berlusconi "Accordo con Russia, prima centrale in 3 anni"

(La Repubblica, 20 Aprile 2010)

www.repubblica.it/esteri/2010/04/26/news/berlusconi-putin-3629213/

La **fusione** dei nuclei atomici trasforma elementi leggeri in elementi pesanti liberando **energia**.

Il Sole fonde soprattutto Idrogeno (H) in Elio (He). Il processo produce tutti gli elementi della Tavola Periodica sino al Ferro.

Catena Protone-Protone

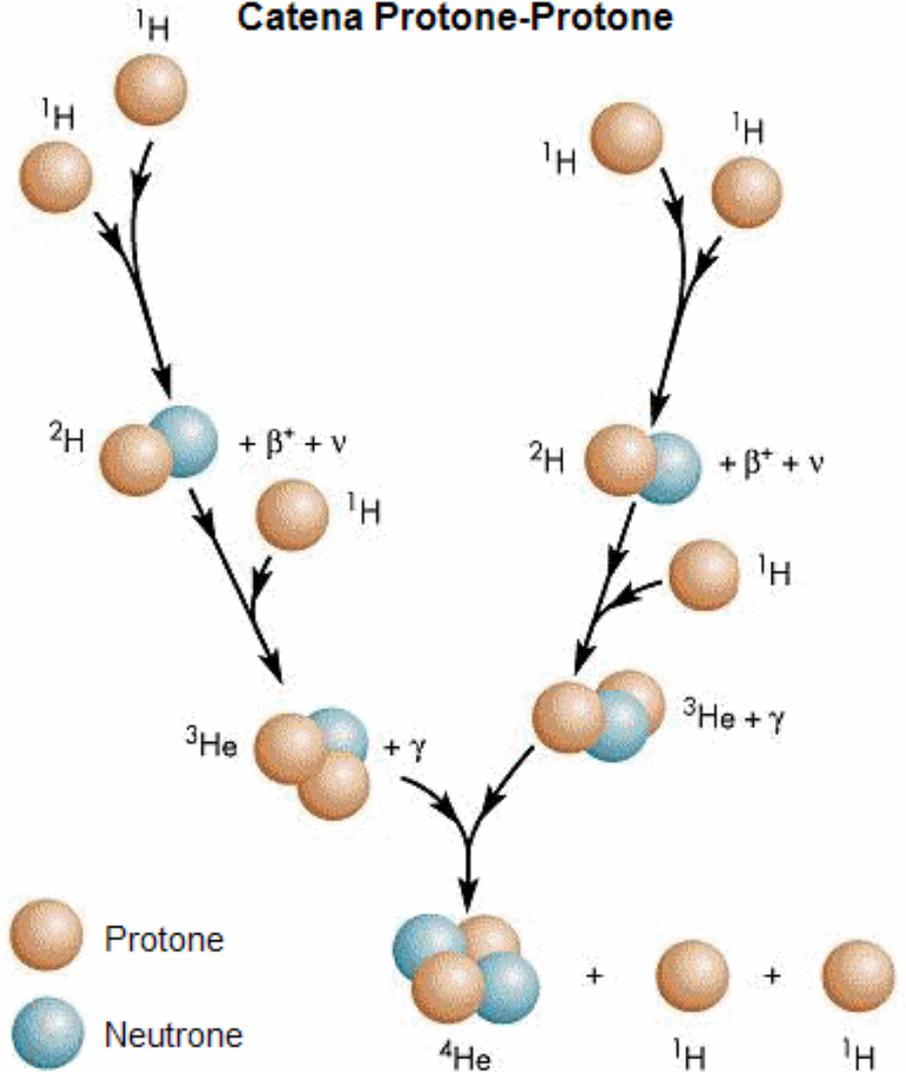
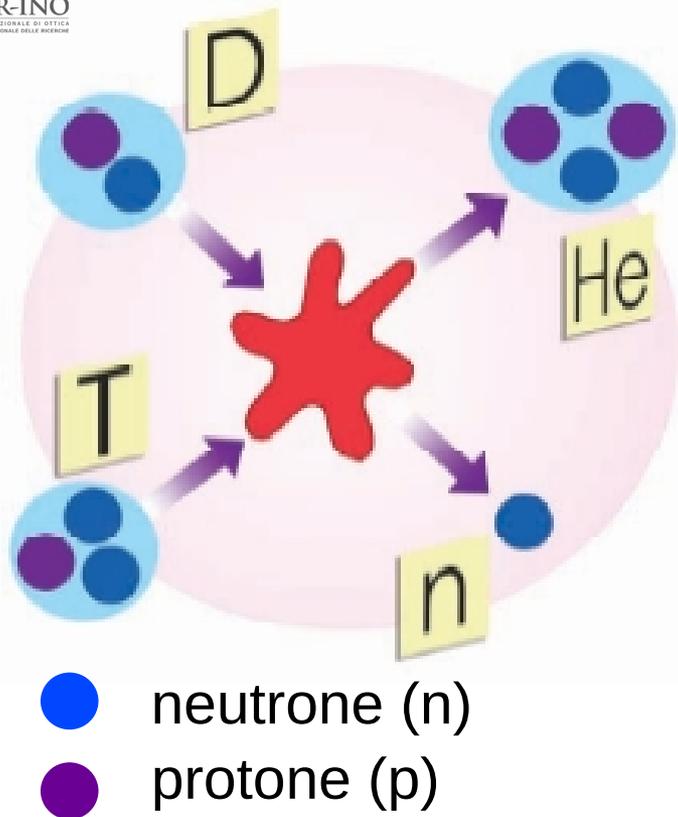


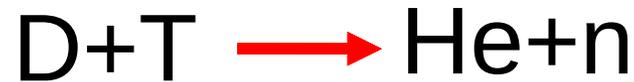
Tavola Periodica degli Elementi

Legend for element groups:

- Metalli alcalici
- Metalli alcalino-terrosi
- Terre rare
- Metalli del blocco d
- Metalli del blocco f
- Metalli del blocco p
- Metalloidi
- Nonmetalli
- Gas nobili
- Gas nobili



Sulla Terra si vuole sfruttare la fusione Deuterio-Trizio (isotopi di H) in Elio (He) più un neutrone (n):



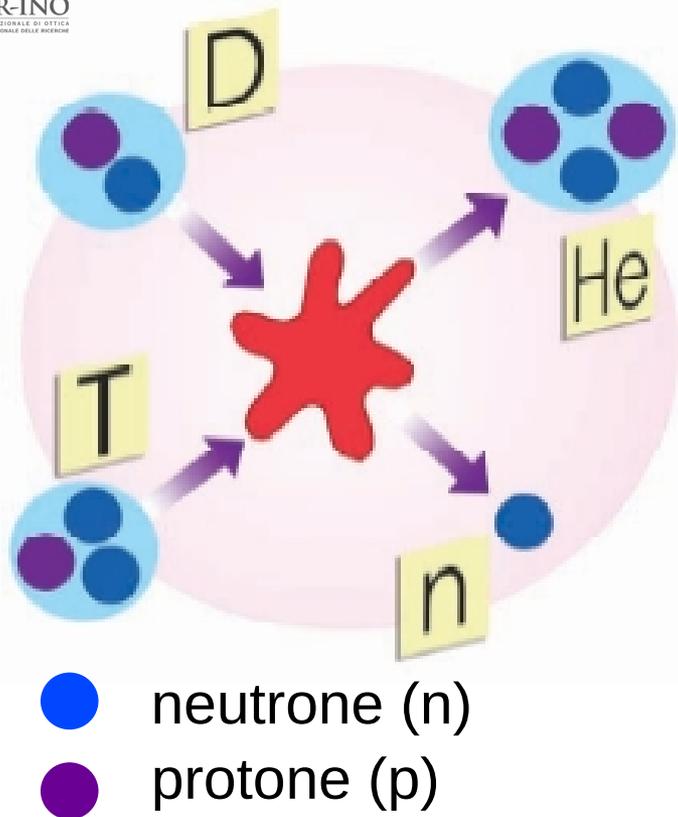
Il Deuterio (D) si ricava dall'**acqua** in abbondanza mentre il Trizio (T) viene “rigenerato” nel ciclo sfruttando una reazione col Litio (Li):



Rendimento energetico massimo (dal consumo di Deuterio)

1 cc d'acqua --> 8 Kilowattora

Quindi una fonte praticamente inesauribile, accessibile, sicura (niente reazioni a catena), pulita (niente scorie radioattive), ... ?



Sulla Terra si vuole sfruttare la fusione Deuterio-Trizio (isotopi di H) in Elio (He) più un neutrone (n):



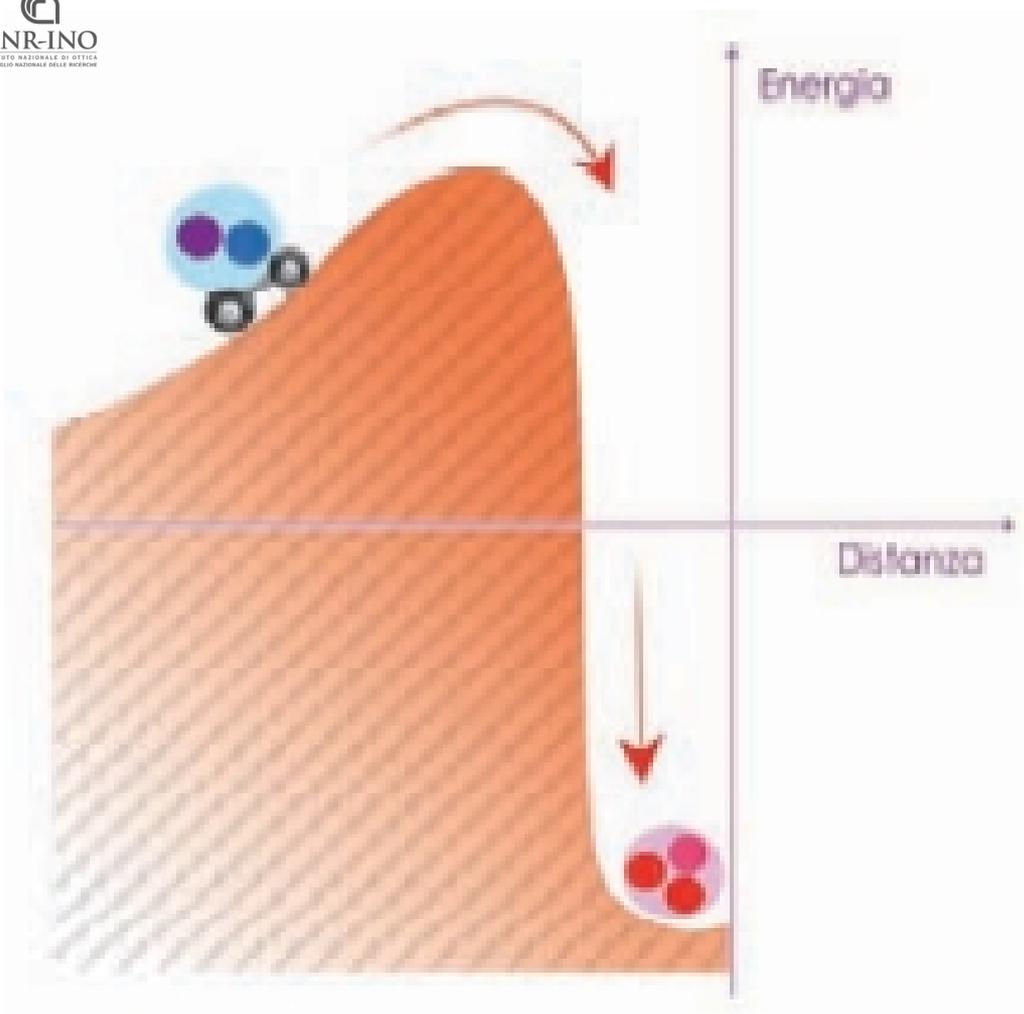
Il Deuterio (D) si ricava dall'**acqua** in abbondanza mentre il Trizio (T) viene “rigenerato” nel ciclo sfruttando una reazione col **Litio** (Li):



Rendimento energetico massimo (dal consumo di Deuterio)

1 cc d'acqua --> 8 Kilowattora

Quindi una fonte praticamente **inesauribile**, accessibile, sicura (niente reazioni a catena), pulita (niente scorie radioattive), ... ?

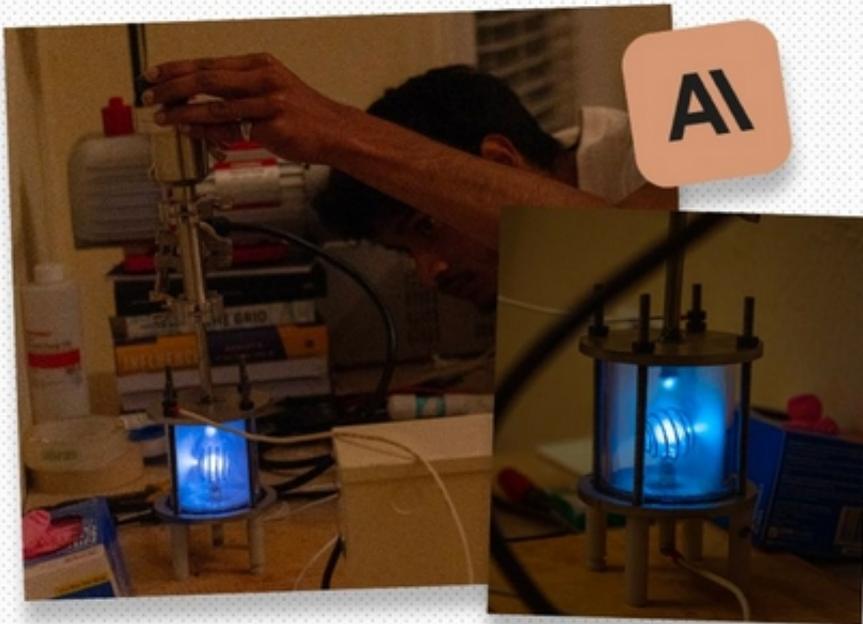


Difficoltà: i nuclei hanno
stessa carica (positiva)

Per innescare la fusione
occorre dare ai nuclei
una **velocità sufficiente**
per superare la “collina”
rappresentata dalla
repulsione elettrica.

Costruisce un fusore nucleare con l'AI

*È stato uno studente di matematica
con l'aiuto di Claude 3.5 Sonnet, l'AI
di Anthropic.*



Quanto è difficile far
fondere i nuclei?

Abbastanza facile da farlo
in casa ...

... purché non si pretenda
di produrre più energia di
quella spesa!

Nessun dispositivo ha
ancora prodotto più
energia da fusione di
quella assorbita dalla rete

Ricetta per una fusione "produttiva":

- scaldare una miscela DT ad alta temperatura (*) in modo che la reazione sia autosostenuta ("ignizione")
- mantenere la miscela abbastanza densa
- lasciare il combustibile "bruciare" abbastanza a lungo

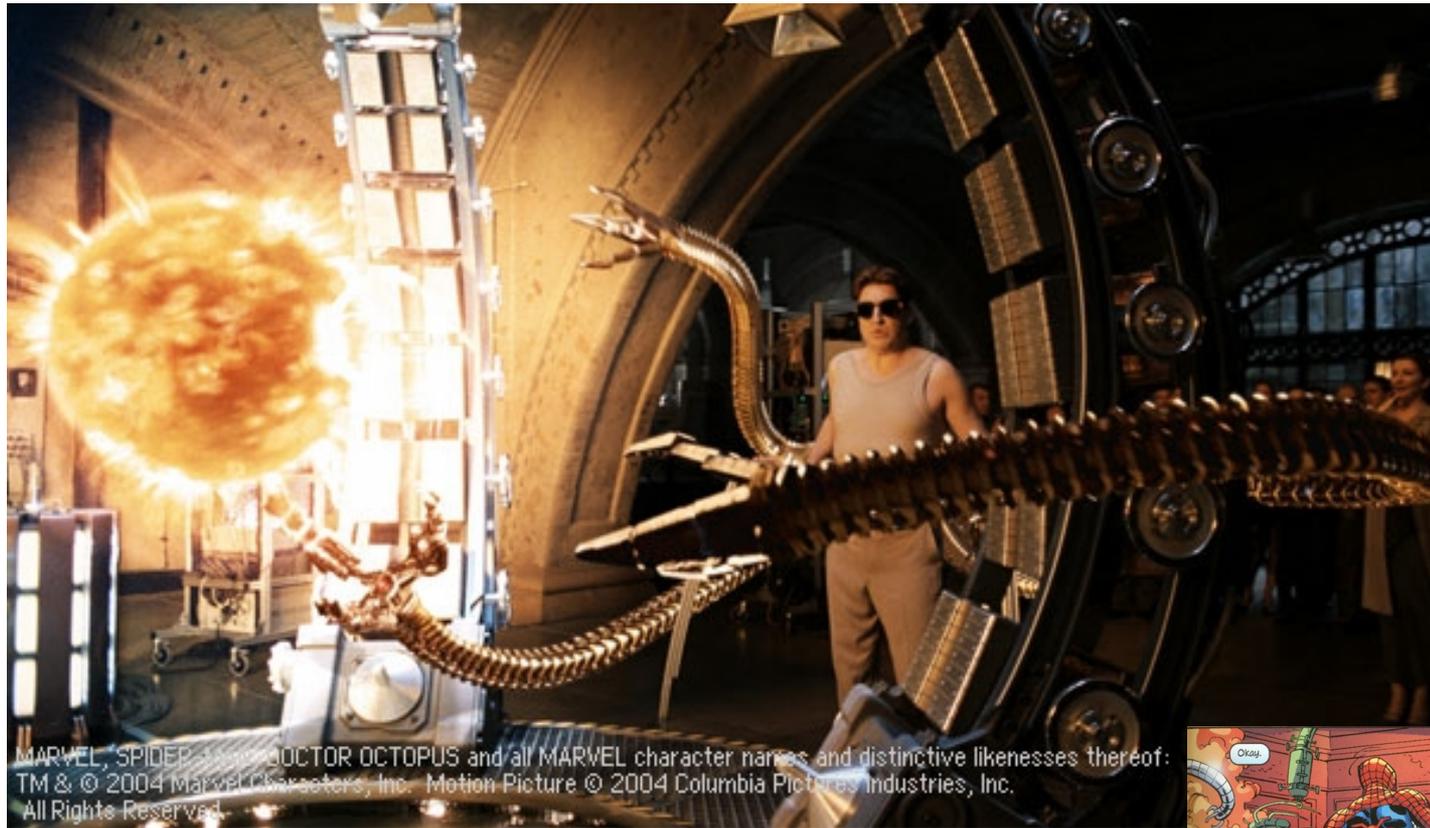
(*) alta temperatura = 100 milioni di gradi °C

Non è facile tenere insieme il combustibile (in uno stato di plasma)

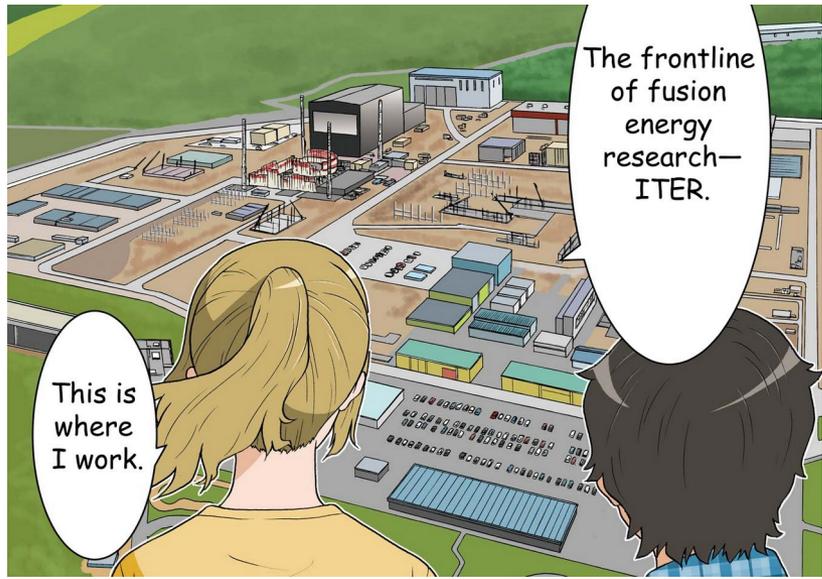
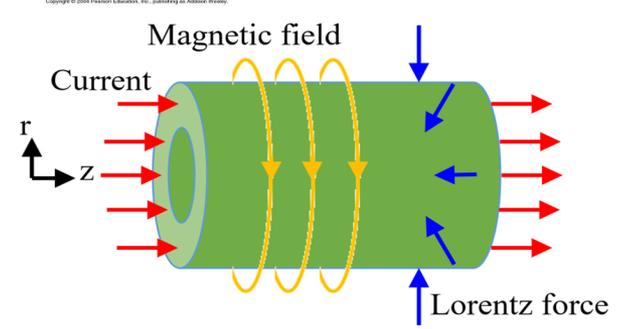
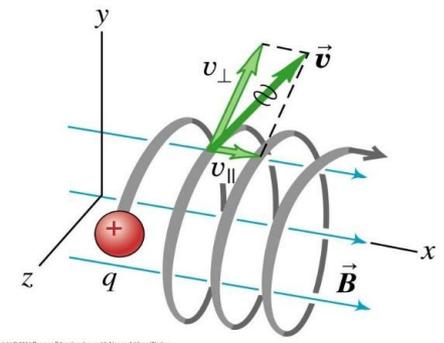
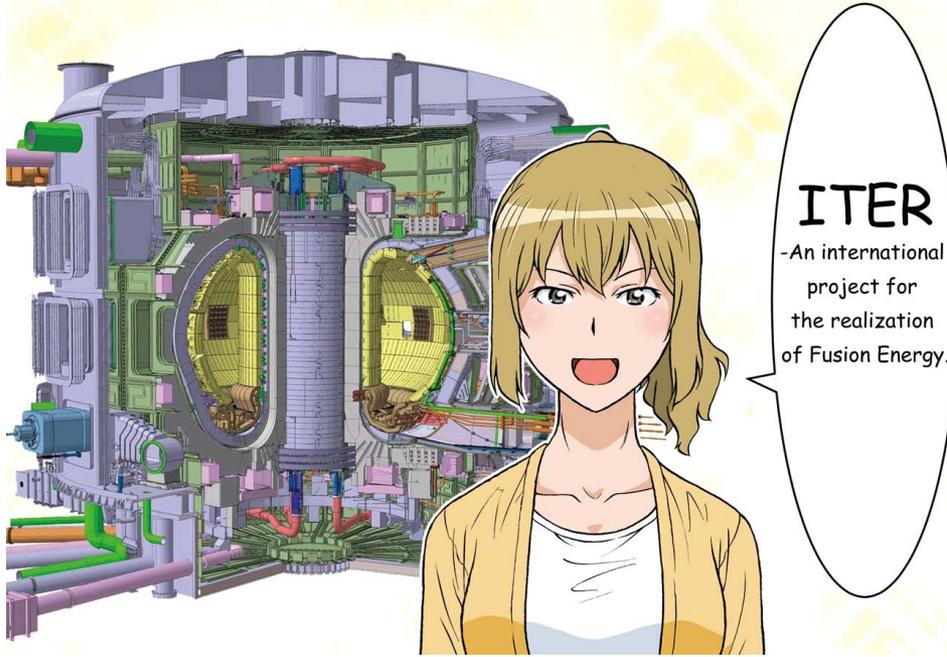


Come fare un
bel fuoco ...

Una narrazione più realistica ...



Spiderman 2, Marvel™.



TOKAMAK: una ciambella toroidale che confina il plasma con campi magnetici
ITER: fusione con guadagno di energia nel 2035?

ITER Manga “A Small Sun on Earth”



Topolino 1459,
13 Novembre 1983
un tokamak alieno ...
non toroidale?
(*Topomak?*)

(disegni: Renato Scarpa)



MIT Has Plans for a Real ARC Fusion Reactor

> Iron Man's alma mater has a design for a realistic ARC fusion reactor

BY [EVAN ACKERMAN](#) | PUBLISHED 11 AUG 2015 | UPDATED 02 APR 2024 | 3 MIN READ | [🔖](#)

Evan Ackerman is IEEE Spectrum's robotics editor.



SPARC

(Smallest/Soonest Possible Affordable, Robust, Compact)

Commonwealth Fusion Systems: la prima centrale elettrica a fusione nucleare al mondo sorgerà in Virginia



Commonwealth Fusion Systems ha svelato i piani per la prima centrale elettrica a fusione al mondo. Sorgerà nella contea di Chesterfield, in Virginia, con l'obiettivo di generare circa 400 megawatt di elettricità pulita nei primi anni del 2030.

di [Manolo De Agostini](#) pubblicata il 18 Dicembre 2024, alle 08:41 nel canale [SCIENZA E TECNOLOGIA](#)

il CEO di CF
Bob Mumgaard e il
governatore della
Virginia Governor
Glenn Youngkin su
CNBC , 17/12/2024

POWERING UP VIRGINIA
WORLD'S FIRST GRID-SCALE COMMERCIAL FUSION POWER PLANT

ProShares UltraPro Dow30 UDOW 102.60 +0.989
S&P FUT MAR 6,145.00
S&P FV 5:11 1x +1.36
ProShares Ultra Bitcoin
IMB DOW OPEN +133.10

CORRIERE DELLA SERA

Fusione nucleare, l'annuncio del dipartimento dell'Energia Usa: «Svolta storica: ricreate le condizioni di stelle e sole»

Dicembre
2022

Can Fusion Solve the Climate Crisis?

Scientists made a huge breakthrough on the road to emissions-free power. Here's what that means, and doesn't mean.

Forbes

Here's How Nuclear Fusion Works—And Why It's A Big Deal For Scientists

The New York Times

SCIENCE

Fusion Industry Suddenly White-Hot After U.S. Lab Breakthrough

With commercialization years away, investors flock to technology's long-term clean-energy potential

ENERGY

What to know about DOE's fusion milestone

Experiments at a U.S. government lab may have provided "proof that the physics work." But future fusion reactors might turn to a different technology for replicating the energy that powers the sun.

THE WALL STREET JOURNAL.

POLITICO



U.S. to reveal scientific milestone on fusion energy



REUTERS®

Scientists announce a fusion breakthrough with big implications for clean energy

CLEAN ENERGY

Nuclear fusion breakthrough: Scientists generate more power than used to create reaction

What to know about DOE's fusion 'breakthrough'

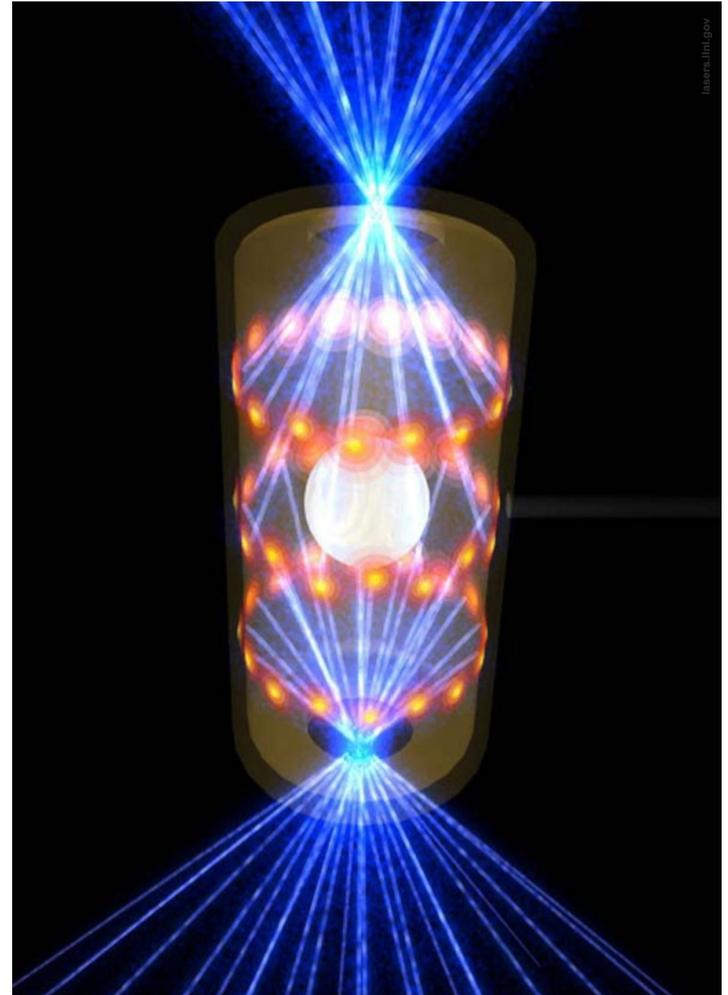
E&E
NEWS

ENERGYWIRE



Star Trek "Darkness" (2012)

Notizie.com



Siamo **INGORDI** di ENERGIA!

IL SOLE CI RIESCE GIA'...

"LE DIMENSIONI CONTANO"

CONFINAMENTO CHE FUNZIONA GRAZIE ALLA GRAVITA'

...E FORSE NON SAREMO IN TEMPO

SOGNIAMO FONTI INESAURIBILI PULITE, PER TUTTI I PAESI DEL MONDO!

FUSIONE NUCLEARE

ENTRO IL 2030

FORSE MEGLIO DIRE 2070

MA STANNO TORNANDO INTERESSI E INVESTIMENTI NELLA RICERCA SULLA FUSIONE...

COME LIBERARE TANTA ENERGIA? BOMBA H?

È UN PROBLEMA di FISICA?

È UN PROBLEMA di TECNOLOGIA? di ECONOMIA?

QUINDI SI FARA'?

ALTRE IDEE? LITIO, TRIZIO...

CERCHIAMO UNA RICETTA PIU' CONTROLLATA

ENERGIA INFINITA?

CON ANDREA MACCHI

CON I LASER SI PUO' FARE IMPLODERE IL COMBUSTIBILE:

NATIONAL IGNITION FACILITY



182 FAGGI in una piccola CAVITA' D'ORO

QUADAGNO ENERGETICO BASSISSIMO... UN SOLO SPARO AL GIORNO...



COMBUSTIBILE CHE CUOCE con QUALCHE MILIONE di GRADI COME IL SOLE!

DISGREGAZIONE della MATERIA: **PLASMA**

CONFINAMENTO con TRAPPOLE MAGNETICHE

È MOLTO INSTABILE



Gabriele Peddes, da Lucca Comics&Science Palace 2024

Il difficile cammino della fusione nucleare controllata

Esperimenti recenti rilanciano la fusione nucleare
come sorgente illimitata di energia pulita, ma la sfida rimane lunga e difficile.

Andrea Macchi,
fisico, Istituto
Nazionale di Ottica

Sapere n.5, settembre-ottobre 2014

