

FISICA DEI PLASMI



Referente del curriculum: Claudia Riccardi

**Docenti del curriculum: Ruggero Barni, Marco Cavedon,
Gabriele Croci, Daniela Di Martino, Giuseppe Gorini,
Emilio Martines, Massimo Nocente, Claudia Riccardi**

Cosa è un plasma?

In fisica NON è questo...



... ma questo!



Il "quarto stato" della materia



Solido



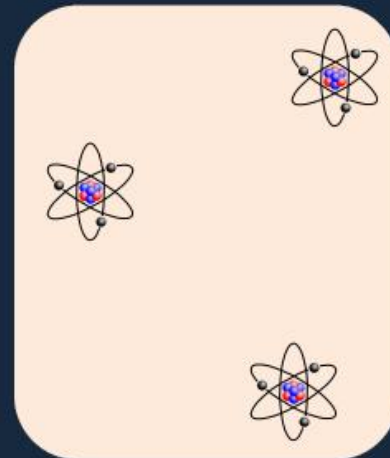
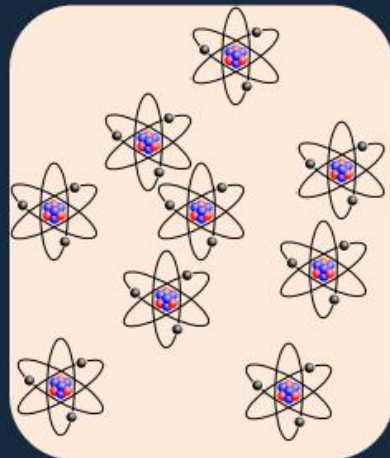
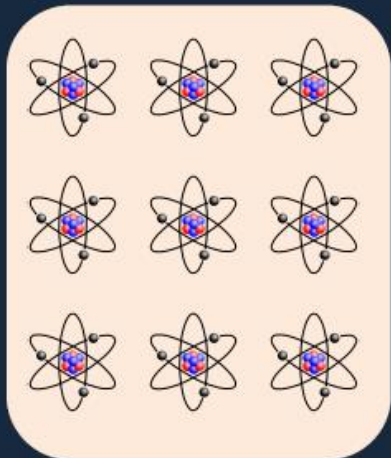
Liquido

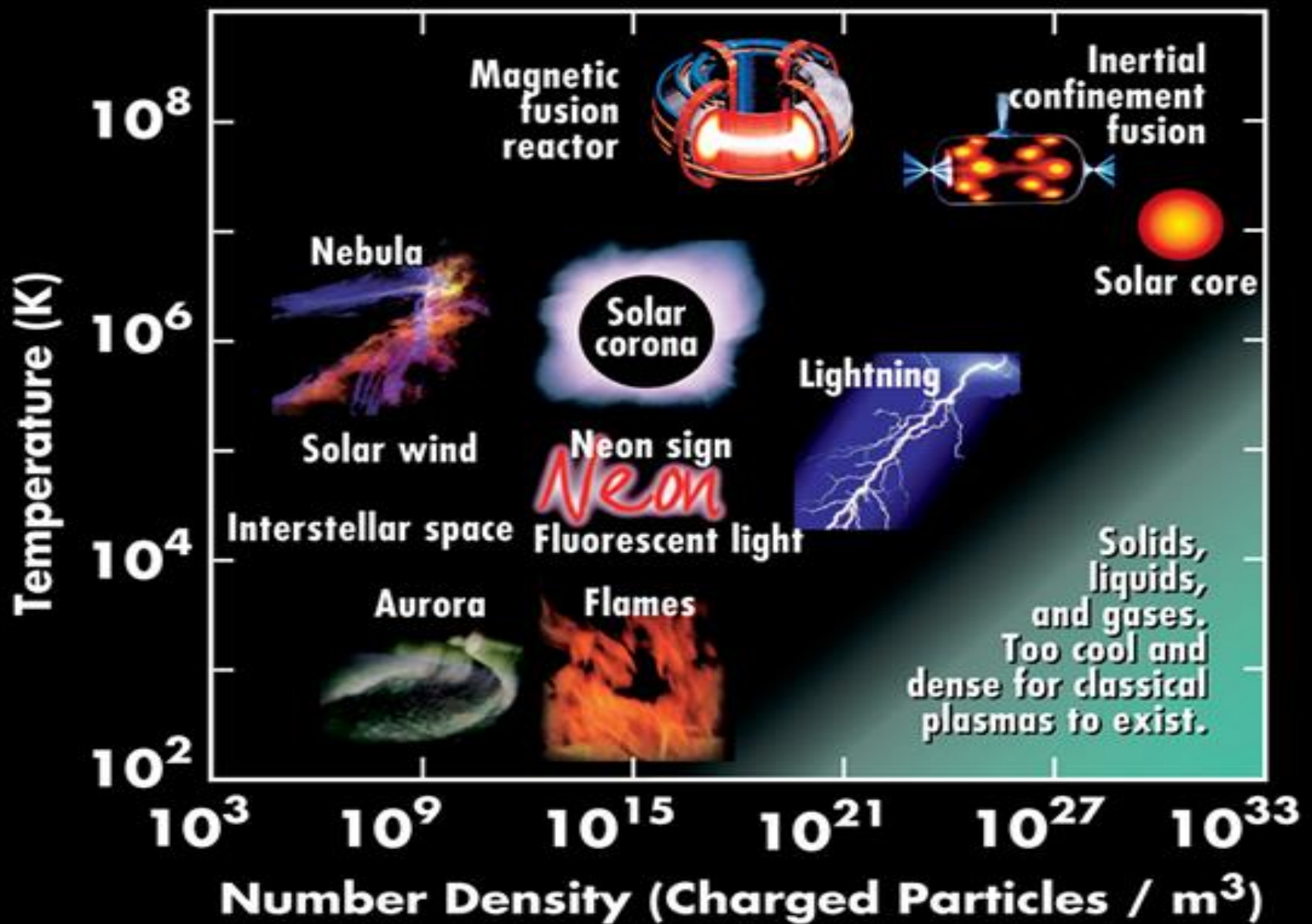


Gas



Plasma

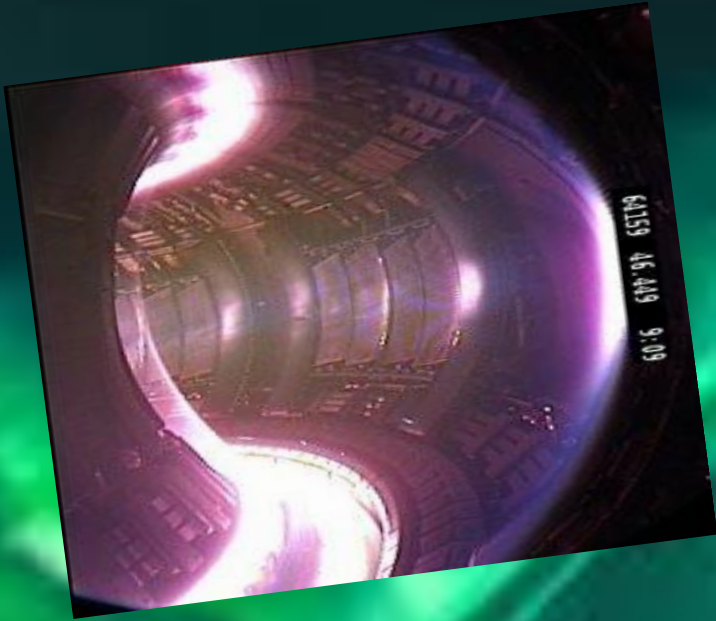




> 99% della materia visibile

Fisica dei plasmi per...

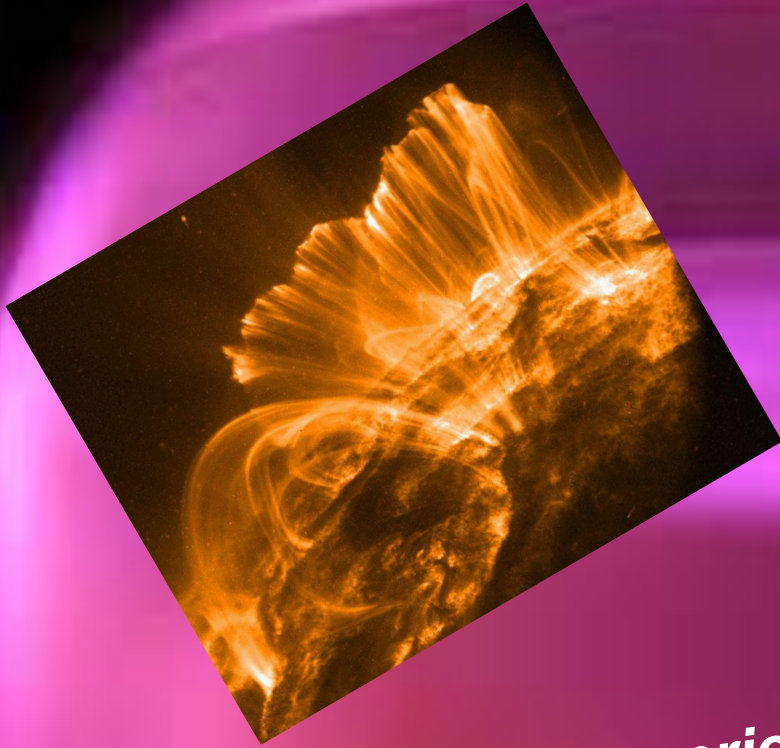
***Produrre energia sulla Terra
mediante reazioni di fusione
nucleare simili a quelle che
avvengono nel Sole***



***Studiare l'interazione di laser ad
alta potenza con la materia***

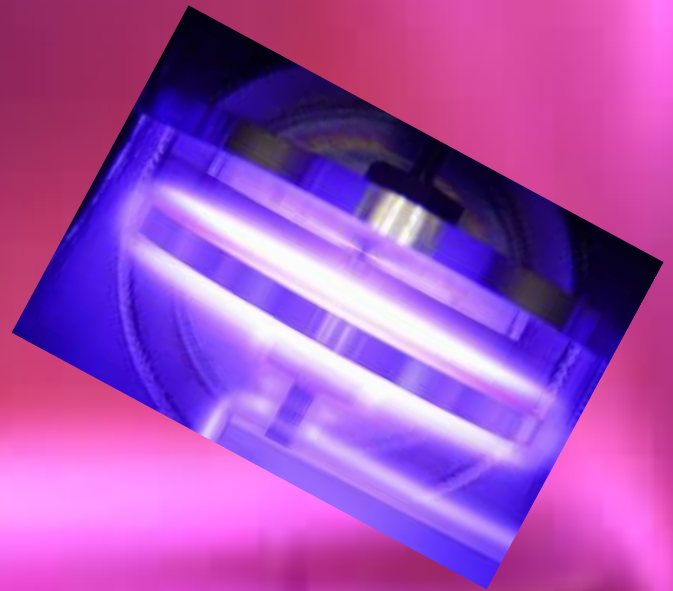


Fisica dei plasmi per...



Studiare le instabilità che determinano il trasporto di energia e materia nelle stelle (e nei gas ionizzati e confinati in generale)

Modificare le proprietà di superficie di materiali esposti a plasmi chimicamente reattivi e interagire con la materia biologica



Fisica dei plasmi @ UNIMIB



Laurea Triennale

- ***Esperimentazioni di Plasmi***
- ***Elementi di Fisica dei Plasmi***

Laurea Magistrale

- ***Fisica dei Plasmi 1***
- ***Fisica dei Plasmi 2***
- ***Laboratorio di Fisica dei Plasmi 1***
- ***Laboratorio di Fisica dei Plasmi 2***



Dottorato di Ricerca

- ***Fusione termonucleare controllata***
- ***Applicazioni dei plasmi ai processi industriali e alla medicina***



Fisica dei Plasmi @ UNIMIB: un'esperienza internazionale

- Collaborazioni con le Università di Tromsø e Marsiglia
(ambiti: turbolenza nei plasmi e applicazioni industriali)
- Collaborazioni con Università EPFL-Losanna e UCT-Praga
(ambito: plasmi per la medicina)
- Collaborazioni con i principali laboratori sulla fusione
termonucleare in Europa (JET, UK; ASDEX Upgrade, Germania;
TCV, Svizzera; ITER, Francia) e nel Mondo (EAST, Cina; DIII-D,
USA; JT-60SA, Giappone)
- Collaborazioni con le Università di Uppsala e Siviglia
(ambito: fusione termonucleare)



Erasmus+



FUSENET

The European Fusion Education Network



VectorStock

VectorStock.com/5808544

Plasmi «freddi» e applicazioni



Le tecnologie a plasma

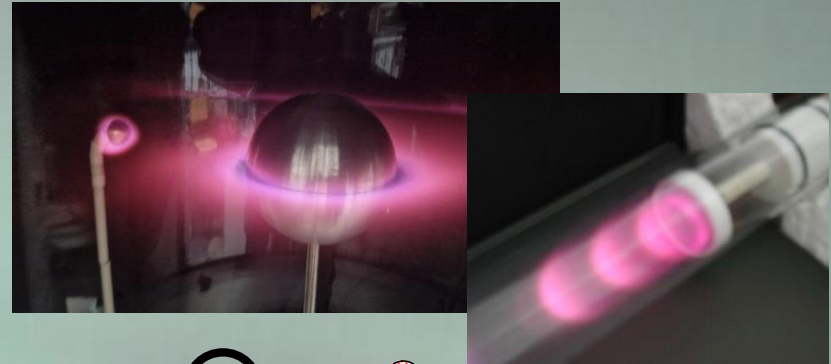
Deposizione di film sottili

Innesto di specifici gruppi funzionali

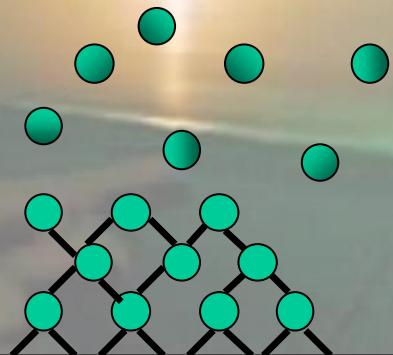
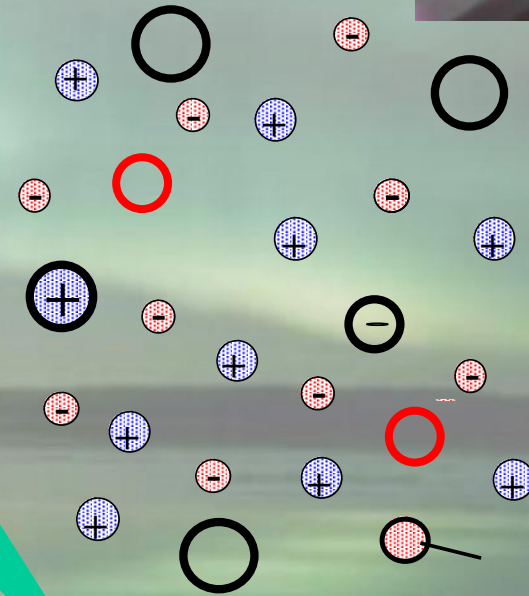
Ablazione

Attivazione

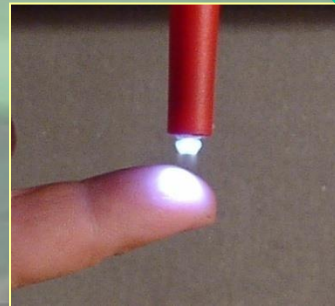
Trattamento in fase gas



Il plasma
un gas contenente specie
chimicamente attive
e specie cariche



10-100 nm



processi fisici e chimici
su scala nanometrica
a temperatura ambiente

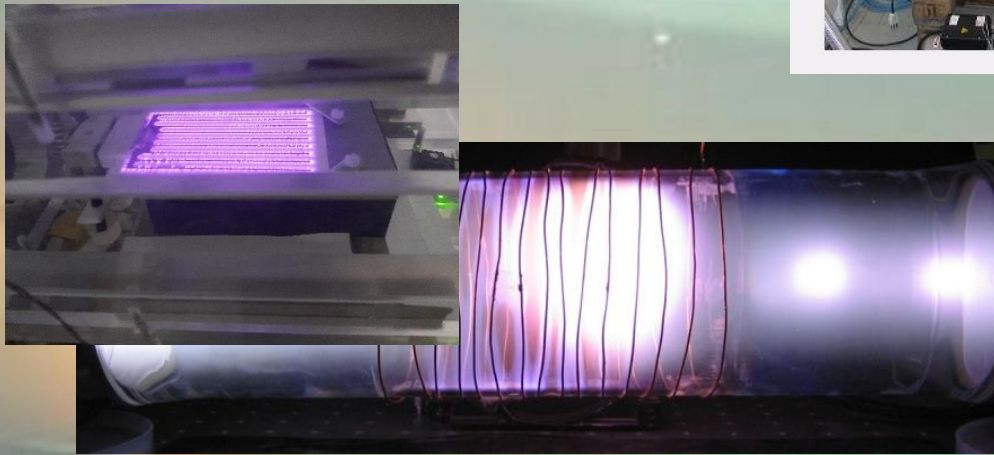
Laboratori PlasmaPrometeo

(edificio U9 – Milano - Viale Innovazione 10)

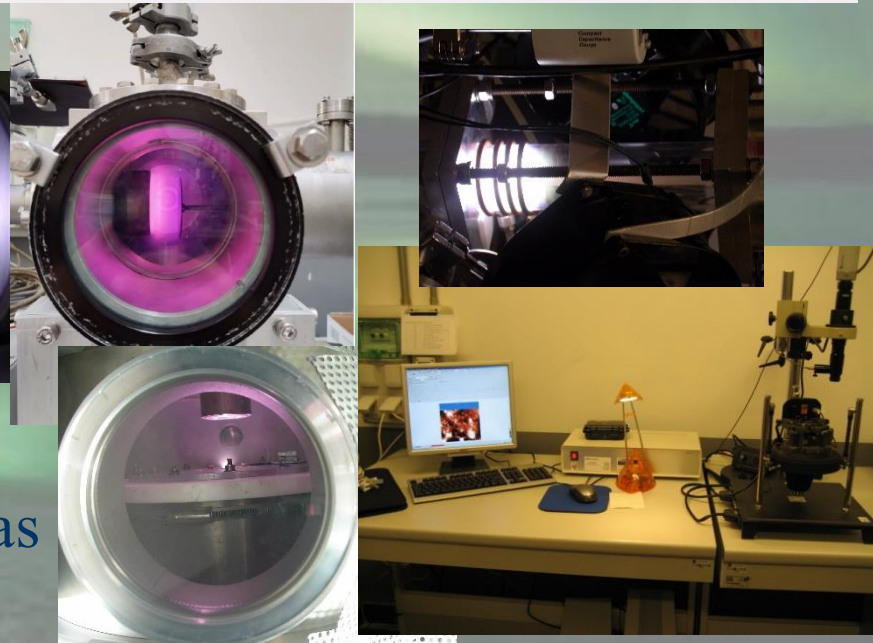
reattori al plasma (bassa pressione
e pressione atmosferica);

sistemi di controllo dei processi;

sistemi di diagnostica dei plasmi;



strumentazione per le analisi chimico-
fisiche del plasma, dei materiali e dei gas



Trattamento a plasma di materiali

PNRR - PROGETTO ANTHEM

Sanificazione dell'aria con plasmi di tipo sDBD
(surface Dielectric Barrier Discharge)

JOINT-LAB UNIMIB-ENI

Preparazione e caratterizzazione di materiali avanzati di interesse per la fusione

ALTRE SORGENTI A PLASMA/ARGOMENTI

Gliding Arc Tornado:

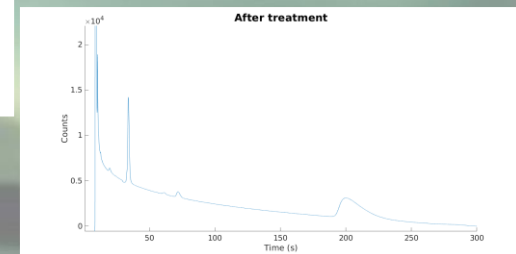
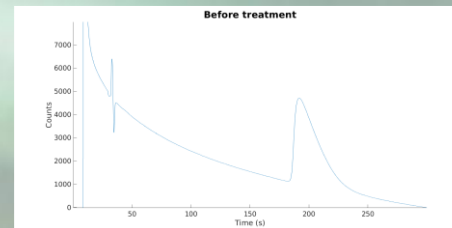
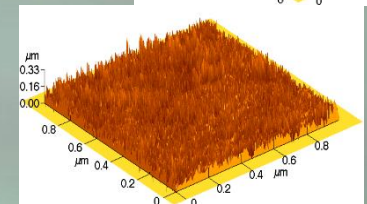
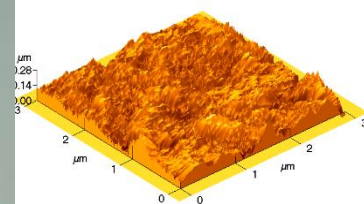
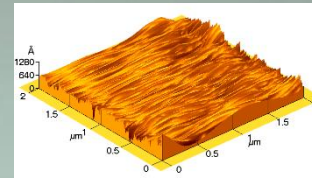
produzione di idrogeno a plasma

Plasma Supersonic Jet deposition:

deposizione di film sottili nanostrutturati

Diagnostica di plasmi a pressione atmosferica

Simulazioni chimica del plasma

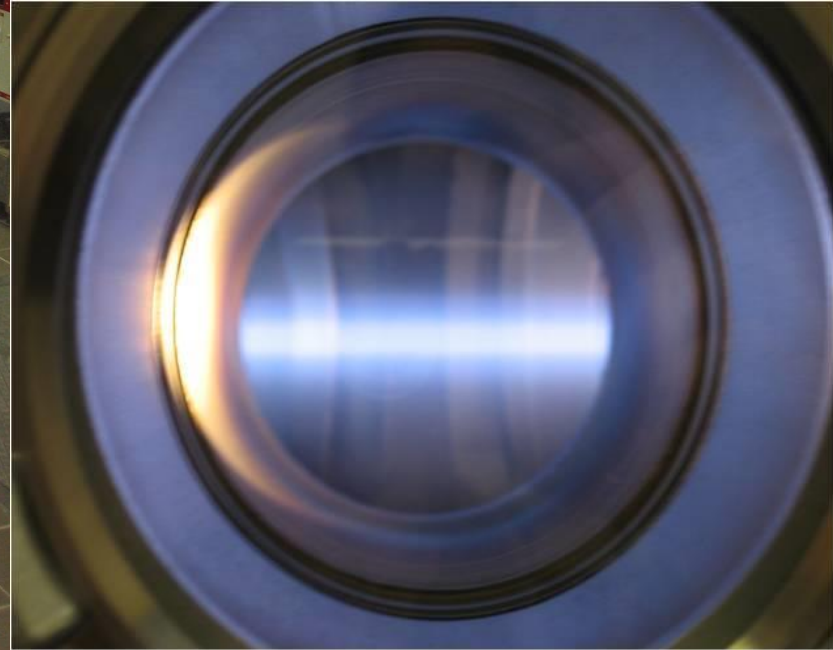
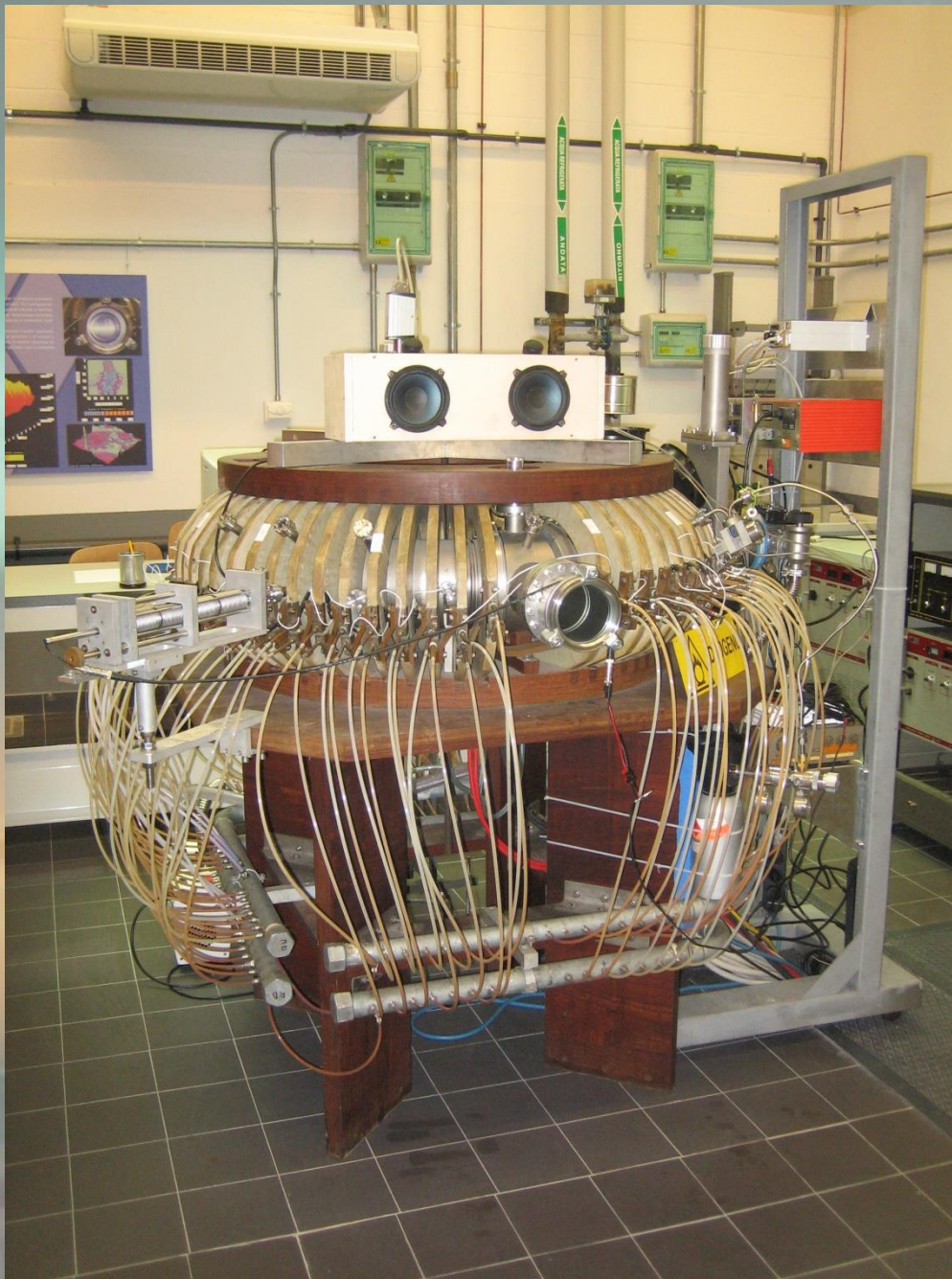


*COLLABORAZIONI: Politecnico di Milano,
Dipartimenti di Scienze dell'Ambiente e
di Scienza dei Materiali di Unimib*

Thorello

Laboratorio Plasmi
Università di Milano
Prof. Fontanesi – 1992

Studi di base su plasmi
magnetizzati, turbolenza,
diagnostiche



Argomenti per la prova finale

Home > Didattica > Corsi di studio > Corso di Laurea triennale in Fisica > Argomenti per la prova finale del terzo anno
> Argomenti per la prova finale del terzo anno - Plasmi, fusione nucleare e spettroscopia neutronica

Stage sperimentali, di simulazione numerica o compilativi sulle applicazioni dei plasmi

Alcuni possibili titoli:

**Caratterizzazione di plasmi impiegati per la purificazione dell'aria
(spettroscopia di assorbimento/spettrometria di massa)**

Deposizione di film sottili con una sorgente a getto di plasma supersonico

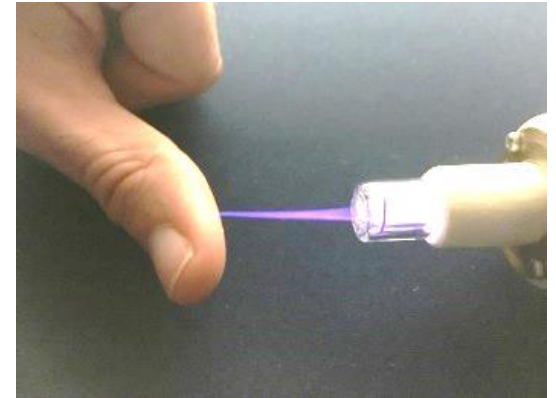
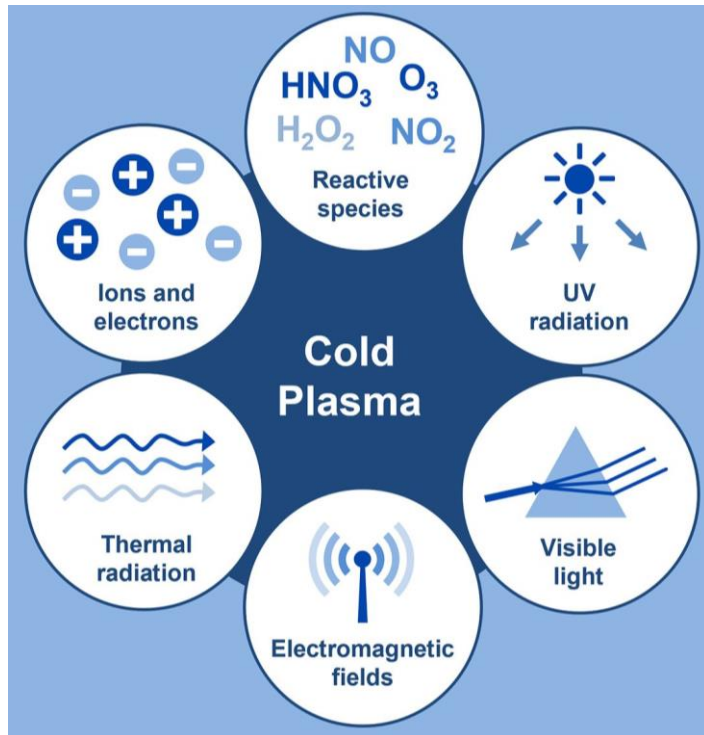
Caratterizzazione del plasma in una sorgente di tipo Gliding Arc Tornado

Caratterizzazione di una sorgente a plasma per eventi di divulgazione

Misura delle fluttuazioni di campo elettrico con sonde elettrostatiche

Plasmi per applicazioni biomediche

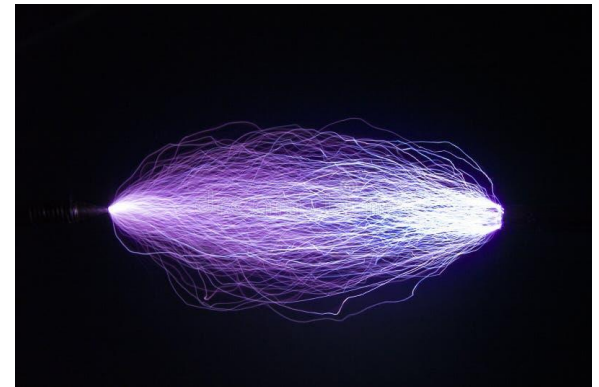
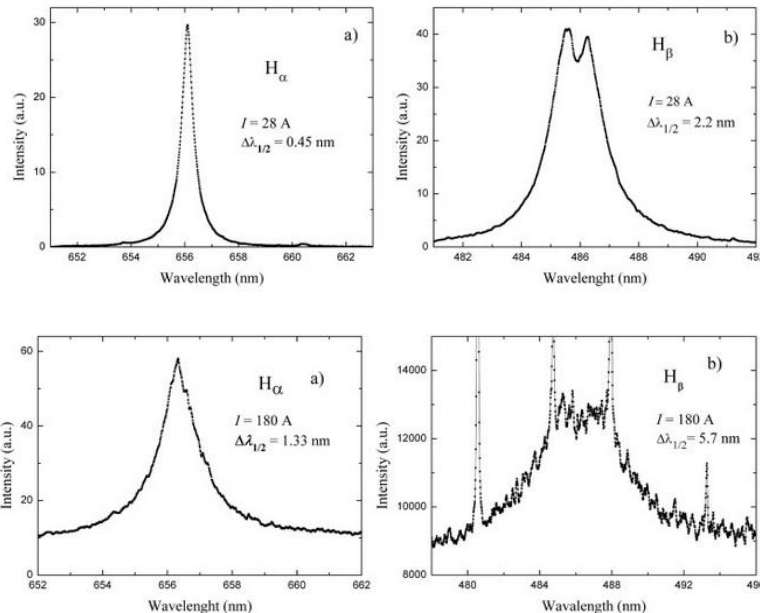
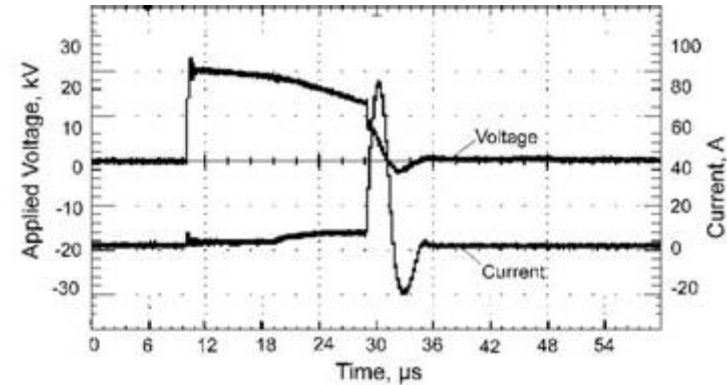
Caratterizzazione di **plasma jet** a pressione atmosferica e bassa potenza, di interesse per **applicazioni biomediche** (disinfezione, *wound healing*, trattamento di tumori).



Valutazione della densità di una scarica in acqua

Attraverso l'applicazione di una alta tensione a due elettrodi immersi in acqua è possibile ottenere una scarica di tipo «**spark discharge**» di elevata densità di plasma.

Lo scopo di questo lavoro è di effettuare una valutazione critica, attraverso una **ricerca bibliografica**, della possibilità di stimare la **densità** del plasma attraverso la misura della larghezza di **righe spettrali dell'idrogeno**, ed eventualmente di tentare tale valutazione su dati esistenti.

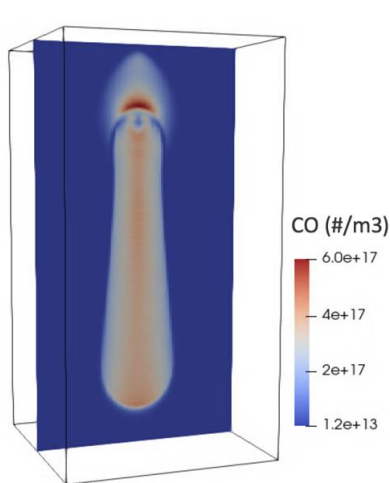


Simulazioni a due fluidi di plasmi freddi

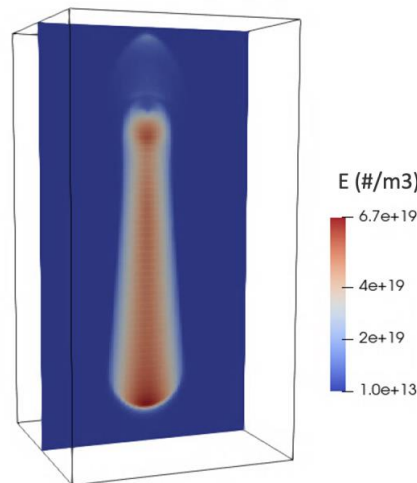
Il codice numerico **Vidyut3d**, sviluppato presso il National Renewable Energy Laboratory (NREL) negli USA, evolve nel tempo le **equazioni a due fluidi** (ioni ed elettroni), includendo l'effetto di vari tipi di **processi collisionali** (ionizzazione, eccitazione...).

Il codice è progettato in modo tale da potersi avvalere della **parallelizzazione**, sia su **CPU multi-core** che su **scheda grafica Nvidia**.

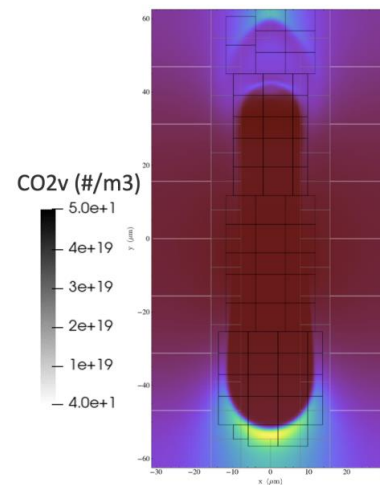
Il codice è attualmente in fase di test: a seconda dell'inizio del periodo di tesi triennale si potrà contribuire alla realizzazione di simulazione di **plasmi a bassa pressione** o, più avanti, di **plasmi a pressione atmosferica**.



CO formation in the streamer



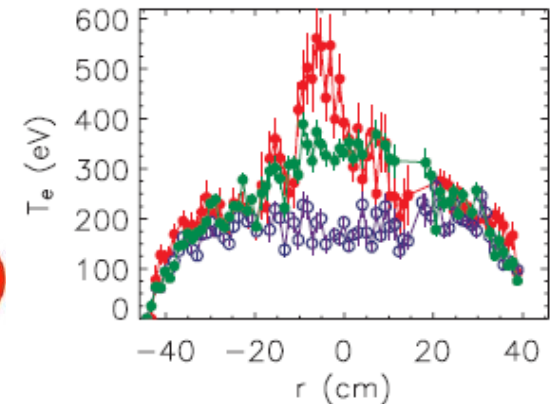
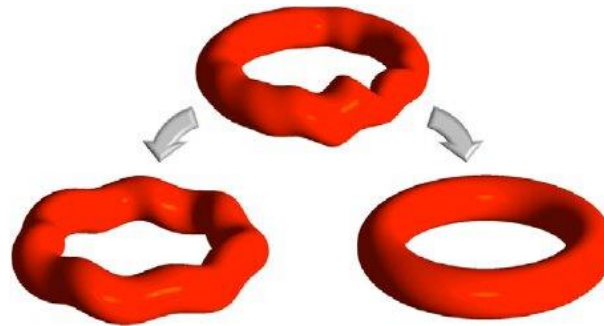
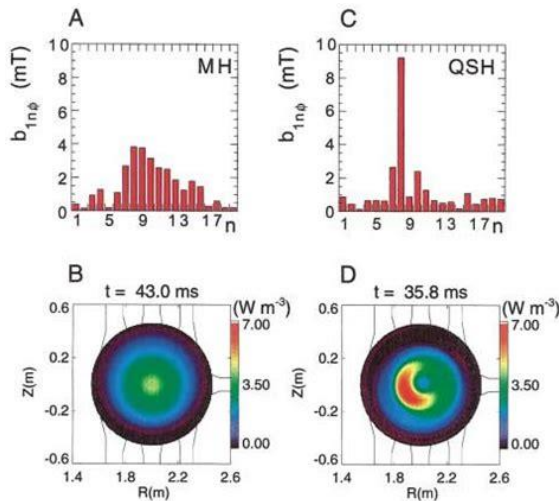
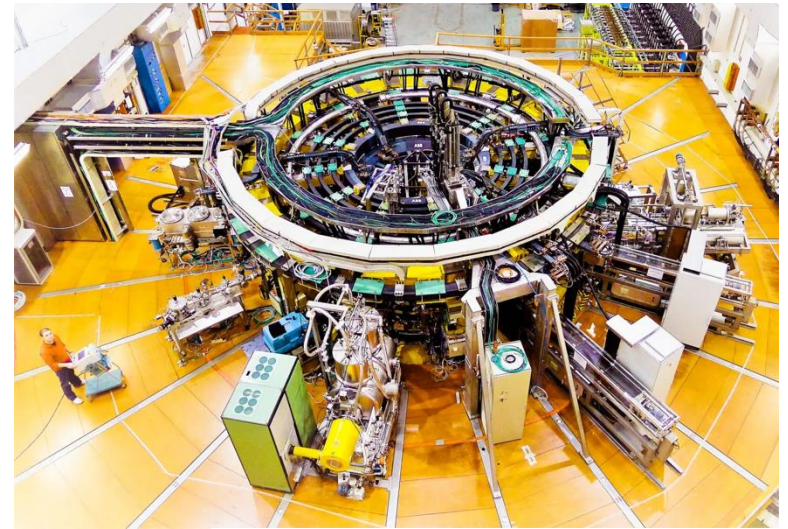
Electron density in streamer



Electric field focusing at streamer head

Auto-organizzazione di un plasma toroidale

L'esperimento **RFX-mod**, operante presso il Consorzio RFX di Padova, è una **macchina toroidale** per il confinamento di **plasma magnetizzati di interesse fusionistico**. Progettato per lavorare con la configurazione di campi denominata “reversed field pinch”, può anche operare in configurazione tokamak.



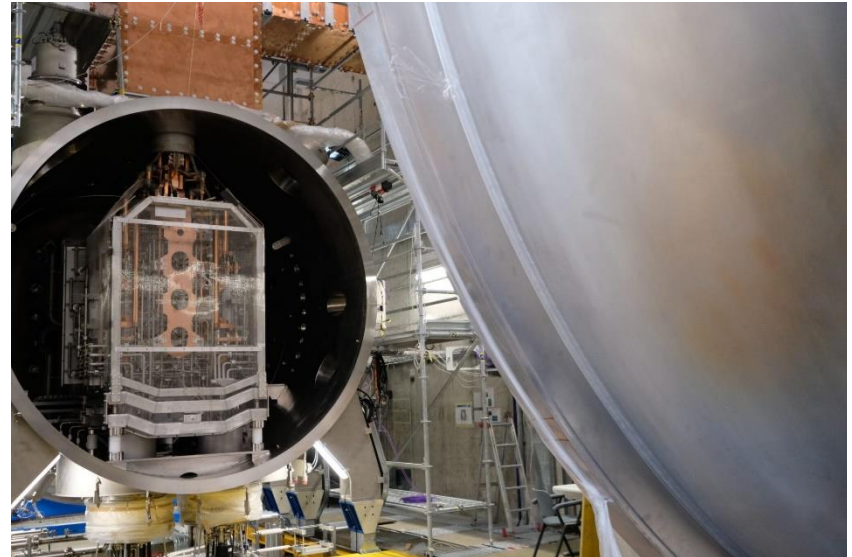
Si propone un lavoro di **analisi della turbolenza magnetoidrodinamica** associata all'emergere di **stati a confinamento migliorato** (stati di quasi-singola elicità) nelle scariche in configurazione RFP, utilizzando il database esistente.

Misure di turbolenza in una sorgente di ioni H^-

SPIDER è una **sorgente di ioni negativi H^-** di grandi dimensioni, operante presso il Consorzio RFX di Padova. Essa costituisce il primo stadio dell'**iniettore di neutri** energetici destinato al riscaldamento del plasma di **ITER**.

Nella prima parte del 2026 è prevista l'installazione su SPIDER di **sonde di Langmuir** operanti in modalità di **sonda tripla**, e il loro utilizzo per la misura degli andamenti temporali di **densità e temperatura elettronica** nel plasma.

Quando i dati saranno disponibili, sarà possibile un lavoro di tesi triennale sull'analisi di essi tramite **tecniche di analisi spettrale e di correlazione lineare e non-lineare**.




Proposte di tesi triennali su plasmi freddi e loro applicazioni

L'elenco delle proposte di tesi triennale relative a plasmi freddi e loro applicazioni è disponibile al seguente link:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Jk9MIPHFOKc9CTe6mGEywxH3xJNb5VWeo4tenzXt88l/edit?usp=sharing>



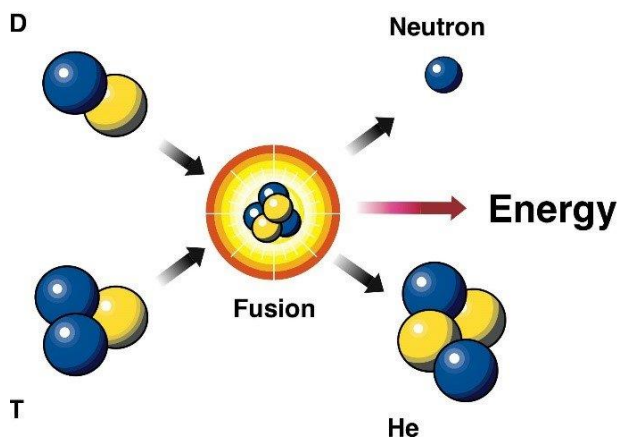
ruggero.barni@unimib.it
emilio.martines@unimib.it



Plasmi per la fusione nucleare

La Fusione Nucleare

marco.cavedon@unimib.it
massimo.nocente@unimib.it

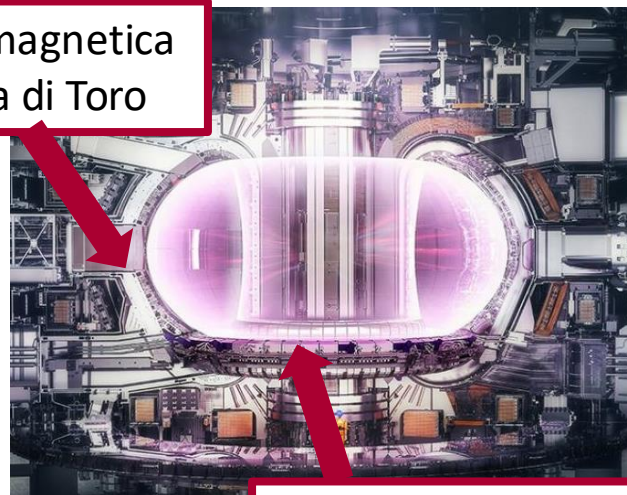


- No CO₂
- Reagenti abbondanti (Trizio autoprodotta)
- Intrinsecamente sicura
- Ceneri non radioattive (Elio)

In un futuro, potrebbe fornire una sorgente di energia costante nel tempo per complementare le energie rinnovabili

Confinamento Magnetico

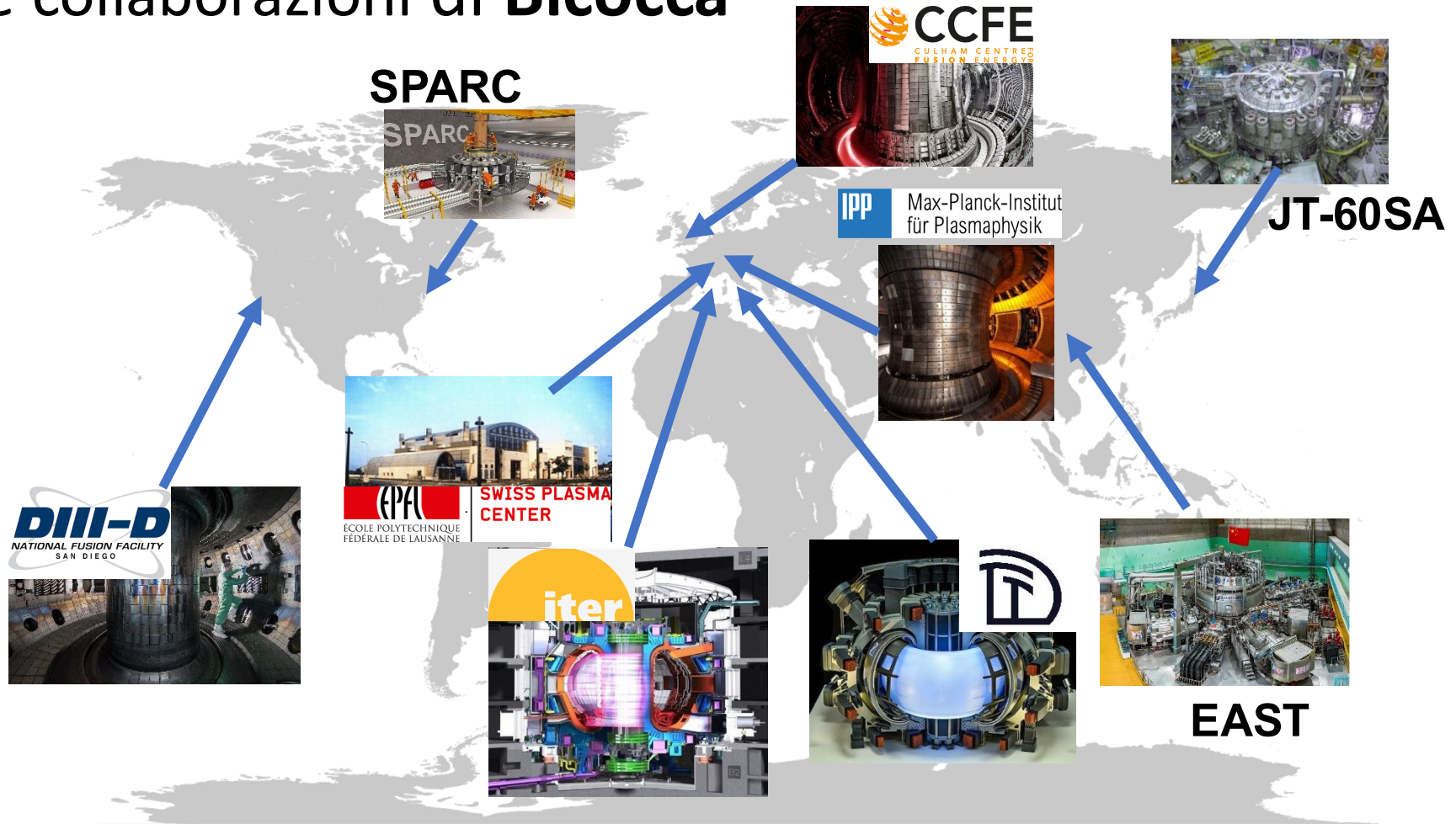
Gabbia magnetica
a forma di Toro



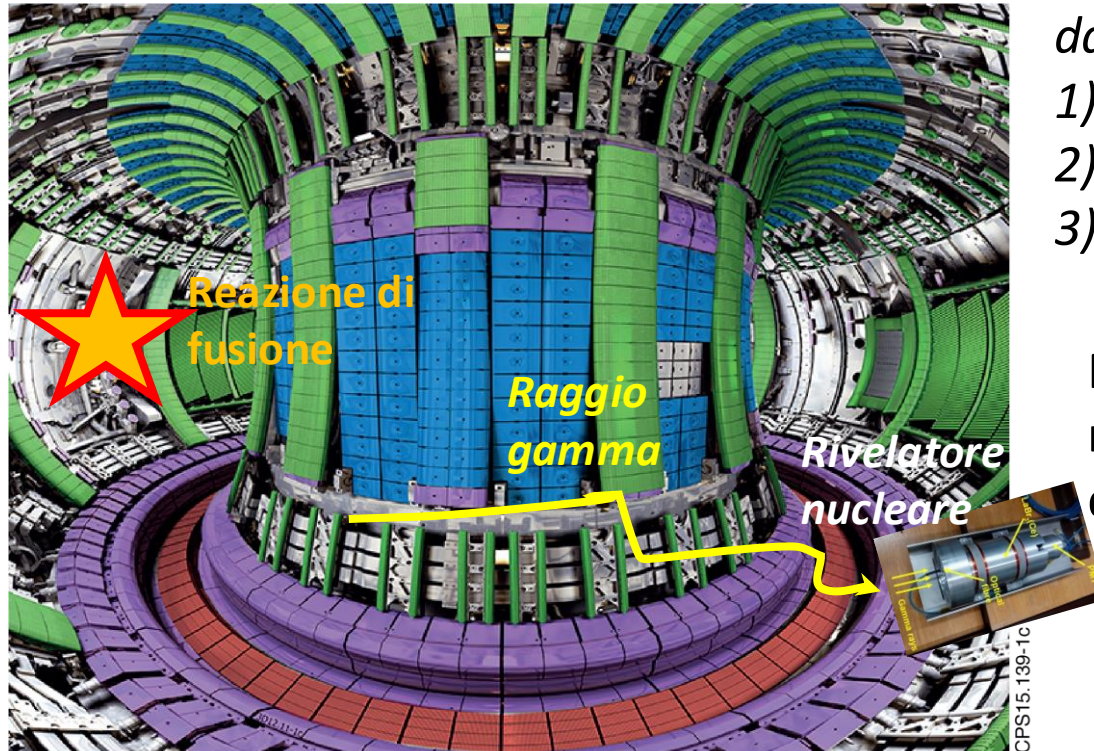
Plasma a
temperature di 150
milioni di gradi
(10x T del sole)

Fusione:

le collaborazioni di Bicocca



Misure nucleari per la fisica delle particelle veloci



- | | |
|----------------|--------------------------|
| ■ Bulk Be PFCs | ■ Be-coated inconel PFCs |
| ■ Bulk W | ■ W-coated CFC PFCs |

Le **particelle veloci** sono prodotte da:

- 1) I **sistemi di riscaldamento**
- 2) Le **reazioni di fusione**
- 3) Le **terminazioni anomale** di una scarica (disruzioni)

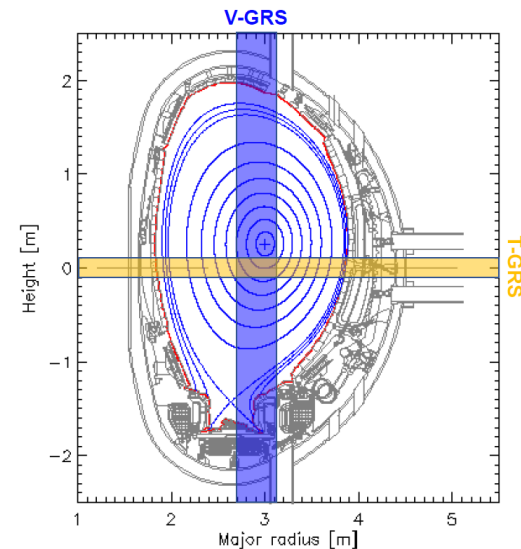
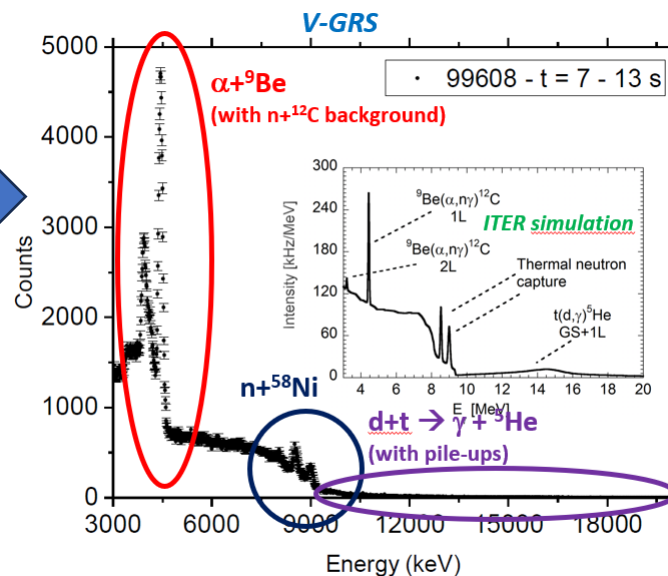
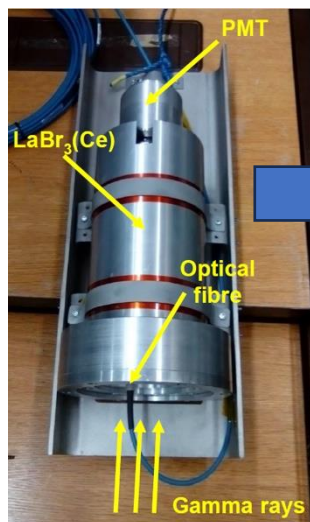
Possono essere studiate misurando **l'emissione nucleare** da esse prodotta

Le attività riguardano:

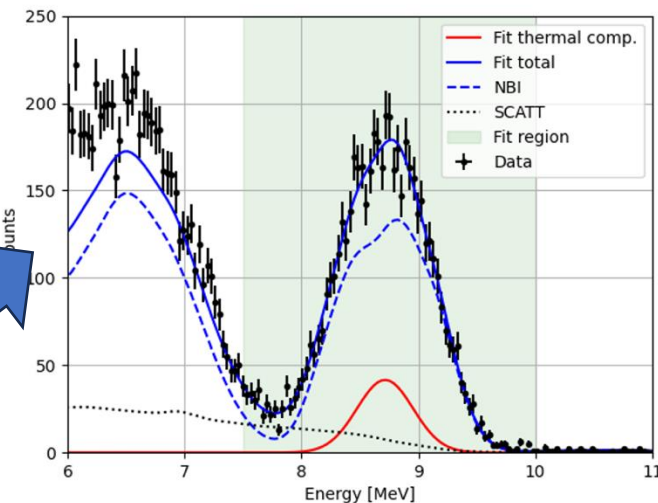
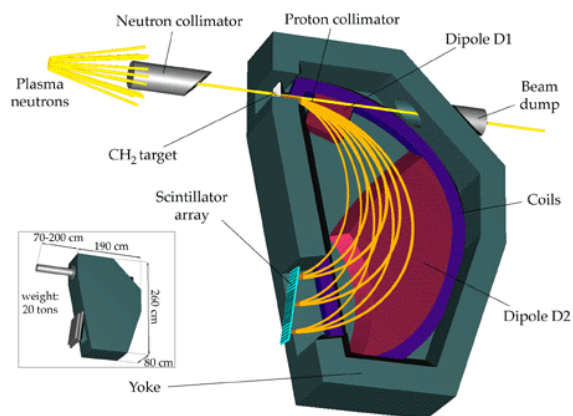
- 1) La progettazione, realizzazione e installazione di **strumenti per la misura** della radiazione nucleare.
- 2) Lo sviluppo di **codici numerici** per il calcolo dell'emissione di radiazione.
- 3) L'**analisi dei dati** di emissione nucleare da esperimenti per determinare le **proprietà delle particelle veloci**

Referente: M. Nocente (massimo.nocente@unimib.it)

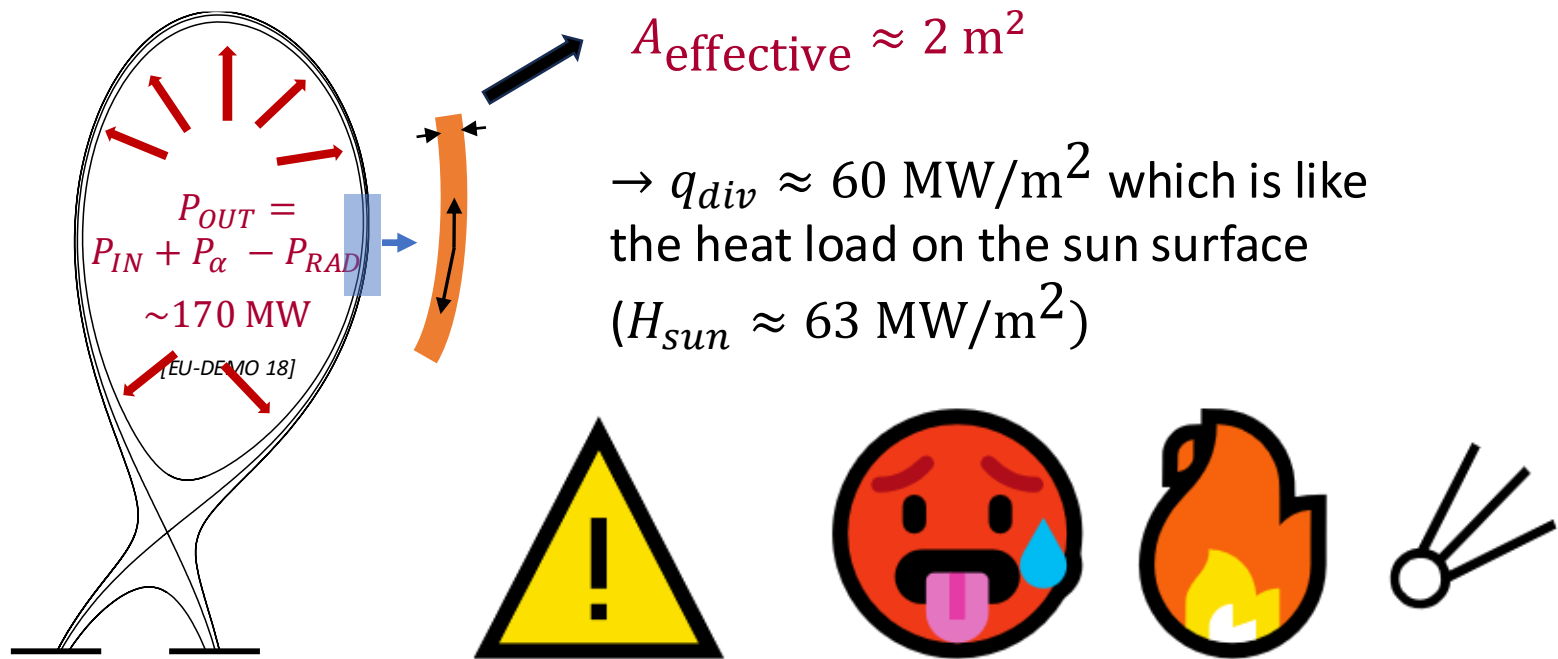
Spettroscopia di raggi gamma



Spettroscopia di neutroni



Il Problema dello Scarico di Plasma



Referente: M. Cavedon (marco.cavedon@unimib.it)

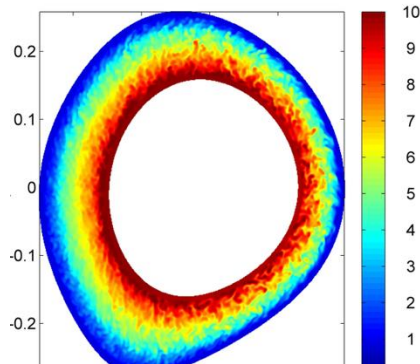
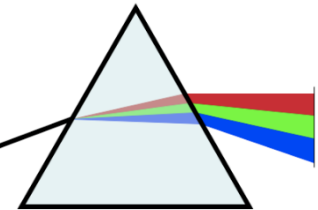
La fisica di Bordo-Plasma



Analisi Dati di tokamak esistenti



Sviluppo di diagnostiche di spettroscopia Visibile-UV



Modellizzazione di soluzioni del problema dell'exhaust

Referente: M. Cavedon (marco.cavedon@unimib.it)

Proposte di tesi di laurea triennale in area fusione nucleare

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1t6oELvI44t4rH3viVKmhvHxupGwbWLWmyluDa9x8R0/edit?usp=drive_link

massimo.nocente@unimib.it

marco.cavedon@unimib.it

