UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

COURSE SYLLABUS

Plasma Physics Laboratory

2122-3-E3001Q062

Obiettivi

Il Laboratorio di Esperimentazioni di Plasmi 2022/2023 si articola in tre parti:

PARTE 1: Laboratorio di diagnostiche nucleari di plasmi da fusione

PARTE 2: Laboratorio di generazione di plasmi freddi

PARTE 3: Laboratorio di spettroscopia di plasmi freddi

Contenuti sintetici

Programma esteso

PARTE 1

Lo scopo della PARTE 1 del laboratorio è quello di dare allo studente una conoscenza basilare delle principali diagnostiche utilizzate per misura di radiazione nucleare emessa da plasmi di fusione. La radiazione nucleare emessa da plasmi da fusione termonucleare controllata è principalmente costituita da neutroni, raggi gamma e raggi X.

Attraverso una serie di lezioni teoriche introduttive verranno forniti i concetti alla base dell'emissione di queste radiazioni dal plasma e verrà spiegata la loro importanza diagnostica al fine della determinazione delle configurazioni di plasma per raggiungere la fusione nucleare.

In modo particolare le lezioni comprenderanno i seguenti argomenti

1) Introduzione alla fusione nucleare. Misure nucleari da plasmi da fusione, perché si fanno?, perché sono importanti per tokamak come ITER e DEMO? Che informazioni si ricavano?

2) Spettroscopia neutronica da plasmi termonucleari. Cosa vuol dire? Quali diagnostiche si usano? Come funzionano Descrizione di diagnostiche comprovate (eg. MPR, TOFOR, Scintillatori Liquidi,…) e di diagnostiche innovative (Diamandi sintetici, SiC,…)

3) Spettroscopia gamma da plasmi termonucleari Cosa vuol dire? Quali diagnostiche si usano? Come funzionano Descrizione di diagnostiche comprovate (eg. Scintillatori+PMT) e di diagnostiche innovative (SiPM,..)

4) Misure di raggi X soffici da plasmi termonucleari. Descrizione componenti della radiazione e processi fisici alla base. Quali diagnostiche si usano? Come funzionano? Descrizione di diagnostiche comprovate (eg. Silici) e di diagnostiche innovative (GEM,…)

Ogni lezione introduttiva conterrà anche una parte di descrizione di funzionamento di rivelatori.

Le esperienze di laboratorio (E1,E2,E3) che ciascuno studente affronterà sono le seguenti (breve descrizione)

E1: Misure di spettroscopia gamma utilizzando scintillatori accoppiati a PMT o SiPM

E2: Misura della risoluzione energetica e della raccolta di carica in rivelatori al diamante usando sorgente alfa

E3: Studio della risposta di un rivelatore al Silicio a raggi X (calibrazione, risoluzione energetica…)

Per alcune di queste esperienze verrà inoltre utilizzato un simulatore per simulare la risposta ad una impulso di plasma (simulato) per alcune diagnostiche durante esperimenti di fusione.

Per ogni esperienza verrà tenuta una lezione introduttiva in cui saranno spiegate sia la strumentazione da utilizzare sia i diversi passaggi dell'esperienza stessa.

Gli studenti saranno suddivisi in gruppi da 3-4.

Le lezioni introduttive si svolgeranno in remoto sulla piattaforma zoom (link di connessione fornito negli avvisi)

Verrà fornito calendario dettagliato sia delle lezioni che dei turni di laboratorio.

Le attività si tengono nel locale 1001 dell'Edificio U9- Laboratori Plasma Prometeo del Dipartimento di Fisica.

PARTE 2

Lo scopo delle attività di laboratorio inerenti la parte 2 è quello di introdurre in modo sperimentale delle metodologie di generazione di plasmi freddi, ossia di plasmi in cui la componente ionica e quella neutra sono a temperature prossime a quella ambiente. Le due tecniche utilizzate saranno la scarica in continua a catodo caldo e la scarica a radiofrequenza. Sul plasma a catodo caldo verranno anche eseguite delle misure elettriche, volte a valutarne i parametri principali. Queste attività forniranno alcuni strumenti formativi di base, comuni a molti ambiti della fisica e tecnologia dei plasmi di laboratorio, che saranno utili anche per le future attività universitaria e per la professione del fisico.

Le attività sono corredate da una breve introduzione allo stato di plasma, al fenomeno dell'innesco di plasmi a bassa pressione, e alle diagnostiche impiegate per la caratterizzazione dei plasmi.

Gli argomenti delle lezioni introduttive sono in seguenti:

1. Classificazione dei plasmi di laboratorio, innesco dei plasmi in continua e a radiofrequenza

2. Diagnostiche per plasmi: la sonda di Langmuir
3. Introduzione agli esperimenti

Gli esperimenti si svolgono nell'ambito delle attività principali:

- Generazione di un plasma lineare a catodo caldo, e misura delle caratteristiche tensione-corrente della scarica

- Caratterizzazione del plasma: misura dei profili macroscopici del plasma (densità, potenziale, temperatura)
- Generazione di una plasma a radiofrequenza

Gli studenti parteciperanno alle attività sperimentali indicativamente in gruppi da tre persone, secondo il calendario che verrà predisposto all'inizio di questa parte.

Le lezioni introduttive si svolgeranno in presenza.

Le attività di laboratorio si terranno nel locale 2025 al secondo piano dell'Edificio U2- Dipartimento di Fisica.

PARTE 3

Lo scopo della parte 3 del laboratorio è di introdurre gli studenti all'utilizzo della spettroscopia UV e visibile in plasmi freddi. Gli studenti avranno l'opportunità di costruire uno spettrometro permettendogli di imparare le basi di ottica UV e visibile oltre alla programmazione di senosori CCD. Lo spettrometro costruito verrà poi usato per caratterizzare differenti sorgenti di plasmi e le misure saranno confrontate con uno spettrometro commerciale. La conoscenze acquisite saranno poi utilizzate per caratterizzare i plasmi della macchina GyM presso l'Istituto per la Scienza e Tecnologia dei Plasmi. A tale scopo, gli studenti verranno introdotti alle basi di modelli collisionali di radiazioni nei plasmi.

Gli argomenti delle lezioni introduttive sono in seguenti:

1. Prima parte:
    - Introduzione alla spettroscopia in plasmi da fusione e plasmi freddi
2. Seconda parte:
    - Elementi di ottica per la costruzione di uno spettrometro
    - Modelli Collisional-Radiative
    - Introduzione alla studio di interazione plasma-parete

Gli esperimenti si svolgono nell'ambito delle attività principali:

- Costruzione di uno spettrometro USB
- Caratterizzazioni di varie sorgenti di plasma

- Caratterizzazione di plasmi per lo studio delle interazione plasma-parete

Gli studenti parteciperanno alle attività sperimentali indicativamente in gruppi da tre persone, secondo il calendario che verrà predisposto all'inizio di questa parte.

Le lezioni introduttive si svolgeranno in presenza.

Le attività di laboratorio si terranno nel locale 2025 al secondo piano dell’Edificio U2- Dipartimento di Fisica e presso l'Istituto per la Scienza e Tecnologia dei Plasmi (CNR, Milano)

Prerequisiti

Fisica 2

Modalità didattica

Lezioni introduttive e laboratorio

Materiale didattico

Saranno redatte alcune slides sugli argomenti introduttivi e le schede degli esperimenti.

Si consiglia il testo F.F. CHEN Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion, Springer International Publishing

DOI 10.1007/978-3-319-22309-4, 2016, per una descrizione fenomenologica dello stato di plasma.

Per la parte di diagnostiche si consiglia il testo Glenn F. Knoll Radiation detection and measurement.

Periodo di erogazione dell'insegnamento

Secondo Semestre

Modalità di verifica del profitto e valutazione

Per essere ammessi all’esame è necessario redigere una relazione su tutte le esperienze di laboratorio. L’esame orale verterà sia sulla discussione della relazione stessa sia su domande generali su argomenti teorici trattati.

Orario di ricevimento