UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

COURSE SYLLABUS

Elements of Plasma Physics

2526-3-E3001Q076

Obiettivi

Il corso si propone di insegnare i primi elementi fondamentali della fisica dei plasmi.

- Conoscenze e capacità di comprensione: conoscenza dei principali elementi della fisica dei plasmi e comprensione dei modelli matematici che li descrivono.
- Conoscenza e capacità di comprensione applicate: conoscenza delle principali elementi della fisica dei plasmi, della relativa fenomenologia e di alcuni esperimenti nei quali trovano applicazioni.
- Autonomia di giudizio: capacità di giudicare autonomamente i limiti dei modelli di descrizione di un plasma in fenomeni rilevanti.
- Abilità comunicative: capacità di descrivere in modo chiaro alcune fenomeni relativi alla fisica dei plasmi, i modelli che li descrivono e i loro limiti.
- Capacità di apprendimento: capacità di apprendere alcuni elementi di base della fisica dei plasmi ad un livello adeguato alla soluzione di semplici problemi quantitativi.

Contenuti sintetici

Definizione di plasma e parametri di base; descrizione a singola particella e orbite di particelle cariche in un plasma; il plasma come fluido carico; equilibri magnetoidrodinamici ed confinamento di un plasma; elementi di onde nei plasmi; elementi di collisioni nei plasmi.

Programma esteso

1) Definizione di plasma e parametri di un plasma

Definizione di plasma ed alcune proprietà di base: grado di ionizzazione ed equazione di Saha, quasi neutralità, schermo di Debye, frequenza di plasma, funzione di distribuzione e temperatura.

2) Descrizione a singola particella: moto delle cariche in un plasma

Moto di una particella carica in un campo elettrico e magnetico uniformi e concetto di velocità di deriva.

Moto in campi magnetici disuniformi: deriva dovuta al gradiente del campo magnetico e alla curvatura delle linee di campo.

Moto in campi magnetici dipendenti dal tempo: deriva di polarizzazione

Relazione tra moti periodici ed invarianti adiabatici: pendolo semplice con lunghezza del filo che cambia lentamente nel tempo.

Applicazione ai plasmi: moto di girazione e momento magnetico. Macchine a specchio magnetico.

Secondo e terzo invariante adiabatico ed applicazioni.

3) Il plasma come un fluido carico

Costruzione delle equazioni che descrivono un plasma con un fluido carico di ioni ed elettroni: equazione di conservazione della massa e della quantità di moto. Deriva diamagnetica.

Riduzione ad un'unica equazione fluida ed equazioni della magnetoidrodinamica (MHD).

4) *Equilibri magnetoidrodinamici e confinamento di un plasma*

Equazioni dell'equilibrio MHD e proprietà generali: superfici di flusso e di corrente; pressione e tensione magnetica.

Proprietà delle configurazioni di equilibrio z-pinch, theta-pinch, screw-pinch e relativi limiti.

Equilibrio e bilancio delle forze in configurazione di equilibrio toroidale.

Cenni alle instabilità MHD per le configurazioni di equilibrio.

5) Elementi di onde nei plasmi
Richiami alle proprietà generali di un'onda: rappresentazione di Fourier, velocità di fase e di gruppo, relazione di dispersione, principio di indeterminazione.

Descrizione a due fluidi delle onde elettrostatiche ed elettromagnetiche in un plasma non magnetizzato e omogeneo.

Onde di Alfvén in MHD per plasmi omogenei.

Breve panoramica su alcuni aspetti teorici e fenomenologici della propagazione delle onde nei plasmi.

Prerequisiti

I corsi di matematica e fisica dei primi due anni della Laurea Triennale in Fisica

Modalità didattica

Lezioni frontali con esercizi assegnati su ciascun argomento del corso. L'insegnamento sarà tenuto in lingua italiana e sarà costituito da:
• 17 lezioni da 2 ore ciascuna (34 ore totali) svolte in modalità didattica erogativa in presenza.
• 7 lezioni da 2 ore ciascuna (14 ore totali) svolte in modalità didattica erogativa da remoto.

Materiale didattico

F.F. Chen, Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion, 2nd ed. Vol.1, Plenum Press NY

Paul M. Bellan, “Fundamentals of plasma physics”, ed. Cambridge University Press, 2006

J.P. Freidberg, “Plasma physics and fusion energy”, ed. Cambridge University Press, 2007

G. Pucella e S. E. Segre, “Fisica dei plasmi”, ed. Zanichelli, 2009

Periodo di erogazione dell'insegnamento

I semestre

Modalità di verifica del profitto e valutazione

L'esame è scritto, eventualmente seguito da una prova orale, e consiste di due sezioni. Nella prima sezione, lo studente dovrà presentare nel dettaglio un argomento tra quelli presenti all'interno di una lista pubblicata sulla pagina di e-learning, incluse le eventuali dimostrazioni matematiche relative a quell'argomento. Almeno tre giorni prima dell'esame, lo studente dovrà comunicare per e-mail al docente tre argomenti tra quelli presenti nella lista, appartenenti a capitoli diversi e, il giorno dell'esame, il docente ne sceglierà uno per la prima sezione della prova scritta. La seconda sezione consisterà, invece, in due domande più brevi. Ciascuna domanda consisterà nella soluzione di uno degli esercizi assegnati per casa durante il corso, corredata di qualche domanda sugli aspetti teorici generali relativi all'esercizio. Per la risposta a tali domande non sarà richiesto di conoscere il dettaglio delle dimostrazioni matematiche. Per lo svolgimento della prova, lo studente non potrà usare appunti o libri di testo, ma potrà servirsi di una copia stampata del formulario messo a disposizione alla pagina di e-learning. A ciascuna sezione delle prova saranno assegnati fino a 16 punti. Il voto finale consisterà nel punteggio conseguito nella prova scritta, eventualmente arrotondato per eccesso all'intero. Ai punteggi superiori a 30 sarà assegnata la valutazione di "30 e lode". La valutazione di ciascuna sezione si baserà, per il 70%, sulla conoscenza dei contenuti, e per il restante 30% sulla chiarezza espositiva. Conoscenza e chiarezza espositiva devono comunque essere ciascuna non significativamente carenti per ritenere superata la prova. Per partecipare alla breve discussione orale è necessario un punteggio minimo pari a 15. In presenza di un punteggio uguale o superiore a 20 la prova orale è facoltativa e lo studente può registrare il voto così come è, facendone richiesta al docente per email. La breve discussione orale è finalizzata ad accertare l'eventuale superamento delle lacune emerse nella prova scritta. L'esame è in lingua italiana o, su richiesta, in lingua inglese.

Graduazione della valutazione

18-19: preparazione su un numero ridotto di argomenti presenti nel programma del corso, con capacità di trattazione e applicazione alla soluzione di problemi limitate che, nel caso della prova orale, emergono solo a seguito dell'aiuto e delle domande del docente; competenza espositiva e lessico non sempre corretti, con una capacità di elaborazione critica limitata;
20-23: preparazione su una parte degli argomenti presenti nel programma del corso, capacità di applicazione alla soluzione dei problemi solo nei casi più semplici, uso di un lessico corretto anche se non del tutto accurato e chiaro e di una capacità espositiva a tratti incerta;
24-27: preparazione su un numero ampio di argomenti trattati nel programma del corso, capacità di applicazione alla soluzione di problemi di difficoltà intermedia, uso di un lessico corretto e competenza nell'uso del linguaggio disciplinare;
28 – 30/30L: preparazione completa ed esaustiva sugli argomenti in programma d'esame, capacità di analisi critica dei temi e di applicazione per la soluzione di problemi anche abbastanza complessi, piena padronanza del lessico disciplinare e di una capacità espositiva rigorosa e articolata.

Orario di ricevimento

Su appuntamento per email

Sustainable Development Goals

ISTRUZIONE DI QUALITÁ | LAVORO DIGNITOSO E CRESCITA ECONOMICA