

**DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA**

**Fisica dei Plasmi**

*Plasma Physics*

**INFORMAZIONI INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA**

|               |                 |               |          |
|---------------|-----------------|---------------|----------|
| <b>A.A.</b>   | 2026-2027       | <b>CdS</b>    | FISICA   |
| <b>Codice</b> | 8065507-8068186 | <b>Canale</b> | Unico    |
| <b>CFU</b>    | 6               | <b>Lingua</b> | Italiano |

**DOCENTE RESPONSABILE DELL'INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA**

**Giuseppe CONSOLINI**

**CODOCENTE**

Modulo:

**OBIETTIVI FORMATIVI E RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI**

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Italiano</b> | <p><b>OBIETTIVI FORMATIVI:</b> Acquisizione delle conoscenze di base relative alla descrizione dei plasmi spaziali e di laboratorio ed in particolare: moto di particelle in campi elettromagnetici, descrizione cinetica e fluida dei plasmi, descrizione magnetoidrodinamica, onde nei plasmi ed instabilità di plasma. Acquisizione di concetti avanzati sull'evoluzione dei plasmi fuori dall'equilibrio e su processi non ideali negli stessi.</p> <p><b>CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPRENSIONE:</b> principi di base e fenomenologia del plasma sia spaziale (astrofisico) sia di laboratorio.</p> <p><b>CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPRENSIONE:</b> applicare i principi di base della fisica del plasma per ottenere una descrizione quantitativa dei fenomeni osservati.</p> <p><b>AUTONOMIA DI GIUDIZIO:</b> capacità di estrarre in modo autonomo le informazioni fondamentali della dinamica del plasma e di essere in grado di leggere criticamente i lavori del campo specifico.</p> <p><b>ABILITÀ COMUNICATIVE:</b> capacità di descrivere la fenomenologia del plasma e la sua influenza sui processi fisici in ambito spaziale, astrofisico e di laboratorio ad un'audience specializzata e non.</p> <p><b>CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO:</b> capacità di comprendere l'importanza dei vari elementi che determinano la dinamica dei plasmi spaziali, astrofisici e di laboratorio.</p> |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| English | <p><i>LEARNING OUTCOMES: The aim of the course is the acquisition of basic knowledge regarding the description of space and laboratory plasmas, and in particular: particle motion in electromagnetic fields, kinetic and fluid descriptions of plasmas, magnetohydrodynamic descriptions, plasma waves and plasma instabilities. Acquisition of advanced concepts concerning the evolution of non-equilibrium plasmas and non-ideal processes within them.</i></p> <p><i>KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING: basic principles and phenomenology of space (astrophysics) and laboratory plasma.</i></p> <p><i>APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING: to apply the basic principles of the plasma physics to get a quantitative description of the observed phenomena.</i></p> <p><i>MAKING JUDGEMENTS: capacity to extract independently the fundamental information on the plasma dynamics and to be capable of discerning the relevance of the works in the specific field.</i></p> <p><i>COMMUNICATION SKILLS: capacity to describe the phenomenology and the influence of plasma dynamics on the natural processes in space, astrophysics and laboratory to both a specialized and not-specialized audience.</i></p> <p><i>LEARNING SKILLS: capacity to understand the importance of the different elements determining the dynamics of space, astrophysics and laboratory plasmas.</i></p> |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### PREREQUISITI

|          |                                                                                                                           |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Italiano | Conoscenza delle nozioni di base dell'elettromagnetismo, del calcolo differenziale e di nozioni elementari di statistica. |
| English  | <i>Knowledge of the elementary notions of electromagnetism, differential calculus and basic concepts of statistics.</i>   |

#### PROGRAMMA E CRONOPROGRAMMA

|          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Italiano | Introduzione ai Plasmi. Moto di Particelle in Campi Elettromagnetici ed Invarianti Adiabatici. Teoria delle Collisioni nei Plasmi. Teoria Cinetica ed Equazioni dei Momenti. Equazioni Magnetoidrodinamiche. Condizioni per l'Equilibrio Idromagnetico: Equilibri "Force-Free", Condizione per l'Equilibrio di Ferraro ed Equazione di Grad-Shafranov. Instabilità nei Plasmi. Onde Magnetoidrodinamiche. Onde di Plasma. Cenni sull'Elicità Magnetica e Topologia. Cenni sulla Riconnessione Magnetica e sulla Turbolenza Magnetoidrodinamica |
| English  | <i>Introduction to Plasmas. Motion of a Particle in Electromagnetic Fields and Adiabatic Invariants. Collision Theory in Plasmas. Kinetic Theory and Moment Equations. Magnetohydrodynamic Equations. Conditions for the Hydromagnetic Equilibrium: Force-Free Equilibrium, Ferraro's Condition of Equilibrium and Grad-Shafranov equation.</i>                                                                                                                                                                                                |

|  |                                                                                                                                                                                                                          |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p><i>Plasma Instabilities. Magnetohydrodynamic Waves. Plasma Waves.</i></p> <p><i>An Overview of Magnetic Helicity and Topologies. An Introduction to Magnetic Reconnection and Magnetohydrodynamic Turbulence.</i></p> |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### TESTI ADOTTATI E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

|          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Italiano | <p>G. Pucella e S.E. Segre, <i>Fisica dei Plasmi</i>, Zanichelli (2010);</p> <p>C. Chiuderi e M. Velli, <i>Fisica del Plasma, Fondamenti ed applicazioni astrofisiche</i>, Springer-Verlag Italia (2012);</p> <p>Gurnett Bhattacharjee, <i>Introduction to Plasma Physics</i>. Cambridge University Press.</p> <p>Bibliografia di Riferimento:</p> <p>R. Fitzpatrick, <i>Plasma Physics: An introduction</i>, CRC Press;</p> <p>H. Goedbloed and S. Poedts, <i>Principles of Magnetohydrodynamics</i>, Cambridge University Press;</p> <p>P.M. Bellan, <i>Fundamentals of Plasma Physics</i>, Cambridge University Press;</p> <p>D. Biskamp, <i>Nonlinear Magnetohydrodynamics</i>, Cambridge University Press;</p> <p>F. F. Chen, <i>Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion</i>, Springer</p>  |
| English  | <p><i>G. Pucella e S.E. Segre, Fisica dei Plasmi, Zanichelli (2010);</i></p> <p><i>C. Chiuderi e M. Velli, Fisica del Plasma, Fondamenti ed applicazioni astrofisiche, Springer-Verlag Italia (2012);</i></p> <p><i>Gurnett Bhattacharjee, Introduction to Plasma Physics. Cambridge University Press.</i></p> <p><i>Additional references:</i></p> <p><i>R. Fitzpatrick, Plasma Physics: An introduction, CRC Press;</i></p> <p><i>H. Goedbloed and S. Poedts, Principles of Magnetohydrodynamics, Cambridge University Press;</i></p> <p><i>P.M. Bellan, Fundamentals of Plasma Physics, Cambridge University Press;</i></p> <p><i>D. Biskamp, Nonlinear Magnetohydrodynamics, Cambridge University Press;</i></p> <p><i>F. F. Chen, Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion, Springer</i></p> |

### DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI SVOLGIMENTO E METODI DIDATTICI ADOTTATI

☒ In presenza ☐ A distanza

|          |                                                                           |
|----------|---------------------------------------------------------------------------|
| Italiano | Lezioni frontali con utilizzo di lavagna ed eventuali ausili informatici. |
| English  | <i>Lectures using a blackboard and, where appropriate, IT resources.</i>  |

### MODALITÀ DI FREQUENZA

☐ frequenza obbligatoria ☒ frequenza facoltativa

### DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI FREQUENZA

|          |                                                                                                                                                                                                                  |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Italiano | Il corso che si articola in lezioni frontali, non prevede obbligo di frequenza. Lo studente è libero di seguire le lezioni o di prepararsi attraverso i testi consigliati e la bibliografia di riferimento       |
| English  | <i>The course, that consists of frontal lessons, does not require the students to be present. The student is free to follow the lessons or to study using the suggested texts and the additional references.</i> |

### MODALITÀ DI VALUTAZIONE

- ☐ Prova scritta      ☒ Prova orale      ☐ Prova di laboratorio      ☐ Prova pratica  
☐ Valutazione in itinere      ☐ Valutazione di progetto      ☐ Valutazione di tirocinio

### COMPOSIZIONE DELLA COMMISSIONE VALUTATRICE

**Giuseppe CONSOLINI, Francesco BERRILLI, Luca GIOVANNELLI, Dario DEL MORO, Giuseppina NIGRO**

### DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ E DEI CRITERI DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

|          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Italiano | <p>La modalità di esame prevista è una prova orale.</p> <p>La prova di esame sarà valutata secondo i seguenti criteri.</p> <p>Voto in trentesimi assegnato secondo i seguenti criteri di valutazione:</p> <p>Non idoneo: importanti carenze e/o inaccuratezza nella conoscenza e comprensione degli argomenti; limitate capacità di analisi e sintesi, frequenti generalizzazioni.</p> <p>18-20: conoscenza e comprensione degli argomenti appena sufficiente con possibili imperfezioni; capacità di analisi, sintesi e autonomia di giudizio sufficienti.</p> <p>21-23: Conoscenza e comprensione degli argomenti routinaria; Capacità di analisi e sintesi corrette con argomentazione logica coerente.</p> <p>24-26: Discreta conoscenza e comprensione degli argomenti; buone capacità di analisi e sintesi con argomentazioni espresse in modo rigoroso.</p> <p>27-29: Conoscenza e comprensione degli argomenti completa; notevoli capacità di analisi, sintesi. Buona autonomia di giudizio.</p> <p>30-30L: Ottimo livello di conoscenza e comprensione degli argomenti. Notevoli capacità di analisi e di sintesi e di autonomia di giudizio. Argomentazioni espresse in modo originale.</p> |
| English  | <p><i>The planned mode of examination is an oral test.</i></p> <p><i>The rules for the final assessment are.</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |



|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p><i>Grade in thirtieths awarded according to the following evaluation criteria:</i></p> <p><i>Ineligible: imajor deficiencies and/or inaccuracy in knowledge and understanding of topics; limited analytical and synthesis skills, frequent generalizations.</i></p> <p><i>18-20: knowledge and understanding of topics only sufficient with possible imperfections; analytical skills, synthesis and judgment autonomy just sufficient.</i></p> <p><i>21-23: knowledge and understanding of topics at a basic level; Correct analysis and synthesis skills with consistent logical reasoning.</i></p> <p><i>24-26: Fair knowledge and understanding of the topics; good analytical and synthesis skills with rigorous arguments.</i></p> <p><i>27-29: Ccomplete knowledge and understanding of the topics; remarkable ability of analysis, synthesis. Good autonomy of judgment.</i></p> <p><i>30-30 cum laude: Excellent level of knowledge and understanding of topics. Remarkable ability of analysis and synthesis and autonomy of judgment. Arguments expressed in an original way</i></p> |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|