

**DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA**

**Scienze Planetare e Missioni Spaziali**

Planetary Sciences and Space Missions

**INFORMAZIONI INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA**

|               |                 |               |                |
|---------------|-----------------|---------------|----------------|
| <b>A.A.</b>   | 2026-2027       | <b>CdS</b>    | FISICA (LM-17) |
| <b>Codice</b> | 8067548-8068794 | <b>Canale</b> | Unico          |
| <b>CFU</b>    | 6               | <b>Lingua</b> | Inglese        |

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

**Alessandro Mura**

**CODOCENTE**

Modulo:

**OBIETTIVI FORMATIVI E RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI**

|          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Italiano | <p><b>OBIETTIVI FORMATIVI:</b> Il corso mira a fornire conoscenze avanzate e aggiornate sulle Scienze Planetarie e le missioni spaziali dedicate all'esplorazione del Sistema Solare. Il corso utilizzerà i dati osservativi provenienti dalle missioni come punto di partenza per studiare le principali tematiche relative alla Planetologia: lo studio delle superfici e degli interni planetari, le atmosfere, le magnetosfere, la formazione planetaria e la definizione di ambienti planetari compatibili con la presenza di composti organici.</p> <p><b>CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE:</b> Gli studenti impareranno la fisica e la fenomenologia di base necessarie per comprendere la modellizzazione dell'ambiente planetario, l'evoluzione planetaria, l'analisi dei dati ottenuti dalle missioni planetarie, e</p> <p><b>CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensIONE:</b> Gli studenti raggiungeranno competenze sufficienti a capire come si definisce una missione di esplorazione planetaria, e saranno in grado di accedere e comprendere la bibliografia scientifica sull'argomento.</p> <p><b>AUTONOMIA DI GIUDIZIO:</b> Gli studenti saranno in grado di sfruttare le competenze ottenute in questo corso per poter esprimere un giudizio autonomo su una proposta di esplorazione planetaria.</p> <p><b>ABILITÀ COMUNICATIVE:</b> Gli studenti raggiungeranno competenze sufficienti per spiegare al pubblico risultati scientifici recenti nell'ambito della planetologia, come articoli di giornale, ecc.</p> <p><b>CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO:</b> Gli studenti raggiungeranno una padronanza generale della tematica scientifica sufficiente per approfondire autonomamente argomenti più specifici.</p> <p>- Capacità di affrontare nuovi campi attraverso uno studio autonomo.</p> |
| English  | <p><b>LEARNING OUTCOMES:</b></p> <p><i>LEARNING OUTCOMES: The course aims to provide advanced and up-to-date knowledge on Planetary Sciences and space missions dedicated to the exploration of the Solar System. The course will use observational data from</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p><i>these missions as a starting point to study key topics related to Planetology: the study of planetary surfaces and interiors, atmospheres, magnetospheres, planetary formation, and the definition of planetary environments compatible with the presence of organic compounds.</i></p> <p><b>KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING:</b> <i>Students will learn the basic physics and phenomenology necessary to understand the modeling of planetary environments, planetary evolution, and the analysis of data obtained from planetary missions.</i></p> <p><b>ABILITY TO APPLY KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING:</b> <i>Students will achieve sufficient skills to understand how a planetary exploration mission is defined and will be able to access and comprehend scientific literature on the subject.</i></p> <p><b>MAKING JUDGMENT:</b> <i>Students will be able to use the skills acquired in this course to independently evaluate a planetary exploration proposal.</i></p> <p><b>COMMUNICATION SKILLS:</b> <i>Students will achieve sufficient skills to explain recent scientific results in the field of planetology to the public, such as in newspaper articles, etc.</i></p> <p><b>LEARNING SKILLS:</b> <i>Students will gain a general mastery of the scientific topic, sufficient to independently delve into more specific subjects.</i></p> |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### PREREQUISITI

|          |                                                                                                                                     |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Italiano | Conoscenza delle leggi della Fisica generale, (Meccanica, Termodinamica, Elettromagnetismo). Elementi base della Fisica del plasma. |
| English  | <i>Basic knowledge of general physics (mechanic, thermodynamics and electromagnetism) and plasma physics.</i>                       |

#### PROGRAMMA E CRONOPROGRAMMA

|          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Italiano | <p>Il corso avrà come argomenti generali il sistema solare; gli Interni e le superfici Planetarie; Atmosfere e magnetosfere; Formazione planetaria; Ambienti planetari; Missioni planetarie di interesse.</p> <p>Il corso sarà strutturato come segue. Introduzione (8 ore): le missioni di Esplorazione, i risultati più recenti, le scoperte più importanti; generalità del Sistema Solare. I Corpi Primitivi e la Formazione del Sistema Solare, abitabilità nel Sistema Solare: ingredienti e condizioni necessarie (8 ore). Pianeti giganti e pianeti ghiacciati, le principali lune dei Giganti (8 ore). Marte: Morfologia superficiale e processi associati, "Follow the water" e cronologia marziana, l'ambiente esterno (4 ore). Venere: Geologia e geofisica, Atmosfera e ambiente esterno (4 ore). Mercurio: i crateri di impatto, la struttura interna, l'esosfera, la magnetosfera e la relazione con il vento solare (4 ore).</p> |
| English  | <p>General topics of the cours will be: the Solar System; Planetary interiors and surfaces; Atmospheres and magnetospheres; Planetary formation; Planetary environments; Planetary missions of interest.</p> <p>The Course structure will be as in the following. Introduction (8 hours): exploration missions, the most recent results, the most important discoveries, overview of the</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Solar System. Primitive Bodies and the Formation of the Solar System, habitability in the Solar System: necessary ingredients and conditions, (8 hours). Giant planets and icy planets, the main moons of the giants (8 hours). Mars: Surface morphology and associated processes, "Follow the water" and Martian chronology, the external environment (4 hours). Venus: Geology and geophysics, Atmosphere and external environment (4 hours). Mercury: impact craters, internal structure, exosphere, magnetosphere, and the relationship with the solar wind (4 hours). |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### TESTI ADOTTATI E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

|          |                                                                                                                                                                                        |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Italiano | Appunti del docente<br>* Planetary Sciences – Updated second edition di dePater e Lissauer, 2015.<br>* Encyclopedia of the Solar System - 3rd Edition - Spohn, Breuer, Johnson, 2014   |
| English  | <i>Lecture Notes.</i><br>* Planetary Sciences – Updated second edition di dePater e Lissauer, 2015.<br>* Encyclopedia of the Solar System - 3rd Edition - Spohn, Breuer, Johnson, 2014 |

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

☒ In presenza ☐ A distanza

|          |                                                                                                                           |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Italiano | Lezione in aula. Presentazioni Power Point.<br>Possibilità di modalità mista (presenza e remoto) se necessario.           |
| English  | <i>Classroom lectures. Power Point presentations.</i><br><i>Possibility of mixed (in person and remote) if necessary.</i> |

#### MODALITÀ DI FREQUENZA

☐ frequenza obbligatoria ☒ frequenza facoltativa

#### DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI FREQUENZA

|          |                       |
|----------|-----------------------|
| Italiano | Lezioni in aula       |
| English  | <i>Class lectures</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

**Francesco Tombesi, Hervé Bourdin, Pasquale Mazzotta, Iacopo Bartalucci**

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

|          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Italiano | <p>La valutazione dello studente prevede una prova orale in cui vengono discussi: 1) una proposta di missione recente (ad esempio, Voyage 2050 o simili "call"); 2) un argomento del corso affine alla tematica della missione proposta (ad esempio, strumentazione spaziale, o un tipo di indagine); 3) un altro argomento differente del corso. Lo studente dovrà dimostrare di comprendere aspetti positivi e criticità della missione discussa, di spiegare le tecniche osservative proposte, di conoscere la fisica di riferimento. Il punteggio della prova d'esame è attribuito mediante un voto espresso in trentesimi. Nella valutazione dell'esame la determinazione del voto finale tiene conto della qualità e completezza dell'esposizione. La prova di esame sarà valutata secondo i seguenti criteri:</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>The student's evaluation includes an oral exam in which the following are discussed: 1) a recent mission proposal (for example, Voyage 2050 or NASA's decadal survey); 2) a course topic related to the theme of the proposed mission (an instrument, a specific investigation); 3) a different course topic. The student must demonstrate an understanding of the positive aspects and critical points of the discussed mission, explain the proposed observational techniques, and know the relevant physics. The exam score is assigned with a grade expressed out of thirty. In the evaluation of the exam, the determination of the final grade takes into account the quality and completeness of the presentation. The examination will be evaluated according to the following criteria:</p> <p>Ineligible: imajor deficiencies and/or inaccuracy in knowledge and understanding of topics; limited analytical and synthesis skills, frequent generalizations.</p> <p>18-20: knowledge and understanding of topics only sufficient with possible imperfections; analytical skills, synthesis and judgment autonomy just sufficient.</p> <p>21-23: knowledge and understanding of topics at a basic level; Correct analysis and synthesis skills with consistent logical reasoning.</p> <p>24-26: Fair knowledge and understanding of the topics; good analytical and synthesis skills with rigorous arguments.</p> <p>27-29: Ccomplete knowledge and understanding of the topics; remarkable ability of analysis, synthesis. Good autonomy of judgment.</p> <p>30-30L: Excellent level of knowledge and understanding of topics. Remarkable ability of analysis and synthesis and autonomy of judgment. Arguments expressed in an original way</p>                                                         |

