

## ALLA SCOPERTA DEI SATELLITI PERCHÉ ORBITANO E COME OSSERVANO LA TERRA

a cura del prof. Mauro Massari – Impianti e Sistemi Aerospaziali

### Descrizione del corso

Il corso presenta alcuni rudimenti dell'ingegneria dei satelliti, facendo leva su nozioni base di fisica e semplici modelli matematici. Dopo una breve descrizione delle missioni spaziali ed un richiamo dei principi fisici necessari alla comprensione delle lezioni, verrà illustrato il concetto di orbita e saranno introdotte le caratteristiche fondamentali delle orbite attorno alla Terra. Seguirà una trattazione molto semplificata della fase di lancio da Terra e di messa in orbita dei satelliti; infine, verrà introdotto il concetto di osservazione della Terra da satellite, ovvero come sia possibile sfruttare il moto dei satelliti per ottenere mappature globali della superficie terrestre.

### Organizzazione

Il corso è suddiviso in 4 moduli; durante ogni modulo gli studenti avranno accesso a diversi **materiali didattici online**, tra cui videolezioni, slide e schede di esercitazione. Gli studenti saranno in contatto costante con docenti e tutor del Politecnico. Inoltre, grazie a un **forum online** potranno lavorare insieme agli altri iscritti all'interno di una classe virtuale. È prevista infine anche la partecipazione a un **webinar**, tenuto direttamente da un docente del corso.

### Altri docenti coinvolti

Prof. Franco Bernelli Zazzera – Impianti e Sistemi Aerospaziali  
Prof. Camilla Colombo – Meccanica Orbitale  
Prof. Pierluigi Di Lizia – Meccanica Aerospaziale  
Dr. Gabriella Gaias – Ingegneria Aerospaziale

### Struttura del corso

#### *Modulo 1 (a cura della dr. Gabriella Gaias):*

Partiremo da una descrizione delle missioni spaziali, spiegando scopi e evoluzione storica dello sviluppo dei satelliti, le prospettive future sul loro utilizzo e le sfide tecnologiche ancora da affrontare. Successivamente si presenteranno i principi fisici fondamentali per comprendere il moto dei satelliti e studiare le loro orbite: principio di inerzia, quantità di moto, momento della quantità di moto, legge di gravitazione universale, energia meccanica, leggi di conservazione, moto circolare uniforme. Di ciascun principio fisico verrà presentato un esempio legato all'ingegneria dei satelliti. Acquisite le basi e le informazioni di contesto, introdurremo il concetto di orbita fornendone una descrizione intuitiva.

#### *Modulo 2 (a cura del prof. Pierluigi Di Lizia):*

Il secondo modulo sarà dedicato all'analisi delle caratteristiche principali delle orbite: ne studieremo la geometria e affronteremo il modo in cui i satelliti si muovono su di esse. Verranno enunciate le leggi di Keplero che descrivono il moto dei pianeti del sistema solare e da queste si dedurranno alcune proprietà delle orbite dei satelliti artificiali che ruotano attorno alla Terra. Si dedicherà particolare attenzione alle caratteristiche delle orbite basse per osservazione della Terra (LEO) e alle orbite geostazionarie per telecomunicazioni (GEO), con alcuni esempi tratti da casi reali.

*Modulo 3 (a cura del prof. Franco Bernelli Zazzera):*

Il terzo modulo sarà dedicato a capire e studiare come sia possibile lanciare un satellite partendo da Terra. Descriveremo in forma molto semplice il principio della propulsione a razzo, elemento base del funzionamento dei lanciatori. Ci soffermeremo poi sulla tipica traiettoria di lancio e su come avviene l'immissione in orbita, presentando semplici esempi. Accenneremo brevemente, infine, alle manovre necessarie per cambiare l'orbita.

*Modulo 4 (a cura della prof. Camilla Colombo):*

A completamento del corso si introdurrà il concetto di osservazione della Terra da satellite, illustrando come i satelliti "vedono" la Terra, che area di copertura può essere garantita da un satellite in funzione della sua orbita e come individuare la traccia a Terra di un satellite. Analizzeremo esempi da orbite basse per osservazione della Terra (LEO) e da orbite geostazionarie per telecomunicazioni (GEO).

## Note biografiche

**Franco Bernelli Zazzera** – Ha conseguito il dottorato di ricerca in Ingegneria Aerospaziale nel 1990 ed è Professore ordinario del Dipartimento di Scienze e Tecnologie Aerospaziali del Politecnico di Milano. Sempre presso il Politecnico è stato Coordinatore dei programmi di scambio Erasmus in Ingegneria Aerospaziale, vice Preside della Facoltà di Ingegneria Industriale, Coordinatore del corso di studio in Ingegneria Aerospaziale e Direttore del Dipartimento di Scienze e Tecnologie Aerospaziali. Franco Bernelli è stato per 4 anni Presidente di PEGASUS, la rete europea di Università aerospaziali, e coordinatore del progetto PERSEUS, finanziato nell'ambito del programma Horizon 2020 e volto a definire misure per migliorare la qualità dei laureati aerospaziali in Europa. Attualmente insegna e svolge ricerche negli ambiti della meccanica del volo spaziale e dei sistemi satellitari.

**Camilla Colombo** – Ha conseguito il dottorato di ricerca in Ingegneria Aerospaziale nel 2010 all'Università di Glasgow (UK) e successivamente ha lavorato alle Università di Glasgow (UK), Università di Strathclyde (UK) e Università di Southampton (UK) come ricercatore e professore associato. Dal 2016 è Professore associato al Dipartimento di Scienze e Tecnologie Aerospaziali del Politecnico di Milano, docente di Meccanica Orbitale. In qualità di *principal investigator* del progetto ERC COMPASS gestisce un gruppo di giovani ricercatori sullo studio delle perturbazioni orbitali e del loro sfruttamento per missioni di piccoli satelliti, e per la mitigazione di detriti spaziali. Gestisce progetti finanziati dall'Unione Europea e dall'Agenzia Spaziale Europea. È delegato per l'Agenzia Spaziale Italiana presso l'Inter-Agency Space Debris Coordination Committee e presso lo Space Mission Planning Advisory Group per missioni agli asteroidi.

**Pierluigi Di Lizia** – Ha conseguito il dottorato di ricerca in Ingegneria Aerospaziale nel 2008 ed è docente di Meccanica Aerospaziale presso il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Aerospaziali del Politecnico di Milano. Dal 2008 al 2016 ha gestito le operazioni della trivella SD2 a bordo della missione Rosetta dell'Agenzia Spaziale Europea, atterrata sulla cometa 67P nel novembre 2014. È attualmente membro della delegazione dell'Agenzia Spaziale Italiana presso l'Inter-Agency Space Debris Coordination Committee e presso lo Space Mission Advisory Group. La sua ricerca si concentra su problemi di sorveglianza dello Spazio, su cui collabora con università, centri di ricerca ed aziende italiani ed internazionali.

**Gabriella Gaias** – Ha conseguito il dottorato di ricerca in Ingegneria Aerospaziale nel 2009 al Politecnico di Milano e successivamente ha lavorato nella divisione di ricerca del German Space Operations Center del Centro Aerospaziale Tedesco. Gabriella Gaias è stata ingegnere responsabile in sala di controllo e sviluppatore di esperimento per la missione PRISMA; *principal investigator*, sviluppatore e responsabile delle operazioni per l'esperimento AVANTI a bordo del satellite BIROS. Dal 2018 Gabriella Gaias svolge attività di ricerca al Politecnico di Milano, dapprima nell'ambito del progetto europeo ERC-H2020-COMPASS ed attualmente come beneficiario della borsa di ricerca individuale H2020 Marie Skłodowska-Curie ReMoVE (Rendezvous Modelling Visiting and Enhancing), volta ad investigare soluzioni tecniche per la rimozione attiva di detriti spaziali.

**Mauro Massari** – Ha conseguito il Dottorato di Ricerca in Ingegneria Aerospaziale presso il Politecnico di Milano nel 2005. Dal 2008 al 2019 è stato Ricercatore Universitario di Ruolo e dal 2019 è Professore Associato presso il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Aerospaziali del Politecnico di Milano. Fino al 2016 è stato docente dei Corsi di “Space System Design” nel corso di laurea magistrale in Space Engineering e di “Introduzione all’analisi di Missioni Spaziali” nel corso di laurea in Ingegneria Aerospaziale del Politecnico di Milano, dal 2017 è docente del Corso di “Payload Design” nel corso di laurea magistrale in Space Engineering del Politecnico di Milano. L’attività di ricerca è focalizzata su: ottimizzazione di traiettoria a bassa spinta sia per traiettorie interplanetarie che per volo in formazione; tecniche avanzate di controllo non lineare, monitoraggio dei detriti spaziali, determinazione orbitale e GNC per robot spaziali.