



# Microsatelliti: dalla progettazione ai test

PCTO

Progetto 112371

SCUOLA DI INGEGNERIA AEROSPAZIALE  
SAPIENZA, UNIVERSITA' DI ROMA

*Anno:* 2023-2024

*Descrizione:*

Le attività del progetto includono la formazione di gruppi di lavoro composti da 3 studenti, i quali collaboreranno con i ricercatori e i professori della Scuola di Ingegneria Aerospaziale nelle attività di ricerca. Gli studenti seguiranno un percorso didattico formativo focalizzato sull'acquisizione di competenze trasversali necessarie per la progettazione, realizzazione e test di un cubesat. All'interno di ciascun gruppo, ogni studente si occuperà di una disciplina specifica in base alle proprie competenze iniziali e interessi.

Per facilitare l'acquisizione delle competenze necessarie, gli studenti saranno introdotti alle attività attraverso dispense e materiale audiovisivo, con accesso differenziato in base alla loro preparazione di base.

*Posti:* 23

*Ore di attività previste per studente:* 30

Il percorso avrà inizio il giorno 06/03/2024 e si protrarrà per cinque settimane, con un impegno di 5 ore settimanali.

## PRIMA GIORNATA, ATTIVITA' COMUNI A TUTTI (3 h): 6/03/2024 h: 10:00

Durante la prima giornata, gli studenti visiteranno il museo, dove verranno illustrate loro le attività passate e presenti della Scuola di Ingegneria Aerospaziale.

Successivamente, avranno l'opportunità di esplorare tutti i laboratori e, infine, saranno assegnati a un ricercatore/professore di riferimento con il quale svolgeranno le attività di (PCTO).



# Laboratorio ASPLab – Propulsione Aerospaziale

**Prof.ssa Antonella Ingenito (4 posti)**

Le attività includono un'introduzione ai principi della propulsione aerospaziale, l'esecuzione di simulazioni numeriche, seguite dall'analisi teorica e la validazione sperimentale. Gli studenti saranno quindi coinvolti nella realizzazione di grani di combustibile, esecuzione di test balistici, misurazioni sperimentali. Di seguito il dettaglio delle attività settimanali.

**PRIMA GIORNATA (2 h):** La prima giornata sarà incentrata sull'introduzione dei principi fondamentali della propulsione aerospaziale, con particolare attenzione a requisiti, obiettivi e prestazioni. Sarà fornita una base introduttiva sulle simulazioni numeriche CFD.

**SECONDA GIORNATA (5 h):** Gli studenti saranno guidati nel disegno 2D di un motore ibrido tramite CAD. Successivamente, saranno introdotti alla creazione di una mesh per simulazioni fluidodinamiche e all'implementazione della geometria in un codice CFD. In questa fase, verrà spiegato agli studenti come impostare le condizioni iniziali e di ingresso (flusso in entrata, temperature, pressioni, velocità...) e "lanciare un caso senza combustione".

**TERZA GIORNATA (5 h):** Gli studenti analizzeranno i risultati ottenuti la settimana precedente in assenza di combustione. Si procederà con una breve introduzione ai diversi tipi di combustibile, alla combustione e ai modelli di combustione. Successivamente, si passerà all'implementazione del combustibile e della combustione nelle simulazioni numeriche.

**QUARTA GIORNATA (5 h):** Gli studenti impareranno come calcolare le prestazioni del motore in base ai risultati numerici. Avranno la possibilità di modificare le condizioni iniziali e confrontare i diversi risultati.

La quarta giornata sarà anche dedicata anche ad attività sperimentali: produzione di diversi grani di propellente per l'utilizzo nelle fasi di test della settimana successiva e alla creazione dei sistemi di accensione.

**QUINTA GIORNATA (5 h):** Il quinto giorno sarà dedicato ai test balistici del motore secondo le condizioni impostate nelle simulazioni.

**SESTA GIORNATA (5 h):** Il sesto giorno sarà ancora dedicato ai test balistici del motore, utilizzando altri combustibili. Gli studenti misureranno e calcoleranno sperimentalmente la velocità di regressione del grano, le condizioni di miscela, la pressione e la spinta, confrontandole con i risultati numerici. Inoltre, la quinta giornata sarà dedicata alla redazione di una relazione finale.

**Competenze richieste:** Conoscenze base di Fisica (misure, leggi di Newton, principio di Bernoulli)

## Laboratorio di Elettronica per Nanosatelliti

### Prof. Augusto Nascetti (4 posti)

Le attività includono:

- un'introduzione all'architettura hardware e software di un payload per esperimenti chimico-analitici basato su tecnologia lab-on-chip che verrà testato a bordo sulla Stazione Spaziale Internazionale nel 2025 (progetto APHRODITE)
- esecuzione dimostrativa di una procedura analitica automatizzata utilizzando il modello di ingegneria del payload
- sviluppo del software di interfaccia per il payload in accordo con gli standard Nasa per le interfacce grafiche da utilizzare a bordo della Stazione Spaziale Internazionale

Inoltre, gli studenti, in base alla loro disponibilità e competenza, potranno essere coinvolti nello sviluppo del firmware che gestisce il sistema embedded di controllo del payload.

Di seguito il dettaglio delle attività settimanali. Tutte le attività sono *hands-on* per cui in ogni giornata sono previste attività pratiche.

**PRIMA GIORNATA (2h):** Introduzione ai sistemi lab-on-chip ed al loro utilizzo in missioni spaziali. Esempio del satellite AstoBio Cubesat.

**SECONDA GIORNATA (5h):** Introduzione all'ambiente di sviluppo software e al sistema di repository utilizzato. Analisi dei requisiti.

**TERZA GIORNATA (5h):** Definizione dell'architettura del software da implementare e set-up dell'ambiente di sviluppo

**QUARTA GIORNATA (5h):** Implementazione software e verifica delle procedure principali

**QUINTA GIORNATA (5h):** Definizione delle procedure di test del software e preparazione della documentazione relativa

**SESTA GIORNATA (5h):** Verifica del software implementato: verifica soddisfacimento requisiti, test funzionali dei singoli moduli e test finale (esecuzione automatica protocollo con hardware completo)

**Competenze richieste:** Principi di programmazione, conoscenza di Java

**Altre competenze utili:** Microcontrollori e sistemi embedded, linguaggio C

## Laboratorio di Meccanica del Volo "Michele D. Sirinian"

**Prof. Paolo Teofilatto, Dr. Stefano Carletta (4 posti)**

Le attività includono:

- Introduzione ai microsattelliti (cosa sono e cosa possono fare) ed ai sistemi di controllo d'assetto (ovvero di puntamento del satellite)
- Descrizione e dimostrazione d'impiego dei sensori e degli attuatori adoperati nei sistemi di controllo d'assetto.
- Descrizione degli apparati di prova in laboratorio per la verifica dei sistemi di controllo d'assetto.

Gli studenti verranno coinvolti nell'attività di ampliamento dell'apparato di test in laboratorio, eseguendo l'installazione dei componenti, le verifiche sul corretto funzionamento dell'impianto e, in ultimo, un test dimostrativo su un modellino di CubeSat 6U.

Di seguito il dettaglio delle attività settimanali. Tutte le attività sono *hands-on* per cui in ogni giornata sono previste attività pratiche.

**PRIMA GIORNATA (2h):** Descrizione di un sistema ADCS: impiego in una missione e componenti principali.

**SECONDA GIORNATA (5h):** Descrizione impianto di test: sistema air-bearing e gabbia di Helmholtz. Installazione del nuovo serbatoio di aria compressa: collegamento dell'impianto pneumatico, installazione dei sensori di misura e integrazione con piattaforma air-bearing.

**TERZA GIORNATA (5h):** Prove di carica/scarica serbatoio, acquisizione dati e caratterizzazione delle performance del sistema.

**QUARTA GIORNATA (5h):** Gabbia di Helmholtz: misure di campo magnetico per la caratterizzazione dell'area di prova e sviluppo della GUI in Matlab per l'esecuzione e rappresentazione risultati dei test.

**QUINTA GIORNATA (5h):** Implementazione in Matlab/Simulink di un controllore Proporzionale-Derivativo e simulazione per preparare i test in laboratorio.

**SESTA GIORNATA (5h):** Traduzione del modello Matlab/Simulink per programmazione su FPGA e test su modello CubeSat 6U.

**Competenze richieste:** Conoscenze base di Fisica (misure, leggi di Newton, principio di Bernoulli, momento magnetico), Programmazione (struttura di un algoritmo, funzioni logiche, lettura dati da porta seriale) e Informatica (Excel o software equivalente).

## Laboratorio di Guida e Navigazione

**Prof. Giovanni B. Palmerini, prof. Paolo Gasbarri, prof. Marco Sabatini (4 posti)**

Le attività includono:

- Introduzione ai sistemi di controllo satellitari;
- Descrizione della piattaforma flottante usata per gli esperimenti di guida e controllo;
- Descrizione dei software per la progettazione CAD 3D e della stampante 3D

Gli studenti verranno coinvolti nell'attività di ri-progettazione di parti del sistema di controllo tramite stampa 3D nell'ottica di rendere più economica e rapida la produzione di nuove piattaforme sperimentali. In particolare, la spinta della piattaforma flottante avviene tramite ugelli, o thrusters, che attualmente sono dispositivi di precisione realizzati in acciaio. L'attività comprende la comprensione del funzionamento, il disegno CAD di un nuovo thruster, la sua realizzazione con stampa 3D (diversi materiali) e test della spinta ottenuta con vari esemplari.

**PRIMA GIORNATA (2h):** Descrizione di un sistema di controllo per satelliti. Principi fisici.

**SECONDA GIORNATA (5h):** Descrizione e uso della piattaforma flottante e dei sistemi di test. Acquisizione materiale e datasheet dei componenti esistenti.

**TERZA GIORNATA (5h):** Disegno del nuovo thruster con software CAD.

**QUARTA GIORNATA (5h):** Realizzazione del thruster tramite stampante 3D con diversi materiali.

**QUINTA GIORNATA (5h):** Misura delle prestazioni di spinta. Misura della ripetibilità dei risultati ottenuti.

**SESTA GIORNATA (5h):** Assemblaggio dei thruster a bordo della piattaforma. Prova di manovra.

**Competenze richieste:** Conoscenze base di Fisica, Informatica (possibilmente, ma non necessariamente conoscenza di disegno 3D).

## **Simulazione al PC del controllo d'assetto di un satellite**

**Prof. Fabio Celani (3)**

Le attività includono un'introduzione al moto orbitale e al moto d'assetto di un satellite, agli attuatori di coppia e ai sensori d'assetto. La descrizione di un sistema di detombolamento di un satellite e la sua simulazione al PC. La descrizione di un sistema di regolazione d'assetto di un satellite e la relativa simulazione al PC.

Gli studenti utilizzeranno l'ambiente Matlab/Simulink per simulare su PC il moto d'assetto di un satellite in ognuna delle operazioni presentate.

**PRIMA GIORNATA (2h):** Descrizione del moto orbitale e del moto d'assetto di un satellite. Descrizione di attuatori di coppia e sensori d'assetto. Descrizione del sistema di detombolamento di un satellite.

**SECONDA GIORNATA (5h):** Dinamica d'assetto non lineare di un satellite e linearizzazione. Simulazione della dinamica linearizzata e non lineare.

**TERZA GIORNATA (5h):** Detombolamento proporzionale e simulazioni.

**QUARTA GIORNATA (5h):** Sistema di regolazione d'assetto di un satellite. Equazioni non lineari del moto d'assetto e linearizzazione.

**QUINTA GIORNATA (5h):** Simulazione del moto d'assetto linearizzato e non lineare.

**SESTA GIORNATA (5h):** Regolazione d'assetto proporzionale e proporzionale-derivativo e simulazioni.

**Competenze richieste:** Conoscenze di Matematica (derivata di funzione, prodotto scalare, prodotto vettore) e di Fisica (leggi di Newton).

## Laboratorio di strutture, ottica e termovuoto. Satelliti LARES-LARES2

Prof. Claudio Paris – Prof. Emiliano Ortore (4)

**PRIMA GIORNATA (2h):** Descrizione delle attività del laboratorio e delle missioni LARES-LARES2.

**SECONDA GIORNATA (5h):** Agli studenti verranno insegnati dei principi di ottica, propedeutici alle attività del laboratorio ottico. In particolare le attività riguarderanno la diffrazione e l'olografia. Gli studenti visiteranno il laboratorio per realizzazione esperimenti riguardanti la natura ondulatoria della luce: doppia fenditura (esperimento di Young) e diffrazione da singola fenditura.

**TERZA GIORNATA (5h):** Introduzione alle misure di estensimetria. Introduzione alle misure di deformazione con estensimetri a resistenza ed estensimetri in fibra ottica (sensori FBG). Installazione di estensimetri su oggetti da sottoporre a deformazione..

**QUARTA GIORNATA (5h):** Cenni di analisi strutturale. Verifica sperimentale degli estensimetri installato precedentemente, misure di deformazione di oggetti. Misure statiche e dinamiche (vibrazioni).

**QUINTA GIORNATA (5h):** Introduzione alla dinamica orbitale. Il moto Kepleriano. Le perturbazioni orbitali. La traccia a terra. I requisiti di una missione spaziale. Architettura di una missione spaziale. Il sistema di supporto a terra. Il tracking di un satellite. La stazione di acquisizione e il Centro di Controllo. Le misure da terra e la determinazione orbitale. Applicazioni dei satelliti geodetici.

**SESTA GIORNATA (5h):** Teoria dell'olografia e dell'interferometria olografica. Realizzazione di un ologramma. Realizzazione di un esperimento di interferometria olografica su una lamina equipaggiata con un estensimetro installato dagli studenti. Analisi dei risultati.

Competenze richieste: conoscenze di base di fisica e matematica.