

Anno accademico 2022/2023

Corso di studio in
INGEGNERIA SPAZIALE E ASTRONAUTICA

Classe LM 20 – Ingegneria aerospaziale e astronautica

Regolamento didattico

Il Regolamento didattico del corso di studio è costituito da due sezioni:

▪ **Offerta formativa**

La sezione descrive il percorso formativo, ne illustra gli obiettivi e riporta il Manifesto del corso di studio.

▪ **Norme generali**

Nella sezione è riportato il quadro normativo sull'offerta formativa e sono presentate le regole generali per la gestione della carriera degli studenti.

Sito web del Consiglio d'Area Didattica di Ingegneria aerospaziale

<http://www.ingaero.uniroma1.it>

Sito web Sapienza – Catalogo dei corsi

<https://corsidilaurea.uniroma1.it/>

Sezione I – Offerta formativa

Obiettivi formativi specifici

Il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria spaziale e astronautica ha l'obiettivo di formare ingegneri in grado di affrontare le sfide e le opportunità che caratterizzano l'accesso, l'esplorazione e l'utilizzazione dello spazio attraverso una formazione scientifica e professionale avanzata con specifiche competenze ingegneristiche che consentano loro di affrontare problemi complessi connessi con l'analisi, lo sviluppo, la simulazione e l'ottimizzazione di sistemi e sottosistemi. Tali capacità sono conseguibili grazie all'arricchimento del solido patrimonio di conoscenze già acquisito con la laurea, che si approfondisce sul piano metodologico e applicativo attraverso il biennio di studi della laurea magistrale. Lo studente dovrà conseguire le conoscenze fondamentali comuni a tutti i sistemi spaziali, dai lanciatori, alle piattaforme satellitari, sonde e stazioni spaziali, ai sistemi di bordo, al carico utile scientifico e applicativo. Questa formazione generale ha l'obiettivo di permettere allo studente di lavorare nel vasto campo dell'ingegneria spaziale indipendentemente dalla specializzazione acquisita attraverso le scelte opzionali ed il lavoro di tesi. La formazione delle capacità dell'ingegnere spaziale e astronautico è completata con specifici percorsi formativi che mirano a promuovere/facilitare l'inserimento dei laureati nelle diverse aree professionali richieste dal mercato del lavoro. In ciascuna delle aree tematiche vengono ampliate le conoscenze e soprattutto le capacità e competenze di interesse per le relative figure professionali.

Descrizione del percorso

Il percorso formativo prevede un primo anno durante il quale vengono consolidate le conoscenze nei settori caratterizzanti l'ingegneria spaziale e vengono fornite le basi in settori non compresi nella laurea triennale quali l'automatica e l'elettronica. Nel secondo anno sono previsti diversi curricula rivolti all'approfondimento nel campo dei sistemi di trasporto spaziale, delle piattaforme spaziali, delle missioni spaziali e di esplorazione, e del telerilevamento spaziale. La quota dell'impegno orario complessivo a disposizione dello studente per lo studio personale o per altra attività formativa di tipo individuale è pari ad almeno il 60% del totale.

Tre curricula (Space transportation, Spacecraft design and integration, Space missions and exploration) hanno in comune il primo anno, organizzato in 7 insegnamenti per un totale di 60 CFU, durante il quale vengono fornite o consolidate le conoscenze nei settori caratterizzanti l'ingegneria spaziale e astronautica (gasdinamica, costruzioni spaziali, meccanica del volo spaziale, propulsione spaziale, sistemi spaziali) e vengono fornite le informazioni di base nei settori dell'elettronica e dell'automatica. Nel secondo anno questi curricula prevedono insegnamenti articolati in gruppi a scelta, all'interno dei quali lo studente seleziona tre insegnamenti per complessivi 18 CFU nei settori caratterizzanti.

Il primo anno del quarto curriculum, Space payloads and applications for telecommunication, navigation, and Earth observation (7 insegnamenti, 60 CFU), ha alcuni corsi in comune con i precedenti percorsi, ma accanto ad essi si introducono i temi delle telecomunicazioni e del telerilevamento dallo spazio. Nel secondo anno questo curriculum presenta una struttura differente dagli altri, con due insegnamenti obbligatori per un totale di 12 CFU e un gruppo a scelta per un totale di 18 CFU nei settori caratterizzanti.

Tutti i curricula prevedono inoltre la scelta di un insegnamento da 6 CFU in una materia affine, all'interno di specifici gruppi a scelta, e 12 CFU a scelta libera dello studente.

La quota dell'impegno orario complessivo a disposizione dello studente per lo studio personale o per altra attività formativa di tipo individuale è pari ad almeno il 60% del totale.

Il corso di Laurea Magistrale in Ingegneria spaziale e astronautica fa parte di una rete europea di eccellenza nel campo aerospaziale, la rete Pegasus, nell'ambito della quale vengono sviluppati, volta per volta specifici accordi di collaborazione bilaterali.

Il Corso di studio Magistrale in Ingegneria Spaziale e Astronautica prevede anche curricula validi per l'acquisizione del doppio titolo italo-statunitense con il Georgia Institute of Technology e per il doppio titolo italo-portoghese con l'Instituto Superior Tecnico de l'Universidade de Lisboa. Le relative informazioni possono essere consultate nella sezione internazionale del sito del Consiglio d'Area Didattica di Ingegneria Aerospaziale (www.ingaero.uniroma1.it).

Sbocchi occupazionali e professionali previsti per i laureati

Le tipologie di attività per l'ingegnere spaziale e astronautico sono quelle della progettazione avanzata, della pianificazione e della programmazione, della gestione di sistemi complessi nelle imprese, nella pubblica amministrazione o come libero professionista. I principali profili professionali sono rappresentati da:

- progettista e responsabile tecnico
- responsabile di prodotti e linee di prodotti
- responsabile della manutenzione
- specialista in una o più discipline del settore: aerodinamica, costruzioni e strutture, impianti e sistemi aerospaziali, meccanica del volo, propulsione, telecomunicazioni e telerilevamento
- addetto alla certificazione o ai processi di assicurazione della qualità.

I laureati esercitano la loro professione tipicamente nei seguenti ambiti lavorativi:

- industrie del settore spaziale
- piccole e medie imprese dell'indotto dell'industria operante nel settore spaziale
- centri di ricerca pubblici e privati nazionali ed internazionali
- agenzie spaziali nazionali ed internazionali
- società di consulenza
- società di servizi, enti di certificazione.

Il laureato magistrale in Ingegneria spaziale e astronautica è inoltre qualificato per inserirsi nelle attività dei settori affini che traggono vantaggio dall'elevato contenuto scientifico e tecnologico proprio di questo ambito culturale.

MSAR: MANIFESTO DEGLI STUDI 2022/2023

Il progetto formativo si articola in quattro curricula:

- **A – Space transportation**
- **B – Spacecraft design and integration**
- **C – Space missions and exploration**
- **D – Space payloads and applications for telecommunication, navigation, and Earth observation**

PRIMO ANNO (a.a. 2022/2023)

CURRICULA A, B, C

Insegnamento	L	SSD	CFU	Valutaz.	Tipologia attività	Sem.	Sede
<i>Control systems</i>	EN	ING-INF/04	9	E	C	1	SPV
<i>Gas dynamics</i>	EN	ING-IND/06	9	E	B	1	SPV
<i>Spaceflight mechanics</i>	EN	ING-IND/03	9	E	B	1	SPV
<i>Electronics</i>	EN	ING-INF/01	6	E	C	2	SPV
<i>Rocket propulsion</i>	EN	ING-IND/07	9	E	B	2	SPV
<i>Space missions and systems</i>	EN	ING-IND/05	9	E	B	2	SPV
<i>Space structures</i>	EN	ING-IND/04	9	E	B	2	SPV

CURRICULUM D

Insegnamento	L	SSD	CFU	Valutaz.	Tipologia attività	Sem.	Sede
<i>Control systems</i>	EN	ING-INF/04	9	E	C	1	SPV
<i>Satellite payloads for communication, navigation and radar observation</i> - <i>Communication and radar payloads</i> - <i>Satellite navigation systems</i>	EN	ING-INF/03 ING-INF/03	9 (6) (3)	E	C	1	SPV
<i>Spaceflight mechanics</i>	EN	ING-IND/03	9	E	B	1	SPV
<i>Electronics</i>	EN	ING-INF/01	6	E	C	2	SPV
<i>Fundamentals of Earth observation</i> Mod 1: <i>Foundations</i> Mod 2: <i>Earth observation</i>	EN	ING-INF/02 ING-INF/02	9 (3) (6)	E	C	2	SPV
<i>Space missions and systems</i>	EN	ING-IND/05	9	E	B	2	SPV
<i>Space structures</i>	EN	ING-IND/04	9	E	B	2	SPV

SECONDO ANNO (a.a. 2023/2024)

CURRICULUM A – SPACE TRANSPORTATION

Insegnamento	L	SSD	CFU	Valutaz.	Tipologia attività	Sem.	Sede
<i>Conceptual design of a space mission</i>	EN		3	V	AAF	1	SPV

6 CFU a scelta fra i seguenti insegnamenti di tipologia B

Insegnamento	L	SSD	CFU	Valutaz.	Sem.	Sede
<i>Liquid rocket engines</i>	EN	ING-IND/07	6	E	1	SPV
<i>Solid rocket motors</i>	EN	ING-IND/07	6	E	1	SPV

12 CFU a scelta fra i seguenti insegnamenti di tipologia B

Insegnamento	L	SSD	CFU	Valutaz.	Sem.	Sede
<i>Dynamics of aerospace structures</i>	EN	ING-IND/04	6	E	2	SPV
<i>Computational gas dynamics</i>	EN	ING-IND/06	6	E	1	SPV
<i>Dynamics and control of launch vehicles</i>	EN	ING-IND/03	6	E	2	SPV
<i>Liquid rocket engines</i>	EN	ING-IND/07	6	E	1	SPV
<i>Solid rocket motors</i>	EN	ING-IND/07	6	E	1	SPV
<i>Aerospace thermal structures</i>	EN	ING-IND/04	6	E	2	SPV
<i>Hypersonic propulsion</i>	EN	ING-IND/07	6	E	2	SPV
<i>Hypersonics</i>	EN	ING-IND/06	6	E	2	SPV
<i>Space guidance and tracking systems</i>	EN	ING-IND/05	6	E	2	SPV

6 CFU a scelta fra i seguenti insegnamenti di tipologia C

Insegnamento	L	SSD	CFU	Valutaz.	Sem.	Sede
<i>Optimal filtering</i>	EN	ING-INF/04	6	E	1	ARI
<i>Spacecraft communication and localization</i>	EN	ING-INF/03	6	E	1	SPV
<i>Aerospace materials</i>	EN	ING-IND/22	6	E	2	SPV
<i>Spacecraft power systems</i>	EN	ING-IND/33	6	E	2	SPV

CURRICULUM B - SPACECRAFT DESIGN AND INTEGRATION

Insegnamento	L	SSD	CFU	Valutaz.	Tipologia attività	Sem.	Sede
<i>Conceptual design of a space mission</i>	EN		3	V	AAF	1	SPV

6 CFU a scelta fra i seguenti insegnamenti di tipologia B

Insegnamento	L	SSD	CFU	Valutaz.	Sem.	Sede
<i>Technology of aerospace materials</i>	EN	ING-IND/04	6	E	1	SPV
<i>Multibody space structures</i>	EN	ING-IND/04	6	E	2	SPV

12 CFU a scelta fra i seguenti insegnamenti di tipologia B

Insegnamento	L	SSD	CFU	Valutaz.	Sem.	Sede
<i>Technology of aerospace materials</i>	EN	ING-IND/04	6	E	1	SPV
<i>Advanced spacecraft dynamics</i>	EN	ING-IND/03	6	E	2	SPV
<i>Multibody space structures</i>	EN	ING-IND/04	6	E	2	SPV
<i>Spacecraft design</i>	EN	ING-IND/05	6	E	2	SPV
<i>Spacecraft propulsion</i>	EN	ING-IND/07	6	E	2	SPV
<i>Dynamics of aerospace structures</i>	EN	ING-IND/04	6	E	2	SPV
<i>Instruments for space exploration</i>	EN	ING-IND/05	6	E	1	SPV
<i>Smart manufacturing and advanced space technologies</i>	EN		6	E	2	SPV
Mod 1: <i>Smart manufacturing</i>		ING-IND/04	(3)			
Mod 2: <i>Advanced space technologies</i>		ING-IND/04	(3)			

6 CFU a scelta fra i seguenti insegnamenti di tipologia C

Insegnamento	L	SSD	CFU	Valutaz.	Sem.	Sede
<i>Optical and microwave sensors</i>	EN		6	E	1	SPV
Mod 1: <i>Optical sensors</i>		ING-INF/01	(3)			
Mod 2: <i>Microwaves sensors</i>		ING-INF/02	(3)			
<i>Communication and radar payloads</i>	EN	ING-INF/03	6	E	1	SPV
<i>Electronics for space systems</i>	EN	ING-INF/01	6	E	1	SPV
<i>Optimal filtering</i>	EN	ING-INF/04	6	E	1	ARI
<i>Space geodesy and geomatics</i>	EN	ICAR/06	6	E	1	SPV
<i>Earth observation</i>	EN	ING-INF/02	6	E	2	SPV
<i>Spacecraft power systems</i>	EN	ING-IND/33	6	E	2	SPV

CURRICULUM C – SPACE MISSIONS AND EXPLORATION

Insegnamento	L	SSD	CFU	Valutaz.	Tipologia attività	Sem.	Sede
<i>Conceptual design of a space mission</i>	EN		3	V	AAF	1	SPV

6 CFU a scelta fra i seguenti insegnamenti di tipologia B

Insegnamento	L	SSD	CFU	Valutaz.	Sem.	Sede
<i>Space robotic systems</i>	EN	ING-IND/05	6	E	1	SPV
<i>Space guidance and tracking systems</i>	EN	ING-IND/05	6	E	2	SPV

12 CFU a scelta fra i seguenti insegnamenti di tipologia B

Insegnamento	L	SSD	CFU	Valutaz.	Sem.	Sede
<i>Instruments for space exploration</i>	EN	ING-IND/05	6	E	1	SPV
<i>Microgravity flows</i>	EN	ING-IND/06	6	E	2	SPV
<i>Space surveillance and space traffic management</i>	EN	ING-IND/05	6	E	2	SPV
<i>Interplanetary trajectories</i>	EN	ING-IND/03	6	E	1	SPV
<i>Space robotic systems</i>	EN	ING-IND/05	6	E	1	SPV
<i>Technology of aerospace materials</i>	EN	ING-IND/04	6	E	1	SPV
<i>Advanced spacecraft dynamics</i>	EN	ING-IND/03	6	E	2	SPV
<i>Space guidance and tracking systems</i>	EN	ING-IND/05	6	E	2	SPV
<i>Spacecraft propulsion</i>	EN	ING-IND/07	6	E	2	SPV

6 CFU a scelta fra i seguenti insegnamenti di tipologia C

Insegnamento	L	SSD	CFU	Valutaz.	Sem.	Sede
<i>Artificial intelligence I</i>	EN	ING-INF/05	6	E	1	ARI
<i>Electronics for space systems</i>	EN	ING-INF/01	6	E	1	SPV
<i>Space geodesy and geomatics</i>	EN	ICAR/06	6	E	1	SPV
<i>Space radar systems</i>	EN	ING-INF/03	6	E	1	SPV
<i>Spacecraft communication and localization</i>	EN	ING-INF/03	6	E	1	SPV
<i>Human factors</i> Mod 1: <i>Aerospace physiology</i> Mod 2: <i>Human performance</i>	EN	MED/08 MED/08	6 (3) (3)	E	2	SPV

CURRICULUM D – SPACE PAYLOADS AND APPLICATIONS FOR TELECOMMUNICATION, NAVIGATION, AND EARTH OBSERVATION

Insegnamento	L	SSD	CFU	Valut.	Tipologia attività	Sem.	Sede
<i>Conceptual design of a space mission</i>	EN		3	V	AAF	1	SPV
<i>Geophysical and astrophysical fluid dynamics</i>	EN	ING-IND/06	6	E	B	2	SPV
<i>Spacecraft propulsion</i>	EN	ING-IND/07	6	E	B	2	SPV

6 CFU a scelta fra i seguenti insegnamenti di tipologia B

Insegnamento	L	SSD	CFU	Valut.	Sem.	Sede
<i>Space surveillance and space traffic management</i>	EN	ING-IND/05	6	E	2	SPV
<i>Space robotic systems</i>	EN	ING-IND/05	6	E	1	SPV
<i>Advanced spacecraft dynamics</i>	EN	ING-IND/03	6	E	2	SPV
<i>Spacecraft design</i>	EN	ING-IND/05	6	E	2	SPV

6 CFU a scelta fra i seguenti insegnamenti di tipologia C

Insegnamento	L	SSD	CFU	Valut.	Sem.	Sede
<i>Optical and microwave sensors</i> Mod 1: <i>Optical sensors</i> Mod 2: <i>Microwaves sensors</i>	EN	ING-INF/01 ING-INF/02	6 (3) (3)	E	1	SPV
<i>Artificial intelligence I</i>	EN	ING-INF/05	6	E	1	ARI
<i>Electronics for space systems</i>	EN	ING-INF/01	6	E	1	SPV
<i>Radar imaging techniques</i>	EN	ING-INF/03	6	E	1	SPV
<i>Space geodesy and geomatics</i>	EN	ICAR/06	6	E	1	SPV
<i>Space radar systems</i>	EN	ING-INF/03	6	E	1	SPV

ALTRE ATTIVITA' COMUNI

	Valutazione	CFU	Tipologia attività
Esami scelta dello studente	E	12	D
Prova finale		21	E

Materie a scelta

Per quel che riguarda i 12 crediti a scelta, lo studente potrà selezionare le materie nell'ambito degli insegnamenti del Corso di studio non già inclusi nel proprio curriculum, dei corsi della Laurea Magistrale in Ingegneria aeronautica o di materie di settori affini erogate da altri Corsi di studio magistrali. In queste ultime due categorie si segnalano come di possibile interesse i seguenti corsi:

- Aeroacoustics
- Aeroelasticity
- Combustion
- Experimental testing of aerospace structures
- Internet

Il CAD deve approvare la congruenza degli insegnamenti selezionati con il percorso formativo.

Servizi di tutorato

Il Corso di studio si avvale dei servizi di tutorato messi a disposizione della Facoltà. I docenti Paolo **Gaudenzi**, Luciano **Iess**, Francesco **Nasuti**, Fabrizio **Piergentili** e Daniele **Bianchi** svolgono attività di tutorato disciplinare a supporto degli studenti.

Sezione II – Norme generali

Requisiti di ammissione

Gli studenti che intendono iscriversi al corso di laurea magistrale in Ingegneria spaziale e astronautica devono essere in possesso della laurea di durata triennale o di altro titolo di studio conseguito in Italia o all'estero e riconosciuto idoneo in base alla normativa vigente, ed essere in possesso di specifici requisiti curriculari e sulla preparazione personale. Trattandosi di corso internazionale erogato in lingua inglese, per l'ammissione è richiesta una certificazione di livello B2 o equivalente della conoscenza della lingua inglese. Tale certificazione, qualora non posseduta dallo studente all'atto dell'immatricolazione, potrà essere conseguita nel corso del primo anche attraverso corsi erogati presso la Facoltà di Ingegneria Civile e Industriale.

A) Candidati in possesso di un titolo italiano con ordinamento disciplinato dal DM 270/04 o dal DM 509/99

- **Requisiti curriculari**

- a) Per gli studenti con **una media ponderata**, calcolata su tutti i crediti con voto in trentesimi acquisiti e utili per il conseguimento della laurea di primo livello, **uguale o maggiore di 22/30 e minore di 24/30**, i requisiti curriculari richiesti sono:

- conseguimento di un numero minimo di CFU nei seguenti ambiti di SSD:

CFU	SSD
72	MAT/03-/05-/06-/07-/08, FIS/01-/02-/05, CHIM/07 ING-IND/03-/04-/05-/06-/07-/08-/09-/10-/11-/13-/14-/15-/22-/31, ICAR/08, ING-INF/01-/02-/03-/04-/05
27*	MAT/05-/07, FIS/01
27*	ING-IND/03-/04-/05-/06-/07

(*) Da intendersi tra i 72 del primo gruppo

Nota: lo studente che non soddisfa i requisiti dovrà sostenere gli esami singoli assegnati dalla Commissione di ammissione.

- b) Per gli studenti con una **media ponderata uguale o maggiore di 24/30 e minore di 26/30**, i requisiti curriculari richiesti sono:

- conseguimento di un numero minimo di CFU nei seguenti ambiti di SSD:

CFU	SSD
72	MAT/03-/05-/06-/07-/08, FIS/01-/02-/05, CHIM/07 ING-IND/03-/04-/05-/06-/07-/08-/09-/10-/11-/13-/14-/15-/22-/31, ICAR/08, ING-INF/01-/02-/03-/04-/05
27*	MAT/05-/07, FIS/01
27*	ING-IND/03-/04-/05-/06-/07-/08-/09-/13-/14, ING-INF/02-/03-/04

(*) Da intendersi tra i 72 del primo gruppo

Nota: lo studente che non soddisfa i requisiti dovrà sostenere gli esami singoli assegnati dalla Commissione di ammissione.

- c) Per gli studenti con una **media ponderata uguale o maggiore di 26/30**, i requisiti curriculari richiesti sono il conseguimento di un numero minimo di CFU nei seguenti ambiti di SSD:

CFU	SSD
72	MAT/03-/05-/06-/07-/08, FIS/01-/02-/05, CHIM/07 qualunque ING-IND, ICAR/08, ING-INF/01-/02-/03-/04-/05
27*	MAT/05-/07, FIS/01

(*) Da intendersi tra i 72 del primo gruppo

Nota: lo studente che non soddisfa i requisiti dovrà sostenere gli esami singoli assegnati dalla Commissione di ammissione.

Agli studenti di cui ai commi b) e c) si raccomanda di confrontare il proprio curriculum con il Regolamento didattico del corso di laurea in Ingegneria aerospaziale e con il Syllabus (riportato in allegato nel Regolamento didattico del corso di studio di Ingegneria spaziale e astronautica), e di adeguare autonomamente la propria preparazione.

I requisiti curriculari di accesso si intendono automaticamente soddisfatti per:

- i laureati in Ingegneria aerospaziale della classe L-9 "Ingegneria aerospaziale" DM 270/04 conseguita presso l'Università degli Studi di Roma "Sapienza"
- i laureati in Ingegneria aerospaziale della classe L-10 "Ingegneria aerospaziale" DM 509/99 conseguita presso l'Università degli Studi di Roma "Sapienza".

• **Verifica della preparazione personale**

Sono ammessi i candidati per i quali la media ponderata delle votazioni conseguite nella laurea di primo livello è **uguale o maggiore di 22/30**.

B) Candidati in possesso di un titolo conseguito all'estero o di un titolo italiano con ordinamento diverso da quelli disciplinati dal DM 270/04 o dal DM 509/99

La verifica della **preparazione personale** e dei **requisiti curriculari** sarà svolta dalla Commissione di ammissione che esaminerà il curriculum degli studi, le motivazioni e gli altri elementi di valutazione che saranno presentati, quali periodi di studio all'estero, tirocini ed esperienze lavorative. I candidati potranno essere chiamati dalla Commissione di ammissione a sostenere un colloquio.

Trasferimenti e modalità di verifica dei periodi di studio all'estero

In caso di trasferimento da altro Ateneo, da altra Facoltà della Sapienza o da altro corso di studio, il CAD potrà riconoscere i crediti acquisiti di norma in misura non superiore a quelli dei settori scientifico-disciplinari (SSD) previsti nel Manifesto degli studi e fino ad un massimo di 12 CFU in SSD non previsti dal Manifesto degli studi.

In conformità con il Regolamento didattico di Ateneo nel caso di studi, esami e titoli accademici conseguiti all'estero, il CAD esamina di volta in volta il programma ai fini dell'attribuzione dei crediti nei corrispondenti settori scientifici disciplinari.

I corsi seguiti nelle Università Europee o estere, con le quali l'Ateneo ha in vigore accordi, progetti e/o convenzioni, vengono riconosciuti secondo le modalità previste dagli accordi.

Gli studenti possono, previa autorizzazione del CAD, svolgere un periodo di studio all'estero nell'ambito del programma Erasmus+. Per le opportunità di svolgimento di periodi di studio all'estero consultare la sezione **Internazionale** nel sito del CAD (www.ingaero.uniroma1.it)

In caso di decadimento dalla qualità di studente, il CAD potrà deliberare il reintegro esclusivamente nell'ultimo ordinamento vigente, riconoscendo tutti o in parte i crediti acquisiti. Le informazioni sulle

procedure di trasferimento, riconoscimento CFU e reintegro sono riportate nel **Manifesto degli studi** dell'Ateneo nella sezione **Pratiche studenti** nel sito del CAD.

Studenti decaduti

In caso di decadimento dalla qualità di studente, il CAD potrà deliberare il reintegro esclusivamente nell'ultimo ordinamento vigente, riconoscendo tutti o in parte i crediti acquisiti. La procedura di reintegro può essere consultata sul **Manifesto degli studi** dell'Ateneo.

Riconoscimento crediti

Il CAD può riconoscere come crediti le conoscenze e abilità professionali certificate ai sensi della normativa vigente in materia, nonché altre conoscenze e abilità maturate in attività formative di livello post-secondario alla cui progettazione e realizzazione l'Università abbia concorso. Tali crediti vanno a valere di norma sui 12 CFU relativi agli insegnamenti a scelta dello studente. In ogni caso, il numero massimo di crediti riconoscibili in tali ambiti non può essere superiore a 6.

Modalità didattiche

Le attività didattiche sono di tipo convenzionale e distribuite su base semestrale.

Gli insegnamenti sono impartiti attraverso lezioni frontali, esercitazioni in aula, attività in laboratorio e lavori di gruppo, organizzando l'orario delle attività in modo da consentire allo studente un congruo tempo da dedicare allo studio personale.

La durata nominale del corso di studio è di 4 semestri, pari a due anni. Lo studente è iscritto "fuori corso" quando ha seguito il corso di studi per la sua intera durata ma non ha conseguito la laurea o non ha superato tutti gli esami necessari per l'ammissione all'esame finale.

• Crediti formativi universitari

Il credito formativo universitario (CFU) misura la quantità di lavoro svolto da uno studente per raggiungere un obiettivo formativo. I CFU sono acquisiti dallo studente con il superamento degli esami o con l'ottenimento delle idoneità, ove previste.

Il sistema di crediti adottato nelle università italiane ed europee prevede che ad un CFU corrispondano 25 ore di impegno da parte dello studente, distribuite tra le attività formative collettive istituzionalmente previste (ad es. lezioni, esercitazioni, attività di laboratorio) e lo studio individuale.

Nel corso di studio in Ingegneria spaziale e astronautica, in accordo con l'art. 23 del Regolamento didattico di Ateneo, un CFU corrisponde a 10 ore di lezione frontale, oppure a 12 ore di laboratorio o esercitazione guidata.

Le schede di ciascun insegnamento, consultabili sul sito web della Sapienza – Catalogo dei corsi – Frequentare, riportano la ripartizione dei CFU e delle ore di insegnamento nelle diverse attività, insieme ai prerequisiti, agli obiettivi formativi e ai programmi.

Il carico di lavoro totale per il conseguimento della laurea è di 120 CFU, corrispondenti a 3.000 ore di impegno da parte dello studente.

La quota dell'impegno orario complessivo a disposizione dello studente per lo studio personale o per altra attività formativa di tipo individuale è pari ad almeno il 60%.

• Calendario didattico

Di norma, la scansione temporale è la seguente:

- primo semestre: da fine settembre a dicembre
- prima sessione di esami: gennaio
- seconda sessione di esami: febbraio

- secondo semestre: da fine febbraio a maggio
- terza sessione di esami: giugno
- quarta sessione di esami: luglio
- quinta sessione di esami: settembre.

Il dettaglio delle date di inizio e fine delle lezioni di ciascun semestre e di inizio e fine di ciascuna sessione d'esami è pubblicato sul sito web www.ingaero.uniroma1.it (Sezione **Calendari**) e sul sito web della Sapienza – Catalogo dei corsi – Frequentare <https://corsidilaurea.uniroma1.it/>.

I periodi dedicati alle lezioni e agli esami non possono sovrapporsi. In deroga a tale norma, sono previsti due appelli straordinari, di norma nei periodi ottobre-novembre e marzo-aprile, riservati agli studenti fuori corso e agli studenti che alla data dell'appello hanno esaurito tutte le frequenze.

- **Frequenza**

La frequenza non è obbligatoria.

- **Verifica dell'apprendimento**

La verifica dell'apprendimento relativa a ciascun insegnamento avviene di norma attraverso un esame (E) che può prevedere prove orali e/o scritte secondo modalità definite dal docente e comunicate insieme al programma. Per alcune attività non è previsto un esame ma un giudizio di idoneità (V); anche in questo caso le modalità di verifica sono definite dal docente.

Programmi e modalità di verifica dell'apprendimento

I programmi dei corsi e le modalità di esame sono consultabili sul sito web della Sapienza – Catalogo dei corsi – Frequentare <https://corsidilaurea.uniroma1.it>

Percorsi formativi

Ogni studente deve ottenere l'approvazione ufficiale del proprio percorso formativo da parte del CAD prima di poter verbalizzare esami relativi ad insegnamenti che non siano obbligatori per tutti gli studenti, pena l'annullamento dei relativi verbali d'esame. Nello specifico il CAD valuta la congruenza dei corsi proposti dallo studente con il percorso didattico.

Gli studenti sono tenuti a presentare il proprio piano di studio (funzione **Percorso formativo** di Infostud) **all'inizio del primo anno** di corso [indicativamente nel periodo dicembre – gennaio] e nello specifico nei periodi che vengono di volta in volta riportati sul sito (www.ingaero.uniroma1.it) del CAD di Ing. aerospaziale (sezione **News**).

Il Percorso formativo può essere ripresentato negli anni successivi (a novembre) per proporre modifiche di curriculum e/o di esami. Il sistema prevede l'approvazione di un solo Percorso formativo per anno accademico.

Ammissione agli esami del secondo anno

Per sostenere gli esami relativi agli insegnamenti del 2° anno lo studente deve avere acquisito almeno 27 crediti su insegnamenti del 1° anno.

Anticipo esami

Le modalità di richiesta degli anticipi possono essere consultate nella sezione **Pratiche studenti** nel sito web del CAD.

Regime a tempo parziale

Gli immatricolandi e gli studenti del corso di studio possono optare per il regime di tempo parziale e conseguire un minor numero di CFU annui rispetto a quelli previsti.

È opportuno passare al part-time quando ci si immatricola sapendo già di avere poco tempo da dedicare allo studio, oppure se si è fuori corso. I termini e le modalità per la richiesta del regime a tempo parziale nonché le relative norme sono stabilite nel Manifesto degli Studi di Ateneo e sono consultabili sul sito web della Sapienza (<http://www.uniroma1.it/didattica/regolamenti/part-time>).

Percorsi di eccellenza

Il CAD di Ingegneria aerospaziale istituisce un percorso di eccellenza per ciascuno dei suoi corsi di studio con lo scopo di valorizzare la formazione degli studenti meritevoli ed interessati ad attività di approfondimento metodologico e applicativo su tematiche di interesse nel settore.

Il percorso consiste in attività formative, aggiuntive a quelle curricolari, volte a valorizzare gli studenti che, durante il primo anno del corso di studi, abbiano dato prova di essere particolarmente meritevoli. L'accesso al Percorso di eccellenza avviene su domanda dell'interessato; i requisiti richiesti sono:

- acquisizione entro il 30 novembre di tutti i CFU previsti nel primo anno
- conseguimento di una media pesata dei voti di esame non inferiore a 27/30.

Contestualmente al conseguimento del titolo di Laurea entro i limiti previsti dal corso di studio, lo studente che abbia terminato positivamente il percorso di eccellenza riceve un'attestazione che sarà registrata sulla carriera dello studente stesso. Unitamente a tale certificazione, l'Ateneo conferisce allo studente un premio pari all'importo delle tasse versate nell'ultimo anno.

I termini e le modalità per la domanda di partecipazione al percorso sono indicati sul sito web del CAD (sezione **STUDENTI / Percorsi di eccellenza**), dove si può anche prendere visione del bando di concorso e scaricare il facsimile della domanda di ammissione.

Prova finale

La prova finale consiste nello svolgimento di una tesi sperimentale, progettuale o compilativa su argomenti relativi agli insegnamenti del Corso di Laurea Magistrale, da svilupparsi sotto la guida di un docente appartenente al Consiglio didattico relativo, anche in collaborazione con enti pubblici e privati, aziende manifatturiere e di servizi, centri di ricerca operanti nel settore di interesse.

Nel corso dell'elaborazione della tesi lo studente dovrà, in primo luogo, analizzare la letteratura tecnica relativa all'argomento in studio. Il laureando dovrà poi, in maniera autonoma e, a seconda della tipologia della tesi, proporre soluzioni al problema sviluppando ove appropriato un adeguato modello matematico del sistema. Nel caso di tesi sperimentale, lo studente dovrà elaborare un piano della sperimentazione che consenta di ottenere i risultati desiderati. La tesi progettuale è dedicata allo studio delle caratteristiche di lanciatori o veicoli spaziali e dei relativi sottosistemi, inclusi i payload. Tesi di questo tipo riguardano anche l'analisi e pianificazione di missioni spaziali. Alla prova finale sono attribuiti 21 CFU.

La votazione finale si basa sulla valutazione della media dei voti degli esami sostenuti, della dissertazione e della discussione finale. La Commissione di laurea esprime la votazione in centodiecesimi e può, a maggioranza, concedere al candidato il massimo dei voti con lode.

Stage

In sostituzione della prova finale lo studente può svolgere un tirocinio, al quale sono assegnati 21 CFU. Al momento dell'approvazione dello stage è prevista la nomina di un tutor accademico, scelto fra i docenti del CAD, e di un tutor aziendale che seguono lo svolgimento dell'attività di stage. La verifica dei risultati è condotta dal tutor accademico.

Valutazione della qualità

Il corso di studio, in collaborazione con l'Ateneo, contribuisce a rilevare l'opinione degli studenti frequentanti per tutti gli insegnamenti. Il sistema di rilevazione è integrato con un percorso qualità la cui responsabilità è affidata al gruppo di auto-valutazione, docenti, studenti e personale del corso di studio. I risultati delle rilevazioni e delle analisi del gruppo di auto-valutazione sono utilizzati per azioni di miglioramento delle attività formative.

Allegato

Syllabus

Il Syllabus ha l'obiettivo di informare gli studenti in ingresso sulle conoscenze, competenze e abilità necessarie per affrontare con successo il percorso formativo in Ingegneria spaziale e astronautica, in modo che possano verificare e, ove appropriato, adeguare autonomamente la propria preparazione.

Matematica e metodi numerici

Trigonometria: funzioni trigonometriche, teorema di Pitagora, formule di trasformazione degli angoli, formula di Eulero.

Geometria analitica: sistemi di coordinate cartesiane, equazioni e curve, distanze, angoli, intersezioni di oggetti geometrici. Retta tangente e normale ad una curva. Cambiamenti di coordinate.

Analisi Matematica: limiti, continuità, calcolo differenziale; calcolo integrale; successioni e serie; derivate parziali e direzionali; funzioni a valori vettoriali; integrali definiti, indefiniti e impropri; integrali curvilinei; integrali multipli; integrali di superficie; operatori differenziali: gradiente, divergenza, rotore; identità vettoriali; teoremi di Gauss-Green, Stokes, divergenza.

Algebra lineare: calcolo matriciale, sistemi lineari di equazioni; autovalori e autovettori.

Equazioni differenziali ordinarie: equazioni lineari e non lineari del primo ordine; equazioni lineari del secondo ordine, equazioni di Eulero; problemi ai dati iniziali.

Metodi numerici: metodi per la determinazione di radici di equazioni algebriche lineari e non lineari, metodi di quadratura; ottimizzazione libera.

Elementi di programmazione: qualunque linguaggio di programmazione (preferiti: Matlab, Fortran, Mathematica).

Chimica

Struttura atomica della materia; proprietà periodiche degli elementi; legami chimici inter ed intramolecolari; reazioni fisiche e chimiche e contenuti energetici a loro associati; equilibri chimici, ionici e di solubilità; elementi di cinetica chimica e di elettrochimica; fondamenti chimici della corrosione.

Fisica e Meccanica analitica

Grandezze fisiche, sistemi di unità di misura e metodo scientifico: teoria della misura, elementi di probabilità, errori.

Meccanica classica del punto materiale, dei sistemi di punti materiali e del corpo rigido: leggi di Newton, equazioni cardinali e principi di conservazione.

Sistemi macroscopici e principi della termodinamica: temperatura e calore, I e II principio della termodinamica.

Campi di forze: campo gravitazionale e campo elettrostatico.

Leggi fondamentali dell'elettromagnetismo: equazioni di Maxwell.

Onde e vibrazioni: Oscillazioni e propagazione delle onde elastiche ed elettromagnetiche.

Meccanica analitica ed equazioni di Lagrange.

Scienza dei materiali

Principali classi di materiali, proprietà, relazioni analitiche per la scelta/dimensionamento/ trattamento in funzione delle condizioni di sollecitazione e di esercizio di base. Materiali cristallini e amorfi; deformabilità, viscoelasticità, recupero e ricristallizzazione, diagrammi di fase binari, diffusione allo stato solido. Proprietà meccaniche e fisiche, materiali metallici (acciai, leghe di alluminio, superleghe, cenni alle leghe di titanio e magnesio), correlazioni tra microstruttura, processi e proprietà. Ceramiche, prove meccaniche e statistica di Weibull. Shock termico. Materiali polimerici e

compositi a matrice polimerica. Degradazione chimica dei materiali, cause e prevenzione. Degradazione per usura, rivestimenti. Indici di merito per la scelta dei materiali.

Elettrotecnica

Analisi di circuiti e reti elettriche: regime statico, regime periodico sinusoidale, sorgenti di tensione e corrente, sistemi monofase, sistemi trifase.

Conversione elettromeccanica dell'energia. Principio di funzionamento delle macchine elettriche: trasformatori, motori, generatori.

Cenni sulla produzione, distribuzione ed utilizzo dell'energia elettrica.

Meccanica applicata e disegno

Analisi di velocità ed accelerazione di meccanismi piani. Forze agenti in un sistema meccanico e analisi dinamica. Forze scambiate nei principali dispositivi per la trasmissione e trasformazione del moto (meccanismi, flessibili, ingranaggi, rotismi). Sistemi vibranti a un grado di libertà. Sistemi vibranti a n gradi di libertà.

Conoscenza del disegno tecnico e della relativa normativa ISO. Conoscenze di base di modellazione solida.

Meccanica dei solidi

Cinematica e statica dei continui deformabili: descrittori del moto e della deformazione, descrittori delle forze interne (sforzo), leggi di conservazione, legami costitutivi e solidi elastici lineari. Il problema di De Saint Venant. Analisi statica di sistemi di travi: diagrammi di carico (taglio, momento flettente e spostamento).

Aerodinamica

Concetti di base della fluidodinamica: Equazioni del flusso in forma integrale e differenziale.

Flussi irrotazionali incompressibili: teoremi di Kelvin ed Helmholtz, equazione di Bernoulli, soluzioni elementari e sovrapposizione delle soluzioni.

Profili ed ali: classificazione e caratteristiche dei profili, generazione della portanza; ali finite.

Flussi viscosi: strato limite laminare su lastra piana, separazione dello strato limite, cenni alla turbolenza e alla transizione.

Flussi compressibili: comprimibilità di un fluido, velocità del suono. Flussi unidimensionali stazionari, flussi isentropici, urto normale.

Meccanica del volo

Proprietà fisiche dell'atmosfera, atmosfera di riferimento. Concetti fondamentali sulla fisica del volo atmosferico.

Nozioni di base di meccanica orbitale, in particolare la soluzione analitica del problema dei due corpi nel piano della traiettoria.

Propulsione

Fondamenti di termochimica. Fondamenti di trasmissione del calore. Cicli termodinamici: Carnot, Brayton, Diesel, Otto. Concetti base di generazione e costo della spinta in motori a getto.

Strutture

Sforzo e deformazione: equazioni di equilibrio, legami costitutivi per solidi elastici lineari, legame cinematico deformazione spostamento, equazioni di compatibilità, stato di sforzo e deformazione piani (funzione di Airy).

Strutture aeronautiche: scenari di carico e diagrammi di manovra di velivoli. Caratteristiche generali delle strutture e dei materiali aeronautici: elementi strutturali elementari (membri assiali, pannelli a sforzo di taglio, elementi flessionali e torsionali), trasferimento di carico nelle strutture alari e fusoliera, materiali metallici e compositi. Flusso di taglio in strutture a parete sottile. Carico di punta

di travi. Criteri di rottura. Dinamica strutturale: vibrazioni libere e forzate per sistemi discreti. Smorzamento e risonanza.