



## PIANO FORMATIVO

### Master universitario di Secondo livello in

### SPACE TRANSPORTATION SYSTEMS: LAUNCHERS AND RE-ENTRY VEHICLES (STS)

<b>1</b>	<b>Anno accademico</b>	2023-2024
<b>2</b>	<b>Direttore</b>	Prof. Daniele Bianchi
<b>3</b>	<b>Consiglio Didattico Scientifico</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Prof. Mauro Valorani (DIMA)</li><li>• Prof. Francesco Nasuti (DIMA)</li><li>• Prof. Francesco Creta (DIMA)</li><li>• Prof. Pietro Paolo Ciottoli (DIMA)</li><li>• Prof. Alessandro Zavoli (DIMA)</li><li>• Prof. Renato Paciorri (DIMA)</li><li>• Prof. Sergio Pirozzoli (DIMA)</li><li>• Prof. Bernardo Favini (DIMA)</li><li>• Prof. Franco Mastroddi (DIMA)</li><li>• Prof. Christian Circi (DIAEE)</li><li>• Prof. Fabio Curti (SIA)</li><li>• Prof. Paolo Gaudenzi (Direttore Master SEPO)</li><li>• Prof. Giuliano Coppotelli (Direttore Master MAC)</li><li>Prof. Franco Rispoli (Direttore Master EFER)</li></ul>
<b>4</b>	<b>Delibera di attivazione in Dipartimento</b>	19/05/2023
<b>5</b>	<b>Data di inizio delle lezioni</b>	19/02/2024
<b>6</b>	<b>Calendario didattico</b>	<p>Da lunedì – venerdì con la seguente organizzazione:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Introduction and support modules (week 1-2)</li><li>• Injection and combustion Modelling (week 3)</li><li>• Mission Analysis (week 4)</li><li>• Liquid Rocket Engine Thrust Chamber (week 5)</li><li>• Pump-fed Systems (week 6)</li><li>• Rocket Nozzles (week 7)</li><li>• Aerothermodynamics of launchers and re-entry vehicles (week 8-9)</li><li>• Ground Segment (week 10)</li><li>• EcosimPro ESPSS Library (week 11-12)</li><li>• Solid Rocket Motors (week 13)</li><li>• Overview of European Launcher Systems (week 14-15)</li><li>• Launcher Design (week 16)</li><li>• Structures (week 17)</li><li>• Space Program and System Management (week 18-19)</li><li>• Quality, Certification, Cost Management (week 20)</li></ul>



7	<b>Eventuali partner convenzionati</b>	ASI – Agenzia Spaziale Italiana AVIO SpA
8	<b>Requisiti di accesso</b>	<p>Possono partecipare al Master, senza limitazioni di età e cittadinanza, coloro che sono in possesso di un titolo universitario appartenente ad una delle seguenti classi di laurea:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ingegneria Aerospaziale e Astronautica (25/S e LM-20)</li><li>• Ingegneria Meccanica (36/S e LM-33)</li><li>• Ingegneria dell'Automazione (29/S e LM-25)</li><li>• Ingegneria delle Telecomunicazioni (30/S e LM-27)</li><li>• Ingegneria Elettrica (31/S e LM-28)</li><li>• Ingegneria Elettronica (32/S e LM-29)</li><li>• Ingegneria Energetica e Nucleare (33/S e LM-30)</li><li>• Ingegneria Informatica (35/S e LM-32)</li><li>• Ingegneria Civile (28/S e LM-23)</li><li>• Ingegneria Chimica (27/S e LM-22)</li><li>• Ingegneria Navale (37/S e LM-34)</li></ul> <p>Possono accedere al Master anche i possessori di una Laurea conseguita in Italia in base al sistema previgente alla riforma universitaria del D.M. 509/99 equiparata ad una delle classi suindicate, come da tabella ministeriale (<a href="https://www.cun.it/uploads/3852/par_2009_04_23.pdf?v=">https://www.cun.it/uploads/3852/par_2009_04_23.pdf?v=</a>)</p>
9	<b>Prova di selezione</b>	Prevista
10	<b>Sede attività didattica</b>	Facoltà di Ingegneria Civile e Industriale, via Eudossiana 18; Applicazioni per lezioni da remoto (Microsoft Teams, Zoom, ecc.)
11	<b>Stage</b>	Al termine del periodo di lezioni frontali e del training programme, è previsto un percorso di internship retribuito della durata di sei mesi, all'interno delle aziende del settore aerospaziale sponsor del Master
12	<b>Modalità di erogazione della didattica</b>	mista
13	<b>Finanziamenti esterni, esenzioni, agevolazioni o riduzioni di quota</b>	Si  Sono previste borse di studio finanziate da enti finanziatori esterni
14	<b>Contatti Segreteria didattica</b>	Indirizzo Via Eudossiana, 18 – 00184 Roma Telefono +39 06 44585882 e-mail mastersts@uniroma1.it

### Piano delle Attività Formative

Il Piano formativo è redatto considerando che le attività didattiche frontali e le altre forme di studio guidato o di didattica interattiva devono essere erogate per una durata non inferiore a 300 ore distribuite, di norma, nell'arco di almeno 6 mesi.

Il Piano formativo può prevedere che il Master sia erogato in tutto o in parte utilizzando forme di didattica a distanza o in lingua diversa dall'italiano.

Il numero minimo di Cfu assegnabile ad una attività è 1 e non è consentito attribuire Cfu alle sole ore di studio individuale.

In caso di attività (moduli) che prevedano più Settori Scientifici Disciplinari sono indicati dettagliatamente il numero di Cfu per ognuno di essi.

Denominazione attività formativa	Obiettivi formativi	Docente	Settore scientifico disciplinare (SSD)	CFU	Tipologia	Verifica di profitto (Se prevista, e modalità)
Modulo I: Introduction	Planning of the Lectures, modality of attendance; description of the Master Course and courseworks explanation Programming modules	Prof. Daniele Bianchi	ING/IND 07	3	Lezioni frontali	Prevista  Consegna di tre elaborati scritti (con valutazione) su moduli di programmazione e strumenti di analisi
Modulo II: Overview of Laucher Systems	Introduction to Space Transportation Systems (STS); expendable launcher systems and sub-systems; Launcher Elements of the Ariane 5 Family; ESA and ASI programs in Space Transportation Systems	Prof. Daniele Bianchi Prof. Francesco Nasuti	ING/IND 07	3	Lezioni, Esercitazioni, Seminari	Non prevista -

Modulo III: Space Program Management & Quality Certification	Programs in Space Transportation Systems; Cost management of Space Programs; Organization and management of a system team for launcher development; Space for Security & Defense; Dual Use programs; COSMO-SkyMed	Prof. Daniele Bianchi	ING/IND 03 – 07	3	Lezioni, Esercitazioni, Seminari	Non prevista -
Modulo IV: Mission Analysis	Staging design principles; Trajectory's phases: vertical ascent; pitch-over; gravity turn; coasting; staging; launch base constraints; Launch trajectory optimization; Orbit sensitivity to injection parameters; Software for Launcher/Mission Design; Preliminary mission design; Preliminary design for airbreathing launchers	Prof. Alessandro Zavoli Prof. Christian Circi	ING/IND 03	3	Lezioni, Esercitazioni, Seminari	Non prevista -
Modulo V: Combustion Modeling	Thermochemistry, Kinetics, Flames; Physics of injection and mixing; Propellant injection and ignition in Liquid Rocket Engines; Introduction to turbulent combustion; Turbulent combustion modelling; Ignition and Ignition Devices	Prof. Francesco Creta Prof. Pietro Paolo Ciottoli	ING/IND 07	3	Lezioni, Esercitazioni, Seminari	Non prevista -
Modulo VI: Liquid Rocket Engine (LRE) Thrust Chamber	Introduction to Liquid Propulsion Systems; Liquid Propellants Classification; Combustion Chamber Configurations; Preburners; Combustion instability;	Prof. Francesco Nasuti	ING/IND 07	3	Lezioni, Esercitazioni, Seminari	Non prevista -

	Measurement Techniques in Thrust Chamber LRE Cycles; Operating envelopes and transients; Engine mechanical design; LRE System Analysis and trade-off criteria; LRE Thrust chamber; Advanced Combustion Chambers; Thrust Chamber Life; LRE Thrust chamber cooling systems and LRE development testing activities					
Modulo VII: Pump-fed Systems	Architectures & typologies; Components design of pumps & turbines; Pump-fed cycle analysis; Cavitation in cryogenic pumps; TP's auxiliary subsystems	Prof. Mauro Valorani Prof. Francesco Nasuti Prof. Franco Rispoli	ING/IND 07 – 08	3	Lezioni, Esercitazioni, Seminari	Non prevista -
Modulo VIII: Rocket Nozzles	Design of classical LRE nozzles, loads, contouring methods, cooling, mechanical design, flow separation and side-loads; Advanced LRE Nozzle Concepts; Dual bell nozzles: results of recent numerical and theoretical studies on the characteristics of dual bell nozzles	Prof. Francesco Nasuti	ING/IND 07	3	Lezioni, Esercitazioni, Seminari	Non prevista -
Modulo IX: Aero-thermo-dynamics of launchers and re-entry vehicles	Shock-Shock interferences and Shock- Wave/Boundary Layer Basic Interactions; Experimental and physical aspects of basic aerothermodynamics for launchers and rocket nozzles; Modelling Re-entry Aerothermodynamic Phenomena; Aerothermodynamics of nozzle and after bodies for launchers; Aerodynamic derivatives of the launcher;	Prof. Sergio Pirozzoli Prof. Renato Paciorri	ING/IND 06	3	Lezioni, Esercitazioni, Seminari	Non prevista -

	Launcher Base Drag; The European Project of the Experimental Vehicle IXV; CFD methods for high speed flows					
Modulo X: Solid Rocket Motors	Solid Rocket Motor Internal Ballistic; Solid Rocket Motor Ignition Transient; Pressure and Thrust Oscillations in Solid Rocket Motors; SRM Static Firing Tests and Flights Performance Analysis	Prof. Daniele Bianchi Prof. Bernardo Favini	ING/IND 06 – 07	3	Lezioni, Esercitazioni, Seminari	Non prevista -
Modulo XI: Launcher design	System loop procedure for feasibility study; Design of propulsion systems: lower stage, upper stage, attitude; control systems; stage separation problems; solid propulsion stage design with TVC	Prof. Daniele Bianchi Prof. Francesco Nasuti	ING/IND 07	3	Lezioni, Esercitazioni, Seminari	Prevista Consegna di due elaborati scritti con valutazione
Modulo XII: ECOSimpro / ESPSS Library	ECOSimpro/ESPSS Library; overview of the EcosimPro platform and ESPSS transient libraries	Prof. Francesco Nasuti Prof. Daniele Bianchi	ING/IND 07	3	Lezioni, Esercitazioni, Seminari	Prevista Consegna di un elaborato scritto con valutazione
Modulo XIII: Structures	Launch vehicle structural dynamics; Coupled load analysis; Seismic excitation in the launch phase on payload: modal coupling and participation, effective modal masses. Techniques for reduced-order models in structural dynamics: static and dynamic condensation; Random Vibrations; Experimental structural dynamics.	Prof. Paolo Gaudenzi Prof. Franco Mastroddi Prof. Giuliano Coppotelli	ING/IND 04	3	Lezioni, Esercitazioni, Seminari	Prevista Consegna di un elaborato scritto con valutazione

Modulo XIV: Ground Segment	Launcher Ground Segment: Vega and Soyuz Mobile Gantry overview; Principles of Launch range design; Ground network support: requirements and operations-Ground telemetry and tracking systems: Antenna parameters, ACU operational modes, Autotracking, Receivers, Telemetry data transfer; Space Link; Link Budget; Pre-launch Operations and Testing; Launch Ground Support; Ground Stations	Prof. Fabio Curti	ING/IND 05	3	Lezioni, Esercitazioni, Seminari	Non prevista
<b>Tirocinio/Stage</b>	Al termine del periodo di lezioni frontali e del training program nei centri di ricerca europei, gli studenti che hanno preso parte al Master svolgeranno un periodo di tirocinio formativo nelle industrie del settore aerospaziale per mettere in pratica le conoscenze teoriche acquisite durante l'anno accademico		SSD non richiesto	10	Internship formativo sul campo della durata di sei mesi all'interno delle più prestigiose aziende e industrie del settore aerospaziale sponsor del Master	
<b>Altre attività</b>	Keynote Lecture with international manager Training abroad		SSD non richiesto	5	Seminari e convegni con docenti e personalità internazionali del settore aerospaziale. Training all'estero sperimentale e teorico nei più importanti centri di ricerca europei	
<b>Prova finale</b>	La prova finale consiste nella presentazione e discussione di un elaborato di tesi redatto a cura del candidato sul lavoro svolto dallo stesso durante il periodo di internship		SSD non richiesto	3	L'elaborato finale, redatto in lingua inglese e supervisionato dai tutor accademici e aziendali, viene presentato e discusso di fronte alla Commissione	

				giudicatrice che esprime la votazione in centodecimi e può, all'unanimità, concedere al candidato il massimo dei voti con lode
<b>TOTALE CFU</b>			<b>60</b>	

Il Direttore del Master