

Corso di Laurea in Ingegneria Aerospaziale (Classe delle lauree in Ingegneria Industriale – n. 10)

L'Ingegneria aerospaziale è certamente uno dei settori più avanzati dell'Ingegneria industriale. L'esigenza di contenere i pesi, di avere un'elevata sicurezza dei sistemi che operano nell'atmosfera e nello spazio e di raggiungere elevati livelli di prestazioni comporta che la progettazione, la realizzazione e l'esercizio di questi sistemi debbano essere costantemente aggiornati e migliorati. Di conseguenza, l'Ingegneria aerospaziale, pur nel suo aspetto specialistico e dedicato, svolge il ruolo di settore trainante per quasi tutte le rimanenti branche dell'ingegneria.

Il corso di Laurea prevede un giusto equilibrio tra discipline di base e approfondimenti nello specifico settore professionale. Ciò da un lato garantisce una formazione adeguata per interpretare e descrivere i problemi classici dell'ingegneria, in particolare industriale, dall'altro offre la possibilità d'inserimento nel mondo del lavoro in settori molto specialistici e a tecnologia avanzata. L'obiettivo è quello di formare ingegneri che, sia pur focalizzati su un particolare profilo professionale, siano in grado di seguire la mobilità e la variabilità del mercato del lavoro e le continue innovazioni tecnologiche e gestionali, che, giova sottolineare, proprio nel settore aerospaziale sono particolarmente forti.

Filoni culturali specifici sono la fluidodinamica, la meccanica del volo, le costruzioni, le strutture e le tecnologie aerospaziali, la strumentazione e l'impiantistica di bordo e di terra, la propulsione aerea e spaziale.

CURRICULUM

Ai sensi dell'art. 9 comma 4 del D.M. n. 509 del 03/11/1999, tutti i Crediti Formativi Universitari (CFU) acquisiti nell'ambito del presente curriculum saranno riconosciuti validi per l'eventuale prosecuzione degli studi nella Classe delle lauree specialistiche in Ingegneria Aerospaziale e Astronautica (Classe 25/S) presso questa Facoltà di Ingegneria.

Insegnamento	Modulo	Settore scientifico-disciplinare	CFU	Attività formativa (#)	Propedeuticità'
Primo Anno – Primo Semestre					
Analisi matematica I	Analisi matematica I	MAT/05	9	6a+3f	Nessuna
Geometria e algebra	Geometria e algebra	MAT/03	6	a	Nessuna
Fisica generale I	Fisica generale I	FIS/01	6	a	Nessuna
Economia e organizzazione aziendale	Economia e organizzazione aziendale	ING-IND/35	6	c	Nessuna
Istituzioni di ingegneria aerospaziale	Istituzioni di ingegneria aerospaziale	ING-IND/04	1	b	Nessuna
		ING-IND/05	1	b	
		ING-IND/06	1	b	
Primo Anno – Secondo Semestre					
Analisi matematica II	Analisi matematica II	MAT/05	6	a	Analisi matematica I Geometria e algebra
Chimica	Chimica	CHIM/07	6	a	Nessuna
Elementi di informatica	Elementi di informatica	ING-INF/05	6	a	Nessuna
Fisica generale II	Fisica generale II	FIS/01	6	c	Analisi matematica I Fisica generale I
Disegno tecnico aerospaziale	Disegno tecnico aerospaziale	ING-IND/15	6	b	Geometria e algebra
Secondo Anno – Primo Semestre					
Termofluidodinamica	Termofluidodinamica	ING-IND/06	6	b	Fisica generale I Analisi matematica II
Tecnologia dei materiali aerospaziali	Tecnologie speciali I	ING-IND/16	3	c	Chimica
	Scienza e tecnologia dei materiali aerospaziali	ING-IND/22	3	Crediti di sede	Disegno tecnico aerospaziale
Aerodinamica	Aerodinamica	ING-IND/06	9	b	Fisica generale I Analisi matematica II

Fisica matematica	Fisica matematica	MAT/07	6	c	Fisica generale I Analisi matematica II
	Lingua inglese		3	e	Nessuna
Secondo Anno – Secondo Semestre					
Strutture aerospaziali I	Strutture aerospaziali I	ING-IND/04	6	b	Tecnologia dei materiali aerospaziali Fisica matematica
Impianti aerospaziali I	Impianti aerospaziali I	ING-IND/05	6	b	Aerodinamica
Meccanica del volo	Meccanica del volo	ING-IND/03	6	b	Aerodinamica
Gasdinamica I	Gasdinamica I	ING-IND/06	6	b	Termofluidodinamica Aerodinamica
Elettrotecnica	Elettrotecnica	ING-IND/31	6	b	Fisica generale II Analisi matematica II
Terzo Anno – Primo Semestre					
Propulsione aerospaziale I	Propulsione aerospaziale I	ING-IND/07	6	b	Chimica Gasdinamica I
Costruzioni aeronautiche I	Costruzioni aeronautiche I	ING-IND/04	6	b	Strutture aerospaziali I
Impianti aerospaziali II	Impianti aerospaziali II	ING-IND/05	6	b	Impianti aerospaziali I
Manovre e stabilit� statica	Manovre e stabilit� statica	ING-IND/03	6	b	Meccanica del volo
Probabilit�	Probabilit�	SEC-S/02	3	a	Analisi matematica I
Terzo Anno – Secondo Semestre					
Strutture aerospaziali II	Strutture aerospaziali II	ING-IND/04	6	b	Costruzioni Aeronautiche I
Aerodinamica Sperimentale I	Aerodinamica Sperimentale I	ING-IND/06	6	b	Gasdinamica I
	A scelta autonoma dello studente		9	d	
	Tirocinio		6	f	
	Prova finale		6	e	

(#) Ai sensi dell'Art. 10 comma 1 del D.M. n. 509 del 03/11/1999: a = di base; b = caratterizzanti; c = affini o integrative; d = a scelta autonoma dello studente; e = prova finale e lingua straniera; f = ulteriori conoscenze.

Insegnamenti suggeriti per la scelta autonoma dello studente

Insegnamento	Modulo	SSD	CFU	(#)	Propedeuticit�
Meccanica del volo dell'elicottero	Meccanica del volo dell'elicottero	ING-IND/03	3	b	Meccanica del volo
Dimensionamento	Dimensionamento	ING-IND/03	3	b	Manovre e Stabilit� Statica
Tecniche di simulazione di volo	Tecniche di simulazione di volo	ING-IND/03	3	b	Manovre e Stabilit� Statica
Analisi modale sperimentale	Analisi modale sperimentale	ING-IND/04	3	b	Costruzioni aeronautiche I
Costruzioni aeronautiche II	Costruzioni aeronautiche II	ING-IND/04	3	b	Costruzioni aeronautiche I
Manutenzione degli aeromobili	Manutenzione degli aeromobili	ING-IND/04	3	b	Costruzioni aeronautiche I
Normativa aeronautica	Normativa aeronautica	ING-IND/04	3	b	Costruzioni aeronautiche I Impianti Aerospaziali I Propulsione Aerospaziale I Meccanica del Volo
Progetto strutturale delle turbomacchine	Progetto strutturale delle turbomacchine	ING-IND/04	3	b	Costruzioni aeronautiche I
Sperimentazione delle strutture I	Sperimentazione delle strutture I	ING-IND/04	3	b	Costruzioni aeronautiche I

Tecnologie delle costruzioni aeronautiche	Tecnologie delle costruzioni aeronautiche	ING-IND/04	3	b	Costruzioni aeronautiche I
Fluidodinamica	Fluidodinamica	ING-IND/06	6	b	Gasdinamica I
Metodi di fluidodinamica numerica	Metodi di fluidodinamica numerica	ING-IND/06	6	b	Gasdinamica I
Sperimentazione fluidodinamica	Sperimentazione fluidodinamica	ING-IND/06	6	b	Gasdinamica I
Termofluidodinamica interna	Termofluidodinamica interna	ING-IND/06	6	b	Gasdinamica I
Motori per aeromobili	Motori per aeromobili	ING-IND/07	3	b	Propulsione aerospaziale I
Progettazione assistita dal computer	Progettazione assistita dal computer	ING-IND/15	3	b	Disegno tecnico aerospaziale
Tecnologie Speciali II	Tecnologie Speciali II	ING-IND/16	3	c	Tecnologia dei materiali aerospaziali

Attività formative del Corso di Laurea in Ingegneria Aerospaziale.

Insegnamento: Aerodinamica

Modulo didattico	SSD ING-IND/06	Af b	Anno II	CFU 9
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 60	Ore impegno studente: 180		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 20	Ore impegno studente: 45		

Obiettivi formativi:

Introdurre i principi fisici dell'Aerodinamica; spiegare la genesi delle forze aerodinamiche; derivare le equazioni generali per i diversi regimi dell'Aerodinamica; fornire il bagaglio culturale per lo studio di problemi della Meccanica dei fluidi introducendo i concetti generali dei numeri caratteristici, dell'analisi degli ordini di grandezza e delle piccole perturbazioni.

Contenuti:

Fenomenologie tipiche dell'Aerodinamica - Principi del volo e morfologia dell'aereo - Genesi della portanza. Effetto Magnus. Effetti della viscosità. Resistenza d'attrito e di scia - Caratteristiche dell'atmosfera terrestre - Richiami di termodinamica di equilibrio. Modello del gas più che perfetto. Equilibrio evolutivo - Introduzione alle equazioni del bilancio. Equazioni del bilancio in forma locale. Formulazione Euleriana, Lagrangiana. Derivata sostanziale. Flusso convettivo e diffusivo. Equazione della continuità in forma integrale e differenziale. Significato della divergenza di velocità. Cenni di calcolo tensoriale. Cinematica della particella. Rotazione rigida. Deformazione. Equazione del bilancio della quantità di moto. Tensore degli sforzi. Equazioni delle varie forme di energia. Equazione del bilancio entropico. Relazioni fenomenologiche. Adimensionalizzazione delle equazioni del bilancio. Numeri caratteristici e loro interpretazione cinematica, dinamica, energetica. Teorema di Crocco generalizzato. Teorema di Bernoulli. Circolazione della velocità e vorticità. Teoremi di Stokes, di Helmholtz, di Kelvin. Moto isoentalpico e isoentropico. Relazione fra gradiente di entropia e vorticità. Equazioni del moto non dissipativo in coordinate intrinseche. Relazione fra gradiente di pressione e accelerazione tangenziale e centripeta della particella. Relazione fra gradiente di velocità e variazione della sezione trasversale di un tubo di flusso. Cenni sui moti potenziali incompressibili. Equazione di Laplace e principio di sovrapposizione delle soluzioni. Condizioni al contorno. Funzione potenziale e funzione di corrente. Sorgente. Pozzo. Vortice. Combinazione di tipi fondamentali di moto. Moto intorno al cilindro. Cenni sulla teoria vorticoso dell'ala infinita. Piccole perturbazioni. Coefficienti aerodinamici e loro dipendenza dalla geometria, dall'angolo d'attacco, dai numeri di Reynolds e di Mach. Curve di portanza e polari. Coefficiente di momento. Centro di pressione e fuoco. Profili NACA. Profili laminari. Carico basico e addizionale sul profilo. Metodo ingegneristico NACA. Effetti della comprimibilità. Similitudine subsonica. Formula di Prandtl-Glauert. Mach critico inferiore. Cenni sulla aerodinamica di profili in campo transonico e supersonico. Strato limite. Analisi degli ordini di grandezza ed equazioni di Prandtl. Spessore di spostamento. Coefficiente d'attrito. Separazione dello strato limite. Stallo di un profilo alare. Cenni sullo strato limite turbolento. Sforzi di Reynolds. Azioni aerodinamiche. Metodo diretto e indiretto. Teorema di Kutta-Joukowski. Valutazione della resistenza aerodinamica col metodo indiretto. Teoria vorticoso dell'ala finita. Resistenza indotta. Ala ellittica. Metodo ingegneristico di Schrenk per la determinazione del carico lungo l'ala. La polare del velivolo completo.

Propedeuticità: Analisi matematica II, Fisica generale I.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova scritta e prova orale.

Insegnamento: Aerodinamica sperimentale I

Modulo didattico	SSD ING-IND/06	Af b	Anno III	CFU 6
Aerodinamica sperimentale I				
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 50	Ore impegno studente: 150		

Obiettivi formativi:

Fornire la conoscenza dei sistemi di misura e dei metodi di visualizzazione in aerodinamica. Mettere in grado gli allievi di eseguire le misure e di valutarne gli errori.

Contenuti:

Manometri e trasduttori di pressione: manometri a liquido, manometri metallici, trasduttori a capsula, a estensimetri, piezoelettrici e piezoresistivi, vernici sensibili alla pressione. Misure di velocità da misure di pressione: misura del modulo della velocità, tubo di Pitot, tubo di Prandtl, tubo Pitot-statico, yawmeters, flussimetri. Anemometro a filo caldo: materiali per sonde, sonde, principio di funzionamento, anemometro a corrente costante (CCA), anemometro a temperatura costante

(CTA), confronto tra CCA e CTA, temperatura operativa del sensore, compensazione della temperatura della corrente, il linearizzatore, misure di modulo e direzione della velocità media, misure di turbolenza. Anemometria laser: il laser a gas, anemometro Laser-Doppler (LDA), anemometro Laser a 2 Fuochi (L2F), Particle Image Velocimetry (PIV). Misure di temperatura: termocoppie, termografia all'infrarosso, vernici sensibili alla temperatura, individuazione della transizione, rilievo della temperatura di ristagno. Metodi di visualizzazione della corrente: applicazioni, tecniche di visualizzazione, principi di funzionamento dei metodi ottici, deviazione di un fascio luminoso in presenza di un gradiente costante di indice di rifrazione, metodo delle ombre, metodo Schlieren, interferometria a fasci separati e differenziale, analisi quantitativa di immagini Schlieren e interferogrammi.

Propedeuticità: Gasdinamica I.

Prerequisiti: Elettrotecnica.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Analisi matematica I

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Analisi matematica I	MAT/05	6a+3f	I	9
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 40	Ore impegno studente: 140		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 25	Ore impegno studente: 65		
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 15	Ore impegno studente: 20		

Obiettivi formativi:

Fornire i concetti fondamentali, in vista delle applicazioni, relativi al calcolo infinitesimale, differenziale e integrale per le funzioni reali di una variabile reale; fare acquisire adeguate capacità di formalizzazione logica e abilità operativa consapevole.

Contenuti:

Numeri reali. Numeri complessi. Funzioni elementari nel campo reale. Equazioni e disequazioni. Limiti delle funzioni reali di una variabile reale: proprietà dei limiti, operazioni con i limiti e forme indeterminate, infinitesimi, infiniti, calcolo di limiti. Funzioni continue: proprietà e principali teoremi. Calcolo differenziale per funzioni reali di una variabile reale: funzioni derivabili e significato geometrico della derivata, il differenziale, principali teoremi del calcolo differenziale, estremi relativi e assoluti, criteri di monotonia, funzioni convesse e concave, studio del grafico, formula di Taylor. Integrazione indefinita: primitive e regole di integrazione indefinita. Calcolo integrale per le funzioni continue in un intervallo compatto: proprietà e principali teoremi, area del rettangoloide, teorema fondamentale del calcolo integrale, calcolo di integrali definiti. Successioni e serie numeriche, serie geometrica, serie armonica.

Propedeuticità: Nessuna.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prove applicative in itinere e/o prova finale; colloquio.

Insegnamento: Analisi matematica II

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Analisi matematica II	MAT/05	a	I	6
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 30	Ore impegno studente: 106		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 22	Ore impegno studente: 44		

Obiettivi formativi:

Fornire i concetti fondamentali, in vista delle applicazioni, relativi sia al calcolo differenziale e integrale per le funzioni reali di più variabili reali, sia alle equazioni differenziali ordinarie; fare acquisire abilità operativa consapevole.

Contenuti:

Successioni e serie di funzioni nel campo reale. Funzioni reali e vettoriali di più variabili reali: limiti, continuità e principali teoremi. Calcolo differenziale per le funzioni reali di più variabili reali: differenziabilità, teoremi fondamentali del calcolo differenziale, formula di Taylor. Estremi relativi e assoluti: condizioni necessarie, condizioni sufficienti. Integrali doppi e

triplici di funzioni continue su insiemi compatti, formule di riduzione e cambiamento di variabili. Curve e superfici regolari, retta e piano tangenti, lunghezza di una curva e area di una superficie. Integrali curvilinei e integrali superficiali. Forme differenziali a coefficienti continui e integrali curvilinei di forme differenziali. Campi vettoriali gradienti, campi vettoriali irrotazionali. Teoremi della divergenza e di Stokes nel piano e nello spazio. Equazioni differenziali del primo ordine a variabili separabili, equazioni differenziali lineari, risoluzione delle equazioni differenziali lineari a coefficienti costanti.

Propedeuticità: Analisi matematica I, Geometria e algebra.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prove applicative in itinere e/o prova finale; colloquio.

Insegnamento: Chimica

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Chimica	CHIM/07	a	I	6
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 38	Ore impegno studente: 114		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 16	Ore impegno studente: 32		
Modalità di insegnamento: Prova intracorso	Ore impegno docente: 4	Ore impegno studente: 4		

Obiettivi formativi:

Conoscenza della natura della materia e delle sue principali trasformazioni, fondamento di tecnologie e problematiche di tipo ingegneristico quali materiali, inquinamento, energia. Individuazione delle analogie tra le differenti fenomenologie e comune interpretazione termodinamica e meccanicistica

Contenuti:

Dalle leggi fondamentali della chimica all'ipotesi atomica. Massa atomica. La mole e la massa molare. Formule chimiche. L'equazione di reazione chimica bilanciata e calcoli stechiometrici. La struttura elettronica degli atomi. Orbitali atomici. Legami chimici. La polarità dei legami e molecole polari. Nomenclatura dei principali composti inorganici. Legge dei gas ideali. Le miscele gassose. La distribuzione di Maxwell-Boltzmann delle velocità molecolari. Gas reali. Interazioni intermolecolari. Stato liquido. Stato solido. Forze di coesione nei solidi. Tipi di solidi: covalente, molecolare, ionico, metallico. Solidi amorfi. Cenni di termodinamica chimica. Trasformazioni di fase di una sostanza pura: definizioni ed energetica. Il diagramma di fase di una sostanza pura. Le soluzioni e loro proprietà. La solubilità. Bilanci di materia nelle operazioni di mescolamento e diluizione delle soluzioni. Le reazioni chimiche. Termochimica. Leggi cinetiche e meccanismi di reazione. Teoria delle collisioni. Equilibri chimici. La legge di azione di massa. Acidi e basi. L'equilibrio in sistemi omogenei ed eterogenei. Il concetto di semireazione. Celle galvaniche. Potenziali elettrochimici. Principali composti organici.

Propedeuticità: Nessuna.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prove in itinere scritte; prova finale scritta e orale. Prove di recupero scritte e orali.

Insegnamento: Costruzioni aeronautiche I

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Costruzioni aeronautiche I	ING-IND/04	b	III	6
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 42	Ore impegno studente: 125		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 10	Ore impegno studente: 20		
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 3	Ore impegno studente: 3		
Modalità di insegnamento: Seminario	Ore impegno docente: 2	Ore impegno studente: 2		

Obiettivi formativi:

Il corso fornisce gli elementi per il progetto delle strutture aeronautiche e spaziali. Sono analizzate le condizioni di carico e forniti i metodi per la schematizzazione, il dimensionamento, la verifica delle parti strutturali dei velivoli e dei veicoli spaziali.

Contenuti:

Scelta della struttura e progetto strutturale aerospaziale. Determinazione dei carichi – assi di riferimento, fattore di carico, velocità e loro definizione, coefficiente di sicurezza, equilibrio in volo simmetrico rettilineo non accelerato, diagramma di manovra, diagramma di raffica, raffica istantanea e graduale, fattore di attenuazione della raffica, tempo aerodinamico, carichi di bilanciamento, carichi da raffica e da manovra sul piano orizzontale di coda, condizioni di carico gravoso per il piano di coda verticale, carichi dovuti alla deflessione degli alettoni, carrelli (funzioni e definizioni di architetture), ammortizzatori, pneumatici, carichi all’impatto con il suolo, tipi di atterraggi e assetti relativi, carichi tangenziali e laterali, carichi diretti e coppie giroscopiche trasmessi dal motopropulsore, carichi di massa del moto propulsore derivanti da manovra simmetrica, non simmetrica e da raffica. Strutture a elementi concentrati – definizione e schemi elementari, trave incastrata a elementi concentrati, torsione struttura ad anima sottile, centro di taglio, centro di torsione, centro elastico, nodo di torsione e linea nei nodi di torsione, sezione a più celle, sezione aperte e relativo centro di taglio, il guscio puro, l’anima sottile, la piastra e la membrana, la flessione-torsione, caso del rettangolo allungato, comportamento a torsione di strutture a parete sottile con sezioni chiuse e aperte, flessione-torsione di trave con sezione a doppio T, flessione-torsione di sezioni aperte, teoria di Wagner, risultati sperimentali, flessione-torsione di strutture a elementi concentrati, a sezione aperta e chiusa, caso classico del cassone a quattro solette e quattro anime, stabilità delle travi caricate di punta, presso flessione, formule di pratico impiego, il metodo di Ramberg e Osgood utilizzato per descrivere il modulo tangente, stabilità delle lastre compresse, stabilità locale dei correnti caricati di punta sia flessionale che torsionale, crippling, stabilità delle lastre soggette a carichi combinati, tensione diagonale, semplificazione del Khun, verifica in regime post-buckling, larghezza equivalente, verifica delle ordinate, metodo del Cozzone e altri metodi in campo transitorio e plastico, rivettature e collegamenti bullonati. Vibrazioni e aeroelasticità – divergenza, flutter, inversione ed inefficacia degli alettoni e altri fenomeni dinamici, effetto della freccia sui fenomeni aeroelastici.

Propedeuticità: Strutture aerospaziali I.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Verifica delle esercitazioni svolte durante il corso. Prova finale con possibilità di prova intermedia.

Insegnamento: Disegno tecnico aerospaziale

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Disegno tecnico aerospaziale	ING-IND/15	b	I	6
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 30		Ore impegno studente: 90	
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 24		Ore impegno studente: 48	
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 6		Ore impegno studente: 10	
Modalità di insegnamento: Prova intracorso	Ore impegno docente: 2		Ore impegno studente: 2	

Obiettivi formativi:

Conoscenza delle principali norme nazionali e internazionali riguardanti il Disegno tecnico industriale e degli enti di standardizzazione (UNI, EN, ISO, ASME, ecc.) tale da permettere un’esecuzione e interpretazione corretta dei disegni tecnici. Inserire la fase del Disegno nel processo di progettazione/produzione di un prodotto industriale evidenziando le peculiarità del prodotto aerospaziale. Introdurre lo studente all’utilizzo dei sistemi CAD.

Contenuti:

Sviluppo del Disegno tecnico come linguaggio di comunicazione e suoi legami con la geometria. Norme nazionali e internazionali. Proiezioni e sue componenti: oggetto, punto di vista, piano e linee di proiezione. Classificazione delle proiezioni. Rapporti di proiezione e sua definizione analitica. Tipi di linee nel disegno. Sistemi di disposizione delle viste ortografiche. Costruzioni geometriche e intersezione tra superfici. Metodi per lo sviluppo di superfici. Conicità e pendenza. Tipi di sezioni nel disegno tecnico. Quotatura e sistemi di quotatura. Strumenti (calibro) per misurare le grandezze dimensionali. Errori nelle lavorazioni meccaniche: rugosità Ra e Rz e sua designazione. Qualità di lavorazione e tolleranze dimensionali. Posizioni delle tolleranze e scostamento fondamentale. Accoppiamenti con gioco, incerto e interferenza. Accoppiamenti albero base e foro base. Introduzione alle tolleranze geometriche. Classificazione di collegamenti meccanici. Collegamenti filettati e loro rappresentazione. Chiavette e linguette. Collegamenti mediante ruote dentate e loro designazione. Cuscinetti volventi. Collegamenti tra elementi saldati. Collegamenti mediante chiodatura e rivettatura. Rivetti particolari: Hi-Lok, Lock-bolt, ecc.. Designazione MS e NAS dei rivetti. Sviluppo delle lamiere e loro rappresentazione. Sistema base di un velivolo e sue linee di riferimento: Station line (STA), water line (WL) e Buttock line (BL). Introduzione ai sistemi per la designazione automatica (CAD).

Propedeuticità: Geometria e algebra.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova grafica intracorso e prove finali scritto/grafica e orale.

Insegnamento: Economia e organizzazione aziendale

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Economia e organizzazione aziendale	ING-IND/35	c	I	6
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 40		Ore impegno studente: 120	
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 10		Ore impegno studente: 20	
Modalità di insegnamento: Seminario	Ore impegno docente: 6		Ore impegno studente: 6	
Modalità di insegnamento: Prova intracorso	Ore impegno docente: 4		Ore impegno studente: 4	

Obiettivi formativi:

- Capacità di valutare il posizionamento competitivo dell'impresa nel settore in cui opera.
- Capacità di diagnosi dell'organizzazione utilizzando un approccio di tipo sistemico.
- Capacità di analizzare un bilancio aziendale, attraverso i più diffusi quozienti di bilancio, al fine di valutare i risultati della gestione.

Contenuti:

Parte I: conoscere l'impresa:

L'Impresa: definizione, obiettivi economici, modellizzazione del concetto di impresa.

Fattori e costi di produzione. Criteri di classificazione delle imprese. L'impresa e l'ambiente. L'impresa e il mercato.

Caratteristiche strutturali e competitive delle principali tipologie di mercato: concorrenza perfetta, oligopolio e concorrenza monopolistica, monopolio.

Settore, impresa e competitività: Definizione di settore; analisi e valutazione dell'attrattività di un settore; ciclo di vita del settore. Differenziali competitivi. Tecniche di portafoglio. Strategie concorrenziali di base. L'analisi del posizionamento competitivo dell'impresa attraverso la SWOT analysis.

L'analisi interna dell'impresa. La catena del valore. Le funzioni aziendali. Le strutture organizzative. Criteri per la scelta della struttura organizzativa. L'evoluzione della struttura organizzativa nel corso della vita dell'impresa. L'impresa come sistema: il modello delle 7 S.

Parte II: introduzione al bilancio aziendale.

Introduzione alla Gestione aziendale, I fondamenti della Contabilità aziendale, La costruzione del Bilancio, Riclassificazione e analisi del bilancio.

Seminari.

Testimonianze aziendali, sessioni di approfondimento, studio di casi aziendali.

Propedeuticità: Nessuna.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova scritta e orale.

Insegnamento: Elementi di informatica

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Elementi di informatica	ING-INF/05	a	I	6
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 34		Ore impegno studente: 102	
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 16		Ore impegno studente: 40	
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 4		Ore impegno studente: 8	

Obiettivi formativi:

Fornire le nozioni di base per le discipline informatiche, introducendo lo studente allo studio dei fondamenti teorici dell'informatica, dell'architettura dei calcolatori e dei linguaggi di programmazione ad alto livello. Fornire le conoscenze necessarie per lo sviluppo di programmi per la risoluzione di problemi di limitata complessità.

Contenuti:

Il concetto di elaborazione e di algoritmo. Elementi di algebra della logica delle proposizioni. La rappresentazione dell'informazione. L'architettura dei sistemi di elaborazione: il modello di Von Neumann, principio di funzionamento della Central Processing Unit, le memorie, l'Input/Output. Il sistema operativo (cenni). Le reti di calcolatori ed Internet (cenni). Il ciclo di vita di un programma.

Fondamenti di programmazione: tipi di dato semplici e tipi di dato strutturati; istruzioni elementari e strutture di controllo. La programmazione strutturata. Algoritmi su sequenze e array. L'input/output e i file. I linguaggi di programmazione. I sottoprogrammi e le librerie standard.

Esercitazioni in laboratorio: impiego di un ambiente di sviluppo dei programmi con esempi di algoritmi numerici.

Propedeuticità: Nessuna.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova pratica al calcolatore e prova orale.

Insegnamento: Elettrotecnica

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Elettrotecnica	ING-IND/31	c	II	6

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 40	Ore impegno studente: 120
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 15	Ore impegno studente: 30

Obiettivi formativi:

L'obiettivo formativo del modulo è quello di addestrare l'allievo nella soluzione e nello studio di alcuni problemi di elettromagnetismo applicato di rilevante interesse pratico in molti settori dell'ingegneria industriale e in particolare nel settore dell'ingegneria aerospaziale, con riguardo agli azionamenti elettrici, alla strumentazione e all'impiantistica. L'approccio allo studio di tali problemi sarà quello di considerarli come esempi applicativi di impiego delle nozioni di elettrostatica, magnetostatica e di teoria dei circuiti acquisite nel corso di Fisica generale II. Il corso prevede attività di laboratorio.

Contenuti:

Reti magnetiche: definizione di riluttanza. L'esempio del trasformatore: trasformatore ideale e reale, circuiti equivalenti, rendimento, prove sui trasformatori. Motore asincrono: Il campo magnetico rotante; circuito equivalente, rendimento, coppia e caratteristica meccanica; caratteristiche costruttive; motore asincrono monofase. Cenni di misure elettriche: strumenti magnetoelettrici, elettrodinamici e a induzione. Elementi di impianti e di sicurezza elettrica: Apparecchi di manovra e di protezione; protezione contro i contatti diretti e indiretti.

Propedeuticità: Analisi matematica II, Fisica generale II.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prove in itinere scritte e orali. Se tali prove sono superate non è previsto l'esame finale.

Insegnamento: Fisica generale I

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Fisica generale I	FIS/01	a	I	6

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 40	Ore impegno studente: 120
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 15	Ore impegno studente: 30

Obiettivi formativi:

Introdurre i concetti fondamentali della Meccanica classica e i primi concetti della Termodinamica, privilegiando gli aspetti fenomenologici e metodologici. Fornire una abilità operativa consapevole nella risoluzione di semplici esercizi.

Contenuti:

Metodo scientifico. Concetto di misura. Definizione operativa delle grandezze fisiche. Cinematica del punto materiale in una dimensione. Grandezze scalari e grandezze vettoriali; operazioni sui vettori. Cinematica del punto in due e tre dimensioni. Il principio di relatività. La prima legge di Newton: il principio di inerzia. La seconda legge di Newton. La terza legge di Newton: il principio di azione e reazione. Quantità di moto; impulso di una forza; momento di una forza e momento angolare. La forza peso; il moto dei proiettili; le reazioni vincolari; il moto lungo un piano inclinato; il pendolo semplice. Le interazioni fondamentali della natura (gravitazionale, elettromagnetica, forte e debole). Classificazione empirica delle forze e loro effetti dinamici: forza di attrito radente; forza elastica; forza di attrito viscoso. Sistemi di riferimento non inerziali e forze fittizie. Lavoro di una forza; il teorema dell'energia cinetica; campi di forza conservativi ed energia potenziale; il teorema di conservazione dell'energia meccanica. Le leggi di Keplero e la legge di gravitazione universale. Dinamica dei sistemi di punti materiali: equazioni cardinali; centro di massa; leggi di conservazione della quantità di moto e del momento angolare; sistema di riferimento del centro di massa e teoremi di König. Elementi di

dinamica del corpo rigido. Elementi di statica dei fluidi. Temperatura e calore. Il gas perfetto. L'esperienza di Joule. Il primo principio della termodinamica.

Propedeuticità: Nessuna.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova scritta e/o orale.

Insegnamento: Fisica generale II

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Fisica generale II	FIS/01	c	I	6

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 40	Ore impegno studente: 120
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 15	Ore impegno studente: 30

Obiettivi formativi:

Introdurre i concetti fondamentali dell'Elettromagnetismo, privilegiando gli aspetti fenomenologici e metodologici. Fornire una abilità operativa consapevole nella risoluzione di semplici esercizi numerici.

Contenuti:

Interazione elettrica. Il principio di conservazione della carica elettrica. Legge di Coulomb. Principio di sovrapposizione. Campo elettrico. Potenziale elettrostatico. Potenziale di dipolo. Forza risultante e momento risultante su un dipolo posto in un campo esterno. Flusso di un campo vettoriale. Legge di Gauss. Il campo elettrico in presenza di conduttori. Condensatori. Densità di energia del campo elettrico. Cenni sull'elettrostatica nei dielettrici. Correnti continue. Legge di Ohm. Legge di Joule. Forza elettromotrice di un generatore. Leggi di Kirchhoff. Circuito RC. Interazione magnetica. Forza di Lorentz. Forza su un conduttore percorso da corrente. Momento meccanico su una spira. Moto di una carica in un campo magnetico uniforme. Il campo magnetico generato da correnti stazionarie. Il campo di una spira a grande distanza. Il momento magnetico di una spira. La legge di Gauss per il magnetismo. Il teorema della circuitazione di Ampere. Cenni sulla magnetostatica nei mezzi materiali. Legge di Faraday. Coefficienti di Auto e Mutua induzione. Circuito RL. Densità di energia del campo magnetico. Corrente di spostamento. Cenni sulle onde elettromagnetiche.

Propedeuticità: Analisi matematica I, Fisica generale I.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova scritta e/o orale.

Insegnamento: Fisica matematica

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Fisica matematica	MAT/07	c	II	6

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 36	Ore impegno studente: 108
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 21	Ore impegno studente: 42

Obiettivi formativi:

Presentare i fondamenti matematici della Meccanica e i modelli di sistemi elementari. Elaborare metodi tipici dell'ingegneria per la corretta analisi di semplici problemi di evoluzione e dell'equilibrio.

Contenuti:

Equivalenza di campi vettoriali e proprietà dei momenti. Baricentri e momenti di inerzia; tensore di inerzia e proprietà degli assi principali. Trasformazioni cinematiche e moti rigidi. Vincoli, grado di libertà e coordinate lagrangiane, con applicazioni ai sistemi articolati piani. Leggi generali della Dinamica, equazioni di bilancio e modelli differenziali. Applicazioni a sistemi dinamici. Lavoro, potenziale ed energia. Equazioni cardinali della Statica con applicazioni al problema dell'equilibrio e al calcolo di reazioni vincolari. Travi reticolari piane. Formulazione lagrangiana dell'equilibrio e principio dei lavori virtuali con applicazioni. Equazioni di Lagrange e analisi della stabilità.

Propedeuticità: Fisica generale I, Analisi matematica II.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Gasdinamica I

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Gasdinamica I	ING-IND/06	b	II	6
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 42		Ore impegno studente: 125	
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 10		Ore impegno studente: 20	
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 3		Ore impegno studente: 3	
Modalità di insegnamento: Seminario	Ore impegno docente: 2		Ore impegno studente: 2	

Obiettivi formativi:

Acquisizione dei fondamenti della Gasdinamica e in particolare dell'analisi dei moti in regime compressibile. Educazione all'impiego dei metodi elementari per il calcolo dei flussi supersonici e dei moti unidimensionali. Risoluzione di moti dissipativi con metodi integrali, con riferimento agli scambi sia di quantità di moto sia di calore.

Contenuti:

Cenni sul cammino libero medio molecolare. Ipotesi del continuo. Distribuzione Maxwelliana delle velocità peculiari. Numero di Mach e cono di Mach. Pressione e temperatura in un gas. Coefficienti di trasporto. Moti quasi-stazionari e quasi-unidimensionali. Conservazione della massa. Bilancio della quantità di moto. Equazione di Bernoulli. Conservazione dell'energia. Condizioni di ristagno. Ellisse delle velocità. Velocità di propagazione dei piccoli disturbi. Moti in condotti ad area variabile. Introduzione alle onde d'urto normali. Onde d'urto normali in un gas più che perfetto. Onde d'urto normali non stazionarie in un gas più che perfetto. Onde d'urto oblique. Moto intorno a un diedro. Polare d'urto. Riflessioni di onde su superfici solide. Onde d'urto coniche. Onde d'espansione. Profilo a diamante. Ugelli. Portata in un ugello. Ugello convergente collegato a un serbatoio. Solido della portata. Condizioni d'efflusso da un ugello convergente sottoespresso. Ugello convergente divergente collegato a un serbatoio. Portata in un ugello convergente divergente. Condizioni d'efflusso da un ugello convergente divergente. Svuotamento di un serbatoio. Stabilità di un'onda d'urto in un condotto ad area variabile. Gallerie del vento supersoniche. Prese d'aria subsoniche. Prese d'aria supersoniche. Gallerie supersoniche. Motori respiranti. Introduzione al moto alla Fanno. Influenza del numero di Mach per un moto alla Fanno. Condotto alla Fanno collegato a un ugello convergente. Condotto alla Fanno collegato a un ugello convergente divergente. Temperatura di parete adiabatica. Moto isoterma. Introduzione al moto alla Rayleigh. Influenza del numero di Mach per un moto alla Rayleigh. Condotto alla Rayleigh collegato a un ugello convergente. Condotto alla Rayleigh collegato a un ugello convergente divergente.

Propedeuticità: Termofluidodinamica, Aerodinamica.

Prerequisiti: Fisica matematica.

Modalità di accertamento del profitto: Prova scritta e orale.

Insegnamento: Geometria e algebra

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Geometria e algebra	MAT/03	a	I	6
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 40		Ore impegno studente: 120	
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 15		Ore impegno studente: 30	

Obiettivi formativi:

L'obiettivo di questo modulo è, da un lato, quello di abituare lo studente ad affrontare problemi formali utilizzando strumenti adeguati e un linguaggio corretto, e dall'altro di risolvere problemi specifici di tipo algebrico e geometrico con gli strumenti classici dell'algebra lineare.

Contenuti:

Vettori geometrici applicati; relazioni di equivalenza e vettori geometrici liberi. Operazioni sui vettori. Strutture algebriche. Spazi vettoriali su un campo. Il prodotto scalare standard in uno spazio vettoriale numerico. Dipendenza lineare, generatori, basi, dimensione. Sottospazi di uno spazio vettoriale. Sottospazi congiungenti e somme dirette. Il Teorema di Grassmann. Applicazioni lineari. Nucleo e immagine. Equazione dimensionale. Isomorfismo coordinato. Endomorfismi. Matrici e determinanti. Matrice associata a una trasformazione.

Lo spazio vettoriale delle matrici. Rango. Matrici quadrate, diagonali, triangolari, simmetriche. Prodotto righe per colonne. Calcolo dei determinanti: Teorema di Laplace. Calcolo del rango: Teorema degli Orlati. Teorema di Binet. Metodi di triangolazione di Gauss-Jordan. Operazioni elementari sulle righe di una matrice. Sistemi di equazioni lineari. Teoremi di Rouché-Capelli e di Cramer. Calcolo delle soluzioni con il metodo dei determinanti. Sistemi parametrici. Autovalori,

autovettori e autospazi; il polinomio caratteristico. Molteplicità di un autovalore. Diagonalizzazione di un endomorfismo e di una matrice quadrata. Il Teorema Spettrale. Geometria del piano. Rappresentazione della retta. Incidenza e parallelismo tra rette. Prodotto scalare geometrico. Ortogonalità. Distanze nel piano. Geometria dello spazio. Rappresentazione della retta e del piano. Incidenza e parallelismo tra sottospazi. Questioni euclidee.

Propedeuticità: Nessuna.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova scritta e orale.

Insegnamento: Impianti aerospaziali I

Modulo didattico Impianti aerospaziali I	SSD ING-IND/05	Af b	Anno II	CFU 6
--	--------------------------	----------------	-------------------	-----------------

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 40	Ore impegno studente: 120
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 12	Ore impegno studente: 30

Obiettivi formativi:

Fornire gli elementi introduttivi essenziali della impiantistica aerospaziale in termini di modellistica matematico-fisica e di soluzioni realizzative integrate, con particolare riferimento al settore aeronautico.

Contenuti:

Elementi fondamentali sui sistemi avionici: importanza e ruolo, tipologia, funzionamento e finalità. I sensori air data: concetti e tecniche di misura, risoluzione ed errore, tecniche di calibrazione, soluzioni realizzative. Funzioni dello air data computer. Modelli matematico-fisici linearizzati degli impianti aerospaziali mediante rappresentazione con variabili di stato. Equilibrio, analisi di stabilità dei sistemi e delle relative prestazioni in termini di stato stazionario, funzione di trasferimento, risposta impulsiva, al gradino e in frequenza. Sistemi a ciclo aperto e chiuso, controllo con retroazione, logiche di controllo e compensazione, progetto con metodi analitici e grafici di un controllore. Esempi di soluzioni realizzative meccaniche e fly-by-wire di impianti aerospaziali: i servomotori idraulici per la deflessione delle superfici aerodinamiche mobili e il controllo del volo rettilineo uniforme e del beccheggio mediante autopilota longitudinale con introduzione dello smorzamento.

Propedeuticità: Aerodinamica.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova scritta e orale.

Insegnamento: Impianti aerospaziali II

Modulo didattico Impianti aerospaziali II	SSD ING-IND/05	Af b	Anno III	CFU 6
---	--------------------------	----------------	--------------------	-----------------

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 40	Ore impegno studente: 120
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 12	Ore impegno studente: 30

Obiettivi formativi:

Fornire gli elementi introduttivi essenziali della impiantistica aerospaziale in termini di modellistica matematico-fisica e di soluzioni realizzative integrate, con particolare riferimento al settore spaziale.

Contenuti:

Elementi di astrodinamica: problema degli n corpi, problema dei due corpi, costanti del moto: energia meccanica e momento angolare, equazione della traiettoria, sistemi di riferimento inerziale, topocentrico e perifocale, sfera celeste, sistemi di misura dei tempi, problema di keplero, perturbazioni orbitali, metodo di Eulero, manovre e correzioni orbitali,

orbite geostazionarie, eliosincrone e molnya. Esempi applicativi e soluzioni realizzative per manovre orbitali alla hohmann e non.

Elementi sulla dinamica rotazionale di un satellite rigido: sistemi di riferimento orbitale e body, momento angolare ed energia cinetica rotazionale, equazioni di Eulero, angoli di Eulero e matrici di trasformazione, equazioni cinematiche dell'assetto, dinamiche rotazionali di satelliti assialsimmetrici e non, modellazione delle coppie di gradiente di gravità, aerodinamica, magnetica e della pressione di radiazione solare, stabilità in presenza della coppia di gradiente di gravità su orbita circolare ed ellittica. Esempi applicativi e soluzioni realizzative.

Propedeuticità: Impianti aerospaziali I.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova scritta e orale.

Insegnamento: Istituzioni di ingegneria aerospaziale

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Istituzioni di ingegneria aerospaziale	ING-IND/04-05-06	b	I	3

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 25	Ore impegno studente: 75
--	--------------------------------	---------------------------------

Obiettivi formativi:

Fornire una caratterizzazione iniziale dei velivoli e dei sistemi spaziali e quindi un riferimento schematico in cui inserire gli approfondimenti successivi. Porre, sia pur a livello introduttivo, l'allievo di fronte ai problemi concreti e alle soluzioni praticate, aumentando quindi anche il suo interesse per gli studi. Realizzare un legame fra le conoscenze di base e la loro naturale evoluzione nelle materie aerospaziali più professionalizzanti.

Contenuti:

Fluidodinamica. Comportamento dell'aria. Atmosfera terrestre. Azioni aerodinamiche. Superfici portanti. Profili polari. Elementi sulla sperimentazione aerodinamica (1CFU).

Costruzioni e strutture aerospaziali. Tipologie di aeromobili. Componenti strutturali di un velivolo e di sistemi spaziali. Elementi sui materiali (1CFU).

Impianti e sistemi aerospaziali. Il veicolo aerospaziale come sistema. Obiettivi di missione. Integrazione a bordo di impianti e strumentazione (1CFU).

Propedeuticità: Nessuna.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova scritta.

Insegnamento: Manovre e stabilità statica

Modulo	SSD	Af	Anno	CFU
Manovre e stabilità statica	ING-IND/03	b	III	6

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 36	Ore impegno studente: 100
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 15	Ore impegno studente: 41
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 3	Ore impegno studente: 9

Obiettivi formativi:

Il corso è organizzato in due parti.

L'obiettivo della prima parte del corso è fornire all'allievo gli elementi necessari ad interpretare le manovre di volo e a predire i carichi da esse derivanti. Vengono approfondite tutte le derivate di stabilità e il comportamento del velivolo in volo manovrato.

Nella seconda parte il corso fornisce gli strumenti per una valutazione dell'equilibrio, del controllo e delle caratteristiche di stabilità statica del velivolo sia a comandi bloccati sia a comandi liberi nel piano longitudinale e latero-direzionale.

Contenuti:

Manovre in volo (3 CFU): Derivate di stabilità longitudinali e latero-direzionali e loro stima; Cenni sulle equazioni del moto – manovre nel piano longitudinale (richiamata, etc.). Manovre nel piano latero-direzionale (virata, rollio, vite).

Stabilità statica (3 CFU): Concetti di equilibrio e stabilità – Carichi sulle superfici di controllo (stabilizzatore, equilibratore, alettoni, timone. Stabilità ed equilibrio longitudinale – punto neutro a comandi bloccati e liberi. Stabilità ed equilibrio latero-direzionale.

Propedeuticità: Meccanica del volo.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prove scritta finale e colloquio.

Insegnamento: Meccanica del volo

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Meccanica del volo	ING-IND/03	b	II	6
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 40	Ore impegno studente: 110		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 14	Ore impegno studente: 40		

Obiettivi formativi:

Il corso fornisce all'allievo gli strumenti per l'analisi e il calcolo delle prestazioni di volo e di decollo e atterraggio di un aeromobile. In particolare, fornisce all'allievo capacità di valutazioni numeriche di prestazioni, autonomie, ecc..

Contenuti:

Proprietà atmosfera tipo. Brevi cenni di aerodinamica di base. Polare parabolica e polari tecniche (2 CFU).

Spinta, potenza ed eliche – Prestazioni in volo livellato – Autonomie (2 CFU).

Prestazioni di salita – volo librato - virata – decollo e atterraggio (2 CFU).

Propedeuticità: Aerodinamica.

Prerequisiti: Istituzioni di ingegneria aerospaziale.

Modalità di accertamento del profitto: Prova in itinere, Prova finale.

Insegnamento: Probabilità

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Probabilità	SECS-S/02	a	III	3
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 15	Ore impegno studente: 45		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 9	Ore impegno studente: 18		
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 8	Ore impegno studente: 12		

Obiettivi formativi:

Apprendimento dei fondamentali del calcolo delle probabilità e dell'uso dei modelli di variabili aleatorie nel campo dell'ingegneria.

Contenuti:

Calcolo delle probabilità e sue applicazioni in campo scientifico e tecnologico. Genesi, formulazione e utilizzo di modelli di variabili aleatorie.

Propedeuticità: Analisi matematica I.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova scritta personalizzata e successiva discussione orale incentrata sulla stessa.

Insegnamento: Propulsione aerospaziale I

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Propulsione aerospaziale I	ING-IND/07	b	III	6
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 44	Ore impegno studente: 130		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 8	Ore impegno studente: 20		

Obiettivi formativi:

Il corso si propone di fornire all'allievo i fondamenti fisici alla base di un sistema propulsivo aerospaziale. E' descritto il ciclo termodinamico di un propulsore di tipo chimico ed è trattata la aerotermodinamica unidimensionale dei condotti rigidi e delle turbomacchine allo scopo di fornire una conoscenza di base del funzionamento di tutti i sistemi propulsivi aerospaziali attuali e futuri e delle loro tipiche prestazioni.

Contenuti:

Generalità sul concetto di propulsione aerospaziale. Ciclo di un motore termico. Classificazione e schemi di tutti i propulsori aerospaziali dalle origini a quelli ancora in fase di ricerca o di progetto preliminare. Principi elementari dell'aerotermodinamica delle prese d'aria, degli ugelli, delle camere di combustione e delle turbomacchine. Cenni sui problemi causati da stress termico e sulle soluzioni adottabili per la protezione delle pareti. Sono previste durante il corso alcune esercitazioni in classe.

Propedeuticità: Chimica, Gasdinamica I.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova scritta e orale a fine corso.

Insegnamento: Strutture aerospaziali I

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Strutture aerospaziali I	ING-IND/04	b	II	6
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 34	Ore impegno studente: 105		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 20	Ore impegno studente: 45		

Obiettivi formativi:

L'allievo al termine del corso, sarà in grado di verificare (dal punto di vista dello stress puntuale) nonché dimensionare (con un dato margine di sicurezza nei riguardi della plasticizzazione) gli elementi strutturali più ricorrenti nelle strutture aerospaziali.

Contenuti:

Teoria della trave: sforzo normale centrato, flessione retta, flessione deviata, sforzo normale eccentrico, torsione, taglio. Il criterio di Hencky-Von Mises. Il concetto di coefficiente di sicurezza e di tensione ammissibile. Applicazioni su verifica e dimensionamento.

L'equazione della linea elastica (del II o del IV ordine) per travi inflesse. I corollari di Mohr. Risoluzione delle travi iperstatiche col metodo delle forze.

Cedimenti vincolari elastici e anelastici.

Variazioni termiche lineari.

Applicazioni di equazione della linea elastica, corollari di Mohr e metodo delle forze a strutture soggette a cedimenti e/o variazioni termiche.

Propedeuticità: Fisica matematica, Tecnologia dei materiali aerospaziali.

Prerequisiti: Nessuno

Modalità di accertamento del profitto: Prova scritta e orale.

Insegnamento: Strutture aerospaziali II

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Strutture aerospaziali II	ING-IND/04	b	II	6
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 34	Ore impegno studente: 106		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 20	Ore impegno studente: 44		

Obiettivi formativi:

Familiarizzazione ed acquisizione delle metodologie di progettazione a mezzo procedure manualistiche e tramite l'approccio FEM, di strutture aeronautiche non convenzionali (sandwich, compositi avanzati, etc.).

Contenuti:

Il corso si articola in 3 parti differenziate, ognuna con un obiettivo specifico. Nella 1ª parte viene affrontato lo studio e l'analisi di elementi strutturali tipici delle applicazioni aeronautiche, quali strutture sandwich ed in materiale composito. Nella 2ª parte si analizzano elementi strutturali semplici che costituiscono le componenti strutturali più significativi del velivolo, quali pannelli piani e curvi, centine, pannelli irrigiditi, etc.. Infine nella 3ª ed ultima parte si presenta il quadro di sintesi del progetto strutturale dei due maggiori sistemi che costituiscono il velivolo: l'ala e la fusoliera, con la specifica attenzione all'esigenza di pressurizzazione di quest'ultima.

Propedeuticità: Costruzioni aeronautiche I

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Esercitazioni pratiche in aula, prove intercorso, progetti a casa, esame orale

Insegnamento: Termofluidodinamica

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Termofluidodinamica	ING-IND/06	b	II	6
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 34	Ore impegno studente: 106		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 20	Ore impegno studente: 44		

Obiettivi formativi:

Introdurre i principi fisici della termodinamica di equilibrio e dei cicli; fornire il bagaglio culturale per lo studio dei problemi della meccanica dei fluidi; descrivere i meccanismi fondamentali della trasmissione del calore.

Contenuti:

Termodinamica di equilibrio. 1° e 2° principio. Proprietà dei gas. Derivate di stabilità termodinamica. Derivazione delle equazioni del bilancio e analisi adimensionale. Sistemi chiusi e aperti. Equazione di Bernoulli. Cicli termodinamici. Rendimento. Meccanismi di trasmissione del calore per conduzione, irraggiamento, convezione. Analogia di Reynolds. Convezione naturale.

Propedeuticità: Fisica generale I, Analisi matematica II.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Tecnologia dei materiali aerospaziali

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Tecnologie speciali I	ING-IND/16	c	II	3
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 24	Ore impegno studente: 72		
Modalità di insegnamento: Prova intracorso	Ore impegno docente: 3	Ore impegno studente: 3		

Obiettivi formativi:

Il corso si propone di fornire la capacità di scegliere ed eseguire prove di caratterizzazione e interpretare i risultati e le conoscenze di base dei processi di fonderia, di deformazione plastica e sulle lavorazioni per asportazione di truciolo.

Contenuti:

Principi di struttura della materia: Legami metallici. Reticoli cristallini. Difetti nei cristalli. Interazione fra i difetti. Influenza della temperatura.

Prove sui materiali: Prova di trazione. Misura delle proprietà. Deformazioni in campo elastico. Fenomeni dello snervamento e dell'incrudimento. Strizzone. Definizione della durezza, prove di durezza Brinell, Vickers, Rockwell B e C. Resilienza di un materiale. Prova Charpy, Izod e con provetta a V. Prova di fatica. Spettri e modalità di carico. Costruzione delle curve di Whöler.

Fonderia: Generalità sul processo, difetti nei getti ed accorgimenti per evitarli (materozza, soffiature e porosità, solidificazione direzionale, sformabilità e progettazione degli stampi e delle forme).

Processi di fonderia: Generalità sui processi: fonderia in terra, formatura a guscio, a cera persa, polycast, sotto pressione, centrifuga, Squeeze casting.

Lavorazioni per deformazione plastica: Diagramma sigma-epsilon al variare della temperatura e della deformazione plastica subita, lavorazione plastica a caldo ed a freddo, confronto tra le due tecniche, effetto della velocità e dell'attrito.

Processi di lavorazione per deformazione plastica: Laminazione, trafilatura, estrusione, forgiatura e stampaggio:

Lavorazione per asportazione di truciolo: Generalità sul taglio dei metalli, geometria dell'utensile ed effetto sulle sollecitazioni, usura degli utensili, materiali per utensili.

Macchine utensili: Generalità sulle macchine utensili, Tornio, fresatrice.

Propedeuticità: Chimica, Disegno tecnico aerospaziale.

Prerequisiti: Si consiglia la conoscenza dei seguenti argomenti: chimica di base, equilibrio di un corpo, definizioni di sollecitazioni normali e taglianti, allungamenti unitari, moduli elastici.

Modalità di accertamento del profitto: **Prova orale e/o scritta.**

Insegnamento: Tecnologia dei materiali aerospaziali

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Scienza e tecnologia dei materiali Aerospaziali	ING-IND/22	di sede	II	3

Modalità di insegnamento: Lezione

Ore impegno docente: 24

Ore impegno studente: 75

Obiettivi formativi:

Introdurre l'allievo alle relazioni che sussistono tra la struttura chimica e fisica dei materiali e le loro principali proprietà strutturali e funzionali. Acquisizione degli aspetti di base relativi all'effetto delle trasformazioni sulla struttura dei materiali.

Contenuti:

Macromolecole: teoria atomistica della materia, legami chimici, peso molecolare e mole, monomeri e loro funzionalità, strutture primarie dei polimeri, polimeri lineari, ramificati e reticolati, tecniche di determinazione del peso molecolare. Sintesi dei polimeri termoplastici, accenni ai metodi di sintesi industriale dei polimeri, esempi dei principali polimeri industriali e delle loro applicazioni. Lo stato solido nei polimeri, analisi conformazionale, lo stato cristallino e polimerfismo, lo stato amorfo. Transizioni di fase dei materiali polimerici, condizioni di equilibrio termodinamico, transizioni del I e del II ordine, cristallizzazione e fusione, temperatura di transizione vetrosa. Resine termoindurenti, reazioni di reticolazione, punto di gelo, esempi di resine termoindurenti: epossidiche, poliestere, poliuretaniche, cinetica di reticolazione. Tecniche di caratterizzazione, spettroscopia, proprietà meccaniche, analisi dinamico-meccanica. Materiali compositi, generalità e definizioni principali, accenni alla teoria della laminazione, compositi a matrice polimerica termoindurente, tecnologie di trasformazione dei materiali compositi, Materiali ceramici, struttura dei materiali ceramici, proprietà generali, vetri, composizione, struttura e proprietà, tecniche di fabbricazione e trattamenti termici, prodotti argillosi, composizione, struttura e proprietà, tecniche di fabbricazione, refrattari, composizione, struttura e proprietà, tecniche di fabbricazione.

Propedeuticità: Chimica, Disegno tecnico aerospaziale.

Prerequisiti: Fisica generale II, Analisi matematica II.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Esame di laurea

La prova finale per il Corso di Laurea in Ingegneria Aerospaziale consiste nella discussione di una relazione scritta, elaborata dallo studente sotto la guida di un relatore:

- sulle attività svolte in un laboratorio di ricerca, ovvero
- sulle attività di tirocinio, svolto anche in strutture private, ovvero
- sulle attività di ricerca monografica svolte.

Opzioni dal preesistente ordinamento al nuovo Ordinamento

Gli studenti iscritti al Corso di Laurea in Ingegneria Aerospaziale dell'ordinamento preesistente possono optare per l'iscrizione al Corso di Laurea in Ingegneria Aerospaziale del nuovo ordinamento, direttamente sostitutivo del preesistente, secondo quanto disposto dall'Art. 37 comma 2 del Regolamento didattico di Ateneo. Il riconoscimento degli studi compiuti sarà deliberato dal Consiglio di Corso di Laurea, previa la valutazione in crediti degli insegnamenti dell'ordinamento preesistente e la definizione delle corrispondenze fra gli insegnamenti e i moduli dei due ordinamenti.

Le modalità di opzione sono riportate nella tabella seguente

Corrispondenza fra CFU degli insegnamenti del Corso di Laurea in Ingegneria Aerospaziale dell'Ordinamento preesistente e CFU dei moduli del Corso di Laurea in Ingegneria Aerospaziale dell'Ordinamento regolato dal DM 509 del 3.11.99, direttamente sostitutivo del preesistente.

- A ciascun insegnamento dell'Ordinamento preesistente indicato in tabella nella colonna 1 sono assegnati i CFU indicati in colonna 2.
- Ai CFU dell'insegnamento dell'Ordinamento preesistente corrispondono i crediti indicati nella colonna 4, assegnati ai moduli del Corso di laurea del nuovo Ordinamento riportati nella colonna 3.
- I CFU residui, differenza fra i CFU in colonna 2 e i CFU in colonna 4, sono attribuiti ai settori scientifico-disciplinari indicati in colonna 5. Essi potranno essere utilizzati nell'ambito delle attività formative autonomamente scelte dallo studente o in un Corso di laurea specialistica, con modalità che saranno specificate.
- L'eventuale corrispondenza di insegnamenti dell'Ordinamento preesistente che non compaiono nella tabella sarà valutata caso per caso.

1	2	3	4	5
L'insegnamento dell'Ordinamento preesistente	CFU	corrisponde al modulo del Corso di laurea del nuovo Ordinamento	CFU	SSD dei CFU residui
Analisi matematica I	10	Analisi matematica I	9	MAT/05
Fisica generale I	10	Fisica generale I	6	FIS/01
Chimica	10	Chimica	6	CHIM/07
Geometria	10	Geometria algebra	6	MAT/03
Fondamenti di informatica	10	Elementi di informatica	6	ING-INF/05
Analisi matematica II	10	Analisi matematica II	6	MAT/05
Fisica generale II	10	Fisica generale II	6	FIS/01
Meccanica razionale	10	Fisica matematica	6	MAT/07
Economia e organizzazione aziendale	10	Economia e organizzazione aziendale	6	ING-IND/35
Disegno tecnico aerospaziale	10	Disegno tecnico aerospaziale	6	ING-IND/15
Scienza e tecnologia dei materiali aeronautici ed aerospaziali	10	Scienza e tecnologia dei materiali aerospaziali	3	ING-IND/22
Statistica e calcolo delle probabilità	10	Probabilità	3	SECS-S/02
Aerodinamica	10	Aerodinamica	9	ING-IND/06
Elettrotecnica	10	Elettrotecnica	6	ING-IND/31
Scienza delle costruzioni	10	Strutture aerospaziali I	6	ICAR/08
Termofluidodinamica	10	Termofluidodinamica	6	ING-IND/06
Fisica tecnica	10	Termofluidodinamica	6	ING-IND/06
Costruzioni aeronautiche	10	Costruzioni aeronautiche I	6	ING-IND/04
Gasdinamica	10	Gasdinamica I	6	ING-IND/06
Motori per aeromobili	10	Propulsione aerospaziale I	6	ING-IND/07
		Motori per aeromobili	3	
Tecnologie speciali	10	Tecnologie speciali I	3	ING-IND/16
Propulsione aerospaziale	10	Endoreattori	3	ING-IND/07
Aerodinamica sperimentale	10	Aerodinamica sperimentale I	6	ING-IND/06
Impianti e servomeccanismi aeronautici	10	Impianti aerospaziali I	6	ING-IND/05
Strutture aeronautiche	10	Strutture aerospaziali II	6	ING-IND/04
Meccanica del volo dell'elicottero	10	Meccanica del volo dell'elicottero	3	ING-IND/03

Le transizioni di studenti iscritti a Corsi di studio del preesistente Ordinamento diversi dal Corso di Laurea in Ingegneria Aerospaziale sono considerate come richieste di passaggio, secondo quanto disposto dall'Art.37 comma 3 del Regolamento didattico di Ateneo.

Agli studenti iscritti ai Corsi di laurea del Preesistente Ordinamento sarà consentito di laurearsi secondo il nuovo Ordinamento previo riconoscimento in blocco dei crediti previsti dai Piani di studio del Corso di laurea del nuovo Ordinamento, salvo i crediti previsti per la prova finale, secondo le modalità indicate nel seguito.

Si premette che:

la procedura indicata di seguito si applica esclusivamente agli studenti dei Preesistenti Ordinamenti iscritti alla Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Napoli Federico II;

a ciascun insegnamento dell'ordinamento in vigore dall'A.A. 1991/1992 all'A.A. 2000/2001 (di seguito indicato come Preesistente Ordinamento) sono attribuiti i crediti formativi universitari (CFU) indicati nell'allegato E del vigente Regolamento didattico del Corso di Laurea in Ingegneria Aerospaziale;

le corrispondenze indicate nel seguito fanno riferimento agli insegnamenti impartiti agli studenti con matricola 47/____, ossia a quelli del Preesistente Ordinamento;

per gli studenti dell'ordinamento in vigore fino all'A.A. 1989/1990, ossia quelli iscritti al Corso di Laurea in Ingegneria Aeronautica (matricola 17/____), si applicano, in aggiunta, le tabelle di equipollenza riportate nella Guida dello studente – Parte II del Preesistente Ordinamento.

L'allievo acquisirà i 3 CFU relativi alla lingua straniera qualora abbia sostenuto con esito positivo il colloquio di idoneità previsto dal Preesistente Ordinamento.

Perché la richiesta di accesso alla procedura per il conferimento della laurea sia presa in considerazione, è necessario che i CFU già conseguiti dall'allievo al momento della presentazione della domanda soddisfino i minimi indicati nelle Colonne 4, 5 e 6 della Tabella seguente. Quando ciò si verifica, la richiesta è esaminata dal Consiglio di Corso di Laurea in Ingegneria Aerospaziale, che **definerà il numero complessivo di CFU che lo studente dovrà acquisire per l'accesso alla laurea.**

Lo studente la cui richiesta sia stata accolta dovrà comunque preparare, sotto la guida di un relatore, un elaborato che discuterà in seduta di laurea.

Ai fini della prosecuzione degli studi nella Classe delle lauree specialistiche Ingegneria Aerospaziale e astronautica (Classe 25/S) presso questa Facoltà di Ingegneria, l'eventuale debito formativo verrà valutato facendo riferimento, fra l'altro, ai curricula attivati nel Corso di Laurea in Ingegneria Aerospaziale e all'Allegato E del relativo Regolamento didattico.

Gli studenti che si trovino in queste condizioni e vogliano laurearsi secondo il nuovo Ordinamento dovranno farne espressa richiesta alla Segreteria studenti.

Insegnamento dell'Ordinamento Preesistente: Matr. 47 _____ e Matr. 17 _____	CFU	S. S. D.	Col. 4	Col. 5	Col. 6			
Analisi matematica I	10	MAT/05	20	40	170			
Analisi matematica II	10	MAT/05						
Fondamenti di informatica	10	ING-INF/05						
Geometria	10	MAT/03						
Meccanica razionale	10	MAT/07						
Statistica e calcolo delle probabilità	10	SECS-S/02						
Teoria e metodi statistici dell'affidabilità	10	SECS-S/02						
Chimica	10	CHIM/07	10			170		
Fisica generale I	10	FIS/01						
Fisica generale II	10	FIS/01						
Dinamica del volo	10	ING-IND/03	10				70	
Meccanica del volo	10	ING-IND/03						
Meccanica del volo dell'elicottero	10	ING-IND/03						
Meccanica del volo spaziale	10	ING-IND/03						
Progetto generale dei velivoli	10	ING-IND/03						
Aeroelasticità applicata	10	ING-IND/04	10					70
Costruzioni aeronautiche	10	ING-IND/04						
Costruzioni aeronautiche II	10	ING-IND/04						
Costruzioni spaziali	10	ING-IND/04						
Progetto di velivoli	10	ING-IND/04						
Strutture aeronautiche	10	ING-IND/04						
Strutture spaziali	10	ING-IND/04						
Tecnologie delle costruzioni aeronautiche	10	ING-IND/04						
Impianti aerospaziali	10	ING-IND/05	10		70			
Impianti e servomeccanismi aeronautici	10	ING-IND/05						
Impianti e sperimentazione aerospaziale	10	ING-IND/05						
Servosistemi aerospaziali	10	ING-IND/05						
Sistemi aerospaziali	10	ING-IND/05						
Sistemi aerospaziali II	10	ING-IND/05						
Sistemi aerospaziali di telerilevamento	10	ING-IND/05						
Aerodinamica	10	ING-IND/06	10			70		
Aerodinamica II	10	ING-IND/06						
Aerodinamica III	10	ING-IND/06						
Aerodinamica degli aeromobili	10	ING-IND/06						
Aerodinamica sperimentale	10	ING-IND/06						
Fluidodinamica	10	ING-IND/06						
Fluidodinamica numerica	10	ING-IND/06						
Gasdinamica	10	ING-IND/06						
Termofluidodinamica	10	ING-IND/06						
Motori per aeromobili	10	ING-IND/07	10				40	
Propulsione aerospaziale	10	ING-IND/07						
Combustione	10	ING-IND/25	40		40			
Economia e organizzazione aziendale	10	ING-IND/35						
Disegno tecnico aerospaziale	10	ING-IND/15						
Elettrotecnica	10	ING-IND/31						
Elettronica applicata	10	ING-INF/01						
Fisica tecnica	10	ING-IND/10						
Ingegneria della conoscenza e sistemi esperti	10	ING-INF/05						
Meccanica applicata alle macchine	10	ING-IND/13						
Scienza delle costruzioni	10	ICAR/08						
Scienza e tecnologia dei materiali aeronautici e aerospaziali	10	ING-IND/22						
Tecnologie dei materiali non convenzionali	10	ING-IND/16						
Tecnologie speciali	10	ING-IND/16						
Teoria dei segnali	10	ING-INF/03						
Teoria dei sistemi	10	ING-INF/04						
Lingua straniera	3							

Calendario delle attività didattiche nell'a.a. 2006/2007

I Anno

1° semestre	Inizio 11 Settembre 2006	Termine 16 Dicembre 2006
Esami	Inizio 18 Dicembre 2006	Termine 24 Febbraio 2007
2° semestre	Inizio 26 Febbraio 2007	Termine 09 Giugno 2007
Esami	Inizio 11 Giugno 2007	Termine 04 Agosto 2007
Esami	Inizio 20 Agosto 2007	Termine 29 Settembre 2007

Referente del Corso di Laurea per il Programma SOCRATES/ERASMUS è il Professore Francesco Marulo – Dipartimento di Progettazione aeronautica - tel. 081/7683325 - e-mail: marulo@unina.it.

Responsabile del Corso di Laurea per i tirocini è il Professore Rodolfo Monti - Dipartimento di Scienza e Ingegneria dello spazio “L. Napolitano” - tel 081/7682359 - e-mail: monti@unina.it.