

CORSO DI AERODINAMICA DEGLI AEROMOBILI – PROGRAMMA DEGLI ANNI PRECEDENTI

Forze e momenti di natura aerodinamica, portanza e resistenza, coefficienti aerodinamici.

Diedri di compressione ed espansione, abbaco dell'urto normale. Numeri di Mach caratteristici, definizione dei diversi regimi di volo al variare del numero di Mach di volo. Definizione e determinazione del numero di Mach critico superiore del diedro di compressione e del profilo a bordo aguzzo; il caso del profilo a bordo arrotondato.

Descrizione dell'Esercizio 1.

Importanza della soluzione non viscosa intorno al cilindro, soluzione esatta per l'ellisse, effetti di spessore ed angolo d'attacco.

Profili alle basse velocità, caratterizzazione, il profilo sottile. Profili NACA, nomenclatura, proprietà dei profili laminari. Descrizione dell'Esercizio 2.

Singularità subsoniche concentrate. Descrizione dell'Esercizio 3. Singularità distribuite e loro proprietà.

Descrizione dell'Esercizio 4.

Metodo NACA. Descrizione dell'Esercizio 5.

Metodo delle perturbazioni asintotiche: impostazione.

Metodo delle perturbazioni asintotiche: sviluppi formali e limitazioni intrinseche del metodo, la soluzione generale.

Metodo delle perturbazioni asintotiche: soluzione del primo ordine, effetti di spessore, curvatura ed angolo di attacco, sovrapposizione. Paradosso per la resistenza della lastra piana: la forza di spinta sul bordo d'attacco.

Distribuzioni di singolarità per la simulazione dei diversi effetti: superamento della Teoria di Glauert, collegamenti. Il carico sui profili alari: relazione tra vorticità e velocità.

Angoli di attacco ideale e di portanza nulla della linea media. Fondamento del metodo NACA.

ALA FINITA – L'apertura, il carico lungo l'apertura, legame con il carico sul profilo, la portanza, vorticità aderente e vorticità libera, legame tra le due. Prodromi della Teoria di Prandtl, richiamo della Teoria Globale, collegamenti.

ALA DIRITTA - Funzionamento dell'ala, flusso secondario, vortice d'estremità e vorticità libera. Impostazione della Teoria di Prandtl: il flusso attorno ad un profilo alare come riferimento per l'ala finita di grande e piccolo allungamento, il problema matematico, il piano di Trefftz, il modello, equazioni costitutive, induzione della scia sull'ala.

Il carico: definizione puntuale; il carico sul profilo, il carico lungo l'apertura. Considerazioni sul carico desiderato dal progettista.

Assegnazione e descrizione dell'Esercizio 7.

ALA FINITA - Descrizione del campo di moto attorno ad un aeromobile: differenze tra i vari regimi di volo. Il Modello Globale per portanza e resistenza indotta: sviluppi formali e risultati, la polare parabolica, effetto dell'apertura e dell'allungamento, il significato del fattore di correzione, limiti della teoria all'aumentare dell'angolo di attacco ed al diminuire dell'allungamento, descrizione dell'Esercizio 6: valutazione degli effetti di peso, quota e velocità di volo su portanza, resistenza e relativi coefficienti.

Teoria di Prandtl, legame con i risultati della Teoria Globale.

Risultati della Teoria di Prandtl: soluzione e proprietà dell'ala ellittica, la proprietà di attrattore. Il metodo di Schrenk, ala ellittica equivalente.

La questione delle condizioni al contorno nella Teoria di Prandtl. La condizione di flusso tangenziale è imposta implicitamente.

Il Profilo Sottile: la Teoria del Punto Neutro posteriore, definizione e proprietà, applicazioni in campo bi- e tridimensionale: la lastra piana, generalizzazione a profili curvi (lumped vortices method).

ALA A FRECCIA. Funzionamento dell'ala infinita a freccia: il flusso a potenziale per ala a freccia, decomposizione del campo di moto Euleriano incomprimibile, il cosiddetto 'principio del coseno', descrizione della distorsione del campo di moto rispetto alla corrispondente ala dritta, le linee di corrente ed interpretazione dei punti caratteristici nella vista in pianta, critica dell'ipotesi di bidimensionalità. Riduzione degli effetti di comprimibilità, riduzione della portanza. Spostamento dei carichi, influenza del crossflow sullo spostamento del carico. Estensione della modellistica di Prandtl all'ala a freccia, modello di Weissenger, necessità del ricorso alla proprietà del Punto Neutro Posteriore ed approssimazioni correlate. Un cenno al metodo Vortex Lattice per forme in pianta.

Somministrazione del Questionario predisposto dall'AIAN.

ALA A FRECCIA (in avanti ed all'indietro). Effetti non viscosi: lo spostamento dei carichi alla luce della Teoria Vorticosità dell'ala. della freccia. Incrementi di superficie e peso dell'ala dovuti alla riduzione del coefficiente di portanza ed alle maggiori sollecitazioni strutturali.

CARICO SULL'ALA. Considerazioni sull'angolo di attacco: riferimento alla corda oppure alla retta di portanza nulla, il carico addizionale, introduzione dello svergolamento per la modulazione del carico, angolo di portanza nulla e carico basico, vorticità relativa.

CARICO SULL'ALA E TEORIA DI PRANDTL E WEISSENGER. La struttura della matrice di induzione per la determinazione del carico con il metodo di Multhopp, riduzioni di rango per il caso simmetrico: calcolo del carico addizionale, determinazione dell'angolo di portanza nulla insieme al carico basico. Decomposizione del carico nelle componenti simmetrica ed antisimmetrica. Carico antisimmetrico: riduzioni di rango, carichi di virata. Alettoni di bassa ed alta velocità, spoiler, principi di funzionamento, spostamento all'indietro del carico sul profilo con alettone deflesso, l'inversione degli alettoni.

Il carico su ala ellittica: effetti di allungamento e freccia sul gradiente della retta di portanza.

CARICO ALARE. Determinazione generale del carico su ala svergolata in manovra di virata. Modo di disegnare la forma in pianta e lo svergolamento per ottenere un desiderato carico.

CONSIDERAZIONI VISCOSE PER IL CARICO ALARE. Differenza e relazione tra stallo di profilo e stallo dell'ala. Meccanismi di stallo dell'ala, angolo di stallo convenzionale dell'ala, definizione e determinazione del sentiero di stallo a partire dalla conoscenza del carico.

ALA A FRECCIA (in avanti ed all'indietro). La correzione di Pope per il metodo di Schrenk. stabilità al rollio, alla derapata ed al beccheggio. Implicazioni sul carico all'estremità. Effetti non viscosi della freccia (riduzione degli effetti di comprimibilità, riduzione della portanza, spostamento dei carichi, modifica della stabilità latero - direzionale).

CARICO ALARE. Carico alare e qualità di volo: il carico ottimale per il progettista, inconvenienti della cosiddetta Ala Ellittica. I costi di allungamento, rastremazione, svergolamento, diedro, bordi di attacco ed uscita ricurvi.

Lo svergolamento nel Metodo di Schrenk, motivazione degli effetti in base alla modellistica basata sui vortici.

Aspetti problematici legati allo spostamento dei carichi verso l'estremità: stallo d'estremità, inefficacia degli alettoni ed instabilità al beccheggio. Effetti della rastremazione: confronto tra forma in pianta ellittica, rettangolare e rastremata ai fini dello stallo d'estremità.

Critica dei risultati del modello di Prandtl per allungamenti bassi.

Applicazioni dei metodi di Schrenk e Multhopp. Il codice MULTHOPP.

Un modello quasi-3D per la distribuzione di pressione sull'ala.

Il flusso viscoso alla Couette è irrotazionale?

Ipotesi e limiti del modello a potenziale. Energia associata ad un campo di moto instazionario, il caso del moto a potenziale. La massa addizionale apparente.

ALI DI BASSO ALLUNGAMENTO. Estremizzazione del concetto di freccia: esempi di forme in pianta, il bordo d'attacco subsonico e/o supersonico. Modellistica duale rispetto a quella di Prandtl: il flusso bidimensionale nel piano trasversale, modello di Jones per l'ala a delta, funzionamento alle basse velocità in campo non viscoso. ELICHE - INTRODUZIONE. Definizione, convenzioni e nomenclatura. Elica motrice ed elica mossa. Funzionamento: accelerazione del fluido e forza di reazione, analogie con il modello di ala. E' pensabile un'elica per il volo transonico o supersonico?

ELICHE. L'induzione assiale, trascurabilità delle induzioni circonferenziali e laterali, Teoria impulsiva di Rankine e Froude, analogie con la Teoria Globale, il rendimento. Elemento di pala rappresentativo.

ELICHE. Parametri funzionali e coefficienti caratteristici. L'elemento di pala, il calettamento, funzionamento, prime ipotesi per la riduzione del funzionamento alla modellistica bidimensionale, profili per eliche convenzionali, modellistica semplice del triangolo delle velocità, analogie con la Teoria di Prandtl, variazione dell'angolo di attacco e delle caratteristiche con la velocità di avanzamento il rapporto di funzionamento, stadi di funzionamento. Le limitazioni della modellistica e del riferimento a basi di dati bidimensionali.

AERODINAMICA NUMERICA: introduzione (a cura del Dott. Ing. Benedetto MELE).

ELICHE. L'elemento di pala, il passo, generazione di spinta e coppia dalla forza aerodinamica, esigenza del passo variabile lungo la pala, passo variabile in volo, andamento dei coefficienti caratteristici a passo fisso ed a passo variabile, comportamento dell'elemento di pala nei diversi stadi di funzionamento. eliche lente ed eliche veloci. Cenni sui modelli più accurati e relativi rendimenti parziali.

ELICHE. Completamento della Teoria del Disco Attuatore: come inserire il rapporto di funzionamento? Aspetti funzionali sul velivolo: asimmetrie ed influenza sulle polari, P-factor, effetti giroscopici, effetti su fusoliera e piano verticale. Generalizzazione a casi non aeronautici, la solidità. Eliche avanzate.

PRESENTAZIONE DEL TESTO DEL PROF. LOSITO.

Il moto dell'aeromobile in crociera: limiti ed approssimazioni del modello di volo livellato, validità del modello 'Eulero/Strato Limite'. Perturbazioni del volo livellato, le raffiche. Instabilità del profilo, della fusoliera, del velivolo parziale, esigenza dei piani di coda. L'architettura dei velivoli.

Si assegnano i Cap. 1, 2, 3 e 4 del testo 'Fondamenti di Aeronautica Generale'.

Aerodinamica non viscosa incompressibile bidimensionale: compendio nel caso dei profili alari.

RICHIAMI DI MECCANICA DEI FLUSSI VISCOSI. Teoria cinetica. Il concetto di campo di moto: ipotesi del continuo, dalla velocità particellare alla velocità di campo. Moti laminari e moti turbolenti. Fattore di turbolenza di una corrente.

RICHIAMI DI MECCANICA DEI FLUSSI VISCOSI. Meccanismi di scambio di quantità di moto, (effetto del)la viscosità turbolenta. Transizione. Separazione.

LO STRATO LIMITE – FLUSSO INCOMPRESSIBILE. Definizione. Il profilo di velocità e grandezze correlate (attrito e coefficiente di attrito, la legge di Newton, spessore, spessori di spostamento, quantità di moto ed energia, fattori di forma): significato e differenziazione per i casi laminare, turbolento, transizionale. Il flusso 'esterno'.

LO STRATO LIMITE – FLUSSO INCOMPRESSIBILE. Il caso tridimensionale: main flow e genesi del crossflow. Le equazioni di Prandtl, parabolicità longitudinale ed iperbolicità trasversale, significato. Struttura longitudinale: strato limite laminare, transizione e/o separazione, strato limite turbolento (laminarizzazione a parete, o sottostrato laminare, andamento della viscosità turbolenta). La transizione come evoluzione dei disturbi contenuti nel flusso laminare, il fattore di amplificazione, profili di velocità stabili ed instabili.

LA LASTRA PIANA ISOBARICA. Struttura, modo di cambiare del profilo di velocità e delle grandezze di strato limite. La transizione: dipendenza da turbolenza iniziale, rugosità, disturbi, numero di Reynolds, effetti di aspirazione e soffiamento. La resistenza di attrito.

STRATO LIMITE. Disturbi in una corrente. Un accenno al problema della stabilità di uno strato limite: il risultato di Raileigh.

LA LASTRA PIANA ISOBARICA. Transizione: dipendenza da turbolenza iniziale, rugosità, disturbi, l'effetto della variazione del numero di Reynolds e motivazione. Effetti di aspirazione e soffiamento. La resistenza di attrito.

EFFETTI DEL GRADIENTE DI PRESSIONE. Transizione. Separazione: instazionarietà, profili di velocità in flusso separato e loro proprietà, descrizione della separazione per scalino forward e backward. Separazione in flusso turbolento, separazione in flusso laminare senza riattacco, bolle laminari e loro caratteristiche, relazione tra transizione e separazione. Il caso tridimensionale: transizione da crossflow, contaminazione del bordo di attacco delle ali a freccia.

LO STRATO LIMITE IN AERODINAMICA DEGLI AEROMOBILI. Il caso del profilo alare: struttura, linee di corrente del dorso e del ventre, soluzione di due semiproblemi per lo strato limite motivato dalla parabolicità, trascurabilità degli effetti di curvatura.

PROFILI ALARI ALLE BASSE VELOCITÀ. Riassegnazione dell'Esercizio n. 5: valutazione dell'effetto del fattore di amplificazione n , applicazione ai bassi numeri di Reynolds.

Un cenno al tempo di percorrenza delle particelle che scorrono sul dorso e sul ventre di un profilo (caso del flusso armonico).

La scia: scia non separata, struttura delle scie separate, isobaricità trasversale e longitudinale.

PROFILI ALARI ALLE BASSE VELOCITÀ. Effetto dell'angolo di attacco e del numero di Reynolds. Flusso ad angoli di attacco piccoli e medi: crociera (angolo di portanza nulla, gradiente della retta di portanza, angolo di attacco ideale, resistenza minima, dipendenze). Dinamica delle bolle laminari al variare di angolo d'attacco e numero di Reynolds. Alti angoli di attacco. Lo stallo del profilo, tipi e qualità di stallo di riferimento (convenzionale, da esplosione di bolla, da bolla lunga, combinato). Una regola mnemonica per le grandezze caratteristiche (picco, angolo d'attacco e massimo coefficiente di portanza). Evoluzione della distribuzione di pressione al crescere dell'angolo d'attacco: differenza tra caso Euleriano e caso reale in alta portanza (in presenza di flusso separato), motivazione in termini di Profilo Equivalente. La struttura della resistenza: attrito e pressione (anche in flusso attaccato!), resistenza di scia (il caso del corpo tozzo). Le polari dei profili.

PROFILI ALARI ALLE BASSE VELOCITÀ. Lo stallo: dipendenza dal numero di Reynolds e dalla geometria (dall'ordinata ad $x=1.25\%c$), effetto di spessore e curvatura. Profili laminari: confronto tra le geometrie di un profilo laminare e di un profilo convenzionale, comportamento allo stallo.

Imposizione della transizione. Oltre il concetto di Profilo Equivalente: soffiamento indotto dallo strato limite, interazione viscoso/non viscoso.

EFFETTI VISCOSI SU ALI. Lo strato limite sulle ali diritte (riferimento al caso bidimensionale sui profili che costituiscono l'ala) ed ala a freccia. Basse velocità: richiamo sul sentiero di stallo delle ali, turbolatori, promotori di stallo. Cenni sulle prove di volo.

ALA A DELTA AI GRANDI ANGOLI DI ATTACCO: struttura del campo di moto, Vortex Lift & Drag.

ALA A DELTA AI GRANDI ANGOLI DI ATTACCO: Vortex Lift & Drag, la rotazione della forza di spinta del bordo di attacco ed analogia di Polhamus.

IPERSOSTENTAZIONE. Il problema della riduzione delle velocità minime di un velivolo (atterraggio, decollo). Il concetto di ipersostentazione: aumento dei costi in relazione al miglioramento delle prestazioni in bassa velocità. Tecniche meccaniche certificabili, metodi di controllo pneumatico dello strato limite. Dispositivi da bordo d'uscita e da bordo di attacco: differenze nel modo di lavorare.

Un ipersostentatore in condizioni di massima prestazione lavora in flusso separato (in qualche regione del campo di moto...).

Ipersostentazione con modifica del bordo di uscita, inquadramento nella modellistica del profilo equivalente: traslazione della retta di portanza e conseguente modifica del C_{lmax} . Tecniche semplici (zip, zap, cerniera

semplice). Flap con slot a cerniera singola esterna, estensione, deflessione, gap ed overlap, la resistenza additiva del fairing. Sistema a più flap con slot. Riduzione della resistenza per il decollo: flap di Fowler.

Dispositivi da bordo di attacco, diversi tipi di slat, differenza comportamentale tra slat e flap per rendere efficiente il main component, incremento dell'angolo di stallo.

Un cenno ai dispositivi pneumatici. Il flap di Gurney e le sue diverse applicazioni. La canalizzazione del flusso in vetture ad effetto suolo.

Il problema del massimo C_{lmax} e l'ottimizzazione della configurazione: i gradi di libertà del problema, ottimizzazione numerica, verifiche di galleria, estrapolazione dei dati al volo.

COMPRIMIBILITA' IN CAMPO NON VISCOSO. La fisica e la modellistica al crescere del numero di Mach, il numero di Mach critico inferiore, effetti di comprimibilità in campo non viscoso, equazioni di stato, esaltazione degli effetti. Il caso subsonico, similitudini, coefficienti aerodinamici. Campo transonico: propagazione dei piccoli disturbi, formazione ed evoluzione dell'urto al crescere del numero di Mach fino al flusso supersonico ed al numero di Mach critico superiore. Coefficiente di portanza. Coefficiente di resistenza d'onda, divergenza della resistenza. Utilizzo in campo transonico dei profili laminari: andamento del numero di Mach critico inferiore. Campo supersonico, la similitudine supersonica, il risultato di Ackeret.

EFFETTI VISCOSI IN CAMPO COMPRIMIBILE. Campo comprimibile lineare subsonico: invarianza del coefficiente di resistenza al crescere del numero di Mach. Struttura dello strato limite comprimibile in campo transonico. L'interazione tra onda d'urto normale e strato limite, effetti sulla regione Euleriana, la riduzione della resistenza d'onda, lo stallo d'urto.

MODELLISTICA. Descrizione dei modelli fisico-matematici che intervengono nell'impostazione e nella soluzione dei problemi dell'Aerodinamica degli Aeromobili. Modelli per il campo viscoso: richiamo delle equazioni di Navier-Stokes, modelli semplificati, lo strato limite, introduzione della turbolenza e degli sforzi di Reynolds, complicazioni collegate. Modelli per campi non viscosi, dalle equazioni di Eulero all'equazione di Laplace, modelli approssimati, l'unificazione dei campi linearizzati subsonico e supersonico mediante l'equazione di Prandtl-Glauert.

SUI METODI. Le distribuzioni di singolarità: introduzione, differenza dalle singolarità concentrate.

SUI METODI. Introduzione all'applicazione dei metodi a pannelli in campo 3D: discretizzazione standard a pannelli quadrilateri di una geometria tridimensionale e relative approssimazioni, Proprietà delle distribuzioni di singolarità. Equivalenza vortici-doppiette. Considerazioni sulla modellazione della scia dietro le ali mediante distribuzioni di vortici o di doppiette.

EFFETTI VISCOSI IN CAMPO COMPRIMIBILE. Il buffet. Tecniche di controllo degli effetti dell'interazione tra onda d'urto e strato limite.

RICHIAMI SUL FUNZIONAMENTO DELLE PRESE D'ARIA – Illustrazione del funzionamento di prese d'aria nelle diverse condizioni di funzionamento (in condizioni di progetto e di fuori progetto). Importanza della velocità di volo e della portata richiesta sul funzionamento, lo spillamento, la resistenza additiva. Aspetti del funzionamento in condizioni di progetto e di fuori progetto di prese d'aria per il volo subsonico e supersonico in volo subsonico. Prese d'aria per il volo supersonico. Lo strozzamento. Definizione dell'efficienza relativa agli urti. Il Pitot, efficienza, condizione di progetto con spillamento per la regolazione. Convergente-divergente: il problema dell'avviamento e relative soluzioni, la condizione di progetto, l'efficienza teorica e quella effettiva, funzionamento fuori progetto.

PRESA D'ARIA A CORPO CENTRALE. Funzionamento in condizioni di progetto. Configurazioni a due o più urti, efficienza ottima di un sistema ad N urti. Funzionamento fuori progetto, il buzzing.

SUI METODI – La formulazione del problema di Neumann per l'equazione di Laplace ed interpretazione relativa al flusso intorno ad un aeromobile. Riduzione della varietà dimensionale del problema mediante l'impiego di distribuzioni superficiali di singolarità.

METODI A PANNELLI: CAMPO NON PORTANTE. Discretizzazione a pannelli di una geometria bidimensionale. Induzione di una sorgente distribuita su un pannello nel riferimento intrinseco di un altro pannello, matrici di influenza, soluzione del campo non portante. Formulazione a più campi di base per sorgenti. Calcolo di velocità, pressione, forze e momenti.

SUI METODI. L'equazione generale di Fredholm. Considerazioni sulla Prima Identità di Green.

SUI METODI. Considerazioni sulla Terza Identità di Green per funzioni armoniche, anche in riferimento al potenziale di perturbazione.

METODI A PANNELLI. Metodi basati sulla Terza Identità di Green. Qualità delle matrici di sorgenti e vortici. LA POLARE DI AVANPROGETTO.

SUI METODI. Metodi basati su distribuzioni arbitrarie di singolarità.

METODI A PANNELLI: CAMPO NON PORTANTE. Un campo particolare: il campo di pura circolazione, il caso del vortice concentrato ed indipendenza dal punto di applicazione, vorticità distribuita, circolazione di bae, soluzione con sorgenti distribuite.

METODI A PANNELLI: CAMPO PORTANTE 2D.

Il metodo Douglas-Neumann, formulazione a tre campi: il peso dei campi a 0° ed a 90° , condizione di chiusura e peso del campo C, le diverse modalità del calcolo del coefficiente di portanza. Qualità delle matrici di sorgenti in relazione alla forma del corpo: soluzioni con sorgenti incontrollate per profili sottili, generazione o riequilibrio del carico nel metodo Douglas – Neumann mediante generazione di quasi doppiette, errori numerici connessi con il crescere dell'intensità delle sorgenti.

Formulazione del problema di Neumann in termini di vorticità: distribuzioni lineari e chiusura del problema del campo portante, congruità tra condizioni imposte ed incognite introdotte, aspetti numerici. Metodi di Oeller, Maskew, Woodward. Calcolo della velocità nel campo, linee di corrente.

METODI A PANNELLI: CAMPO PORTANTE 3D.

Utilizzo delle doppiette, condizioni di chiusura, aspetti relativi alla scia e necessità di procedure iterative, determinazione della resistenza indotta.

CORREZIONI VISCOSE. Introduzione alle tecniche di interazione tra zona esterna e strato limite. Tecniche iterative per l'interazione viscoso/non viscoso supponendo di avere a disposizione un solutore di strato limite. Un cenno ai metodi dell'ispessimento, il metodo della traspirazione: applicazione al caso di impiego della tecnica dei pannelli, modifica della condizione di Neumann per l'equazione di Laplace e relativa modifica del termine noto. Determinazione della resistenza (metodo indiretto) mediante la formula di Squire-Young.

STRATO LIMITE. Richiamo delle equazioni di Prandtl per lo strato limite bidimensionale incomprimibile, considerazioni generali sulle proprietà e le soluzioni, il dominio di validità e le condizioni ai limiti. Derivazione dell'Equazione integrale di Von Karman, esistenza di un'analogia equazione per flussi tridimensionale comprimibili.

STRATO LIMITE.

Indipendenza dal regime delle equazioni di Prandtl e Von Karman, problema diretto e problema inverso.

Alcune considerazioni sull'Equazione di Von Karman: soluzioni integrali di strato limite, necessità delle chiusure, significato degli spessori di spostamento e di quantità di moto e del fattore di forma H (valori tipici), richiamo del legame tra resistenza di una lastra piana e spessore di quantità di moto.

CALCOLO DELLO STRATO LIMITE SU LINEA DI CORRENTE. Il tratto laminare: metodo di Thwaites, i fattori di forma e loro significato, andamento delle correlazioni di chiusura, la soluzione, casi particolari (punto di ristagno e lastra piana), stima del punto di separazione laminare. Richiamo sulla transizione e sul metodo e-to-n,

le correlazioni di Michel e di Smith, previsione ingegneristica della transizione. Il tratto turbolento: il trascinamento turbolento.

Esistenza dello strato limite instazionario: ipotesi di equilibrio in flussi instazionari quale è il buffet.

La singolarità di Goldstein alla separazione. Soluzione diretta ed inversa delle equazioni dello strato limite.

CORREZIONI VISCOSE PER PROFILI ALARI. Introduzione del metodo inverso di soluzione delle equazioni dello strato limite per l'interazione viscoso/non viscoso. Previsione delle caratteristiche aerodinamiche con metodi di interazione: strategie di accoppiamento debole e forte tra flusso esterno e strato limite, la determinazione delle polari. La previsione di flussi separati: bolle laminari, alta portanza con estensione al post-stallo, buffet e stallo d'urto. Metodi di profilo equivalente in presenza di estese separazioni.

METODI A PANNELLI. Un cenno alle singolarità supersoniche; metodi a pannelli unificati.

Considerazioni e metodi ingegneristici di calcolo di stallo e post stallo di profili ed ali clean ed ipersostentati. Visita alla Galleria del Vento (principale) del DIAS.

LA FORMAZIONE DI GHIACCIO SULLE SUPERFICI DI UN AEROMOBILE – Importanza del fenomeno per la progettazione, la certificazione e gli aspetti operativi del volo. Descrizione degli aspetti caratterizzanti. Modellistica per la cattura d'acqua.