

IL LABORATORIO E LA SCUOLA DI AERONAUTICA DEL POLITECNICO DI TORINO DALLE ORIGINI AL SECONDO CONFLITTO MONDIALE¹

di Vittorio MARCHIS

(apparso in *Il Politecnico di Torino e l'aeronautica*, Torino : Celid, 1995, pp.21-62)

1911 (L'INIZIO)

La Società Anonima Trinchieri Annibale di Settimo, premiata "Fabbrica di Liquori e Vino Chinato" che vanta una "esportazione mondiale", fa volare i suoi prodotti appesi agli artigli di un ardito (e uccelliforme) aeromobile. La ben nota ditta Talmone di Torino, che produce il "Cioccolato delle piramidi", le "Cioccolatine", il "Gianduia" e il "Dessert de Reine", annuncia che vola "sopra ogni altro" e la *reclame* è abbellita con le *silhouettes* di un dirigibile, ma soprattutto di un Wright, di un Voisin e di un Bleriot.

È l'anno in cui le Officine Miller di Costruzioni Aeronautiche (sic), con sede in via Legnano 8 a Torino, propongono "l'esecuzione di qualsiasi macchina per volare dietro semplice schizzo. Areoplani, ortotteri, elicotteri, dirigibili". Si producono su brevetto dell'ingegner Franz Miller² "motori extraleggeri per aeronautica da 36, 45, 60, 70, 90 e 100 HP", ma anche "regolatori automatici di equilibrio per macchine volanti". Il Monoplano Miller ha una superficie alare di 22 m², misura 7 x 7 metri, è equipaggiato con un motore Miller da 35-40 HP e pesa 250 kg. "In ordine di marcia, completo" costa 12.500 lire.³ Aristide Faccioli pubblica un *Trattato di aviazione. Dell'equilibrio degli aeroplani*, che viene venduto a 8 lire.

Il 14 ottobre Maurizio Ramassotto è il primo torinese a conseguire sul campo di Mirafiori il brevetto di aviatore civile, utilizzando un aeroplano Chiribiri.

La vita del Politecnico nell'anno 1911 "è strettamente connessa col grande avvenimento col quale Torino volle degnamente ricordare il cinquantenario della Città Eterna a capitale d'Italia (sic); avvenimento che in modo speciale interessava un Istituto di cultura tecnica superiore, il quale da una Esposizione mondiale delle industrie e della cultura tecnica e professionale doveva ritrarre ammaestramenti e vantaggi non pochi."⁴ Nel "Gran Salone" dell'Esposizione Internazionale delle Industrie e del Lavoro "si osservano aerostati, dirigibili, automobili..."⁵, ma il più pesante dell'aria è ancora ufficialmente a terra, o è considerato dai più soltanto come arditezza sportiva.

"Per viva amicizia verso l'Italia, uno dei colossi della stampa europea, il *Petit Journal* di Parigi, d'accordo col Comitato esecutivo dell'Esposizione di Roma e con la Commissione esecutiva di quella di Torino propose e iniziò le trattative per una corsa di aereoplani (sic) da Parigi a Roma, e dalla capitale d'Italia a Torino. Il *Petit Journal* offrì lire Centomila di premi ai concorrenti nelle loro tappe da Parigi a Nizza. Il Comitato esecutivo di Roma [...] La partenza dei concorrenti da Parigi

avverrà il giorno 28 di maggio corrente. Il controllo sportivo di questa grande gara aerea sarà fatto dall'Aéro-Club di Francia [...] L'Italia si prepara ormai ad accogliere fraternamente e trionfalmente gli aviatori di Francia [...] Le meraviglie della navigazione aerea meccanica accresceranno e renderanno febbrile l'universale aspettazione per la grande Mostra mondiale che Torino ha inaugurato in questi giorni, sicché l'idea e l'ordinamento di questo colossale raid, che avrà per iscopo finale Torino, è una novella arra di grande e strepitoso successo per la nostra Esposizione internazionale".⁶

Ma accadeva anche qualcosa d'altro. Per iniziativa della S.A.T. (Società d'Aviazione di Torino), in occasione dell'Esposizione internazionale, nella primavera era stato inaugurato il campo d'aviazione di Mirafiori, dove nel giugno ha luogo la settimana aerea torinese con la partecipazione di 13 aviatori. Alle grandi manovre militari che si svolgono nel Monferrato dal 22 al 29 agosto partecipano 2 sezioni aerostatiche, 2 dirigibili e ben 8 aeroplani. Alla fine di settembre ha inizio la guerra di Libia: vi parteciperà la 1^a Flottiglia Aeroplani (11 piloti e 9 aeromobili) e la Squadriglia Aeroplani di Bengasi (5 piloti e 3 aeromobili). Viene costituita dall'on. Montù la "Flottiglia degli aviatori volontari" per la Cirenaica.⁷

L'avvocato Enrico Catellani pubblica a Torino presso l'Editore Fratelli Bocca un volume sul *Diritto aereæ* Gustavo Ricchini un saggio *Della natura giuridica dello spazio aereo secondo il diritto privato* (Torino, Ed. Baravalle e Falconieri).

L'avvocato Giovanni Giuriati pubblica *La locomozione aerea e il pericolo criminale*. Al Politecnico di Torino, il Consiglio di Amministrazione "accoglieva la proposta del nuovo insegnante di meccanica applicata, prof. Modesto Panetti", per dare più moderno assetto al suo laboratorio (di meccanica applicata)⁸ e stanziava una somma Lire 10.000. "Profittando dell'occasione della Esposizione" si auspicava che si "potessero acquistare interessanti e modernissimi apparecchi".⁹ Il 5 dicembre il Consiglio deliberava che dovesse aver luogo un ciclo organico di conferenze di *Aerodinamica*: il professor Panetti, che ne era stato incaricato dal Consiglio dei professori, le terrà "con ottimi risultati". "In pari tempo il Consiglio di Amministrazione provvedeva perché nel Politecnico non mancasse un impianto sperimentale per gli studi riflettenti l'aeronautica, e stanziava perciò la somma di 50 mila lire per la costruzione e l'arredamento di tale laboratorio sperimentale, che dovrà essere munito del più moderno ed efficace macchinario".¹⁰

UN BREVE PRELUDIO (PRIMA DEL 1911)

Gli "eventi aeronautici" del Politecnico appena accennati traggono le proprie origini in tempi assai ravvicinati. La storia stessa dell'aviazione moderna aveva in pochi anni compiuto passi da gigante. Wilbur e Orville Wright compivano il primo volo di 40 metri sul *Flyer* il 17 dicembre 1903. L'8 luglio 1908 Léon Delagrange effettuava il suo primo volo torinese sul campo della piazza d'Armi. Il 25 luglio 1909 Louis

Blériot con il suo monoplano munito di un motore Anzani da 25 cavalli attraversava, sia pure fortunatamente, la Manica.¹¹

L'ingegner Effren Magrini pubblica presso il piccolo editore torinese Lavagnolo, di via Gioberti 14, un manuale sulla *Navigazione Aerea e gli Aeroplani* (Torino 1909) che viene messo in vendita a 2 Lire.

Il 2 febbraio 1909, il Consiglio dei professori del Politecnico "ispirandosi alle nuove necessità della scienza e della tecnica in materia di conquista dell'aria, stabiliva che al Politecnico dovesse aver luogo un Corso di aeronautica, procedendo subito a che nel restante periodo utile dell'anno 1909 si facessero alcune conferenze sul detto argomento". Le prime "Conferenze" vennero tenute dal prof. tenente Luigi Mina e nell'anno successivo dal capitano del Genio, il prof. dott. Vita Finzi.

Nel medesimo anno, seguendo le indicazioni del Consiglio didattico veniva chiamato alla cattedra di Cinematica e dinamica il prof. Modesto Panetti, già docente alla R. Scuola Navale superiore di Genova.¹² I suoi lavori scientifici, ad eccezione di alcuni studi sulle motrici a vapore e sulla teoria dei freni e delle molle discoidali, riguardavano lo studio teorico e sperimentale della resistenza dei materiali. Non si era ancora in alcun modo occupato di problemi di aerodinamica¹³.

Dal 27 marzo al 4 aprile del 1910 la Società Aviazione Torino organizzava la prima Esposizione Internazionale di Locomozione Aerea di Torino.

La Scuola di Aviazione di Torino, con sede in via Balbis, 1, iniziò i propri corsi il 14 febbraio 1910; era una sezione speciale della scuola per meccanici e conduttori di automobili "riconosciuta dal Governo". "I corsi (della durata di circa due mesi) furono illustrati con oltre 500 proiezioni luminose." Direttore dei corsi era l'ingegner Emilio Marengo, conferenzieri il prof. ing Effren Magrini, il prof. ing. Franz Miller, il cap.ing. Carlo Vita Finzi, l'ing. Francesco Darbesio della Società Asteria e l'ing. Q. Triaca della Società Sit. Presidente onorario della Scuola era il senatore avvocato Secondo Frola.

Nel settembre il Touring Club Italiano pubblicò per la prima volta l'*Annuario dell'Aeronautica*.

"In tutto il mondo l'aeroplano era ormai diventato una conquista tecnologica da archiviare tra le altre, in attesa di tempi diversi".¹⁴

I PRIMI PASSI "SPERIMENTALI" (1912-1919)

Le Conferenze, di cui era stato incaricato il prof. Panetti, "di carattere assolutamente libero, ma pensate essenzialmente per gli Allievi, e svolte tenendo conto della loro preparazione nel campo della meccanica teoretica e applicata, riguardarono essenzialmente il problema della reazione opposta al movimento degli schermi e delle carene dal fluido ambiente, in relazione con le questioni di sostentamento, di stabilità e di propulsione dei mezzi destinati alla navigazione aerea sia col più leggero, sia col più pesante dell'aria."¹⁵ Le Conferenze, che si svolgono nei giorni 16, 19, 26 aprile, 7, 10, 14 e 21 maggio 1912 "illustrate con proiezioni luminose", sono

frequentate da Ufficiali dell'Esercito, da Ingegneri e dagli "Allievi dei tre corsi di Applicazione, segnatamente della sezione industriale meccanica".¹⁶ Accogliendo le proposte del professor Panetti il Consiglio di Amministrazione stanziava una somma "per l'impianto di un ventilatore con piccola camera di osservazione, destinato alle esperienze di aerodinamica" da situarsi in un locale del palazzo sede dell'ex-Museo Industriale in via dell'Ospedale.¹⁷ Ma altre vicende contribuiscono al successo dell'aerodinamica al Politecnico. Il Ministero della Guerra, dovendo eseguire le prove per un *Concorso internazionale*¹⁸ di motori per apparecchi di aviazione istituito con R. Decreto 24 aprile 1912 e di cui si chiuderanno i termini il 10 marzo dell'anno successivo, si rivolge al Politecnico per impiantarvi un "gabinetto di prova". Modesto Panetti "profittando del fortunato concorso di queste circostanze favorevoli" dopo aver avuto affidamento dal Presidente della Commissione del Concorso sulla possibilità di un'intesa con il Politecnico, prepara un secondo progetto per il Laboratorio, che prevede le due sezioni di prova dei motori di aviazione e di aerodinamica applicata all'aeronautica. Il nuovo progetto richiede spazi più ampi di quelli già allocati in via dell'Ospedale ed esige la costruzione di un edificio apposito. Si propone l'area disponibile sul piazzale sud del Castello del Valentino esistente fra lo Stabilimento di Idraulica¹⁹ ed i Laboratori di geometria pratica e di macchine termiche. Alle opere di progettazione collabora il tenente colonnello Motta²⁰, comandante del Battaglione specialisti del Genio e rappresentante del Ministro della Guerra. La Convenzione, firmata dal Presidente del Politecnico onorevole Paolo Boselli il 12 dicembre 1912, stabilisce che il Politecnico fornirà l'area e i locali mentre il Ministero della Guerra "farà costruire e sistemare nella sezione destinata alla prova motori il macchinario. la spesa per la posa delle condutture elettriche occorrenti per la forza motrice sarà sostenuta in parti eguali dalle due Amministrazioni; una somma fissa sarà versata dal Ministero della Guerra al Politecnico quale contributo alla sezione dell'Istituto destinata agli studi sperimentali di aerodinamica; la sezione per la prova dei motori nel primo suo periodo di funzionamento sarà a intiera disposizione della Commissione giudicatrice del concorso fino ad esaurimento del suo mandato e per tale periodo tutte le spese di esercizio saranno a carico del Ministero della Guerra; in seguito anche questa sezione, con tutto il materiale sistemato, diverrà piena proprietà del Politecnico."²¹ Il Laboratorio di aeronautica, che non ha ancora una sua veste autonoma, "è riguardato come un annesso del Laboratorio di meccanica applicata" e il professor Panetti, direttore di quest'ultimo e autore del nuovo progetto riceve mandato di curarne la costruzione sotto la direzione del commendator Frescot, membro del Consiglio di amministrazione del Politecnico.

"La costruzione nelle sue linee generali consiste in 2 padiglioni accostati di fianco di uguale larghezza (m. 10,10); quello destinato alle prove dei motori lungo m. 18,50, l'altro per le esperienze di aerodinamica lungo m. 32.

Fra i due padiglioni esiste un corpo intermedio di m. 3,30 di larghezza che si protende in aggetto sul fianco del padiglione maggiore, ha in tutta la sua lunghezza

di m. 23 due piani ed è diviso dalla scala in due parti, una delle quali è destinata al macchinario comune alle due sezioni ed alla vigilanza delle esperienze che si compiono nella 1^a di esse, l'altra ai servizi comuni (riscaldamento, latrina, deposito) ed alle esperienze della 2^a sezione.

I padiglioni sono di ugual tipo. Hanno i muri di 25 cm. rinforzati da pilastri di interasse uguale a m. 4,50 che reggono le incavallature di tipo inglese, munite per il gruppo centrale di ciascun padiglione, di shed per la illuminazione e poggianti sul piano del cornicione alla quota di m. 6,35 dal pavimento. Il materiale di copertura è l'eternit, a grandi lastre.

Il corpo intermedio è in parte coperto dal protendimento del tetto del padiglione maggiore, in parte da un terrazzo. Il finimento esterno è a paramento di mattoni, con pochi sfondi a intonaco di calce nei timpani che chiudono le testate dei padiglioni"²².

I lavori per la costruzione dell'edificio sono condotti con estrema celerità. La ditta Fratelli Faja di Torino si aggiudica le opere di costruzione muraria e di finitura, l'ing. Carlo Sala ottiene l'incarico dell'esecuzione dell'ossatura metallica dei tetti (ricoperti in eternit), dei ballatoi, delle coperture dei cunicoli di posa delle condutture. Le grandi serrande avvolgibili per la regolazione dell'afflusso dell'aria durante le prove con le eliche sono acquistate dalle Officine Bosco di Terni. I lavori strutturali sono terminati nel dicembre del 1912. Le serrande sono poste in opera nel febbraio del 1913 e dopo tale data si può procedere alla finitura dei locali.

Per la misura della potenza dei motori viene installata una bilancia dinamometrica, secondo lo schema già adottato dal laboratorio dell'Automobile Club di Francia, progettata dall'ingegner Anastasi, professore del R. Politecnico di Napoli e addetto al battaglione specialisti del Genio di Roma. La sua costruzione è affidata alle Officine di Savigliano sotto la guida dell'ingegner Decker. L'apparecchiatura "misura la coppia di reazione di un motore fissato alla sua piattaforma libera di oscillare ed è accoppiata con un'elica o molinello di Rénard, capace di assorbire tutta la potenza"²³. L'esemplare del Laboratorio è calcolato per una potenza massima di 200 cavalli ed è dotato di un dispositivo mosso da un motore elettrico a velocità variabile (800 -1300 giri/min) atto a correggere l'errore causato dalla "spinta dell'aria cacciata dall'elica contro il piano della bilancia."²⁴

Il 1912 segna anche la costituzione del "Battaglione Aviatori" (1° luglio) che ha sede a Torino nella Caserma Lamarmora e la dislocazione in città del "reparto tecnico" i cui compiti sono lo studio, la sperimentazione e il collaudo dei nuovi mezzi aerei. Il tenente colonnello Vittorio Cordero di Montezemolo assume il comando del battaglione; vice comandante è il maggiore Douhet che è un teorico della guerra aerea. Si programma il potenziamento dell'Aeronautica Militare con la prevista per la primavera del 1913 (10 squadriglie, 150 aerei, 10 dirigibili). Nell'agosto si inaugura il campo volo di Venaria Reale dove avrà sede la scuola di aviazione.

Il 20 gennaio 1912 Umberto Ricci di Torino perfeziona l'"Innovazione nella struttura di aeroplani mediante lo spezzamento di corpo degli stessi" (Brevetto del: n. reg. attestati 332/136); di lì a un anno Francesco Darbesio inventerà un "Sistema di

costruzione e montaggio di travi armate per fusoliere o altre parti di aeroplani e simili" (Brevetto del 17 gennaio 1913 n. reg. attestati 392/154; n. reg. generale 127.660). Il 25 ottobre del '12 Antonio Chiribiri, costruttore di aerei con officine in via Don Bosco 68, ottiene il brevetto per un "Carrello di atterramento per aeroplani" (n. reg. attestati 348/117; n. reg. generale 125.105): nei mesi successivi altri torinesi depositeranno altre domande di privative per carrelli e sistemi di atterraggio: Francesco Darbesio (24/8/1912) e Enrico Amour (4/12/1912). Carlo Alberto Gobbi il 3 dicembre brevetta un "Idro-aerplano" (n. reg. attestati 388/200; n. reg. generale 129.316)

Altermine del 1913 sono operanti in Torino i costruttori di aeroplani:

"Asteria", Fabbrica Italiana Aeroplani ing. Darbesio e C. Chiribiri A. e C.	via Salbertrand, 12 via Lamarmora, 28 via Don Bosco, 68 via Roma, 30 via Baretti, 28 via Superga, 18 via Schina, 8 corso Peschiera, 251
Geninatti Bruno	
Maccagno Antonio	
Navone C.	
Perrino, Pier Alfonso	
S.I.T. (Società Italiana Transaerea)	

Costruiscono eliche:

"Asteria", Fabbrica Italiana Aeroplani ing. Darbesio e C. Bruno Carlo Maffei, ing. G.A. e C.	via Salbertrand, 12 piazza Carlo Felice, 10 via Sacchi, 28 bis
--	--

e motori per aeromobili:

"Asteria", Fabbrica Italiana Aeroplani ing. Darbesio e C. Cigala, Barberis e Ruva Fabbrica Italiana Motori Gnome Fabbrica Motori per Aviazione Fea, Visconti e C. Fabbrica Torinese Velivoli Chiribiri A. e C.	via Salbertrand, 12 via Bellini, 3 strada Venaria, 73 via Pinelli, 6 via Lamarmora, 28 via Don Bosco, 68 corso Dante 30-35 corso Orbassano via Cavalli angolo circonvallazione via Monginevro, 101 corso Vinzaglio, 5 via Cavalli angolo circonvallazione barriera Crocetta
"F.I.A.T."	
"Itala" Fabbrica Automobili Ladetto, Ubertalli e C.	
"Lancia" Fabbrica Automobili Ribetti Enrico Soc. Motori "Luct"	
"Spa" Società Ligure Piemontese Automobili	

Il 10 marzo 1913 tutto è pronto per l'esecuzione delle prove da parte della Commissione del Concorso, la seconda sezione del Laboratorio (per gli studi sperimentali di aerodinamica) dovrà attendere le apparecchiature e viene messa a disposizione delle prove sui motori.

La taratura dell'impianto avviene nell'aprile e viene effettuata provando al banco un motore Gnome a 7 cilindri di mm 106 x 120 della potenza nominale di 80 cavalli. Dei sette motori iscritti al concorso, solamente tre (tutti torinesi) superano le prove: un Fiat a 8 cilindri a V, uno Spa (tipo Anzani) a 10 cilindri e un L.U.C.T. a 8 cilindri.²⁵ Ma nessuno dei partecipanti potrà ottenere il premio di 100.000 Lire che non viene assegnato.

Successivamente si proveranno un Dion e Bouton a 8 cilindri da 80 cavalli, un Salmson a 7 cilindri radiali (mm 120 x 140; 170 kg; 95 HP), un Garuffa a 2 tempi, un Le Rhône a 9 cilindri (tipo C; mm 105 x 140; 110 kg; 80 HP) e un Renault da 85 cavalli (mm 105 x 130).²⁶

Anche nell'anno accademico 1912-13 il professor Panetti "rinnovando su basi più larghe l'insegnamento dello scorso anno" svolge un ciclo di conferenze "sulla aerodinamica applicata alla aeronautica". Esse vengono tenute "regolarmente il martedì e il venerdì di ogni settimana dalla 17 alle 18" ed hanno un carattere "assolutamente libero". "Il loro indirizzo fu tale da assicurare un buon coordinamento coi corsi che gli specialisti del Battaglione Aviatori dettarono per gli allievi piloti militari presso il R. Politecnico. Anzi, il corso del professor Panetti, sebbene pensato essenzialmente per gli Allievi ingegneri, fu ufficialmente compreso dal Comando del battaglione fra quelli prescritti ai suoi Aspiranti piloti."²⁷ Il contenuto delle conferenze è modificato rispetto a quello dell'anno precedente e riguarda essenzialmente lo studio del volo meccanico.²⁸ L'anno accademico successivo le Costruzioni aeronautiche otterranno la dignità di corso ufficiale.²⁹

Nell'anno 1913 il Consiglio di amministrazione stabilisce di completare il Gabinetto di fisica sperimentale "in modo che esso potesse essere appieno rispondente alle esigenze di un grande Istituto di scienza applicata" e stanziare per questa iniziativa 100 mila lire; "pel Gabinetto di aeronautica, in aggiunta a quelle stanziare l'anno precedente" solamente 6 mila. Il Gabinetto di meccanica applicata alle macchine ne riceve quattromila, quello di Storia dell'architettura e tecnica degli stili duemila, quello di Architettura tecnica cinquecento.³⁰

L'aviazione militare continua a fare progressi. Delle dieci squadriglie aeree ben 5 sono dislocate in Piemonte: a Mirafiori la I, a Venaria la II, a San Maurizio al Campo la IX e la X. Il campo di Cuneo ospita la III squadriglia "di montagna".³¹ Dal 17 al 23 maggio al Valentino la Società Aviazione Torino con il concorso del Battaglione Aviatori organizza la III Esposizione Internazionale di Locomozione Aerea. Il 3 giugno sul Campo di Mirafiori ha luogo la prima Rivista militare aerea che vede schierati 31 velivoli. Il primo corso ufficiale di "preparazione di aviazione militare" al Politecnico è frequentato da 15 ufficiali. Presso il Comando del Battaglione Aviatori ha inizio un corso gratuito per allievi civili.

Il professor Panetti continua intanto a studiare "la costituzione della sezione per le esperienze di aerodinamica". Utilizzando il motore a velocità variabile del banco prova dinamometrico, per la generazione del vento per la galleria progetta un albero di rinvio con due innesti di frizione, per il collegamento con il ventilatore. Vista l'esiguità degli stanziamenti si utilizzerà il materiale dismesso "dopo un non lungo esercizio" dalla Amministrazione Municipale di Torino nella centrale dell'Acquedotto di Venaria. Le varianti meccaniche sono eseguite dalla ditta Luigi Pomini di Castellanza. I successi ottenuti da Modesto Panetti nel Laboratorio gli meritano la nomina a Socio corrispondente dell'Accademia delle Scienze di Torino (24 gennaio 1915); alla stessa data è registrata la sua nomina a Socio nazionale. Nel 1916 l'ingegner Franz Miller, che nonostante l'attività di costruttore di aerei ha prestato per qualche tempo la sua opera in qualità di assistente al Politecnico scrivendo anche due memorie che risultano le uniche di argomento aeronautico pubblicate da personale di questa istituzione nel periodo 1906-1911,³² dona al Laboratorio un esemplare del motore di sua invenzione.³³

Al fine di migliorare la determinazione della potenza e della spinta di gruppi moto-propulsori per aeronautica il professor Panetti, nel 1917, progetta e realizza una "piattaforma supplementare mobile su rulli" di nuova concezione, per il banco della Savigliano.³⁴

"Il progetto, per quanto riguarda il banco di prova, doveva prevedere due posizioni distinte delle sedie in ghisa allo scopo di permettere la misura della spinta di un gruppo moto-propulsore tanto nel caso dell'elica spingente quanto in quello dell'elica trattiva. Il piastrone mobile fu quindi tracciato con pianta forcuta all'estremità opposta a quella destinata a reggere il motore, nella quale la sedia portata dal banco oscillante si trova dietro a quella fissa al piastrone fosse possibile la disposizione opposta. Per la capsula idraulica si ritenne poi conveniente prevedere un apparecchio capace di due rapporti sensibilmente diversi fra le spinte misurate e le pressioni indicate dal manometro, per poterlo adattare ai gruppi potentissimi che le moderne costruzioni aeronautiche utilizzano, senza rinunciare ad una sufficiente approssimazione nelle misure sui gruppi di media e piccola potenza; Si progettò quindi lo stantuffo della capsula idraulica in due pezzi: uno interno massiccio ed un fodero fissabile su di esso in modo che la superficie premuta potesse risultare di 25 o di 60 cm² a volontà e quindi, raggiungendo la pressione massima del manometro preveduta di 20 atmosfere decimali, si riuscisse ad utilizzare tutta la graduazione per la misura di spinte fino a 500 e fino a 1200 kg rispettivamente."

I mezzi finanziari per la realizzazione dell'apparecchiatura, ed in particolare della grande piastra con le due sedie in ghisa, del doppio carrello di appoggio e degli accessori di sostegno e di manovra, sono offerti dalla Fabbrica Italiana Automobili "FIAT", dall'ingegner G.A. Maffei proprietario dell'omonima fabbrica di eliche e dalla Società Italiana Transaerea "SIT". L'esecuzione delle fusioni è realizzata dalle Fonderie Subalpine "a puro prezzo di costo". "La capsula idraulica col manometro

indicatore e le tubazioni di raccordo fu costruita con la quota annua che il Consorzio Universitario attribuisce al Politecnico e che per il 1917 fu devoluta al laboratorio di Aeronautica."

La galleria del vento, progettata a vena guidata e a doppio ritorno libero può essere iniziata solo nel 1917 e all'inizio incontra difficoltà finanziarie per la sua realizzazione. Il professor Panetti riesce tuttavia a ricevere aiuti dal Commissariato delle Armi e Munizioni (86.000 lire), dalla Ansaldo-Sit (25.000 lire), dalla Fiat-Sia (10.000 lire), dalla Savigliano e dalle Officine Pomilio. Entro il 1918 la galleria è ultimata.³⁵

LA SCIENZA AERONAUTICA (1920-1940)

Il Laboratorio di aeronautica è dal 1917 dotato di quattro banchi prova per motori: un banco fisso con mulinello tarato, un banco a reazione a telaio oscillante e stadera, il banco a bilancia universale a reazione costruito dalle Officine di Savigliano, già usato per il Concorso del 1912, a cui si è aggiunta la piattaforma mobile a rulli del professor Panetti. Il quarto banco "è costituito da un cavalletto deformabile per motori fissi ed è dotato di un freno idrodinamico Froude della potenza massima di 500 cavalli, donato al Laboratorio dalla F.I.A.T."³⁶ Manometri, termometri, termocoppie, analizzatori "Ados" costituiscono la strumentazione dei banchi. "Fra i banchi dinamometrici della bilancia universale e del freno Froude sorge un castello in sagomati di ferro, al quale fa capo il tiro di cinghia che parte da una delle puleggie del contralbero. L'albero condotto portato dal castello è registrabile in altezza e serve: all'avviamento dei motori sui due banchi, al comando di eliche e di molinelli, al comando di ventilatori elicoidali per refrigerare i motori."³⁷ Nell'anno 1927 sono in corso le trasformazioni per dotare il banco freno Froude dei mezzi necessari per alimentare i motori in prova con aria rarefatta e refrigerata. Si è trasformato un motore FIAT A-14 in un compressore, cambiandone gli alberi della distribuzione e riducendo gli spazi morti.

Il padiglione per gli studi sperimentali di aerodinamica si è inaugurato nell'agosto del 1918 e "consiste in una galleria entro la quale si fa muovere l'aria a diverse velocità, tenendo in presenza di essa i modelli degli aerei fissati ad una bilancia per la misura delle forze. La galleria consiste in un grande tubo di Venturi costituito da un tronco conoidico aspiratore lungo m 3,58, da un tronco cilindrico con diametro m 2 e lungo m 2,80 sede degli esperimenti e da un diffusore conico lungo m 14,40 terminante con una bocca di m 4,17 di diametro."³⁸ Il ventilatore è costituito da un'elica in legno a 16 pale di 3200 mm di diametro. Un graduatore di incidenza, una bilancia universale, una serie di pneumometri tipo Krell o tipo Pitot, una bilancia di torsione sono le strumentazioni più importanti di cui è dotata la galleria.

L'Associazione Italiana di Aerotecnica, che ha sede presso la R. Scuola di Ingegneria dell'Università di Pisa, fonda nel 1923, sotto la direzione del professor Enrico Pistolesi, il Giornale "L'Aerotecnica" che contiene anche gli Atti dell'Associazione.

Sulle pagine di questa Rivista il professor Carlo Ferrari scriverà nel 1926 il suo primo lavoro scientifico, che si riallaccia, se pure in chiave aerodinamica, ai temi di ingegneria strutturale del primo Panetti³⁹.

Nel luglio del 1925 Giuseppe Gabrielli, a 22 anni, si laurea in ingegneria meccanica al Politecnico di Torino, dove aveva frequentato "per diletto" il Laboratorio d'aeronautica. Ricorda il Gabrielli che "il laboratorio aveva sede al castello del Valentino e serviva per il corso superiore di costruzioni aeronautiche destinato agli ingegneri che desideravano entrare in possesso di un titolo per poter partecipare ai concorsi del genio aeronautico [...] Si pensi che nel 1925 i laureati in ingegneria, pur essendo in pochi, non riuscivano a trovare un posto nemmeno a 400 lire al mese e perciò molti aspiravano a entrare nel Genio aeronautico. Frequentavano così i corsi di specializzazione in costruzioni aeronautiche sia a Torino con il professor Panetti, sia a Roma con il professor Arturo Crocco, pioniere dirigibilista, ideatore e costruttore del primo dirigibile italiano."⁴⁰ Appena laureato a Giuseppe Gabrielli viene offerto dal professor Panetti un posto di assistente volontario nel Laboratorio, ma altri destini lo spingono a studiare presso Théodor von Kármán ad Aquisgrana. Quando nel marzo del 1927 è congedato dal servizio militare riprende a lavorare al Laboratorio dove troviamo anche Carlo Ferrari: i due giovani assistenti pubblicano insieme uno studio sull'elica autorotante.⁴¹ Alla fine di agosto del medesimo anno l'ingegnere Gabrielli viene assunto alla Piaggio di Finalmarina, ma ottiene dal direttore del laboratorio l'incarico di tenere un corso di "conferenze sulla costruzione degli aeromobili e sulle sistemazioni di bordo" che manterrà sinché verrà incaricato del corso di Progetto degli aerei.

Il Laboratorio continua a svolgere un'intensa attività di prove sia sui motori per aeromobili sia per la determinazione delle caratteristiche dei profili alari. "Particolare interesse hanno gli esperimenti richiesti dal Genio Aeronautico, sia sui riduttori di velocità per il comando delle eliche, sia sul valore della spinta delle eliche, a punto fisso, adoperate come freni dei motori sul banco dinamometrico."⁴² Il professor Panetti, coadiuvato dall'ing. Filippo Burzio, realizza un pendolo di torsione aerodinamico per la determinazione della stabilità longitudinale dei velivoli, valutando le oscillazioni di beccheggio, di rollio e di serpeggiamento.⁴³ Si compiono studi sperimentali sulla resistenza dell'aria contro schermi piani, sottili, rotanti, sulla resistenza dell'aria contro i proietti, sulla resistenza dell'aria alla velocità del suono. Questi ultimi si conducono per mezzo di un apposito braccio rotante (*maneggio*) fissato all'albero del castello per eliche e molinelli: con esso si raggiungono velocità superiori ai 300 m/s.

IL 1926 è un anno di crisi a cui sembra far seguito un arresto delle attività "nel cammino verso la meta necessaria". "Con felice improvvisazione il Decreto-legge 20 agosto 1926 creava di colpo la Scuola di Ingegneria aeronautica in Roma, dotandola di un finanziamento fisso e prima di quattro, poi di cinque posti di ruolo per gli insegnamenti fondamentali. Per l'Istituto di Torino, tenuto fin allora in efficienza dalla abnegazione dei suoi docenti volontari e dalle provvidenze sollecitate di volta in volta dalle pubbliche e private Amministrazioni, urgeva ottenere almeno le

garanzie di continuità."⁴⁴ Il generale Guidoni, Direttore generale del genio e delle costruzioni aeronautiche è l'attore principale di una proposta di riassetto, ma la sua tragica fine il 27 aprile 1928 sul campo di volo dove sorgerà Guidonia deluderà le attese speranze.⁴⁵

Il successo del Laboratorio di aeronautica, e soprattutto del suo direttore, nonostante i momenti di sconforto è riconosciuto a livello nazionale. Al Congresso di aeronautica tenutosi a Roma nel 1928 il Laboratorio "ottiene un plauso speciale" e "ha destato l'interesse del Comitato Superiore Tecnico per le armi e munizioni, il quale ha deliberato un contributo di L. 10.000 per la continuazione degli esperimenti. Il Ministero dell'Aeronautica, riconoscendo l'opera svolta nel campo dell'Aeronautica dal nostro istituto, ha concluso con esso una nuova convenzione [...] che assicura i mezzi per progredire sulla via battuta, assicurando a partire da quest'anno, una più larga base, sia alla Scuola di perfezionamento nelle Costruzioni Aeronautiche, sia al Laboratorio sul quale essa essenzialmente si fonda."⁴⁶ Nella relazione del Presidente sul Politecnico per l'anno 1927-28 non manca un plauso speciale "a S.E. Italo Balbo che, interpretando con altezza di ingegno il pensiero del Governo Fascista ha dato così poderoso impulso alla Aeronautica italiana."

La prolusione all'anno accademico 1927-28 del Politecnico di Torino è stata affidata a Modesto Panetti, il quale il 9 novembre 1927 legge la sua dissertazione sui "I recenti progressi dell'aviazione". Al di là del tono celebrativo che l'occasione impone, l'aeronautica appare, dopo soli venticinque anni dalla scoperta dell'*ala meccanica*, come vera *scienza*, "sintesi mirabile delle discipline dell'ingegnere. Tutti hanno dato il contributo al suo progresso e in virtù di esso, sui tronchi già vigorosi del magnifico albero, un ramo novello si è innestato e si sviluppa con prodigioso rigoglio, quello della dinamica dei fluidi, che dal campo quasi esclusivamente matematico in cui lo studio era contenuto, è passato nel dominio della tecnica dell'ingegnere."⁴⁷ La prolusione segue "questo processo nell'analisi del meccanismo mirabile dell'ala." In una trattazione limpida appaiono, a fianco delle importanti invenzioni ed innovazioni, le figure di Handley Page, di Magnus, di La Cierva, del generale De Pinedo, di Charles Lindberg, di Byrd, di Crocco e si conclude con un invito "allo stesso ardore col quale in questi giorni le Officine Italiane, anelanti alla rivincita, diedero al geniale ardimento di Mario Debernardi l'apparecchio e il motore per salire nel cielo di Venezia un nuovo gradino della scala vertiginosa delle velocità."

Nel medesimo anno si celebra a Torino il convegno annuale dell'AIDA: una fotografia vede riuniti i partecipanti di fronte al grande arco con chiusura a serranda dei locali della galleria del vento: sono riconoscibili il professor Modesto Panetti, il professor Enrico Pistolesi (direttore dell'*"Aerotecnica"*, il professor Eula (segretario dell'AIDA), il giovane ingegnere Carlo Ferrari, il tecnico motorista Cappelletto. La Scuola di perfezionamento per ingegneri laureati in Costruzioni aeronautiche ha ormai raggiunto un assetto stabile. Ha la durata di un anno e si insegnano nove materie: *Aerodinamica*, *Aerologia*, *Apparecchi di misura di bordo degli aerei*, *Teoria del volo*, *Motori speciali per aerei*, *Tecnologie speciali*, *Costruzione e*

*progetto di aeroplani, Costruzione e progetto di dirigibili, Norme di pilotaggio.*⁴⁸

Ma anche per gli allievi ingegneri industriali del 5° anno è previsto un Corso di cultura generale sull'argomento delle Costruzioni aeronautiche.⁴⁹

L'anno seguente diviene operativa la Convenzione con il Ministero dell'Aeronautica ed "aumentano in modo cospicuo le disponibilità finanziarie a vantaggio degli insegnamenti speciali del Laboratorio."⁵⁰ Si può dare maggiore sviluppo ai programmi e si assicura maggiore assistenza agli studenti. Il Ministero dell'Aeronautica accorda al Laboratorio "buoni tecnici da lui comandati" ed in questo modo si riescono a ideare e realizzare importanti strumenti di ricerca. Si dà inizio alla costruzione dell'apparecchiatura per anemometria "a filo caldo trispigolo". Nel Laboratorio di aeronautica si mette in opera l'impianto di aspirazione e compressione d'aria in servizio della galleria del vento costituito da un compressore Diatto SV4 a quattro cilindri ciascuno da 1,58 litri e dal motore Fiat A-14 trasformato modificato su progetto dell'ingegner Arnaldo Castagna; si termina l'installazione dell'impianto per lo studio sperimentale dei radiatori dotato di un autocombustore a nafta dono dell'ingegner Scaramuzza; si continua nella messa a punto della bilancia dinamometrica per le eliche. Tra i risultati più notevoli conseguiti è da riscontrare lo studio sull'azione mutua fra elica e tubo di accompagnamento della scia. L'ingegner Carlo Ferrari, libero docente di Aerodinamica costruisce una "vasca elettrica per la determinazione dei campi aerodinamici" che sfrutta l'analogia tra la funzione di corrente dei campi aerodinamici piani alla funzione potenziale dei campi elettrolitici. La vasca (m 1,50 x 0,80) è riempita di acqua pura, il modello di forma cilindrica è un corpo conduttore ed è immerso nel campo elettrolitico generato dai due lati paralleli della vasca posti a potenziale differente. La corrente è generata da un oscillatore di frequenza acustica e per tracciare le linee equipotenziali si utilizza una sonda trasportata da un pantografo che le permette di esplorare tutti i punti della vasca. Il professor Filippo Burzio della R. Accademia Militare e l'ingegner Clodoveo Pasqualini compiono ricerche nel campo della resistenza dell'aria a velocità balistiche. Si compiono ricerche per conto della Società della Navigazione Generale Italiana per determinare la resistenza che le sovrastrutture dei piroscafi incontrano da parte dell'aria.

Corso di Perfezionamento in Costruzioni Aeronautiche

anni acc.	studenti iscritti
1918-19	4
1919-20	2
1920-21	12
1921-22	20
1922-23	17
1923-24	13
1924-25	15

1925-26	6
1926-27	12
1927-28	3
1928-29	19
1929-30	9

Corso di Perfezionamento in Costruzioni Aeronautiche

anni	studenti diplomati ⁵¹
1911...22	21
1923	8
1924	-
1925	13
1926	3
1927	7
1928	8
1929	9
1930	7
1931	4

L'inaugurazione dei Corsi di perfezionamento nelle Costruzioni aeronautiche è celebrata il 12 gennaio 1931 con un nuovo discorso del professor Panetti "in giorni di esultanza per la trionfale crociera dell'ardito Condottiero dell'Aeronautica Italiana."⁵² Le alte velocità, i fenomeni di instabilità, l'avvitamento e l'autorotazione sono i temi della prolusione che non dimentica i successi già ottenuti dal motore veloce a nafta di progettazione "della grande Industria Torinese". Non poteva mancare un diffuso commento sulle più recenti ricerche del generale Crocco.

Il Ministro della Educazione Nazionale ha autorizzato la Scuola di perfezionamento a conferire a partire da quest'anno la Laurea di Ingegnere aeronautico agli studenti in essa diplomati. Il professor Modesto Panetti (direttore) insegna *Teoria del volo meccanico e Tecnica dei trasporti con aeromobili*, l'ingegner Giuseppe Albenga *Costruzioni e progetto degli aeromobili*, l'ingegner Filippo Burzio tiene le conferenze di *Aerologia* l'ingegner Carlo Ferrari quelle di *Aerodinamica*, l'ingegner Giuseppe Gabrielli le conferenze su *Particolari di costruzioni di aeromobili e sistemazioni di bordo*. Le altre materie, per cui sono previsti i cicli di "conferenze" sono i *Motori speciali per aerei* (ing. Miro Gamba), le *Tecnologie speciali* (dott. Luigi Losana), il *Diritto aeronautico* (l'on. avv. Felice Panié), gli *Strumenti di bordo e di laboratorio* (ing. Clodoveo Pasqualini). L'Aeronautica Italia e l'Alfa Romeo istituiscono a favore della Scuola "due cospicue borse di studio, dimostrando quale importanza l'industria vi annetta." Nell'anno accademico 1931-32 entrano tra le materie della Scuola di perfezionamento in ingegneria aeronautica il *Collaudo e la manovra degli aeromobili e le Radiocomunicazioni*.

Il 30 ottobre 1930 con Regio Decreto n.1988⁵³ è stato approvato il nuovo Statuto dell'Istituto Superiore di Ingegneria (Politecnico). All'Art. 12 si legge: "La Scuola di perfezionamento in ingegneria aeronautica ha lo scopo di fornire la preparazione scientifica e tecnica per la professione di ingegnere aeronautico e per la carriera del Genio aeronautico. (omissis) Al termine del corso la Scuola rilascia la laurea in ingegneria aeronautica, per il cui conseguimento è prescritto lo svolgimento completo di un progetto di aeromobile col suo apparato motore e la discussione orale del progetto stesso. (omissis) Alla Scuola di perfezionamento in ingegneria aeronautica possono essere ammessi, oltre ai giovani di cui all'articolo precedente [i laureati in ingegneria], anche gli ufficiali del genio aeronautico, secondo quanto è disposto dall'art. 15 del R. decreto-legge 23 ottobre 1927, n.2105." Il colonnello ingegner Mario Bernasconi sostituisce l'ing. Pasqualini nell'insegnamento degli *Strumenti di bordo e problemi speciali di pilotaggio*.

Modesto Panetti compie ricerche sull'*Atterraggio con carrelli a reazione combinata elastica e dissipatrice* e sul *Rendimento delle eliche in tandem*; con Carlo Ferrari pubblica sull'"Aerotecnica" dell'aprile del 1934 i *Rendiconti sperimentali del Laboratorio di Aeronautica del R. Istituto Superiore di Ingegneria di Torino*. Il professor Carlo Ferrari inizia i suoi studi sulla turbolenza e l'ingegnere Placido Cicala spazia dalla *Regolazione della turbina a vapore a ricupero parziale* agli studi sulle "travi a piastra sottile" e ancora al *Comportamento delle ogive coniche a velocità ultrasonora* ("La Ricerca Scientifica", agosto 1934). Nell'anno accademico 1934-35 gli allievi iscritti alla Scuola di perfezionamento in Ingegneria aeronautica sono 17, quelli alla Scuola di perfezionamento in Balistica e costruzione di armi e artiglierie sono 19.

Il 1° ottobre 1936 viene approvato con Regio Decreto n. 2456 il nuovo Statuto del Regio Politecnico di Torino. Gli Articoli 47-51 trattano della Scuola di perfezionamento in ingegneria aeronautica senza apportare, eccetto che negli insegnamenti, alcuna modifica sostanziale.⁵⁴ Gli allievi iscritti alla Scuola di ingegneria aeronautica sono saliti a 49 (a. acc. 1935-36). Nell'anno 1936 si laureano in ingegneria aeronautica 36 giovani: di essi 16 sono cinesi⁵⁵.

Le riforme dell'ordinamento universitario volute dalla riforma De Vecchi (R.D. 28 novembre 1935, n.2044) si attuano al Politecnico nel volgere di un anno. "Lo svolgimento dei corsi postuniversitari continua a fiorire presso la nostra scuola nel modo più promettente e costituisce una conferma del crescente bisogno, da parte della nazione, di forze tecniche molto ben preparate. [...] Primeggia fra i nostri corsi di perfezionamento quello di ingegneria aeronautica, che ha meritato nuovi appoggi dal ministero competente."⁵⁶

Il 14 ottobre 1937 si inaugura al Politecnico il "Convegno indetto dalla Associazione Italiana di Aerotecnica per celebrare il XXV annuale di fondazione del Laboratorio di Aeronautica": vi tengono discorsi gli Accademici d'Italia prof. Giancarlo Vallauri, a cui sono affidati gli omaggi e i saluti ufficiali, e il gen. prof. G. Arturo Crocco, come pure il prof. Modesto Panetti, che ne è stato ininterrottamente il direttore. L'organizzazione del Convegno è l'ingegner Darbesio. Sono presenti il Duca d'Aosta

"Principe Aviatore", il generale Valle, Sottosegretario di Stato per l'Aeronautica, le "Gerarchie civili e militari dello Stato e della Città".

"Nessuna branca della dinamica ha necessità di attingere a tutte le fonti della Scienza ed a tutte le risorse dell'industria come l'Aeronautica - afferma il generale Crocco - [...] il fine ultimo ed unico di queste singole attività è il progresso dell'Aviazione e la difesa della Patria: lo studioso di aerodinamica, di termodinamica e di aviodinamica, l'indagatore della meccanica dei fluidi, il costruttore di motori, l'ideatore di velivoli, il fisiologo e il pilota vengono a scambiarsi le loro vedute ed i risultati dei loro studi per uniformarli all'unità finale."⁵⁷

"Il Laboratorio di Torino è l'unico Laboratorio civile d'Italia. La nostra Scuola di Roma, continua il generale Crocco, fiancheggia quella di Torino nella preparazione dei futuri ingegneri aeronautici, tutta raccolta nel fine didattico, non ha infatti laboratori propri di ricerche perché vive presso il sole di Guidonia." Al professor Panetti è affidato il compito di tracciare una sintesi della storia del laboratorio, di cui un più ampio spazio sarà dedicato sulla rivista "Torino".⁵⁸

Con un flash-back si ritorna alle Conferenze del 1911, al Concorso del generale Motta, alla costruzione della galleria con il materiale residuo bellico recuperato dal generale Verduzio (1918), ai nuovi banchi prova motori, ai gruppi sperimentali per lo studio delle eliche (1926), ai giovani ricercatori Enrico Pistolesi, Carlo Luigi Ricci, Filippo Burzio, Antonio Capetti, Clodoveo Pasqualini, alle delusioni del 1926 con la nascita della Scuola di Roma, alla chiamata del prof. Carlo Ferrari alla cattedra di Aerodinamica ed al ritorno del prof. Antonio Capetti da Padova a Torino (1934), alle ricerche di quest'ultimo sui carburanti, allo studio dei "moti iposonori e ipersonori della aerodinamica" che Carlo Ferrari presenta al V Convegno Volta dell'Accademia d'Italia, alla saldatura tra balistica e aerodinamica compiuta dal prof. Filippo Burzio e dal colonnello Bruno. La visita dei Laboratori e degli "attrezzamenti in azione" è guidata dal professor Ferrari.

Nel 1937 si laureano in Ingegneria aeronautica 14 giovani ingegneri: tra essi Aurelio Robotti e Camillo Possio, che ottiene la votazione di 100/100 e lode: questo brillante scienziato, che perirà tragicamente qualche anno più tardi durante un bombardamento aereo, ha già pubblicato importanti lavori *Sul problema della regolazione diretta, sull'Azione aerodinamica sul profilo oscillante a velocità ultrasonora e iposonora*, e sul *Moto rotazionale dei gas*.

Siamo alla vigilia della guerra e a fianco della Scuola di Ingegneria aeronautica, dove insegnano Panetti, Burzio, Capetti, Cicala, Elia, Ferrari, Gabrielli, Gamba, Lorenzelli e Rolandi, nasce un "Corso di perfezionamento in Armamento aeronautico suo impiego". Vi si insegnano *Aerodinamica I* (M. Panetti), *Balistica esterna* (G. Bruno), *Complementi di balistica esterna* (F. Burzio), *Disegno e progetto di aeromobili da combattimento* (P. Cicala), *Complementi di fisica* (R. Deaglio), *Aerodinamica dei fluidi compressibili* (C. Ferrari), *Costruzione di armi e artiglierie* (G. Festa), *Armi portatili e artiglierie* (F. Grandi), *Disegno e progetto di aeromobili da combattimento* (E. Lorenzelli), *Esplosivi e aggressivi chimici* (A. Murer).

Nel periodo dall'8 al 17 giugno 1938 presso la Scuola di Ingegneria Aeronautica si tengono dieci Conferenze sui problemi dell'armamento aeronautico: ad esse partecipano ingegneri delle industrie aeronautiche italiane inviati dal Ministero dell'Aeronautica.⁵⁹

Il 15 maggio 1940 il Capo di Stato Benito Mussolini, accompagnato dalle EE. Starace, Alfieri, Bottai, Cobolli-Gigli visita il Laboratorio di Aeronautica del Politecnico di Torino: particolare interesse destano la "galleria d'alta quota" che permette di simulare l'atmosfera sino a 15.000 metri alla temperatura di -50°C ⁶⁰, le ricerche sui carburanti e le benzine di Antonio Capetti, quelle di Carlo Ferrari sul fenomeno dell'autorotazione e sulla turbolenza, e quelle di Placido Cicala sulle vibrazioni alari.

Nel medesimo anno il professor Modesto Panetti è eletto Preside della Facoltà di Ingegneria. Il Ministero assegna una cattedra di Costruzioni aeronautiche alla Scuola. Il Corso di perfezionamento in Armamento aeronautico riceve dal Ministero dell'Aeronautica un finanziamento di L. 60.000, il Laboratorio L.10.000. Si laureano 14 ingegneri aeronautici: tra essi primeggia Carlo Mortarino. Camillo Possio pubblica un saggio *Sul moto discontinuo dell'ala* e un altro su *L'influenza della galleria aerodinamica nel caso del moto non stazionario*.

Gli eventi bellici sconvolgeranno la vita del Politecnico e anche quella del Laboratorio di aeronautica e della sua Scuola. La "ricostruzione" avrà l'entusiasmo del rinnovamento, ma recherà inevitabilmente anche tracce del passato. Se la Scuola di ingegneria aeronautica nell'anno accademico 1948-49 risulterà completamente ristrutturata in due sezioni "Velivoli" e "Motori"⁶¹ si trovano ancora le tracce del Corso di perfezionamento in balistica e costruzioni di armi e artiglierie come pure quello in Armamento aeronautico e suo impiego.⁶²

UN EPILOGO, CHE PUÒ SERVIRE DA PREMESSA

"Nel 1912 in tutto il mondo l'aeroplano era ormai diventato una conquista tecnologica da archiviare tra le altre, in attesa di tempi diversi." La frase, già citata più sopra, può essere ripresa e letta sotto differenti prospettive. A fianco delle rivisitazioni celebrative della Scuola aeronautica torinese emergono infatti di fronte allo storico altre dimensioni marginali, tacite, secondarie, ma non per questo meno importanti nella comprensione dello scenario della cultura politecnica torinese nella sua interezza. Le chiavi interpretative degli eventi più significativi non dovrebbero tralasciare alcuna ipotesi, ancorché apparentemente marginale. In sintesi, questi i fatti più determinanti.

A Torino il professor Modesto Panetti, allievo del Guidi, è chiamato nell'ottobre 1910 a ricoprire la cattedra di *Meccanica applicata alle macchine*, un settore dell'ingegneria che ha dimenticato gli splendori passati, e che è stato quasi dimenticato dalla Scuola di Applicazione per gli ingegneri, maggiormente indirizzata alla formazione degli ingegneri civili. La *Meccanica applicata* al Museo

Industriale⁶³, per contro, ha trovato una sorta di evoluzione in tono minore nel settore delle costruzioni meccaniche dove è stato professore di *Composizione di macchine* Angelo Bottiglia: la *Meccanica applicata* e l'*Idraulica* costituiscono invece la cattedra del professor Enrico Bonelli, ma non godono neppure esse di grandi attenzioni. Anche dopo la riunificazione delle due istituzioni torinesi nel 1906 la Scienza delle costruzioni, l'Elettrotecnica, l'Elettrochimica e la medesima Fisica sperimentale continueranno invece a rimanere le discipline di grande "successo" e i finanziamenti relativi ai loro Laboratori e Gabinetti di sperimentazione sono eloquenti.

Il professor Modesto Panetti, che aveva svolto al Regio Superiore Istituto Navale di Genova un'attività di ricerca essenzialmente indirizzata alla meccanica strutturale, arrivato a Torino non trova facile diversificare la propria attività in un settore dove la tradizione di Carlo Ignazio Giulio, pur sempre legata al settore "civile", si è via via affievolita⁶⁴.

Ridotto è l'interesse del Politecnico per l'aeronautica (sembra più uno sport che una scienza), tant'è che quando nel 1909 il Consiglio aveva deciso di attivare una serie di conferenze di aeronautica dovette rivolgersi ad ufficiali dell'Esercito.

La ricerca di nuovi spazi per il Laboratorio di meccanica applicata non è seguita da risultati entusiasmanti. In questo contesto la "debole" presenza di alcuni militari che svolgono saltuariamente alcune conferenze sull'aeronautica diviene per il Panetti la via di minore resistenza e con migliori speranze di successo, per conquistare uno spazio autonomo di ricerca in seno al Politecnico.

Prima di poter condurre ricerche sperimentali sulle caratteristiche dei profili alari, per cui l'originario progetto di un laboratorio sito in un locale della sede dell'ex-Museo Industriale di via dell'Ospedale è solo una soluzione di ripiego, l'attività sperimentale del Laboratorio è concentrata sulle prove dei motori che il Ministero della Guerra deve valutare per il Concorso bandito nel 1912.

Ancora nel 1914 il professor Panetti nella relazione sull'attività del Laboratorio scrive che "i risultati degli esperimenti sui motori non furono sinora oggetto di pubblicazione perché in gran parte riservati."⁶⁵ Le uniche pubblicazioni riguardano le strumentazioni di prova e le eliche (che sono in gran parte utilizzate come "carico" per i suddetti motori): esse restano accessori nella globalità delle prove. La rivista scientifica che ospita queste pubblicazioni è ancora il "Giornale del Genio Civile", la medesima sulla quale erano apparsi alcuni dei lavori di ingegneria strutturale del giovane Modesto Panetti, e ciò costituisce un ulteriore indizio di quelle continuità che le apparenze vorrebbero ritenere interrotte. La sperimentazione dei motori per aeromobili sarà peraltro l'ambito specifico di ricerca del professor Antonio Capetti⁶⁶.

La dialettica tra teorici e sperimentali, tra politici e scienziati, tra industriali e professori, tra scuola e istituzione si intreccia secondo schemi che mescolano le passioni più pure per la conoscenza a più concreti bisogni contingenti e quotidiani. La Scuola di costruzioni aeronautiche, come ha ricordato Giuseppe Gabrielli, diviene spesso negli anni '20 la condizione necessaria per ottenere un impiego altrimenti negato dalla crescente crisi industriale. Potrà essere casuale, ma si riscontra

un'assenza significativa dei futuri docenti del Politecnico dalle file degli ingegneri specializzati dalla Scuola superiore di costruzioni aeronautiche sino ai tardi anni '30. La Scuola di costruzioni aeronautiche, a differenza del Laboratorio, non è solo specchio della ricerca aeronautica torinese dagli indubbi successi, ma è anche il riflesso di un'Italia agitata da forti condizionamenti politici e ideologici. I legami attivati nel 1912 con la Commissione del Concorso del Ministero della Guerra non si estinguono al termine della "competizione" ma si perpetuano e si riaccendono sull'onda del riarmo aeronautico che caratterizza gli anni '30. Ai corsi di Cultura Militare già presenti nel 1927⁶⁷ si aggiungerà dal 1932 anche la Scuola di perfezionamento in balistica e costruzione di armi e artiglierie dove insegneranno il ten. col. Giovanni Bruno, l'ing. Filippo Burzio⁶⁸, l'ing. Romolo Deaglio, il dott. Luigi Losana, il ten. col. Alberto Murer, il ten. col. ing. Antonio Passarelli, il ten. col. Bartolomeo Pedrotti e l'ing. Cesare Tommasina. Più tardi ancora nel 1937 sorgerà un Corso di perfezionamento in armamento aereo.

Innumerevoli sono i fronti su cui si potrà sviluppare un approfondimento storico. L'ambito, per molti versi minore, dei rapporti tra militari e scienziati-ingegneri riapre il fronte della ricerca in una direzione, che sinora è stata dimenticata, ma che coinvolge i legami, che spesso hanno intrecciato le vicende di uomini e di istituzioni, non solo a Torino, negli anni '20 e '30. I pregiudizi che si sono costituiti su attori e comparse, su progetti e utopie, su conoscenze scientifiche e propagande, hanno in parte deformato la realtà che oggi viviamo. Le ricerche aeronautiche compiute in questi anni, ancorché sollecitate e finanziate per scopi militari o di primato sportivo, rimangono e rimarranno a fondamento di una scienza indipendente e di base.⁶⁹

NOTE

1. Un particolare ringraziamento è dovuto al professor Carlo Ferrari che con grande pazienza ha fornito suggerimenti e ricordi personali senza i quali questo lavoro avrebbe sofferto di maggiore incompletezza.
2. Franz Miller di Natale, nato a Messina, dopo essersi laureato in Ingegneria industriale presso il Politecnico di Torino nell'anno scolastico 1905-1906 con 100/100, costituì a Torino la prima officina italiana per costruzioni aeronautiche, realizzando e facendo volare già nel 1906 alcuni modelli in scala ridotta. Nel 1908 realizzò un motore a 4 cilindri di 45 HP. Con Mario Cobianchi costruì un "elicoplano" che venne presentato al Circuito aereo di Brescia nel giugno del 1909, ma che riuscì solamente a rullare sulla pista. Si veda in particolare Mario COBIANCHI, *I pionieri dell'Aviazione in Italia*, (Editoriale Aeronautico), Roma 1943 e Piero VERGNANO, *Origini dell'aviazione in Italia 1783-1918*, (Intyprint), Genova, 1964.
3. Si è fatto riferimento ai vari inserti pubblicitari apparsi su "L'Esposizione di Torino, Giornale ufficiale illustrato dell'Esposizione Internazionale delle Industrie e del Lavoro", 1910-1911.
4. R. Politecnico di Torino, "Annuario per l'anno scolastico 1911-1912", p. XI.

5. "L'Esposizione di Torino, Giornale..., cit., n.30 (ultimo fasc.), p. 475.
6. *Ibid.*, n. 22 (20 maggio 1911), p. 356.
7. Giovanni DEPAOLI, *Aspetti della presenza militare nella vita torinese*, in *Torino città viva da capitale a metropoli 1880-1980*, (Centro Studi Piemontesi), Torino, 1980, pp. 949-950.
8. N.d.A.
9. R. Politecnico di Torino, "Annuario per l'Anno scolastico 1911-1912", p. XIV.
10. *Ivi*.
11. Federico FILIPPI, *Empirismo e scienza nella conquista dell'aria*, (Einaudi), Torino, 1995, pp. 399-405.
12. R. Politecnico di Torino, "Annuario dal 1906 al 1911", pp. 18-19.
13. Per la bibliografia degli scritti di Modesto PANETTI negli anni 1902-1910 si veda *Ibid.*, pp. 478-479 e anche l'Appendice A.
14. Federico FILIPPI, *Empirismo e scienza nella conquista dell'aria*, p. 405.
15. R. Politecnico di Torino, "Annuario dal 1906 al 1911", p. 238.
16. *Ibid.*, pp. 238-239; per i programmi delle Conferenze di Aerodinamica si veda l'Appendice B.
17. R. Politecnico di Torino, "Annuario per l'Anno scolastico 1913-1914", p. 149.
18. Il 1° Concorso Militare d'Aeroplani si svolgerà a Torino dal 1° aprile al 9 maggio del 1913 con tre sezioni: 1) motori, 2) velivoli completamente italiani, 3) velivoli con parti straniere.
19. Lo stabilimento di Idraulica, già alla Parella, venne trasferito al castello del Valentino dal professor Prospero Richelmy nel 1869, presso la Scuola di Applicazione per gli ingegneri.
20. Giuseppe Maria PUGNO, *Storia del Politecnico di Torino*, (Politecnico di Torino), Torino, 1959, p. 143.
21. R. Politecnico di Torino, "Annuario per l'Anno scolastico 1913-1914", pp. 149-150.
22. *Ibid.*, pp. 150-151.
23. *Ivi*.
24. Modesto PANETTI, *Le prove dei motori leggeri al Laboratorio di Aeronautica del Politecnico di Torino*, in "Giornale del Genio Civile", 1913, pp. 789-806.
25. Giovanni DEPAOLI, *Aspetti della presenza militare nella vita torinese*, cit., p. 951.

26. R. Politecnico di Torino, "Annuario per l'Anno scolastico 1913-1914", pp. 153-154. Nel marzo 1914 si proverà anche un Fiat a 4 cilindri per il rimorchio di traini pesanti di artiglieria.
27. R. Politecnico di Torino, "Annuario per l'Anno scolastico 1912-1913", p. 159.
28. Il programma completo è riportato in Appendice C.
29. R. Politecnico di Torino, "Annuario per l'Anno scolastico 1913-1914", pp. 181-184; il programma dettagliato è riportato in Appendice D.
30. *Ibid.*, p. X.
31. Giovanni DEPAOLI, *Aspetti della presenza militare nella vita torinese*, cit., pp. 950-951.
32. R. Politecnico di Torino, "Annuario dal 1906 al 1911", p. 477: *Progetto di un dirigibile*, in "Rivista Tecnica", anno V, fasc. 8; *I regolatori di equilibrio per gli apparecchi volanti*, in "Rivista Tecnica", anno VI, fasc. 2.
33. Giuseppe Maria PUGNO, *Storia del Politecnico di Torino*, (Politecnico di Torino), Torino, 1959, p. 144.
34. Modesto PANETTI, *Un apparecchio per la misura simultanea della spinta e della potenza dei gruppi moto-propulsori*, in "Giornale del Genio Civile", 1917, pp. 501-507.
35. Carlo FERRARI, *Il Laboratorio di Aeronautica del Castello del Valentino. Ricordo*, "Seminario su L'Aerodinamica sperimentale a Torino", (A.I.D.A.A.), Torino, dicembre 1981, pp. 1-21.
36. "Annuario della Scuola di Ingegneria (R. Politecnico)" anno accademico 1926-27, p. 104 e anche Antonio CAPETTI, *Alcuni recenti sistemazioni per le prove sui motori keggeri nel Laboratorio di Aeronautica*, in "L'Ingegneria", vol. I (1922), pp. 12-16.
37. "Annuario della Scuola di Ingegneria (R. Politecnico)" anno accademico 1926-27, pp. 107-108.
38. *Ibid.*, p. 111.
39. Carlo FERRARI, *Sollecitazioni nella struttura di un aeromobile per una improvvisa variazione di carico*, in "L'Aerotecnica", vol. VI, n. 5 (Agosto-Settembre 1926). Una bibliografia completa dei lavori scientifici di Carlo Ferrari dal 1926 al 1 giugno 1983 è stata redatta da Gianni Jarre.
40. Giuseppe GABRIELLI, *Una vita per l'aviazione. Ricordi di un costruttore di aeroplani*, (Bompiani), Milano, 1982, p. 15.
41. Carlo FERRARI e Giuseppe GABRIELLI, *Studio sull'elica autorotante*, in "L'Aerotecnica", vol. VII (1927), n. 9 (Settembre 1927).

42. "Annuario della Scuola di Ingegneria (R. Politecnico)" anno accademico 1926-27, p. 23.
43. Filippo BURZIO, *Un metodo per la determinazione della stabilità longitudinale dei velivoli*, in "L'Ingegneria", vol. I (1922), pp. 90-93.
44. "Annuario del Regio Politecnico di Torino", anno acc. 1937-38, Modesto PANETTI, *Discorso per il XXV annuale del Laboratorio*, p. 37.
45. La stabilità delle nomine dei docenti della Scuola arriverà soltanto con il R.D. del 19 aprile 1934 trasformato in Legge il 2 marzo dell'anno seguente, dalla Camera vitalizia.
46. "Annuario della Scuola di Ingegneria (R. Politecnico)" anno accademico 1927-28, p. 13.
47. *Ibid.*, p. 20.
48. *Ibid.*, pp. 119-129 riportato in Appendice E.
49. *Ibid.*, pp. 129-129 riportato in Appendice F.
50. "Annuario della Scuola di Ingegneria (R. Politecnico)" anno accademico 1928-29, p. 9.
51. L'elenco completo dei nominativi degli ingegneri diplomati in Costruzioni aeronautiche dal 1911 al 1930 è riportato in Appendice G.
52. "Annuario della Scuola di Ingegneria (R. Politecnico)" anno accademico 1930-31, "I nuovi progressi della tecnica aeronautica", pp. 23 sgg.
53. Questo R.D. verrà modificato con R.D. 20 ottobre 1932, n. 2065.
54. Gli insegnamenti della Scuola di Ingegneria aeronautica sono riportati in Appendice H.
55. Nel 1935 il Ministero della Aeronautica affidò alla Scuola di costruzioni aeronautiche un gruppo di 25 ingegneri cinesi "chiamati in Italia dalla fama della nostra aviazione di combattimento"; essi dopo un breve corso di Lingua italiana presso l'Istituto di lingue orientali di Napoli, si trasferirono a Torino dove rimasero per l'intero anno accademico presso la Scuola di ingegneria aeronautica.
56. "Annuario del Regio Politecnico di Torino", anno acc. 1937-38, p. 17.
57. *Ibid.*, p. 31.
58. Modesto PANETTI, *Venticinque anni di attività del laboratorio di Aeronautica del Politecnico di Torino*, in "Torino" (rassegna mensile), n. 9, sett. 1937, cit. in "Annuario del Regio Politecnico di Torino", anno acc. 1937-38, p. 34.

59. Gli argomenti delle Conferenze e l'elenco dei partecipanti è riportato in Appendice I ("Annuario del R. Politecnico di Torino", a. acc. 1938-39, pp. 151-152).
60. Essa verrà utilizzata per verificare la resistenza degli alpinisti nei preparativi per la spedizione Desio al K2.
61. "Annuario del Politecnico di Torino per gli anni accademici 1948-49 e 1949-50", pp. 123-139; L'ordinamento degli studi è riportato in Appendice L.
62. La storia del Politecnico durante gli anni del secondo conflitto mondiale non è stata ancora scritta, un approfondimento necessario esula dal fine di questo saggio.
63. *Il R. Museo Industriale in Torino*, (Roux e Viarengo), Torino, 1902, p. 102.
64. Vittorio MARCHIS, *Alla scuola di Carlo Ignazio Giulio. Una raccolta di problemi di "Meccanica" nel Piemonte del Risorgimento*, in "Le culture della tecnica", vol. I (1994), n. 1, pp. 97-103.
65. R. Politecnico di Torino, "Annuario per l'Anno scolastico 1913-1914", p. 154.
66. Assistente di Modesto Panetti alla cattedra di Meccanica Applicata alle Macchine e Costruzioni (1918), professore incaricato di Motori per Aeromobili (1919) e libero docente in Macchine Termiche (1924), rimane in qualità di professore ordinario di Macchine Termiche e Idrauliche lontano da Torino (a Palermo e a Padova) sino al 1934.
67. "Annuario della Scuola di Ingegneria (R. Politecnico)" anno accademico 1926-27, p. 63: Aeronautica e Aerostatica, Materiali e Costruzioni aeronautiche, Balistica esterna, Balistica interna e materiali d'artiglieria, Mineralogia generale.
68. Filippo Burzio sarà nominato Socio dell'Accademia dei Lincei il 15.2.1947, ma nella Classe di Scienze Morali.
69. Una esauriente e completa rassegna delle ricerche compiute nel Laboratorio al Castello del Valentino è riportata in Carlo FERRARI, *Il Laboratorio di Aeronautica del Castello del Valentino. Ricordo*, "Seminario su L'Aerodinamica sperimentale a Torino", (AIDAA), Torino, dicembre 1981, pp. 1-21.

APPENDICE A
Pubblicazioni del Prof. MODESTO PANETTI (1902-1910)

- Le motrici a vapore del laboratorio di macchine di Zurigo. Disposizioni ed esperienze. *L'Ingegneria Civile*, 1902.
- Ciclo teorico e ciclo pratico delle locomotive Compound. *Atti della R. Acc. delle Scienze di Torino*, 1902.
- Un'esperienza comparativa sulle travi di béton armato sistema Hennebique. *L'Ingegneria Civile*, 1902.
- La misura della freccia di incurvamento come mezzo di collaudo delle costruzioni in cemento armato. *L'Ingegneria Civile*, 1903.
- Calcolo dei lunghi prismi compressi con piccola eccentricità o soggetti ad azioni simultanee flettenti. *L'Ingegneria Civile*, 1904.
- Risoluzione diretta del problema della sezione reagente. *Atti della R. Acc. delle Scienze*, 1904.
- Relazione della Commissione esaminatrice dei progetti di Ponte in cemento armato sul Polcevera e Allegato coi calcoli statici di controllo. Tip. Schenone, Genova, 1904-1905.
- Teoria della resistenza delle piastre tronco-coniche e sue applicazioni. *Atti della R. Acc. delle Scienze*, 1905.
- Calcolo grafico delle deformazioni di gru ad asse curvilineo. *Giornale del Genio Civile*, 1905.
- Problemi tecnici relativi all'equilibrio dei fili flessibili. *L'Ingegneria Civile*, 1906.
- Studio statico dei serbatoi cilindrici in ferro e in cemento armato. *Giornale del Genio Civile*, 1906.
- Dinamica delle macchine a stantuffo e loro bilanciamento (in autografia), 1907.
- Metodi di prova dei materiali metallici. Società Tipografica Editrice Nazionale, 1907.
- Sulla influenza della temperatura nelle costruzioni murarie. *Il Politecnico*, 1907.
- Laboratorio per le prove di resistenza dei materiali presso la Scuola Navale Superiore di Genova, 1907.
- Prove dei metalli. Prove speciali e limiti di accettazione per i prodotti dell'industria. Società Tipografica Editrice Nazionale, 1907.
- Relazione della Commissione tecnica per l'esame dei tipi di salvagente applicabili alle vetture elettriche tramviarie. Tipografia Bacigalupi. Genova, 1908.

Sulla deformazione dei solidi elastici prismatici prodotta dallo sforzo di taglio. *Atti della R. Acc. delle Scienze*, 1908.

Notizie di esperienze eseguite nel Laboratorio di resistenza dei materiali presso la Scuola Navale Superiore di Genova, 1908.

Sui calcoli di stabilità e di resistenza degli edifici ai moti sismici. *Atti della Commissione Reale incaricata di studiare le norme edilizie obbligatorie*. Roma, 1909.

Sul modulo di elasticità a trazione delle funi metalliche. *Atti della R. Accademia delle Scienze*, 1909 e *Giornale del Genio Civile*, 1909.

Contributo alla teoria dei freni ad attrito. *Giornale del Genio Civile*, 1909.

Teoria e calcolo delle molle discoidali. *Atti della R. Acc. delle Scienze*, 1910.

I principi della resistenza dei materiali o le loro conseguenze nel calcolo degli organi meccanici. *Atti del Collegio degli Ingegneri Navali e meccanici*, 1910.

Notizie, Recensioni e Corsi di lezioni autografati.

APPENDICE B

Programma delle conferenze sulla aerodinamica (1912)

1^a Conferenza (16 aprile). - Caratteri distintivi della navigazione aerea col più leggero e col più pesante dell'aria. Cenno storico-critico dei progressi nella effettuazione del volo meccanico e della navigazione aerea nonché di quelli relativi alla teoria che interessa l'uno e l'altra - Posizione del problema generale della reazione al moto per parte del fluido ambiente - Influenza della finezza delle forme e coefficiente di carena - Studio delle forme offerte dalla natura e loro confronto con quelle utilizzate nella tecnica.

2^a Conferenza (19 aprile). - Utilizzazione della componente verticale della reazione come forza sustentatrice - Esame della importanza di questa componente nel caso dell'acqua - Idroplani - Ricerche sperimentali sulla reazione dei fluidi al moto degli schermi sottili e piani procedenti con angoli di incidenza variabili - Discussione della legge così dedotta, non conciliabile con quella del seno quadrato - Esame dei fotogrammi ottenuti sperimentalmente e capaci di spiegare le apparenti anomalie nel modo di variare della reazione - Valore della reazione per i piccoli angoli di incidenza utilizzati nel volo meccanico.

3^a Conferenza (26 aprile). - Influenza della forma dello schermo, vantaggio della grande apertura rispetto alla profondità; vantaggio delle superficie lievemente concavo - Diagrammi dell'Eiffel per determinare la curvatura più conveniente per la superficie dell'ala - Centro di spinta su di uno schermo piano, legge di Avanzini - Deduzione della stabilità di assetto longitudinale nel piano zavorrato, costituente il primo schema di aeroplano - Confronto con le disposizioni riconoscibili in natura.

4^a Conferenza (7 maggio). - Centro di pressione nel caso di superficie alari incurvate e inversione della legge del suo spostamento nel caso di piccolissime incidenze - Conseguente necessità di piani stabilizzatori di coda o loro comportamento diverso a seconda della posizione rispetto al baricentro del sistema - Trattazione elementare dell'equilibrio di un aeroplano con la iperbole del Pénaud - Dimostrazione che dei due regimi apparentemente possibili con una medesima propulsione uno solo è stabile, e precisamente quello corrispondente alla velocità massima ed all'incidenza minima.

5^a Conferenza (10 maggio). - Regimi possibili di volo ascendente e di volo discendente con una data propulsione massima - Azione del peso come riserva di forza motrice - Effetti del vento - Cenno sulla teoria rigorosa della stabilità longitudinale e trasversale degli aeroplani - Modi oggi tradotti in atto per assicurarle. Svolgimento parallelo delle nozioni fondamentali sulla dinamica dei dirigibili - Posizione del centro di spinta o di deriva e ricerche sperimentali per determinarla - Definizione statica della stabilità di forma e di quella di peso nonché della fermezza di rotta - Velocità critica secondo il colonnello Rénard.

6^a Conferenza (14 maggio). - Perfezionamenti alla teoria del Rénard, introdotti dal capitano Crocco, considerando la coppia di smorzamento delle oscillazioni o il moto di sussulto simultaneo al beccheggio - Deduzione della velocità caratteristica con la quale si realizza il beccheggio aperiodico - Sviluppo dei piani stabilizzatori per assicurare ai dirigibili queste caratteristiche - Spinta vorticale sui dirigibili dipendentemente dall'assetto longitudinale della carena e sua utilizzazione dal punto di vista statico del pallone-drago, dal punto di vista dinamico nel governo della quota coi timoni orizzontali - Possibilità di funzionamento di quelli sistemati a poppavia - Ottime qualità del dirigibile italiano.

7^a Conferenza (21 maggio). - Dell'elica come mezzo di propulsione - Passo ed avanzo - Regresso apparente e reale - Sistemazione delle eliche nella aeronautica e sua influenza sul regresso - Torsione delle pale dell'elica a passo costante - Incidenza e suo modo di variare - Eliche dello Drzewiecki con incidenza costante e quindi con passo crescente dal mozzo alla periferia - Eliche speciali per la aeronautica - Come discendano dal concetto che ogni sezione si comporta come un'ala di aeroplano, quindi concave dalla parte della faccia attiva, ingrossate verso l'orlo di ingresso, sottili in quello di uscita - Rivista dei tipi più notevoli delle eliche per aeronautica - Cenni sulla vecchia teoria analitica dell'elica e su quella sintetica destinata a sostituirla.

Prof. Ing. MODESTO PANETTI.

APPENDICE C

Conferenze sulla aerodinamica applicata alla aeronautica (1913)

Rinnovando su basi più larghe l'insegnamento dello scorso anno, il prof. Panetti svolse gli argomenti indicati nel seguente programma con una serie di conferenze di carattere assolutamente libero, iniziate il 7 febbraio e tenute regolarmente il martedì e venerdì di ogni settimana dalle 17 alle 18.

Il loro indirizzo fu tale da assicurare un buon coordinamento coi corsi che gli specialisti del Battaglione Aviatori dettarono per gli allievi piloti militari presso il R. Politecnico. Anzi il corso del prof. Panetti, sebbene pensato essenzialmente per gli Allievi ingegneri, fu ufficialmente compreso dal Comando del Battaglione fra quelli prescritti ai suoi Aspiranti piloti.

Tenendo conto di tale indirizzo, lo svolgimento della materia riguardò essenzialmente lo studio del volo meccanico, anziché quello della navigazione aerea.

PROGRAMMA

— Classificazione e caratteri distintivi dei metodi fondamentali di locomozione aerea. Cenno storico sulle origini e sul progresso del volo meccanico. Periodi caratteristici di tale progresso. Indirizzo attuale. Tipi fondamentali di oggi e loro caratteri essenziali riguardanti la capacità portante, la superficie di velatura, la potenza di propulsione, la velocità, ecc.

— Reazione dell'aria contro i corpi in moto. - Fattori fondamentali della reazione dei fluidi. Influenza della densità. Influenza della forma. Coefficiente di carena. Giustificazione teorica della formola esprimente la reazione. Ragioni del vantaggio della finezza di forma. Numeri caratteristici per le forme di buona penetrazione. Resistenza di attrito e resistenza d'onda. Modo di manifestarsi della resistenza d'onda. Suo punto di applicazione. Uso della formola di Torricelli.

— Comportamento delle superficie inclinate sulla direzione del moto. - Reazione contro uno schermo piano inclinato. Influenza del rapporto di figura. Forza portante. Confronto col suo valore nell'acqua. Idroplani. Ragione del comportamento dello schermo investito con piccola incidenza. Ripartizione delle pressioni alla sua superficie. Legge di Avanzini. Stabilità di assetto del piano zavorrato. Maggiore capacità portante delle velature concave. Qualità dell'ala. Incidenza assoluta. Teoria dell'ingegnere Rateau sulla qualità dell'ala. Deviazione della reazione verso l'orlo di attacco delle ali curve. Inversione della legge di Avanzini per le ali curve. Considerazioni generali sulla impossibilità di interpretare i fenomeni di aerodinamica passando dall'elemento al complesso.

— Caratteri fondamentali degli aeroplani. - Resistenza utile e resistenza nociva. Finezza dell'aeroplano e suoi valori per i tipi caratteristici. Incidenza limite, Interpretazione dei regimi possibili di volo orizzontale o inclinato col diagramma iperbolico di Pénaud. Instabilità del volo per incidenze superiori alla incidenza limite. Volo discendente librato.

— Stabilità di assetto ottenuto con due sistemi alari, dei quali l'anteriore abbia maggiore incidenza. Diedro longitudinale. Influenza della inclinazione e posizione della forza propellente. Disposizione abituale a coda portante. Disposizione eccezionale a canard. Vantaggio delle ali con posizione quasi invariabile del centro di spinta. Uso delle ali a doppia curvatura.

— Stabilità trasversale intrinseca. Tipi di grande stabilità trasversale con appendici alari convesse (Etrich, Rumpler, Albatros). Diedro trasversale. Diagramma caratteristico dell'ala. Suo uso nel calcolo della superficie di velatura.

— Mezzi di guida e di correzione dell'assetto. - Moti perturbati e loro mutua dipendenza. Efficacia smorzatrice della velatura. Timoni di altezza. Timoni di direzione. Alettoni e torsione dell'ala. Comando automatico dei timoni e degli alettoni. Principio della combinazione dei comandi automatici asserviti alla inclinazione dell'apparecchio, alla variazione di velocità assoluta e del vento relativo.

Influenza della coppia di reazione e della azione giroscopica sulle manovre.
— L'elica e il suo funzionamento. - Elica geometrica, passo, regresso apparente e reale. Angolo di incidenza ottimo. Elica a incidenza costante.
Eliche per aviazione con passo variabile e profilo falcato. Tipi fondamentali e loro caratteri. Calcolo della propulsione e della coppia motrice. Principio di similitudine delle eliche e metodi sperimentali per determinarne le caratteristiche. L'elica a punto fisso. Cenno sulla teoria sintetica.
Calcolo di resistenza dell'elica. Eliche a pale orientabili. Equilibramento dell'elica.
— Progetto complessivo di un aeroplano. - Peso proprio, peso utile e dotazioni. Autonomia e velocità dell'apparecchio. Ripartizione dei carichi. Determinazione del centro di massa, del centro di spinta e del centro di deriva. Determinazione delle altezze metacentriche. Verifica della stabilità di assetto. Prove di collaudo.
Prof. M. Panetti.

APPENDICE D

Programma di Costruzioni aeronautiche nell'anno acc. 1913-14

Aerostatica. — Legge isoterma di variazione della pressione atmosferica con l'altezza - L'aerostato a volume costante - Diagramma logaritmico e diagramma rettilineo della forza ascensionale - Determinazione del livello di navigazione - Getto di zavorra e suoi effetti sulla quota di navigazione - Comportamento dell'aerostato floscio - Manovra della valvola di emissione del gas - Instabilità della navigazione aerea con pallone a volume massimo costante.
Funzione e volume del palloncino - Aerostati a carena contrattile.
Gradiente termico dell'atmosfera - Influenza della temperatura, dell'umidità e della gravità sul peso specifico dell'aria - Formula di Laplace sulla livellazione barometrica - Differenze di temperatura fra il gas e l'atmosfera e loro effetti sulla quota di equilibrio.
Stabilità statica di una aeronave - Determinazione degli elementi geometrici di carena - Determinazione approssimata della profondità del metacentro sotto il centro di carena - Frazionamento del palloncino in uno o più sacchi d'aria.
Costituzione degli involucri degli aerostati- Resistenza degli involucri flessibili alla soprapressione interna - Determinazione del contorno della sezione trasversale di un aerostato allungato.
Diagrammi delle spinte, diagrammi dei pesi, dei momenti flettenti, degli sforzi di taglio. Deformazioni per flessione e per scorrimento. Risultati sperimentali.
Aerodinamica - Reazione dell'aria contro i corpi in moto. Suo massimo valore teorico in funzione della densità e dell'area della sezione maestra. Influenza della forma - Spiegazione del vantaggio della finezza di forma. Resistenza di attrito e resistenza d'onda. Modo di determinarle separatamente - Pressione dovuta alla resistenza d'onda - Comportamento degli schermi piani sottili normali alla velocità -

Comportamento dei corpi tondeggianti o carene - Coefficiente di carena - Centro di deriva, suo spostamento a proravia del centro di carena.

Reazione contro gli schermi sottili inclinati alla direzione del moto in funzione dell'angolo di incidenza - Angolo critico e differenti leggi quadratiche della resistenza - Comportamento per piccole incidenze - Valore della resistenza specifica - Influenza del rapporto di figura - Ripartizione delle pressioni alla superficie dello schermo - Centro di pressione e legge di Avanzini.

Componenti verticale ed orizzontale della reazione.

Maggior valore della componente verticale nel caso di schermi concavi verso il vento relativo. Elementi alari e loro qualità - Incidenza assoluta - Inversione della legge di Avanzini per le ali curve - Comportamento delle ali a doppia curvatura e delle ali munite di denti sulla faccia dorsale.

Maggior valore della resistenza specifica nel caso del moto rotatorio degli schermi. Sua relazione col rapporto della dimensione radiale dello schermo al raggio medio. Teoria del molinello di Rénard.

Resistenza dei fili e delle funi, costituenti il sartame di un locomotore aereo.

I Dirigibili. — Condizioni della dirigibilità - Frazionamento del pallone dei dirigibili in compartimenti - Sospensione della navicella al pallone - Sistemi di irrigidimento e loro caratteri distintivi - Sistemazione e struttura delle valvole sugli aerostati per dirigibili.

Ragione statica dei sistemi di irrigidimento e loro classificazione. Aeronavi flosce, necessità di navicelle sospese in più punti per ottenere grandi dislocamenti (Sistema Siemens-Schuckort). Aeronavi con trave di irrigidimento separata (tipo Rénard) e aderente (tipo Lébaudy-Julliot). Aeronavi con trave di irrigidimento aderente per tutta la lunghezza e snodata (tipo Militare Italiano). Aeronavi con trave di irrigidimento rigida ed aderente per tutta la lunghezza (tipo Forlanini). Aeronavi a gabbia rigida (tipo Zeppelin).

Sistemi statici per correzione dell'assetto. Sacchi d'aria indipendenti a prora ed a poppa (sistema Parseval). Pesi spostabili longitudinalmente e navicelle scorrevoli sulla sospensione.

Mezzi dinamici di governo e di stabilità. Azione aerodinamica dell'aria sulle carene. Forze e coppie ad asse applicate. Forze e coppie applicate al pennaggio. Dati sperimentali su tali grandezze.

Sostentamento dinamico e potere dinamico.

Timoni di altezza a poppa.

Velocità di inversione per questi timoni.

Pennaggio verticale e pennaggio orizzontale come mezzi stabilizzatori. Coefficiente di pennaggio. Determinazione del suo valore in dipendenza della coppia rovesciante propria dei corpi degli aerostati per dirigibili e della velocità secondo la teoria del Crocco.

Maggiore efficienza dei timoni elastici e conseguente riduzione del coefficiente di pennaggio.

Stabilità rispetto ai moti perturbatori di beccheggio, di rollio e di alambardata.
Elementi tecnici di progetto: Resistenza specifica complessiva dei vari tipi di aeronavi, peso morto per unità di volume, peso del motore per unità di volume e in funzione della velocità raggiungibile, peso del combustibile in ragione del volume, della velocità e del raggio d'azione
Calcolo del dislocamento in base ai dati di progetto.
Calcolo della struttura dell'aeronave.
Sistemazione delle eliche a bordo di essa e determinazione delle loro dimensioni per una data velocità e resistenza.

Aeroplani. — Principio del piano zavorrato come spiegazione elementare della stabilità longitudinale dell'aeroplano. Uso delle due superficie alari successive per ottenere lo stesso risultato malgrado l'inversione della legge di Avanzini dovuta alla curvatura della ala. Disposizione diretta con piani stabilizzatori posteriori. Disposizione invertita (canard); Caso della coda portante e caso della coda inerte nella prima disposizione. Distribuzione delle spinte e dei pesi nei casi considerati. Diedro longitudinale delle velature disposte di seguito come condizione di stabilità. Spiegazione elementare del diedro trasversale, come mezzo stabilizzatore rispetto al rollio.
Metacentro longitudinale e trasversale di un aeroplano. Determinazione numerica della loro posizione per mezzo degli elementi meccanici dell'ala.
Resistenza nociva all'avanzamento dell'apparecchio. Sua finezza. Incidenza limite. Diagramma del Pénaud e dimostrazione della instabilità statica per incidenze superiori alla incidenza limite.
Regimi di volo inclinato.
Centro di deriva. Stabilità dinamica al rollio, al beccheggio ed alla alambardata.
Notizie costruttive. Struttura e calcolo della fusoliera. Struttura e calcolo della robustezza delle ali. Sistemazione del motore.
Elementi tecnici di progetto.
Teoria degli idroaeroplani.

Motori. — Notizie costruttive sui motori a quadro tempi a cilindri fissi e paralleli con refrigerazione ad aria ed acqua. Disposizione dei cilindri e delle valvole. Diametri di queste. Riunione delle valvole di introduzione e di scarico. Lubrificazione. Disposizione dell'albero a gomiti. Sopporti e carter.
Distribuzione con piastre eccentriche. Indicazione delle fasi sulle piastre
Determinazione delle gobbe in rapporto con la velocità.
Motori a cilindri fissi radiali. Numero dei cilindri. Speciale disposizione dell'albero e del carter. Particolari avvertenze per la lubrificazione. Piastra eccentrica unica per il comando di più meccanismi disposti radialmente. Numero delle gobbe della piastra unica e loro tracciamento.

Motori a cilindri radiali rotanti. Disposizioni diverse del gruppo di bielle. Sistema della biella madre.

Equilibramento della forza centrifuga e modo di resistere delle parli da essa cimentate.

Sostituzione dei segmenti alle fasce elastiche.

Particolari avvertenze sulla lubrificazione.

Elementi di progetto. Consumo di benzina e di lubrificante per unità di potenza.

Eliche. — Generazione geometrica delle superficie attive. Eliche a passo ed incidenza costante. Eliche a passo ed incidenza variabile. Regresso apparente e reale.

Uso del passo variabile per scopi determinati.

Eliche a pale orientabili ed invertibili.

Eliche in legno ed in metallo.

Teoria sintetica dell'elica propulsatrice.

Cenno della teoria analitica.

Elementi di progetto.

Correzione e registrazione delle eliche.

Prof. M. PANETTI.

APPENDICE E Costruzioni aeronautiche

(Scuola di perfezionamento per ingegneri laureati).

Le materie di insegnamento sono:

1. - Aerodinamica.
2. - Aerologia.
3. - Apparecchi di misura a bordo degli aerei.
4. - Teoria del volo.
5. - Motori speciali per aerei.
6. - Tecnologie speciali.
7. - Costruzione e progetto degli aeroplani.
8. - Costruzione e progetto dei dirigibili.
9. - Norme di pilotaggio.

AERODINAMICA

Moto permanente dei fluidi perfetti di densità costante e peso trascurabile. - Linee di flusso e superficie equipotenziali.

Potenziale della velocità. - Equazione di Bernoulli.

Campi che ammettono asse di figura. - Funzione di corrente. - Casi speciali. -

Doppietta. - Procedimento di Rankine per la costruzione dei solidi a linee di corrente. - Metodo di Führmann per dedurre le pressioni dinamiche ed i diagrammi relativi sui solidi fusiformi. - Metodo di Kármán per trattare il caso della deriva.

Moti rotazionali. - Circuitazione. - Teorema di Gremì. - Discontinuità nel campo di velocità. - Scie stazionarie.

Moti piani. - Funzione potenziale e funzione di corrente dedotte come funzioni di variabili complesse.

Corrente uniforme e campo prodotto da un vortice rettilineo indefinito. - Teorema di Kutta Joukowski. - Rappresentazione conforme sul circolo e deduzione dei profili Joukowski. - Determinazione delle pressioni dinamiche sul loro contorno. -

Deduzione teorica della portanza e della sua retta d'azione. - Centro, assi principali e fuoco dei profili. - Parabola di von Mises, involuppo delle azioni aerodinamiche; - Diagramma portanze-momenti.

Moti combinati di traslazione e rotazione - Resistenza dell'aria alle piastre rotanti. - Coefficienti di estinzione del moto oscillatorio di una piastra esposta in una corrente d'aria.

Influenza della viscosità dell'aria. - Moto a contatto delle pareti lambite dal fluido. - Numero di Reynolds. - Effetto di scala.

Ipotesi dello strato sottilissimo in moto rotazionale. Ricerca del suo punto di distacco. - Equazione di Prandtl.

Formazione della scia. - Scia vorticoso di Kármán. - Deduzione teorica della resistenza. - Influenza sul comportamento dei profili alari. - Portanza massima e modi di elevarla. - Risultati sperimentali relativi.

Fenomeni aerodinamici a velocità balistiche. - Effetto della compressibilità dell'aria. - Onde di pressione di Mach. - Modificazione delle forme di migliore penetrazione.

Ali portanti di lunghezza finita. - Fenomeni marginali. - Caso del diagramma ellittico della portanza.

Previsione dei diagrammi caratteristici di un'ala di sezione costante con determinato allungamento.

Previsione degli stessi diagrammi per un'ala di sezione varia.

Deduzione sperimentale delle caratteristiche aerodinamiche e confronto coi risultati teorici. - Ali a fessura e loro teoria.

Fenomeno di Magnus. - Caratteristiche dei cilindri rotanti.

Induzione fra più elementi alari sovrapposti, o collocati uno di seguito all'altro. -

Metodo elementare di calcolo. - Correzione dovuta alla curvatura del campo.

Deduzione delle caratteristiche di una cellula bipiana.

Teoria del propulsore ad elica. - Ipotesi dell'elica con numero infinito di pale. - Sistema vorticoso al disco e sulla superficie cilindrica della scia. - Incrementi di velocità e relazioni che li collegano.

Calcolo teorico della legge di ripartizione della propulsione e del momento resistente lungo il raggio del disco d elica per rapporti di funzionamento diversi. - Metodo dell'allungamento virtuale.

Formole di Rénard. - Deduzione delle caratteristiche di propulsione e di momento. - Rendimento dell elica. Sua interdipendenza con l'apparecchio.

Famiglie di eliche. - Eliche a passo vario. - Eliche in tandem e loro comportamento. Risultati sperimentali e loro confronto coi risultati teorici.

AEROLOGIA

Statica dell'atmosfera. - Leggi di variazione dei parametri fisici nelle ipotesi adiabatica, isoterma e normale (aria tipo). - Sua rappresentazione grafica. - Livellazione barometrica. - Riduzione dei diagrammi di salita in aria tipo. - Discussione dei criteri fondamentali.

Dinamica dell'atmosfera. - Schema termico. - Influenza della rotazione terrestre e delle accidentalità del suolo. - Cenno sulla trattazione matematica della circolazione generale atmosferica. Circolazioni locali (cicloni e anticicloni). - Traiettorie e saggi di spostamento dei cicloni. - Caratteri e classificazione dei venti. Deduzione della velocità del vento dal gradiente di pressione. Distribuzione delle temperature. - Condizioni di equilibrio e di moto lungo la verticale. - Distribuzione delle pressioni (configurazioni isobariche) e tipi di tempo che ne derivano. - Vapor acqueo e precipitazioni. - Elettricità atmosferica e pericoli elettrici per la navigazione. Cenni sulle norme per la previsione del tempo. - Previsione generale. - Previsione locale.

APPARECCHI DI MISURA A BORDO DEGLI AEREI

Generalità sulla costruzione, taratura, collaudo, montaggio degli strumenti e sulla attendibilità delle indicazioni.

Strumenti di laboratorio. Strumenti per le misure da eseguirsi nella galleria del vento, nella sala prova motori, per la taratura degli strumenti di bordo.

Strumenti di bordo. - Indicatori di velocità rispetto al vento. - Strumenti per la misura dell'altezza e della variazione dell'altezza: altimetri, barografi, statoscopi e misuratori della velocità verticale.

Accelerometri.

Strumenti di direzione: nel piano orizzontale, bussole; nel piano verticale, inclinometri.

Strumenti di controllo del gruppo motore: indicatori del numero di giri, termometri, indicatori della pressione dell'aria e dell'olio, indicatori di livello nei serbatoi, misuratori dell'efflusso di benzina.

Strumenti per i lunghi viaggi aerei.

Misura dal suolo della velocità dell'aereo rispetto al suolo stesso.

TEORIA DEL VOLO

Premesse sulle attitudini fondamentali di un aeroplano in relazione al carico ed alla potenza. Caratteri dei profili alari che influiscono sulle attitudini dell'aereo: orientamento dell'asse principale, efficienza massima, portanza massima, indice dello scarto di velocità e indice di salita e di quota a carico costante.

Polari delle cellule e degli apparecchi: loro deduzione in prima approssimazione. - Induzione della cellula e dell'elica sui piani di coda. - Correzione della polare dell'apparecchio tenendo conto di tali fenomeni, nonché dell'effetto portante dell'elica per assetti inclinati dell'aereo.

Riferimento logaritmico delle polari e problemi relativi.

Volo economico e voli librati.

Diagramma delle potenze necessarie al volo a quote diverse.

Caratteristiche dei gruppi motopropulsori. - Relazione fra velocità dell'aereo e numero dei giri dell'elica. - Caratteristica dell'elica e suo riferimento logaritmico. -

Adattamento dell'elica ad un dato motore per una velocità di volo fissata, realizzando il massimo rendimento.

Progetto di eliche in tandem.

Campanature dell'elica e sua verifica statica.

Diagramma delle potenze disponibili di un dato gruppo motopropulsore a quote diverse.

Determinazione dei regimi di volo orizzontale, in salita, dei tempi di salita, della quota di tangenza, sia per mezzo dei diagrammi delle potenze necessarie e disponibili, sia per mezzo delle polari dell'elica e dell'apparecchio sovrapposte.

Modificazioni realizzabili con l'uso di motori sovralimentati, con eliche a passo variabile, con eliche in tandem.

Mezzi per ridurre la velocità minima: ali a curvatura variabile: ali a fessura e con alettoni posteriori: rotori di Flettner.

Assetto longitudinale dell'apparecchio e sua stabilità.-- Disposizione delle azioni aerodinamiche nei regimi fondamentali di volo. Diagramma dei momenti della velatura principale. - Sue modificazioni spostando il centro dei momenti. - Effetto del piano di coda. Diedro longitudinale. - Determinazione del piano posteriore i~ modo di stabilizzare l'apparecchio per le condizioni caratteristiche di volo.

Metodo di Rota. - Curva e rette metacentriche. - Loro proprietà invarianze. -

Controllo della efficacia dei piani di coda a regimi diversi. Regimi instabili di volo.

Influenza della manovra del timone di altezza. - Suo progetto.

Discussione del problema del centraggio.

Stabilità degli aerei rispetto ai moti perturbati di beccheggio, di rollio e di serpeggiamento.

Assetto trasversale dell'apparecchio. - Diedro trasversale del piano portante. - Azioni di deriva sulle varie parti dell'aeromobile e sulla cellula per effetto del diedro. -

Centro di deriva. - Sua posizione relativa al baricentro per garantire la stabilità nelle virate. Determinazione del piano verticale di coda.

Coppia di reazione del motore e sua correzione. - Effetti giroscopici.

Alettoni. - Loro comportamento e determinazione della loro superficie.

Idrovolanti. - Caratteri speciali del loro centraggio. - Caratteristiche idrodinamiche dei galleggianti. - Dati sperimentali relativi. - Problema dell'avviamento e della partenza dallo specchio d'acqua.

Evoluzioni ed acrobazie fondamentali. - Discesa verticale. Discesa a forte pendenza.

- Richiamata dopo una brusca picchiata. - Equazioni del moto vario per quest'ultima con deduzione della accelerazione massima. - Volo dell'apparecchio capovolto. -

Avvitamento.

Volo economico. - Velocità e consumo corrispondente, sia per carico costante, sia per carico decrescente. - Autonomia massima. - Influenza del vento e della quota

sulla velocità economica e sulla autonomia. - Problemi relativi all'aeronavigazione commerciale.

MOTORI PER AEREI

Scelta del tipo. - Cenno sull'applicabilità dei motori ad olii densi e semidensi, e dei motori a 2 ed a 6 tempi.

Caratteristiche fondamentali e classificazione.

Rapida analisi delle caratteristiche dei motori rotativi e birotativi.

Costituzione dei motori fissi con raffreddamento ad aria e ad acqua: cilindri, bielle, biellismi, distribuzioni.

Diagramma di indicatore e della coppia motrice. - Loro dipendenza dal numero di giri, dalla parzializzazione dei gas e dal rapporto di composizione. - Valori limiti di tale rapporto.

Influenza della coppia di inerzia delle masse alterne sulla coppia motrice.

Effetto della quota e della regolazione del diagramma di indicatore.

Equilibramento delle forze di inerzia, delle masse rotanti, e delle masse alterne.

Carburanti e carburazione. - Problemi speciali: automaticità a regimi diversi, costanza della dosatura a pressioni e temperature variabili, omogeneità della miscela e ripresa a quote varie. - Miscele antidetonanti.

Attuazione e regolazione del riscaldamento.

Alimentazione del carburatore: a gravità, a pressione, meccanica. - Pompe, alimentatori, filtri, serbatoi e relativa protezione contro gli incendi ed i proiettili.

Raffreddamento ad aria.

Raffreddamento ad acqua. - Qualità radiante del radiatore. Influenza della velocità dell'aria, dell'acqua di circolazione, della pressione atmosferica, della posizione e della costituzione del radiatore sull'efficacia radiante.

Potenza assorbita.

Regolazione del raffreddamento. - Miscele incongelabili.

Lubrificanti e lubrificazione. - Sistemi di circolazione - Pompe, serbatoi, radiatori.

Caratteristiche dei magneti.

Avviamento a bordo. - Accensione supplementare di avviamento.

Il motore ad alta quota: potenza e consumo alle varie quote.

Motori sovrapressi e sovradimensionati.

L'alimentazione forzata: turbo compressore e compressori centrifughi a comando diretto.

Comportamento del motore nei due sistemi.

Le variazioni di velocità ascensionale ed orizzontale.

La regolazione a bassa quota.

Accessori: sistemazione a bordo.

Dimensioni fondamentali del motore. - Calcoli di resistenza dei singoli elementi.

Cenno sulla lavorazione. - Giuochi, tolleranza, controllo.

Collaudo dei motori. - Apparecchi di misura e di controllo.

Sistemazione degli impianti di prova normali ed a depressione.

Prove normali. - Curve di potenza ad ammissione totale e ridotta.
Criteri per la revisione generale dopo le prove. - Prove di volo.
Collaudo di elementi: carburatori, magneti, candele, conduttori, radiatori.
Sistemazione del motore a bordo. - Posizione ed inclinazione dell'asse del motore.
Norme di montaggio del radiatore, dell'elica, delle tubazioni.
Verifiche prima dell'avviamento.
Irregolarità di funzionamento e ricerca sistematica delle cause relative.
Manutenzione corrente.

TECNOLOGIE SPECIALI

Cenni generali sulle leghe metalliche e loro proprietà fisico-meccaniche.
Leghe a due, a tre componenti, adoperate nelle costruzioni aeronautiche. - Loro analisi termica e microscopica. - Acciai speciali, loro caratteristiche meccaniche e tecnologiche.
Trattamento termico: tempera, rinvenimento, ricottura, cementazione. - Teoria e pratica. - Controllo.
Prove microscopiche in relazione alla struttura dei materiali metallici ed alla lavorazione meccanica.
Vari generi di rotture e metodi per diagnosticarle.
Cenni sulle relazioni fra le prove meccaniche e la struttura, il trattamento termico e la lavorazione degli acciai.
Alluminio e sue leghe. - Duralluminio e sue caratteristiche. Saldatura dell'alluminio e del duralluminio. - Leghe del magnesio.
Legnami. - Loro stagionatura e conservazione. - Prove fisiche, meccaniche e chimiche dei legnami adoperati nelle costruzioni aeronautiche. - Legni compensati.

Tessuti e fibre tessili; loro esame chimico e microscopico. Preparazione delle tele gommante; loro impiego e loro caratteristiche meccaniche.
Vernici: classificazione e impiego. - Solventi usati nelle vernici a tendere.
Colle alla gelatina ed alla caseina e loro applicazione.
Lubrificanti: classificazione, collaudo, ecc.
Combustibili: benzine, benzolo, ecc. - Carburanti diversi. Determinazione del potere calorifico; distillazione frazionata, densità ecc. - Condizioni generali di collaudo. - Analisi dei prodotti della combustione.
Gas leggeri. - Idrogeno, elio, loro preparazione e controllo.

COSTRUZIONE E PROGETTO DEGLI AEROPLANI

Disposizioni costruttive di complesso. - Bipiani e monopiani. Monomotori e polimotori. - Strutture metalliche e in legno. - Apparecchi a fusoliera, a carlinga; apparecchi a cabina, apparecchi per viaggiatori, da carico, militari, per bombardamento diurno, notturno, per esplorazione, per combattimento.
Disposizioni costruttive di dettaglio. - Strutture resistenti di cellula e di fusoliera. - Attacchi e comandi. - Centine, longaroni, carrelli, carlinghe porta motori. -

Particolari della struttura metallica. - Apparecchi smontabili, montaggio e registrazione.

Peso proprio delle strutture. - Valori relativi del peso di struttura, del peso del motore, del carico utile remunerativo e di consumo in relazione alla finalità di esercizio ed alla autonomia.

Piano di costruzione di un aeroplano; sua esecuzione in cantiere, norme e metodi di collaudo, sia in officina, sia in volo.

scelta del fattore dinamico in relazione al peso, alla velocità, alla destinazione dell'apparecchio ed allo sviluppo delle velature. Condizioni fondamentali di volo considerate nei calcoli di robustezza.

Verifica della velatura, della fusoliera, del carrello. - Previsioni delle deformazioni. - Verifica di robustezza dell'elica.

Traccia per lo svolgimento di un progetto. - Considerazioni economiche sulla influenza del tipo scelto in relazione con l'esercizio.

COSTRUZIONI E PROGETTO DI DIRIGIBILI

Disposizioni costruttive di complesso dei dirigibili. - Struttura e caratteri degli involucri dei gas leggeri. - Figure di equilibrio relative. - Tipi semirigidi e rigidi.

Compartimentazione e imbrigliamento dei semirigidi. - Camere d'aria e diaframmi. - Ossatura dei rigidi. - Attacco delle travi di irrigidimento, dei piani stabilizzatori e delle navicelle. - Corridoi di chiglia. - Distribuzione del combustibile e della zavorra.

Comportamento dell'aerostato a volume ed a peso di gas costante. Fenomeni secondari dovuti alle differenze di temperatura e di pressione. - Quota di navigazione. - Dominio statico della quota. - Perdite di gas leggero per osmosi, lavaggio e diminuzione del carico in seguito al consumo di combustibile.

Condensazione dei gas di scarico. - Uso di combustibili gassosi di peso specifico uguale a quello dell'aria. - Disposizioni relative.

Resistenza all'avanzamento e azioni dinamiche di portanza e di deriva.

Potenza necessaria a diverse andature.

Proporzionamento dei piani stabilizzatori per ottenere un determinato grado di stabilità.

Proporzionamento dei timoni per assicurare una determinata prontezza di evoluzione.

Diagramma dei volumi, dei pesi fissi e consumabili, delle forze ascensionali nelle varie condizioni di riempimento.

Diagrammi delle azioni aerodinamiche nei differenti regimi di volo e delle forze d'inerzia provocate da improvvise variazioni del carico (gettito di zavorra) o della spinta (lacerazione di un compartimento) .

Calcoli statici della struttura longitudinale e delle strutture trasversali.

Valvole di sicurezza. - Loro proporzionamento dipendente dalla velocità ascensionale massima. - Sopratensioni del gas dovute al carico di tenuta delle valvole.

Traccia per lo svolgimento del progetto di un dirigibile in relazione coi dati di esercizio.

NORME DI PILOTAGGIO E DI COLLAUDO IN RELAZIONE CON LE CARATTERISTICHE DEGLI AEROPLANI

Classifica dei vari tipi di aeroplano e influenza delle loro forme, della distribuzione delle masse e del tipo di velatura portante sul pilotaggio.

Apparecchi scuola e loro caratteri.

Modalità di partenza e di atterraggio degli aeroplani e degli idrovolanti. - Sistemi di frenamento aerodinamici e meccanici per l'atterraggio in spazio limitato. - Sistemi di partenza da navi e da dirigibili.

Regimi diversi del volo orizzontale. - Velocità minima di primo e di secondo regime. - Assetti per salire e per scendere. - Virate - Effetto della coppia di reazione e della inerzia giroscopica. - Discesa a spirale, a scivolata d'ala, in candela. - Manovre di acrobazia. Looping d'ala e looping tonneau. - Avvitamento.

Stabilità propria e stabilità automatica. - Dispositivi meccanici ed elettromeccanici di autopilotaggio. - Strumenti per la misura della velocità relativa ed assoluta, della quota, del viraggio, della deriva.

Indice di sensibilità e di prontezza di un velivolo.

Navigazione nella nebbia e navigazione notturna. - Strumenti e dispositivi per attuarla. - Dispositivi per il riscaldamento e per la respirazione artificiale del pilota ad alta quota. - Sistemi di sicurezza contro gli incendi. - Avvisatori di incendio ed estintori di bordo.

Sistemi vari di paracadute e loro applicazione sui velivoli.

Prova di collaudo in volo e misure relative. - Determinazione pratica del baricentro. - Taratura degli strumenti di bordo. - Prove di velocità massima a bassa quota su base regolamentare. Prove di velocità ad alta quota col metodo della parallasse, del fototeodolite e col metodo normale anemometrico.

Prove di salita, di velocità minima, di pendenza minima nel volo librato.

Il Corso è integrato da

Conferenze su argomenti speciali.

Esperimenti di Laboratorio per l'aerodinamica, per i motori, per la resistenza di struttura degli aeromobili, per il controllo meccanico e chimico dei materiali da costruzione. Esercitazioni di montaggio e messa a punto dei motori. Esercitazioni grafiche di Aerodinamica e teoria del volo. Visite ai cantieri per costruzioni aeronautiche, ai campi di volo ed alle officine per la fabbricazione dei motori.

Progetto di costruzione di un aeromobile col suo apparato moto-propulsore.

APPENDICE F

Costruzioni aeronautiche. (a. acc. 1927-28)

(Corso di cultura generale sull'argomento per gli allievi industriali del 5. anno).

Statica dell'atmosfera. - Convenzioni che stabiliscono i caratteri dell'atmosfera tipo. - Determinazione della quota effettivamente raggiunta con le misure barometriche e termometriche. Riduzione in aria tipo.

Aerostati. - Gas leggeri commerciali. - Struttura degli involucri. - Quota di equilibrio. - Uso della zavorra nella salita, nella discesa ed in navigazione. - Camera d'aria e suo uso per il dominio della quota. - Valvole automatiche ed a comando per la emissione del gas. - Loro influenza sulle soprattensioni e su; calcoli (li robustezza degli involucri.

Dirigibili semirigidi e rigidi. - Nozioni sulle verifiche della robustezza longitudinale e trasversale. - Disposizioni e struttura dei dirigibili con riguardo speciale alle travi di irrigidimento.

Aerodinamica. - Moto permanente. - Equazione di Bernoccoli. Campi di velocità Euleriani. - Sfera. - Corpi penetranti. - Diagrammi relativi delle pressioni dinamiche e curva inviluppo delle risultanti aerodinamiche relativa ad assetti diversi.

Formole pratiche per il calcolo della resistenza. - Moti piani. - Comportamento dell'ala di apertura infinita. - Sua rappresentazione col cilindro rotante. - teorema Kutta-Joukowski.

Diagramma delle pressioni sul profilo dell'ala. - Posizione della azione aerodinamica risultante. - Diagrammi delle portanze, delle resistenze, della efficienza, dei momenti e dei centri di pressione per un'ala. Polare relativa. - Curva metacentrica. - Equazioni del volo orizzontale.

Equazioni del moto in pendenza. - Volo librato. - Diagramma delle potenze necessarie al volo per velocità diverse.

Notizie sul modo di funzionare di un'elica dedotte dalla polare relativa della sezione fondamentale della pala. - Formole di Rénard per il calcolo della propulsione, del momento resistente e del rendimento di un'elica in funzione del rapporto della velocità.

Diagramma delle potenze disponibili nel volo a velocità diverse.

Sovrapposizione dei diagrammi delle potenze necessarie e disponibili. - Calcolo della velocità minima, della massima, della velocità economica, delle velocità ascensionali a quote diverse e della quota di tangenza.

Discussione generale sul problema dell'assetto longitudinale e del centraggio.

Timoni di altezza, di direzione ed alettoni. - Loro modo di operare e loro comando.

Evoluzioni in piano verticale ed in piano orizzontale.

Voli fondamentali per i calcoli di robustezza degli aeroplani.

Richiamata dopo picchiata e fattori dinamici relativi.

Volo velocissimo con piccola incidenza.

Discesa verticale e cimento a torsione delle ali.

Notizie costruttive sugli aeroplani.

Struttura metallica e struttura in legno.

Collaudi statici e collaudi in volo.

APPENDICE G

Diplomi del Corso di perfezionamento nelle Costruzioni aeronautiche

Anni 1911-1922

Cap. Art. Fiory Ottavio di Giovanni.
Dott. Breda Stefano di Pio.
Capotecnico Mariani Antonio fu Angelo da Roma.
|Magg. Art. Manni Giuseppe di Virgilio da Orte (Roma).
Ing. Scalesse Giuseppe di Vincenzo da Elena (Caserta).
Cap. Art. Del Luca Napoleone di Vincenzo da Peschici (Foggia).
Cap. Martucci Mario fu Camillo da Salerno.
Cap. Biondi Luigi fu Guido da Porto Maurizio.
Ten. Vasc. Giartosio Carlo fu Emanuele da Torino.
Ing. Astengo Luigi fu Giacomo da Genova.
Ing. Boggio Gilot Aldo di Giovanni da Cuneo.
Ing. Della Valle Carlo di Corrado da Catania.
Ing. Bonessa Enrico di Alessandro da Cefalù (Palermo).
Ing. Cafaro Nicola di Antonio da Acquaviva delle Fonti (Bari).
Magg. Art. Carusi Antonio di Filippo da Polluti (Chieti).
Ing. Giua Giovanni di Pietro da Sassari.
Cap. Art. Giovine Vittorio fu Raffaele da Vasto (Chieti).
Ing. Cafiero Vincenzo di Giovanni da Potenza.
Ing. Pallavicino Cesare di Giancarlo da Roma.
Ten. Art. Lordi Roberto di Gregorio da Napoli.
Cap. Art. Bernasconi Mario di Cario da Cuneo.

Anno 1923

Ing. Francheo Francesco di Luigi da Torino.
Ing. Barberis Fortunato di Carlo da Milano.
Ing. Boschi Antonio di Andrea da Novara.
Ing. Ribotti Angelo fu Luigi da Torino.
Ing. Muratori Spartaco di Giovanni da Mantova.
Ten. Art. Cappa Umberto di Cesare da Casale Monferrato (Alessandria).
Ing. Guglielmetti Aldo fu Riccardo da Roma.
Ing. Longo Vito fu Vito da Roma.

Anno 1924

Anno 1925

Ing. Bresadola Federico di Michele da S. Pancrazio (Parma).
Ing. Dompè Giorgio di Giulio da Roma.
Ing. Ferrari Luigi di Giulio da Roma.
Ing. Ferrari Luigi fu Domenico da Modena.
Ing. Rizzi Francesco di Raffaele da Bari.

Ing. Torre Pierluigi di Ettore da Vieste (Foggia).
Ing. Tripodi Antonino di Erminio da Molfetta (Bari).
Ing. Zanasi Adelio di Raffaele da Castelnuovo Rangone (Modena).
Ing. Calia Domenico di Pasquale da Bitonto (Bari).
Ing. Nuvoli Prospero di Risbaldo da Torino.
Ing. Beccaria Incisa di S. Stefano Luigi di Carlo da Torino.
Ing. Sbernadori Paolo di Francesco da Piacenza.
Ing. Malaspina Salvatore di Raffaele da Civitella del Tronto (Teramo).

Anno 1926

Ing. Grandilietti Alberto di Alberto da Napoli.
Ing. Catapano Giuseppe di Giovanni da Melfi (Potenza).
Ing. Lo Giudice Giuseppe di Francesco da Antillo (Messina).

Anno 1927

Dott. Clementi Bartolomeo di Giov. Battista, da Vicenza.
Dott. De Giorgio Teodoro di Raffaele da Brindisi (Lecce).
Dott. Groppali Stefano di Giovanni da Cremona.
Dott. Mosso Giacomo di Achille da Torino.
Dott. Ribella Gioachino di Vincenzo da Palermo.
Dott. Tapinassi Carlo di Sebastiano da Greve Chianti (Firenze).
Dott. Trigona Ercole di Gaetano da Roma.

Anno 1928

Ing. Nemes Joan di Nicola da Capacel (Romania).
Ing. Trebino Natalio di Antonio da Buenos-Ayres (Rep. Argentina).
Ing. Fontana Lorenzo di Giovanni da Buenos-Ayres (Rep. Argentina).
Ing. Ancis Aldo di Pasquale da Cagliari.
Ing. Ungherini Amleto fu Giovanni da Padova.
Ing. Rossani Alberto di Antonio da Brindisi.
Ing. Laureri Ettore di Silvio da Alessandria.
Ing. Riggi Antonio di Alfredo da Civitavecchia.

Anno 1929

Ing. Callerio Pietro fu Luigi da Borgolavezzaro (Novara).
Ing. Poggi Lorenzo fu Carlo da Lanciano (Chieti).
Ing. Faraboschi Alberto di Fulvio da Reggio Emilia.
Ing. Filippone Ugo di Teodorico da Napoli.
Ing. Cerza Giuseppe di Francesco da Napoli.
Ing. Ceci Innocenzo di Alfonso da Pizzoli (Aquila).
Ing. Paveri Fontana Guidobaldo di Lionello da Parma.
Ing. Castagna Arnaldo di Francesco da Cremona.
Ing. De Ferrari Giuseppe di Ernesto da Moretta (Cuneo).

Anno 1930

Dott. Baldini Baldino fu Giacomo da Russi (Ravenna).
Dott. Caccamo Giuseppe di Pasquale da Reggio Calabria.
Dott. Colombelli Vittorio di Carlo da Spezia.
Dott. De Ferrari Giuseppe di Ernesto da Moretta (Cuneo).
Dott. Gambarucci Emanuele di Santi da Monforte S. Giorgio (Messina).
Dott. Martorana Francesco di Pietro da Racalmuto (Agrigento).
Dott. Sarti Francesco fu Giovanni da Rimini (Forli).

Anno 1931

Corso di perfezionamento in Ingegneria aeronautica (Dottori in Ingegneria aeronautica).

Dott. Busca Giorgio di Angelo da Torino.

Dott. Mazzoni Carlo di Aldo da Pontelagoscuro (Ferrara).

Dott. Schepisi Giuseppe di Alberto da Torino.

Dott. Tangari Tommaso fu Francesco da Terlizzi (Bari).

APPENDICE H
Insegnamenti della Scuola di Ingegneria aeronautica
(laurea secondo il r.d. 1.10.1936 n. 2456)

Aerodinamica (I e II) (con esercitazioni e laboratorio)	2 quadrimestri
Costruzioni aeronautiche (I e II) (con disegno)	2 quadrimestri
Motori per aeromobili (con disegno e laboratorio)	2 quadrimestri
Aeronautica generale (con esercitazioni)	2 quadrimestri
Aerologia (con esercitazioni)	1 quadrimestre
Attrezzatura e strumenti di bordo (con esercitazioni)	1 quadrimestre
Collaudo e manovra delle aeromobili	1 quadrimestre
Tecnologie speciali aeronautiche	1 quadrimestre

Sono inoltre impartiti i seguenti gruppi di conferenze ed insegnamenti monografici:
Armamento ed impiego militare delle aeromobili.
Balistica del tiro e del lancio per aerei.
Esercizio delle aviolinee.
Norme di pilotaggio.
Diritto aeronautico.

APPENDICE I
Argomenti trattati nelle Conferenze sui problemi dell'armamento aeronautico
a. acc. 1937-38

Stabilità, maneggevolezza e mezzi di governo dell'aeromobile da combattimento - Prof. Panetti.
Aerodinamica dei fluidi compressibili - Prof. Ferrari
Problemi del volo strumentale - Ing. Elia
Regimi dei motori per aeromobili - Prof. Capetti.
Balistica esterna con particolare riguardo al lancio delle bombe - Col. Bruno.
Problemi di balistica interna - Cap. Festa.
Armi automatiche - Col. Giua.
Installazioni di armamento - Ing. Lorenzelli.
Problemi strutturali dipendenti dalle installazioni di armamento - Prof. Cicala.
Prove di collaudo di armi automatiche - Cap. Agudio.

Il ciclo di conferenze e di esercitazioni sopra indicato fu regolarmente seguito dai sottoindicati ingegneri delle industrie aeronautiche invitati dal Ministero di Aeronautica:

Ing. Baldini Giorgio	della Ditta C.R.D.A.
Ing. Cinquini Carlo	delle Ditta C.A.M.S.A.
Ing. Codecà Alessandro	della Ditta F.I.A.T.
Ing. Monti Fernando	della Ditta Calzoni

Ing. Piattelli Fidia	della Ditta Caproni
Ing. Pittoni Mario	della Ditta Breda, Sesto S. Giovanni
Ing. Pozzi Mario	della Officine Reggiane
Ing. Ruggeri Pietro	della Ditta Piaggio
Ing. Gorla Silvio	della Ditta S.I.A.I, Sesto Calende
Ing. Zuccherini Primo	della Ditta I.M.A.N., Napoli

Presso l'Ufficio Centrale di Armamento del Ministero di Aeronautica in Furbara,
ebbe poi luogo una serie di dimostrazioni dei mezzi illustrati nelle conferenze.

APPENDICE L
Scuola di Ingegneria aeronautica (laurea)
a. acc. 1948-49

La Scuola è suddivisa in due sezioni: Velivoli e Motori.

Corsi comuni alle due Sezioni:

- Aerodinamica I.
- Aeronautica generale I.
- Motori per aeromobili.
- Tecnologie speciali.
- Costruzioni aeronautiche I.
- Strumenti di bordo.

Per la sezione "Velivoli":

- Aerodinamica I e II.
- Aeronautica generale I e II.
- Costruzioni aeronautiche I e II.
- Motori per aeromobili.
- Strumenti di bordo.
- Tecnologie speciali.
- Progetto di aerei.
- Collaudo e manovra degli aeromobili.

Per la Sezione "Motori":

- Aerodinamica I.
- Aeronautica generale I.
- Costruzioni aeronautiche I.
- Motori per aeromobili.
- Costruzione di motori per aerei.
- Strumenti di bordo.
- Tecnologie speciali.
- Complementi di dinamica e termodinamica.
- Impianti di prove sui motori.

BIBLIOGRAFIA

- R. Politecnico di Torino, "Annuario dal 1906 al 1911", (G.U. Cassone), Torino, 1911.
- R. Politecnico di Torino, "Annuario per l'Anno scolastico 1911-1912", (Tip. G.U. Cassone Succ.), Torino, 1913.
- R. Politecnico di Torino, "Annuario per l'Anno scolastico 1912-1913", (Tip. G.U. Cassone Succ.), Torino, 1914.
- R. Politecnico di Torino, "Annuario per l'Anno scolastico 1913-1914", (Tip. S. Giuseppe degli Artigianelli), Torino, 1915.
- R. Politecnico di Torino, "Annuario per l'Anno scolastico 1914-1915", (Tip. S. Giuseppe degli Artigianelli), Torino, 1916.
- "Annuario della R. Scuola di Ingegneria (R. Politecnico)", Anno accademico 1926-27, Torino, 1927.
- "Annuario della R. Scuola di Ingegneria (R. Politecnico)", Anno accademico 1927-28, Torino, 1929.
- "Annuario della R. Scuola di Ingegneria (R. Politecnico)", Anno accademico 1928-29, Torino, 1929.
- "Annuario della R. Scuola di Ingegneria (R. Politecnico)", Anno accademico 1929-30, Torino, 1930.
- "Annuario della R. Scuola di Ingegneria (R. Politecnico)", Anno accademico 1931-32, Torino, 1932.
- "Annuario della R. Scuola di Ingegneria (R. Politecnico)", Anno accademico 1932-33, Torino, 1933.
- "Annuario del Regio Istituto Superiore di Ingegneria (Regio Politecnico) di Torino", Anno accademico 1933-34, Torino, 1934.
- "Annuario del Regio Istituto Superiore di Ingegneria (Regio Politecnico) di Torino", Anno accademico 1934-35, Torino, 1935.
- "Annuario del Regio Politecnico di Torino", Anni accademici 1935-36 e 1936-37, Torino, 1937.
- "Annuario del Regio Politecnico di Torino", Anno accademico 1937-38, Torino, 1938.
- "Annuario del Regio Politecnico di Torino", Anno accademico 1938-39, Torino, 1939.
- "Annuario del Regio Politecnico di Torino", Anno accademico 1939-40, Torino, 1940.

- "Annuario del Regio Politecnico di Torino", Anno accademico 1940-41, Torino, 1941.
- "Annuario del Politecnico di Torino per gli Anni accademici 1948-49 e 49-50, (V. Bona), Torino, 1950.
- "Atti e Rassegna Tecnica della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino", Fascicolo dedicato al Professore Ingegnere Giuseppe Gabrielli, Nuova serie, XXXIII, 1-2 (gennaio-febbraio 1979).
- A. CAPETTI, *Il Laboratorio di Aeronautica del Politecnico di Torino nel 50° anno dalla sua fondazione*, Discorso tenuto in occasione della cerimonia di apertura del Simposio Internazionale sulle Alte Temperature in Aeronautica, Torino, 1962.
- A. CAPETTI, *Il Centenario del Politecnico di Torino*, "Atti e Rassegna Tecnica della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino", Nuova serie, XIII, 8 (agosto 1959).
- G. CHIOCCHIA et al., *Il Laboratorio di Aerodinamica del Politecnico di Torino*, "Seminario su L'Aerodinamica sperimentale a Torino", (A.I.D.A.A.), Torino, dicembre 1981, pp.I. 1-18.
- C. CODEGONE, *La fisica industriale in Torino fra l'otto e il novecento*, "Atti e Rassegna Tecnica della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino", Nuova serie, XXIV, 3 (marzo 1970), pp. 67-75.
- G.A. CROCCO, *Commemorazione del Socio Modesto Panetti*, "Acc. Naz. dei Lincei - Rend. Sc. mat. e fis.", XXIV (aprile 1958), pp. 464-473.
- C. FERRARI, *L'opera di Modesto Panetti, scienziato e maestro*, Discorso all'inaugurazione dell'Anno accademico 1957-58, "Atti dell'Accademia delle Scienze di Torino", vol. 92 (1957-58),
- C. FERRARI, *Il Laboratorio di Aeronautica del Castello del Valentino. Ricordo*, "Seminario su L'Aerodinamica sperimentale a Torino", (A.I.D.A.A.), Torino, dicembre 1981, pp. 1-21.
- F. FILIPPI, *Antonio Capetti (1895-1970). Cenni commemorativi*, "Atti dell'Accademia delle Scienze di Torino", vol.
- F. FILIPPI, *Appunti per una storia del motore aeronautico in Italia*, "Atti e Rassegna Tecnica della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino", Nuova serie, XIX, 10 (ottobre 1965), pp. 1-38.
- F. FILIPPI, *Empirismo e scienza nella conquista dell'aria*, in Vittorio MARCHIS (a cura di), *Storia delle Scienze*, vol. V, *Conoscenze scientifiche e trasferimento tecnologico*(Einaudi), Torino, 1995, pp. 390-447.
- G. GABRIELLI, *Una vita per l'aviazione. Ricordi di un costruttore di aeroplani*, (Bompiani), Milano, 1982.

La formazione dell'ingegnere nella Torino di Alberto Castigliano. Le Scuole di Ingegneria nella seconda metà dell'Ottocento, (Sagep), Genova, 1984.

Omaggio a Carlo Ferrari, Scritti e saggi di F. BAVAGNOLI, A. BUSA, G. BELFORTE, C. BISTAGNINO, G. CINGOLO, L.M. BURGERS, C. CANCELLI, P. CICALA, J.H. CLARKE, L. CROCCO, S. D'ANGELO, M. LAUDANNA, B. PIOMBO, F. QUORI, A. FERRI, G. FICHERA, B. FINZI, W. FISZDOM, E. WYTYK, J.V. FOA, G. GABRIELLI, P. GERMAIN, M. GERMANO, M.S. OGGIANO, M. ONORATO, M. PANDOLFI, A. GIORGINI, R. GOULARD, R.D. KISSINGER, G. JACAZIO, G. JARRE, A. KLUWICK, K. OSWATITSCH, L.S.G. KOVASZNY, R.L. LEE, J. LAUFER, A. LAUSETTI, R.G. LEGENDRE, E. MATTIOLI, A. MIELE, J.L. TIETZE, A.V. LEVY, G. MORETTI, A. MUGGIA, L.G. NAPOLITANO, V.N. NIKOLAEVSKII, S. NOCILLA, P.G. PIANTÀ, W. PRAGER, R.F. PROBSTEIN, M.A. DELIKATSIOS, G. RICCI, A. ROMITI, G. SUPINO, F.G. TRICOMI, J. VALENSI, (Levrotto & Bella), Torino 1974.

M. PANETTI, *Le prove dei motori leggeri al Laboratorio di Aeronautica del Politecnico di Torino*, in "Giornale del Genio Civile", 1913, pp. 789-806.

M. PANETTI, *Un apparecchio per la misura simultanea della spinta e della potenza dei gruppi moto-propulsori*, in "Giornale del Genio Civile", 1917, pp. 501-507.

G.M. PUGNO, *Storia del Politecnico di Torino*, (Politecnico di Torino), Torino, 1959.

F. ZAMPICININI, (a cura di), *La Collezione "Antonio Capetti" di motori alternativi per aeromobili*, Museo delle attrezzature per la didattica e la ricerca del Politecnico di Torino, (Celid), Torino, 1994.