

# Laboratorio Gasdinamica

Ingegneria Aerospaziale  
Politecnico di Torino  
4 pag.

---

---

---

---

---

---

---

---



## Laboratorio n. 1

### Distribuzione di pressione attorno al profilo alare NACA 0015

L'obiettivo di questo lavoro è il calcolo della distribuzione di pressione attorno ad un profilo alare simmetrico, in galleria del vento. Gli strumenti che sono stati utilizzati sono:

- Galleria del vento composta da un convergente, camera di prova e un divergente.
- Un tronco di ala con sezione costante e profilo simmetrico con spessore massimo di 15% della corda
- 11 prese di pressione statica posizionate sul dorso del profilo, perpendicolarmente alla parete
- Una ulteriore presa di pressione statica utilizzata per misurare la pressione statica della corrente indisturbata  $p_\infty$
- Una presa di pressione totale posta lungo la direzione della corrente uniforme che calcola la pressione totale della corrente uniforme  $p_{0\infty}$
- Tutte le prese sono collegate, attraverso dei tubicini, ad un serbatoio principale e questo a sua volta è collegato ad un ulteriore serbatoio che si trova alla pressione atmosferica (di ambiente)
- Un manometro

Tutte le prese vengono collegate al manometro composto da tanti tubi contenenti un liquido, la cui altezza cambia, ogni volta che cambia la sua pressione. Ogni presa è collegata ad uno dei tubi del manometro. La pressione presente in questi tubi in realtà è la differenza fra la pressione delle sonde e quella di ambiente. Per i fini dei nostri calcoli ci è non è importante siccome noi effettuiamo i calcoli con:  $p - p_\infty = (p - p_{amb}) - (p_\infty - p_{amb})$  e  $p_{amb}$  si semplifica. Il primo tubo del manometro indica la pressione statica del flusso indisturbato  $p_\infty$  invece il secondo indica la pressione totale del flusso indisturbato  $p_{0\infty}$ . Il terzo e il quarto tubo non sono collegati a delle prese, e invece i precedenti 11 tubi sono collegati alle 11 prese statiche poste sulla superficie del profilo poste nelle posizioni da 0% ad 80% della corda. Siccome il profilo diventa molto sottile avvicinandosi al bordo di fuga, risulta impossibile posizionare delle prese di pressione lì.

Quindi per calcolare il coefficiente di pressione nelle varie posizioni, bisogna trovare le differenze  $p_i - p_\infty$ . Queste differenze possono essere ricavate, per la legge di Stevino, dalle altezze del fluido nei tubi del manometro:  $\Delta p = -\rho g \Delta h$  ovvero,  $p_i - p_\infty = \rho g (h_\infty - h_i)$ . Le differenze vengono effettuate tra le altezze del fluido nel primo tubo del manometro e le 11 prese statiche. Per aumentare la precisione dei valori della pressione nel manometro, esso viene inclinato di un angolo  $\beta$ , quindi bisogna moltiplicare il termine a destra dell'ultima formula per il  $\sin \beta$  in modo da proiettare l'altezza nella posizione verticale, che è quella che bisogna inserire nella formula di Stevino.

Infine, per calcolare la pressione dinamica della corrente indisturbata, basta considerare l'equazione di Bernoulli:  $p_{0\infty} = \text{cost} = p_\infty + 1/2 \rho V_\infty^2$ , dunque:  $1/2 \rho V_\infty^2 = p_{0\infty} - p_\infty = \rho g (h_\infty - h_{0\infty}) \sin \beta$ .  
Dunque:

$$c_p = (\rho g(h_\infty - h_i) \sin\beta) / (\rho g(h_\infty - h_{0\infty}) \sin\beta) = (h_\infty - h_i) / (h_\infty - h_{0\infty})$$

Inizialmente, si calcola la distribuzione delle pressioni sul dorso, inclinando il profilo di un angolo di  $\delta$  rispetto alla corrente uniforme. Siccome le sonde si posizionano solo da un lato del profilo alare, dopo aver calcolato le pressioni sul dorso, il profilo si ruota simmetricamente alla direzione di angolo di incidenza nulla, e in questo modo si ottiene la distribuzione del ventre. Mettendo insieme le due distribuzioni, si ricava la distribuzione totale della pressione del profilo.

Per calcolare invece la velocità della corrente indisturbata, dalla formula:  $1/2\rho V_\infty^2 = p_{0\infty} - p_\infty$  si ottiene che  $V_\infty^2 = 2(p_{0\infty} - p_\infty) / \rho$ .

Dorso:

| x/c*100 | 0    | 2.5  | 5    | 10   | 20    | 30   | 40    | 50    | 60    | 70    | 80   |
|---------|------|------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|
| $c_p$   | 1.12 | 0.64 | 0.28 | 0.08 | -0.16 | -0.2 | -0.24 | -0.26 | -0.17 | -0.16 | 0.08 |

$$V_\infty = 1.012 \text{ m/s}$$

Ventre:

| x/c*100 | 0    | 2.5   | 5    | 10    | 20 | 30    | 40    | 50    | 60   | 70   | 80    |
|---------|------|-------|------|-------|----|-------|-------|-------|------|------|-------|
| $c_p$   | -0.3 | -1.83 | -1.8 | -1.33 | -1 | -0.83 | -0.66 | -0.53 | -0.4 | -0.3 | -0.16 |

$$V_\infty = 1.108 \text{ m/s}$$

## Laboratorio 2

- **Scopo dell'esperienza**

Lo scopo della presente esperienza è quello di visualizzare, tramite il metodo di Schlieren, un'onda d'urto obliquo generata dalla deviazione di un flusso d'aria per causa della presenza di un cuneo posto ad incidenza variabile rispetto al flusso, e di rilevare il numero di Mach prima e dopo l'urto.

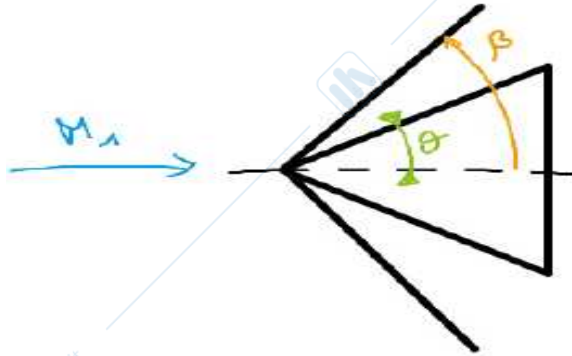
- **Strumentazione e descrizione dell'esperienza**

Il flusso d'aria viene fornito da un serbatoio collegato alla galleria del vento, utilizzata per la generazione dell'urto, attraverso dei tubi. Il flusso inizialmente entra in una camera di tranquillizzazione, collegata ad un manometro che serve a misurare la pressione in ingresso dell'aria. Poi il flusso procede in un ugello convergente-divergente a sezione variabile. Nella camera di prova che segue il divergente, viene posizionato un cuneo, che nel nostro caso è posto ad incidenza  $0^\circ$  rispetto al flusso. Quando il flusso lambisce il cuneo, di semi-ampiezza  $\theta=30^\circ$ , si genera una onda d'urto conica che procede poi a valle del cuneo. Nella camera di prova c'è un regolatore dell'angolo di incidenza, nel caso si volesse visualizzare l'onda d'urto per diversi angoli di incidenza, però il vertice del cono rimane sempre posizionato sull'asse del condotto.

Per visualizzare l'onda d'urto si utilizza il metodo di Schlieren, che sfrutta la diffrazione della luce per causa della variazione della densità del flusso a monte e a valle dell'urto. Tramite una lampadina viene generato un fascio di luce che, attraverso un insieme di specchi, passa attraverso la camera di prova e si riflette sullo schermo del visualizzatore.

Dato che a valle del divergente il flusso viene espanso, la sua temperatura diminuisce e il vapore acqueo presente nell'aria si condensa sulle pareti della camera di prova e ciò rende la visualizzazione dell'urto sullo schermo un pò difficile. Per ovviare a questo problema, si utilizza un deumidificatore posizionato a valle dell'ugello.

- Calcolo del numero di Mach



Una volta generata l'immagine sul visualizzatore dell'onda d'urto, si può misurare l'angolo  $\beta$  che nel nostro caso risulta essere pari a  $48^\circ$ . Attraverso gli angoli  $\theta$  e  $\beta$ , si può risalire al numero di Mach in ingresso tramite la tabella  $\theta - \beta - \text{Mach}$ , e si procede al calcolo della componente normale all'urto del vettore di Mach:  $M_{1n} = M_1 \sin \beta$ . Risultano essere  $M_1 = 1.95$  e  $M_{1n} = 1.45$ , ed entrando con questo valore di  $M_{1n}$  nella tabella dell'urto retto, nella seconda colonna leggiamo il valore di  $M_{2n} = 0.7196$ . Dato che  $M_{2n} = M_2 \sin(\beta - \theta)$  si ricava che  $M_2 = M_{2n} / \sin(\beta - \theta)$ .

