

Perché un aereo vola?



Leonardo da Vinci lo disse già:

“Tanta forza si fa colla cosa in contro l’aria, quanto l’aria contro la cosa. Vedi l’alie percosse contro all’aria far sostenere la pesante aquila nella suprema sottile aria. Ancora vedi la mossa aria sopra il mare, ripercossa nelle gonfiate vele far correre la carica e pesante nave; sicchè per queste dimostrative e assegnate ragioni potrai conoscere l’uomo colle sue congeniate e grand’alie, facendo forza contro alla resistente aria, vincendo, poterla soggiogare e levarsi sopra di lei.”

Perché un aereo vola?

Isaac Newton espose lo stesso concetto in termini di PRINCIPIO fisico:

3° principio della dinamica

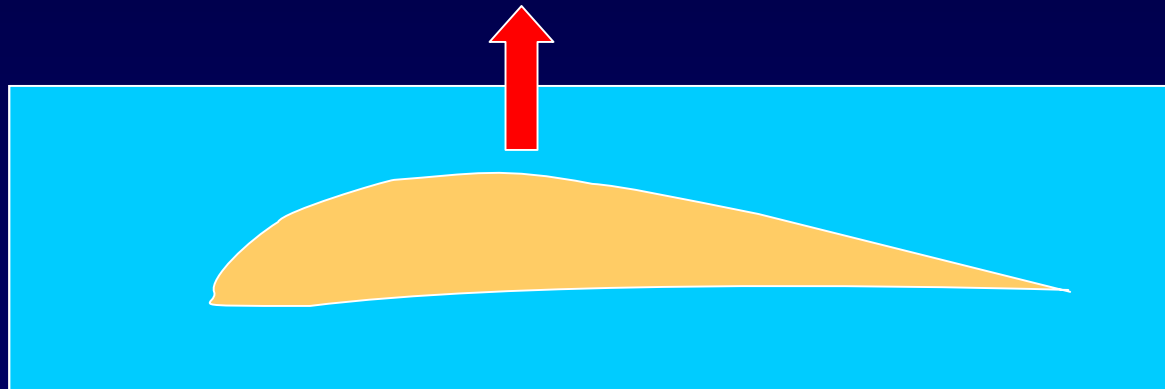
Principio di azione e reazione:

“Un corpo che esercita una forza su un secondo corpo, riceve da quest’ultimo una forza di reazione uguale e contraria alla prima”

I. Newton, 1600

Perché un aereo vola?

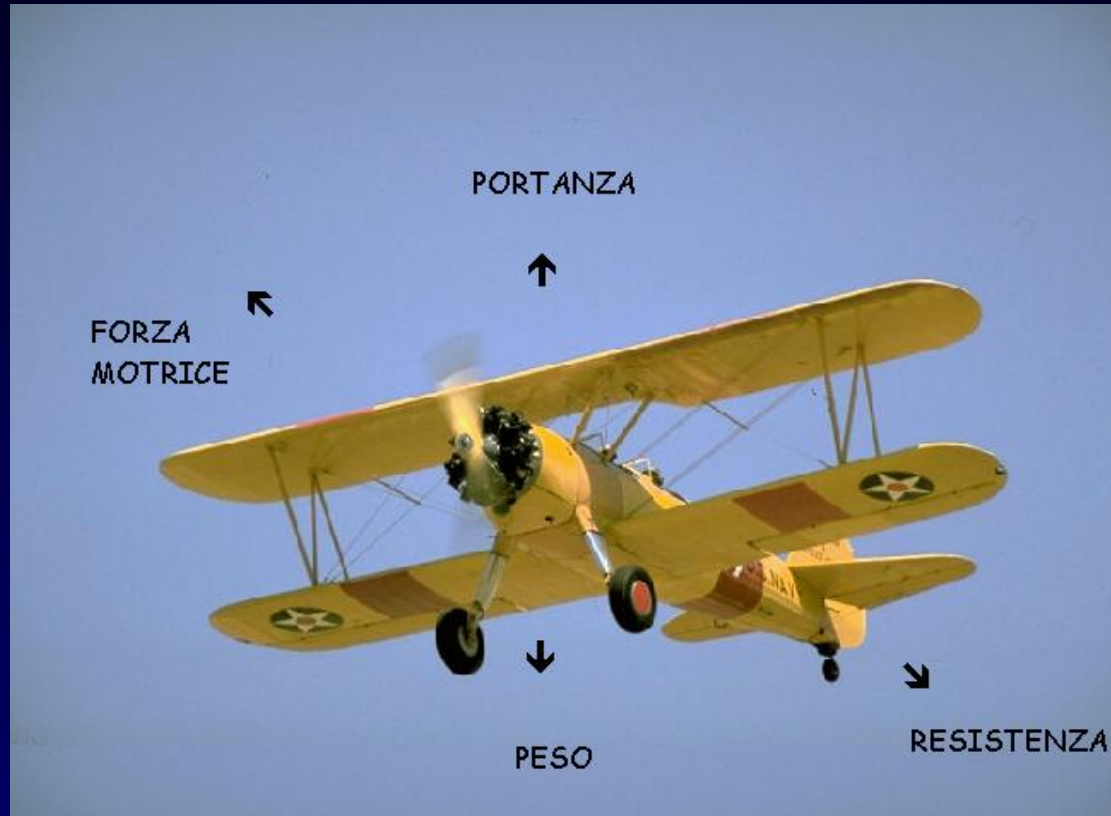
In aeronautica un corpo (l'**ala** in moto relativo rispetto all'aria) esercita una forza (la risultante del **campo di pressione** generato attorno all'ala) su un secondo corpo (l'**aria**) e riceve da quest'ultimo una forza di reazione (**portanza**) uguale e contraria alla prima



E l'aereo vola...

Perché un aereo vola?

Oltre alla portanza, sull'aereo agiscono altre forze



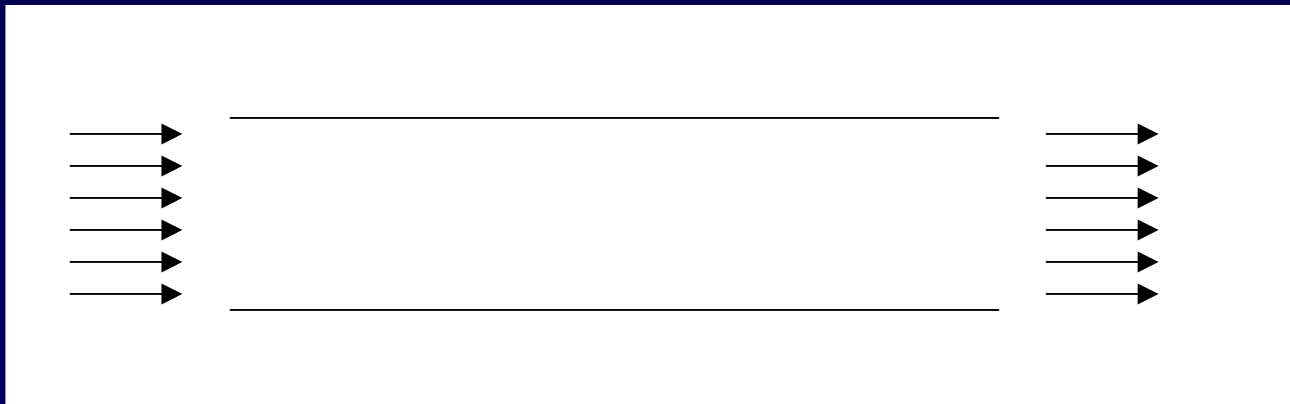
Occupiamoci della portanza, la forza che sostiene l'aereo in aria: come nasce?

Perché un aereo vola?

Come nasce la portanza:

Immaginiamo dell'aria che scorre all'interno di un tubo:

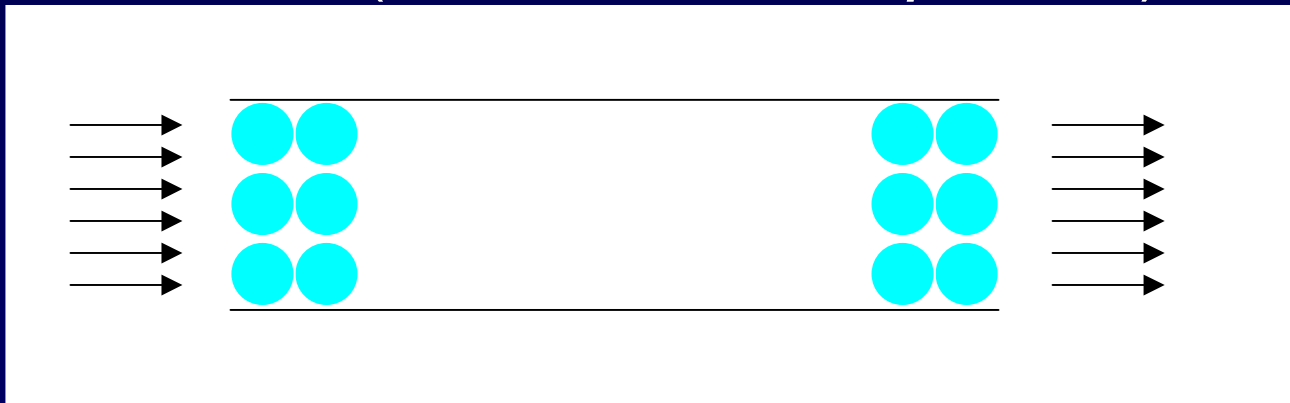
Assumiamo che il fenomeno sia **stazionario**, cioè il disegno in basso **non è** una foto che riproduce **un solo istante** del fenomeno **bensì** rappresenta l'evoluzione **nel tempo**, ovvero...



Perché un aereo vola?

Come nasce la portanza:

...allo scorrere del tempo la portata in massa d'aria (quanti chilogrammi d'aria passano in un secondo, [kg/s]) in ingresso è sempre la stessa così come la portata in massa in uscita: segue che per mantenere il flusso **stazionario** le due portate devono essere uguali. In un secondo, tanta aria deve uscire dal tubo quanta ne entra. (*continuità della portata*)



Perché un aereo vola?

Come nasce la portanza:

Inoltre:

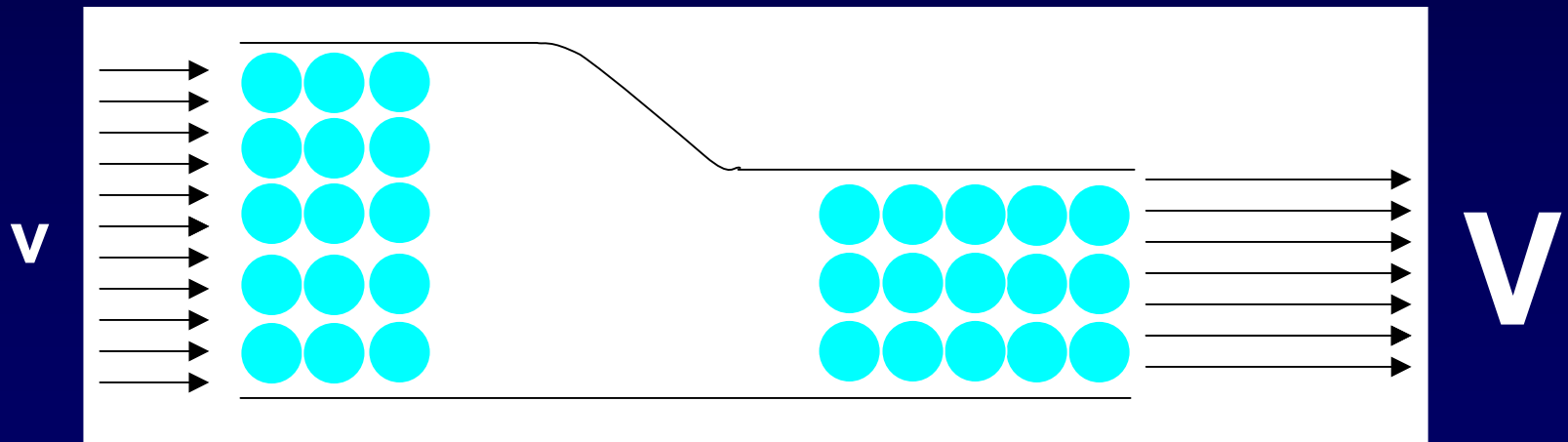
Se la velocità dell'aria è piccola relativamente alla velocità del suono (circa 300 [m/s]) si può assumere che l'aria è **incompressibile**, ovvero è come se le molecole che la compongono fossero “di acciaio” e non “di gomma”.



Perché un aereo vola?

Come nasce la portanza:

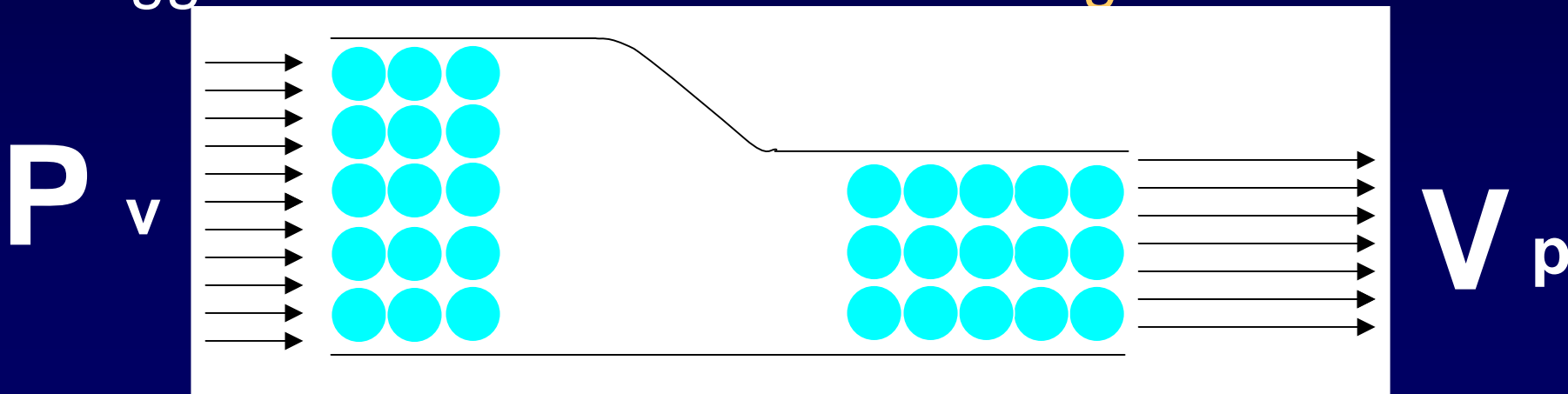
Quindi se si stringe la sezione di uscita del tubo e tante molecole devono uscire quante ne devono entrare nello stesso tempo (per rispettare l'ipotesi di **stazionarietà**), allora le molecole in uscita devono necessariamente correre più velocemente, ovvero devono aumentare la propria **energia cinetica**.



Perché un aereo vola?

Come nasce la portanza:

Ma da dove prendono l'energia per andare più veloci? Attingono dalla propria **energia interna** conservata sottoforma di **pressione**: *più veloci vanno le molecole meno è la pressione dell'aria*, quindi. Questa conclusione deriva dal **Teorema di Bernoulli** che è un rimaneggiamento del **Teorema dell'energia**...



Perché un aereo vola?

Come nasce la portanza:

Teorema dell'energia

“L'energia totale di un sistema isolato, somma dell'energia cinetica e dell'energia interna, si mantiene costante.”

Quindi se una aumenta, l'altra deve per forza diminuire!

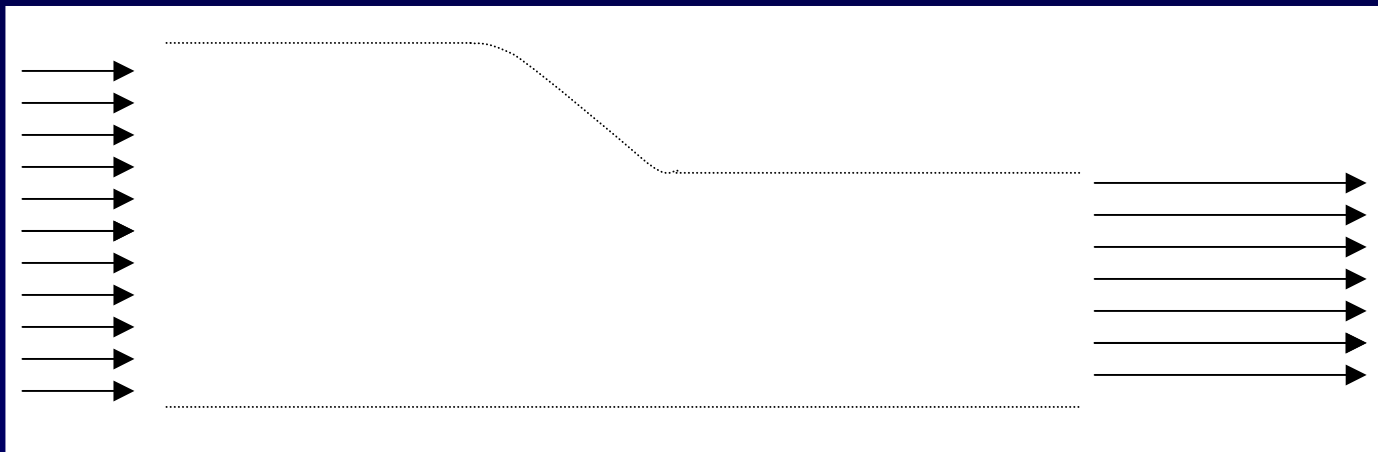
“In natura nulla si crea, nulla si distrugge, tutto si trasforma.”

Perché un aereo vola?

Come nasce la portanza:

Ci siamo quasi!

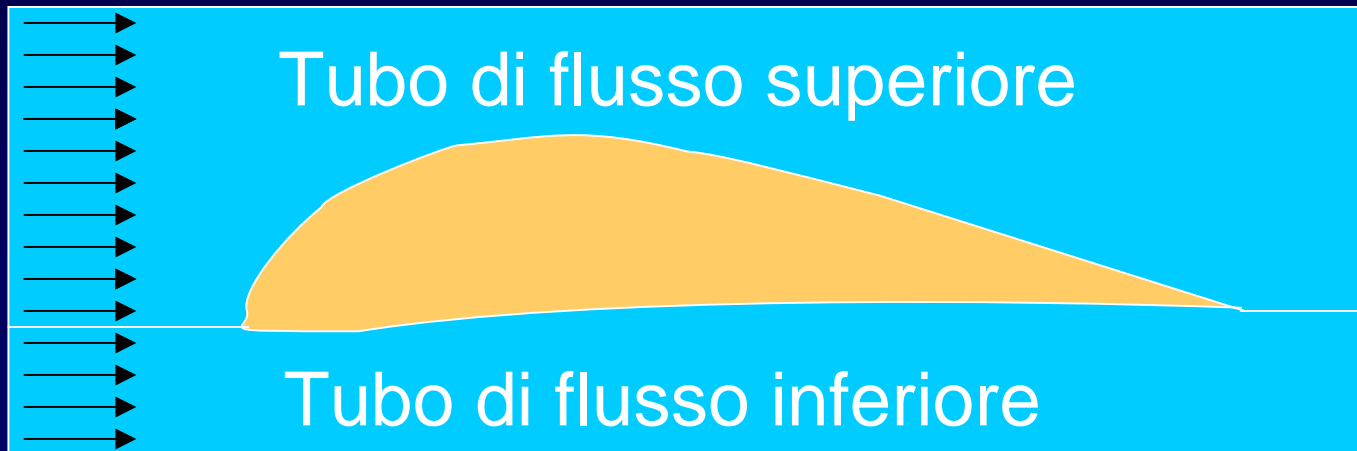
Si sostituisce adesso al tubo una superficie di controllo immaginaria, senza pareti solide (tubo di flusso): la regola è che le pareti immaginarie non devono essere attraversate dal flusso d'aria, proprio come per le pareti del tubo reale. Quello che è stato detto sinora continua a valere.



Perché un aereo vola?

Come nasce la portanza:

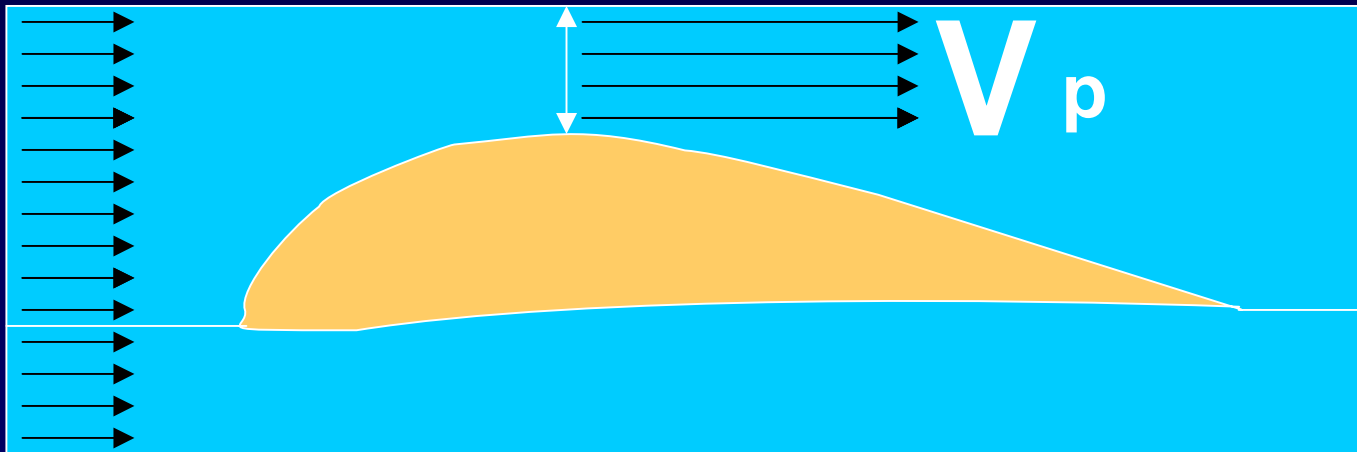
Si prende adesso un profilo alare con la sua particolare forma “a goccia” e lo si immerge nell’aria in movimento: si possono immaginare due tubi di flusso, uno superiore e l’altro inferiore.



Perché un aereo vola?

Come nasce la portanza:

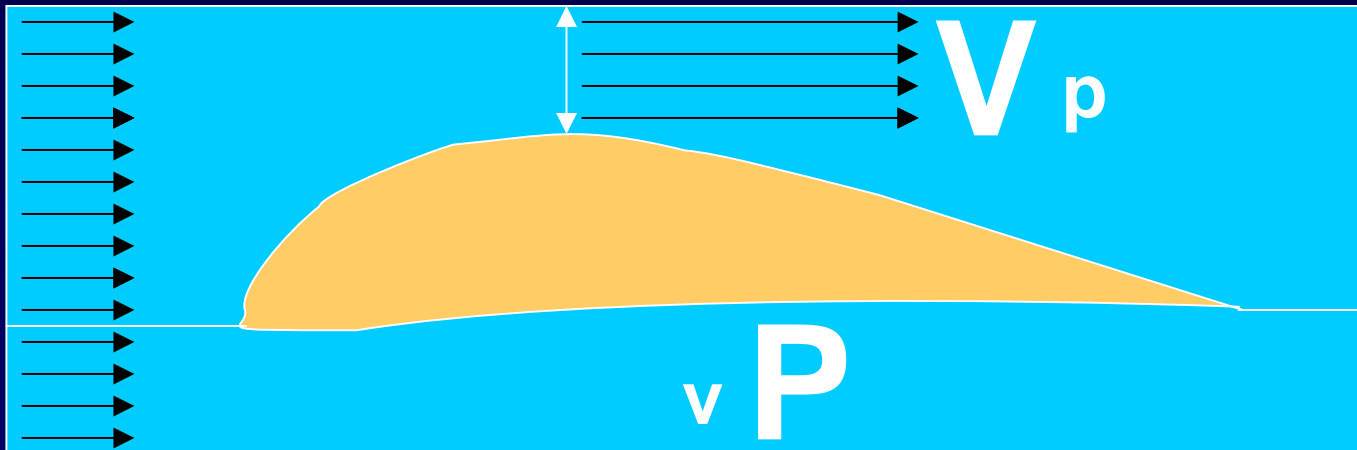
Il tubo di flusso **superiore** ha una restrizione di sezione lungo il dorso del profilo: lì la **velocità aumenta** perché l'aria è **incompressibile**. La sua **pressione** di conseguenza **diminuisce** (teorema di Bernoulli)



Perché un aereo vola?

Come nasce la portanza:

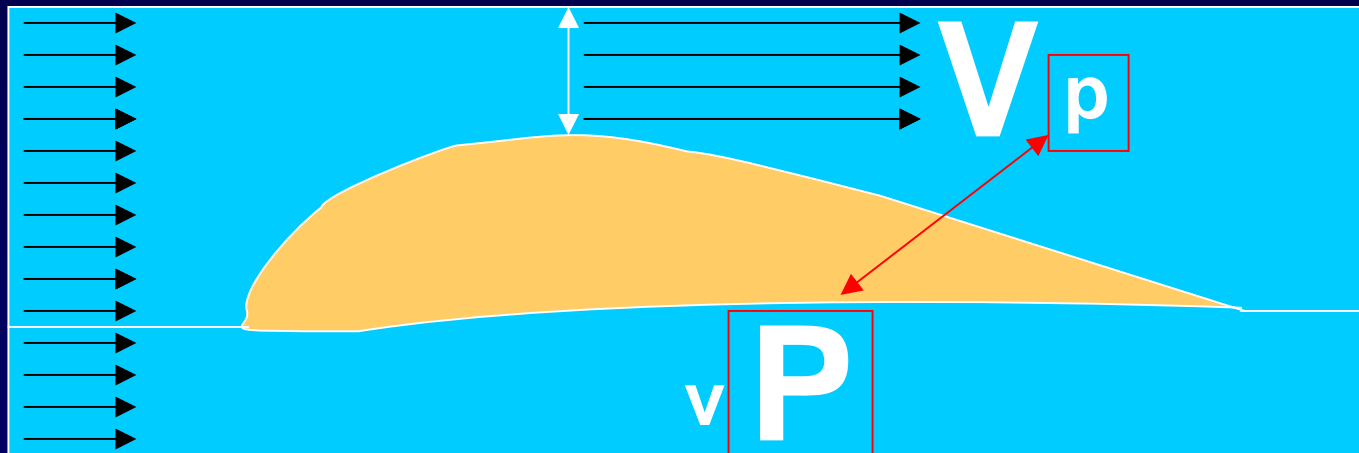
Il tubo di flusso **inferiore** che lambisce il ventre del profilo alare non ha restrizioni, quindi i **valori di velocità e pressione** dell'aria rimangono **inalterati** o quasi.



Perché un aereo vola?

Come nasce la portanza:

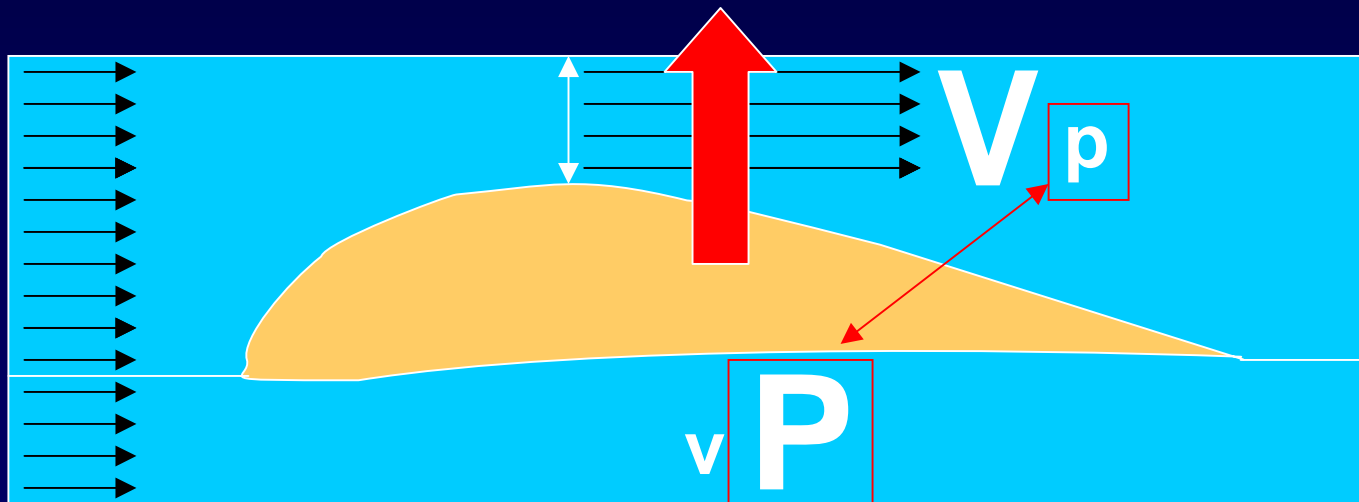
Dal confronto delle pressioni si ha quindi una pressione più piccola sul dorso dell'ala rispetto al valore di pressione sul ventre: il profilo viene così “risucchiato” verso l'alto!



Perché un aereo vola?

Come nasce la portanza:

La risultante della differenza di pressione sul profilo è una forza che tira l'ala verso l'alto: la **portanza**!



Perché un aereo vola?

Concetti chiave:

- Principio di azione e reazione
- Continuità della portata
- Regime stazionario
- Velocità subsonica \implies incompressibilità dell'aria
- Teorema dell'energia \implies Teorema di Bernoulli