

Lezione n. 2: FLUIDI II

M. L. Chiofalo, A. Toncelli, G. Chiarelli
20 Febbraio 2019



aggiornamenti
laboratorio di didattica della scienza



aggiornamenti
laboratorio di didattica della scienza

Alcune domande

- Perché una portaerei galleggia e una moneta no?
- Cosa succede se si sciolgono i ghiacci dell'Artico? E dell'Antartide?
- Perché un aeroplano vola?
- Come funzionano i calci di punizione a effetto?
- Perché l'acqua bolle?
- Perché si pattina su ghiaccio?

La spinta di Archimede

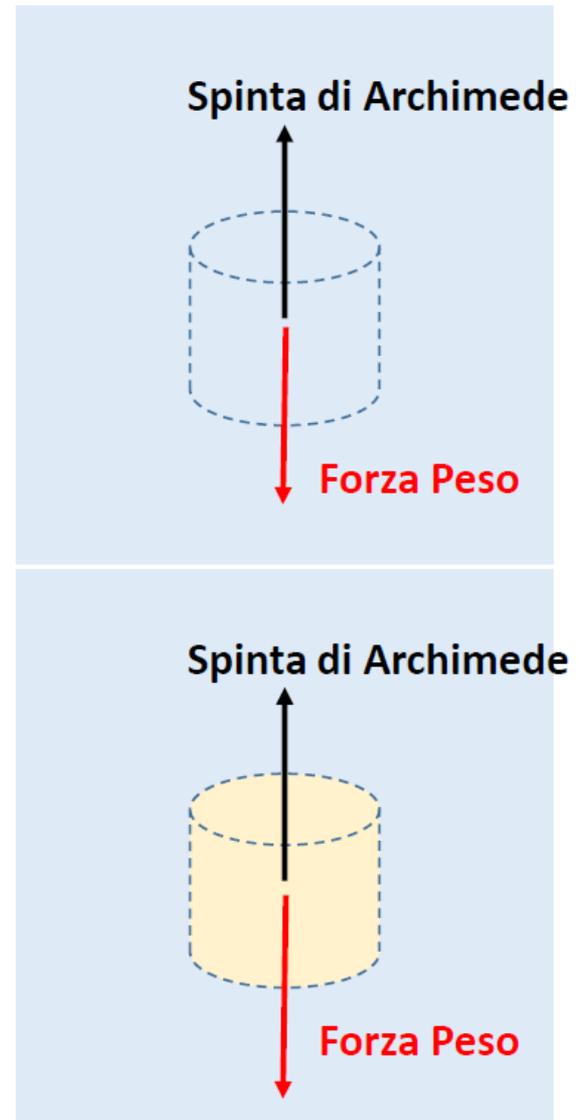
Verifichiamo con un semplice esperimento che tutti i corpi immersi in acqua (un fluido) ricevono una spinta verso l'alto (**spinta di Archimede**)



- Prendiamo un oggetto relativamente pesante (un sacchetto con degli oggetti) legato a un elastico, e misuriamo quanto si allunga l'elastico.
- Poi lo mettiamo in acqua: vedremo che si allunga di meno, cioè qualcosa lo spinge verso l'alto: è la **spinta di Archimede**

La spinta di Archimede

- Immaginiamo di isolare un volumetto di acqua. Esso si trova in **equilibrio** (**non sale né scende**), perché il suo peso, che lo spinge in basso, è equilibrato dalla differenza di pressione fra basso e alto (cioè la spinta di Archimede)
- Immergiamo ora un corpo. Esso occuperà il volume prima occupato dall'acqua. La spinta di Archimede, che ha a che fare con la differenza di pressione, resta la stessa. **La forza peso invece dipende dalla massa del corpo**, e quindi dalla **Densità x Volume**.
- La densità di riferimento, ($d = m/V$), quella che mantiene il corpo in equilibrio, è la densità dell'acqua (o del fluido, se non è acqua). **Se il corpo è più denso va a fondo, se è meno denso va in superficie.**



La spinta di Archimede

Regola da tenere a mente: se un corpo è meno denso dell'acqua, galleggia, se è più denso, affonda

Densità = massa/volume

Se la massa è grande (portaerei) ma il volume è enorme (molti spazi vuoti), la densità totale può essere inferiore a quella dell'acqua: **la portaerei galleggia!**

Se la massa è piccola (moneta) ma il volume pure è piccolo, la densità può essere inferiore a quella dell'acqua: **la moneta va a fondo!**

La spinta di Archimede



Una moneta pesa molto meno di una portaerei,
ma è molto più densa (densità = massa/volume)!

La spinta di Archimede

- Riempiamo una bacinella di acqua
- Pesiamo una vaschetta vuota
- Riempiamo la vaschetta d'acqua: cosa succede?
- Ripesiamo la vaschetta. Calcoliamo il peso dell'acqua contenuta al suo interno
- Svuotiamola, ma mettiamoci un peso all'interno: la vaschetta galleggia?
- Quanto dovrebbe essere il peso, in modo da far affondare la vaschetta?
- Aggiungiamo pesi in modo da farla affondare e pesiamo i pesi che sono stati necessari. A che peso corrispondono?

Stabilità delle barche

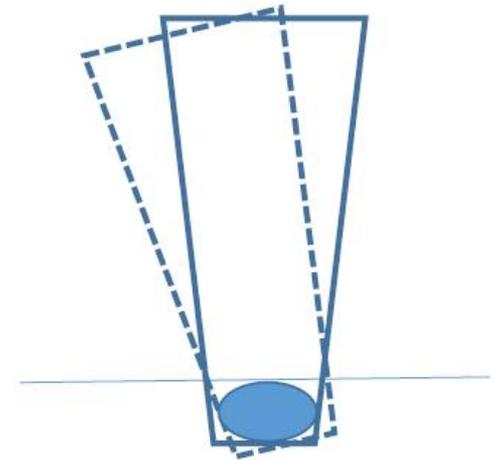
Il fatto che un corpo (una nave) sia globalmente meno denso dell'acqua, non garantisce automaticamente che galleggi in equilibrio stabile. Ad esempio, come fa una cosa del genere a non rovesciarsi?



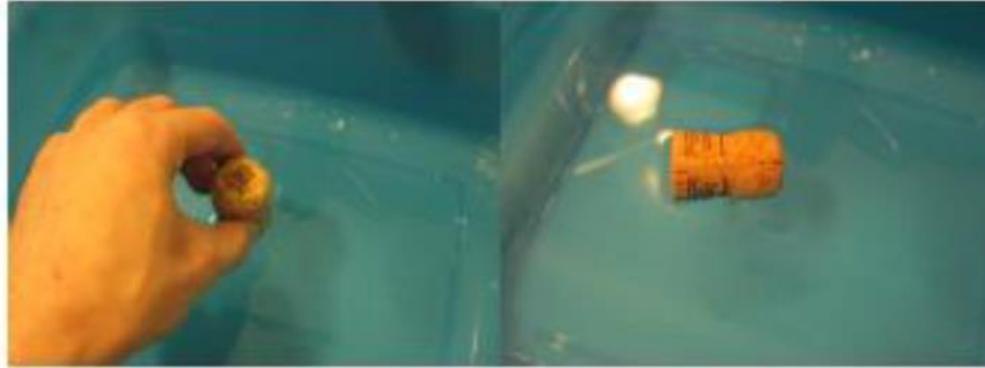
Stabilità delle barche



Zavorriamo un tappo con delle viti alla base. E' più pesante, ma la sua densità è comunque inferiore a quella dell'acqua (e quindi galleggia), ma il peso alla base lo rende stabile



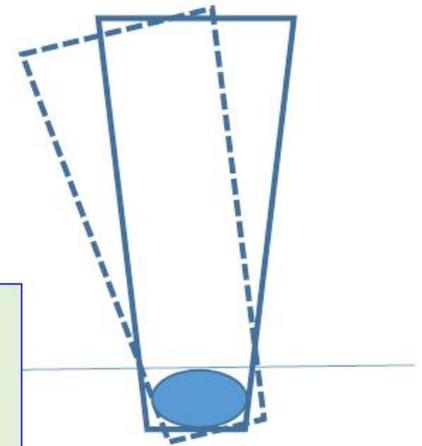
Stabilità delle barche



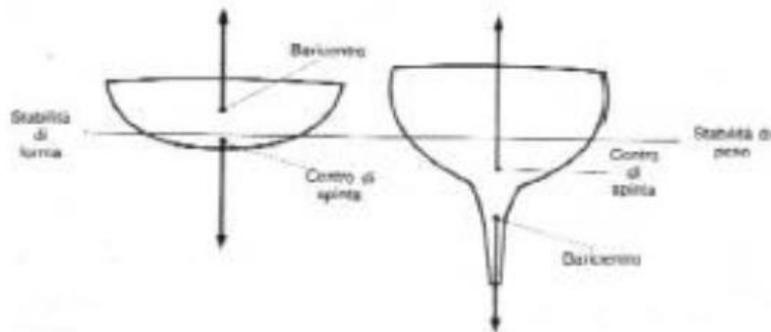
Un tappo di sughero galleggia, ma se cerco di tenerlo in verticale è troppo alto e si rovescia. Per una nave sarebbe un bel problema!

Come posso fare per rendere una nave (o il tappo) **stabili**, preservando il galleggiamento?

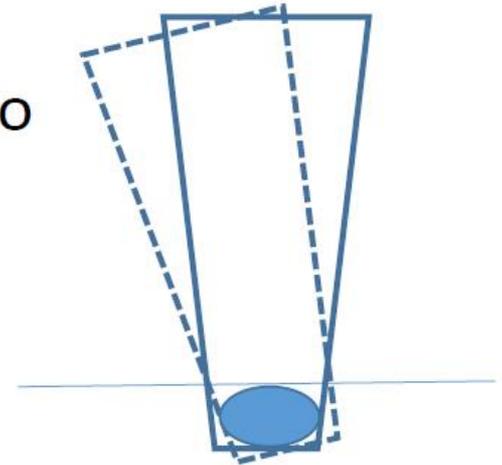
Se avessi messo il peso in alto, avrei ottenuto l'effetto contrario: ogni piccola perturbazione avrebbe portato il tappo a rovesciarsi



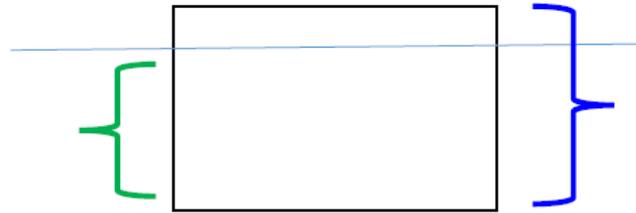
Stabilità delle barche



La deriva della barca a vela serve a questo



Scioglimento dei ghiacci



- Riempi fino all'orlo un bicchiere d'acqua e metti un cubetto di ghiaccio
- Quando il ghiaccio si scioglie, il livello dell'acqua aumenta o diminuisce?

Il ghiaccio è meno denso dell'acqua. **La spinta di archimede, che agisce sulla parte immersa, eguaglia il peso del cubetto.**

$$\text{Spinta Archimede} = d_{\text{acqua}} \times V_{\text{immerso}} \times g = d_{\text{ghiaccio}} \times V_{\text{cubetto}} \times g$$

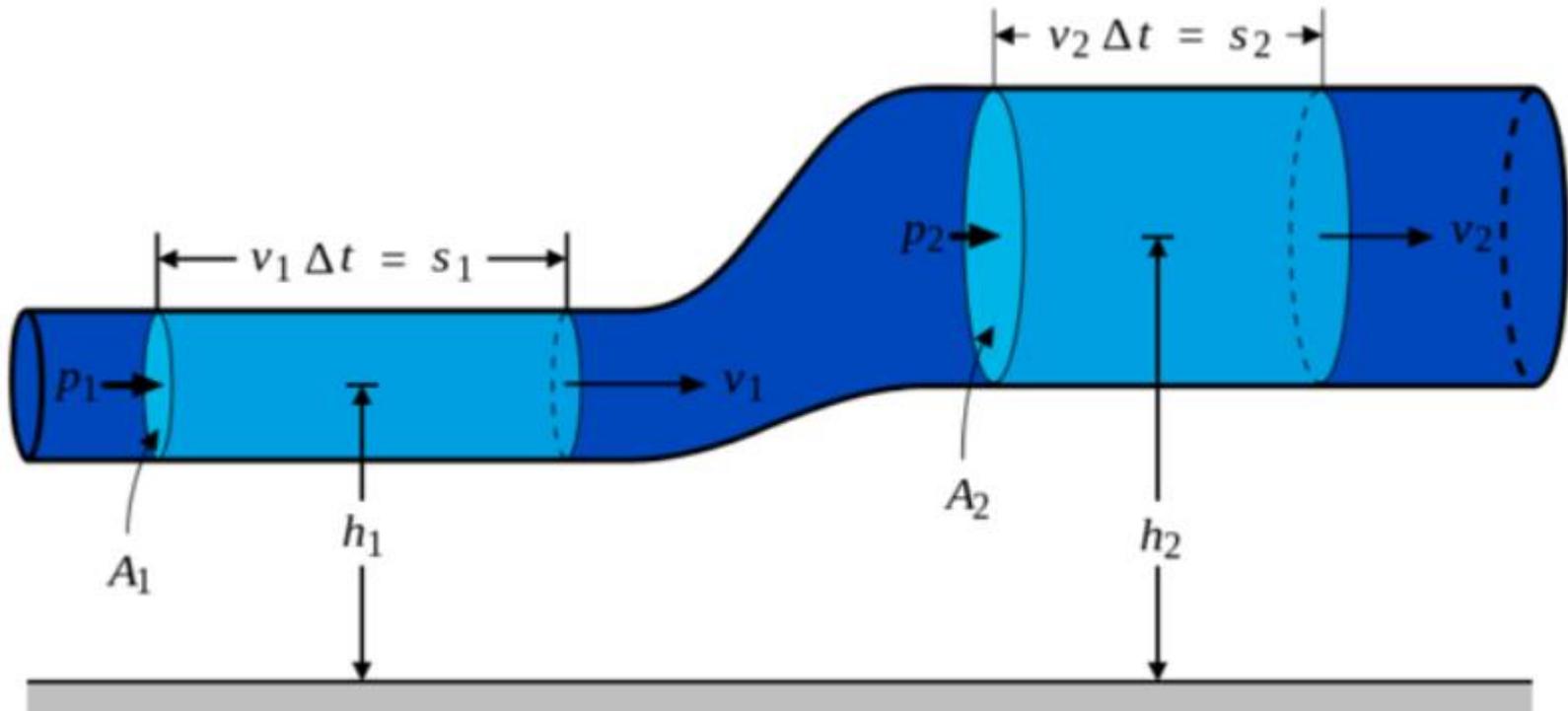
(Peso = $m \cdot g$, $m = d \cdot V$, g = accelerazione di gravità)

Quando il ghiaccio si scioglie la sua massa non cambia, e il volume occupato dalla sua acqua di fusione sarà quello occupato prima dalla sola parte immersa.

Lo scioglimento dei ghiacci dell'Artico non provoca innalzamento del livello del mare! Ad alzare il livello del mare è lo scioglimento dei ghiacci sulla terraferma (Antartide, Groenlandia etc)

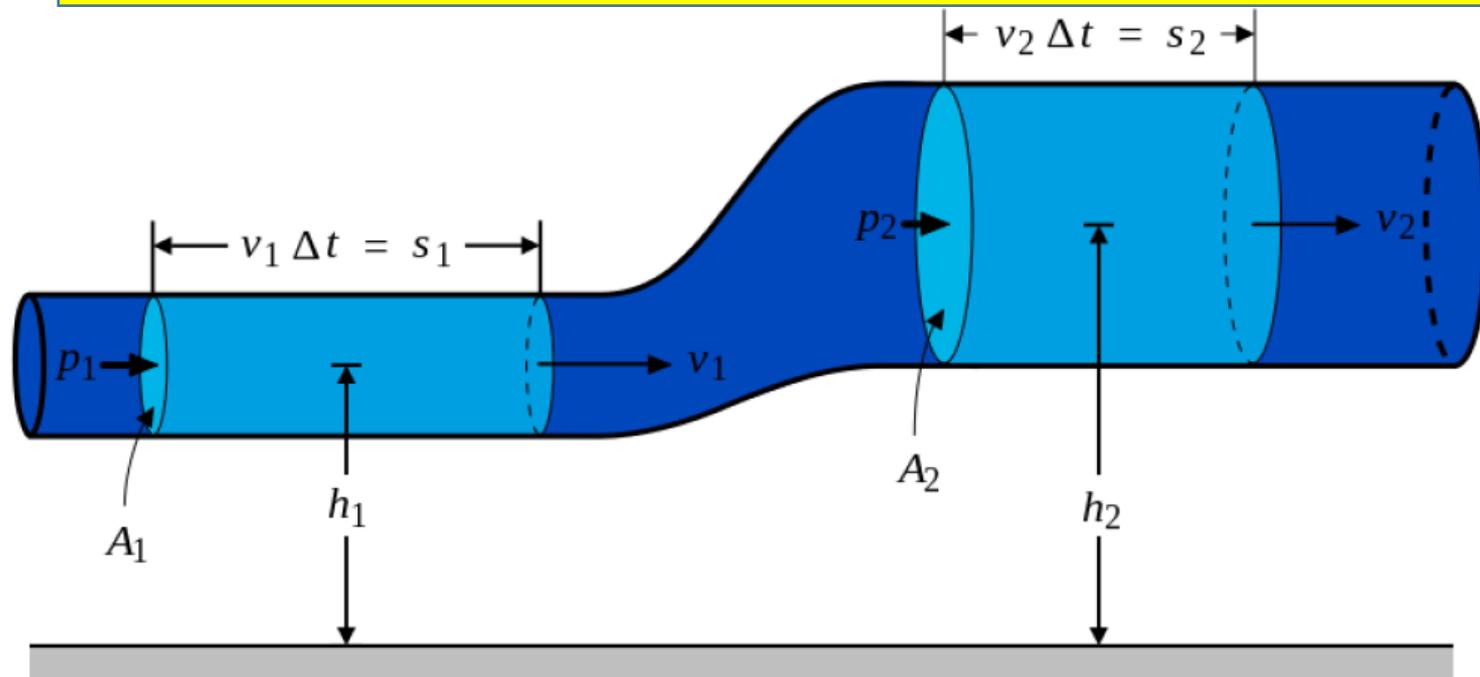
Dinamica dei fluidi I: Conservazione della materia e legge della portata

Il flusso di un fluido accelera dove la pressione è più bassa



$$v_1 \cdot A_1 = v_2 \cdot A_2$$

Dinamica dei fluidi II: Conservazione dell'energia e legge di Bernoulli

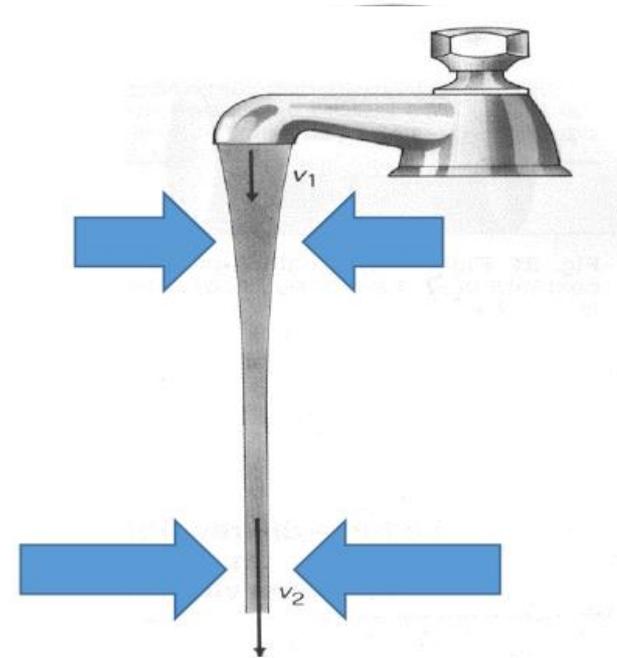


Teorema di Bernoulli: $p + dgh + \frac{1}{2} dv^2 = \text{costante}$

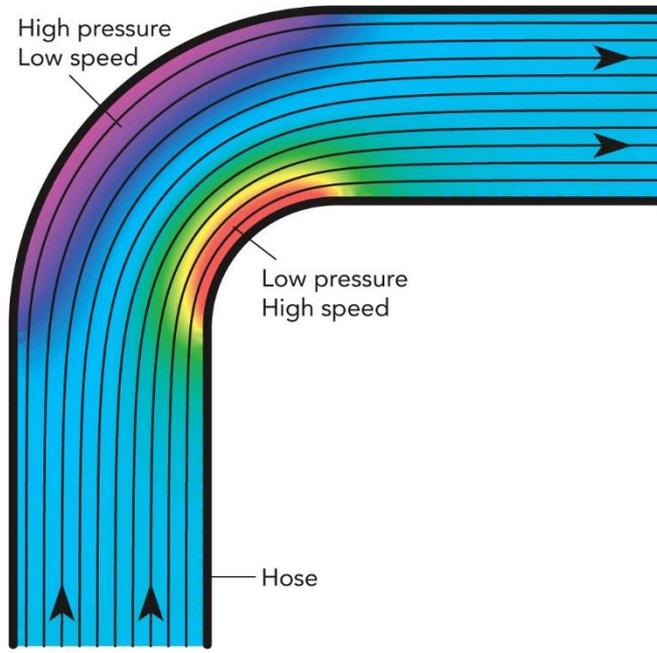
p = pressione v = velocità del fluido
 d = densità g = accelerazione di gravità
 h = altezza

Applicazioni: il getto di un rubinetto

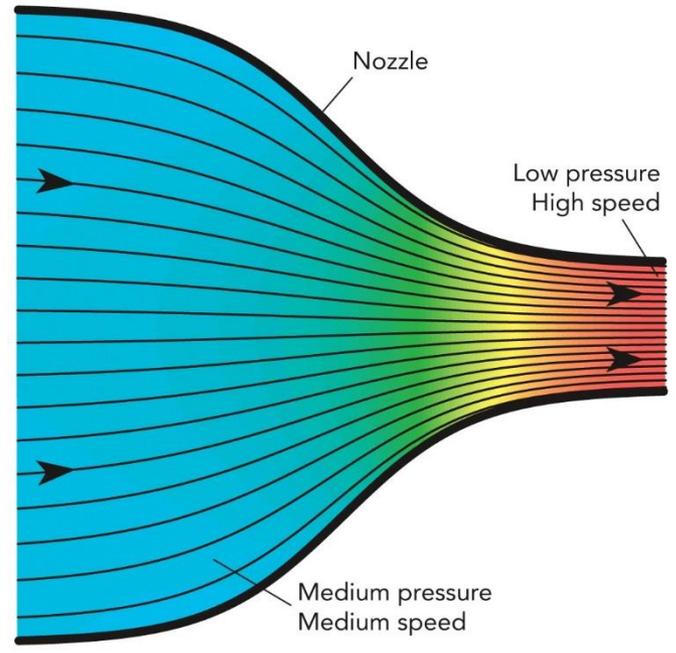
- Perché il getto di un rubinetto si restringe mentre cade? **La velocità dell'acqua aumenta mentre cade**



Applicazioni: Il flusso di un fluido accelera dove la pressione diminuisce



© 2013 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.



© 2013 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Applicazioni:

Il flusso di un fluido è più veloce dove la pressione più bassa

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{costante}$$

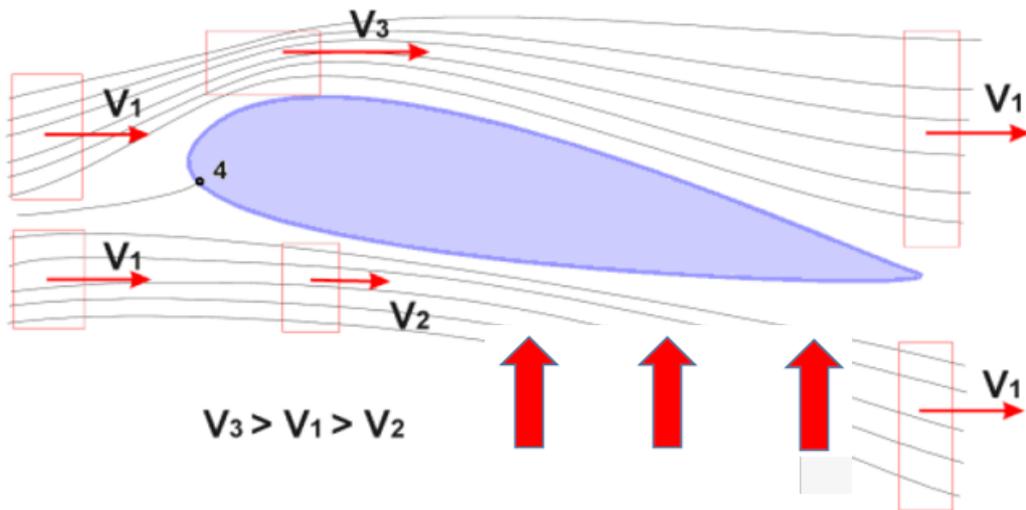


- Tieni un foglio appeso in verticale
- Avvicinagli un phon
- Il foglio tende a sollevarsi
- Spiegazione: Il getto d'aria veloce riduce la pressione dal suo lato, e fa sollevare il foglio

Applicazioni: Perché l'aereo vola - I

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{costante}$$

Dal teorema di Bernoulli



La pressione sostiene l'aereo.
Si chiama «portanza»

Dove il fluido scorre più veloce, c'è meno pressione
L'ala è sagomata in modo da far andare l'aria più veloce
nella parte alta

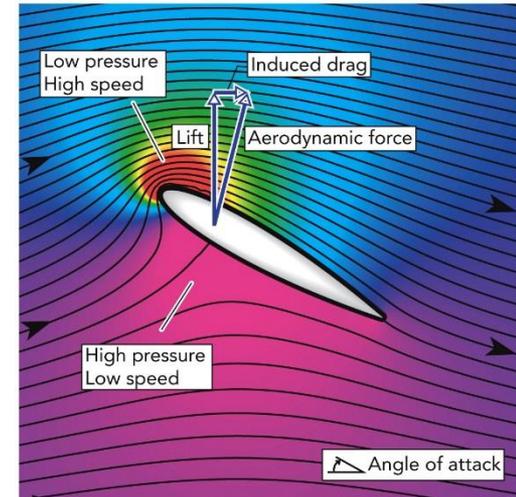
Se $v_3 > v_2$, allora $p_3 < p_2$ (per il teorema di Bernoulli)

Applicazioni: Perché l'aereo vola - II

Q: Come fa a stare su l'ala dell'aereo?

A: Deflette aria verso il basso e l'aria spinge l'ala verso l'alto

- L'aria devia lontano dalla parte più bassa dell'ala
 - La pressione dell'aria cresce, la velocità diminuisce
- L'aria devia verso la parte superior dell'ala
 - La pressione diminuisce, la velocità aumenta
- Sull'ala c'è una pressione verso l'alto
- In definitiva: l'ala trasferisce all'aria quantità di moto verso il basso



© 2013 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

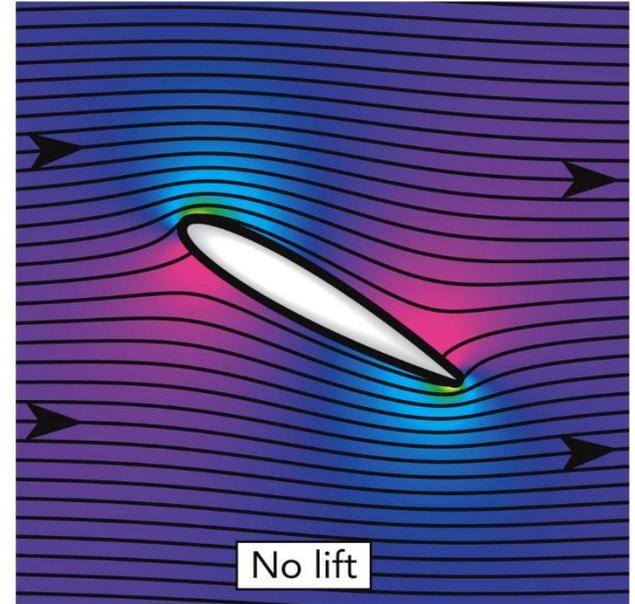
Applicazioni: Perché l'aereo vola - III

Q: Come decolla l'aereo?

A: Grazie all'emissione di un vortice

Mentre l'ala si muove attraverso l'aria

- Il flusso attorno all'ala è simmetrico
- L'ala non sperimenta nessun lift
- Il flusso al bordo inferiore è instabile e l'ala emette un vortice
- Per conservazione del momento angolare, l'aereo ruota verso l'alto e decolla



© 2013 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Applicazioni: Perché l'aereo vola - IV

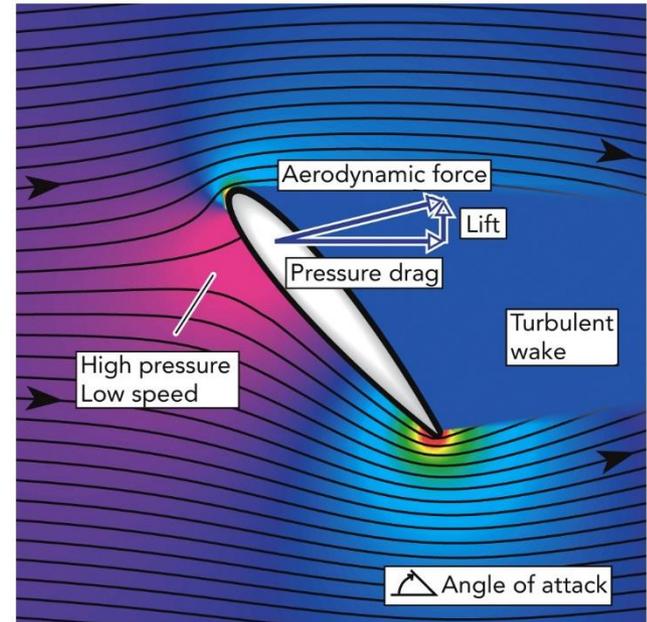
Q: Perché l'aereo punta il “naso” in su per decollare e in giù per atterrare?

A: L'angolo d'attacco influenza il lift

- Il lift dell'ala dipende da:
 - La forma dell'ala
 - L'angolo di attacco: l'angolo rispetto alla direzione di avvicinamento dell'aria
- Il tilt influenza il lift
 - Può far accelerare l'aereo verso l'alto o il basso (cosa fanno gli aerei di linea per decollare più rapidamente?)
 - Di solito richiede un tilt della fusoliera
- Il tilt dell'aereo controlla il lift, non la direzione di moto

Limiti al lift: lo stallo

- Ad angolo di attacco troppo grande
 - Lo strato di aria attorno al bordo superiore dell'ala va in stallo
 - Il flusso d'aria si stacca dall'ala
 - Il lift diminuisce in modo drammatico
 - Compare una resistenza di pressione: sotto l'ala si crea un vuoto di pressione, e la pressione sulla parte superiore è maggiore di quella dalla parte inferiore
- L'aereo va giù come un sasso



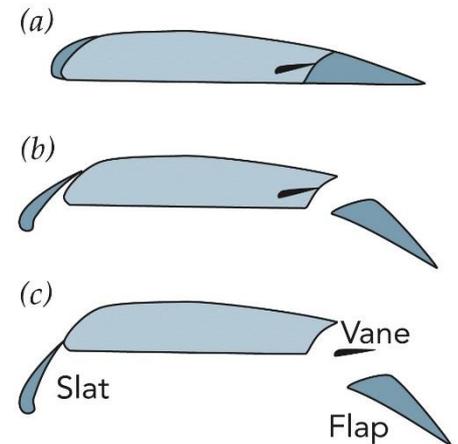
© 2013 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Applicazioni: Perché l'aereo vola - VI

Q: Perché ci sono diverse forme di ala?

A: La velocità del flusso d'aria è influenzata dal design dell'ala

- Profili asimmetrici producono grandi lift
 - Sono utili per volo a bassa velocità
- Profili simmetrici producono piccolo lift
 - Sono utili per volo ad alta velocità
 - Permettono all'aereo di volare sottosopra
- Alcuni aerei possono cambiare la forma delle ali in volo.



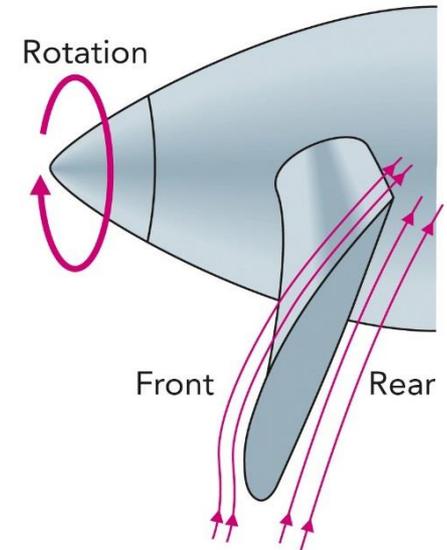
© 2013 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Applicazioni: Perché l'aereo vola - VII

Q: Come funzionano le eliche degli aerei?

A: Spingono aria all'indietro

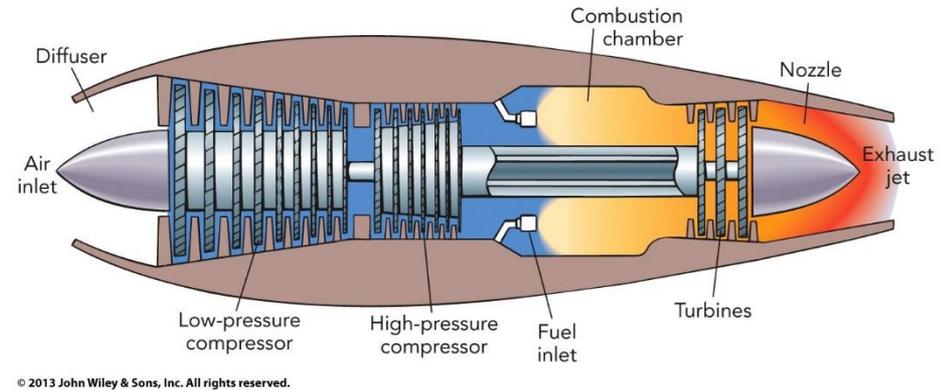
- Le eliche sono ali rotanti
 - Deflettono (pompano) aria all'indietro
 - Fanno lavoro sull'aria, aggiungendo energia
 - Possono andare in stallo: per evitare questo sono necessarie piccola velocità e di solito è possibile cambiare l'angolo di attacco
- I motori dei jet sono pompe di aria
 - Confinano l'aria e la pompano verso la parte posteriore dell'aereo



© 2013 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

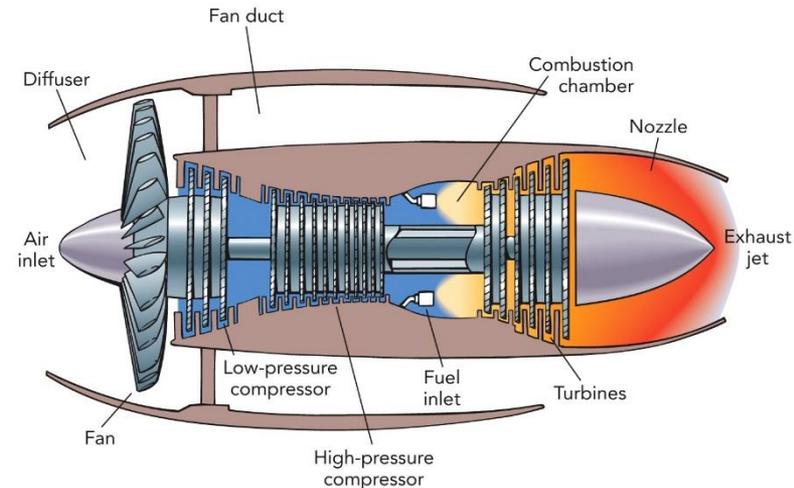
Applicazioni: Perché l'aereo vola - VIII

- Turbojet pompano aria verso la parte posteriore dell'aereo
 - L'aria entra nel canale diffusore e scambia velocità per pressione: entra aria a più piccola velocità dalla parte anteriore e, per una combinazione di Bernoulli + macchina termica, esce ad alta velocità dalla parte posteriore
 - Un compressore fa lavoro sull'aria, aumentando la sua pressione
 - Il carburante è bruciato in quell'aria, aumentando la sua energia
 - Una turbine estrae lavoro dall'aria, diminuendo la sua pressione
 - L'aria che esce dal canale posteriore (di piccola sezione) per Bernoulli scambia pressione con velocità



Applicazioni: Perché l'aereo vola - IX

- Turbojet
 - Muovono relativamente poca aria
 - Dando a quell'aria molta energia
- Turbofan
 - Muovono più aria
 - Dando a quell'aria meno energia



© 2013 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Applicazioni: calci di punizione ad effetto e l'effetto Magnus I



Cómo Roberto Carlos anotó el gol "imposible"



Applicazioni: calci di punizione ad effetto e l'effetto Magnus II



Il pallone, ruotando, trascina uno strato di aria attorno alla sua superficie. **In alto**, l'aria trascinata si scontra con il flusso dovuto allo spostamento della palla. **In basso** è il contrario. **Il risultato** è che, **rispetto all'aria esterna, il flusso di aria attorno al pallone si muove più veloce in basso che in alto**. Quindi, come per l'ala dell'aereo, **la pressione è minore dove la velocità dell'aria è maggiore**. Il risultato è che il pallone sente una forza che lo fa spostare di lato.

In che condizioni l'acqua bolle?

Sappiamo che i fluidi possono passare attraverso transizioni di fase, da liquido a gas, o da liquido a solido, etc.

Quando l'acqua bolle, siamo abituati a pensare che questo avvenga a 100 gradi. **E' sempre vero?**



- Prendiamo una siringa e aspiriamo dell'acqua tiepida (es: 40-50 gradi).
- Adesso tiriamo lo stantuffo: **cosa succede?**

L'acqua bolle, nonostante la temperatura sia molto inferiore a 100 gradi. Perchè succede?

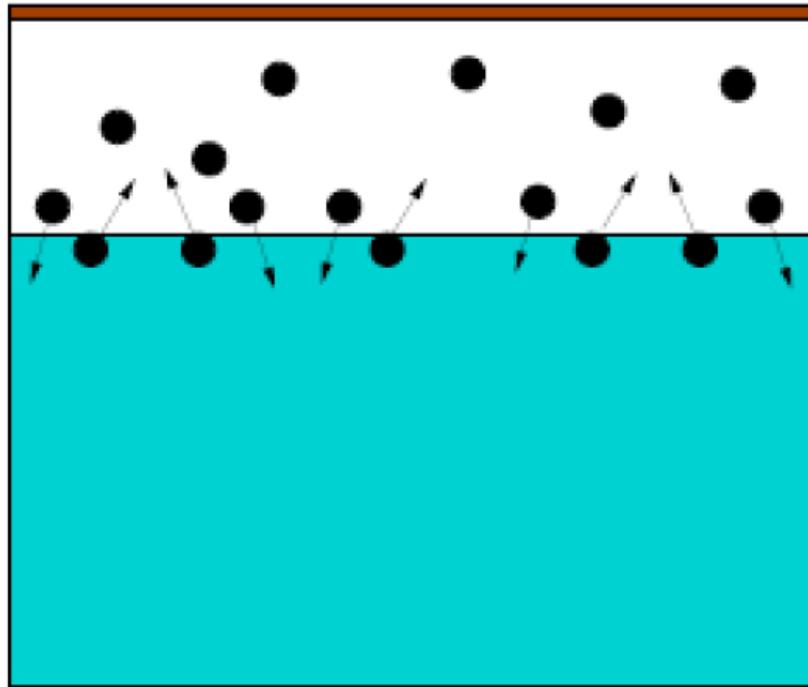


<https://youtu.be/0rIK3fo41P4>

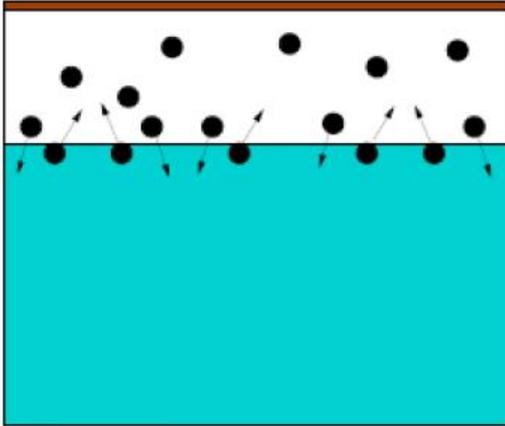


Cos'è il tasso di umidità?

- Normalmente, accade che sulla superficie di un liquido alcune molecole del liquido si trasformano in vapore, mentre alcune molecole di vapore si trasformano in liquido.



Cos'è il tasso di umidità?



- Normalmente, accade che sulla superficie di un liquido alcune molecole del liquido si trasformano in vapore, mentre alcune molecole di vapore si trasformano in liquido.
- Se ogni secondo 7 molecole di vapore si trasformano in liquido, e 5 molecole di liquido si trasformano in vapore, il tasso di umidità è $7/5 = 140\%$. La rugiada! Avviene quando cala la temperatura.



Come si pattina su ghiaccio?



Come si pattina su ghiaccio?



- Prendiamo un cubetto di ghiaccio, e un filo da sarta
- Spingiamo con forza sopra il cubetto per un minuto circa
- Dopo un po', il filo penetra nel cubetto.
- La forte pressione ha sciolto localmente il ghiaccio, senza alzare la temperatura
- **Anche i ghiacciai si spostano in questo modo (oltre al pattinaggio e lo sci)**

Thank you
for your
attention!

