

FORZE DI COESIONE

- materiali rigidi

↳ forze di legame infinite

- materiali **deformabili** (distensibili)

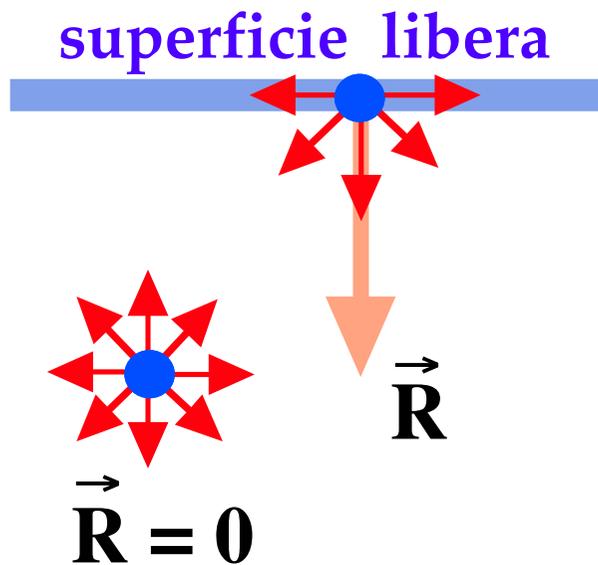
↳ forze di legame finite e dipendenti da stato di deformazione del materiale

forze di **COESIONE**

descrizione semplice nei liquidi

TENSIONE SUPERFICIALE

forze di **COESIONE** nei **LIQUIDI**



causano

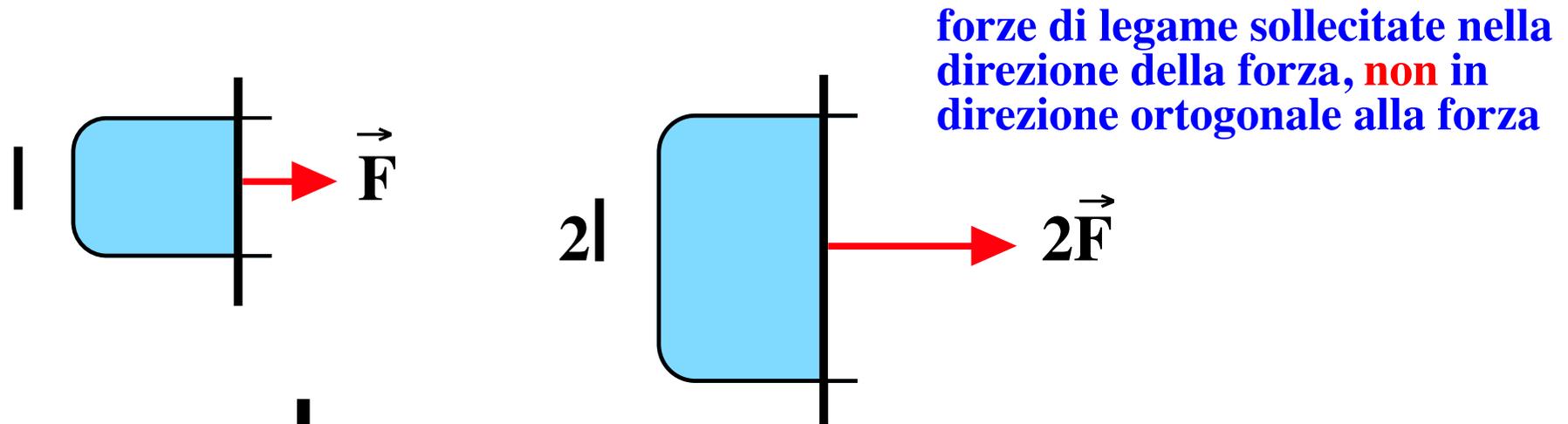
- forze che si esplicano alla superficie libera
- tangenziali alla superficie
- perpendicolari al contorno

rendono

minima la superficie libera

TENSIONE SUPERFICIALE

minima la superficie libera



$$F \propto l$$

forze di tensione superficiale

$$F = \tau l$$

tensione superficiale

$$\tau = \frac{F}{l}$$

Fenomeni di superficie-Capillarità

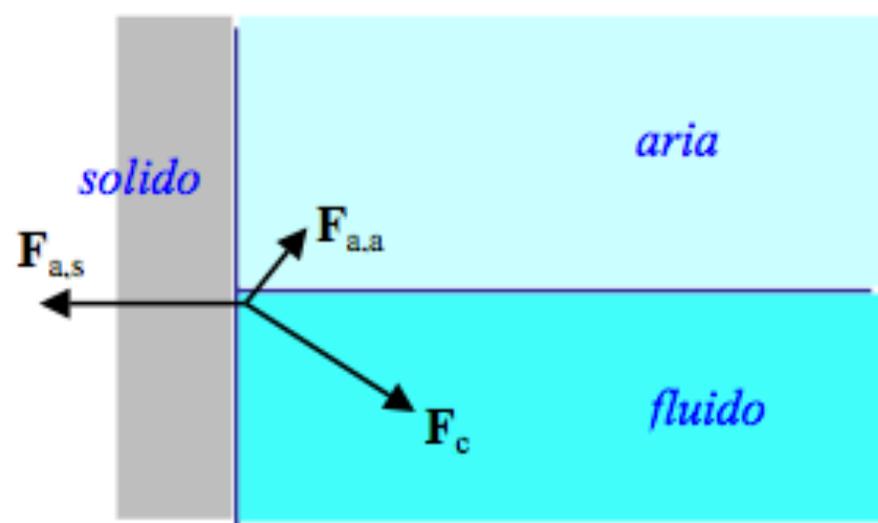
La risultante delle forze di interazione molecolare su una molecola è spesso denominata *forza di coesione* (se si sviluppa fra molecole identiche) o *forza di adesione* (se si sviluppa fra molecole diverse).

forze di coesione \Rightarrow tengono insieme le sostanze

forze di adesione \Rightarrow fanno attrarre sostanze diverse (acqua su vetro)

La condizione di equilibrio di un fluido in presenza di più sostanze è determinata dalla reciproca intensità delle forze di adesione e coesione.
Esempio: fluidi a contatto con la parete solida del contenitore (acqua in un bicchiere a contatto con l'aria) .

Le molecole di un liquido in vicinanza della parete sentono la forza di coesione del fluido \vec{F}_c diretta verso l'interno del fluido, la forza di adesione liquido-gas $\vec{F}_{a,a}$ diretta verso l'interno del gas, la forza di adesione liquido-solido $\vec{F}_{a,s}$ diretta verso l'interno del solido.



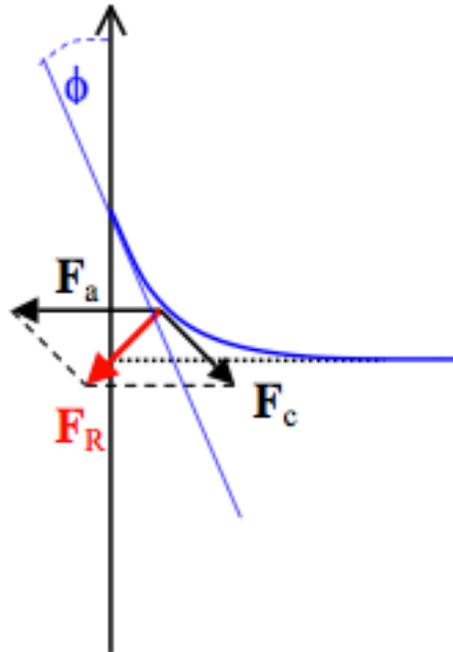
La $\vec{F}_{a,a}$ è così debole da poter essere trascurata.

Le restanti due forze, vista la loro direzione e verso, non possono avere risultante nulla \Rightarrow all'equilibrio la superficie libera del fluido deve essere *ortogonale alla risultante delle forze* agenti.

Si possono avere due casi:

a)

$$\vec{F}_a > \vec{F}_c$$



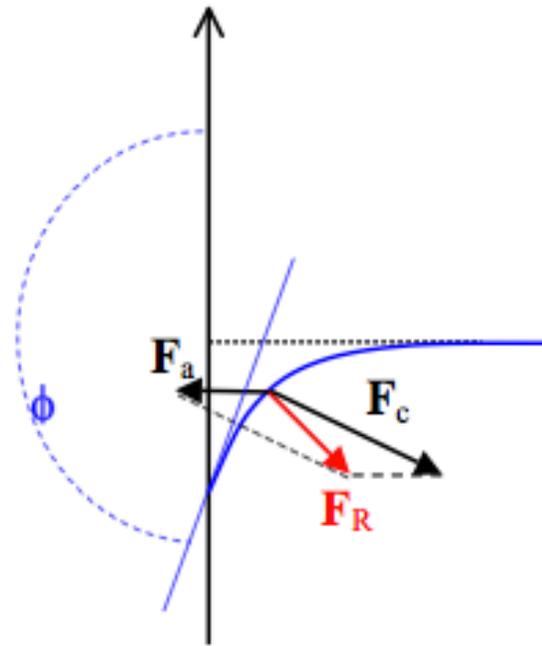
Innalzamento del liquido
lungo la parete \Rightarrow

il liquido bagna la parete

ovvero: $0 < \phi < \pi/2$

b)

$$\vec{F}_a < \vec{F}_c$$



Allontanamento del liquido
dalla parete \Rightarrow

il liquido non bagna la parete

ovvero: $\pi/2 < \phi < \pi$

$\phi = \text{angolo di raccordo}$ (angolo fra la tangente alla superficie del liquido, nel punto di contatto con la parete, e la verticale ascendente)
Esso dipende dalla coppia liquido-solido

Acqua-vetro

$$\phi = 0^\circ$$

Benzina-vetro

$$\phi = 26^\circ$$

Acqua-paraffina

$$\phi = 107^\circ$$

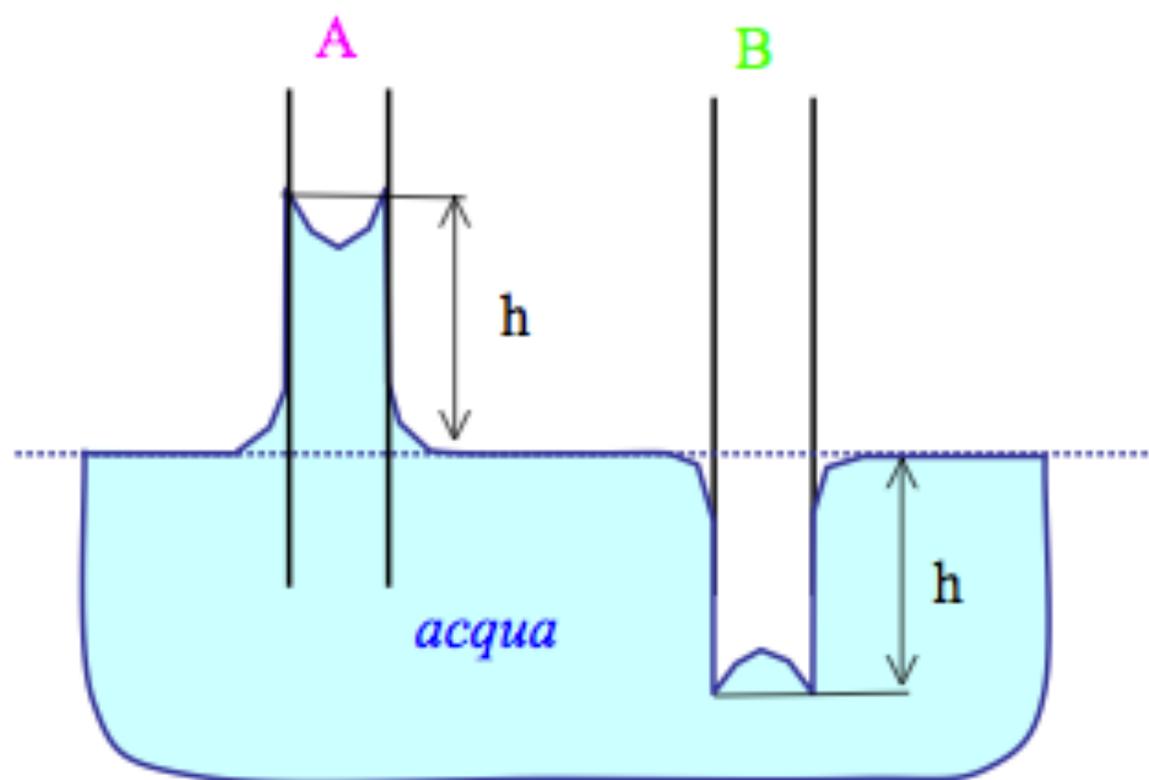
Acqua-teflon

$$\phi = 127^\circ$$

Mercurio-acqua

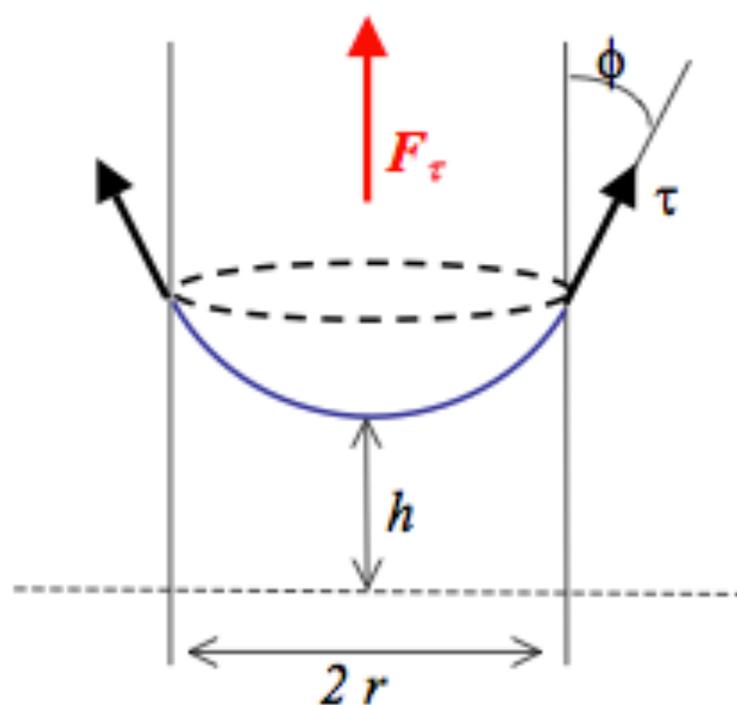
$$\phi = 140^\circ$$

L'incurvamento della superficie è osservabile solo in prossimità ($\leq mm$) delle pareti; questo in tubi di piccole dimensioni trasversali (cosiddetti *tubi capillari*) da luogo al **fenomeno della capillarità**: il livello della superficie libera del fluido nel capillare è diverso da quello nel resto del recipiente (in contraddizione apparente con la legge di Stevino)



Capillari
in A di vetro,
in B di teflon.

Calcoliamo h , nel caso **A**, per un capillare di raggio r



$$F_{\tau} = \tau \cdot \cos \phi \cdot L$$

$$\text{con } L = 2\pi r$$

$$F_{\tau} = \tau \cdot \cos \phi \cdot 2\pi r$$

$$\text{All'equilibrio } F_{\tau} = mg$$

$$\text{con } m = \rho \cdot V \approx \rho \pi r^2 h$$

$$\text{Quindi } \tau \cdot \cos \phi \cdot 2\pi r = \rho \cdot \pi r^2 h \cdot g \Rightarrow$$

$$h = \frac{2\tau \cdot \cos \phi}{\rho g r}$$

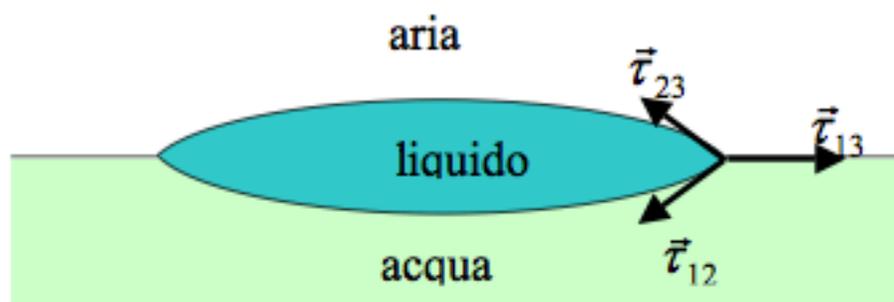
Legge di Jurin (vale anche nel caso **B**)

Contatto fluido-fluido.

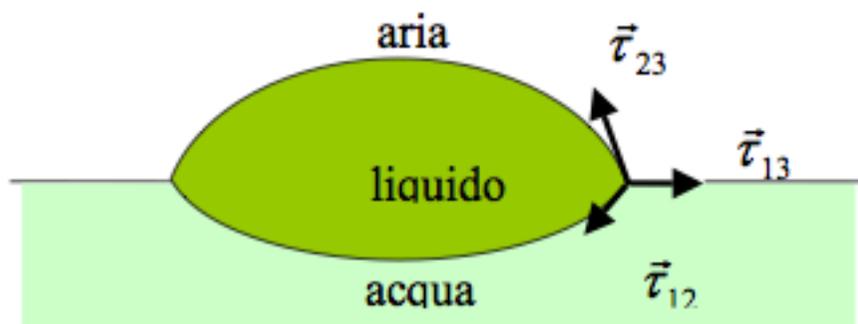
Comportamento di una goccia di liquido (2) su uno strato di acqua (1) in una atmosfera di aria(3).

Ci sono tre superfici di discontinuità: superficie di contatto liquido-aria
superficie di contatto liquido-acqua
superficie di contatto acqua-aria.

Esempio 1



Esempio 2



Ogni punto delle linee di contatto deve essere in equilibrio sotto l'azione delle tensioni superficiali (tangenti alle rispettive superfici di separazione).

$$\vec{\tau}_{12} + \vec{\tau}_{13} + \vec{\tau}_{23} = 0 \Rightarrow \vec{\tau}_{13} = -\vec{\tau}_{12} - \vec{\tau}_{23}$$

Il problema è che non sempre la relazione precedente può essere verificata. Ad esempio se il liquido (2) è olio ($\tau_{12} = 21 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$, $\tau_{23} = 32 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$, $\tau_{13} = 73 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$) non si raggiunge mai l'equilibrio e l'olio si espande sull'acqua fino a formare una lamina di spessore molecolare.