

Università degli Studi di Milano

Facoltà di Medicina e Chirurgia

Corso di laurea Tecniche Ortopediche

Corso di Fisica A.A. 2022-2023

Docente: Marie Claire Cantone

FENOMENI ALLA SUPERFICIE DEI FLUIDI

FENOMENI DI SUPERFICIE

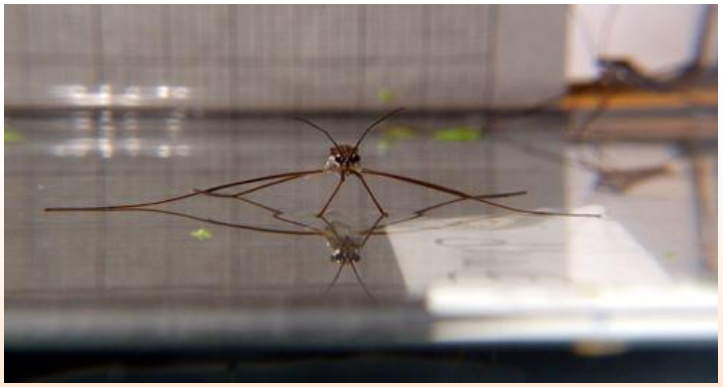
Fenomeni che si manifestano alla superficie di separazione fra due mezzi. La superficie libera dei liquidi a causa delle forze molecolari di coesione presenta particolari proprietà; tende ad assumere conformazioni di area superficiale minima, ad esempio, per piccole quantità di liquido, tende ad assumere una forma sferica o una forma a goccia sotto l'azione della forza di gravità.

FENOMENI DI SUPERFICIE

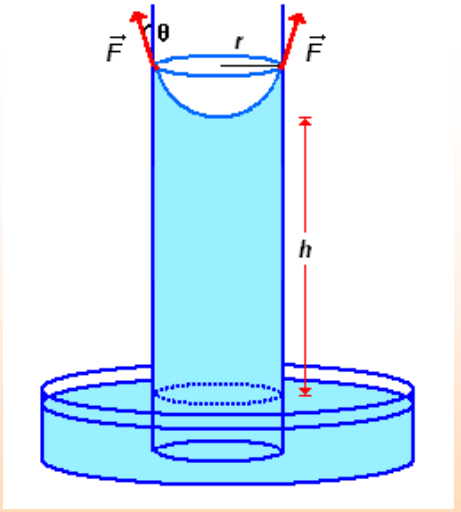
Fenomeni che si manifestano alla superficie di separazione fra due mezzi. La superficie libera dei liquidi a causa delle forze molecolari di coesione presenta particolari proprietà; tende ad assumere conformazioni di area superficiale minima, ad esempio, per piccole quantità di liquido, tende ad assumere una forma sferica o una forma a goccia sotto l'azione della forza di gravità.



Gocce a forma sferica



Il peso di un insetto acquatico può essere sostenuto dalla forza dovuta alla deformazione della superficie del liquido.



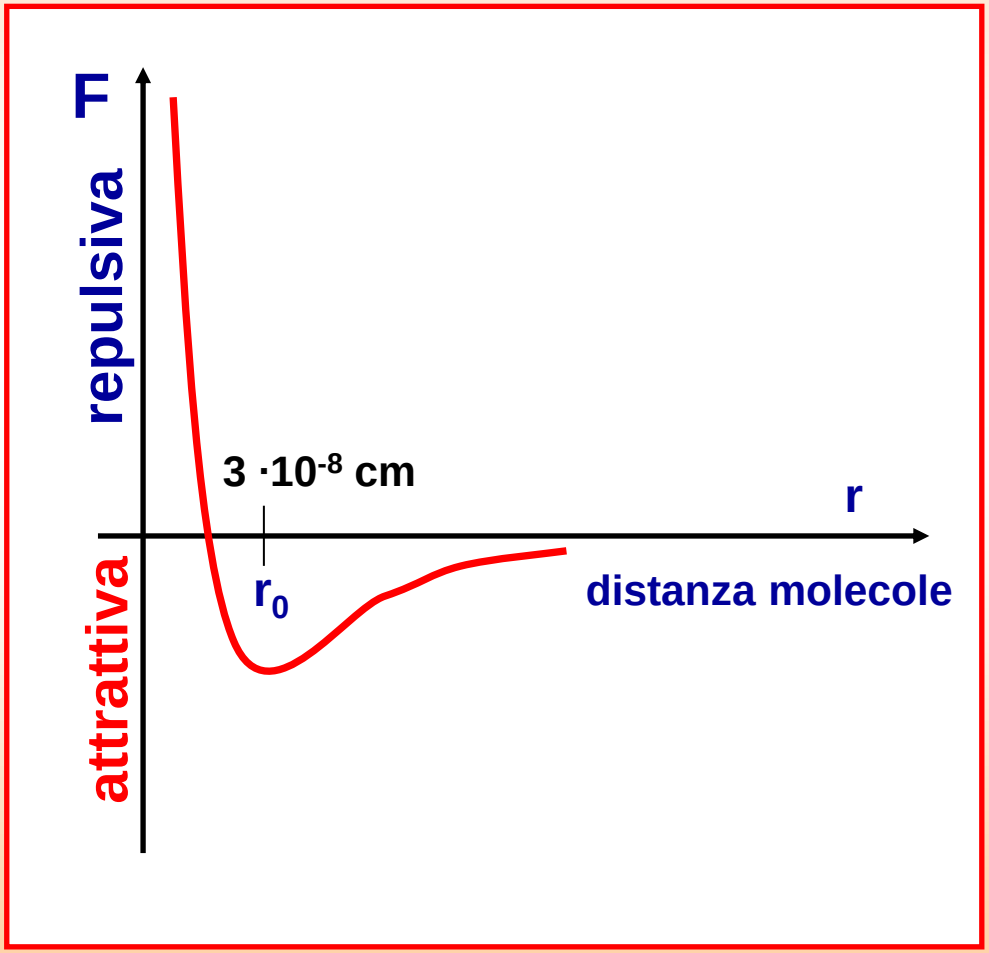
Fenomeno della capillarità

FORZE DI COESIONE

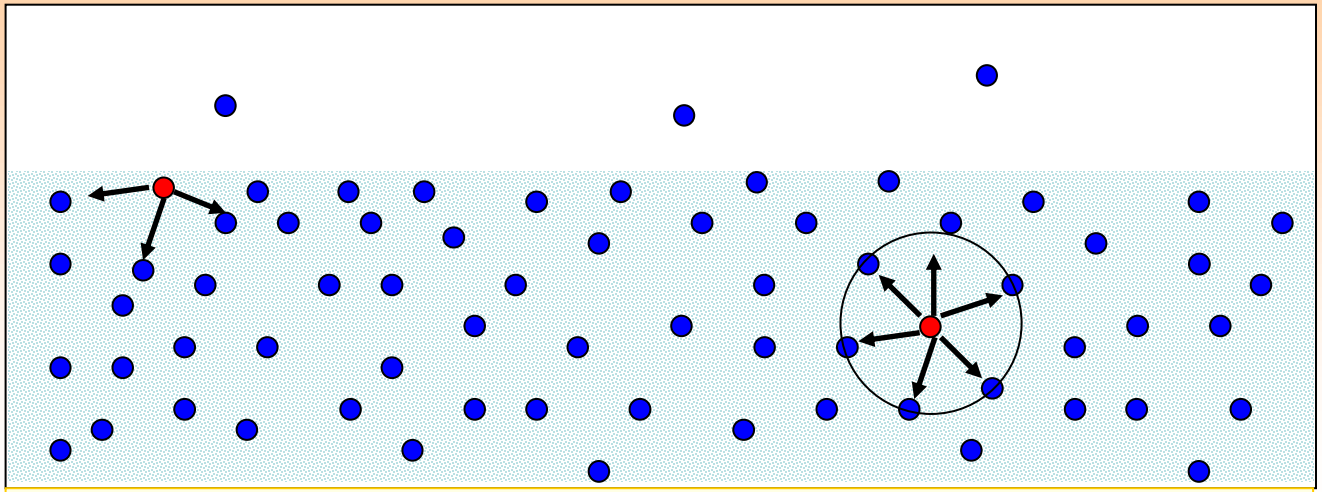
Fra le molecole di una sostanza (solida, liquida, areiforme) agiscono forze di interazione di natura elettromagnetica .

Forze di coesione attrattive, nel caso di liquidi e di areiformi, agiscono entro una sfera d'azione.

L'intensità di queste forze decresce sensibilmente per distanze maggiori della distanza media molecolare ($3 \cdot 10^{-8}$ cm).



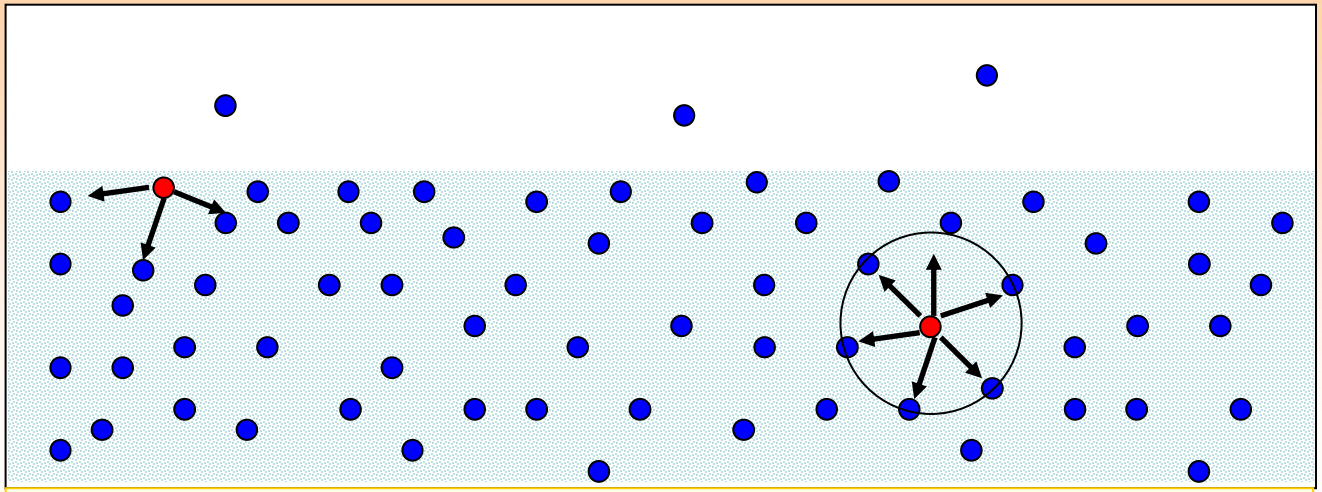
FORZE DI COESIONE



Molecole di una sostanza in fase liquida e nella fase di vapore coesistente. Sono indicate le forze di coesione.

Una molecola all' interno del liquido risente delle forze attrattive con le molecole che la circondano e quindi si trova in equilibrio (le molecole all'interno si muovono liberamente).

FORZE DI COESIONE

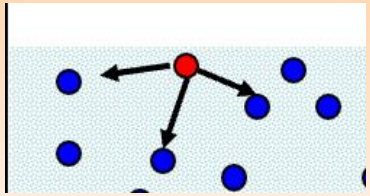


Molecole di una sostanza in fase liquida e nella fase di vapore coesistente. Sono indicate le forze di coesione.

Una molecola all' interno del liquido risente delle forze attrattive con le molecole che la circondano e quindi si trova in equilibrio (le molecole all'interno si muovono liberamente).

Una molecola ad una distanza della superficie minore del raggio d'azione della forza di coesione è soggetta ad una forza risultante diretta verso l'interno del liquido (le molecola in uno strato superficiale risentono di una forza di richiamo verso l'interno)

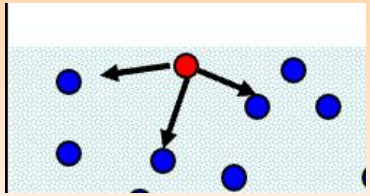
TENSIONE SUPERFICIALE



- **Le molecole che si trovano sulla superficie di un liquido si dispongono molto vicine le une alle altre e viene a minimizzarsi la superficie stessa.**

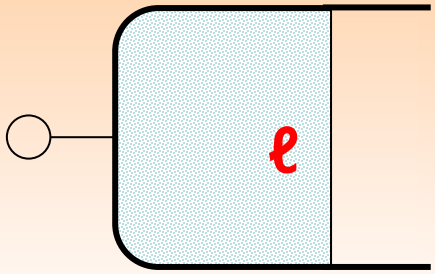
- **La superficie libera di un liquido non può aumentare spontaneamente, anzi tende a contrarsi.**

TENSIONE SUPERFICIALE



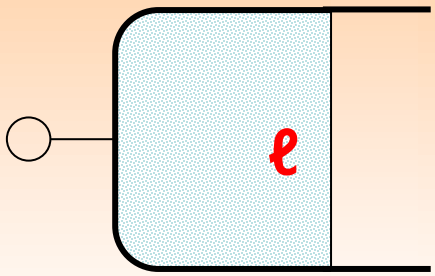
- **Le molecole che si trovano sulla superficie di un liquido si dispongono molto vicine le une alle altre e viene a minimizzarsi la superficie stessa.**
- **La superficie libera di un liquido non può aumentare spontaneamente, anzi tende a contrarsi.**
- **Per portare molecole dall'interno alla superficie e quindi per aumentare la superficie del liquido è necessario compiere lavoro.**
- **L'energia necessaria per aumentare l'area, per unità di area esprime la "tensione superficiale".**

TENSIONE SUPERFICIALE

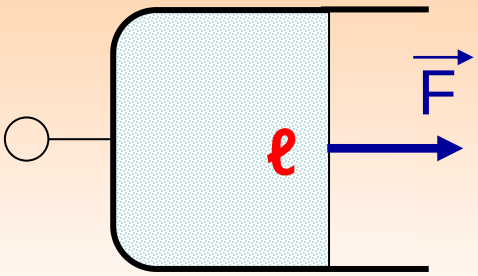


Lamina di liquido
(acqua saponata)

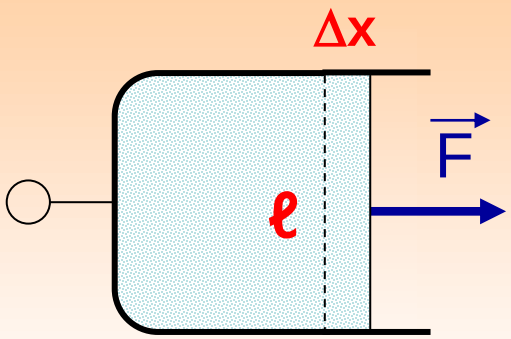
TENSIONE SUPERFICIALE



Lamina di liquido (acqua saponata)



Forza applicata per incrementare l'area

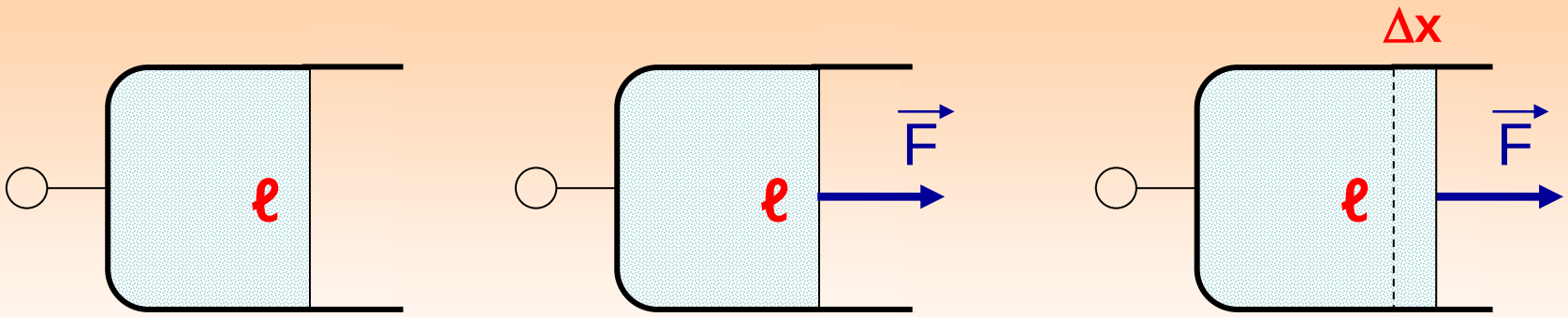


Area incrementata

$\Delta S = 2\,\ell\,\Delta x$

Forza per unità di lunghezza che agisce tangenzialmente alla superficie e perpendicolarmente al contorno.

TENSIONE SUPERFICIALE



Lamina di liquido (acqua saponata)

Forza applicata per incrementare l'area

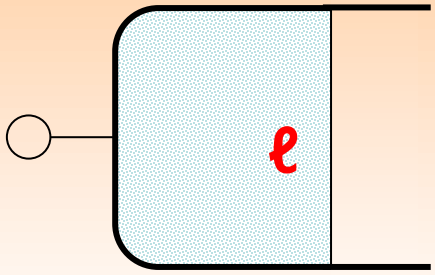
Area incrementata
$\Delta S = 2\,\ell\,\Delta x$

$L = \tau\,\Delta S$ → $\tau = L / \Delta S$

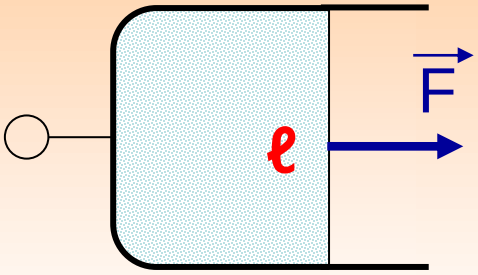
Forza per unità di lunghezza che agisce tangenzialmente alla superficie e perpendicolarmente al contorno.

Unità di misura nel S. I.
N/m oppure J/m^2

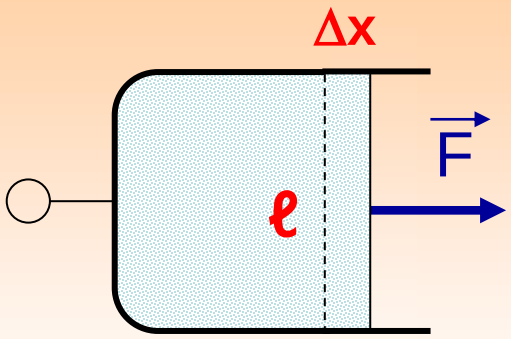
TENSIONE SUPERFICIALE



Lamina di liquido
(acqua saponata)



Forza applicata per
incrementare l'area



Area incrementata
$\Delta S = 2\,\ell\,\Delta x$

$L = \tau\,\Delta S$ → $\tau = L / \Delta S$

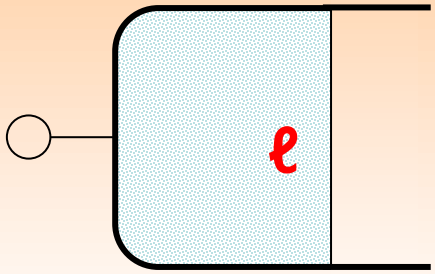
$F\,\Delta x = \tau\ 2\,\ell\,\Delta x$

$F = \tau\ 2\,\ell$ → $\tau = F / 2\ell$

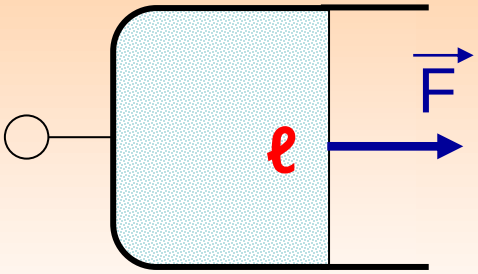
Forza per unità di lunghezza che agisce tangenzialmente alla superficie e perpendicolarmente al contorno.

Unità di misura nel S. I.
N/m oppure J/m^2

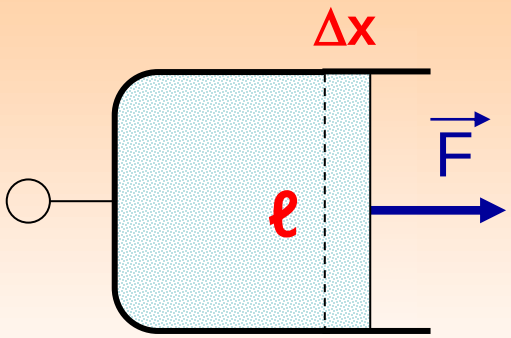
TENSIONE SUPERFICIALE



Lamina di liquido
(acqua saponata)



Forza applicata per
incrementare l'area



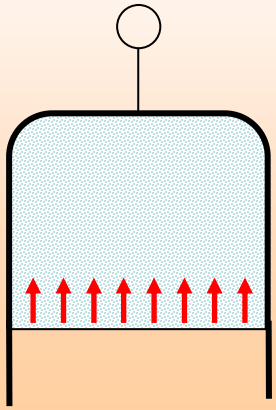
Area incrementata
$\Delta S = 2\,\ell\,\Delta x$

$L = \tau\,\Delta S$ → $\tau = L / \Delta S$

$F\,\Delta x = \tau\ 2\,\ell\,\Delta x$

$F = \tau\ 2\,\ell$ → $\tau = F / 2\ell$

Forza per unità di lunghezza che agisce tangenzialmente alla superficie e perpendicolarmente al contorno.



Unità di misura nel S. I.
N/m oppure J/m^2

TENSIONE SUPERFICIALE

Tensione superficiale (N/m) per liquidi a contatto con aria

Acqua	$7.56\ 10^{-2}$	0°C
	$7.25\ 10^{-2}$	20 °C
	$6.62\ 10^{-2}$	60 °C
	$5.89\ 10^{-2}$	100 °C
Olio oliva	$3.20\ 10^{-2}$	20 °C
Mercurio	0.465	20 °C

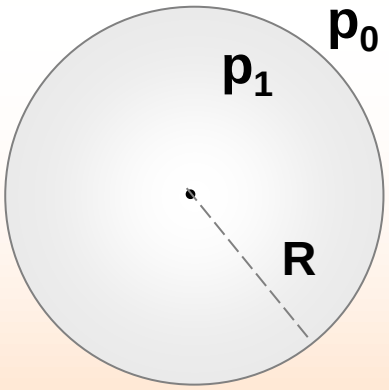
TENSIONE DELLE SUPERFICI CURVE

In ogni punto della superficie di una goccia sferica agiscono forze di tensione che tendono a diminuire la superficie.

Queste forze inducono un aumento della pressione all'interno della sfera.

In condizione di equilibrio le forze dovute di pressione equilibrano le forze di tensione $F_\tau = F_p$

$F_\tau = \tau \ell$ $\qquad$ $F_p = \Delta p\, S$



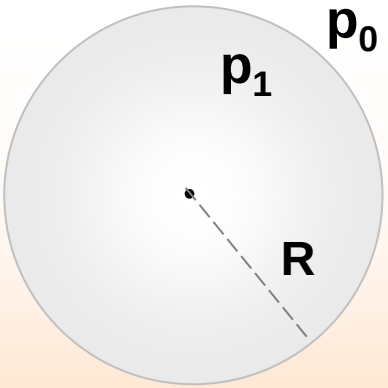
$\Delta p = p_1 - p_0$

TENSIONE DELLE SUPERFICI CURVE

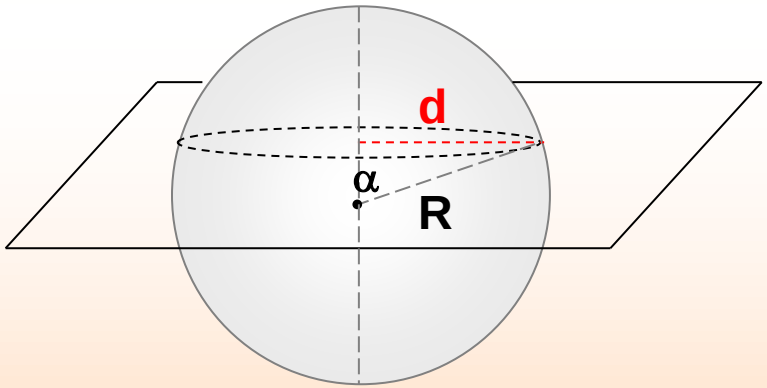
In ogni punto della superficie di una goccia sferica agiscono forze di tensione che tendono a diminuire la superficie.

Queste forze inducono un aumento della pressione all'interno della sfera.

In condizione di equilibrio le forze dovute di pressione equilibrano le forze di tensione



$\Delta p = p_1 - p_0$



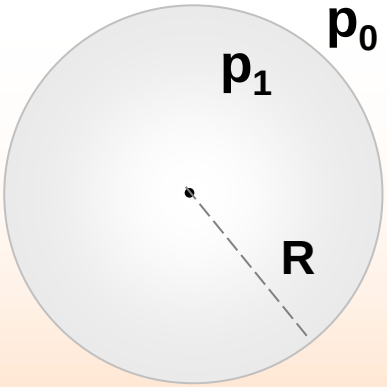
$d = R \text{ sen } \alpha$

TENSIONE DELLE SUPERFICI CURVE

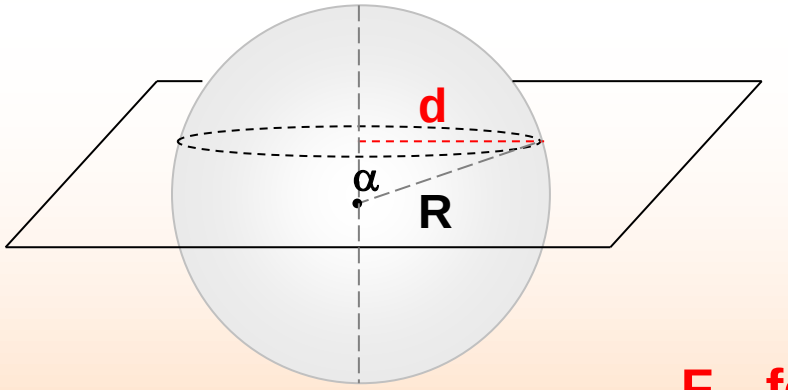
In ogni punto della superficie di una goccia sferica agiscono forze di tensione che tendono a diminuire la superficie.

Queste forze inducono un aumento della pressione all'interno della sfera.

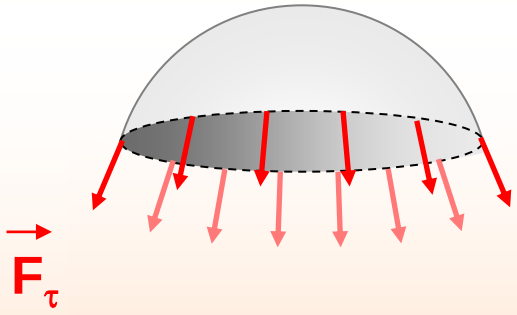
In condizione di equilibrio le forze dovute di pressione equilibrano le forze di tensione



$\Delta p = p_1 - p_0$



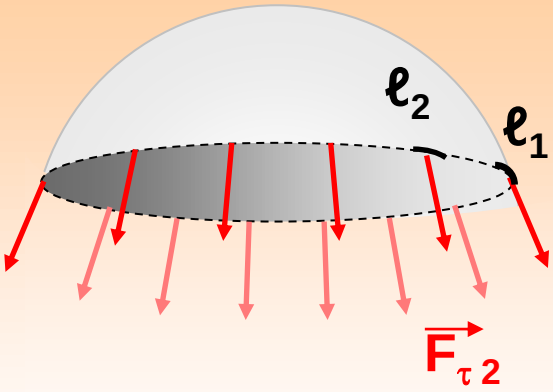
$d = R \text{ sen } \alpha$



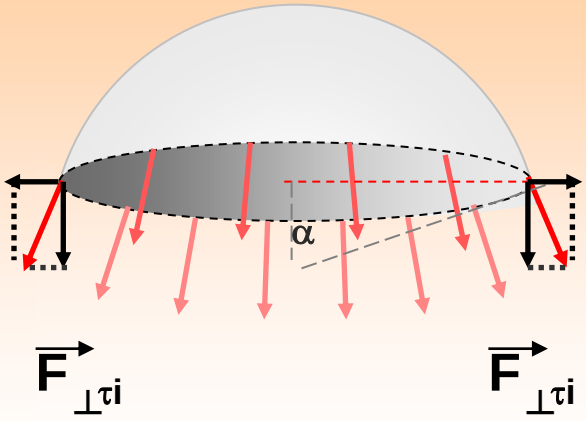
F_τ forze di tensione che agiscono tangenzialmente alla superficie sferica e perpendicolarmente al contorno

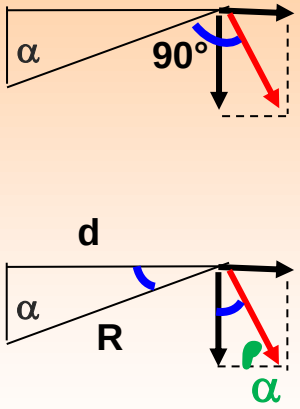
FORZE DI TENSIONE

$d = R \text{ sen } \alpha$ R = raggio sfera



$\vec{F}_{\tau 1}$





$$F_\tau = \tau\, 2\pi\, d \text{ sen } \alpha$$

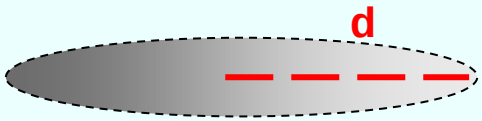
Per le forze di tensione superficiale:

le singole **componenti verticali**

$$F_{\perp \tau i} = \tau\, \ell_i \text{ sen } \alpha$$

danno una risultante

$$F_{\perp \tau} = \tau\, 2\pi\, d \text{ sen } \alpha$$

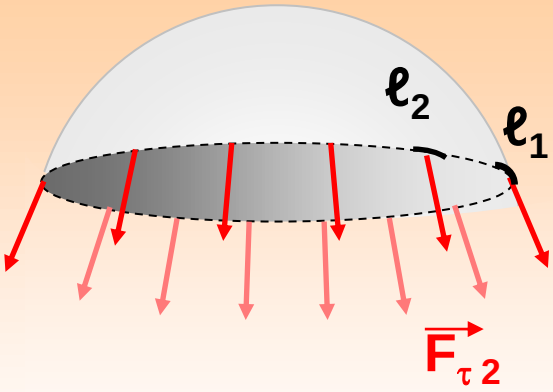


circonferenza di raggio d

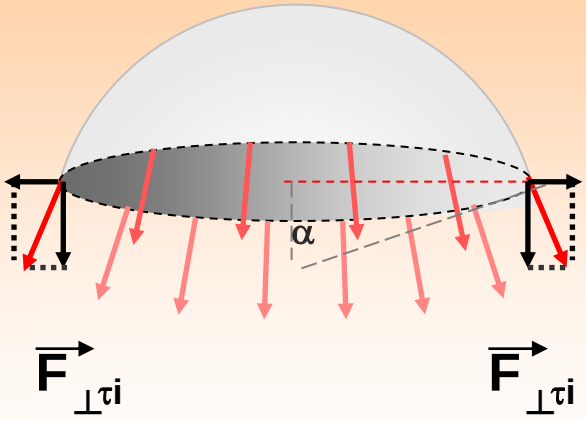
Le singole componenti orizzontali danno risultante nulla

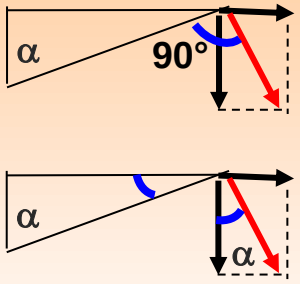
FORZE DI TENSIONE

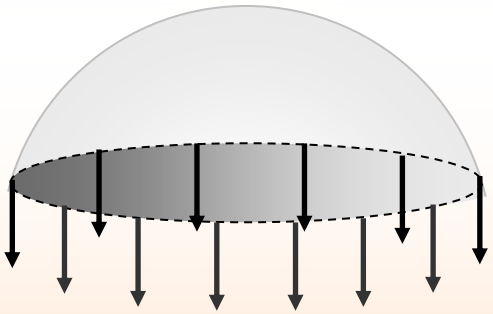
$d = R \sen \alpha$ R = raggio sfera











Risultante

$F_{\perp \tau} = \tau \, 2\pi \, d \sen \alpha$

Per le forze di tensione superficiale:

le singole componenti verticali

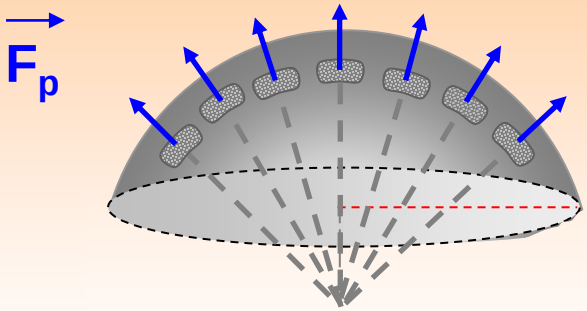
$F_{\perp \tau i} = \tau \, \ell_i \sen \alpha$

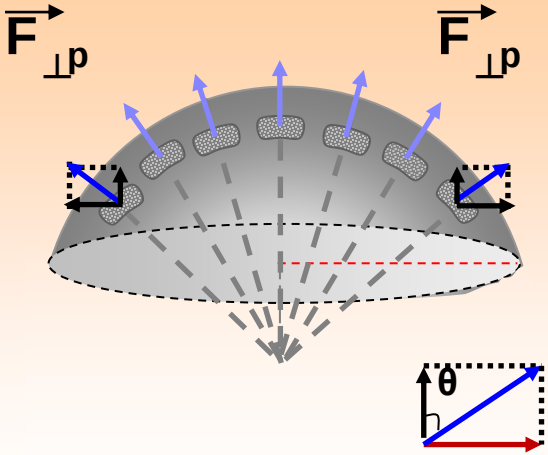
danno una risultante

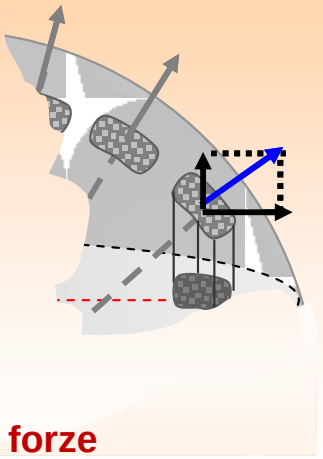
$F_{\perp \tau} = \tau \, 2\pi \, d \sen \alpha$

Le singole componenti orizzontali danno risultante nulla

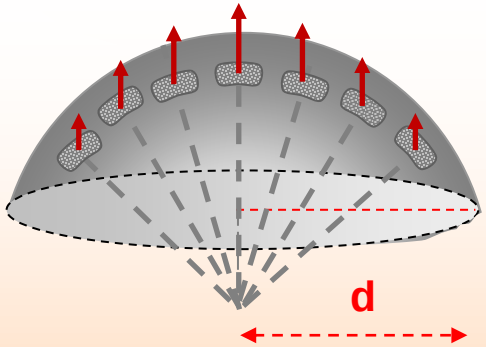
FORZE DI PRESSIONE







risultante delle forze orizzontali è nulla



$$F_{\perp p} = \Delta p \, \pi \, d^2$$

Per le forze di pressione:

le singole componenti verticali

$$F_{\perp\, pi} = \Delta p \, S_i \cos\theta$$

danno una risultante

$$F_{\perp p} = \Delta p \, \pi \, d^2$$

area della circonferenza di raggio d

Le componenti orizzontali danno risultante nulla

TENSIONE DELLE SUPERFICI CURVE

In condizione di equilibrio $F_{\perp \tau} = F_{\perp p}$

$F_{\perp \tau} = \tau\, 2\pi\, d \,\text{sen}\, \alpha$ **Forza di tensione**

$F_{\perp p} = \Delta p\, \pi\, d^2$ **Forza di pressione**

TENSIONE DELLE SUPERFICI CURVE

In condizione di equilibrio $F_{\perp \tau} = F_{\perp p}$

$F_{\perp \tau} = \tau\, 2\pi\, d \,\text{sen}\, \alpha$ — **Forza di tensione**

$F_{\perp p} = \Delta p\, \pi\, d^2$ — **Forza di pressione**

$$\Delta p\, \pi\, d^2 = \tau\, 2\pi\, d \,\text{sen}\, \alpha$$

TENSIONE DELLE SUPERFICI CURVE

In condizione di equilibrio $F_{\perp \tau} = F_{\perp p}$

$F_{\perp \tau} = \tau\, 2\pi\, d \,\text{sen}\, \alpha$

Forza di tensione

$F_{\perp p} = \Delta p\, \pi\, d^2$

Forza di pressione

$d = R \,\text{sen}\, \alpha$

$\text{sen}\, \alpha / d = 1/R$

$\Delta p\, \cancel{\pi}\, d^2 = \tau\, 2\cancel{\pi}\, d \,\text{sen}\, \alpha$

$$\Delta p = 2\,\tau\,\frac{\text{sen}\,\alpha}{d}$$

TENSIONE DELLE SUPERFICI CURVE

In condizione di equilibrio $F_{\perp \tau} = F_{\perp p}$

$F_{\perp \tau} = \tau\, 2\pi\, d \,\text{sen}\, \alpha$

Forza di tensione

$F_{\perp p} = \Delta p\, \pi\, d^2$

Forza di pressione

$d = R \,\text{sen}\, \alpha$

$\text{sen}\, \alpha / d = 1/R$

$\Delta p\, \pi\, d^2 = \tau\, 2\pi\, d \,\text{sen}\, \alpha$

$\Delta p = 2\, \tau \dfrac{\text{sen}\, \alpha}{d}$

$\Delta p = \dfrac{2\, \tau}{R}$

TENSIONE DELLE SUPERFICI CURVE

In condizione di equilibrio $F_{\perp \tau} = F_{\perp p}$

$F_{\perp \tau} = \tau\, 2\pi\, d \,\text{sen}\,\alpha$

Forza di tensione

$F_{\perp p} = \Delta p\, \pi\, d^2$

Forza di pressione

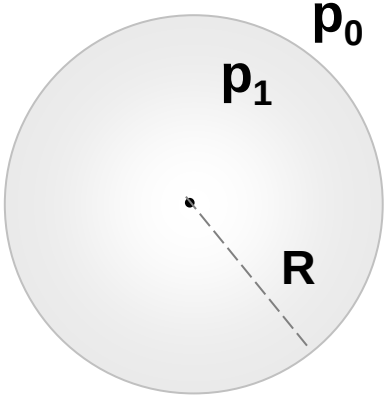
$d = R \,\text{sen}\,\alpha$

$\text{sen}\,\alpha / d = 1/R$

$\Delta p\, \pi\, d^2 = \tau\, 2\pi\, d \,\text{sen}\,\alpha$

$$\Delta p = 2\tau \frac{\text{sen}\,\alpha}{d}$$

$$\Delta p = \frac{2\tau}{R}$$

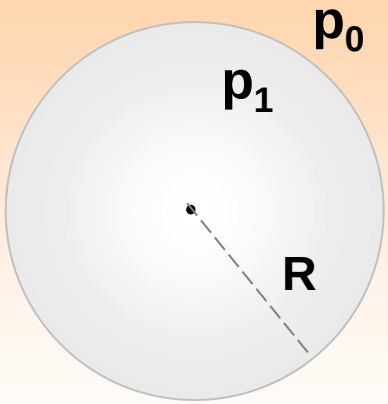


$\Delta p = p_1 - p_0$

$$\Delta p = \frac{2\tau}{R}$$

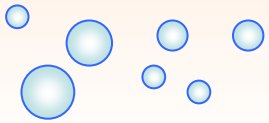
Per una superficie sferica del liquido (goccia) la tensione superficiale genera una differenza di pressione, fra interno ed esterno, che è inversamente proporzionale al raggio di curvatura

LEGGE DI LAPLACE



$\Delta p = p_1 - p_0$

$$\Delta p = \frac{2\tau}{R}$$

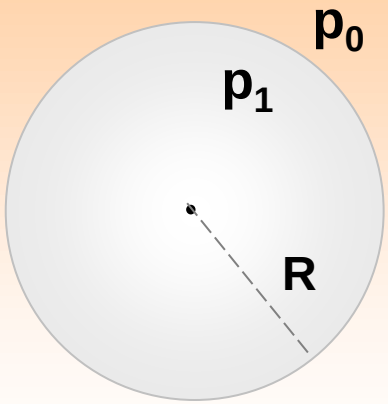


gocce

Differenza di pressione fra interno ed esterno per una superficie sferica di separazione liquido-areiforme.

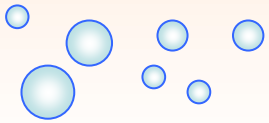


LEGGE DI LAPLACE



$\Delta p = p_1 - p_0$

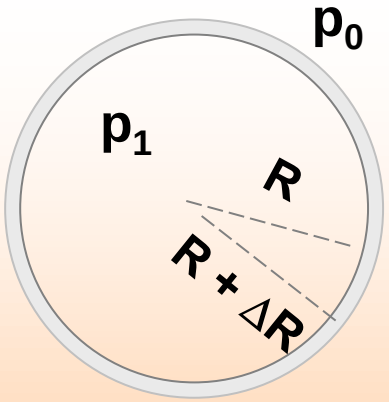
$$\Delta p = \frac{2\tau}{R}$$



gocce

Differenza di pressione fra interno ed esterno per una superficie sferica di separazione liquido-areiforme.





$\Delta p = p_1 - p_0$

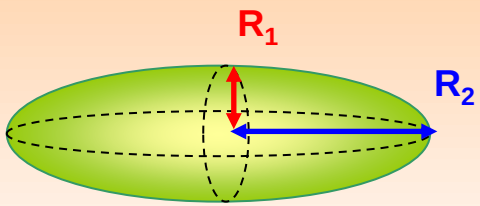
$$\Delta p = \frac{4\tau}{R}$$

Bolle di sapone

Differenza di pressione fra interno ed esterno per due superfici sferiche di separazione liquido-areiforme.

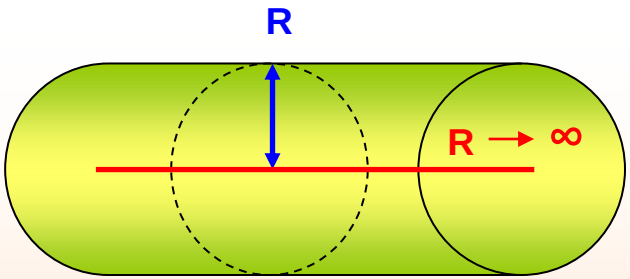


LEGGE DI LAPLACE



Differenza di pressione fra interno ed esterno per una superficie curva generica di separazione liquido-areiforme.

$$\Delta p = \tau \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$



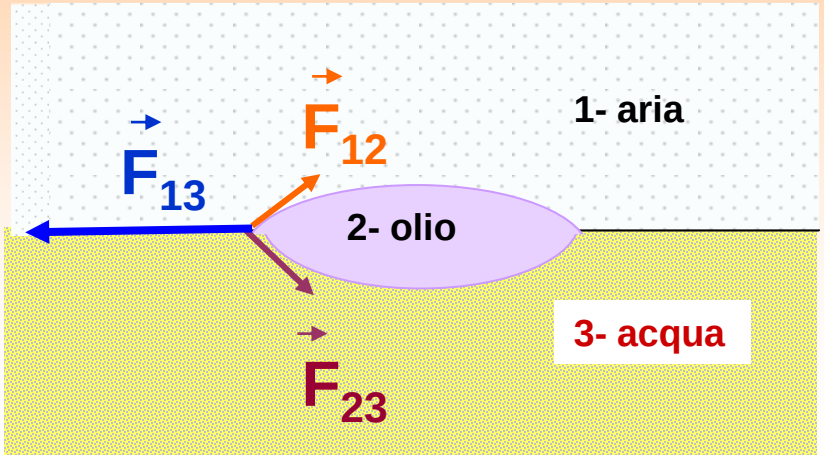
Differenza di pressione fra interno ed esterno per una superficie cilindrica di separazione liquido-areiforme.

$$\Delta p = \tau \frac{1}{R}$$

$$\Delta p = \frac{2\tau}{R}$$

per sfera

LAMINE SOTTILI

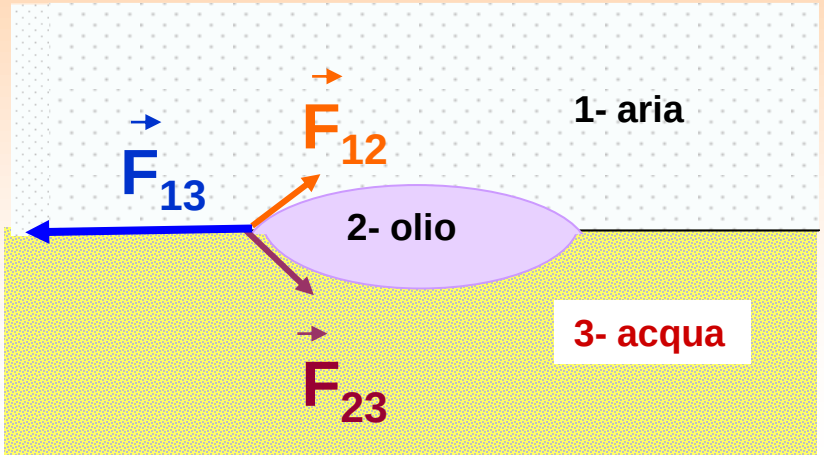


Es. goccia di olio sulla superficie di acqua.

Sulla linea di intersezione delle tre superfici libere, ogni punto deve essere in equilibrio.

$$\vec{F}_{13} + \vec{F}_{12} + \vec{F}_{23} = 0$$

LAMINE SOTTILI



Es. goccia di olio sulla superficie di acqua.

Sulla linea di intersezione delle tre superfici libere, ogni punto deve essere in equilibrio.

$$\vec{F}_{13} + \vec{F}_{12} + \vec{F}_{23} = 0$$

Nel caso di olio in acqua vale che:

$$\tau_{13} > \tau_{12} + \tau_{23}$$

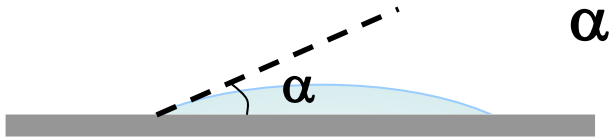
L'equilibrio quindi non è raggiungibile e l'olio si espande riducendosi ad uno strato molecolare.

ANGOLI DI CONTATTO - ADESIONE

La superficie di un liquido a contatto con una superficie solida forma un angolo (angolo di contatto α) la cui ampiezza dipende dall' equilibrio fra la forza di coesione (forza fra le molecole del liquido) e la forza di adesione (forze che il solido esercita sulle molecole di liquido).

Goccia di acqua su solido

(forze di adesione prevalgono sulle forze di coesione)



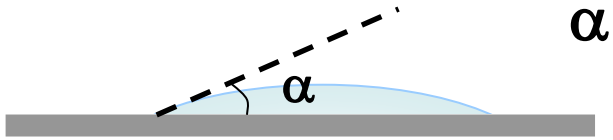
$\alpha < 90°$

ANGOLI DI CONTATTO - ADESIONE

La superficie di un liquido a contatto con una superficie solida forma un angolo (angolo di contatto α) la cui ampiezza dipende dall' equilibrio fra la forza di coesione (forza fra le molecole del liquido) e la forza di adesione (forze che il solido esercita sulle molecole di liquido).

Goccia di acqua su solido

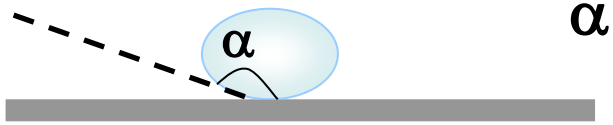
(forze di adesione prevalgono sulle forze di coesione)



$\alpha < 90°$

Goccia di mercurio su solido

(forze di coesione prevalgono sulle forze di adesione)

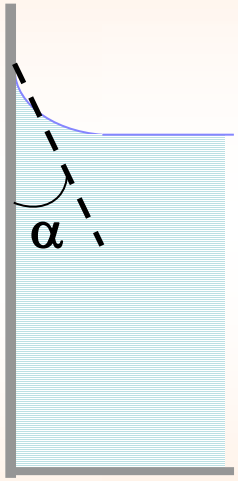


$\alpha > 90°$

ANGOLI DI CONTATTO

Anche l'angolo di contatto della superficie libera in vicinanza di una parete verticale è il risultato delle forze di coesione e di adesione e la superficie assume una configurazione detta menisco.

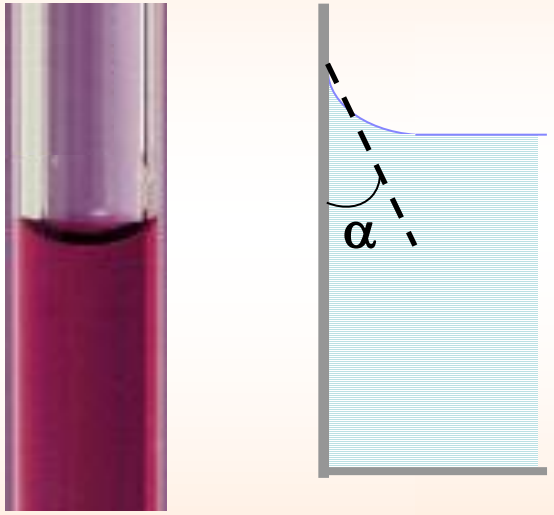




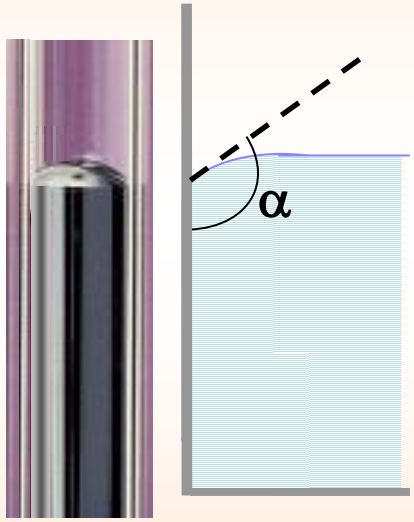
Menisco concavo, ove il liquido tende a bagnare la parete, ad es. nel caso di acqua-vetro.

ANGOLI DI CONTATTO

Anche l'angolo di contatto della superficie libera in vicinanza di una parete verticale è il risultato delle forze di coesione e di adesione e la superficie assume una configurazione detta menisco.

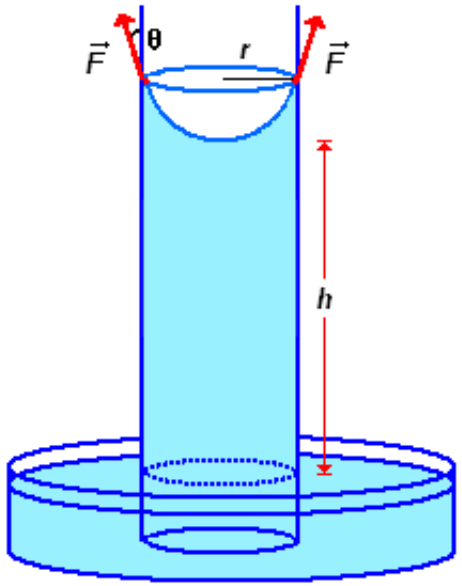


Menisco concavo, ove il liquido tende a bagnare la parete, ad es. nel caso di acqua-vetro.



Menisco convesso, ove il liquido tende a non bagnare la parete, ad es. nel caso di mercurio-vetro.

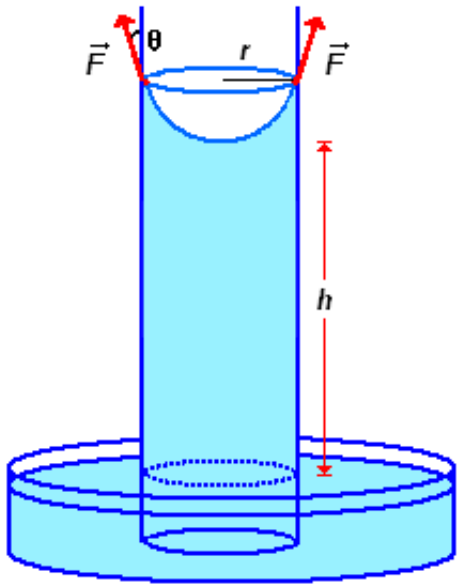
CAPILLARITA’



In un tubo di raggio molto piccolo (capillare r < 0.1 mm) diventano molto evidenti gli effetti delle forze di adesione.

In un capillare un liquido tende a disporsi ad una altezza diversa da quella raggiunta su una superficie estesa ad esso collegata.

CAPILLARITA’



In un tubo di raggio molto piccolo (capillare r < 0.1 mm) diventano molto evidenti gli effetti delle forze di adesione.
In un capillare un liquido tende a disporsi ad una altezza diversa da quella raggiunta su una superficie estesa ad esso collegata.

Differenza di livello h per l’equilibrio fra:

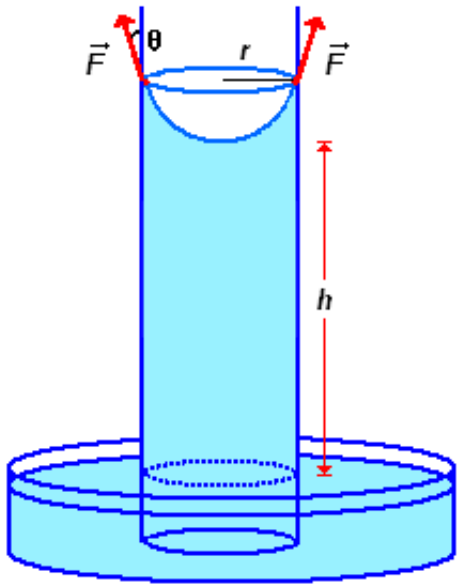
- **componente verticale della forza di tensione**

$$F_{\perp\tau} = 2\pi r\, \tau \cos\theta$$

- **forza peso della colonna**

$$F_{peso} = \rho\, V\, g = \rho\, \pi r^2\, h\, g$$

CAPILLARITA’



In un tubo di raggio molto piccolo (capillare r < 0.1 mm) diventano molto evidenti gli effetti delle forze di adesione.
In un capillare un liquido tende a disporsi ad una altezza diversa da quella raggiunta su una superficie estesa ad esso collegata.

Differenza di livello h per l’equilibrio fra:

- **componente verticale della forza di tensione**

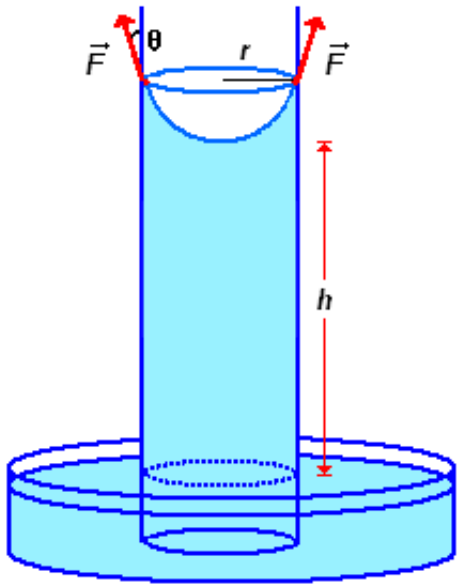
$$F_{\perp\tau} = 2\pi r\, \tau \cos\theta$$

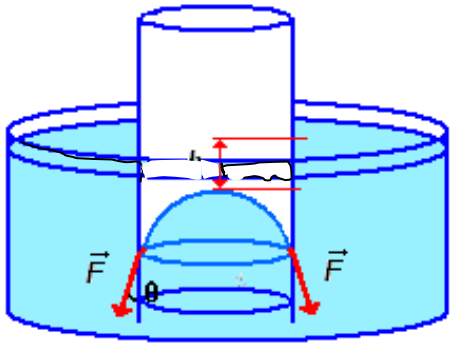
- **forza peso della colonna**

$$F_{peso} = \rho\, V\, g = \rho\, \pi r^2\, h\, g$$

Legge di Borelli - Jurin

CAPILLARITA’





In un tubo di raggio molto piccolo (capillare r < 0.1 mm) diventano molto evidenti gli effetti delle forze di adesione.
In un capillare un liquido tende a disporsi ad una altezza diversa da quella raggiunta su una superficie estesa ad esso collegata.

Differenza di livello h per l’equilibrio fra:

★ **componente verticale della forza di tensione**

$$F_{\perp\tau} = 2\pi r\, \tau \cos\theta$$

★ **forza peso della colonna**

$$F_{peso} = \rho\, V\, g = \rho\, \pi r^2\, h\, g$$

Legge di Borelli - Jurin

CAPILLARITA’ LEGGE DI BORELLI - JURIN

$$F_{peso} = F_{\perp\tau}$$

$$\rho\, \pi r^2\, h\, g = 2\pi r\, \tau \cos\theta$$

Altezza in un capillare: legge di Borelli- Jurin

$$h = \frac{2\,\tau \cos\theta}{r\,\rho\,g}$$

- componente verticale della forza di tensione

  $F_{\perp\tau} = 2\pi r\, \tau \cos\theta$

- forza peso della colonna

  $F_{peso} = \rho\, V\, g = \rho\, \pi r^2\, h\, g$

$$\rho\, \cancel{\pi}\, r^2\, h\, g = 2\cancel{\tau}\, r\, \tau \cos\theta$$

CAPILLARITA’ LEGGE DI BORELLI - JURIN

$$F_{peso} = F_{\perp\tau}$$

$$\rho\, \pi r^2\, h\, g = 2\pi r\, \tau \cos\theta$$

Altezza in un capillare:
legge di Borelli- Jurin

$$h = \frac{2\,\tau \cos\theta}{r\,\rho\,g}$$

CAPILLARITA’ LEGGE DI BORELLI - JURIN

$$F_{peso} = F_{\perp\,\tau}$$

$$\rho\,\pi r^2\,h\,g = 2\pi r\,\tau\cos\theta$$

Altezza in un capillare: legge di Borelli- Jurin

$$h = \frac{2\,\tau\cos\theta}{r\,\rho\,g}$$

Nota che:

H_2O $\cos\theta > 0$

Hg $\cos\theta < 0$

r = raggio capillare

ρ = densità liquido

θ = angolo di raccordo

τ = coef. di tensione superf.

CAPILLARITA’ LEGGE DI BORELLI - JURIN

$$F_{peso} = F_{\perp\,\tau}$$

$$\rho\,\pi r^2\,h\,g = 2\pi r\,\tau\cos\theta$$

Altezza in un capillare: legge di Borelli- Jurin

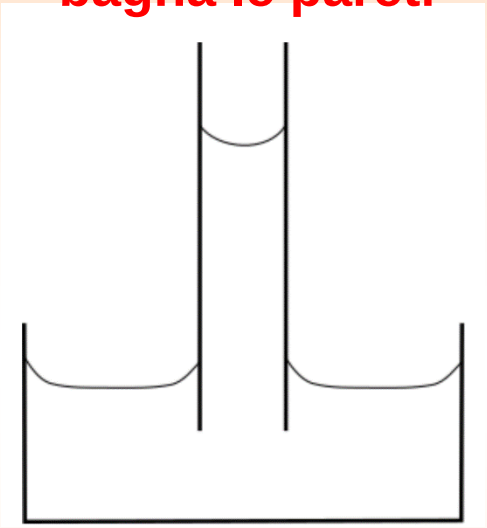
$$h = \frac{2\,\tau\cos\theta}{r\,\rho\,g}$$

Nota che:

H_2O $\cos\theta > 0$

Hg $\cos\theta < 0$

Liquido che bagna le pareti



r = raggio capillare

ρ = densità liquido

θ = angolo di raccordo

τ = coef. di tensione superf.

CAPILLARITA’ LEGGE DI BORELLI - JURIN

$$F_{peso} = F_{\perp\,\tau}$$

$$\rho\,\pi r^2\,h\,g = 2\pi r\,\tau\cos\theta$$

Altezza in un capillare: legge di Borelli- Jurin

$$h = \frac{2\,\tau\cos\theta}{r\,\rho\,g}$$

Nota che:

H_2O $\cos\theta > 0$

Hg $\cos\theta < 0$

r = raggio capillare

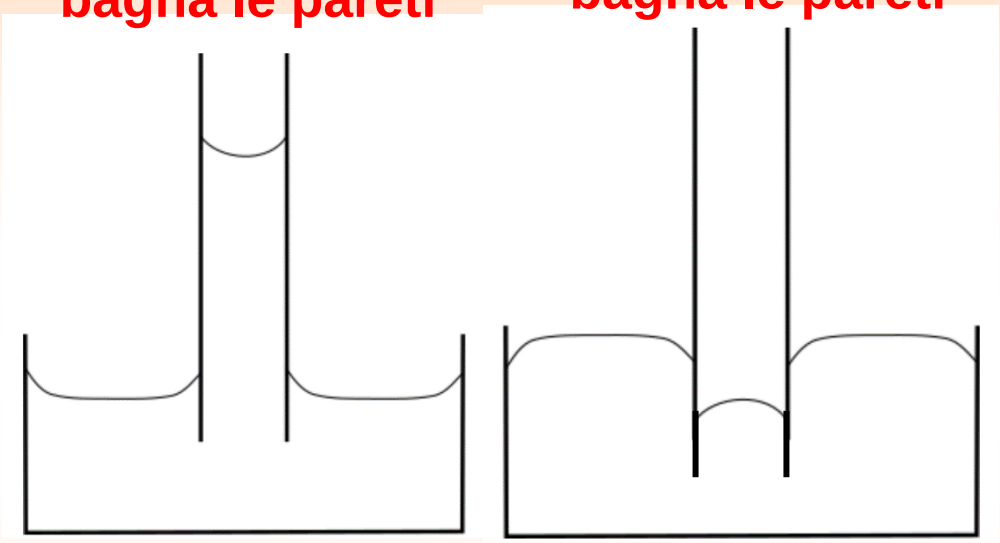
ρ = densità liquido

θ = angolo di raccordo

τ = coef. di tensione superf.

Liquido che bagna le pareti

Liquido che non bagna le pareti



CAPILLARITA’ LEGGE DI BORELLI - JURIN

$$F_{peso} = F_{\perp\,\tau}$$

$$\rho\,\pi r^2\,h\,g = 2\pi r\,\tau\cos\theta$$

Altezza in un capillare: legge di Borelli- Jurin

$$h = \frac{2\,\tau\cos\theta}{r\,\rho\,g}$$

Nota che:

H_2O $\cos\theta > 0$

Hg $\cos\theta < 0$

r = raggio capillare

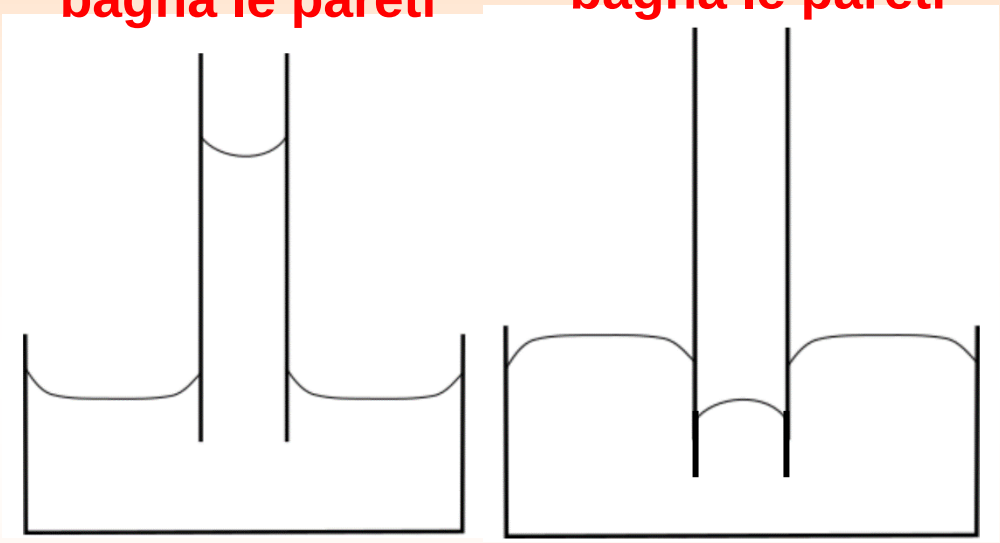
ρ = densità liquido

θ = angolo di raccordo

τ = coef. di tensione superf.

Liquido che bagna le pareti

Liquido che non bagna le pareti



Liquido che tende a salire o a scendere in un vaso capillare

CAPILLARITA’ LEGGE DI BORELLI - JURIN

$$F_{peso} = F_{\perp\,\tau}$$

$$\rho\,\pi r^2\,h\,g = 2\pi r\,\tau\cos\theta$$

Altezza in un capillare: legge di Borelli- Jurin

$$h = \frac{2\,\tau\cos\theta}{r\,\rho\,g}$$

Nota che:

H_2O $\cos\theta > 0$

Hg $\cos\theta < 0$

r = raggio capillare

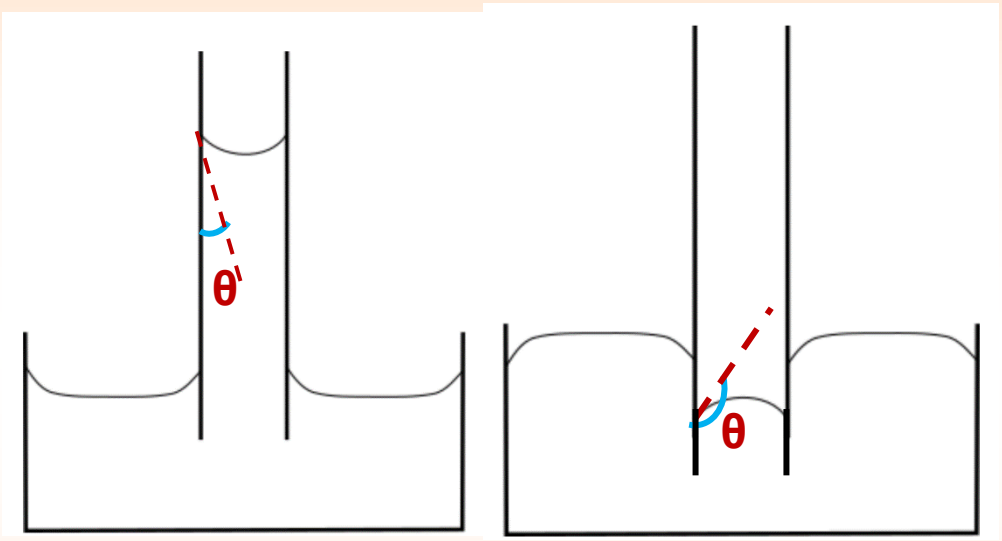
ρ = densità liquido

θ = angolo di raccordo

τ = coef. di tensione superf.

Liquido che bagna le pareti

Liquido che non bagna le pareti



Liquido che tende a salire o a scendere in un vaso capillare

angolo $\theta < 90°$

angolo $\theta > 90°$

CAPILLARITA’ LEGGE DI BORELLI - JURIN

$$F_{peso} = F_{\perp\tau}$$

$$\rho\, \pi r^2\, h\, g = 2\pi r\, \tau \cos\theta$$

Altezza in un capillare: legge di Borelli- Jurin

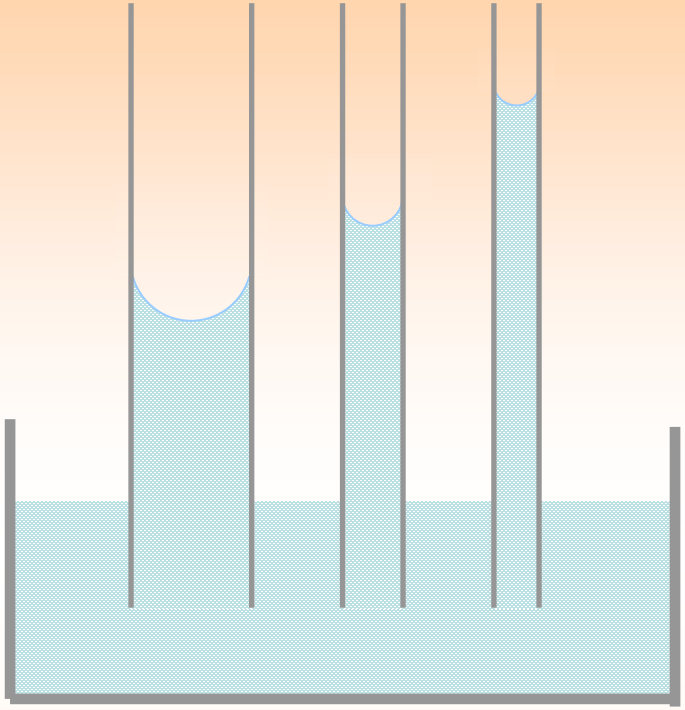
$$h = \frac{2\,\tau \cos\theta}{r\,\rho\,g}$$

Nota che:

H_2O $\cos\theta > 0$

$Hg \cos\theta < 0$

r = raggio capillare
ρ = densità liquido
θ = angolo di raccordo
τ = coef. di tensione superf.



A parità di densità ρ e di tensione superficiale τ , per un liquido che tende a bagnare le pareti, l’ innalzamento h in un capillare è tanto maggiore quanto minore è il raggio r del capillare.

CAPILLARITA’ LEGGE DI BORELLI - JURIN

$$F_{peso} = F_{\perp\tau}$$

$$\rho\, \pi r^2\, h\, g = 2\pi r\, \tau \cos\theta$$

Altezza in un capillare: legge di Borelli- Jurin

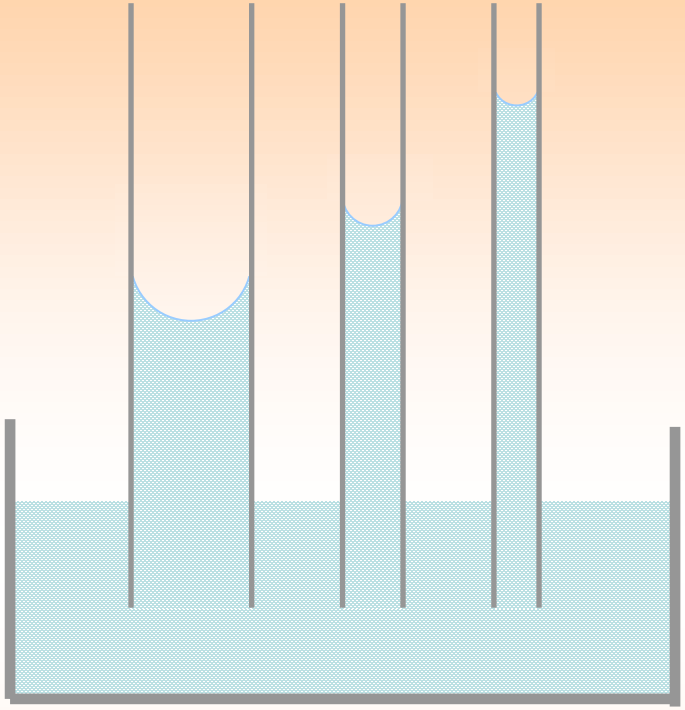
$$h = \frac{2\,\tau \cos\theta}{r\,\rho\, g}$$

Nota che:

H_2O $\cos\theta > 0$

$Hg \cos\theta < 0$

r = raggio capillare
ρ = densità liquido
θ = angolo di raccordo
τ = coef. di tensione superf.



raggio minire→
altezza maggiore

A parità di densità ρ e di tensione superficiale τ , per un liquido che tende a bagnare le pareti, l’ innalzamento h in un capillare è tanto maggiore quanto minore è il raggio r del capillare.

TENSIOATTIVI

Sostanze che cambiano i valori di tensione superficiale.

$\tau_{soluz} \neq \tau_{solv}$

$\tau_{soluz} > \tau_{solv}$ **es. NaCl in acqua**

$\tau_{soluz} < \tau_{solv}$ **es. detergenti, alcool, acidi grassi … in acqua**

Solvente; Soluto: es. per acqua **e** zucchero, l'acqua **è** il **solvente e** lo zucchero **è** il **soluto**

TENSIOATTIVI

Sostanze che cambiano i valori di tensione superficiale.

$\tau_{soluz} \neq \tau_{solv}$

$\tau_{soluz} > \tau_{solv}$ **es. NaCl in acqua**

$\tau_{soluz} < \tau_{solv}$ **es. detergenti, alcool, acidi grassi … in acqua**

tensioattivo

$\tau_{soluz} < \tau_{solv}$ **diminusce la tensione superficiale del sovente (acqua)**

I **tensioattivi** sono sostanze che hanno la proprietà di abbassare la **tensione superficiale** di **un** liquido, agevolando la bagnabilità delle superfici o la miscibilità tra liquidi diversi.

Solvente; Soluto: es. per acqua **e** sale, l'acqua **è** il **solvente e** il sale **è** il **soluto**

TENSIOATTIVI

Sostanze che cambiano i valori di tensione superficiale.

$\tau_{soluz} \neq \tau_{solv}$

$\tau_{soluz} > \tau_{solv}$ **es. NaCl in acqua**

$\tau_{soluz} < \tau_{solv}$ **es. detergenti, alcool, acidi grassi … in acqua**

Solvente; Soluto: es. per acqua **e** zucchero, l'acqua **è** il **solvente e** lo zucchero **è** il **soluto**

TENSIOATTIVI

Sostanze che cambiano i valori di tensione superficiale.

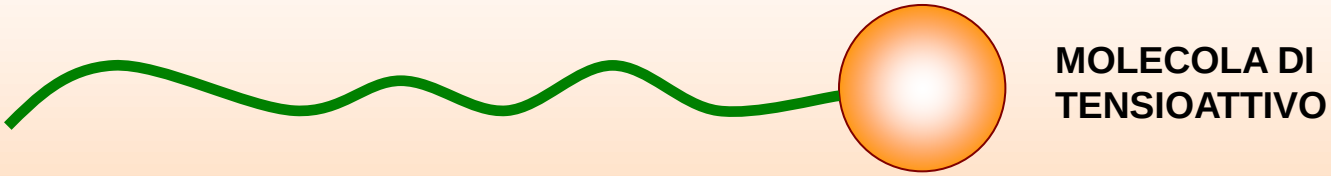
$\tau_{soluz} \neq \tau_{solv}$

$\tau_{soluz} > \tau_{solv}$ **es. NaCl in acqua**

$\tau_{soluz} < \tau_{solv}$ **es. detergenti, alcool, acidi grassi … in acqua**

tensioattivo

Le molecole di tensioattivo presentano una parte idrofobica (fobia per l'acqua) e una parte idrofilica (affinità per l'acqua)



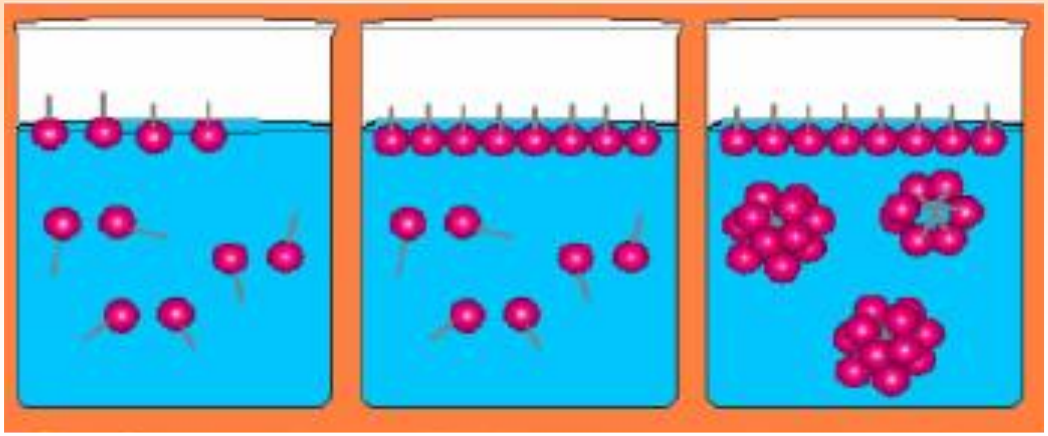
coda idrofobica

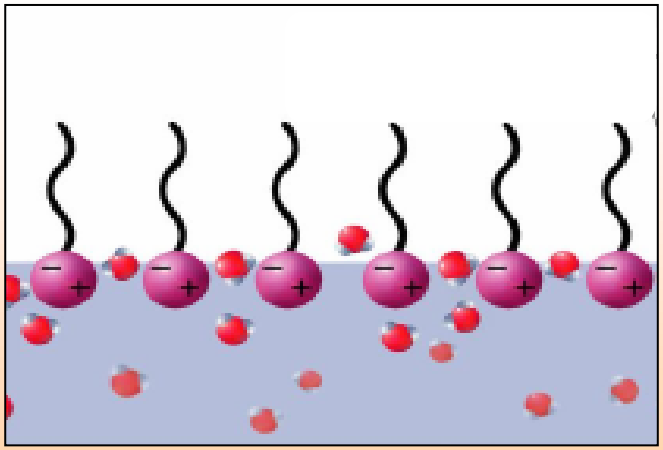
testa idrofilica

Solvente; Soluto: es. per acqua **e** zucchero, l'acqua **è** il **solvente e** lo zucchero **è** il **soluto**

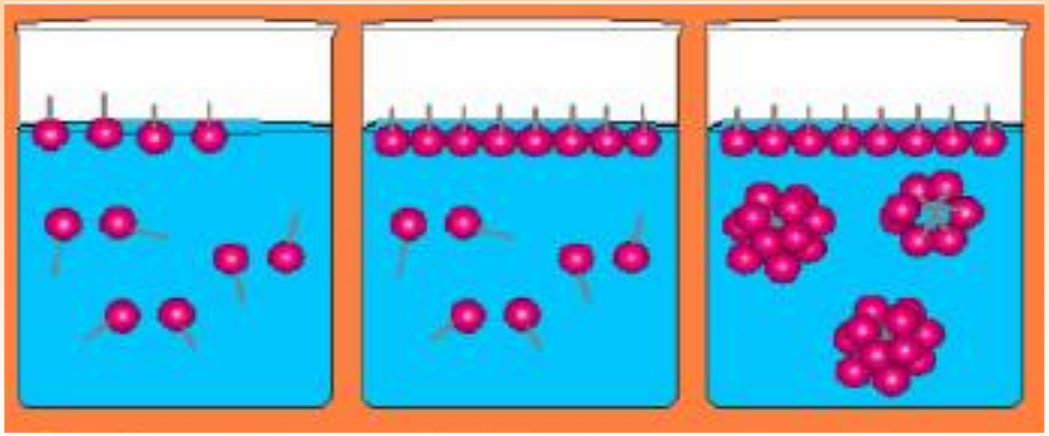
TENSIOATTIVI

Se si aggiungono poche molecole di tensioattivo in acqua, queste si dispongono all'interfaccia acqua-aria. Al crescere del numero di molecole di tensioattivo la zona di interfaccia tende a riempirsi e si formano anche aggregati.





TENSIOATTIVI



I tensioattivi hanno quindi la capacità di diminuire la tensione superficiale estendendo la coda idrofobica verso l'aria e la testa idrofolica in acqua

es. piccole quantità di detergente sciolto in acqua.

$$\tau_{\text{adesione}} < \tau_{\text{coesione}}$$

deterg - acqua **acqua - acqua**

soluzione **solvente**

TENSIOATTIVI

Effetti delle impurezze sul valore di τ acqua (20 – 25 °C)

	Impurezze	τ (10^{-3} N/m)
	Nessuna	72.7
τ diminuisce	Fenolo 2%	54.0
	Acetone 5%	55.5
τ aumenta	NaCl 10%	77.0
	NaCl 25%	84.0

TENSIOATTIVI

Effetti delle impurezze sul valore di τ acqua (20 – 25 °C)

	Impurezze	τ (10^{-3} N/m)
	Nessuna	72.7
τ diminuisce	Fenolo 2%	54.0
	Acetone 5%	55.5
τ aumenta	NaCl 10%	77.0
	NaCl 25%	84.0

Dipendenza di τ acqua dalla temperatura

Temperatura °C	τ (10^{-3} N/m)
0	75.6
20	72.7
50	67.9
100	58.9

48

Una bolla di sapone ha un raggio di 4 cm. Calcolare la tensione superficiale dell'acqua saponata sapendo che la differenza di pressione per quella bolla è di 0.03 mm Hg.



Una bolla di sapone ha un raggio di 4 cm. Calcolare la tensione superficiale dell'acqua saponata sapendo che la differenza di pressione per quella bolla è di 0.03 mm Hg.



$\Delta p = 4 \tau / r \Rightarrow \tau = (\Delta p \ r) / 4$

Una bolla di sapone ha un raggio di 4 cm. Calcolare la tensione superficiale dell'acqua saponata sapendo che la differenza di pressione per quella bolla è di 0.03 mm Hg.



$\Delta p = 4 \tau / r \Rightarrow \tau = (\Delta p \ r) / 4$

$\Delta p = 3 \ 10^{-2}$ mmHg $\ 1.33 \ 10^{2}$ Pa/ mm Hg

$\Delta p = 4$ Pa

Una bolla di sapone ha un raggio di 4 cm. Calcolare la tensione superficiale dell'acqua saponata sapendo che la differenza di pressione per quella bolla è di 0.03 mm Hg.



$\Delta p = 4\,\tau / r \Rightarrow \tau = (\Delta p\ r) / 4$

$\Delta p = 3\ 10^{-2}$ mmHg $1.33\ 10^{2}$ Pa/ mm Hg

$\Delta p = 4$ Pa

$\tau = 4$ Pa $\cdot\ 4 \cdot 10^{-2}$ m / 4

$\tau = 4 \cdot 10^{-2}$ N / m

Una bolla di sapone ha un raggio di 4 cm. Calcolare la tensione superficiale dell'acqua saponata sapendo che la differenza di pressione per quella bolla è di 0.03 mm Hg.



$\Delta p = 4 \tau / r$ $\qquad$ $\tau = (\Delta p \ r) / 4$

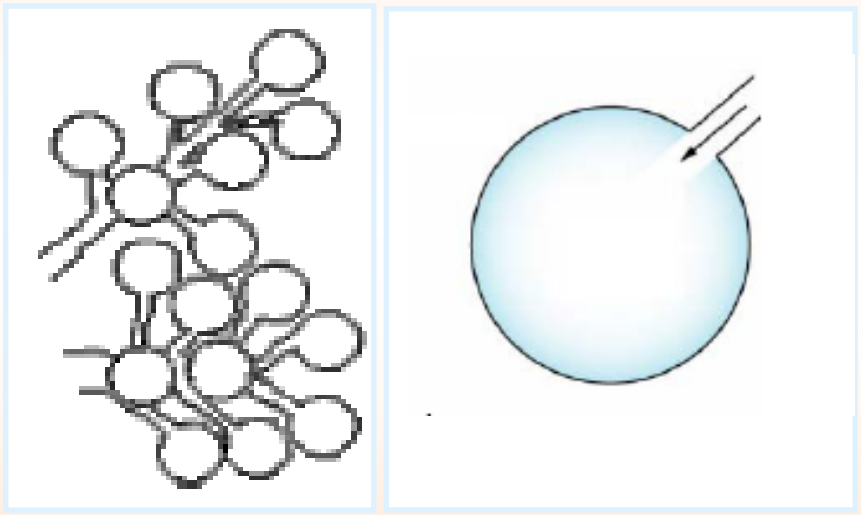
$\Delta p = 3 \ 10^{-2}$ mmHg $\ 1.33 \ 10^{2}$ Pa/ mm Hg

$\Delta p = 4$ Pa

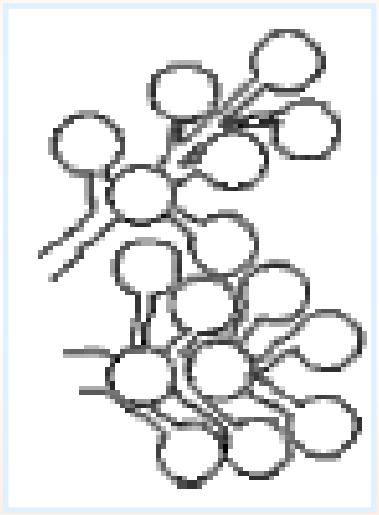
$\tau = 4$ Pa $\cdot$ $4 \cdot 10^{-2}$ m / 4

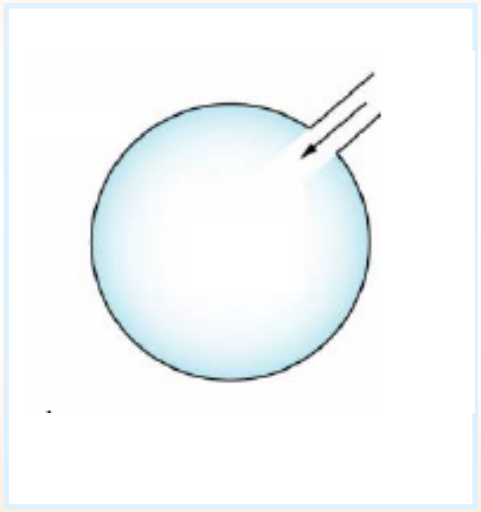
$\tau = 4 \cdot 10^{-2}$ N / m

Un tipico alveolo ha un raggio di 100 μm e una tensione di parete di 0.05 N / m. Calcolare la Δp fra interno ed esterno.



Un tipico alveolo ha un raggio di 100 μm e una tensione di parete di 0.05 N / m. Calcolare la Δp fra interno ed esterno.

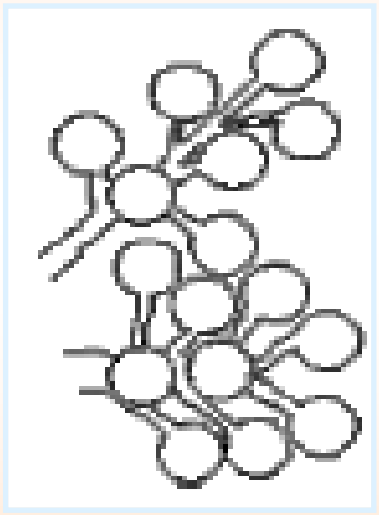


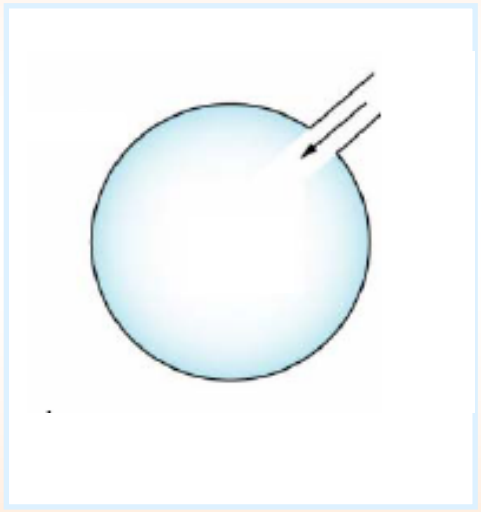


$\Delta p = 2\,\tau / r$

$r =$???

Un tipico alveolo ha un raggio di 100 μm e una tensione di parete di 0.05 N / m. Calcolare la Δp fra interno ed esterno.

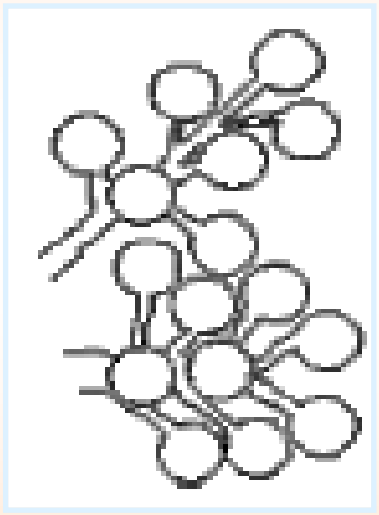


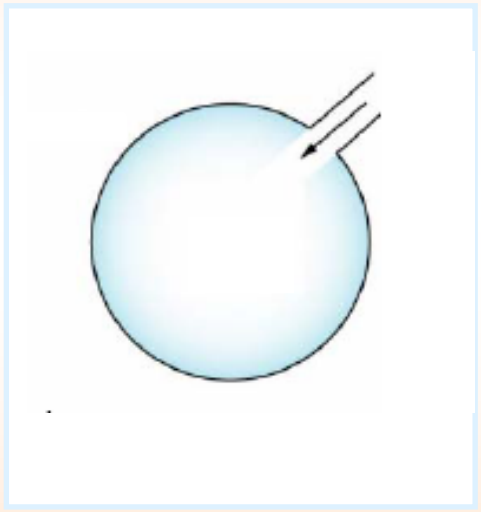


$$\Delta p = 2\,\tau / r$$

$$r = 100 \cdot 10^{-6}\ m = 10^{-4}\ m$$

Un tipico alveolo ha un raggio di 100 μm e una tensione di parete di 0.05 N / m. Calcolare la Δp fra interno ed esterno.



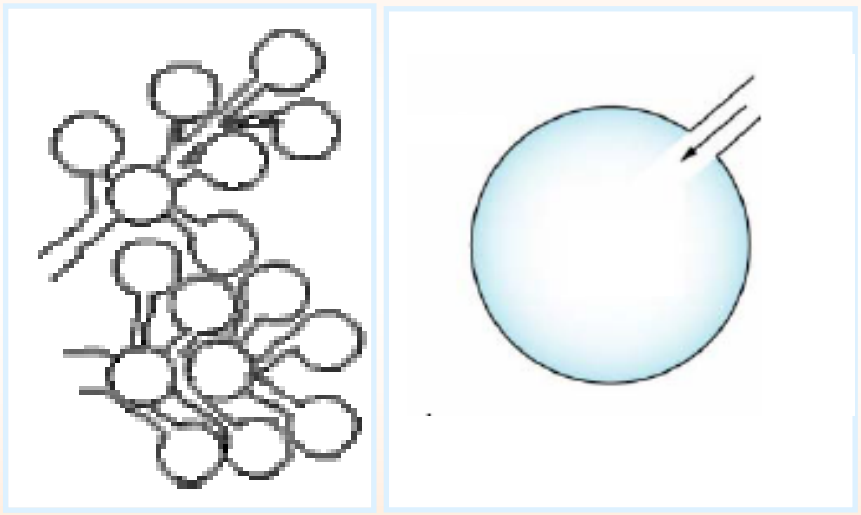


$$\Delta p = 2\,\tau / r$$

$$r = 100 \cdot 10^{-6}\ m = 10^{-4}\ m$$

$$\Delta p = 2 \cdot 0.05\ N\ m^{-1} / 10^{-4}\ m$$

Un tipico alveolo ha un raggio di 100 μm e una tensione di parete di 0.05 N / m. Calcolare la Δp fra interno ed esterno.



$\Delta p = 2\,\tau / r$

$r = 100 \cdot 10^{-6}\ m = 10^{-4}\ m$

$\Delta p = 2 \cdot 0.05\ N\ m^{-1} / 10^{-4}\ m$

$\Delta p = 10^{3}\ Pa$

Calcolare la tensione di parete nel caso di: 1) una grande arteria di raggio 1.3 cm per una pressione media di 100 mm Hg; 2) un capillare di raggio 4 μm per una pressione di 30 mm Hg.

Anche per le membrane elastiche vale la legge di Laplace

$\Delta p = \tau / r$ $\qquad\qquad$ $\tau = \Delta p \cdot r$

Calcolare la tensione di parete nel caso di: 1) una grande arteria di raggio 1.3 cm per una pressione media di 100 mm Hg; 2) un capillare di raggio 4 μm per una pressione di 30 mm Hg.

Anche per le membrane elastiche vale la legge di Laplace

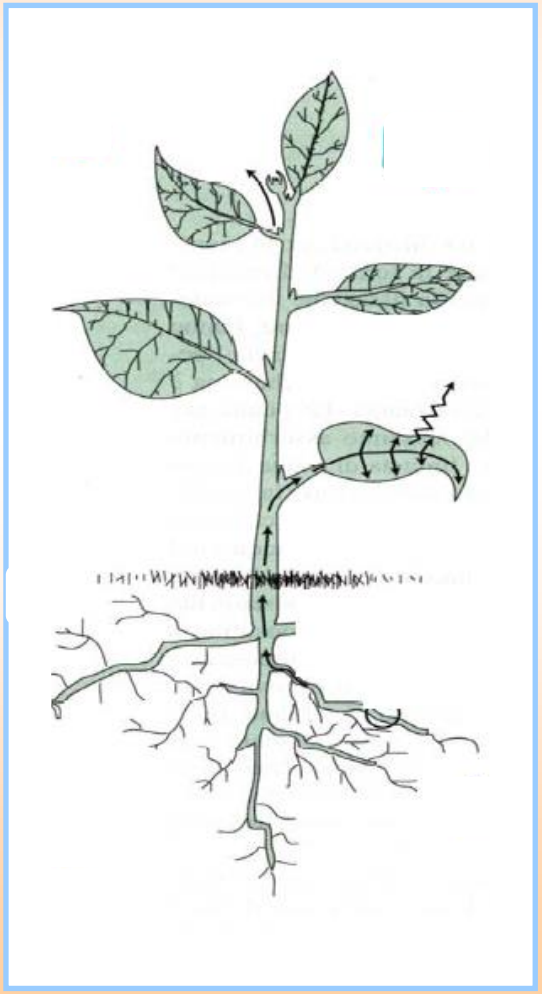
$\Delta p = \tau / r$ $\qquad\qquad$ $\tau = \Delta p \cdot r$

1) $\tau = 1.33 \cdot 10^4$ Pa $\cdot\ 1.3 \cdot 10^{-2}$ m $= 170$ N/ m

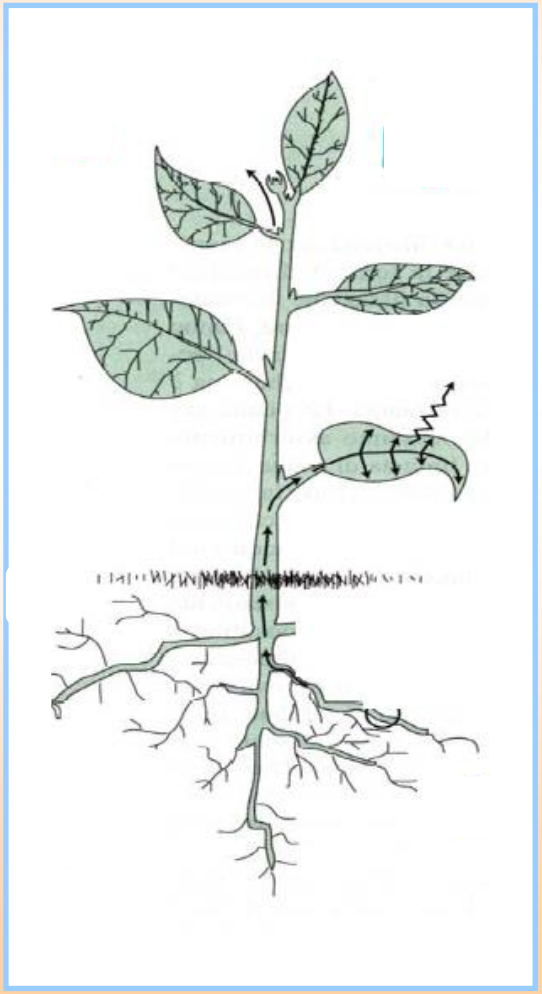
2) $\tau = 4 \cdot 10^3$ Pa $\cdot\ 4 \cdot 10^{-6}$ m $= 1.6 \cdot 10^{-2}$ N/m

Si noti che la tensione di parete diminuisce molto nei capillari

I capillari di un albero hanno r = 25 μm. Considerando un angolo di raccordo nullo e densità della linfa pari a quella dell' acqua si calcoli l'altezza massima raggiunta per capillarità.
($\tau = 73 \cdot 10^{-3}$ N/m)

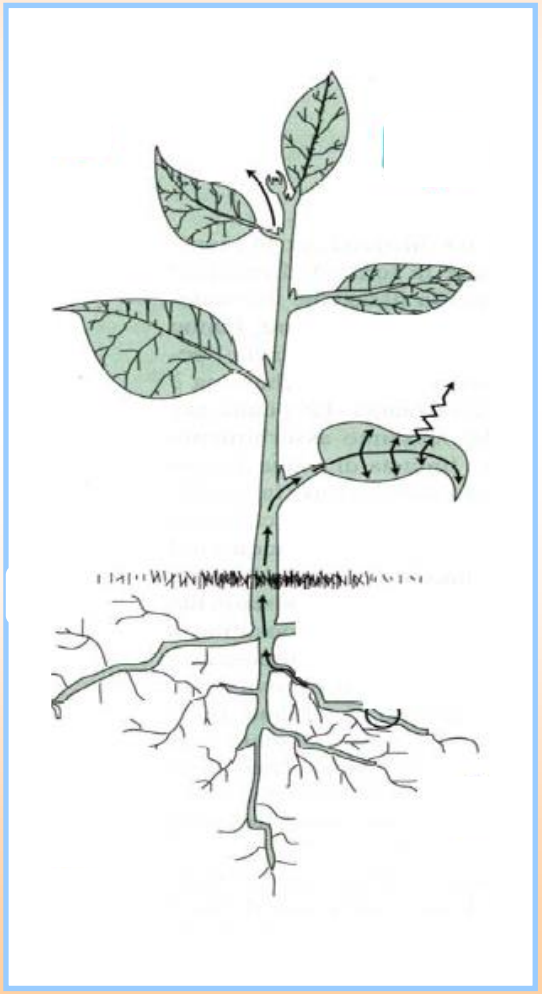


I capillari di un albero hanno r = 25 μm. Considerando un angolo di raccordo nullo e densità della linfa pari a quella dell' acqua si calcoli l'altezza massima raggiunta per capillarità.
($\tau = 73 \cdot 10^{-3}$ N/m)



$$h = 2\tau \cos\theta \; / \; \rho r g$$

I capillari di un albero hanno r = 25 μm. Considerando un angolo di raccordo nullo e densità della linfa pari a quella dell' acqua si calcoli l'altezza massima raggiunta per capillarità.
($\tau = 73 \cdot 10^{-3}$ N/m)



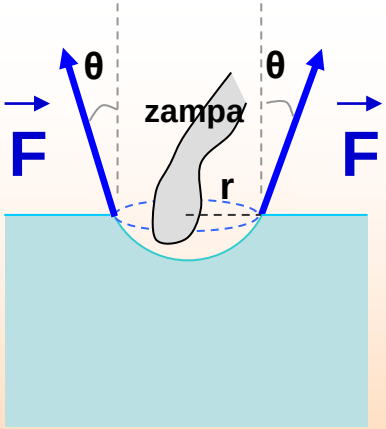
$$h = 2\,\tau \cos\theta \;/\; \rho\, r\, g$$

$$h = \frac{2 \cdot 7.3 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{Nm^{-1}}}{10^{3}\ \mathrm{kg\ m^{-3}} \cdot 9.8\ \mathrm{ms^{-2}} \cdot 25 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{m}}$$

$$h = 0.6\ \mathrm{m}$$

La zampa di un insetto appoggiato sull'acqua crea una depressione di r = 2 mm e angolo θ = 40°. Quale peso può sostenere questa depressione ? (τ = 0.073 N/m)





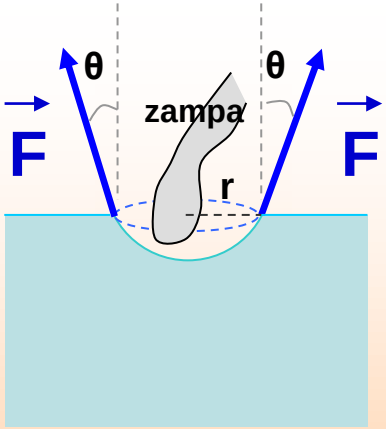
La zampa di un insetto appoggiato sull'acqua crea una depressione di r = 2 mm e angolo θ = 40°. Quale peso può sostenere questa depressione ? (τ = 0.073 N/m)



$$F_{\perp} = F \cos\theta$$

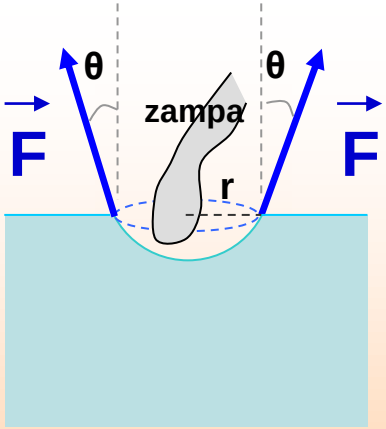
$$F_{\perp\ tot} = \sum F \cos\theta = \sum \tau\ d\ell \cos\theta$$

$$= 2\pi\, r\, \tau \cos\theta$$



La zampa di un insetto appoggiato sull'acqua crea una depressione di r = 2 mm e angolo θ = 40°. Quale peso può sostenere questa depressione ? (τ = 0.073 N/m)





$$F_{\perp} = F \cos\theta$$

$$F_{\perp\,tot} = \sum F \cos\theta = \sum \tau \, d\ell \cos\theta$$

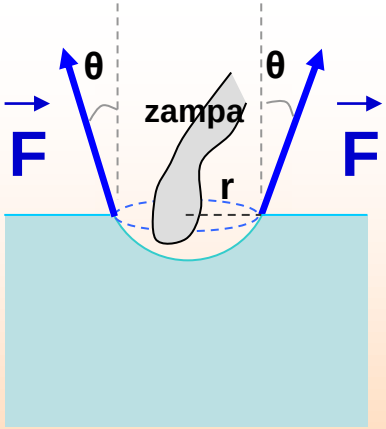
$$= 2\pi \, r \, \tau \cos\theta$$

$$F_{tot} = 2 \cdot 3.14 \cdot 0.073 \text{ N/m} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 0.766$$

$$F_{tot} = 7 \cdot 10^{-4} \text{ N}$$

La zampa di un insetto appoggiato sull'acqua crea una depressione di r = 2 mm e angolo θ = 40°. Quale peso può sostenere questa depressione ? (τ = 0.073 N/m)





$$F_{\perp} = F \cos\theta$$

$$F_{\perp\ tot} = \sum F \cos\theta = \sum \tau\ d\ell \cos\theta$$

$$= 2\pi\, r\, \tau \cos\theta$$

$$F_{tot} = 2 \cdot 3.14 \cdot 0.073\ N/m \cdot 2 \cdot 10^{-3}\ m \cdot 0.766$$

$$F_{tot} = 7 \cdot 10^{-4}\ N$$

Ad es. per 6 zampe la forza è circa $4 \cdot 10^{-3}$ N corrispondente ad una massa di circa 400 mg.