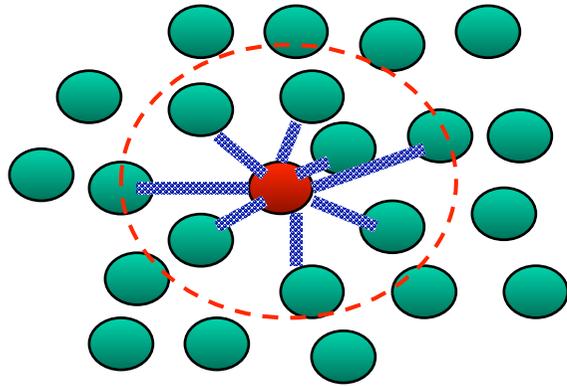
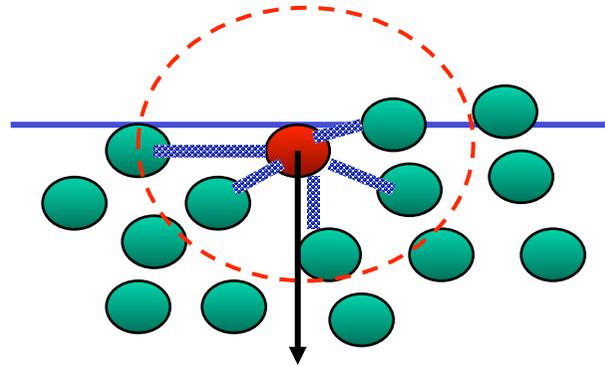


Fenomeni di superficie nei liquidi



Interno di un liquido

$$\vec{R} = 0$$

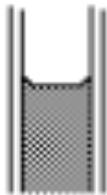


Superficie di un liquido

$$\vec{R} \neq 0 \text{ Forze di coesione.}$$

Interazioni attrattive o repulsive anche con molecole di altre sostanze

Alcuni effetti della coesione dei liquidi:



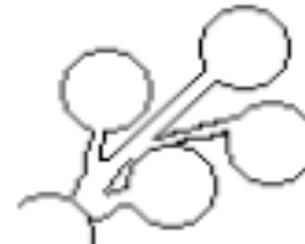
Capillarità



bolle



goccia



alveoli polmonari



gerride

Tensione superficiale

Conosciamo la tensione di una corda



Nel caso dei liquidi

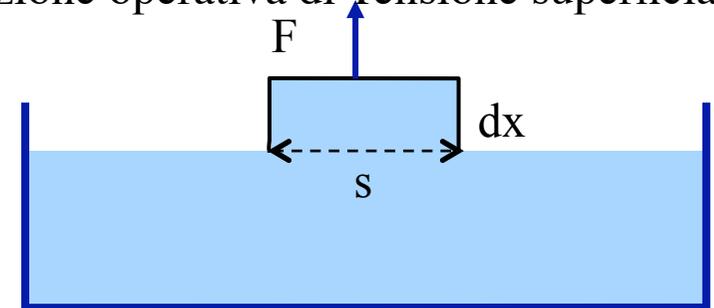
È necessario un lavoro esterno positivo per aumentare la superficie di un fluido $dL = F \cdot dx$

Al telaio aderisce un sottile strato di liquido; la forza necessaria per tenere in equilibrio il telaio è F

$$F = 2s\tau$$

$$dL = F \cdot dx \quad dL = \tau \cdot dA$$

Definizione operativa di Tensione superficiale



La tensione superficiale τ è dovuta alle forze di coesione tra le molecole del liquido

La superficie esercita una forza diretta verso l'interno tale che $\tau = F/2s$

F : proporzionale alla lunghezza su cui agisce, tangente alla superficie

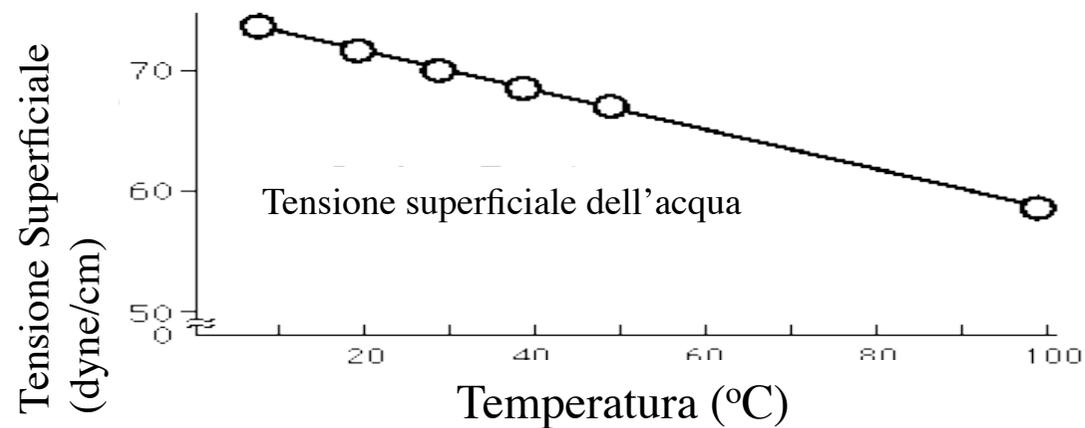


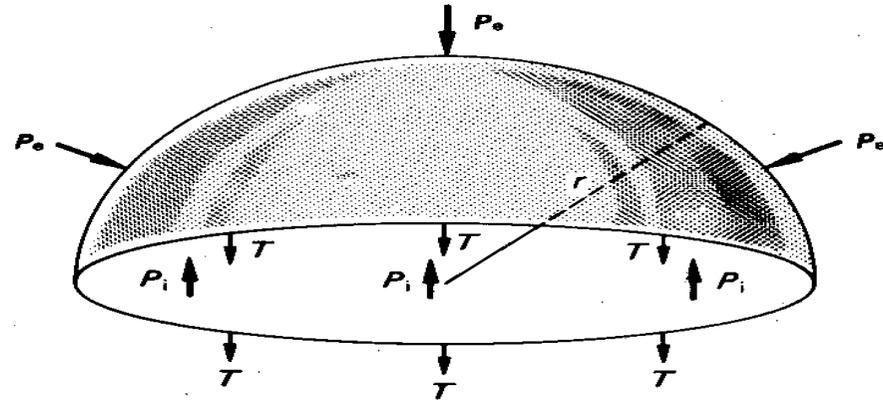
Tabella 1. Tensione superficiale (Nm^{-1}) di alcuni liquidi a contatto con l'aria.

Liquido	Tensione superficiale	Temperatura (°C)
Alcool etilico	0.0223	20
Olio di oliva	0.0320	20
Glicerina	0.0631	20
Acqua	0.0756	0
	0.0728	20
	0.0662	60
	0.0589	100
Mercurio	0.465	20
Argento	0.800	970
Oro	1.000	1070
Rame	1.100	1130
Ossigeno	0.0157	-193
Neon	0.0515	-247

La Tensione Superficiale e le bolle: Legge di Laplace

Membrana o lamina di liquido chiusa

P_e : pressione esterna; $P_e \pi r^2$
 P_i : pressione interna; $P_i \pi r^2$
 T : tensione superficiale; $2\pi r \tau$

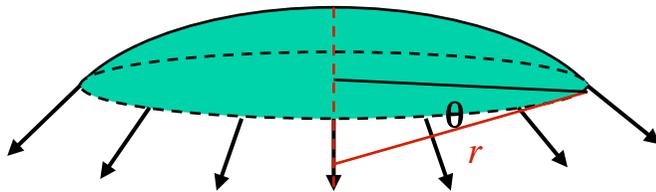


Per una goccia:

$$P_i - P_e = \frac{2\tau}{r}$$

Per una bolla (2 superfici)

$$P_i - P_e = \frac{4\tau}{r}$$



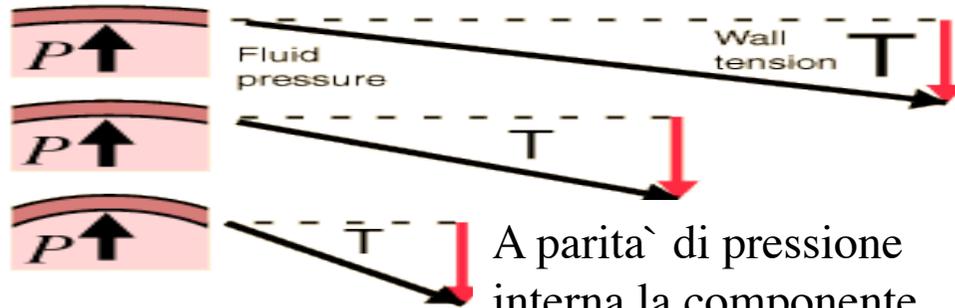
$$2\pi r \tau \cos \theta = F_T$$

In generale:

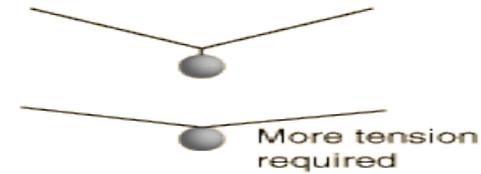
$$\Delta P = \frac{\tau}{R_1} + \frac{\tau}{R_2}$$

NB: Dipende dalla forma della superficie chiusa

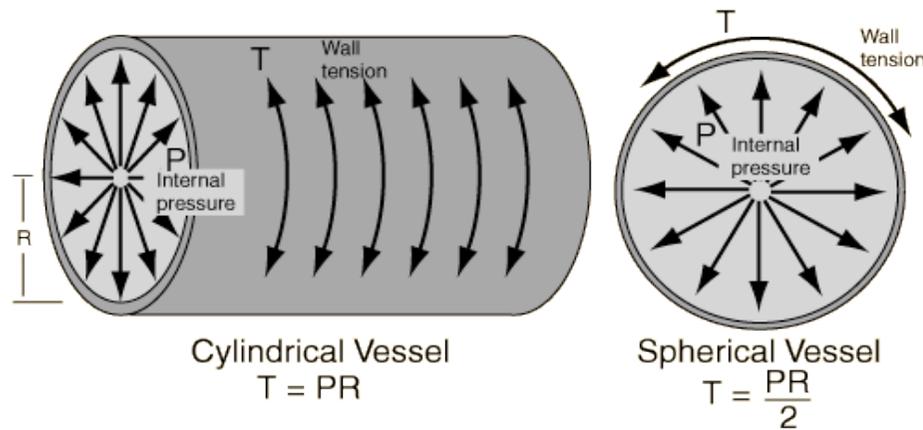
Perché la tensione superficiale aumenta con il raggio ?

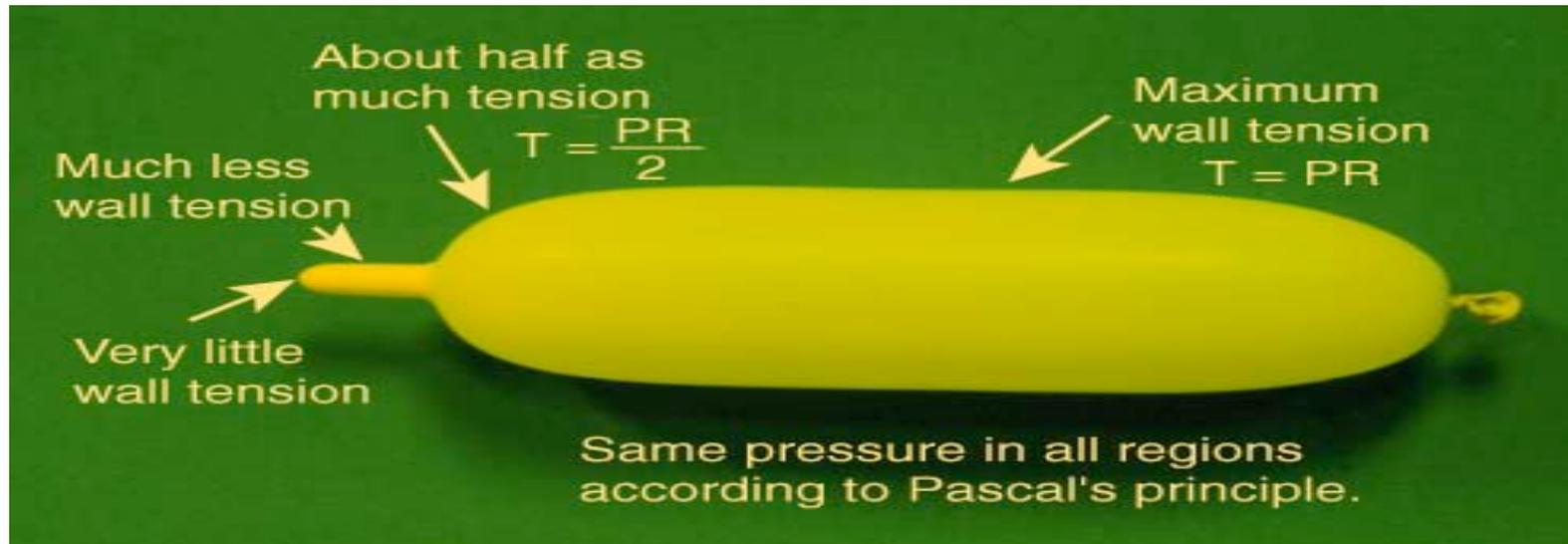


A parità di pressione interna la componente verticale della tensione deve essere la stessa



Analogia: massa sospesa ad un cavo, minore è la flessione e maggiore è la tensione sul cavo





Viceversa a parità di tensione superficiale dalla legge di Laplace segue che più piccolo è il raggio di una goccia o di una bolla maggiore è la differenza di pressione necessaria per mantenerla in equilibrio

Esempio.

Un palloncino di gomma è gonfiato fino ad un raggio $R=0.1\text{m}$. La pressione interna è di $P_i=1.001 \cdot 10^5\text{Pa}$ mentre quella esterna è $P_e= 10^5\text{Pa}$. Calcolare la tensione.

Esempio

La pressione all'esterno di una bolla di sapone di raggio r è inizialmente la metà della pressione interna $P_e=1/2P_i$. La pressione esterna viene poi diminuita a $P_e'=0$. Trovare la nuova pressione interna P_i' e il nuovo raggio r' , assumendo che la tensione superficiale e la temperatura rimangano costanti.

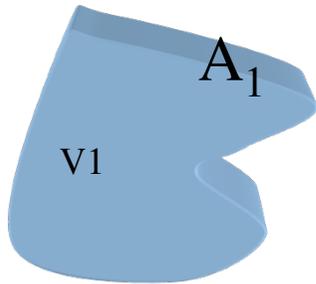
Perché una goccia assume forma sferica? (se trascuriamo la gravità)

$$E_t = E_v + E_A$$

Se una goccia di liquido è libera di cambiare la sua forma assumerà la forma che minimizza l'energia (il minimo di energia è una situazione di equilibrio)

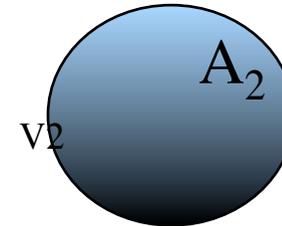
Poiché

E_v e τ sono fissate (a temperatura costante) può cambiare solo A



$$V_1 = V_2$$

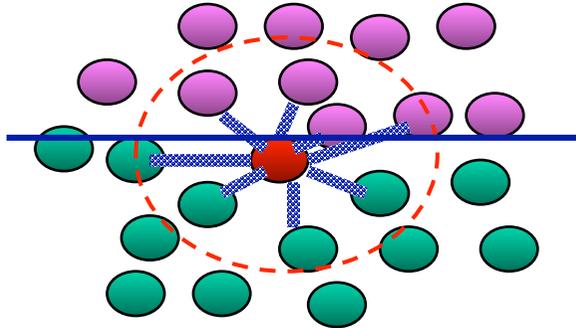
$$A_1 > A_2$$



La forma a cui corrisponde la superficie minima per un dato volume è la sfera

Fenomeni superficiali nei liquidi.

Liquido a contatto con un solido (o altro liquido non miscibile)

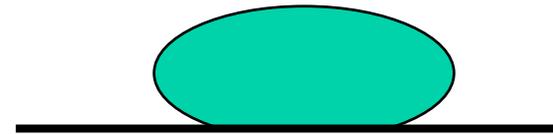


Solido. Adesione

Liquido. Coesione



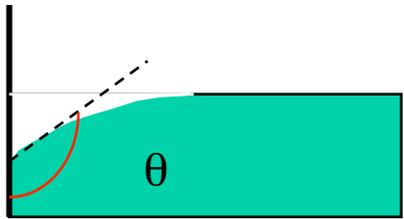
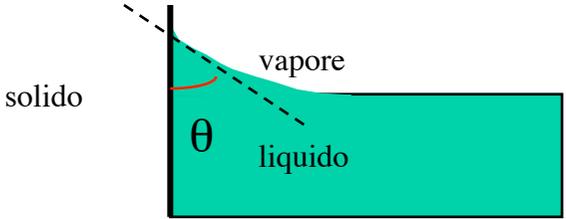
Adesione $>$ Coesione
Liquido bagna



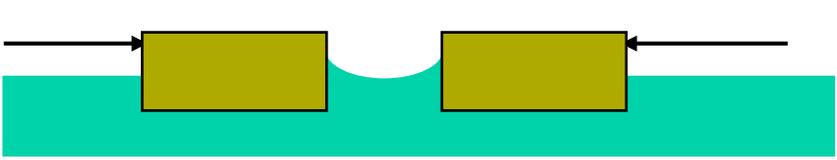
Adesione $<$ Coesione
Liquido non bagna

Fenomeni superficiali nei liquidi.

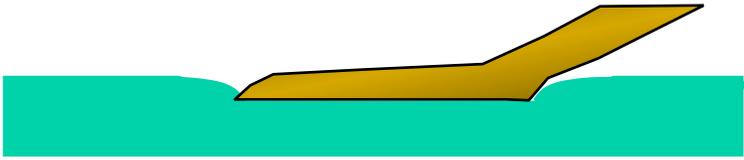
L'effetto di adesione e coesione si manifesta nella superficie libera dei liquidi: comparsa di un "menisco" con un *angolo di contatto* θ



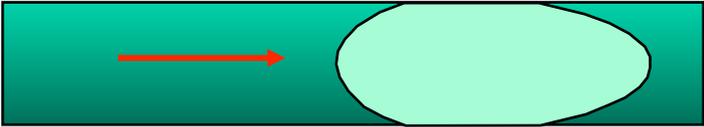
L'angolo dipende dal liquido e dal solido utilizzati (e dalla temperatura).
Si può dimostrare che



attrazione di piccoli galleggianti.

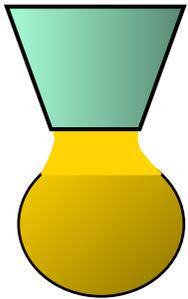


galleggiamento degli insetti



Embolo

contagocce

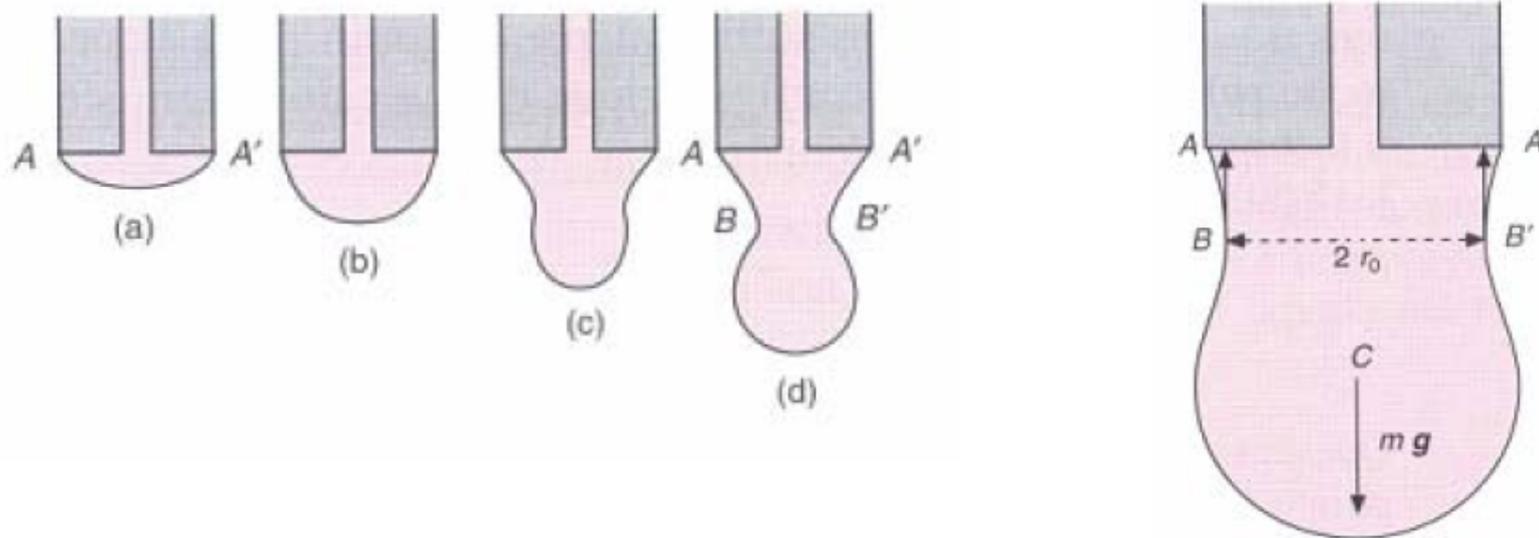


L'embolia è un'ostruzione parziale o totale di un vaso sanguigno ad opera di un embolo solido, liquido o gassoso che produce disturbi circolatori locali o generali. L'embolia può essere venosa o arteriosa, a seconda del vaso interessato. Se l'embolo passa nel cuore e dalle vene passa alle arterie si può verificare un quadro patologico molto grave che determina un infarto polmonare o un embolo polmonare



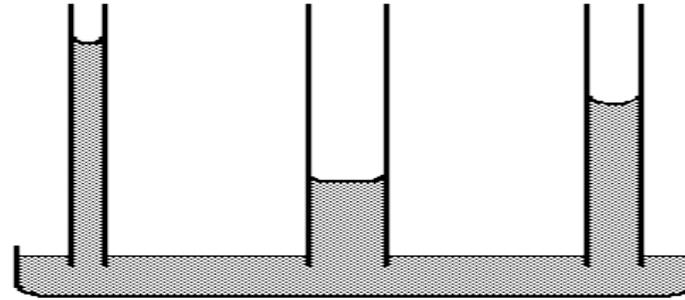
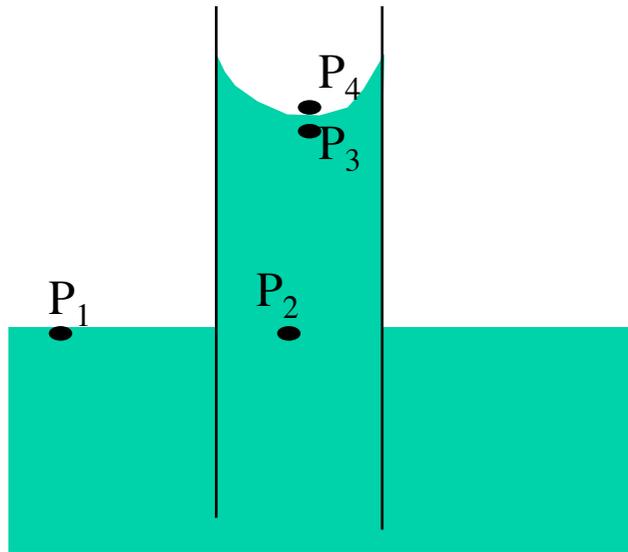
Deformazione di una bolla gassosa a causa del flusso ematico

Formazione di una goccia all'imboccatura di un contagocce



$$mg = 2\pi r_0 \tau$$

Capillarita`



Tubicino di raggio r

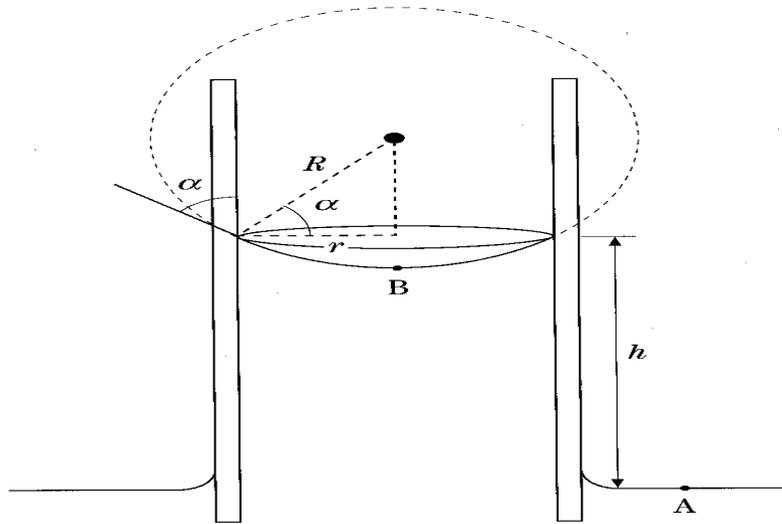
Per Laplace

$$p_1 = p_2 = p_3 + \rho gh = (p_4 - 2\tau/R) + \rho gh$$

Per $p_1 = p_4$ pressione atmosferica

Si ottiene

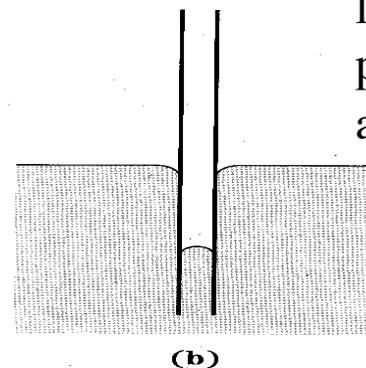
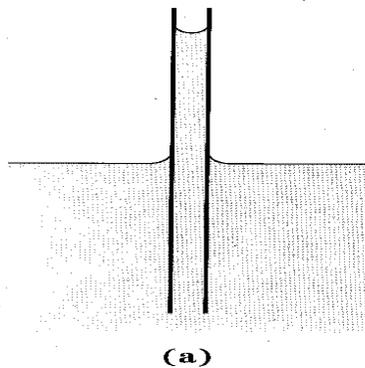
$$h = \frac{2\tau}{\rho g R}$$



Legge di Jurin

$$h = \frac{2\tau \cos(\alpha)}{\rho g r}$$

Maggiore è la tensione s . e maggiore è l'effetto della capillarità mentre più piccolo è il raggio maggiore è h in valore assoluto



Alcune considerazioni:

1. $\alpha=90^\circ$ $h=0$ il fluido non si alza ne si abbassa
2. $\alpha<90^\circ$ $h>0$ il fluido si alza
3. $\alpha>90^\circ$ $h<0$ il fluido si abbassa

Angoli di contatto per alcune interfacce liquido-solido

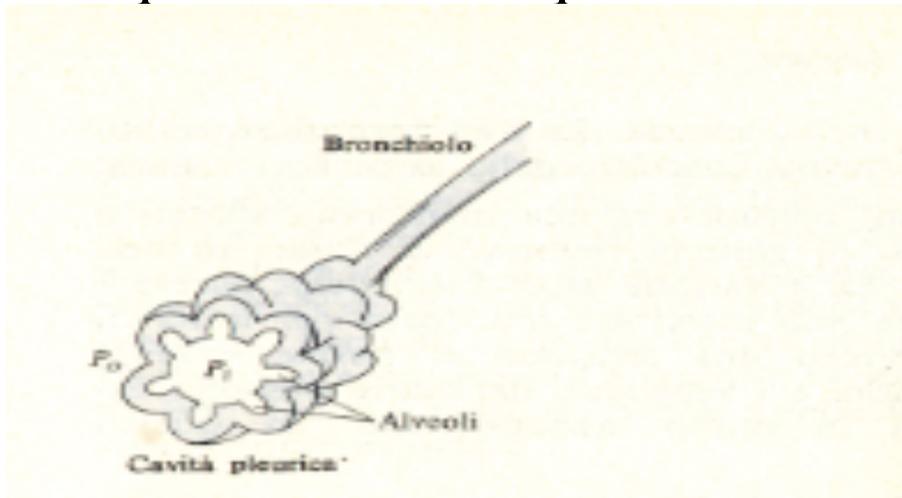
interfaccia	Angolo di contatto
Acqua-vetro	0°
Alcool etilico-vetro	0°
Mercurio-vetro	140°
Acqua-argento	90°
Acqua-paraffina	107°
Ioduro di metilene-vetro Pirex	30°

Esempio: la linfa degli alberi sale in un sistema di capillari di raggio $r=2.5 \cdot 10^{-5}$ m. L'angolo di contatto è 0 e la densità è simile a quella dell'acqua. Calcolare la massima altezza a cui può salire la linfa in un albero ($T=20^\circ$).

NB: il risultato indica che la capillarità non è sufficiente a spiegare la salita della linfa fino alla cima di un albero di molti metri.

Alcuni effetti biologici

Alcune sostanze note come tensioattivi , aggiunte in piccole quantità a dei liquidi riducono la loro tensione superficiale



In un adulto normale le piccole sacche d'aria nei polmoni “alveoli” si espandono e si contraggono mediamente 15000 volte al giorno

P_i è la pressione all'interno degli alveoli, P_o è la pressione del fluido nella cavità pleurica

La tensione s . dipende in parte da un liquido sulle pareti che contiene una lipoproteina che ha proprietà tensioattive

Gli alveoli come piccole cavità sferiche: all'equilibrio $r(P_i - P_o) = 2\tau$

Espirazione: P_o aumenta $\Rightarrow \Delta P$ diminuisce

e la contrazione muscolare riduce il raggio degli alveoli

Diminuisce sia r che ΔP e quindi la condizione di equilibrio non puo` essere soddisfatta

se $\tau = \text{cost}$ gli alveoli collassano

Inspirazione: P_o diminuisce e r aumenta

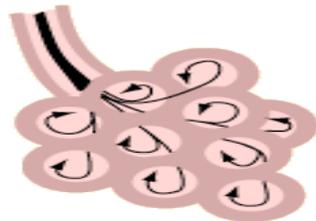
se $\tau = \text{cost}$ gli alveoli tenderebbero ad aumentare di dimensioni rompendosi

E` la presenza di un tensioattivo che permette di aumentare la tensione nella fase di inspirazione equilibrando l'aumento di r ΔP

E diminuire la tensione nella fase di espirazione

L'insufficienza di tensioattivo nei polmoni e` causa di morte di molti neonati prematuri

Ephysema polmonare



Healthy alveolus

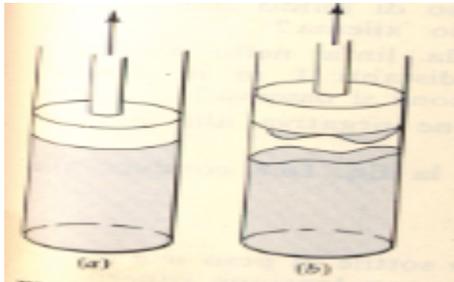


Alveolus damaged
by pulmonary disease

In caso di ephysema polmonare gli alveoli polmonari sono in parte distrutti e in parte molto allargati. Nel normale processo di inalazione gli alveoli si dilatano e normalmente occorre aumentare la pressione di un fattore due per estendere la membrana degli alveoli (a tensione costante) e raddoppiarne il raggio. Negli alveoli dell'individuo malato il raggio molto maggiore degli stessi implica secondo la legge di Laplace una tensione superficiale molto maggiore ossia una diminuzione di elasticita` degli alveoli.

Salita della linfa negli alberi

La linfa sale in alberi alti oltre 60 m grazie alle pressioni negative che nascono dalle forze di coesione nell'acqua



Acqua pura senza gas disciolti riempie il volume sotto un pistone di un cilindro

Il pistone viene tirato verso l'alto e l'acqua esercita una resistenza verso il basso

L'acqua esercita verso l'interno una pressione che prima che la colonna si separi dal pistone raggiunge valori compresi tra 25 e 300atm

La linfa sale nello xilema costituito da canali di raggio compreso tra 25-250 μ m. Quando l'acqua evapora dalle foglie la colonna di linfa si sposta verso l'alto per mantenersi intatta

Pressure

1 atmosphere = 760 mm Hg = 1.01325 bar =
1.01325 x 10⁵ pascal (or Newton/meter² or Joule/meter³)

1 bar = 10⁵ pascal (or N/m²)

10⁶ dyn/cm²

1 torr = 1 mm Hg = 133.3 pascal

1 pascal = 10 dyn/cm² (or erg/cm³) = 7.501 x 10⁻⁴ cm Hg

1 cm Hg = 1.333 x 10⁴ dyn/cm² = 1.316 x 10⁻² atmospheres = 1.333 x 10³ pascal

Standard Volume of ideal gas 22.4136 m³ /kmole = 22.4136 liters/mole Standard Temperature
= 273.16 K (0 °C)