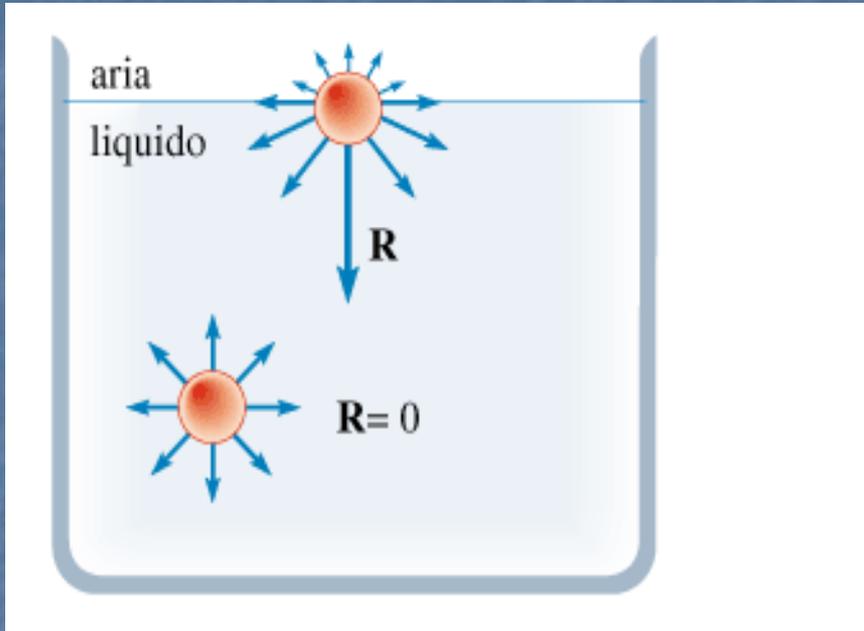


Tensione superficiale



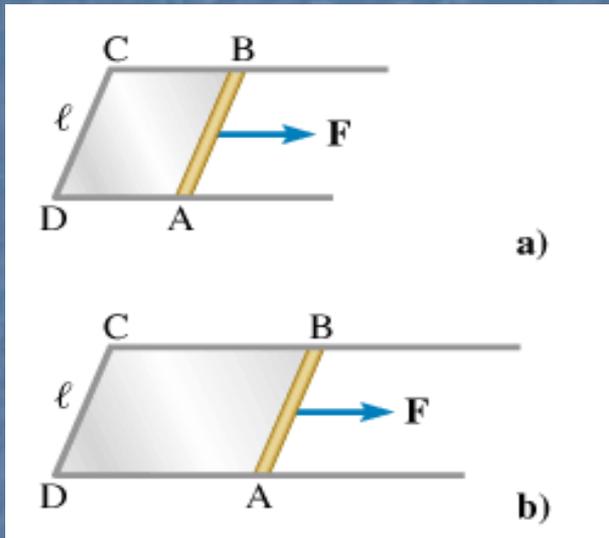
Le forze di coesione in un liquido si manifestano come forze che agiscono alla superficie del liquido.

La risultante delle forze di coesione che agiscono su una molecola all'interno del fluido è nulla, mentre tale risultante è diretta verso l'interno per una molecola sulla superficie.

Conseguenze: i liquidi tendono ad assumere la forma che corrisponde alla superficie minima (forma sferica delle gocce); per aumentare la superficie libera del liquido occorre compiere del lavoro (lavoro necessario per portare le molecole alla superficie del liquido).

Tensione superficiale

La superficie del liquido si comporta come una membrana tesa (agiscono delle forze che tendono a contrarla)



Tali forze agiscono tangenzialmente alla superficie e perpendicolarmente al contorno.

Consideriamo un telaietto con un lato mobile a cui possiamo applicare una forza F che all'equilibrio è bilanciata dalle forze che agiscono tangenzialmente alla superficie

Sperimentalmente si trova che F dipende solo dalla lunghezza del contorno e non dall'area della lamina.

Si definisce pertanto la tensione superficiale come la forza per unità di lunghezza che agisce lungo il bordo della lamina liquida.

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

$$L = \text{contorno} = 2l$$

$$\tau = \frac{F}{2l}$$

Unità di misura N/m

Tensione superficiale

Si può dare una definizione equivalente in termini di lavoro.

L'aumento della superficie libera di un liquido non può avvenire spontaneamente, ma occorre il lavoro di una forza esterna (che deve essere opposta alla tensione superficiale):

$$W = \tau \cdot \Delta S \Rightarrow \tau = \textit{tensione superficiale del fluido} = \frac{W}{\Delta S}$$

Unità di misura:

$$J/m^2 = N \cdot m/m^2 = N/m$$

Le due definizioni sono equivalenti (facendo riferimento al telaietto con un lato mobile che spostiamo di Δx)

$$W = F \Delta x = 2l\sigma \Delta x = 2\sigma l \Delta x = \sigma \Delta S$$

Tensione superficiale

Formula di Laplace Supponiamo di avere una lamina liquida sferica di raggio R (si pensi a una bolla di sapone).
La tensione superficiale e la pressione esterna tendono a contrarre la bolla. Se la bolla è in equilibrio, ci deve essere una pressione interna p_i che si oppone a questa contrazione.

Deve essere che:

$$p_{int} > p_{est} \Rightarrow (p_{int} - p_{est}) > 0$$

Si calcola il lavoro delle forze di pressione e della tensione superficiale per un aumento di raggio ΔR

$$\Delta p = p_{int} - p_{est} > 0$$

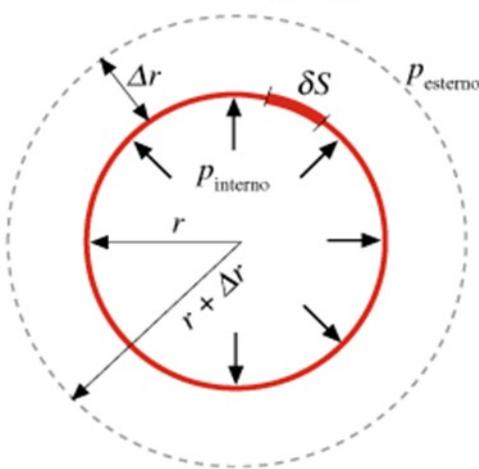


Figura 5.29

Per ricavare la formula di Laplace per una bolla sferica, si considera una sfera di raggio r e si suppone di dare un piccolo incremento Δr al raggio della sfera.

Formula di Laplace

$$p_{int} - p_{est} = \frac{4\tau}{R}$$

$$p_c - p_{est} = \frac{2\tau}{R}$$

Tensione superficiale

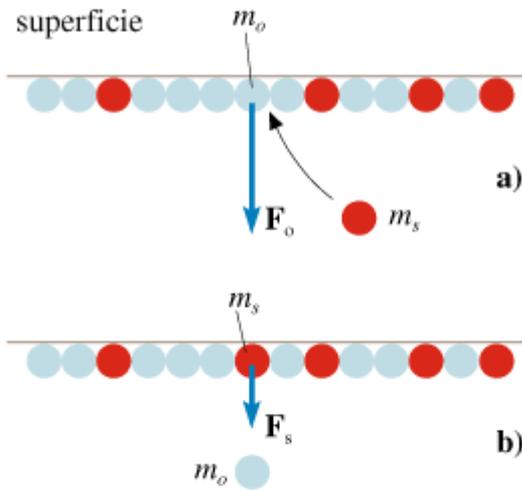


Figura 5.24

La soluzione, inizialmente omogenea (a), si trasforma in superficie con la sostituzione delle molecole di solvente (m_o di colore azzurro) con quelle di tensioattivo (m_s di colore rosso) (b). L'energia potenziale (5.34) del sistema tende pertanto a diminuire.



Scannicchio
Fisica Biomedica
Edises

Liquidi tensioattivi

I liquidi tensioattivi abbassano la tensione superficiale dell'acqua in modo notevole. Le molecole di tensioattivo hanno forze di coesione con le molecole di liquido più deboli rispetto alla interazione liquido/liquido; quindi queste tendono a disporsi prevalentemente sulla superficie. In tal modo la tensione superficiale diminuisce.

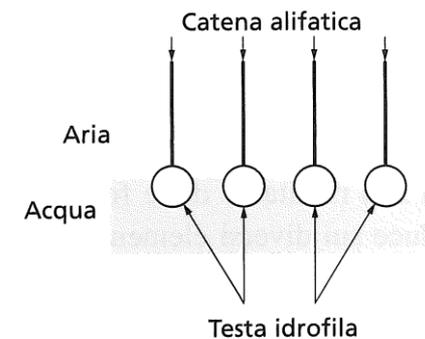


Figura 15.7 Le molecole di surfattante sono agenti tensioattivi perché il loro assorbimento alla superficie del liquido modifica il valore della tensione superficiale.

Tensione superficiale

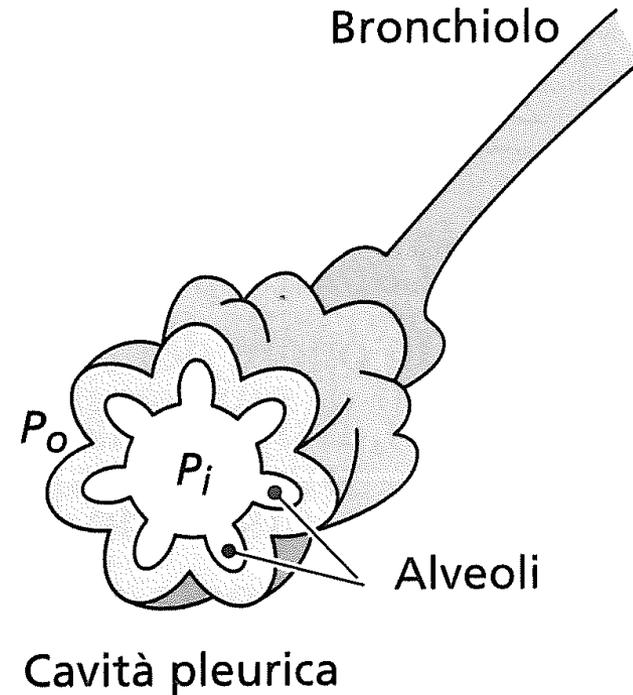


Figura 15.8 Uno spaccato che mostra gli alveoli all'estremità di un bronchiolo, ramificazione terminale dei bronchi. La pressione all'interno degli alveoli vale P_i ; la pressione del liquido nella cavità pleurale vale P_o . La cavità pleurale circonda l'intero polmone.

Tensione superficiale

Gli alveoli polmonari sono piccole sacche di aria che si dilatano e si contraggono circa 15000 volte al giorno. Il trasporto dell'ossigeno e del diossido di carbonio avviene attraverso la membrana degli alveoli. La tensione delle pareti dipende sia dal tessuto della membrana che da un liquido che contiene una lunga lipoproteina (surfattante).

Gli alveoli possono essere considerati delle piccole sfere (raggio R). La legge di Laplace ci dice che

$$R(P_{\text{int}} - P_{\text{ext}}) = R\Delta P = 2\tau$$

P_{ext} in questo caso è la pressione pleurale che aumenta durante l'espirazione e conseguentemente ΔP diminuisce; allo stesso tempo la contrazione muscolare fa diminuire R . Se R e ΔP diminuiscono entrambi (con $\tau = \text{cost}$) la condizione di equilibrio espressa dalla legge di Laplace non può essere soddisfatta. La forza dovuta alla pressione esterna farebbe collassare gli alveoli.

Durante l'inspirazione avremmo l'effetto opposto: P_{ext} diminuirebbe, R aumenterebbe (espansione muscolare) e quindi a parità di tensione superficiale gli alveoli avrebbero la tendenza ad espandersi e a rompersi.

Tensione superficiale

Occorre che la tensione superficiale diminuisca quando R diminuisce (espirazione) e aumenti quando R aumenta (inspirazione).
Le molecole di surfattante hanno proprio questa funzione:

Inspirazione → aumento del raggio → le molecole di surfattante sulla superficie si separano, la tensione superficiale aumenta

Espirazione → diminuzione del raggio → molecole di surfattante si avvicinano, la tensione superficiale diminuisce.

Il ruolo del surfattante quindi è quello di modificare la tensione superficiale delle pareti degli alveoli in modo da mantenere l'equilibrio.

Una quantità insufficiente di surfattante nei polmoni è causa decesso nei neonati.

TABELLA 5.2 Coefficiente di tensione superficiale per diverse interfacce (a 20°C)

INTERFACCIA	τ (dyne cm ⁻¹)	INTERFACCIA	τ (dyne cm ⁻¹)
mercurio - aria	476.0	alcool etilico - aria	22.3
acqua - aria	72.5	carburi alifatici saturi - aria	20
benzene - aria	28.9	olio d'oliva - aria	32
cloroformio - aria	26.8	urina - aria	66
etere - aria	17.0	bile - aria	45
acqua - benzene	33.6	saliva - aria	18
acqua-olio di oliva	20.6	sudore - aria	69
mercurio - acqua	427.0	glicerina - aria	64.5