

La Natura non spreca energie

(e la matematica lo dimostra)

*Le lamine di sapone
seguono regole
determinate?*



Bolle di sapone

“Una bolla di sapone è la cosa più bella e la più elegante che ci sia in natura...

Mi chiedo quanto sarebbe necessario per comprare una bolla di sapone se al mondo ne esistesse soltanto una”

Mark Twain (1835-1910)



Come si forma una bolla di sapone?



Come si forma una bolla di sapone?

- Per formare bolle è necessario aggiungere all'**acqua** una piccola quantità di **sapone**, per esempio di comune detersivo usato in cucina, in rapporto genericamente indicato di 1 a 15, e qualche goccia di **glicerina**.



Che cos'è la tensione superficiale?

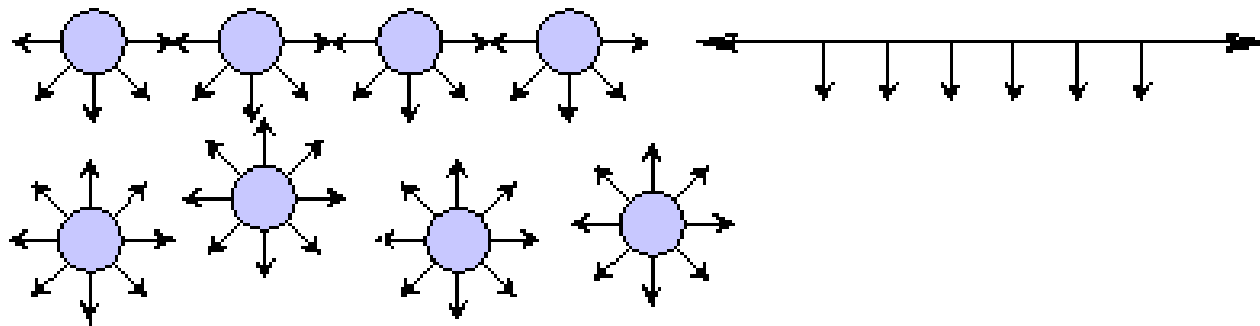
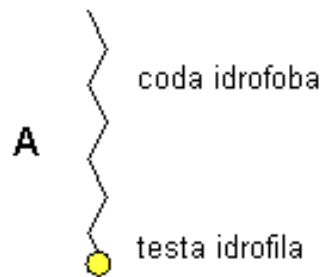


Figura 2 - Schema delle forze di attrazione fra le molecole di un liquido. Le molecole interne sono in equilibrio fra loro. Le forze che agiscono sulle molecole di superficie non sono invece equilibrate verso l'alto e da ciò risulta una compressione verso l'interno. Inoltre, la coesione fra le molecole determina una tensione tangenziale alla superficie. La superficie di un liquido si comporta quindi come una membrana elastica.

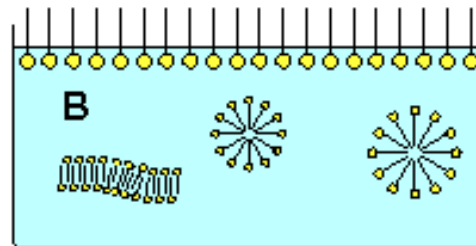
Perché il sapone?

- Quando il sapone si mescola all'acqua, **le sue molecole**, più grandi di quelle dell'acqua, **tendono a migrare verso la superficie** e si dispongono l'una accanto all'altra in modo da formare un sottile velo.
- In questo modo diminuisce la **tensione superficiale** del sistema che evolve quindi spontaneamente verso una configurazione a minor contenuto energetico.

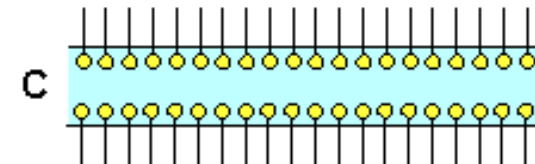
Le molecole di sapone fanno diminuire la tensione superficiale, quindi l'energia



Schema di molecola di tensioattivo (o surfattante)

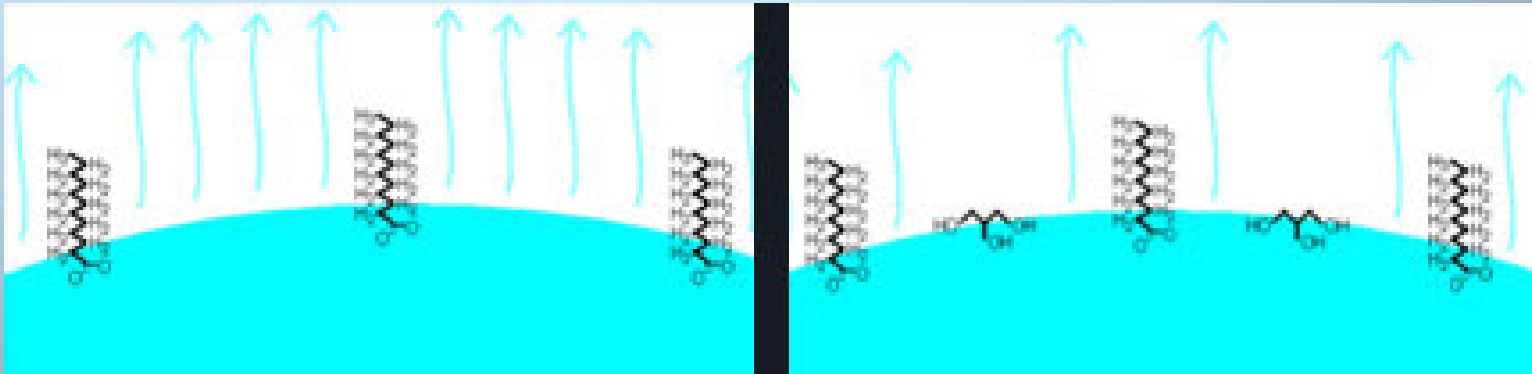


I tensioattivi si dispongono alla superficie dell'acqua come un monostrato di molecole, e al suo interno in forma di micelle e membrane collegate per la coda idrofoba. Poichè la coesione di queste molecole è inferiore a quella delle molecole d'acqua, la tensione superficiale ne viene abbassata.



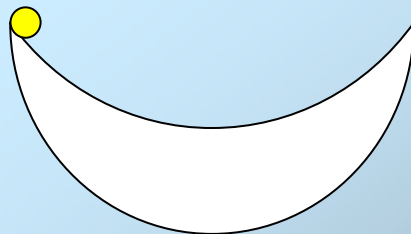
Lamina di acqua saponata. Le molecole di surfattanti si dispongono con la testa nell'acqua e la coda fuori.

La glicerina rallenta l'evaporazione dell'acqua



Perché la pallina che cade nella buca?

- Un sistema fisico è **stabile** solo se **non può evolvere** verso una configurazione a **minor** contenuto energetico.
- La pallina cade per rendere **minima** l'energia potenziale $E=mgh$



Lezione precedente

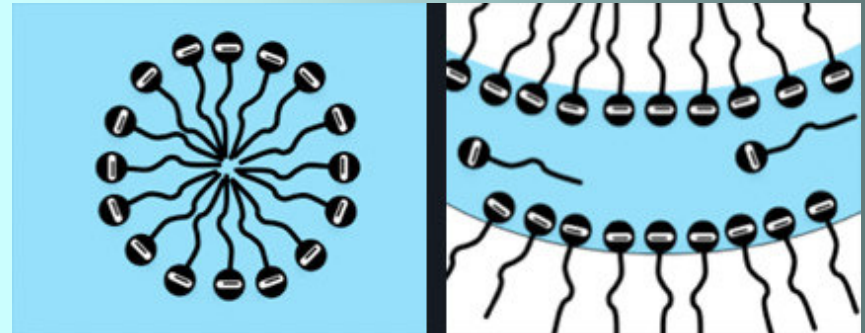
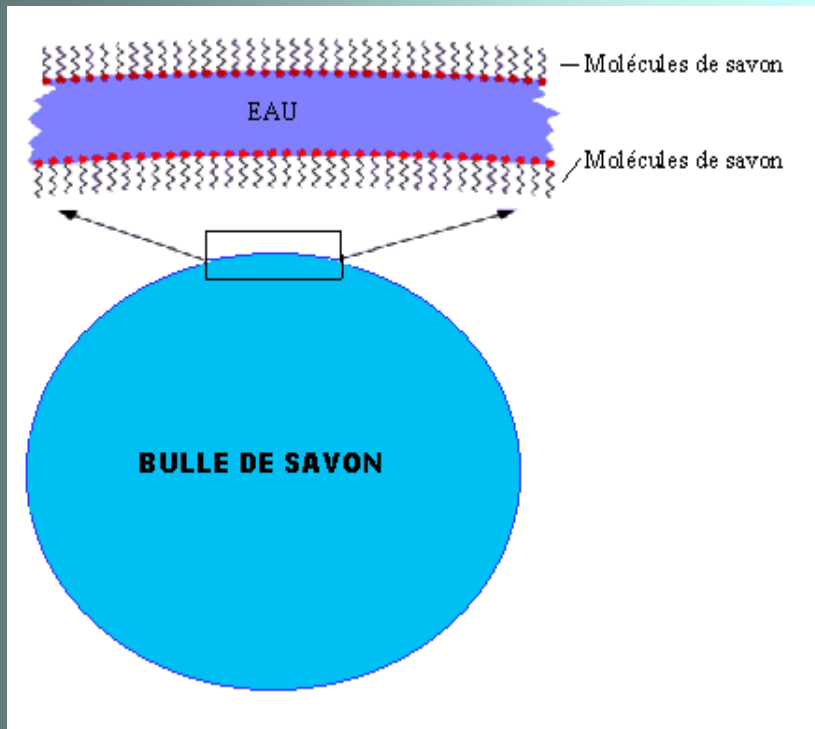
- Paradosso del doppio cono
- Forma della catena appesa
- Rifrazione della luce
- Il percorso di Elvis per riportare la pallina

Pellicole di sapone

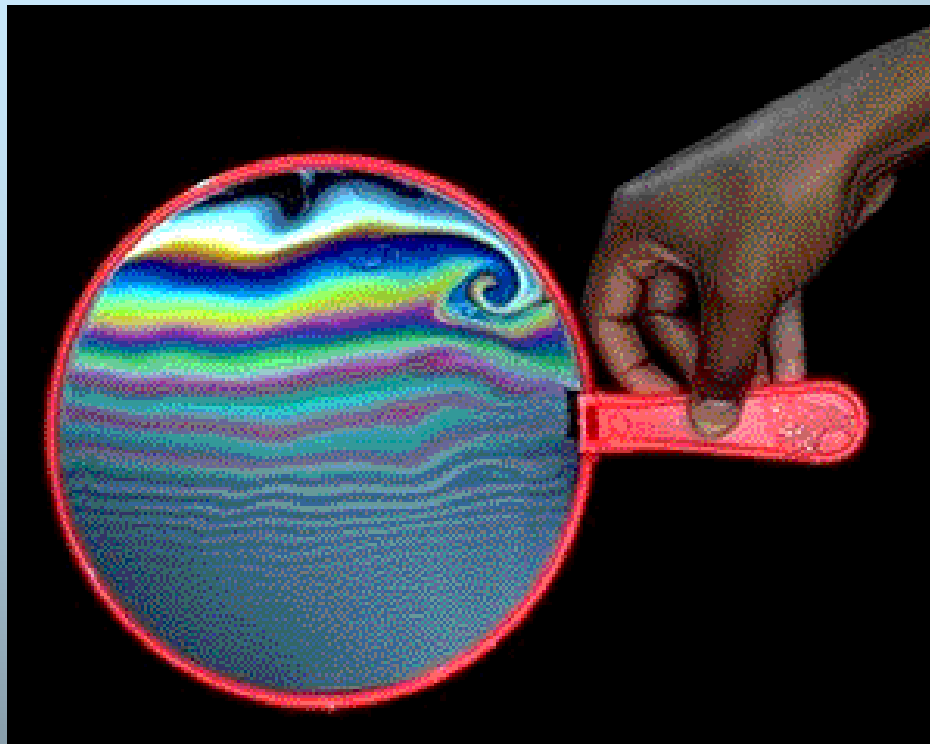
Dopo aver lasciato riposare per poco tempo l'acqua saponata, immergendo e poi estraendo delicatamente un filo di forma qualsiasi, ma chiusa, **il sottile velo si solleva** formando **due superfici** che intrappolano al loro interno un sottilissimo strato d'acqua.

La **pellicola** così formata, dopo qualche oscillazione, **si dispone secondo una posizione di equilibrio** che dipende dalla forma dell'oggetto immerso.

Pellicole di sapone

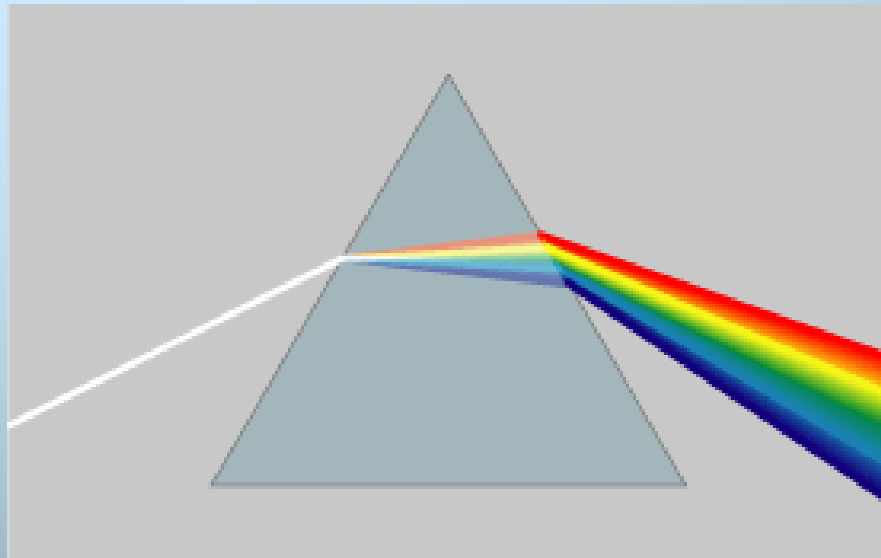


Perché le lamine sono colorate?

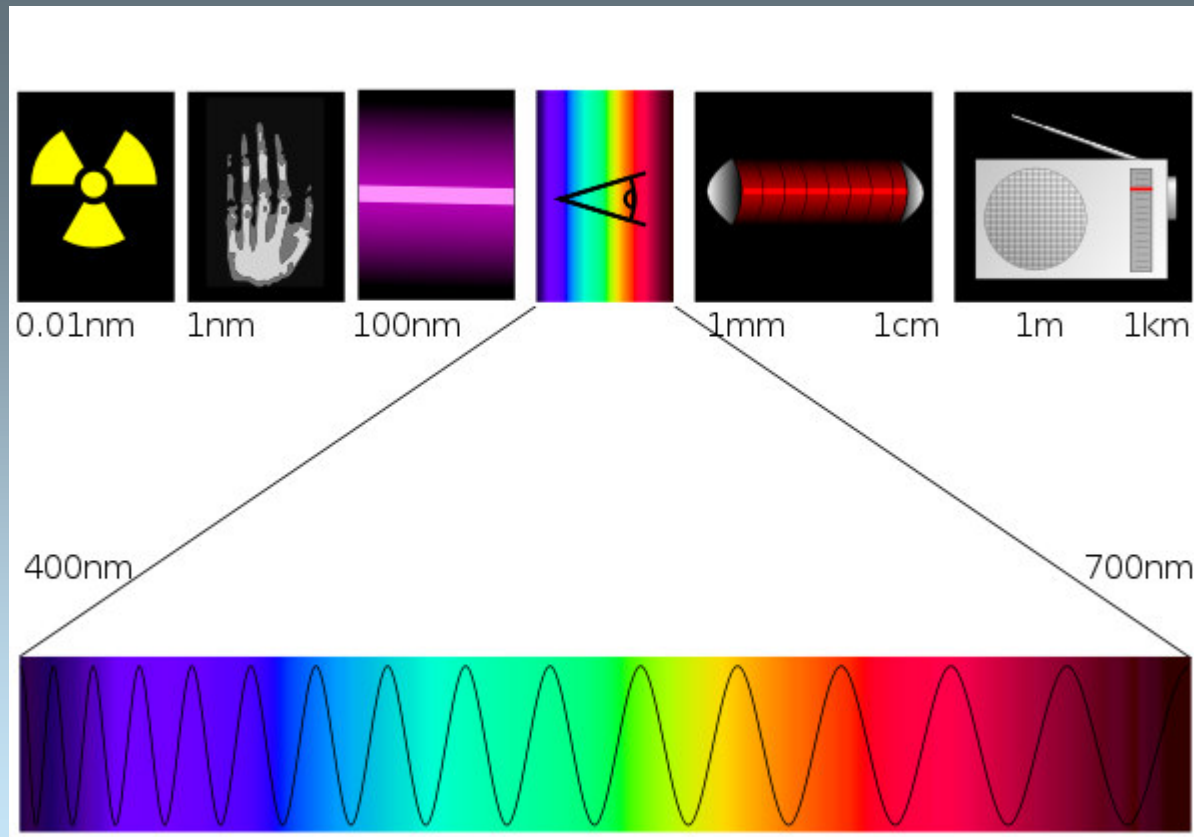


1. Perché le lamine sono colorate?

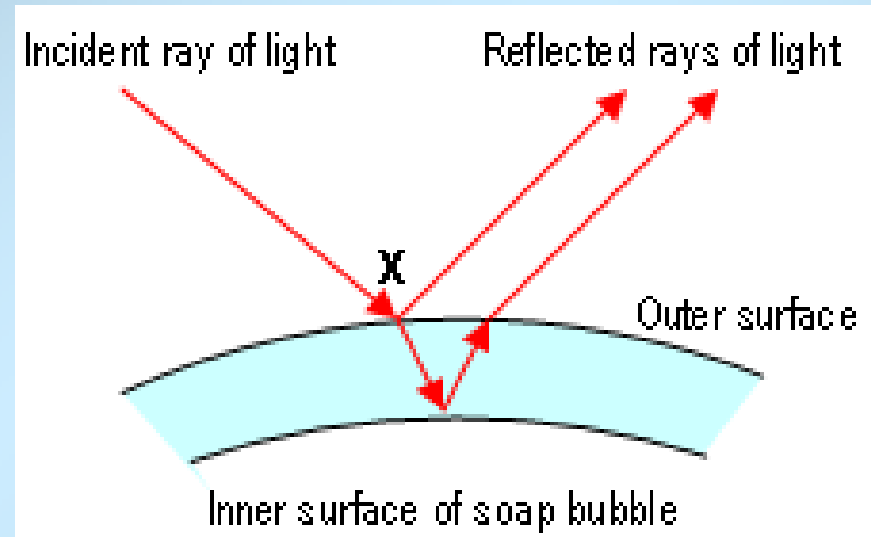
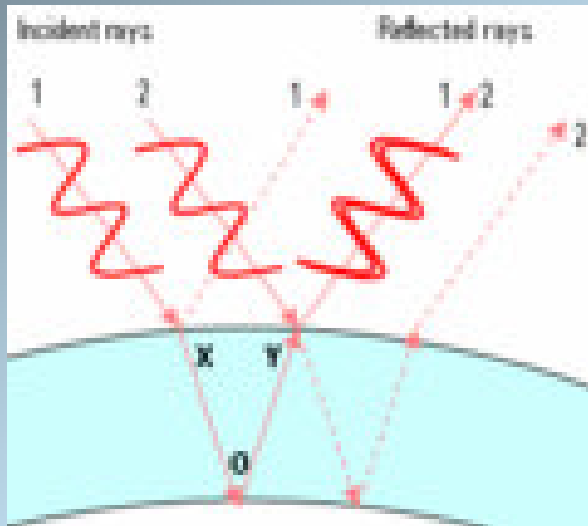
Fenomeno di **dispersione**



Spettro elettromagnetico

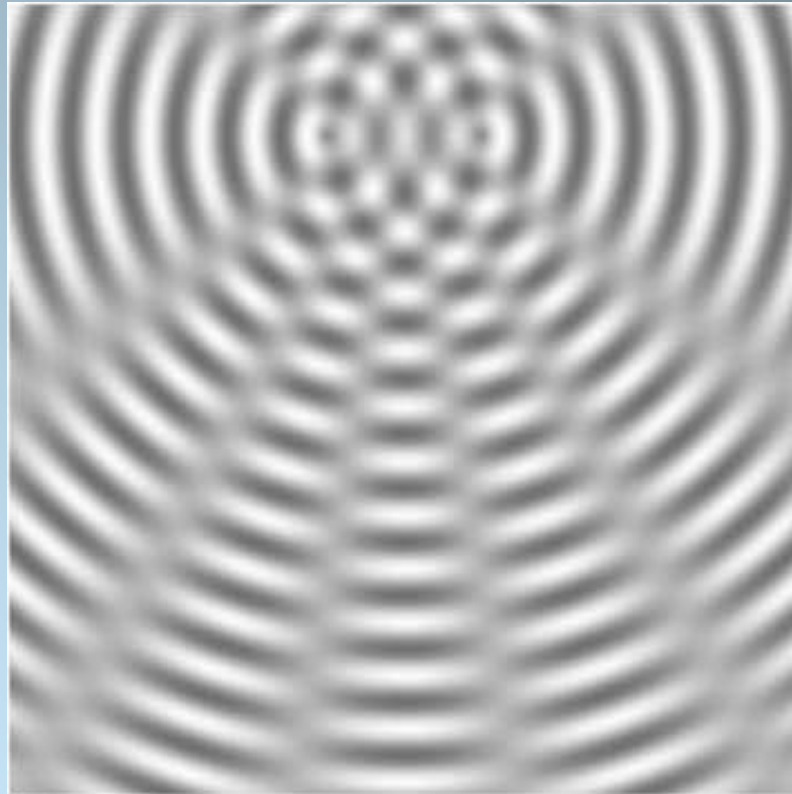


2. Perché le lamine sono colorate? Fenomeno di **interferenza**

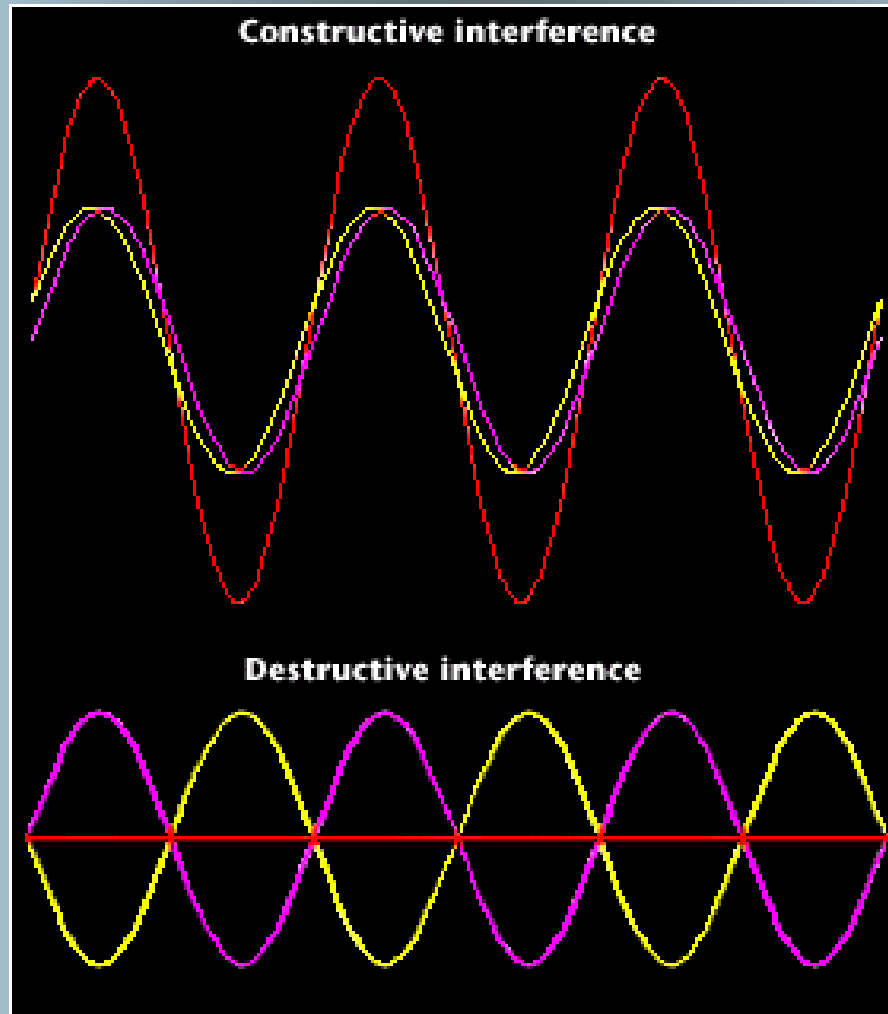


Il raggio riflesso dalla superficie esterna si sovrappone a quello riflesso dalla superficie interna. **I due raggi interferiscono tra loro** dando origine a lunghezze d'onda diverse, e quindi a colori diversi, a seconda dello spessore della superficie.

Interferenza onde d'acqua



Interferenza della luce

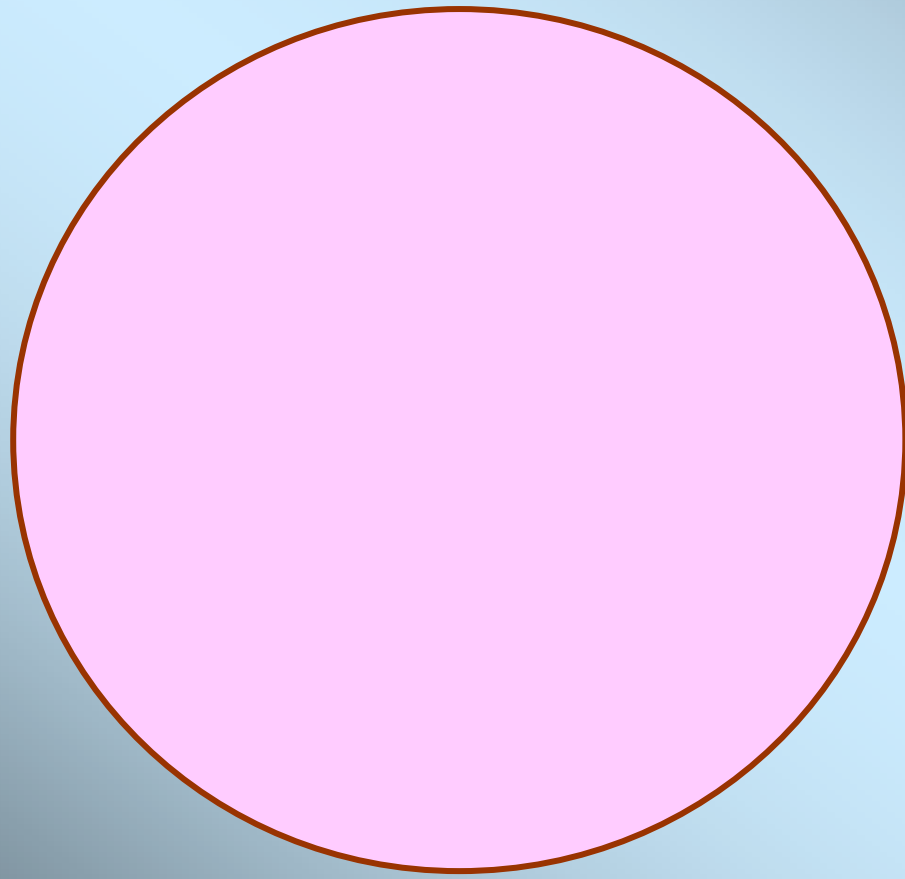


La fondazione di Cartagine

- **Nell'Eneide di Virgilio:**
- La città di Cartagine (nell'attuale Tunisia) si chiamava Byrsa, che in greco significa "pelle di bue".
- Secondo la leggenda, la regina Didone, cacciata da Tiro, arrivò con i suoi sudditi in Africa e chiese a Iarba, re dei Getuli, un tratto di terra per potervi costruire una città.
- Il re le assegnò allora **tanta terra quanta ne potesse circondare una pelle di bue.**

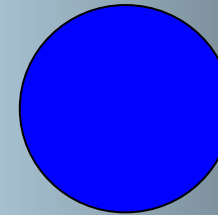
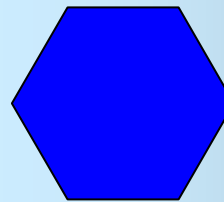
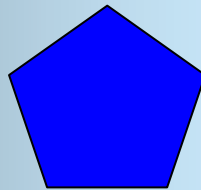
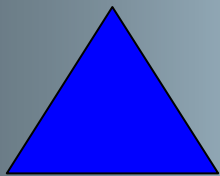
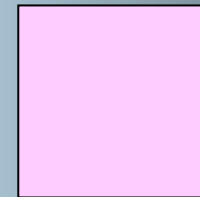
La regina tagliò la pelle
in strisce sottilissime e
le dispose
a forma di cerchio

La matematica dimostra che la circonferenza racchiude la maggior area possibile a parità di perimetro.

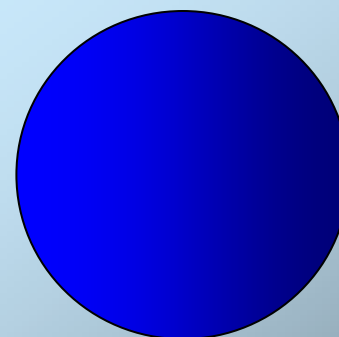
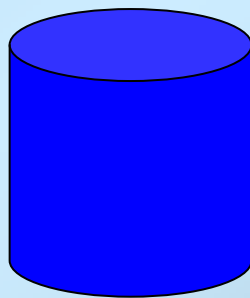
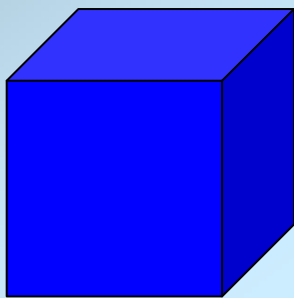


Fra tutti i rettangoli di uguale perimetro il quadrato
racchiude la maggior area

Fra tutti i poligoni regolari di ugual perimetro il
cerchio racchiude la maggior area



**Fra tutti i solidi di uguale superficie
la sfera
racchiude il maggior volume**



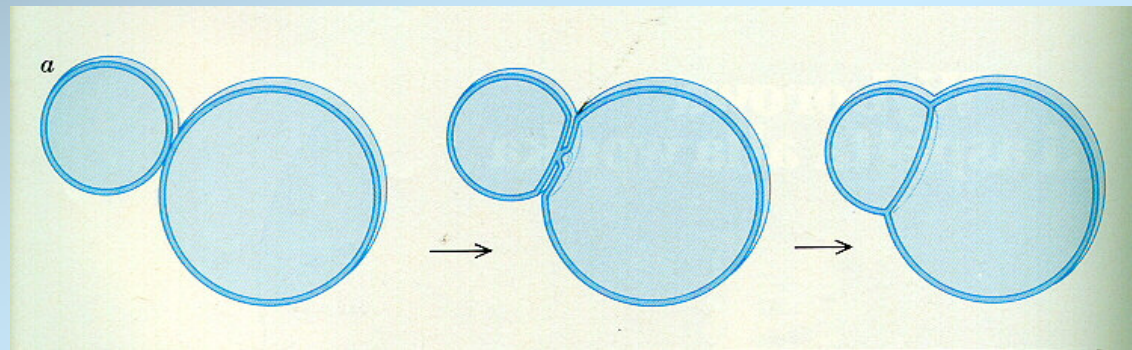
Perché le bolle assumono una determinata forma?

- In questo modo risolvono in modo pratico e intuitivo il problema delle **superfici minime**, un problema matematico che richiede calcoli molto complessi.
- Le lamine di sapone si dispongono in modo da rendere **minima** l'area della loro superficie, e quindi **l'energia**, per un dato volume di area.



Una singola bolla assume quindi una forma sferica

Cosa accade quando due o più bolle si toccano?

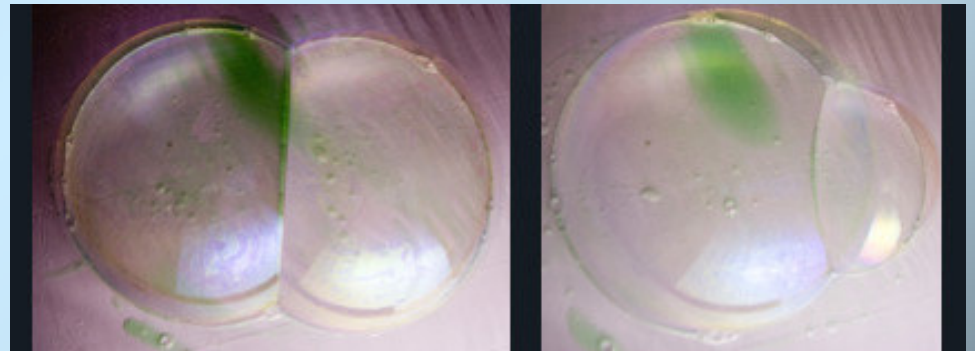


Due bolle mettono in comune una parte della loro superficie, in modo da **rendere minima** la pellicola utile per quel volume di area

Cosa accade quando due bolle si attaccano?

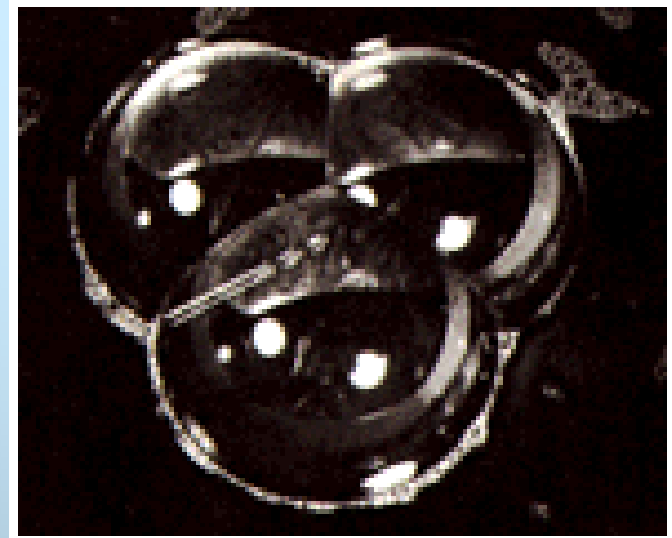
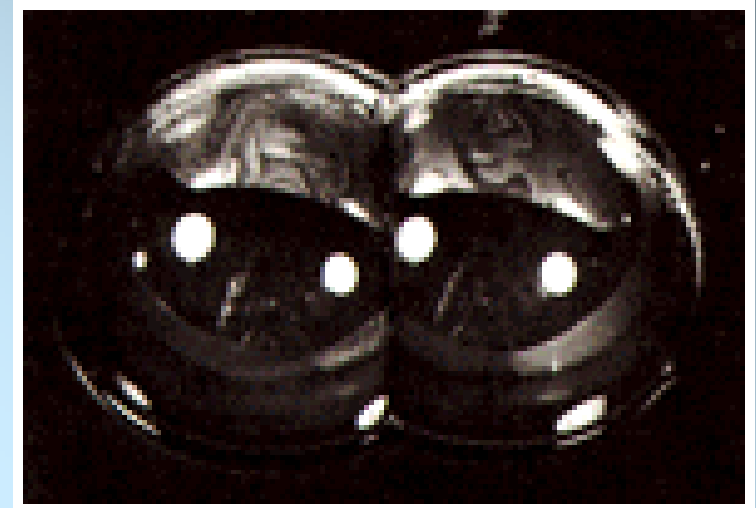
- Se le due bolle hanno lo stesso raggio, la pellicola in comune è piatta.
- Se le due bolle hanno raggio diverso, la pellicola rientra verso quella che ha raggio maggiore.

Infatti **la pressione** all'interno della bolla è **inversamente** **proporzionale al raggio**



Leggi di Joseph Plateau (1801-1883)

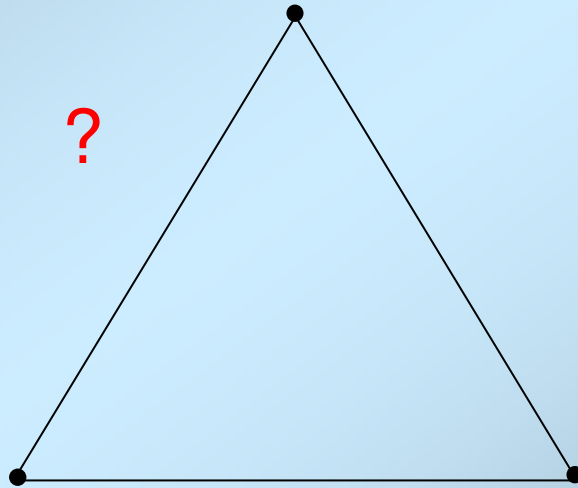
- Le **regole** semplici seguite dalle lamine di sapone per unirsi tra loro sono state trovate nell'Ottocento dal **matematico belga Joseph Plateau (1801-1883)**
- 1. **Lungo una linea** si incontrano **3 superfici**, che formano a due a due angoli di 120°
- 2. **In un vertice** si incontrano **6 superfici** e **4 linee**, che formano a due a due angoli di $109^\circ 28' 16''$



Le leggi di Plateau sono state
dimostrate
nel **1972**
da Frederick Almgren e Jean Taylor

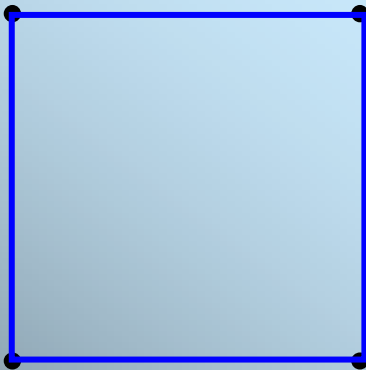
Non solo bolle...

Le lamine di sapone risolvono il
problema del commesso viaggiatore
Qual è la strada più breve che unisce 3 punti?

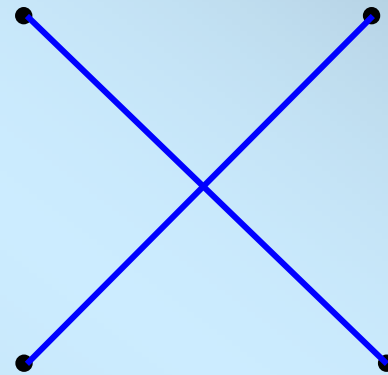


Le lamine di sapone risolvono il
problema del commesso viaggiatore
Qual è la strada più breve che unisce 4 punti?

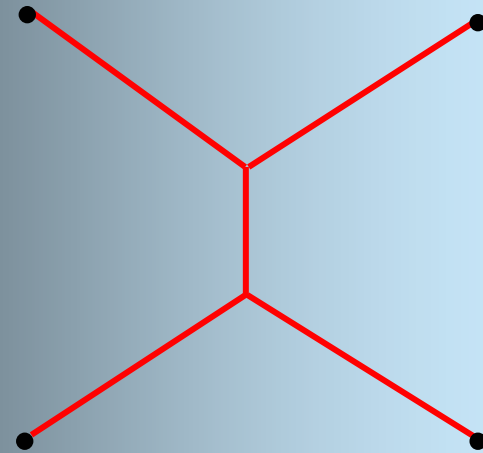
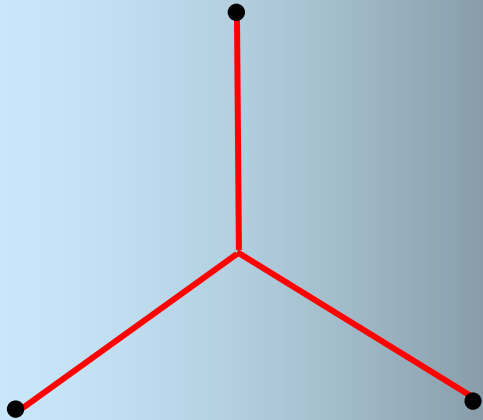
?



?



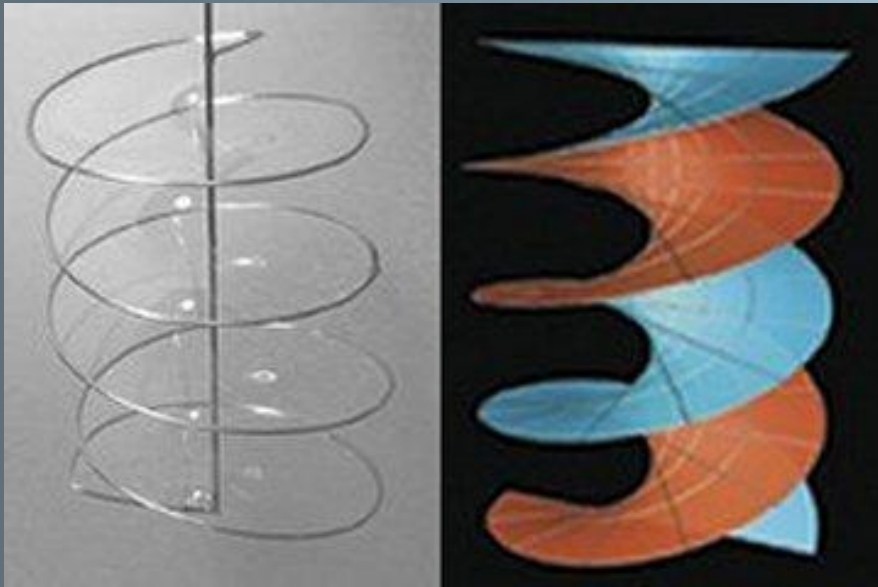
Così si dispongono le lamine di sapone
E' questa la strada più breve



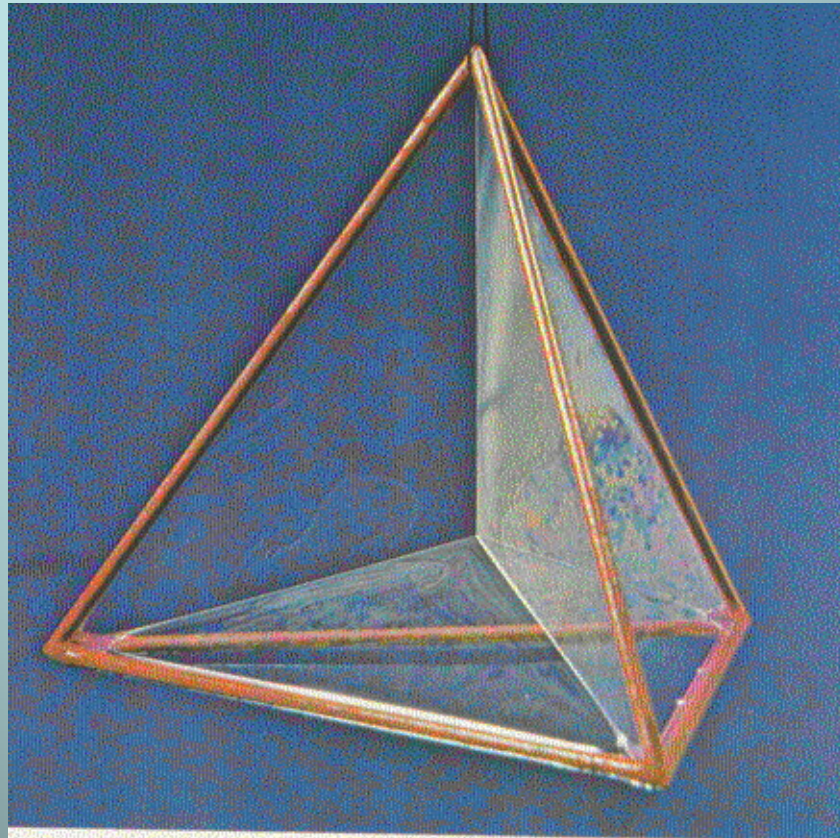
Telaio a forma di cerchio



Telaio a forma elicoidale



Telaio a forma di tetraedro



Telaio a forma di cubo

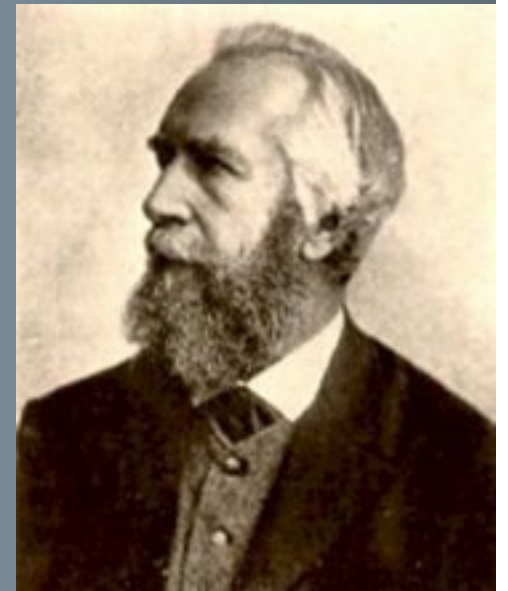


Due cerchi paralleli

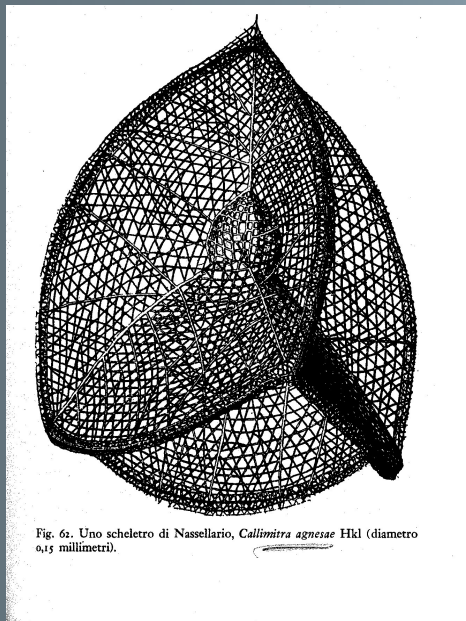


Ernst Haeckel, filosofo e biologo tedesco (1834-1919)

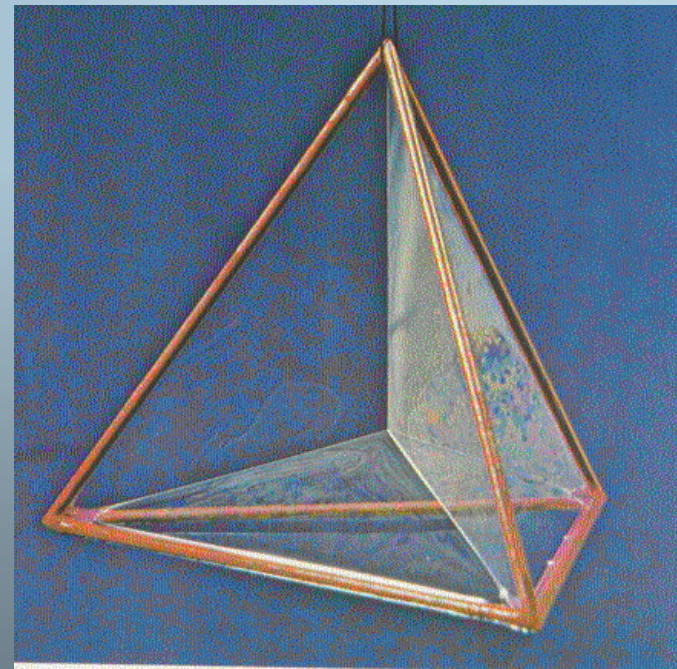
- “**Forme artistiche della natura**”, 100 litografie con breve testo descrittivo incentrate sull’osservazione dei microrganismi marini e sulla diffusione dell’evoluzionismo
- “La natura genera un’inesauribile copia di mirabili forme che in bellezza e in varietà sorpassano di gran lunga tutte le creazioni artistiche dell’uomo”
- “Le sorgenti di godimento artistico e di nobilitante sapere che dovunque sono nascoste nella natura devono essere sempre più dischiuse e divenire patrimonio comune di più ampie cerchie di coltura”



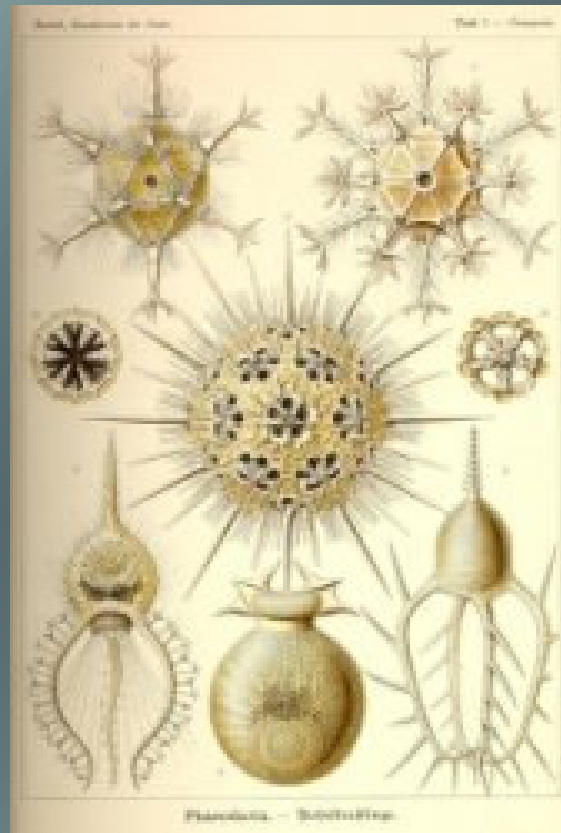
Telaio a forma di tetraedro



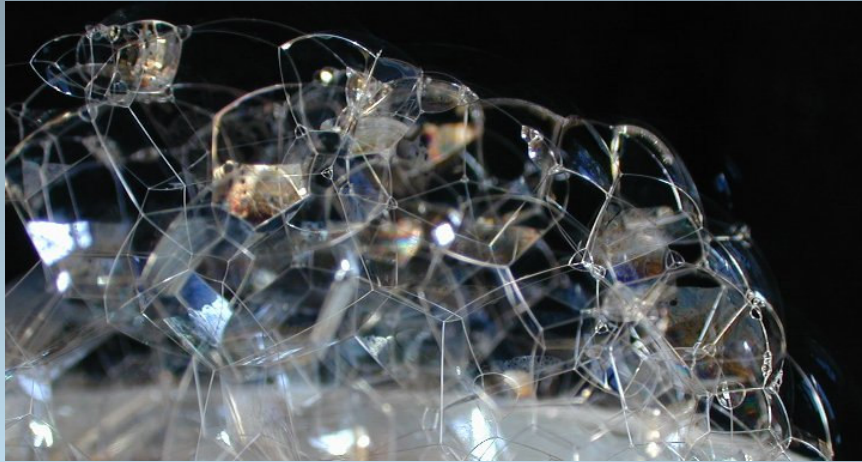
Scheletro di radiolare



Una tavola di Haeckel



Anche la schiuma segue regole determinate



Tom Noddy



Bolle di sapone, Jean-Baptiste Chardin, (1699 – 1779)



Mostra a Ferrara dal 17 ottobre 2010 al 30 gennaio 2011 *Il pittore del silenzio*

Edouard Manet, (1832-1883)



Anonimo del XVIII secolo

Abbi divertimento sulla terra e sul mare
Infelice è chi diventa famoso!
Ricchezze, onori, false illusioni di questo mondo
Tutto non è che bolle di sapone



9 dicembre 1992, Pierre-Gilles de Gennes
Premio Nobel

Gli uomini di sapone

Giovanni Perditempo
viaggiando in carrozzone,
capitò nel paese
degli uomini di sapone.
Gli uomini di sapone
e le loro signore
sono sempre puliti
e mandano un buon odore.
Sono bolle di sapone
le loro parole.

Escono dalla bocca
e danzano al sole.
Nelle case, per le strade,
Dappertutto in ogni momento
milioni di bolle
volano via con il vento
Il vento le fa scoppiare
silenziosamente...
E di tante belle parole
non rimane più niente.

Gianni Rodari

