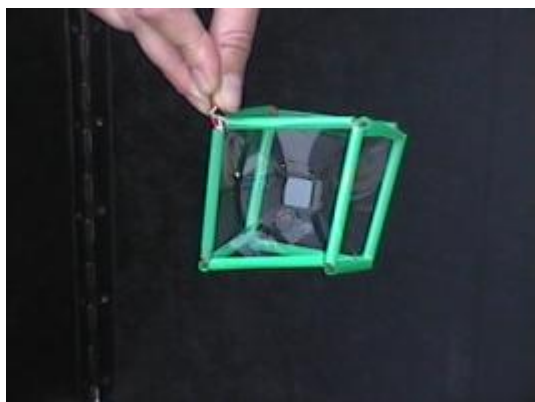


Esperienze con le bolle di sapone

Esperienza 2



Obiettivo

Far vedere come si dispongono le lamine di sapone su una struttura tridimensionale e bidimensionale, di forma regolare o di fantasia

Materiale occorrente

- Cannucce da bibita
- Soluzione di acqua saponata
- Fil di rame (ad esempio quello che si trova nei fili elettrici) o di ferro facilmente malleabile (ferro cotto)

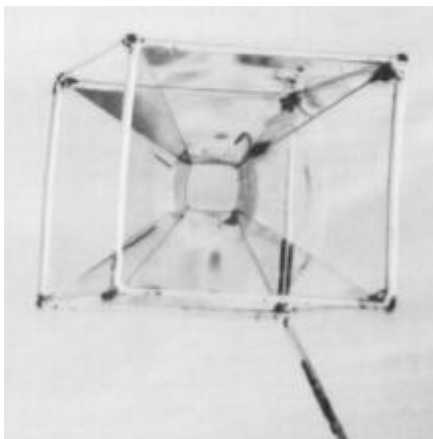
Procedimento

Con le cannucce e il filo metallico costruiamo delle strutture che rappresentino delle forme di fantasia (spirali, curve aperte), delle figure geometriche sia tridimensionali che bidimensionali come un cubo, un tetraedro, un quadrato, un triangolo, un cubo senza alcuni lati. Immergiamo queste strutture nella soluzione saponosa quindi delicatamente solleviamole. Possiamo vedere delle meravigliose forme geometriche realizzate dalle lamine saponose.

Che cosa far notare

Estraendo delicatamente il telaio dalla soluzione, in particolare uno con forma di un "solido regolare", possiamo notare come queste lamine si dispongono sui lati della nostra struttura e che figure formano. È meglio iniziare con l'immergere quelle strutture con forme strane e poi quelle tridimensionali a forma regolare, sarà così più interessante vedere che spesso la disposizione delle lamine è diversa da quella che ci si poteva aspettare.

Se immergiamo più volte lo stesso telaio può capitare che le figure geometriche che si formano non siano sempre uguali. Se prendiamo il telaio a forma di cubo, ad esempio, è facile ottenere all'interno una bolla cubica dove gli spigoli sono formati tutti dall'incontro delle membrane saponose ed inoltre le sue facce sono un po' rigonfie verso l'esterno. Si può anche vedere che nelle strutture regolari le lamine assumono forme di figure piane regolari (nella struttura a forma di cubo si ottengono 4 triangoli, 8 trapezi e un quadrato o un cubo).



Un'altra cosa interessante da vedere è l'intersezione delle varie lamine e quali sono gli angoli che formano.

Che cosa accade

La pellicola di acqua saponata che si forma sulla struttura (che possiamo chiamare curva nello spazio) si dispone in modo da occupare la superficie che abbia la minor area possibile tra tutte quelle superfici che hanno come contorno la curva stessa. Le forme a volte molto intricate che si vedono all'interno delle strutture rappresentano proprio questa area minima. Se immergiamo più volte lo stesso telaio nella soluzione possiamo notare che si creano forme diverse questo perché ci può essere più di un modo per formare una pellicola la cui superficie abbia area minima. Le lamine che si formano su telaio raggiungono la forma stabile in pochi istanti e con il passare del tempo questa non cambia a meno che non intervengano fattori esterni, tipo la rottura del telaio stesso.

La formazione della bolla all'interno della struttura cubica è dovuta al fatto che estraendo il telaio dalla soluzione questo ha catturato una certa quantità d'aria che per ragioni di simmetria si sistema immediatamente al centro della struttura laminare formando un cubo le cui facce sono leggermente convesse (la spiegazione di questo fatto si vede poi)

Per approfondire



Utilizzando dei telai di forme irregolari, si possono vedere ed esemplificare alcuni concetti topologici. Ad esempio costruendo una spirale (a sinistra nella foto) e immergendola nella soluzione si vede che nessuna lamina si forma su questa struttura. Se attorcigliamo la spirale intorno ad un filo rettilineo (a destra nella foto) e la immergiamo nella soluzione vediamo che si formano delle lamine. È così ben rappresentato il concetto di aperto e chiuso. Infatti nel primo caso non si forma nessuna lamina perché la curva è aperta, nel secondo caso si formano le lamine perché la struttura forma una curva chiusa.

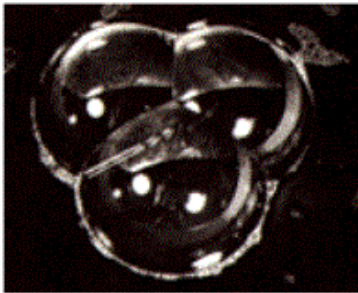
Si può calcolare l'area della superficie corrispondente alla membrana liquida che si forma ad esempio nella struttura cubica e in quella a tetraedro (Attenzione, bisogna tenere presente che occorre considerare un fattore due nel calcolo delle aree perché ogni membrana ha due superfici). Si può poi calcolare l'area della superficie laterale del cubo e del tetraedro avente gli spigoli coincidenti con i lati della struttura e confrontare poi i risultati ottenuti. In entrambi i casi la somma delle aree delle superfici saponose è minore di quella della superficie delle due strutture considerate.

Si può calcolare l'area della superficie di diversi solidi aventi tutti lo stesso volume: tetraedro, cubo, ottaedro, dodecaedro ecc. e sfera; confrontando i risultati ottenuti si noti che l'area della superficie della sfera è la minore.

Si può vedere quali sono le figure piane che si formano su ogni struttura:

A - struttura tetraedrica: si formano 6 lamine triangolari con vertice comune

B - struttura cubica: si formano 4 triangoli, 8 trapezi ed un quadrato centrale.



Se si immergono strutture con forme diverse si può vedere come si intersecano le varie superfici saponose che si creano e quali in particolare sono gli angoli che formano. Si noterà che, nonostante le strutture abbiano forme diverse, le superfici si intersecheranno solo in due modi: o tre superfici si incontrano lungo una linea regolare con angoli che hanno tutti la stessa ampiezza di 120° o sei superfici si incontrano in un vertice e le quattro curve di intersezione convergono con angoli di circa 109° . Queste cose si possono notare anche nelle bolle composte. Ogni volta che due bolle di sapone vengono a contatto subiscono una variazione di configurazione. Esse mantengono la loro

forma sferica fino al momento in cui si toccano. A questo punto, invece di mantenere le quattro distinte superfici che le bolle avrebbero se venissero semplicemente compresse l'una contro l'altra, le lamine saponose si fondono. Se si incontrano due bolle uguali le due pareti che si fondono formano una lamina che rimane piatta. Se una bolla è più piccola dell'altra, la lamina ha una leggera flessione verso la bolla più grande. Si può dire che la bolla più piccola spinge verso quella più grande, ci troviamo di fronte ad un problema di "pressione interna" delle bolle. Indipendentemente dalle dimensioni, le superfici esterne incontrano la parete comune con angoli di 120° . Se si incontrano più bolle si mantiene, per le superfici di contatto esterne la regola dei 120° , mentre per le superfici che si creano internamente alla bolla valgono le stesse osservazioni delle lamine perché in effetti possiamo parlare di lamine saponose e non più di bolle. Questo è dovuto al fatto che parte della superficie esterna delle bolle che vengono a contatto viene eliminata creando così delle lamine che occupano la minor superficie possibile.

Si possono approfondire i principi fisici che stanno alla base di tutte le osservazioni fatte sopra. Quando immergiamo le nostre strutture nella soluzione saponosa le lamine che si formano raggiungono la forma stabile in pochi istanti e questa non varia al passare del tempo a meno che non intervengano fattori esterni, si dice che la lamina ha raggiunto una situazione di stabilità, cioè che si trova in uno *stato di energia minima*. Quando più bolle si incontrano e si fondono, eliminando parte della loro superficie esterna formando così delle lamine nei punti di contatto, si ha una riduzione dell'energia superficiale della configurazione. Si dice che il sistema è passato ad uno stato a minor contenuto energetico rispetto a quello in cui era prima. Nel caso delle bolle dobbiamo, però, tenere presente, come abbiamo detto sopra, anche di un'altra variabile fisica che è la pressione.

Per poter meglio capire *il principio di energia minima*, che dice: "**un sistema fisico può esistere in una determinata configurazione solo se esso non può evolvere verso una configurazione a minor contenuto energetico rispetto alla prima**", possiamo usare dei modelli meccanici. Per esempio delle piste su cui si fa scendere una biglia, e che abbiano punti a diversa altezza. In prossimità della buca la biglia continua ad oscillare fino a quando si ferma nel centro della buca in *equilibrio stabile*. Può succedere che, si fermi nel punto più alto della pista (*equilibrio instabile*), su una gobba, ma appena spostata, tende subito a riportarsi nel punto più basso.