



asdf

I CRISTALLI LIQUIDI

10 January 2012

Premessa all'articolo

L'intento dell'articolo è quello di esporre brevemente quanto appreso ai corsi e di analizzare questo particolare stato della materia **dal punto di vista chimico**, senza scendere eccessivamente nei dettagli, sperando che l'articolo possa essere di gradimento agli utenti di ElectroYou.

Introduzione

Come detto prima, i **cristalli liquidi** sono uno stato particolare della materia. Essi presentano delle **proprietà intermedie** tra quelle dei liquidi veri e quelle dei cristalli. Diversamente dai vetri, ad esempio, sono caratterizzati da uno **stato termodinamicamente stabile**. Negli ultimi anni l'impiego dei cristalli liquidi si è fatto sempre più vasto e diffuso grazie alle applicazioni che tutti conosciamo e che vanno dai sensori di temperatura fino ai più comuni schermi per calcolatori ed altri dispositivi elettronici.



termometro digitale a cristalli liquidi



maschera a cristalli liquidi di protezione individuale per saldatura

La struttura

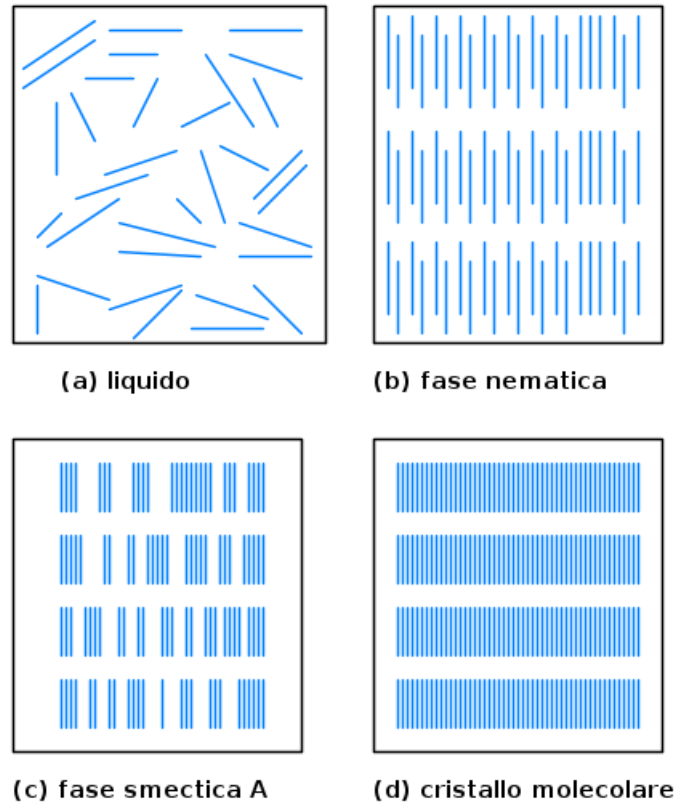
Le sostanze che formano i cristalli liquidi sono caratterizzate in genere da molecole con **forme allungate simili a bacchette**.

Un esempio è la **teretfal-bis-(4-n-butilanilina)**, chiamata **TBBA**, la cui struttura molecolare può essere rappresentata nel modo che segue:



dove i **gruppi idrocarburici** situati alle estremità sono separati da una **catena** abbastanza rigida formata da **anelli benzenici** e **doppi legami N = C**.

Le molecole, simili a bastoncini, hanno la tendenza ad allinearsi anche in fase liquida, come mostrato nella figura che segue:



L'ordine **in questa fase** permane soltanto su piccole distanze; in media, nel tempo, una data molecola può assumere una orientazione qualsiasi.

La tipologia più semplice di fase "cristallo liquido" è la fase **nematica** (figura b); TBBA subisce una transizione dalla fase liquida a quella nematica a 237°C. In un cristallo liquido nematico le molecole sono preferenzialmente orientate verso una data direzione, ma il centro di ogni molecola è distribuito casualmente, come si sarebbe verificato in una normale fase liquida.

Sebbene le fasi "cristallo liquido" siano caratterizzate da una orientazione preferenziale anche su grandi distanze, non tutte le molecole sono orientate esattamente nella stessa direzione. Infatti ci sono delle **fluttuazioni nella orientazione di ogni molecola**, e soltanto *in media* le molecole hanno una grande possibilità di orientarsi in una particolare direzione.

Alcuni cristalli liquidi formano una o più **fasi smectiche**: queste mostrano una varietà di strutture microscopiche che sono indicate con le lettere **A,B,C** e via scorrendo.

Nella figura c è visibile, sempre in via schematica, la *struttura smectica A*. Le

molecole sono sempre ordinatamente orientate ma ora i loro centri sono disposti in strati; in ciascuno di essi, sono comunque distribuiti casualmente, come accade normalmente in un liquido.

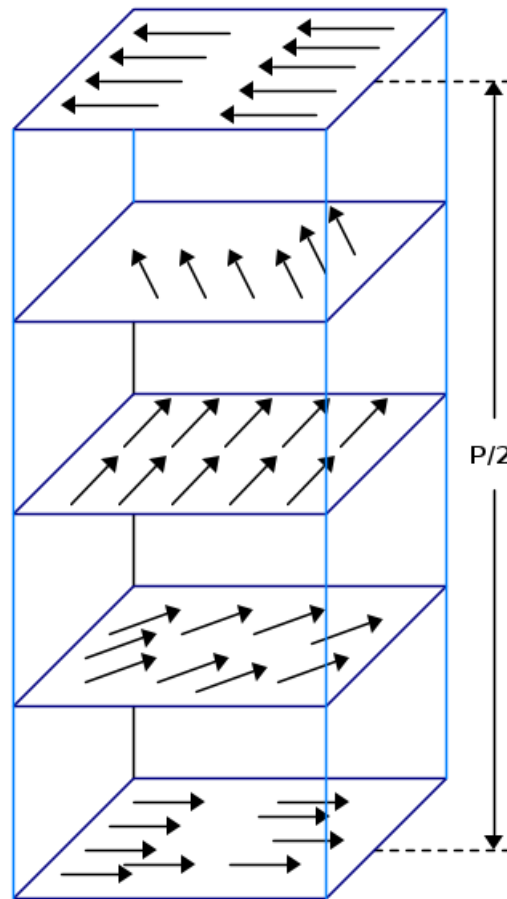
TBBA si organizza nella fase smectica A a 200°C, prima di avere, a temperature più basse, altre due transizioni con fasi più ordinate.

A temperature molto basse (113 °C per TBBA) un cristallo liquido congela in un **solido cristallino** (figura d) dove le orientazioni delle molecole sono tutte ordinate e i centri delle molecole si trovano disposte in un normale reticolo tridimensionale.

Le strutture elencate nella figura sopra danno un senso al termine *cristallo liquido* : **i cristalli liquidi sono simili ai solidi per quanto riguarda l'orientamento ordinato e simili ai liquidi per quanto riguarda la distribuzione casuale dei centri delle loro molecole.**

Un terzo tipo di cristallo liquido è detto **colesterico**: il suo nome deriva dal fatto che molti di questi cristalli liquidi sono costituiti da derivati della molecola del colesterolo.

La struttura del cristallo liquido colesterico è ritratta schematicamente nella seguente figura:

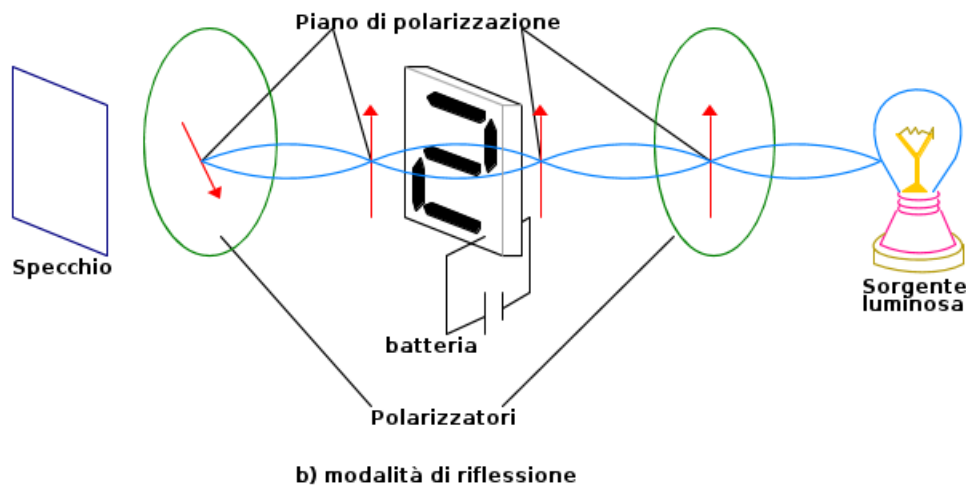
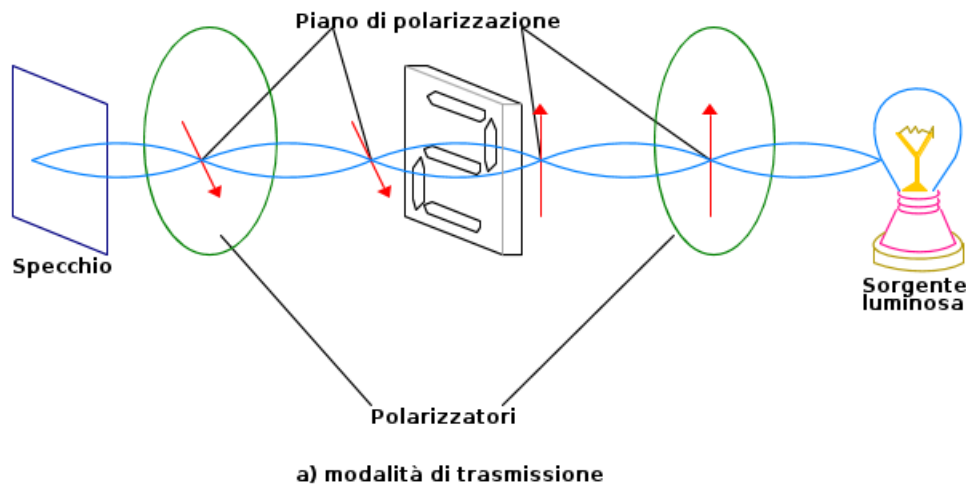


In ciascun piano le molecole evidenziano un ordine nematico ma le molecole sono orientate in modo regolare da un piano all'altro, mostrando una **struttura ad elica**. La distanza tra i piani con la stessa orientazione è detta **pitch** P e può essere abbastanza grande (l'ordine è di centinaia di centimetri o più). Un cristallo liquido diffrange la luce con lunghezze d'onda λ che sono paragonabili al pitch. Il pitch varia al variare della temperatura; il colore della luce diffratta può essere adoperato come un sensore di temperatura.

L'orientazione particolare delle molecole di un cristallo liquido è sensibile sia alla natura della superficie con cui viene in contatto sia ai campi elettrici e magnetici. Tale **sensibilità** è alla base dell'uso dei cristalli liquidi nematici per gli schermi delle apparecchiature elettroniche e per gli schermi di grandi dimensioni.

Nella figura che segue è ritratto schematicamente il funzionamento di uno schermo a cristalli liquidi:

- **a)** : la luce viene polarizzata al fine di consentire il passaggio attraverso il secondo filtro polarizzatore e colpire lo specchio, ottenendo così uno schermo luminoso;
- **b)** : applicando una differenza di potenziale ad alcune porzioni dello schermo si provoca la rotazione delle molecole del cristallo liquido, ottenendo una diversa polarizzazione della luce; dato che la luce *ruotata* è bloccata dal secondo filtro e non raggiunge lo specchio, la porzione di schermo è scura.



Micelle e membrane

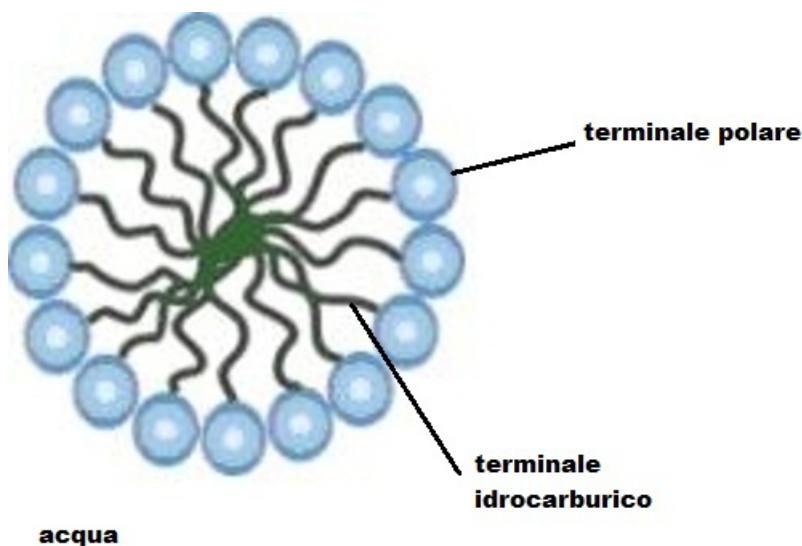
I cristalli liquidi finora trattati sono **sistemi ad un singolo componente**. Altre tipologie di sistemi si possono formare con miscele di due componenti. Solitamente un componente della miscela è l'acqua e l'altro è tipicamente lo **steurato di sodio**

$(\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COO}^- \text{Na}^+)$.

Si tratta di un sale analogo all'acetato di sodio e le sue particolari proprietà dipendono dalla diversa natura delle due estremità della molecola. La lunga coda idrocarburica è **idrofoba**, giacché gli idrocarburi non si sciolgono in acqua e la respingono. Il gruppo ionico carbossilico ($-\text{COO}^-$) è **idrofilo** e si scioglie facilmente in acqua, grazie alla sua natura ionica e al fatto che interviene nella formazione di legami ad idrogeno.

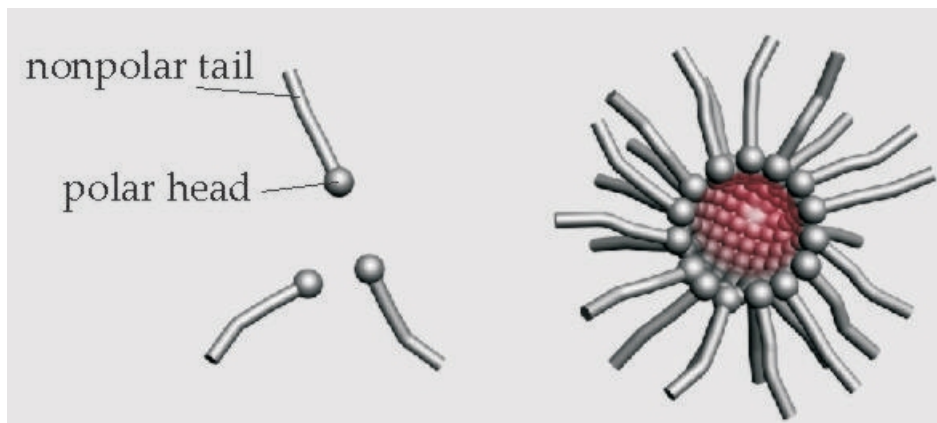
Tali molecole sono dette **anfili**.

Se una quantità piccola di anfilo si scioglie in acqua si separerà in molecole individuali solvate; quando si supera una concentrazione critica le molecole si organizzano in **micelle** che contengono da 40 a 100 molecole, come si vede dalla figura sotto:



Questi piccoli e quasi sferici agglomerati di molecole hanno le code idrocarburiche rivolte verso l'interno non polare, mentre i gruppi ionici sono rivolti verso l'acqua. Tale organizzazione richiede una diminuzione di entropia ma porta ad un abbassamento significativo di energia, in quanto le catene idrofobiche sono allontanate dal contatto diretto con l'acqua.

Se invece si usa un solvente idrocarburico, si formano **micelle inverse**, in cui le code idrocarburiche delle lunghe catene sono in contatto con il solvente e piccole quantità di acqua vengono raccolte nella parte interna polare delle micelle.

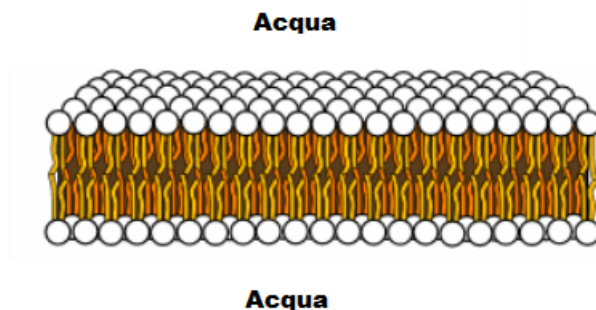


La formazione di micelle è importante per l'azione di saponi e detergenti. Grassi e olii sono sostanze più solubili negli idrocarburi che nell'acqua pura. La funzione di un sapone come lo stearato di sodio nella pulizia dei tessuti è di rimuovere il grasso e lo sporco associato dalla superficie dove ha aderito formando una sospensione di gocce di olio circondate da molecole anfifile che possono essere risciacquate.

Lo svantaggio principale dei saponi naturali è che i loro sali di Ca^{2+} e Mg^{2+} non sono solubili e precipitano, lasciando delle schiume o dei residui sugli oggetti lavati. Per prevenire tale inconveniente sono stati sviluppati degli analoghi dei saponi naturali i cui sali di calcio e magnesio sono molto più solubili nell'acqua. Gli agenti sintetici anfifili sono detti **detergenti**.

Le micelle non sono le uniche strutture che si possono formare con delle parti idrofile ed idrofobe scioltesi in acqua.

Infatti si può avere anche una **membrana piatta a due strati**:



che si possono raggruppare in fasi stratiformi (o **lamellari**). Una membrana del genere, cioè **bistratificata**, è formata da due strati planari di molecole con la parte idrofila a contatto con l'acqua e con la parte idrofoba di uno strato a contatto con la corrispondente parte idrofoba del secondo strato. Si formano così membrane

artificiali da soluzioni detergenti che fungono da modelli per le membrane biologiche che circondano le cellule viventi.

Le membrane biologiche contengono delle proteine che controllano il passaggio degli ioni e delle molecole attraverso la parete cellulare. In tal modo influenzano la risposta della cellula agli impulsi nervosi e ormonali.

Approfondimenti

Per approfondire gli idrocarburi: [Idrocarburi](#).

Per approfondire il benzene e gli anelli benzenici: [Benzene](#).

Bibliografia

Chimica moderna - Oxtoby, Gillis, Champion.

Estratto da "<http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Asdf:i-cristalli-liquidi>"