

I cristalli liquidi e nanoscienza

Valentina Domenici e Sandro Jurinovich

e-mail: valentina.domenici@unipi.it; sandro.jurinovich@cattaneodigitale.it

In occasione di questa Scuola Del Re, dedicata alle *nanoscienze*, abbiamo deciso di affrontare il tema dei cristalli liquidi con un percorso flessibile e modulare che potesse essere utilizzato sia a livello di licei scientifici e licei di scienze applicate, sia a livello di istituto tecnico, con vari gradi di approfondimento. Proprio per la peculiarità dell'argomento, abbiamo inoltre deciso di fornire agli insegnanti del materiale, in parte legato ad articoli di divulgazione e di didattica della chimica [1-5], un video introduttivo, preparato ad hoc per la scuola [6], e una serie di presentazioni e schede che sono state tutte raccolte su un sito web (Figura 1) [7].

Il percorso che abbiamo proposto si divide in due parti. La prima parte, centrata sull'introduzione al mondo dei cristalli liquidi termotropici, può essere proposta a livello di biennio delle scuole secondarie di secondo grado. L'argomento, infatti si lega bene a quelli relativi agli stati di aggregazione della materia, alle proprietà chimiche e fisiche delle sostanze chimiche e ad alcune proprietà ottiche, con elementi interdisciplinari tra la chimica e la fisica. La seconda parte del percorso, invece, è centrata sui cristalli liquidi liotropici e, in particolare, sui sistemi eterogenei formati da tensioattivi e acqua. In determinate condizioni, i sistemi formati da acqua e tensioattivi formano gli aggregati micellari, le cui caratteristiche chimiche e fisiche si prestano ad essere trattate nel triennio della scuola secondaria di secondo grado. L'argomento si collega bene a concetti fondamentali della chimica organica e della biochimica, permettendo di capire i principi su cui si basano le strutture organizzate fondamentali per la vita, come le membrane cellulari, presentando quindi aspetti interdisciplinari tra la chimica e la biologia.



Figura 1. Schermata della home-page del sito web dedicato all'attività "Cristalli liquidi e Nanoscienza" [7]

Descrizione del materiale didattico

I cristalli liquidi termotropici

I cristalli liquidi termotropici sono esempi di *soft matter* molto particolari in quanto si tratta di composti ‘puri’ e non di miscele variamente complesse ed eterogenee. Dal punto di vista didattico, per comprendere il comportamento di questi composti con la temperatura, è bene partire dal modello particellare, utilizzato anche per passare dal livello macroscopico al livello microscopico affrontando gli stati di aggregazione della materia più comuni: lo stato solido, lo stato liquido e lo stato gassoso. Come evidenziato nell’articolo divulgativo [4], questo modello parte da una semplificazione fondamentale: tutte le molecole (ma anche gli atomi e gli ioni) sono approssimate a delle sferette, trascurando quindi la loro forma. Facendo leva su questo, possiamo far ragionare i ragazzi su cosa succede se invece di avere delle molecole ‘sferiche’ avessimo a che fare con molecole molto ‘allungate’, ovvero anisotrope.

Anche se gli studenti non possono immaginarsi cosa accade realmente, questo semplice passaggio può servire a suscitare nei ragazzi un dubbio, sviluppare delle ipotesi, o semplicemente attirare la loro curiosità sui cristalli liquidi. Tra le prime attività laboratoriali proposte c’è quella di far osservare sperimentalmente cosa succede se riscaldiamo un materiale liquido cristallino (o dalla fase solida, come con il composto derivato del colesterolo di figura 2a) o da una fase liquido cristallina (come nel caso del cristallo liquido nematico, derivato dal cianobifenile in figura 2b).

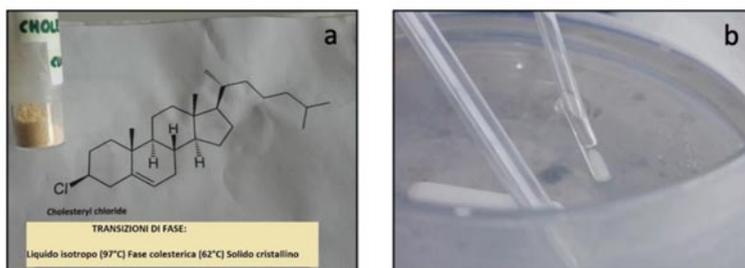


Figura 2. a) Immagine di uno dei primi cristalli liquidi scoperti nel 1888 dal botanico Reitzner (un derivato del colesterolo) in cui si vede la struttura molecolare e le transizioni di fase osservate per raffreddamento dalla fase liquida isotropa alla fase liquido cristallina, chiamata colesterica, fino alla fase solida cristallina; b) fotografia di un cristallo liquido alla transizione di fase da nematico a isotropo [7]

L’osservazione della transizione di fase si presta bene ad un’analisi più quantitativa, anche mediante la progettazione di esperimenti che fanno l’uso di sensori digitali. A tal scopo è possibile realizzare il sistema mostrato in figura 3 in cui la transizione di fase viene monitorata attraverso l’analisi dell’andamento della torbidità del campione in funzione della temperatura del bagno termostatico. I dati sperimentali relativi alle due variabili fisiche possono essere acquisiti digitalmente mediante l’utilizzo di un semplice turbidimetro e di una sonda di temperatura interfacciate ad un microcontrollore, come ad esempio Arduino. Un’attività di questo tipo presenta interessanti aspetti multidisciplinari nell’ambito delle discipline STEM e potenzia le competenze trasversali digitali degli studenti.

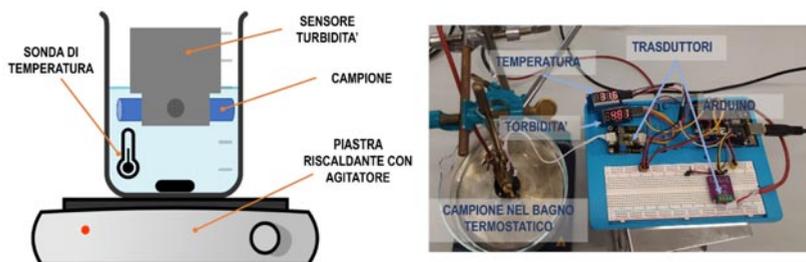


Figura 3. Sistema home-made per lo studio della transizione di un cristallo liquido nematico

L'osservazione macroscopica dei cambiamenti tra una fase e l'altra dovrebbero poi essere accompagnati da una spiegazione microscopica che tenga conto del fatto che le molecole di queste sostanze sono allungate e si comportano come dei bastoncini [1-4]. I ragazzi possono utilizzare dei semplici modellini (anche degli stecchini!) per capire come le molecole si organizzano nello spazio e per ragionare sulle caratteristiche di simmetria.

Le altre attività previste sui termotropici sono di tipo multidisciplinare; in particolare riguardano la chimica, la fisica e le tecnologie in genere.

Una proprietà di questi materiali oggetto di alcune attività laboratoriali è, ad esempio, la birifrangenza e il comportamento dei cristalli liquidi con la luce, polarizzata e non polarizzata. Questa attività è propedeutica alla spiegazione del funzionamento dei display a cristalli liquidi che tutti i ragazzi e le ragazze utilizzano quotidianamente con i loro cellulari.

I cristalli liquidi liotropici

L'introduzione ai cristalli liquidi liotropici presuppone di aver parlato in generale di cosa si intende per *soft matter* e della complessità dei materiali che rientrano nelle cosiddette dispersioni colloidali. Infatti, a differenza dei cristalli liquidi termotropici, i liotropici non sono sostanze 'pure', ma sono costituiti da miscele eterogenee di più sostanze. Tipicamente, si tratta di dispersioni di molecole anfifiliche o tensioattivi, in acqua. Il loro comportamento è quindi legato a due variabili: la temperatura (come per i termotropici) e la concentrazione dei vari componenti in acqua. Nella nostra proposta, abbiamo deciso di concentrare l'attenzione sui saponi (Figura 4) in quanto collegabili facilmente alla vita quotidiana [7-10].

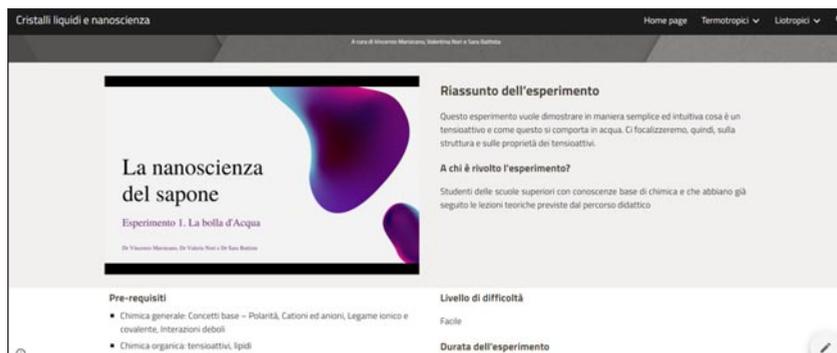


Figura 4. Schermata della pagina dedicata ai cristalli liquidi liotropici con particolare riferimento alla nanoscienza del sapone

Considerazioni finali

Il percorso didattico di introduzione ai cristalli liquidi è stato proposto ad un gruppo eterogeneo di insegnanti e ricercatori che hanno partecipato alla Scuola Giuseppe Del Re. Gli insegnanti provenivano da scuole secondarie diverse: un liceo di scienze applicate, un istituto tecnico e una scuola internazionale, mentre i ricercatori provenivano dall'Università di Perugia, con un background di chimica organica e di ricerca nel campo dei materiali self-assembling. È stato, quindi, molto interessante costruire e coordinare un network di interfaccia tra gli insegnanti delle scuole e i ricercatori universitari, che, pur essendosi incontrati solo sulla piattaforma virtuale, sono riusciti a interagire molto e a scambiare idee, proposte e riflessioni che si sono concretizzate in attività laboratoriali, realizzate con i ragazzi e le ragazze delle scuole sia in presenza sia con incontri in remoto.

Il gruppo di lavoro ha, quindi, operato in grande sinergia e i risultati di questo lavoro, compresi i feedback dagli studenti, sono stati molto positivi. Probabilmente alcune di queste attività continueranno a essere sperimentate con altri gruppi di studenti, come successo recentemente con gruppi di studenti delle classi terze e quarte, provenienti da varie scuole toscane, che hanno partecipato ai percorsi di PCTO sui cristalli liquidi presso il Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale dell'Università di Pisa.

Riferimenti bibliografici

- [1] A. Marchetti, V. Domenici, I Cristalli Liquidi. Un'introduzione critica. Parte I, *La Chimica nella Scuola*, **2010**, Luglio-Settembre, p. 131.
- [2] A. Marchetti, V. Domenici, I Cristalli Liquidi. Un'introduzione critica. Parte II, *La Chimica nella Scuola*, **2011**, Gennaio-Marzo, p. 3.
- [3] V. Domenici, Ordine, disordine e...la complessità del mondo parzialmente ordinato tra aspetti chimico-fisici e applicazioni tecnologiche, *La Chimica e L'Industria*, **2019**, Anno III, **5**, p. 54.
- [4] V. Domenici, Una introduzione (breve) ai cristalli liquidi e alcune considerazioni didattiche, *Il Piccolo Cimento*, **2022**, *1*, art. n. 4. (Pubblicato il 14 marzo 2022) Link: <https://piccolocimento.dcci.unipi.it/introduzione-cristalli-liquidi.html>
- [5] J. Pavlin, N. Vaupotič, M. Čepič, Liquid crystals: a new topic in physics for undergraduates, *European Journal of Physics*, 2013, **34**, 745.
- [6] Video di introduzione ai cristalli liquidi sul canale Youtube del Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale: <https://youtu.be/Sg6FY90PtGY>.
- [7] Sito web "CRISTALLI LIQUIDI E NANOSCIENZA", 10 Settembre **2022** (ultimo accesso): <https://sites.google.com/cattaneodigitale.it/cristalli-liquidi/home-page>
- [8] Video introduttivo sulle 'Nanoscienze del sapone' e l'esperimento della bolla d'acqua: <https://youtu.be/esylqZenLwc>
- [9] Video sull'esperimento sul 'Latte vs sapone': https://youtu.be/D_FR8NxfG64
- [10] Video sugli esperimenti per determinare la concentrazione micellare critica (CMC): https://youtu.be/1hKpF_DuqKw

Video presentazione V. Domenici: <https://youtu.be/4X-vtzgrtAc>

Video presentazione S. Jurinovich: <https://youtu.be/cc2wF3VcM6Q>