



# Soft matter: la scienza dei materiali *intelligenti*

PAOLO BISCARI

Politecnico di Milano



# Soft matter

---

Il nome *soft matter* (*matière molle*, materia molle) si deve a Madeleine Veyssié (Orsay, ~1970) e si è imposto nei successivi decenni grazie soprattutto ai lavori del Premio Nobel Pierre-Gilles de Gennes (1932-2007, P.N. 1991)

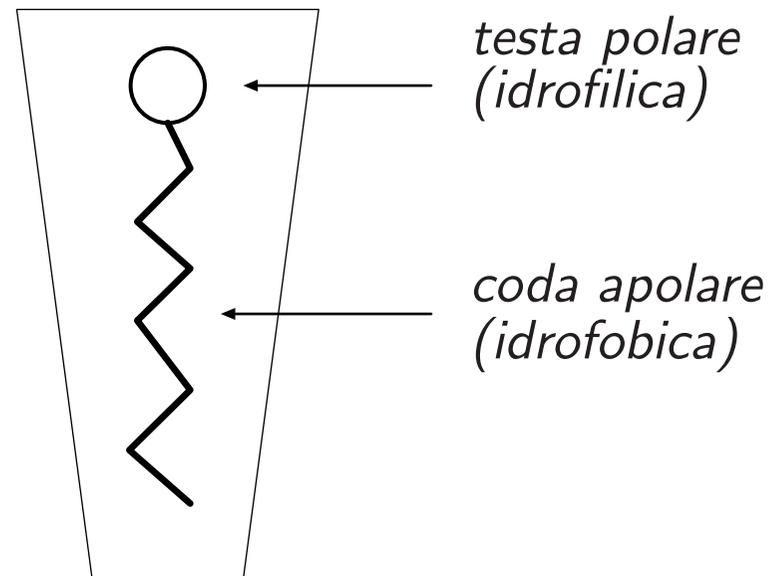
Fase intermedia tra i liquidi e i solidi

Cristalli liquidi, polimeri, colloidi, biomateriali, materiali granulari, fluidi complessi...

# Aggregati lipidici

---

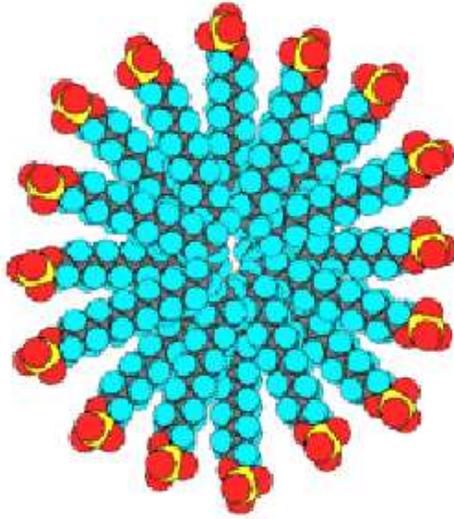
Molecole *anfifiliche*



Dimensioni molecola  $\sim 10^{-9}$ m

# Micelle

---



Le teste sono *esposte* all'acqua

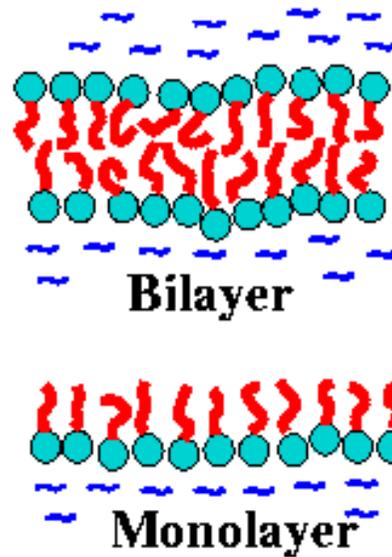
Le code si proteggono in un nucleo, schermato dallo strato di teste

Applicazioni: trasporto molecolare (farmaci, oli, petrolio)

Micelle inverse

# Vescicole lipidiche

---



- Spessore del doppio strato  $\sim 10^{-9}$  m  $\Rightarrow$  superficie chiusa
- Conservazione del numero di molecole  $\Rightarrow$  area fissata
- (Eventuale) impermeabilità  $\Rightarrow$  volume racchiuso fissato

# Modello di Helfrich

---

Minimizzare  $\mathcal{F}[\Sigma] = \kappa \int_{\Sigma} (H - \sigma_0)^2 da$

con vincoli su area e volume racchiuso

$H$ : curvatura media (media delle curvatures principali)

$\sigma_0$ : curvatura spontanea

# Transizioni di forma

PHYSICAL REVIEW A

VOLUME 44, NUMBER 2

15 JULY 1991

## Shape transformations of vesicles: Phase diagram for spontaneous-curvature and bilayer-coupling models

Udo Seifert,\* Karin Berndl, and Reinhard Lipowsky†

*Sektion Physik der Universität München, Theresienstrasse 37, 8000 München 2, Federal Republic of Germany*

(Received 1 October 1990)

snapes.

### B. Complete phase diagram

We describe in this subsection the phase diagram for  $C_0 \neq 0$  as displayed in Fig. 10. The derivation of these re-

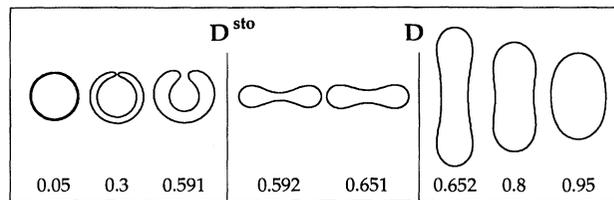


FIG. 9. Shapes for  $c_0 = 0$  and several values of  $v$ .  $D$  and  $D^{\text{sto}}$  denote the discontinuous prolate-oblate and oblate-stomatocyte transitions, respectively. All shapes have the same area.

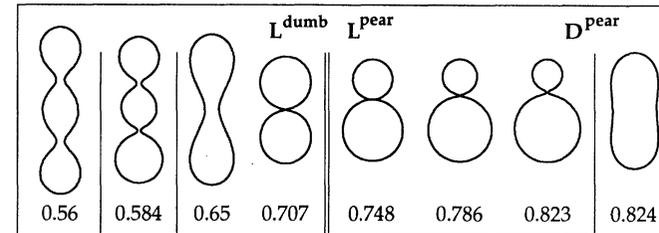


FIG. 14. Stationary shapes for  $c_0 = 3$  and several values of  $v$ .  $D^{\text{pear}}$  denotes the discontinuous transition between the prolate-dumbbell and the pear-shaped states. The latter terminate in the limit shape  $L^{\text{pear}}$ . The prolate-2 branch starts at the (unstable) limit shape  $L^{\text{dumb}}$ . An asymmetric shape is shown for  $v = 0.584$ . These asymmetric shapes become symmetric again with decreasing volume as displayed for  $v = 0.56$ .

# Macchine molecolari

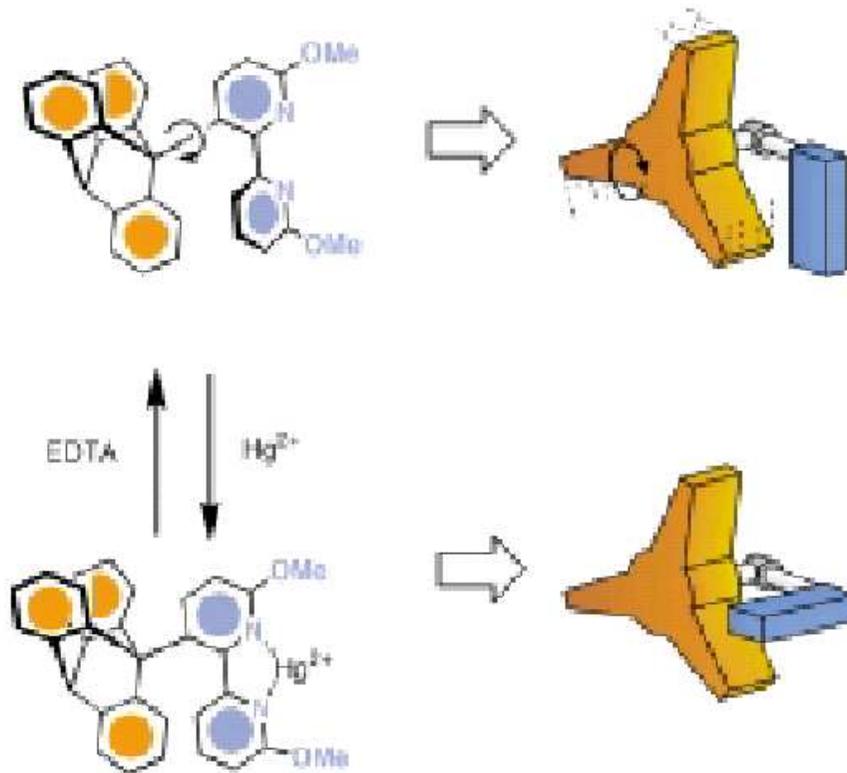
---

In molti materiali polimerici è possibile determinare le proprietà a livello macroscopico modificando la struttura delle singole molecole

Strumenti fondamentali sono la *bistabilità* (molecole con più stati fondamentali con diverse proprietà macroscopiche) e la *reversibilità*, necessaria per la progettazione di trasformazioni cicliche

Tempi caratteristici:  $10^{-12} \mapsto 10^{-1} \text{s}$

# Freno molecolare



# Materiali granulari

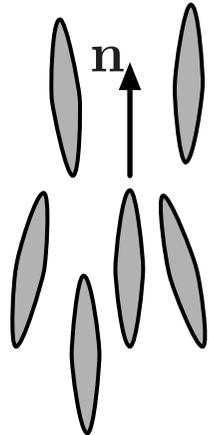
---

Impacchettamento ottimale: il problema delle M&M's



# Cristalli liquidi nematici

Direttore



Teoria di Frank

$$\text{Min. } \mathcal{F}_{\text{Fr}}[\mathbf{n}] := \int_{\mathcal{B}} K |\nabla \mathbf{n}|^2 dv$$

+ condizioni al contorno

**Difetti:** Singolarità di  $\mathbf{n}(x)$

- I difetti hanno una carica topologica, possono scindersi o annichilarsi, ma la carica totale si conserva
- Possono essere guidati sia da opportuni campi elettromagnetici che attraverso le condizioni al contorno

# Difetti

---

