



Folyadékkristályok: szépek és hasznosak

Dr. Éber Nándor

Szilárdtest-fizikai és Optikai Intézet
MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont

Atomoktól a csillagokig, 2012. március 22.

Folyadékkristályok mindennapi eszközeinkben

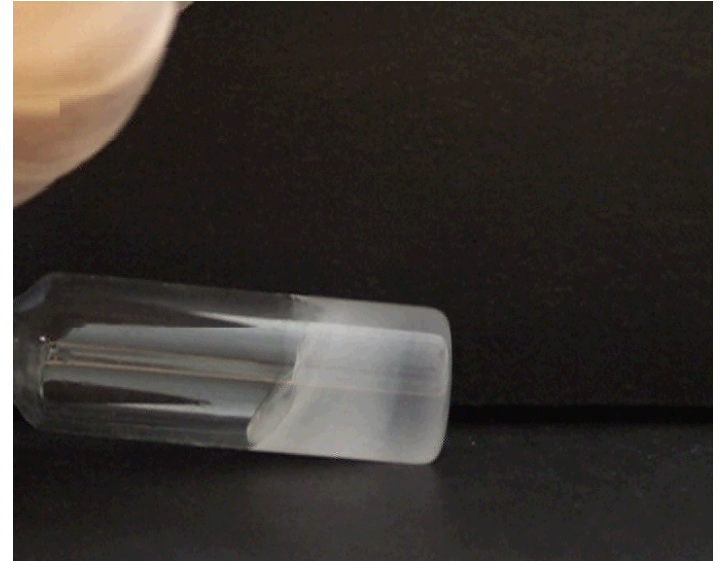


1887 Reinitzer: kettős olvadáspont
kristály \Rightarrow átlátszatlan folyadék \Rightarrow átlátszó folyadék

k
r
i
s
t
á
l
y



s
z
m
e
k
t
i
k
u
s



8CB

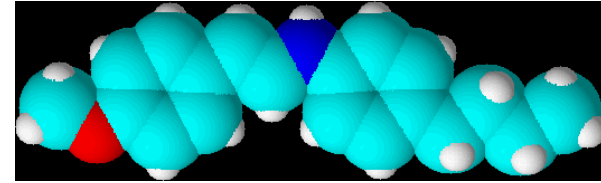
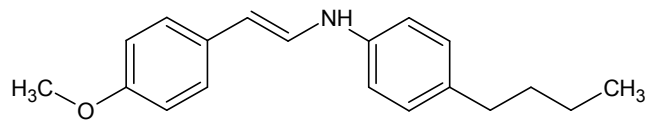
n
e
m
a
t
i
k
u
s

i
z
o
t
r
o
p

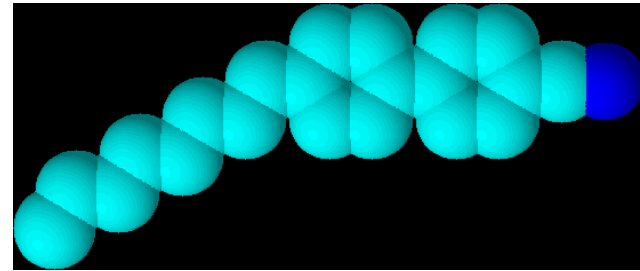
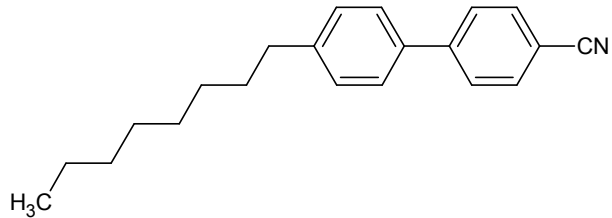


Folyadékkristály molekulák

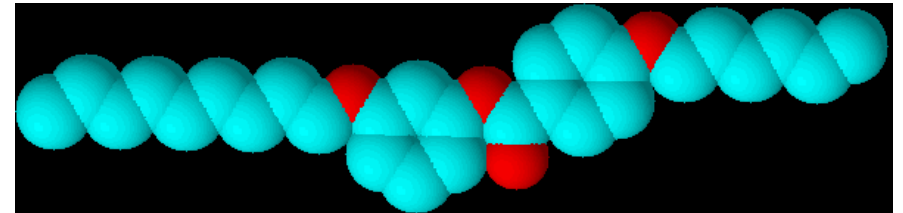
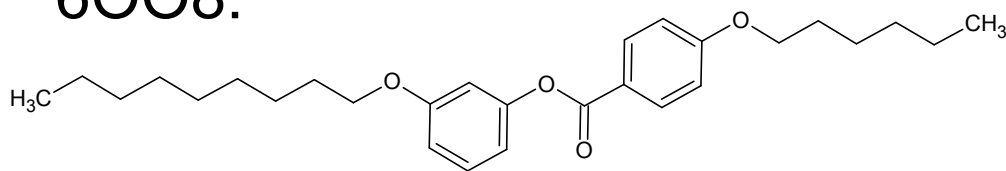
MBBA:



8CB:



6008:

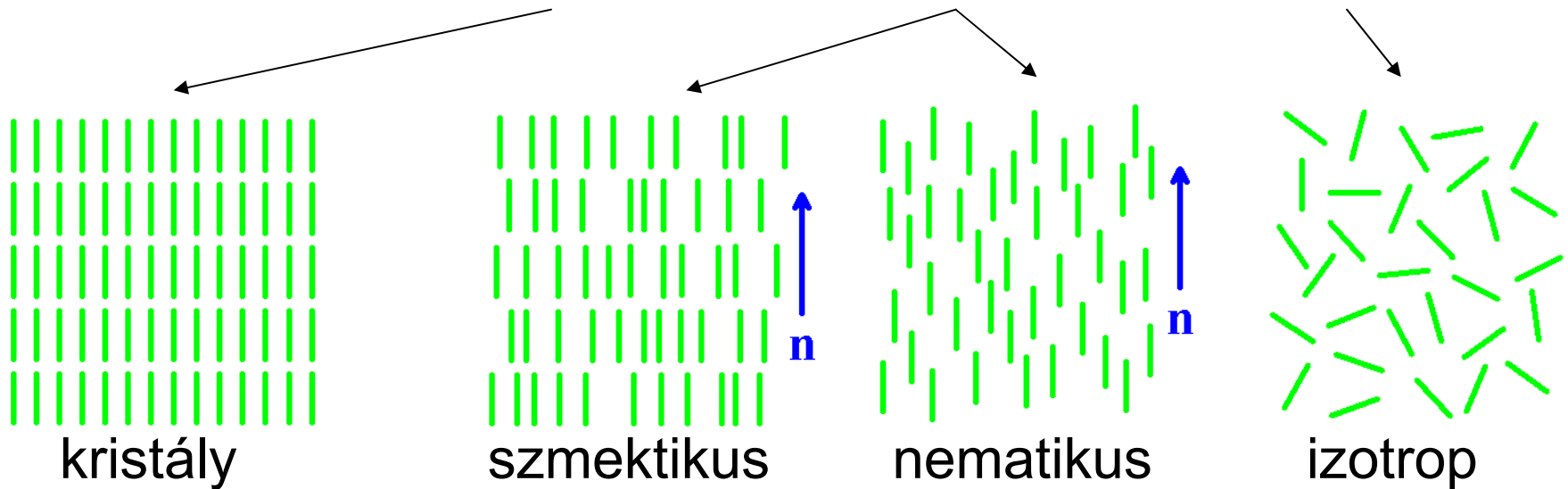


Alkanizotropiával rendelkező szerves vegyületek

A molekula hossz tengelye kitüntetett irány

Fázisok szerkezete

	Kristály	Folyadékkristály	Izotrop folyadék
Tömegközéppontok	3 dimenziós translációs rend	Rendezetlen vagy részben rendezett	Rendezetlen
Molekulatengelyek	rendezett	rendezett	rendezetlen



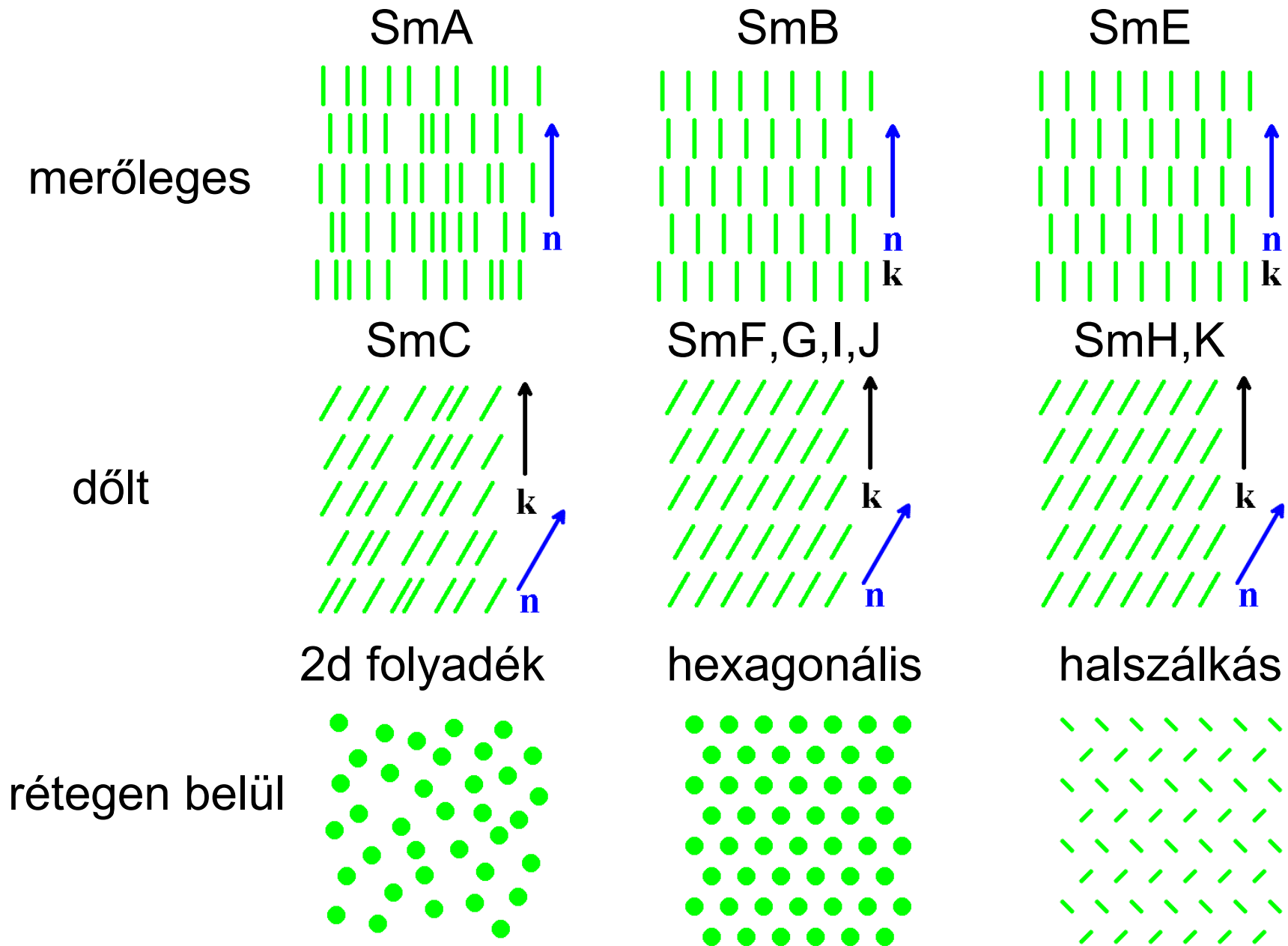
hőmérséklet

Folyadékkristály állapot = hosszú távú irányrendezettség

direktor (\mathbf{n}) = molekulatengelyek átlagos iránya

Irányfüggő fizikai tulajdonságok

Szmeztikus fázisok szerkezete



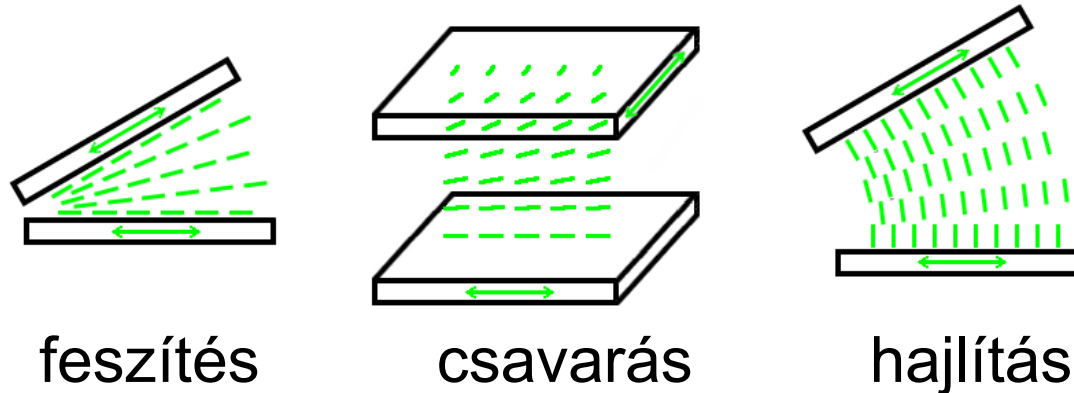
Rugalmasság

Folyadékkristály állapot = hosszú távú irányrendezettség



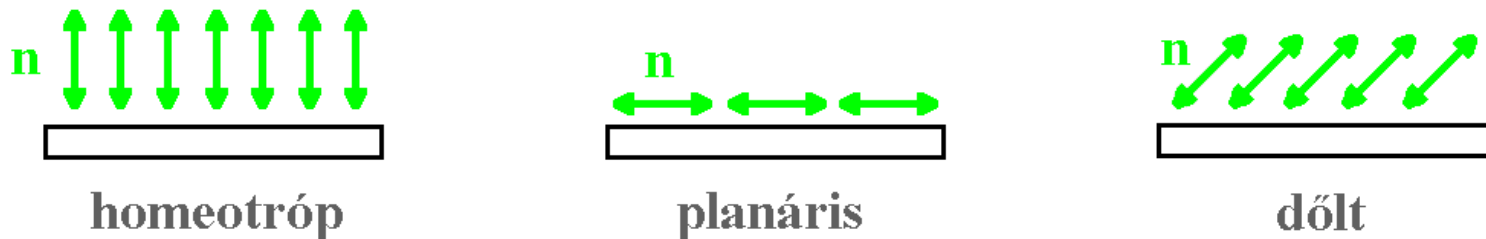
Alapállapot: a direktor térben állandó

Térben változó direktor = rugalmas deformáció



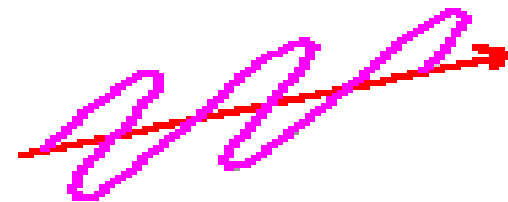
Energia növekedés, visszatérítő rugalmas forgatónyomaték

Felületkezelés: Határoló felületen a direktor iránya rögzíthető

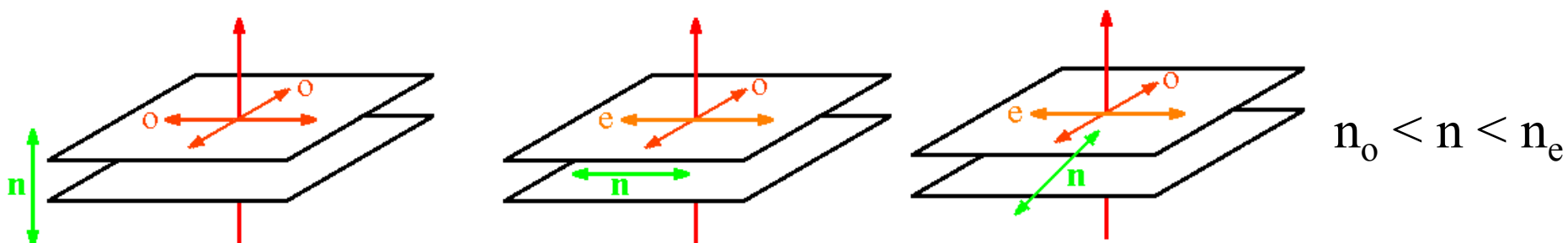


Optikai anizotropia: kettőstörés

Fény polarizációja = fény elektromos terének rezgésiránya



Nematikus direktor = szimmetriatengely (optikai tengely)



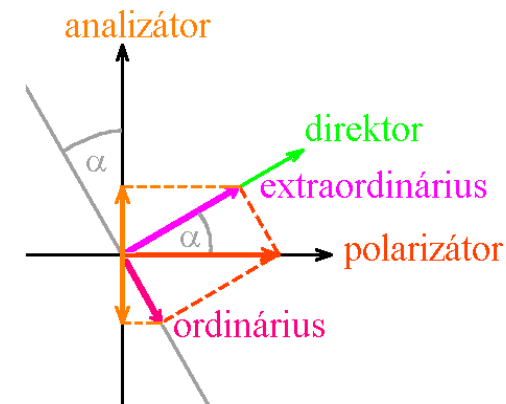
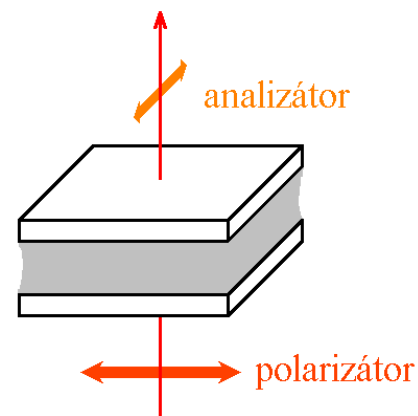
Ekvivalens irányok
ordinárius: n_o

extraordinárius: n_e
ordinárius: n_o

kettőstörés,
fáziskülönbség

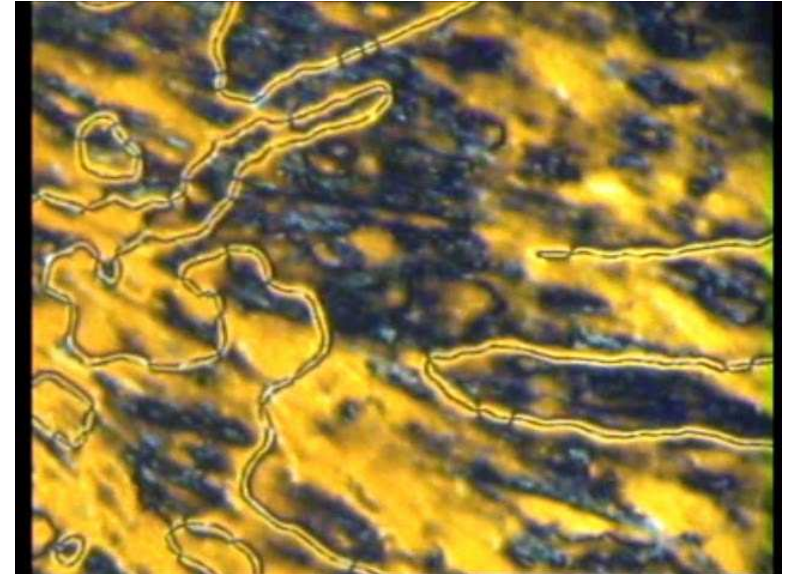
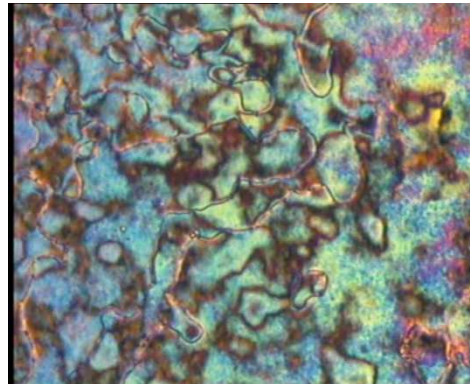
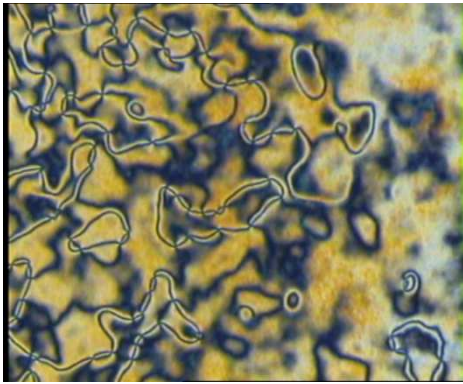
Keresztezett polarizátorok:

Intenzitás függ a kettőstöréstől,
és a polarizátor direktorral
bezárt szögétől.



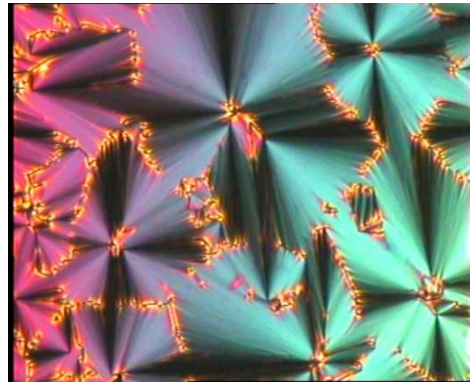
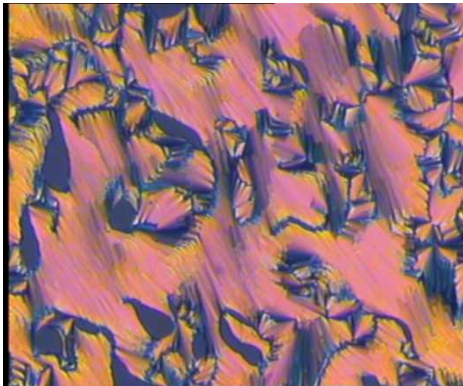
Folyadékkristály textúrák polarizációs mikroszkópban

N

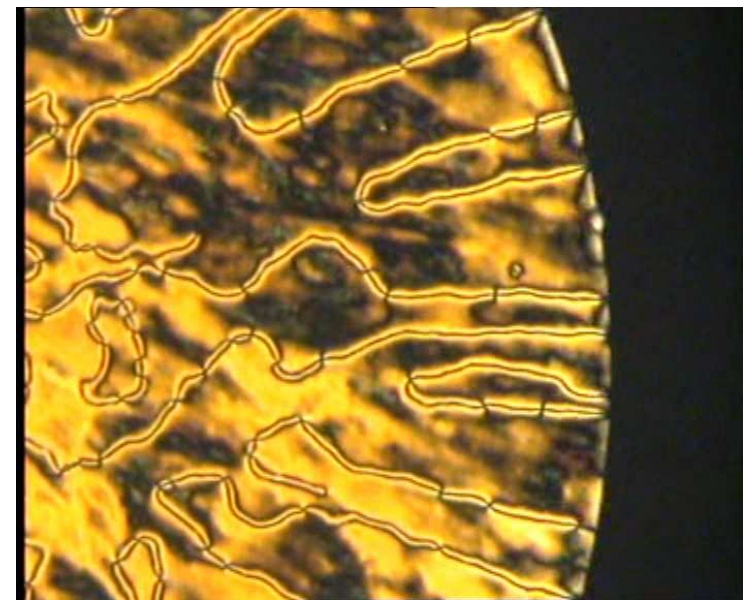
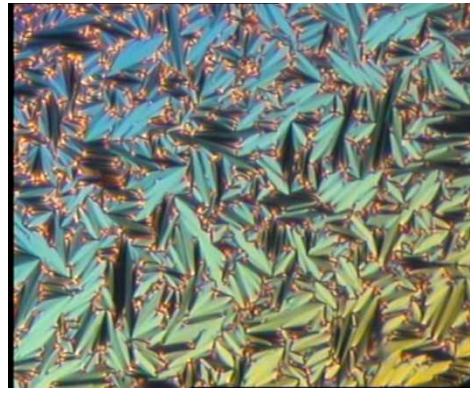
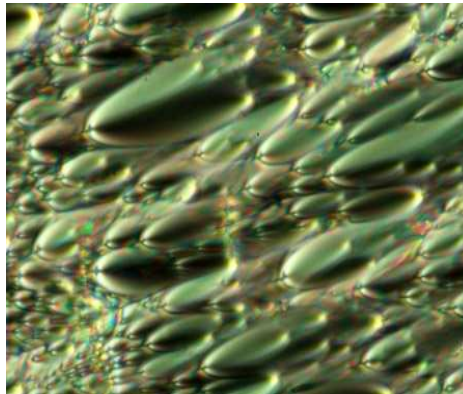


$N \rightarrow I$

Sm
A



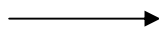
Sm
A



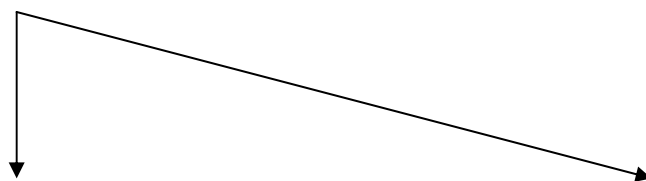
$I \rightarrow N$

N→SmB fázisátalakulás, növekedési mintázatok

Fázisátmeneti hőmérséklet
alá hűtve spontán nukleáció



Gócból kiinduló növekedés



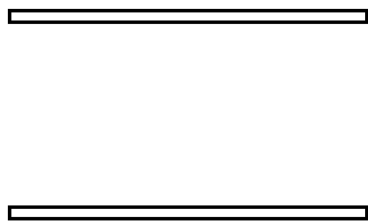
Planárisban planáris



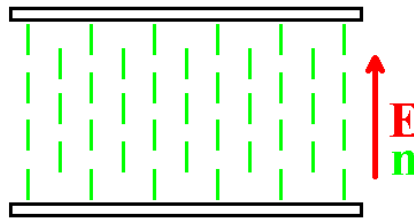
homeotropban homeotrop



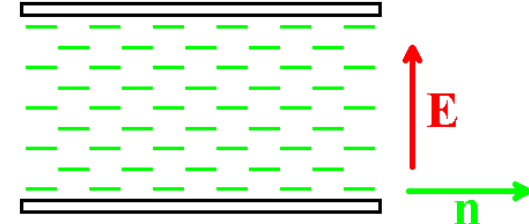
Dielektromos anizotropia



üres,
 $C = C_0$



homeotrop,
 $C = \varepsilon_{\parallel} C_0$

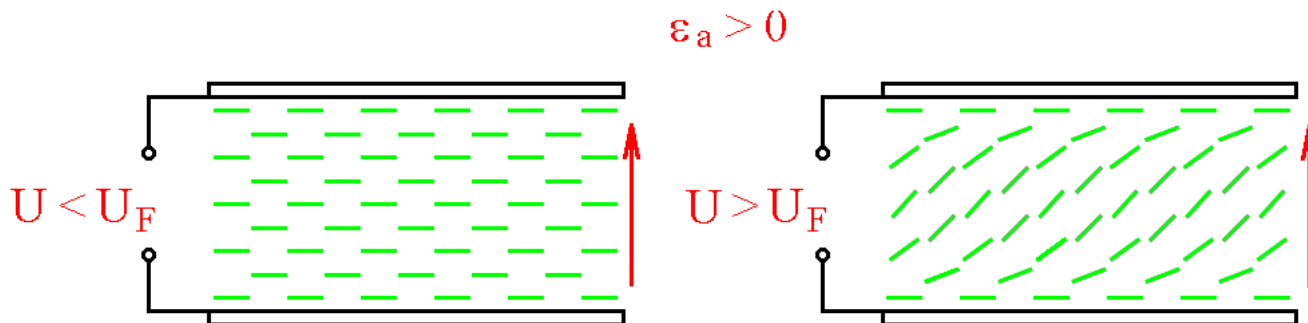


planáris,
 $C = \varepsilon_{\perp} C_0$

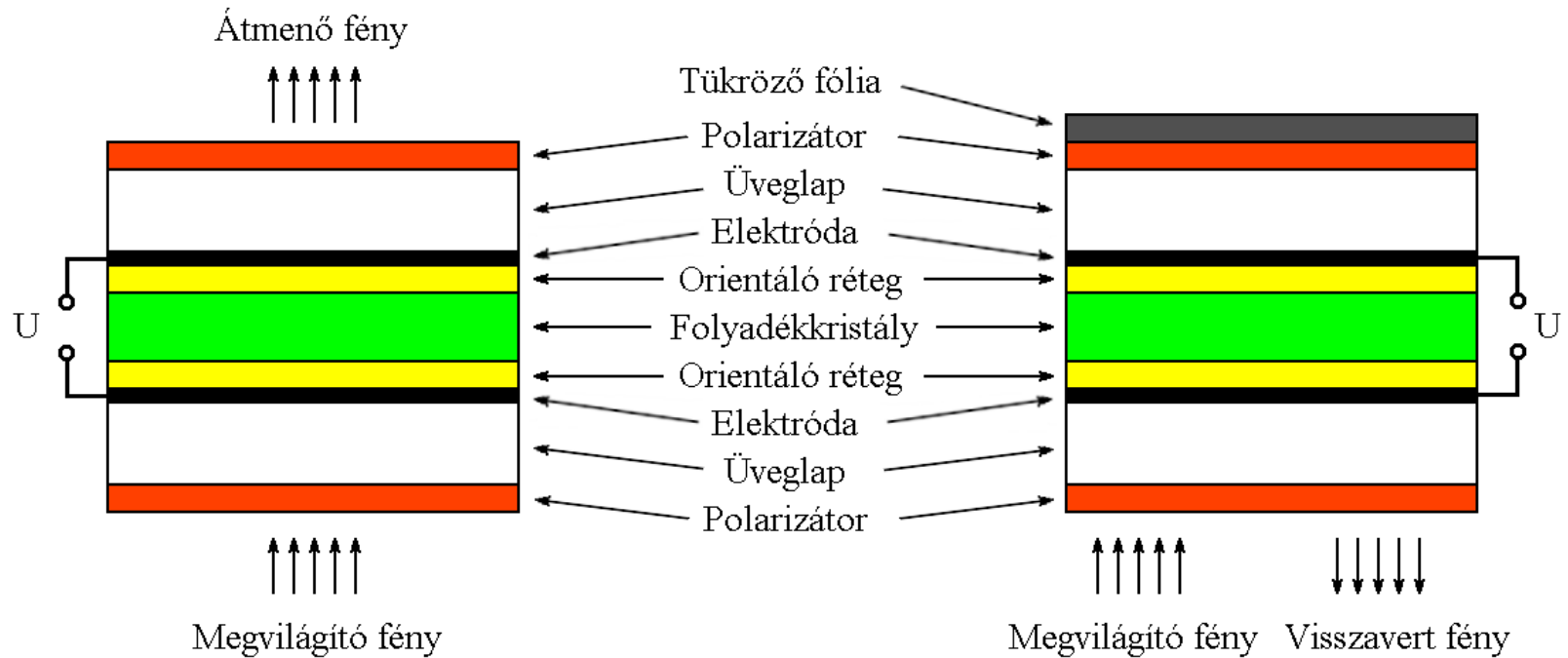
Dielektromos anizotropia: $\varepsilon_a = \varepsilon_{\parallel} - \varepsilon_{\perp}$

Energia minimum: $\begin{cases} \varepsilon_a < 0: \text{ a direktor a térre merőleges } (\mathbf{n} \perp \mathbf{E}) \\ \varepsilon_a > 0: \text{ a direktor a térrel párhuzamos } (\mathbf{n} \parallel \mathbf{E}) \end{cases}$

A folyadékkristály elektromos térrel átorientálható!



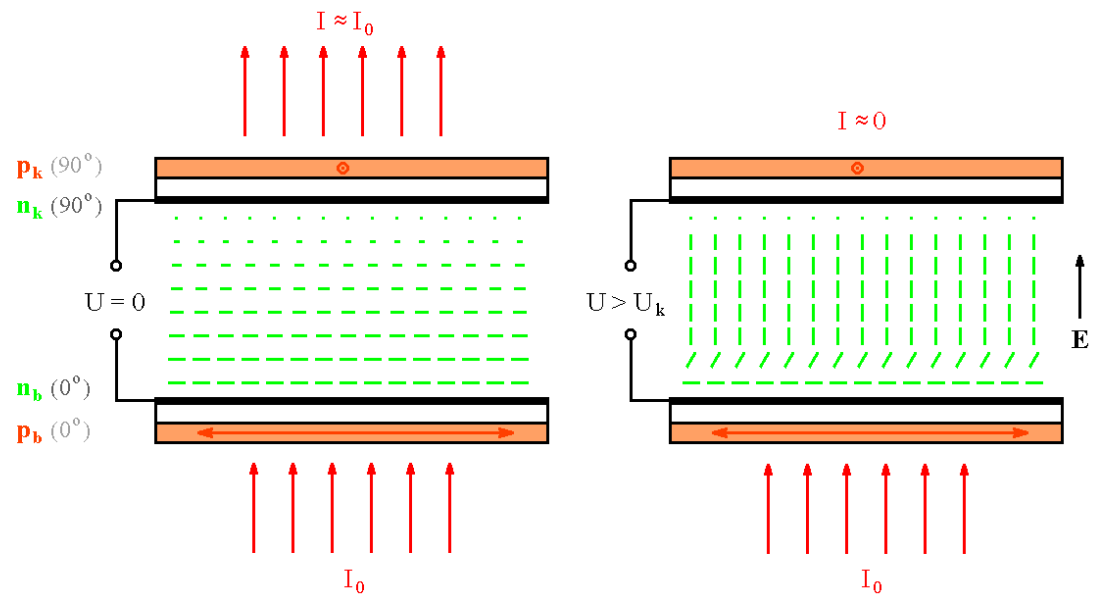
Folyadékkristály kijelző (LCD)



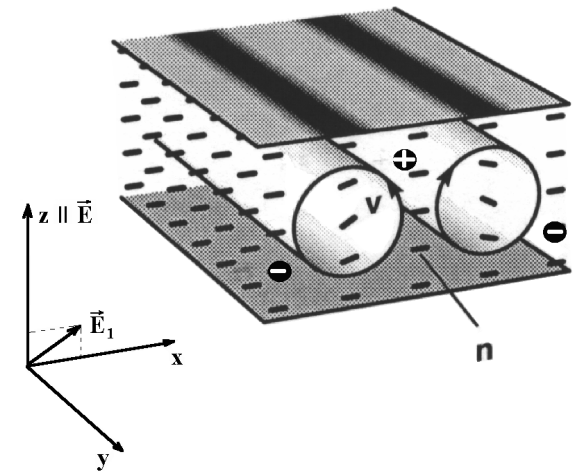
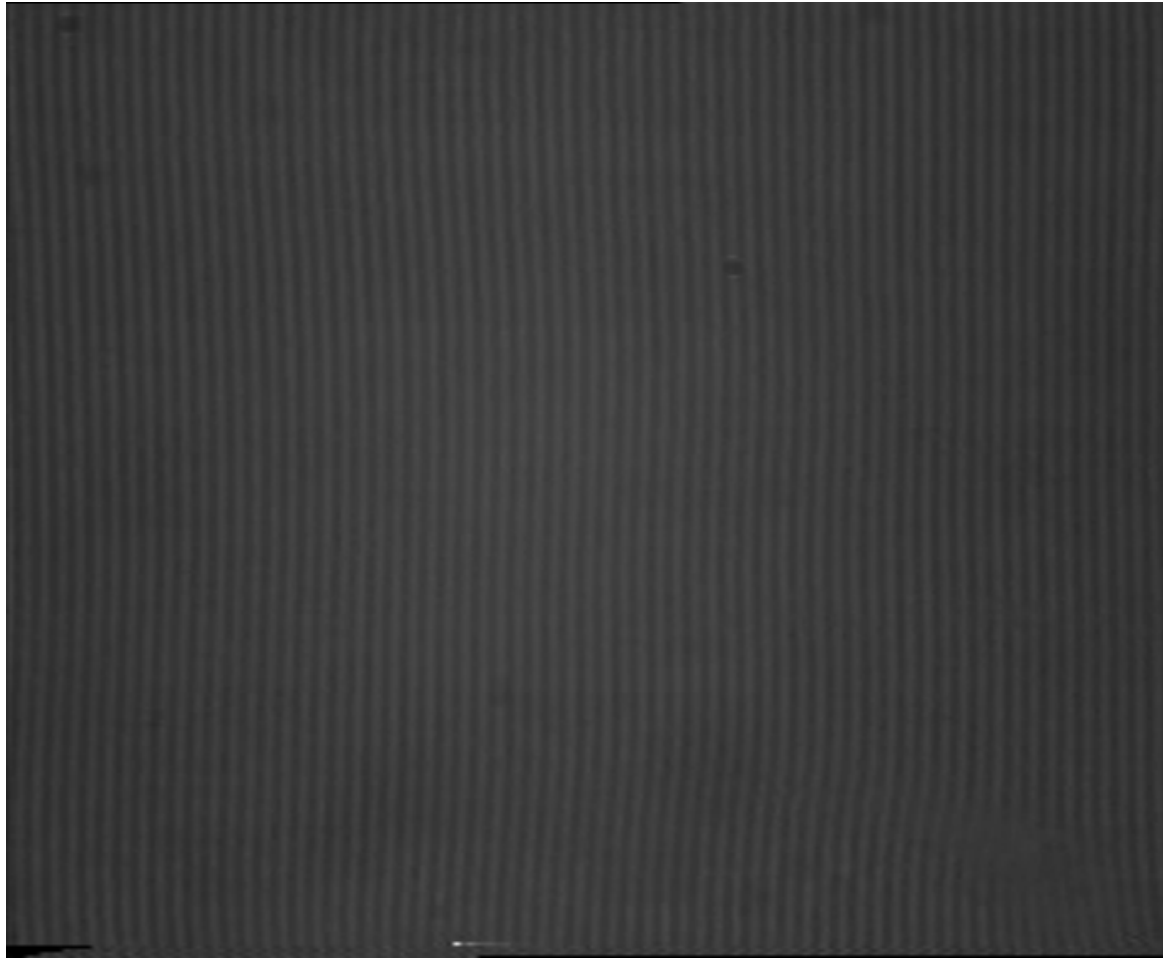
Csavart nematikus kijelző:

$U = 0$: polarizáció elfordul
fényt átereszt

$U > U_k$: direktor kihajlik
fényt nem ereszt át



Térrel indukált mintázatok (elektrokonvekció)

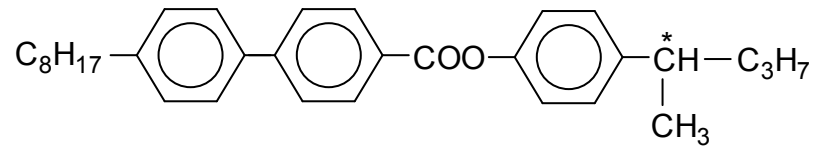


→ Direktor moduláció \Rightarrow töltés szétválás \Rightarrow örvényáramlás
visszacsatolás

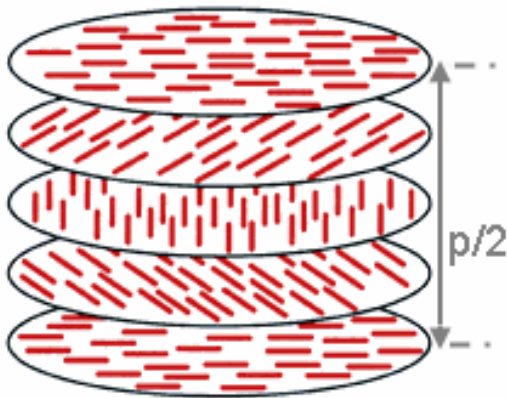
Királis folyadékkristályok

Kiralitás = tükörszimmetria hiánya

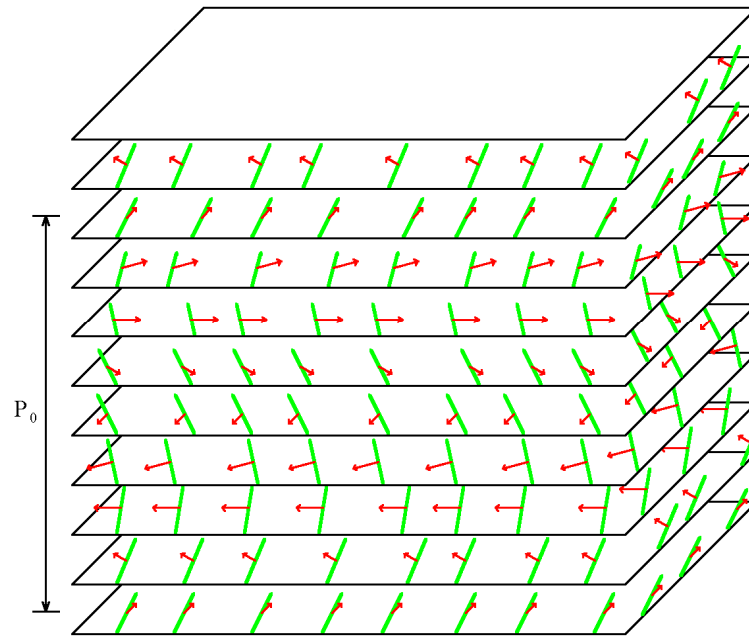
Királis molekula: van jobbkezes és balkezes módosulat



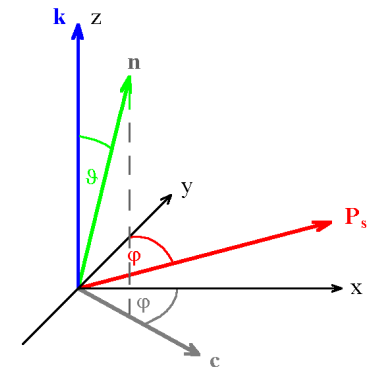
Makroszkopikus következmény: csavarszerkezet



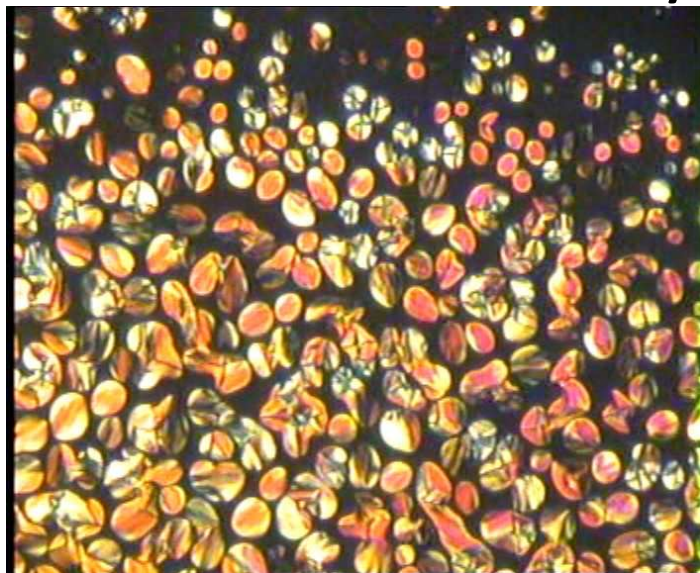
Királis nematikus
(koleszterikus)



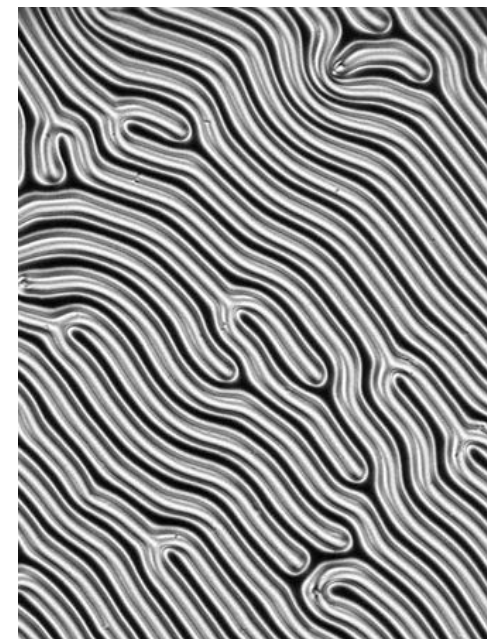
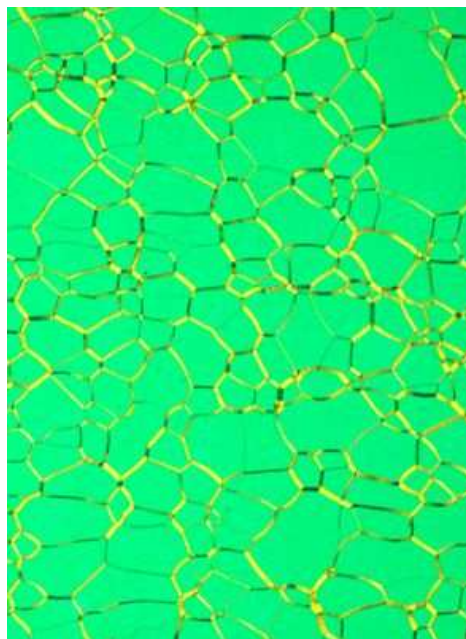
csavart szmektikus C^*



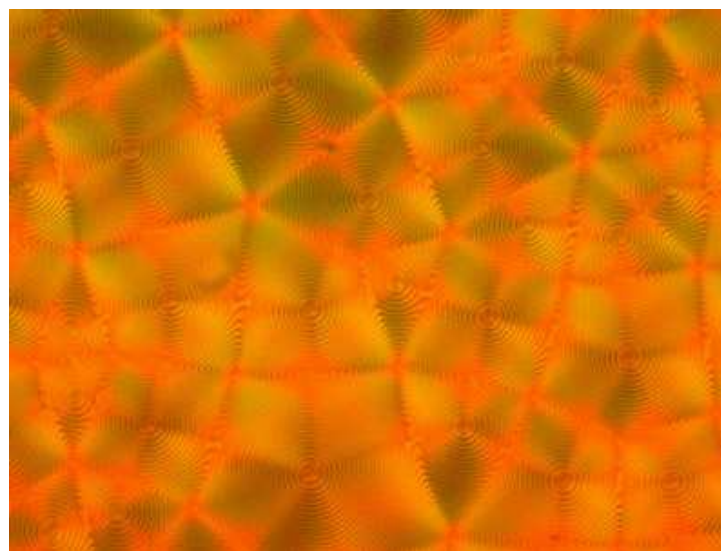
Királis folyadékkristályok textúrái



I \rightarrow Ch \rightarrow SmC*



SmC*



Ch

[<http://dept.kent.edu/spie/liquidcrystals/textures2.html>]

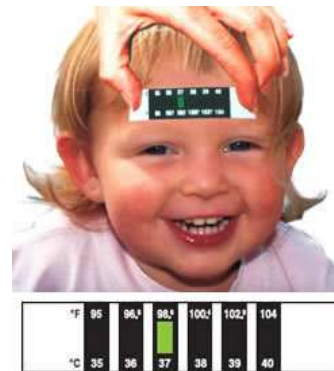
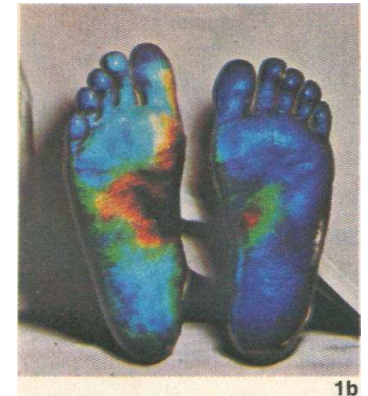
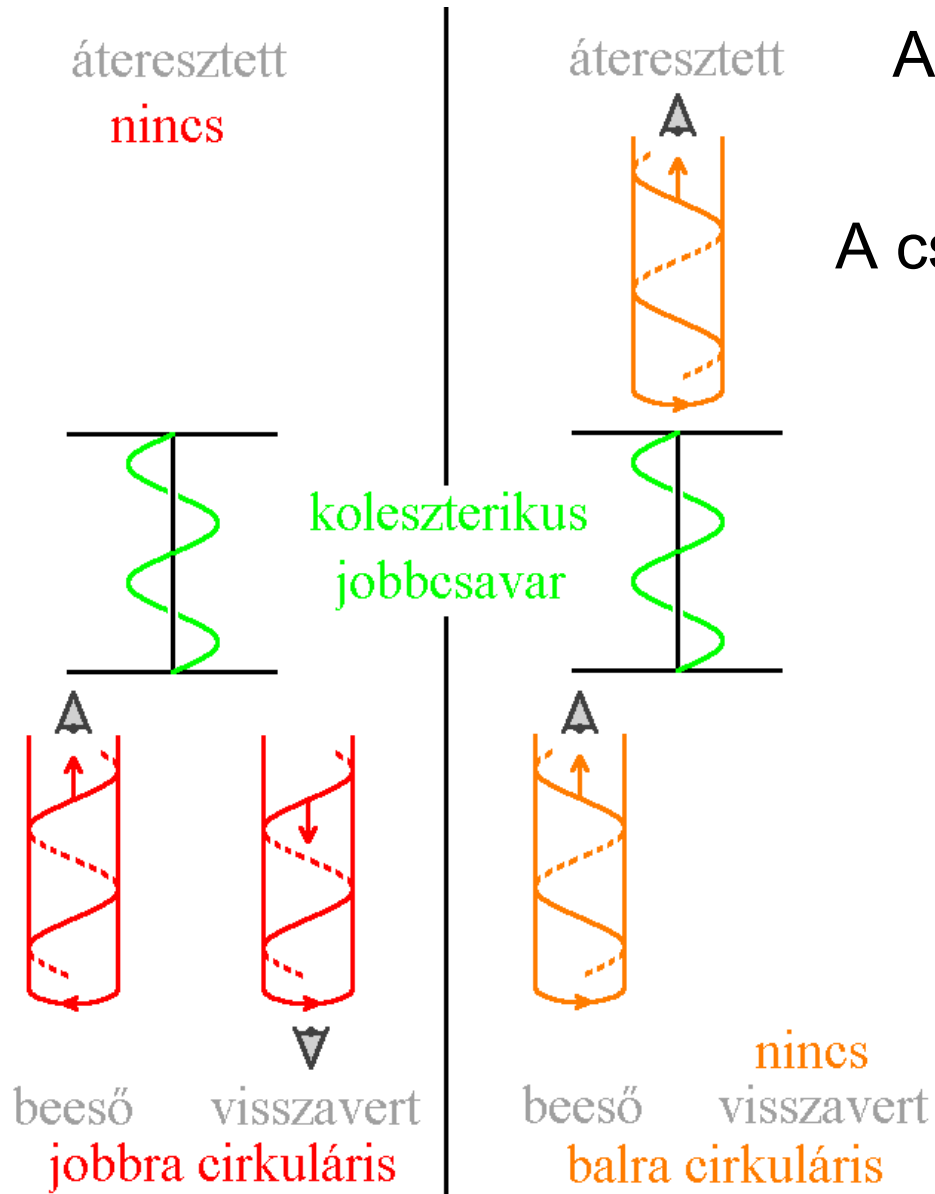
Szelektív reflexió

A koleszterikus folyadékkristály színes.

A csavarállandó hőmérsékletfüggő.

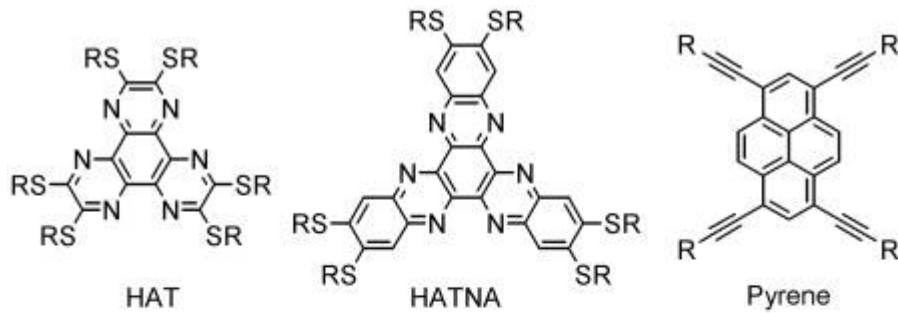


Hőmérséklet-térképezés

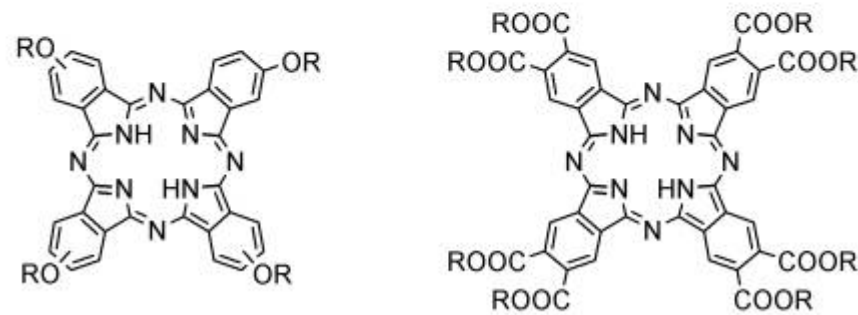
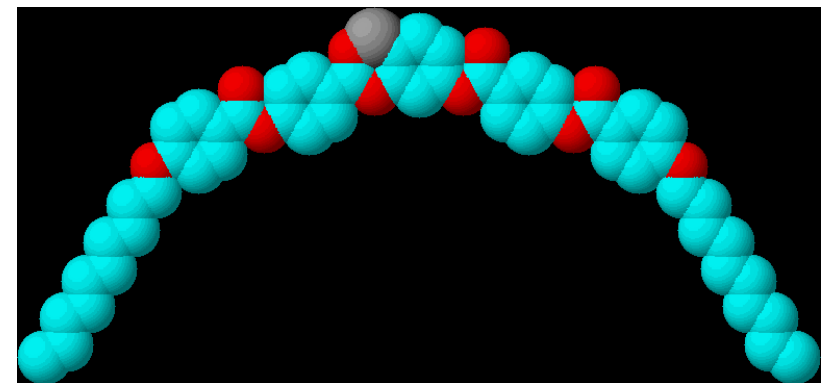
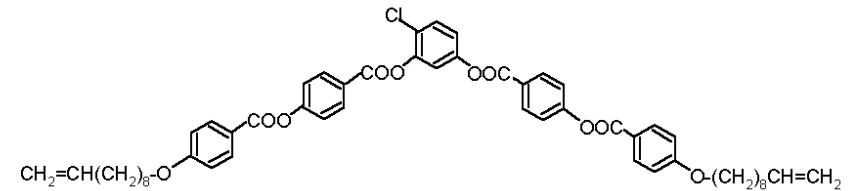


Nem rúd alakú folyadékkristályok

Korong alakú molekulák



banán alakú molekulák



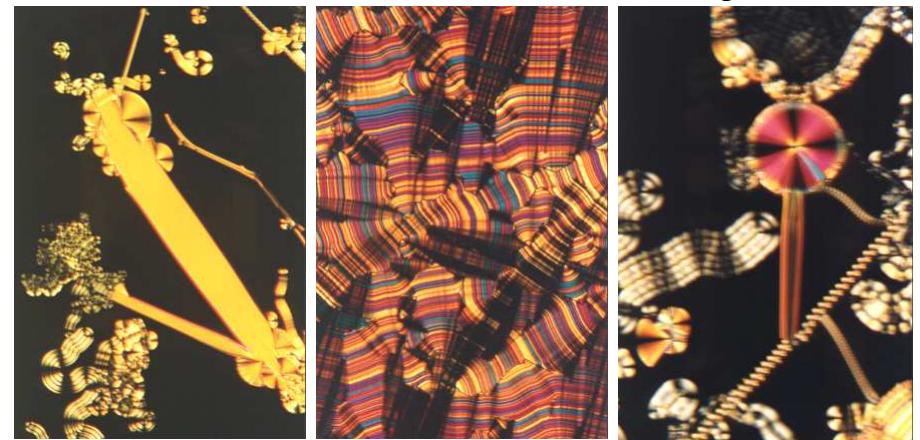
Phthalocyanines



Discotic Nematic

Discotic Columnar

Banán fázis textúrája



Alkalmazási lehetőségek

Kijelzők: 1 cm² – 2 m², számkijelző – mátrix kijelző
görbült felületek, hajlékony kijelző
kivetítő

Fényzár: szemüveg, sisak, ablakfólia [www.alphamicron.com]



Hőmérséklet-térképezés: gyógyászat, mikroelektronika

Divat: hőmérsékletre színváltó ruha, ékszer



Kozmetikumok: hajsampon, körömlakk



Köszönöm
a
figyelmet!