

Polarització de la llum

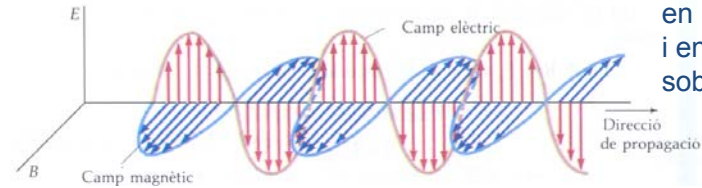
- Llum polaritzada
- Polaritzadors
- Pantalles de cristall líquid (LCD)

© 2013 Quim Trullàs

Aquestes transparències es poden utilitzar amb fins educatius no comercials, sempre que s'indiqui l'autoria
These transparencies may be used for educational non-commercial purposes so long as the source is attributed

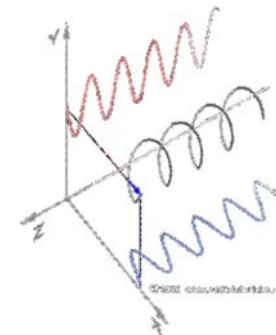
Llum polaritzada

OEM linealment polaritzada

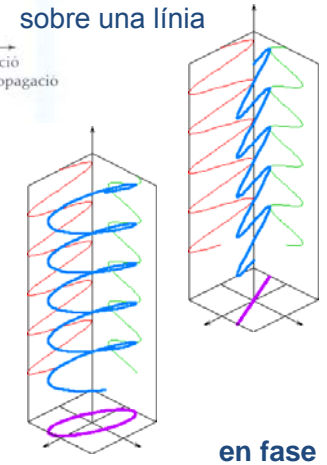


El camp elèctric **E** oscil·la en un **pla de vibració**, i en cada punt sobre una línia

OEM polaritzada el·lípticament (circularment):



Superposició de dues OEM polaritzades linealment, perpendiculars i **desfasades** (90° o en quadratura)



en fase

© 2013 Quim Trullàs (UPC)

Polarització de la Llum

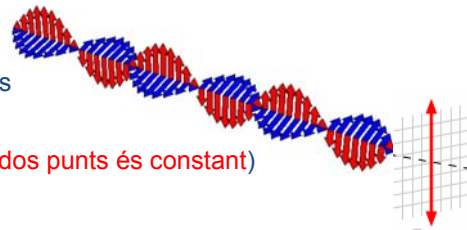
2

Radio ones

Produïdes per circuits elèctrics oscil·lants

Estan **polaritzades linealment**

Són **coherents** (la relació de fase entre dos punts és constant)



Llum natural

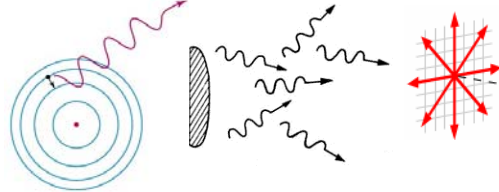
Emesa per la desexcitació d'electrons

Cada electró emet un fotó (pols) d'energia $E = hf$ ($h = 6.6 \times 10^{-34}$ Js)

La **llum blanca** és la suma de fotons amb freqüències diferents polaritzats aleatòriament

NO està polaritzada

NO és coherent



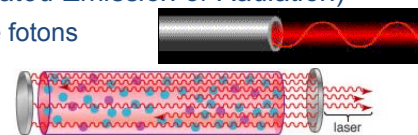
Llum Làser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)

Deguda a l'emissió estimulada (i ordenada) de fotons

amb la mateixa freqüència (**monocromàtica**)

Acostuma a estar polaritzada

És coherent



feix intens i molt col·limat

© 2013 Quim Trullàs (UPC)

Polarització de la Llum

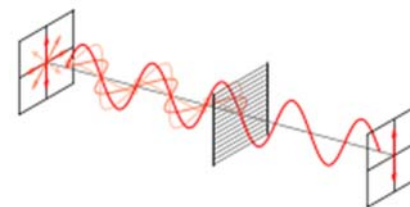
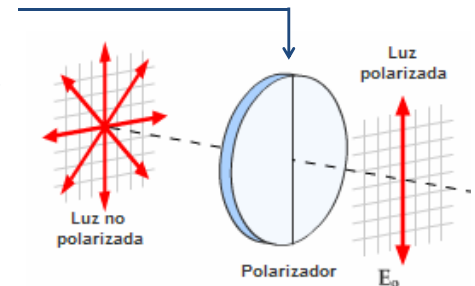
3

Polaritzadors

Dispositiu òptic que només deixa passar llum polaritzada en una direcció (**eix de polarització o transmissió**)

Exemple: **Polarització per absorció**

Els **polaroides** són làmines formades per molècules d'hidrocarburs de cadena llarga (com alcohol de polivinil dopat amb iodina) alineats, de manera que la llum polaritzada amb el camp elèctric paral·lel a les cadenes és absorbida, mentre que la polaritzada perpendicularment pot passar



La intensitat de la llum natural (no polaritzada) després de passar per un polaritzador es redueix a la meitat

$$I = \frac{I_{\text{nat.}}}{2}$$

I_{nat} ≡ intensitat llum natural (no polaritzada)

I ≡ intensitat llum polaritzada

© 2013 Quim Trullàs (UPC)

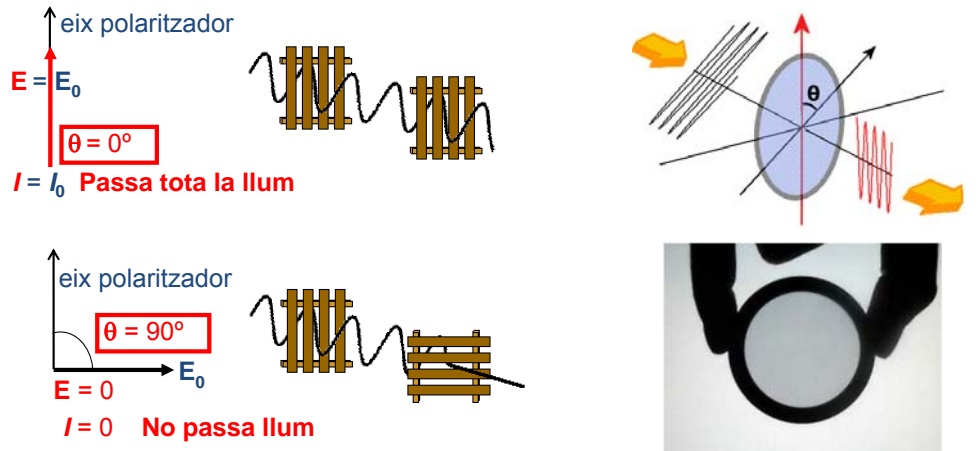
Polarització de la Llum

4

Llei de Malus

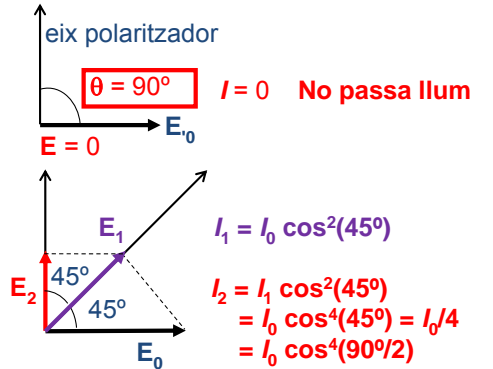
Si incideix llum polaritzada amb un camp elèctric d'amplitud E_0 que forma un angle θ amb l'eix de polarització, la llum transmesa té un camp elèctric d'amplitud $E = E_0 \cos\theta$ en la direcció de l'eix de polarització, i la intensitat ($I \propto E^2$) transmesa és

$$I = I_0 \cos^2 \theta$$



- The polarization paradox (<http://www.youtube.com/watch?v=ZudziPffS9E>)
- Polarització de llum natural amb 1, 2 o 3 filtres polaritzadors (Applet) (<http://www.lon-capa.org/~mmp/kap24/polarizers/Polarizer.htm>)

Si un feix de llum polaritzada horitzontalment passa per un filtre polaritzador amb l'eix de transmissió vertical ($\theta = 90^\circ$), **NO passa llum.**



Si entre els dos filtres en posem un altre amb l'eix de transmissió formant un angle $\theta = 45^\circ$, **si que passa llum.**

Si la llum polaritzada passa per N filtres, tals que dos eixos de transmissió consecutius formen un angle $\theta = 90^\circ/N$

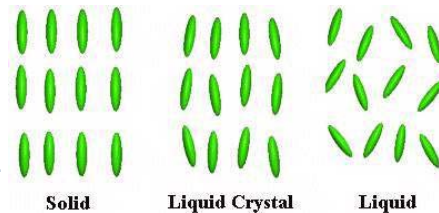
$$I_N = I_0 \cos^{2N}(90^\circ/N)$$

$\lim_{N \rightarrow \infty} I_N = I_0$
Si $N \rightarrow \infty$, passa tota la llum i el pla de polarització gira 90°

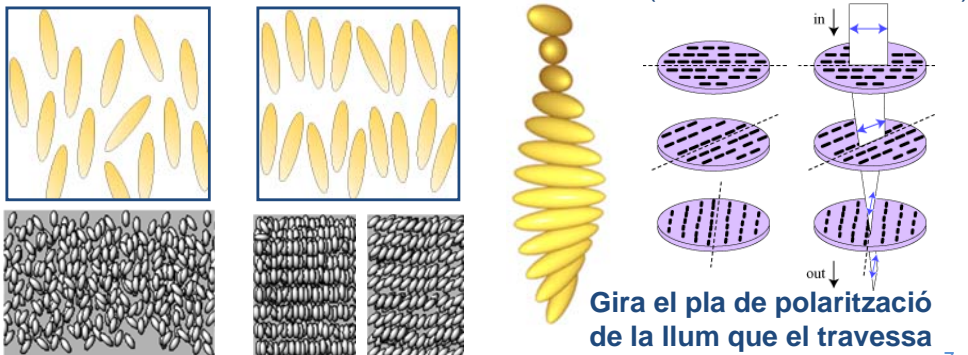
Pantalles de cristall líquid

Cristalls líquids (LC)

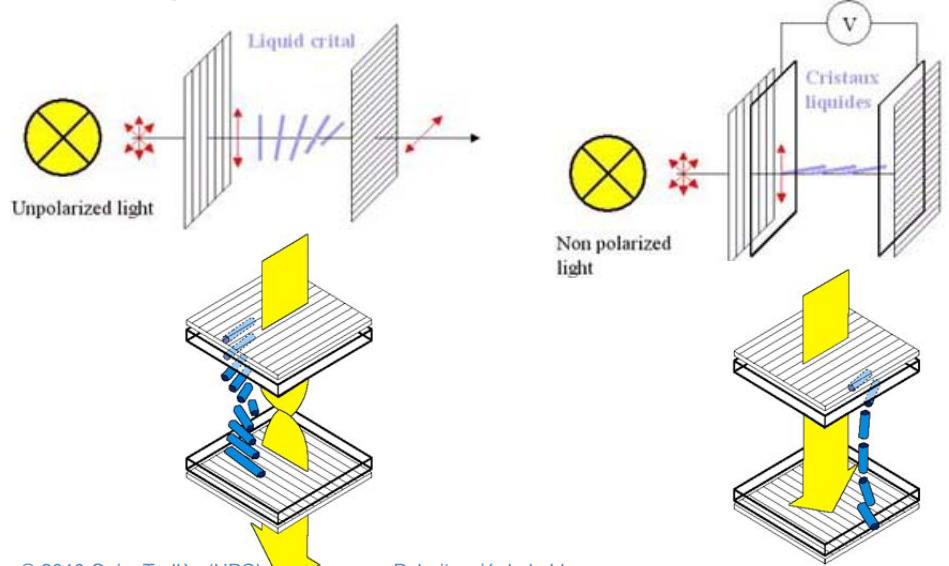
Formats per molècules allargades que es poden difondre com en un líquid i orientar-se ordenament com als cristalls.



Els LC poden estar en tres fases: **nemàtica**, **esmèctica**, **colestèrica** (*chiral or twisted nematic*)

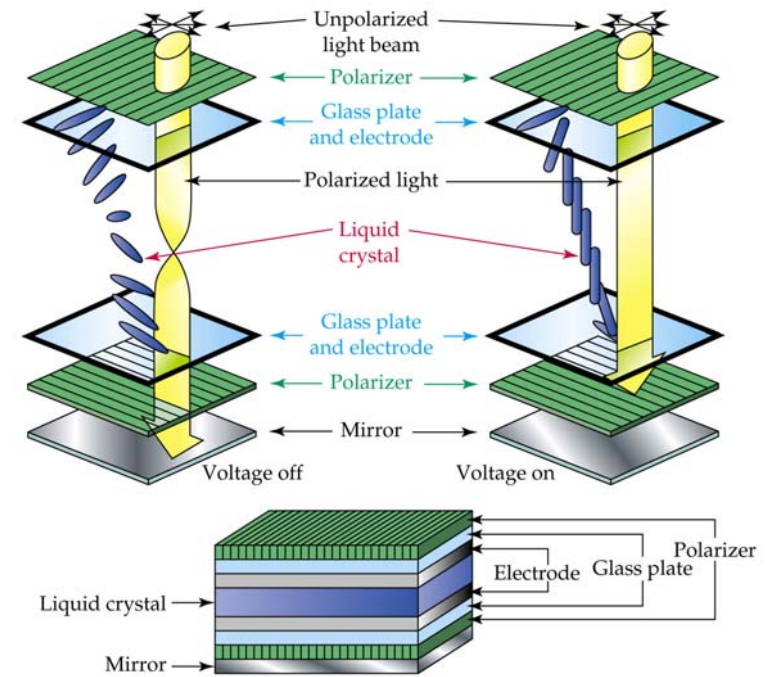
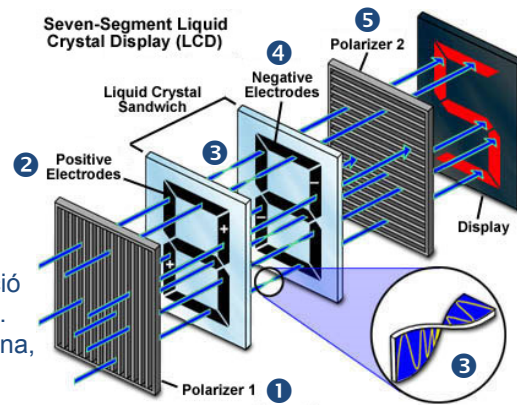


L'hèlix que formen les molècules dels LC en fase colestèrica es pot desfer amb un camp elèctric, que les alinea en el sentit del camp i, llavors, no giren el pla de vibració de la llum que les travessa.



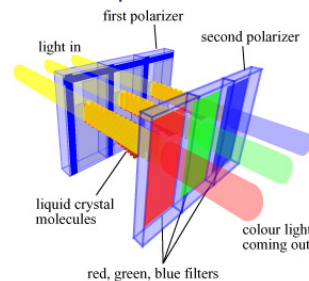
Pantalles de cristall líquid (LCD, Liquid Crystal Display)

1. Polaritzador vertical.
2. Vidre amb elèctrodes positius que marquen les zones que quedaran negres (rectangles per fer píxels).
3. Capa de cristall líquid. Quan un feix de llum polaritzada travessa una zona del cristall líquid, la seva polarització canvia de direcció perquè els cristalls formen una hèlix. Però, si s'aplica una tensió a una zona, l'hèlix es desfà i la polarització de la llum no canvia.
4. Vidre amb elèctrodes negatius.
5. Polaritzador horitzontal. Només deixa passar la llum que ha canviat la direcció de polarització en passar per l'hèlix del cristall líquid.
- (6) Superfície reflectant (no sempre necessària) perquè la llum torni a l'observador.
- (0) Font de llum.



A cada píxel d'una LCD hi ha una Twisted Nematic cell (TN-cell) d'uns 10 μm de gruix que deixa passar o no la llum.

La superfície on incideix la llum i que està en contacte amb el LC, té unes estries longitudinals paral·leles a l'eix de transmissió del primer polaritzador, i la superfície de l'altre costat té les estries paral·leles a l'eix de transmissió del segon polaritzador, per tal que el LC adopti la forma d'hèlix amb un gir de 90° .



La sensació de colors s'obté situant a cada píxel tres TN-cell amb filtres de diferents colors (blau, verd, vermell)

Podeu comprovar que la llum que surt d'una LCD està polaritzada fent girar un filtre polaritzador al seu davant.

- 3M Viquiti Brand Products: LCD Optics 101
http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/Vikuiti1/BrandProducts/secondary/optics101