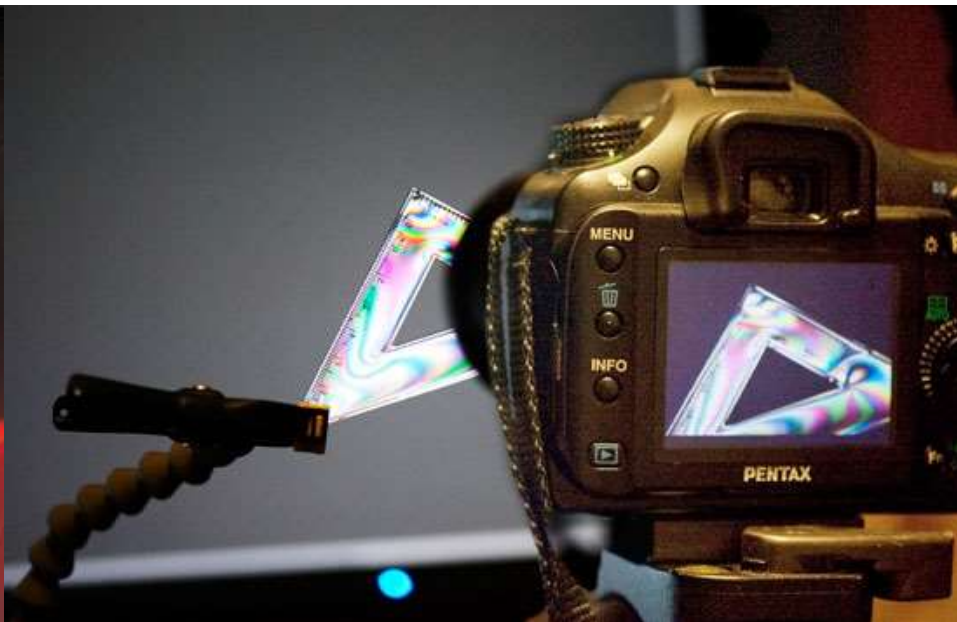
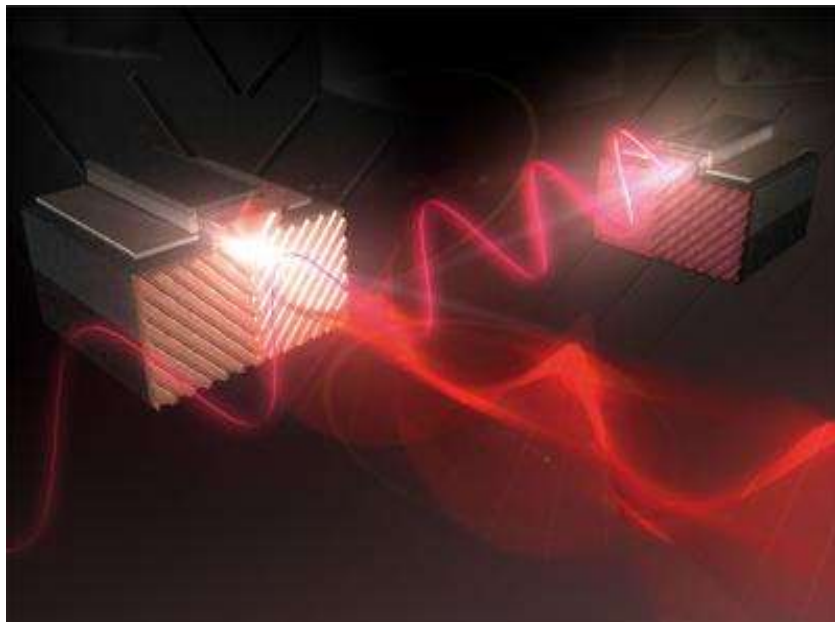
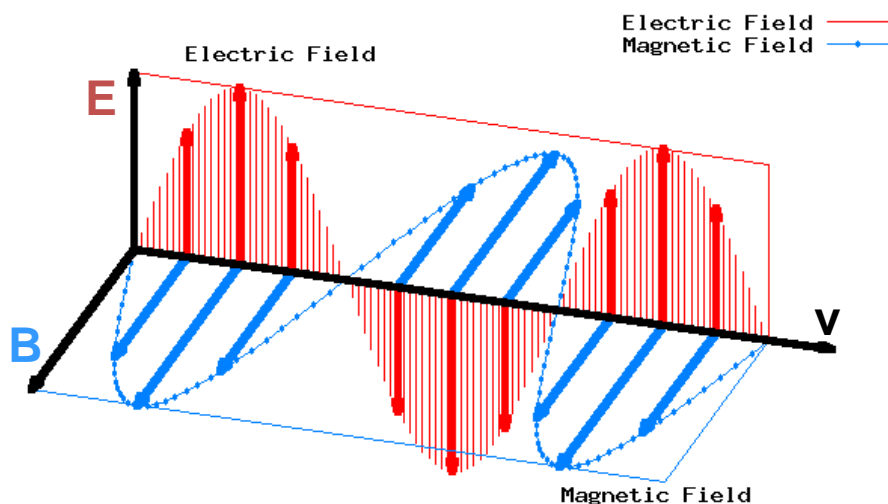


Polarizarea luminii



Reactualizare

► lumina este o undă electromagnetică în care vectorii intensitate a câmpului electric \vec{E} și inducția câmpului magnetic \vec{B} oscilează în plane perpendiculare pe direcția vitezei de propagare \vec{v}



Lumina este o undă transversală

► între modulele celor doi vectori există relația:

$$B = \frac{E}{c}$$

$c = 3 \cdot 10^8$ m/s – viteza luminii în vid



$B \ll E$, astfel că efectele produse de vectorul inducție magnetică \vec{B} sunt mult mai mici decât cele produse de vectorul \vec{E}



Vectorul \vec{E} se numește și **vector luminos**, iar efectele produse de unda electromagnetică se datorează acestui vector

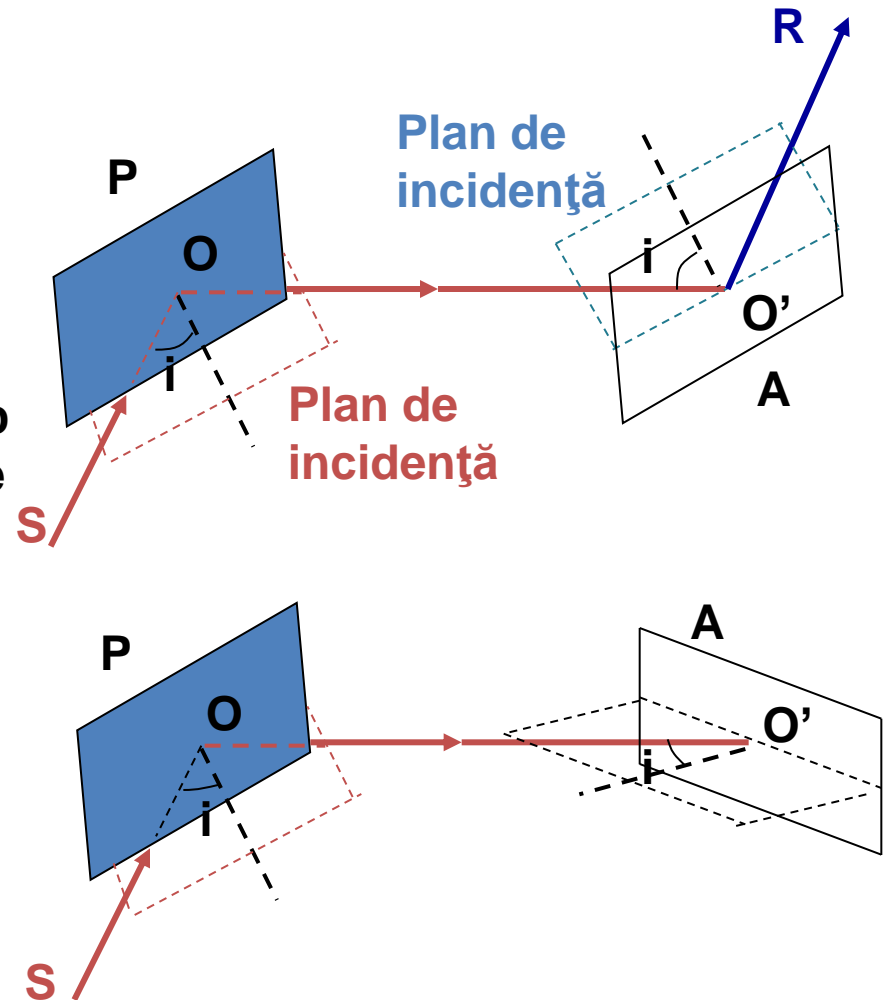
Experimentul care evidențiază că lumina este undă transversală

► asupra unei oglinzi dielectrice din sticlă neagră P se trimite un fascicul de raze paralele SO sub unghiul de incidență i

► fasciculul reflectat OO' cade apoi pe o oglindă identică cu prima, A, sub același unghi de incidență, planele de incidență a celor două oglinzi sunt paralele, și apoi se reflectă după direcția O'R

► se rotește oglinda A în jurul razei OO', unghiul de incidență i nu se schimbă, dar se observă o scădere a intensității fasciculului O'R

► când planele de incidență a celor două oglinzi sunt perpendiculare între ele, se constată că intensitatea fasciculului O'R dispare complet.



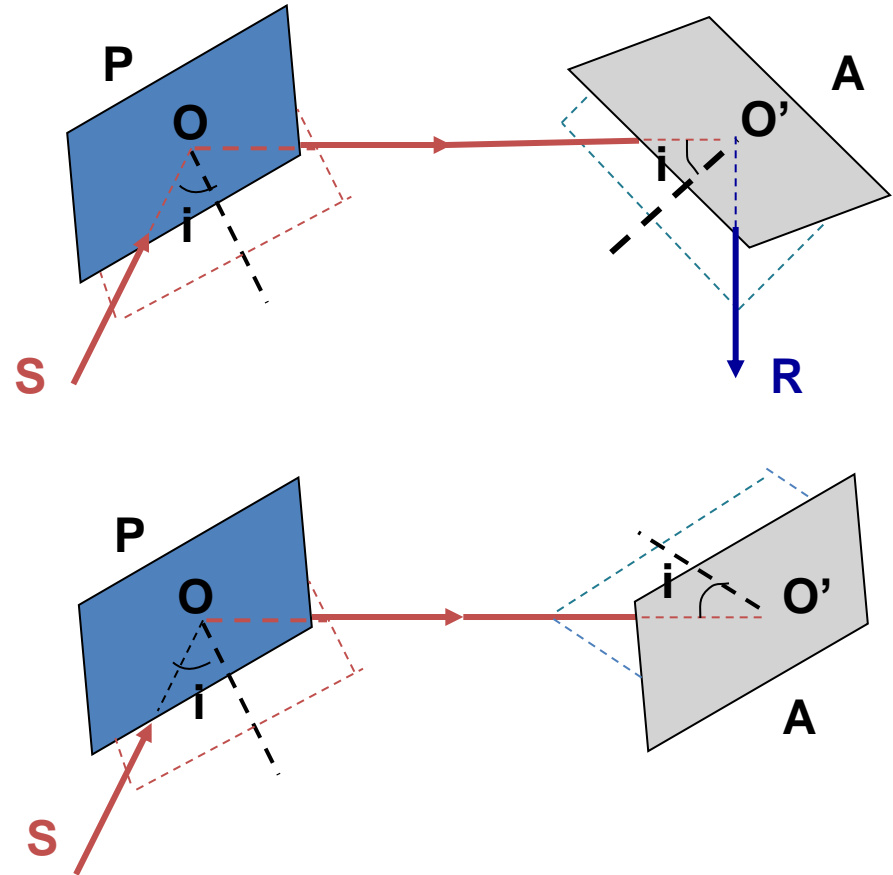
► continuând rotirea, fasciculul $O'R$ reapare, crescând continuu în intensitate până la o valoare maximă în momentul în care cele două plane de incidență au devenit din nou paralele

► dacă se continuă rotirea fasciculul $O'R$ scade din nou în intensitate până se anulează când planele de incidență devin iarăși perpendiculare

Concluzie:

► Intensitatea fasciculului $O'R$ este maximă când unghiul dintre planele de incidență ale celor două oglinzi ia valorile 0° și 180° și se anulează când planele sunt perpendiculare

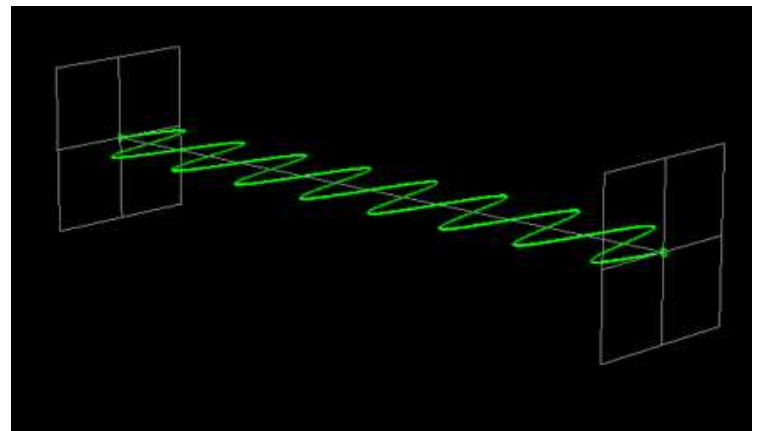
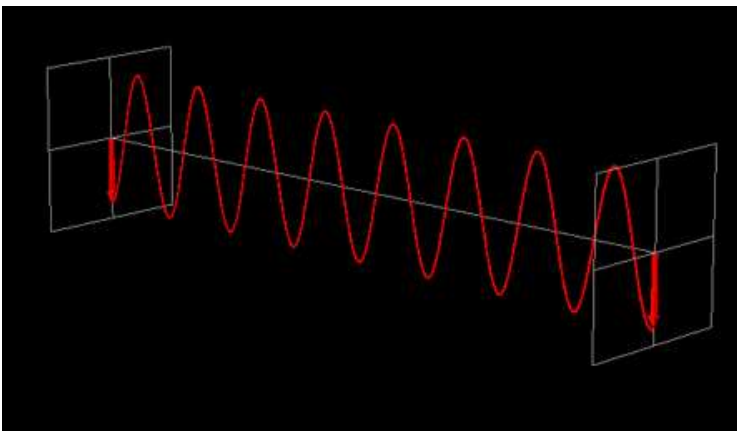
► Vibrațiile vectorului luminos nu pot avea componente în lungul direcției de propagare, deoarece, într-un asemenea caz nu se obține anularea completă a intensității fasciculului, deci vibrația luminoasă a fasciculului OO' are loc numai în planul perpendicular pe direcția de propagare



Lumină polarizată, lumină naturală

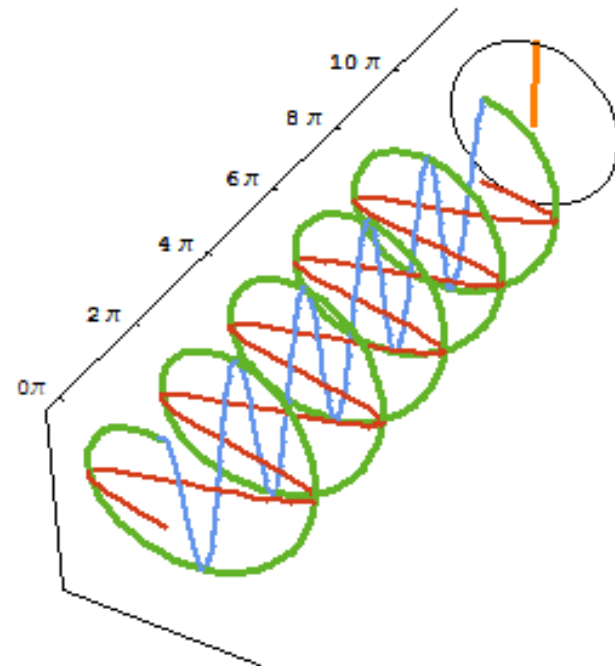
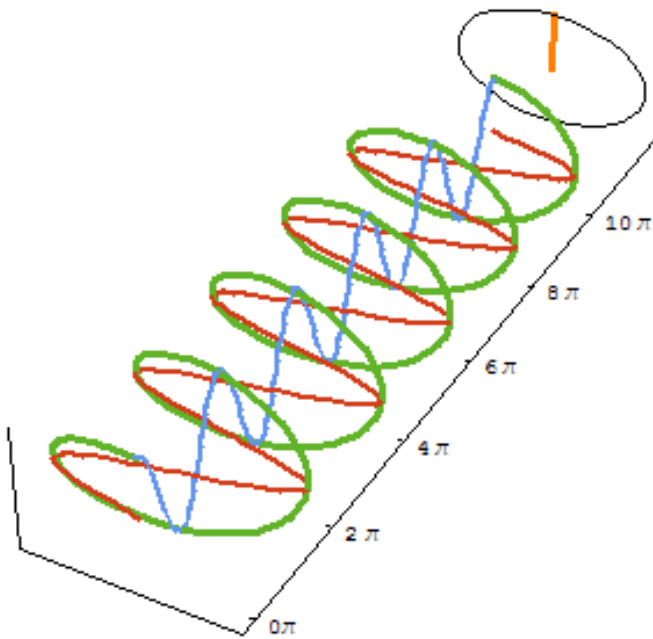
- ▶ unda care posedă anumite direcții privilegiate în care se execută vibrațiile sale se numește **undă polarizată**
- ▶ fenomenul prin care se produc unde polarizate se numește **polarizare**
- ▶ oglinda **P** care face ca fasciculul incident SO să devină polarizat prin reflexie se numește **polarizor**, iar oglinda **A** care analizează fasciculul polarizat se numește **analizor**

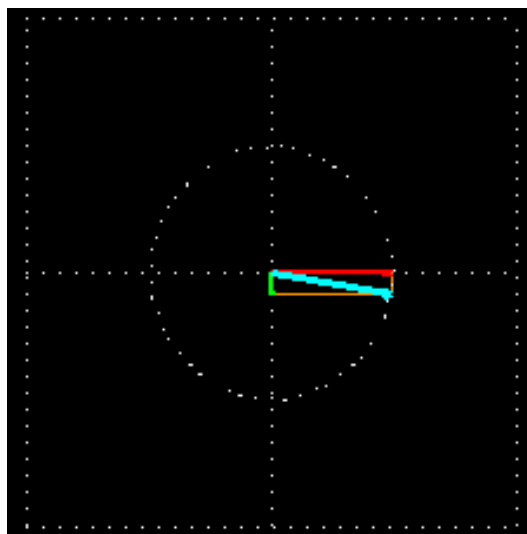
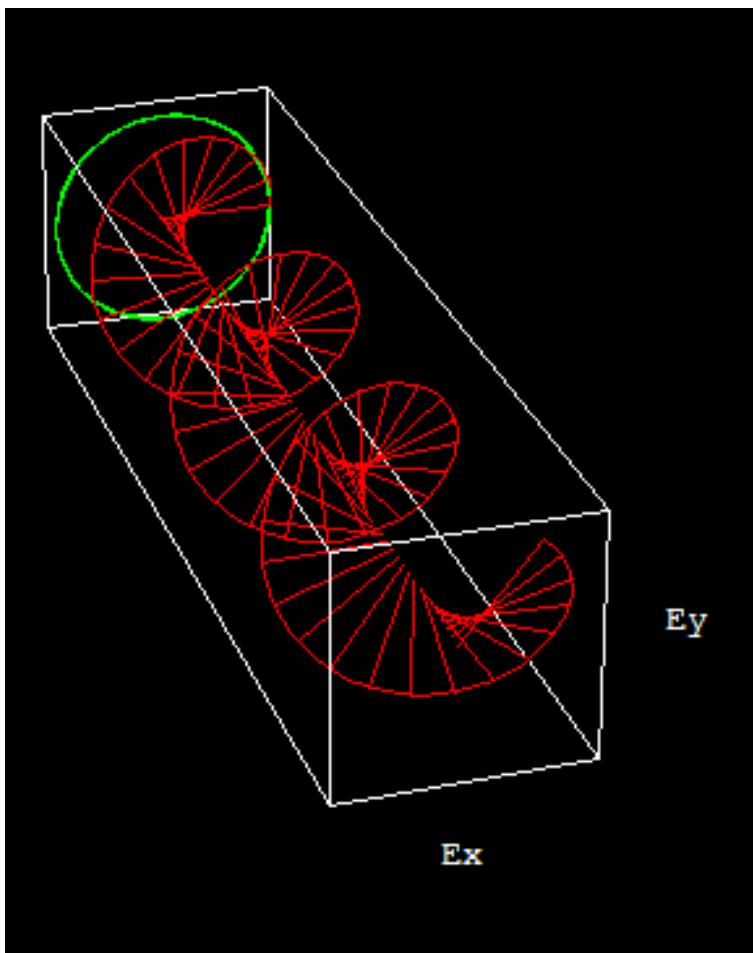
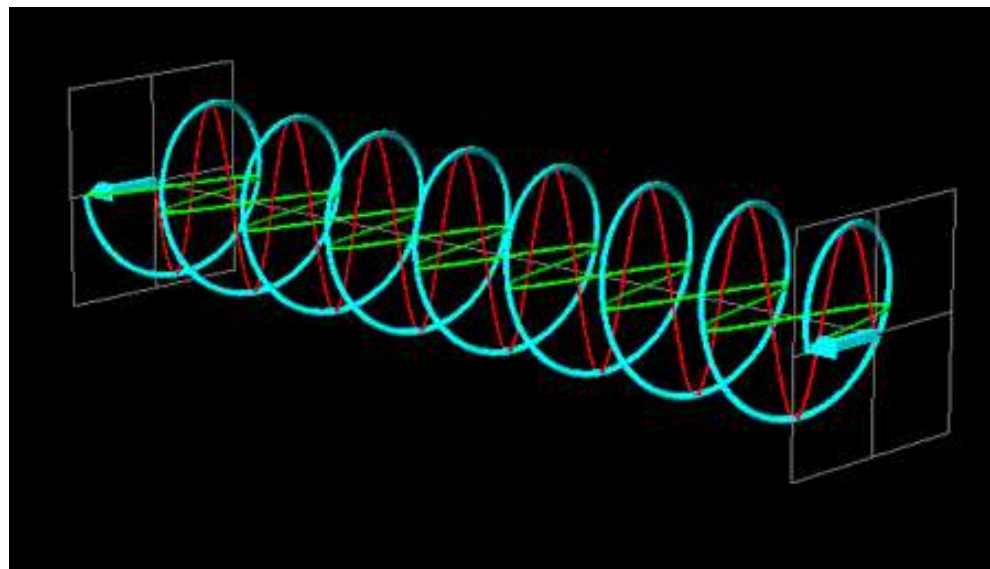
Lumina în care vectorul câmp electric \vec{E} oscilează într-o singură direcție se numește **lumină liniar (total) polarizată**



► prin compunerea a două unde coerente polarizate liniar, perpendiculare între ele, având o diferență de fază între ele se obține **lumina polarizată eliptic** și în caz particular **lumina polarizată circular**

► în timpul propagării vârful vectorului luminos rezultant descrie o elipsă, respectiv un cerc în planul perpendicular pe direcția de propagare.





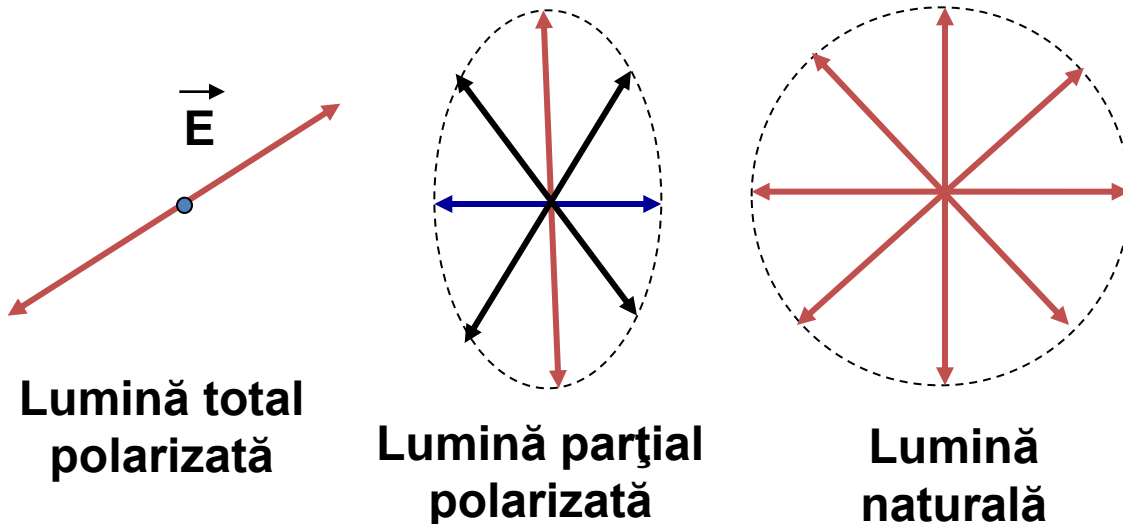
Lumina parțial polarizată este lumina în care vectorul câmp electric \vec{E} oscilează într-o direcție preferențială, dar nu unică, din planul perpendicular pe direcția de propagare

► pe această direcție preferențială intensitatea luminii este maximă, iar pe direcția perpendiculară pe ea intensitatea luminii este minimă

Lumina naturală (nepolarizată) este lumina în care vectorul câmp electric \vec{E} oscilează haotic în toate direcțiile posibile într-un plan perpendicular pe direcția de propagare

► în lumina naturală undele trimise de fiecare atom al sursei sunt polarizate liniar, dar planele de oscilație sunt orientate în toate direcțiile, haotic.

Reprezentare



Gradul de polarizare:

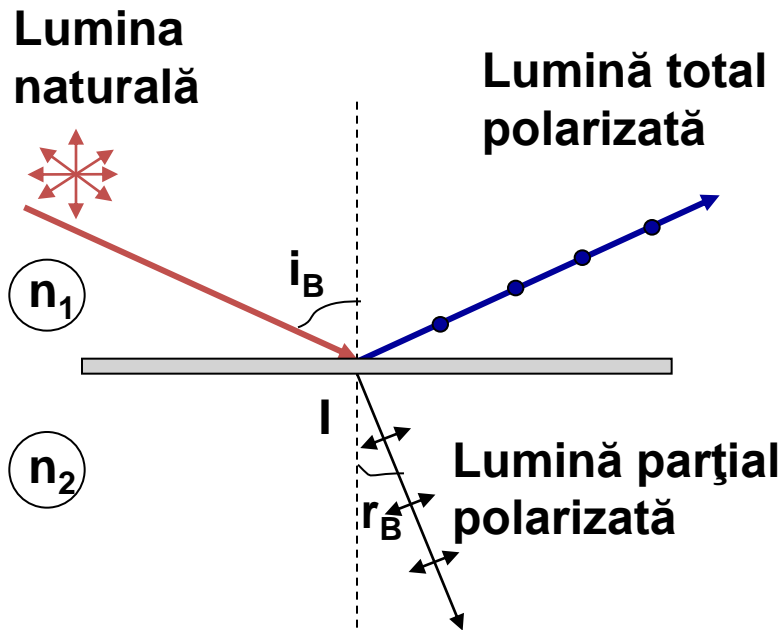
$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

$P = 0$ lumină naturală

$P = 1$ lumină total polarizată

Polarizarea prin reflexie. Legea lui Brewster

► o rază de lumină naturală aflată în mediul cu indicele de refracție n_1 cade pe suprafața de separație a unui alt mediu cu indicele de refracție n_2



► lumina reflectată va fi total polarizată dacă $i = i_B$ (unghi Brewster)

► în acest caz raza reflectată și cea refractată sunt perpendiculare între ele

$$i_B + r_B = 90^\circ$$

► în lumina total polarizată oscilațiile vectorului luminos au loc perpendicular pe planul de incidență

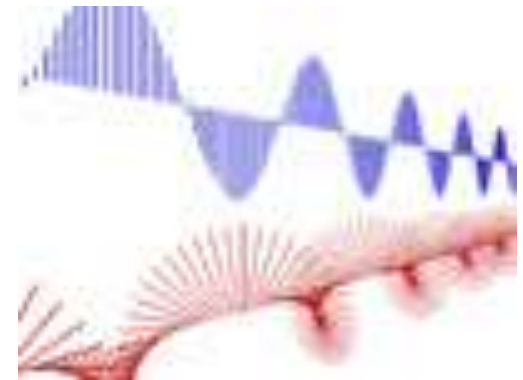
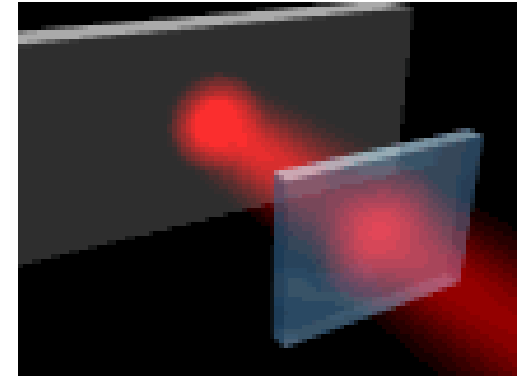
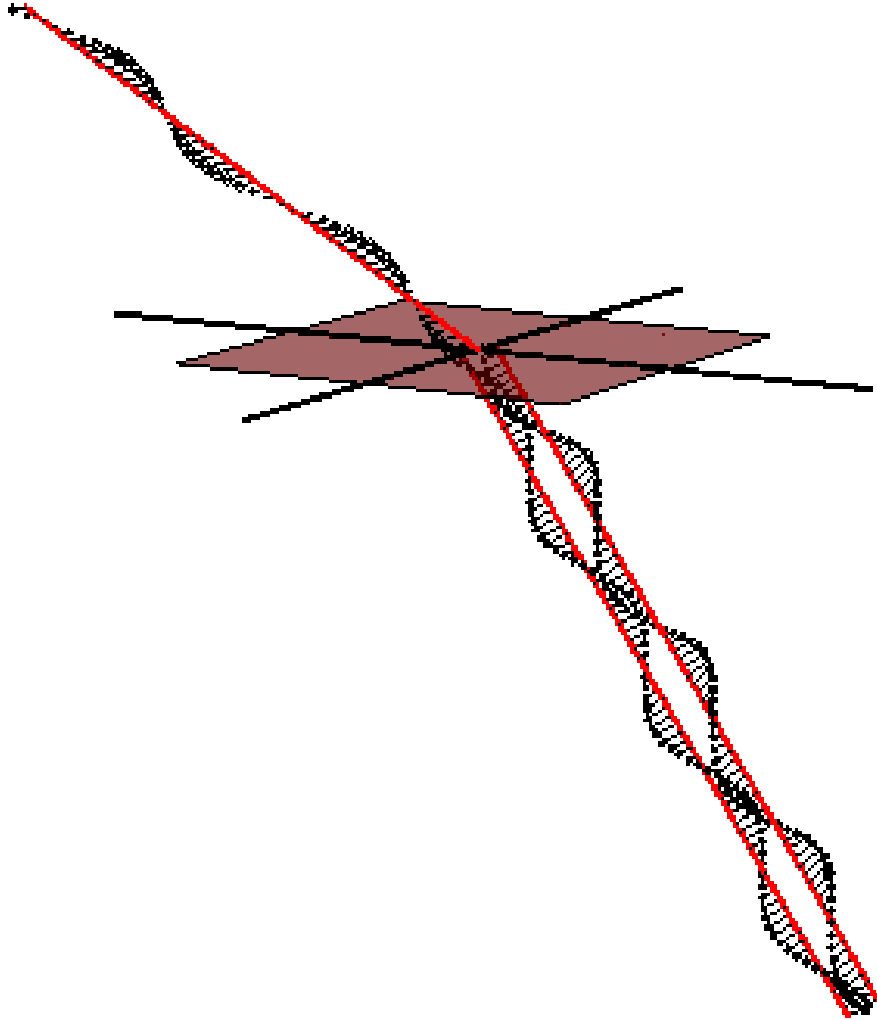
► raza refractată este parțial polarizată și are un grad de polarizare mare

În punctul I: $n_1 \sin i_B = n_2 \sin r_B = n_2 \sin(90^\circ - i_B) = n_2 \cos i_B$

De unde: $\operatorname{tgi}_B = \frac{n_2}{n_1}$ legea lui Brewster

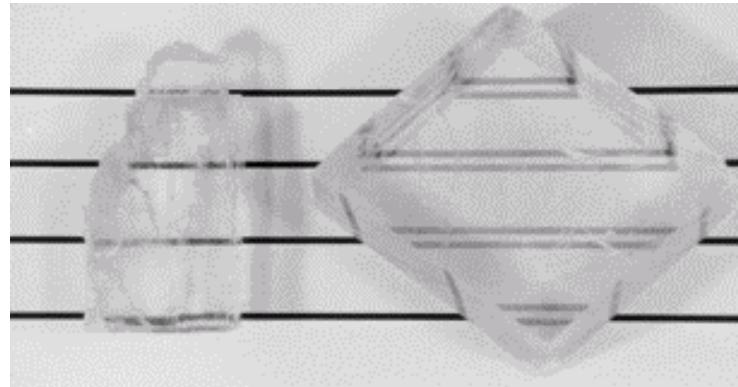
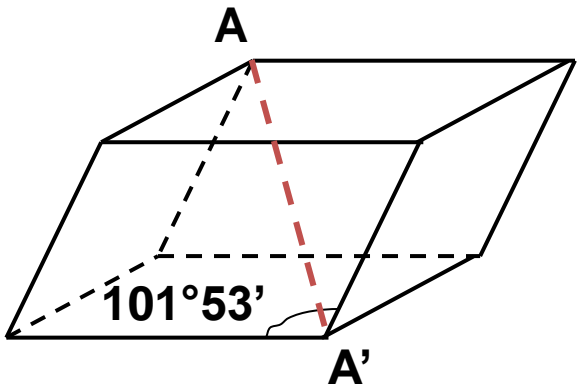
Pentru sticlă: $i_B = 57^\circ$

Animații - polarizarea

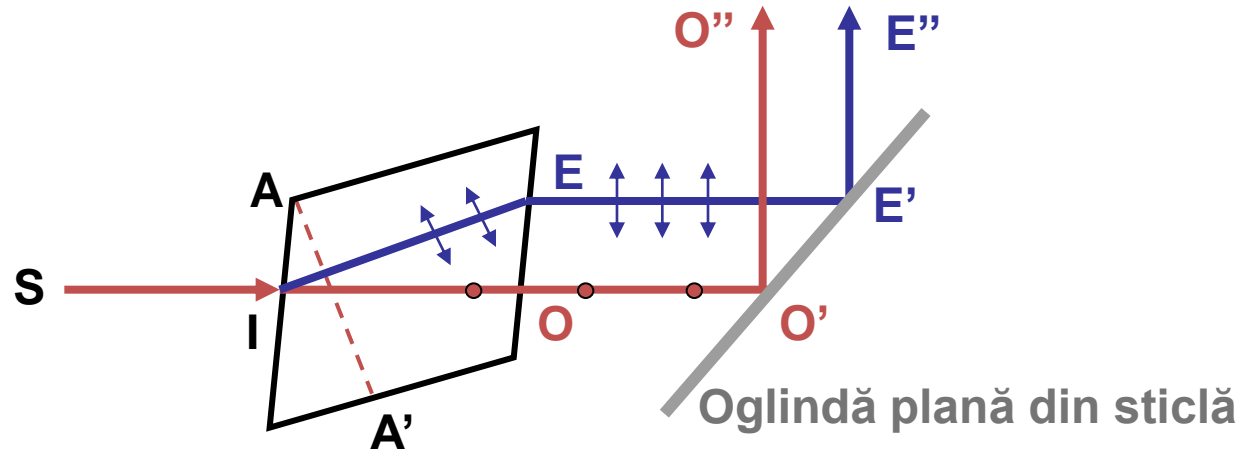


Birefrigența

- ▶ dacă mediul dielectric folosit este transparent, o parte din lumina naturală incidentă conform legilor refracției este polarizată prin refracție (transmisie)
- ▶ trimițând un fascicul îngust de lumină naturală printr-un cristal de spat de Islanda, tăiat cu fețe plan paralele, se poate obține lumină polarizată prin dublă refracție



- ▶ fenomenul se numește **birefrigență**
- ▶ spatul de Islanda prezintă o birefrigență mare și cristalizează în sistemul romboedric cu unghiul între muchii de $101^{\circ}53'$
- ▶ cristalul prezintă o axă de simetrie AA' numită **axă optică**

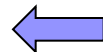
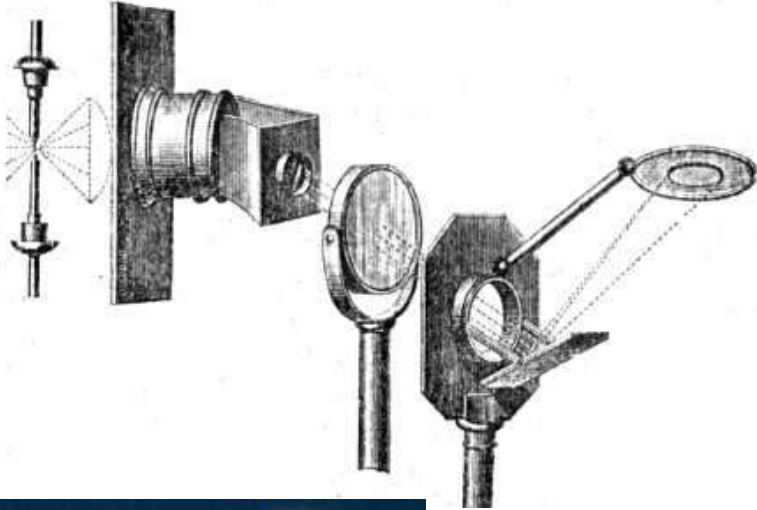


► la intrarea în cristal, la incidență normală, fasciculul incident SI se desparte în două alte fascicule IO și IE care apoi ies din cristal, sub formă de fascicule paralele cu direcția fasciculului incident, dacă fața de intrare a cristalului este paralelă cu cea de ieșire.

► OO' este în prelungirea razei incidente, respectă legile refracției și se numește **rază ordinară**, iar raza IE este refractată diferit, nu respectă legile refracției și se numește **rază extraordinară**

► analizând cele două fascicule cu ajutorul oglinzii înclinată la incidența brewsteriană, se constată că prin rotirea oglinzii are loc, pe rând când stingerea, când întărirea fasciculelor reflectate O'O'' și E'E'' demonstrându-se că fasciculele OO' și EE' sunt fiecare polarizate liniar în plane perpendiculare între ele

Primele polariscope



a fost folosit pentru determinarea unghiului Brewster pentru probe lichide sau solide.

Polariscoape de colecție



Hampden-Sydney College Smithsonian Institution



Miami University College Allegheny

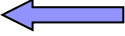


← **Colecția Millington / Barnard de la Muzeul Universității din Mississippi.**

Colecția de la Institutul Smithsonian.



Universitatea din Glasgow



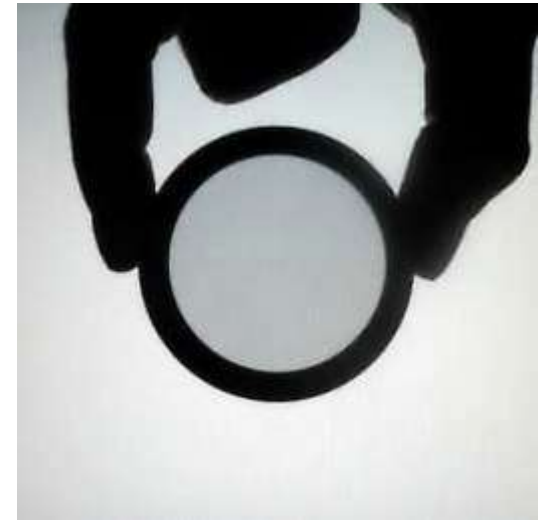
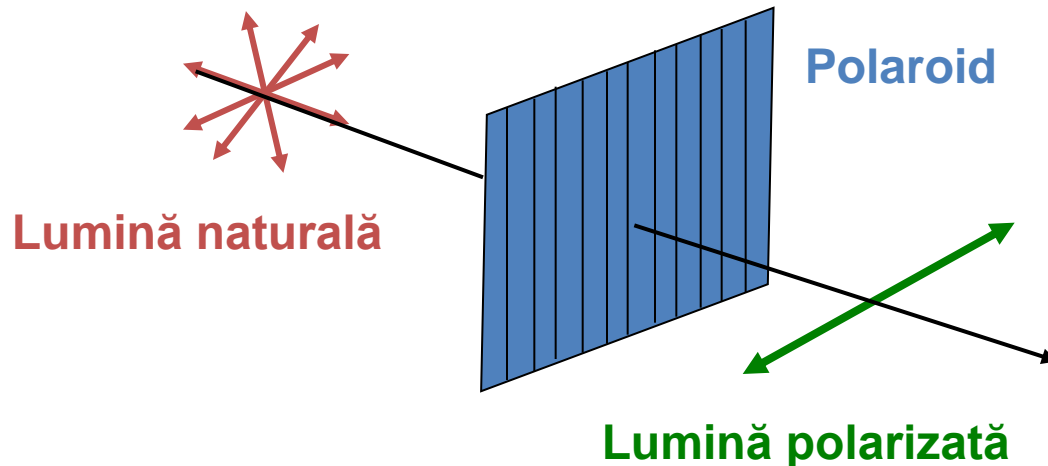
Muzeul Universității din Mississippi

Filtre de polarizare

Dispozitivele care lasă să treacă doar lumina polarizată se numesc **filtre de polarizare**

► o versiune a acestora sunt **polaroizii** fabricați dintr-un strat de polimer cu molecule organice lungi, straturile fiind aliniată sub forma unei rețele, iar polimerul este tratat astfel încât moleculele să devină conductoare

► la trecerea luminii prin polaroid sunt absorbite anumite direcții de oscilație ale vectorului luminos, astfel că la ieșirea din polaroid în undă rămân doar direcțiile de oscilație neabsorbite



Aplicații practice

Filtrul de polarizare se folosește pentru eliminarea sau cel puțin diminuarea reflexiilor nedorite la fotografierea, filmarea sau înregistrarea video.

Exemple:



Obiecte aflate în vitrinele magazinelor



Persoane care poartă ochelari



Interiorul automobilelor



Suprafața apei

<http://www.youtube.com/watch?v=sNWqo58zNQ0&feature=related>

Ochelarii cu polaroizi



**Utilizați pentru diminuarea
radiațiilor deranjante**



**Farurile
autovehiculelor**



<http://www.youtube.com/watch?v=ege-tpXrEiU&feature=related>

Ochelari de pescuit polarizati antireflexii



Fără ochelari polarizanți

Cu ochelari polarizanți



<http://www.youtube.com/watch?v=MNbg4Go8NR0&feature=related>



<http://www.youtube.com/watch?v=QgA6L2n476Y>

<http://www.youtube.com/watch?v=PmoybPcJPS8>



http://www.youtube.com/watch?v=Sdv0J57_U5g&feature=related

<http://www.colorado.edu/physics/2000/polarization/polarizationl.html>

