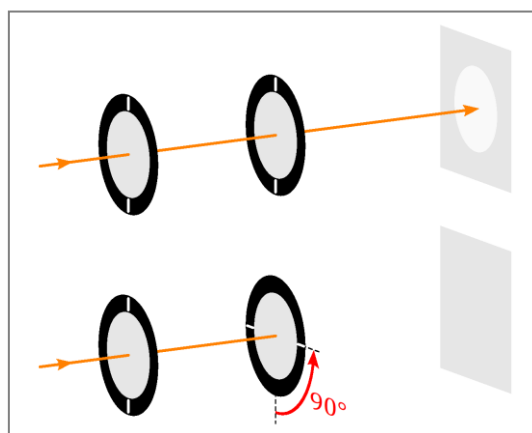


◀	<i>Tartalom</i>	<i>Fogalmak</i>	<i>Törvények</i>	<i>Képletek</i>	<i>Lexikon</i>	▶
---	-----------------	-----------------	------------------	-----------------	----------------	---

## A fénypolarizáció

Az eddig megismert jelenségek, elsősorban az interferencia és az elhajlás azt igazolták, hogy a fény hullámként terjed. Fontos kérdés azonban, hogy a fényhullám longitudinális-e vagy transzverzális. A *polarizáció* című fejezetben láttuk, hogy a *transzverzális hullámok polarizálhatók, a longitudinális hullámok viszont nem.*

A fényhullámok polarizálhatósága legegyszerűbben a fényképészetben használt polárszűrőkkel mutatható ki: egy ernyőt két egymás mögé helyezett polárszűrőn keresztül világítunk meg. A második polárszűrőt a ráeső fénysugár mint tengely körül teljesen körbeforgatjuk. Megfigyelhetjük, hogy az átjutott fény erőssége két helyzetben

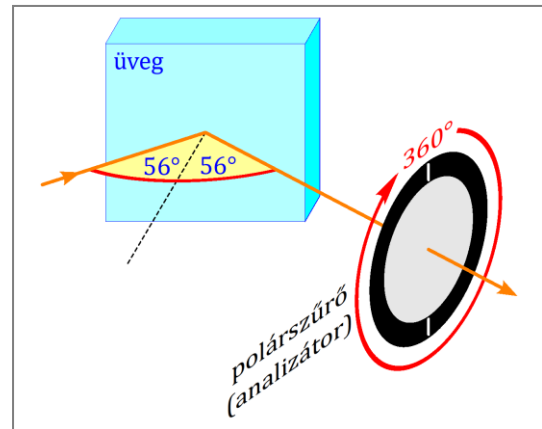


maximális, kétszer pedig nulla lesz. Ezek a helyzetek  $90^\circ$ -os szöget zárnak be egymással. Ha a polarizátorok nem engedik át a fényt, *keresztezett polarizátoroknak* nevezzük őket.

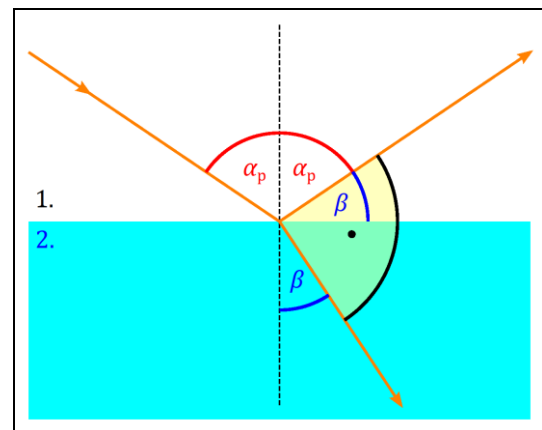
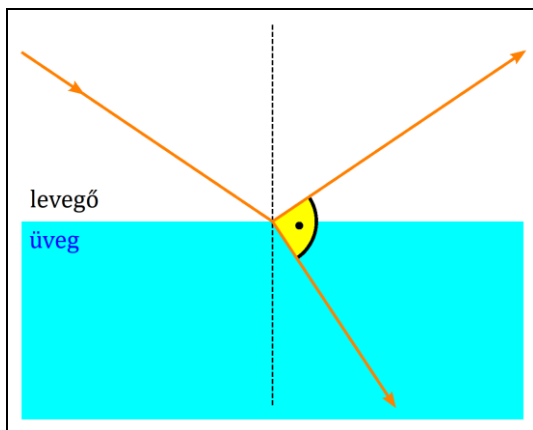
A kísérletben látottak a következőképpen értelmezhetők. A polárszűrő csak olyan fényhullámot enged át, amelynek rezgési síkja párhuzamos a szűrőre jellemző átengedési síkkal. A természetes fényben minden lehetséges rezgési irány előfordul. Az első szűrő polarizálja a ráeső fényt, az ezen átjutó fény lineárisan poláros. Ez a fény csak akkor juthat át az analizátoron is, amikor annak átengedési síkja párhuzamos a fény rezgési síkjával. Ha az analizátor átengedési síkja merőleges a rezgési síkra, akkor a második polarizátor nem engedi át a fényt. *A polarizálhatóság azt igazolja, hogy a fény transzverzális hullám.*

Vákuumban a fény és az elektromágneses hullámok is ugyanakkora sebességgel haladnak. Az ugyanakkora vákuumbeli sebesség, valamint további (középiskolai szinten nem tárgyalt) megfigyelések és kísérletek azt igazolják, hogy *a fény transzverzális elektromágneses hullám.*

Kísérlettel igazolható, hogy poláros fény átlátszó anyagokon történő visszaverődéssel is létrejöhet. Az ábrán látható elrendezésben egy üveglapra  $56^\circ$ -os szögben esik a fény, a visszaverődő fény útjában egy polárszűrő van. A szűrő körbeforgatásakor a fény erőssége két helyzetben maximális, kétszer pedig nulla lesz. Ezek a helyzetek  $90^\circ$ -ot zárnak be egymással.



Hasonló kísérletekkel más átlátszó anyag fénypolarizáló hatása is kimutatható. A polarizáció létrejöttéhez szükséges beesési szög azonban függ a visszaverő anyagtól. Kísérletekkel igazolható: *Az átlátszó anyagokon visszaverődő fény akkor lesz lineárisan poláros, ha a visszavert és megtört fénysugár merőleges egymásra.* Ezt az összefüggést *Brewster-törvénynek* nevezzük. Az ehhez a helyzethez tartozó beesési szöget *polarizációs szögnek* hívjuk.



A Brewster-törvény alapján a törésmutató ismeretében a polarizációs szög kiszámítható.

A rajz szerinti jelölésekkel ugyanis

$$\beta = 90^\circ - \alpha_p .$$

A törésmutató definíciójából:

$$n_{21} = \frac{\sin \alpha_p}{\sin \beta} .$$

Az előző összefüggést, és az ismert  $\cos \alpha = \sin(90^\circ - \alpha)$  azonosságot felhasználva:

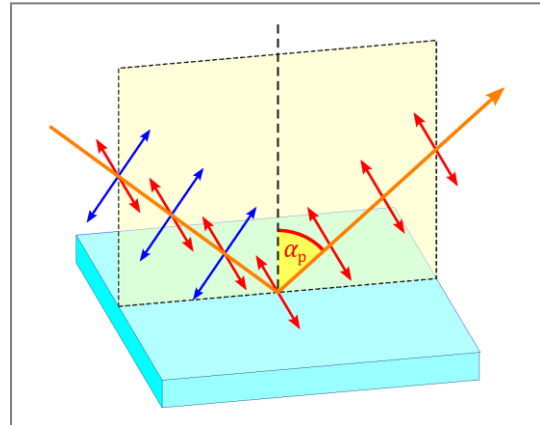
$$n_{21} = \frac{\sin \alpha_p}{\sin \beta} = \frac{\sin \alpha_p}{\sin(90^\circ - \alpha_p)} = \frac{\sin \alpha_p}{\cos \alpha_p} = \operatorname{tg} \alpha_p .$$

Eszerint az átlátszó anyagokra eső természetes fényből visszavert fény akkor lesz lineárisan poláros, ha a beesési szög tangense megegyezik a törésmutatóval:

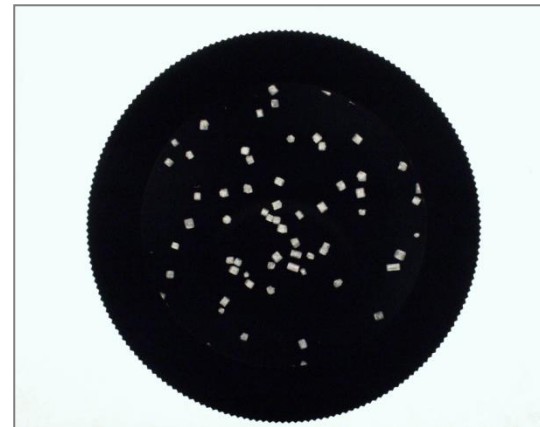
$$\operatorname{tg} \alpha_p = n_{21}.$$

Ezt a feltételt *Brewster-féle feltételnek* nevezzük.

A visszavert fényt polárszűrővel elemezve kimutatható, hogy a *Brewster-féle feltétel teljesülésekor a visszavert fény rezgési síkja merőleges a beesési síkra.*



Ha két vízszintes helyzetű, alulról megvilágított, keresztezett polárszűrő közül az alsóra néhány kristálycukor szemcsét helyezünk, a látómező a kristályoknál kivilágosodik. Az analizátor kellő mértékű elforgatásával a látómező a kristályok helyén újra sötétté válik. Hasonló tulajdonságú anyag például a kvarc, a celofán és a cukoroldat is. A jelenség a következőkkel magyarázható:

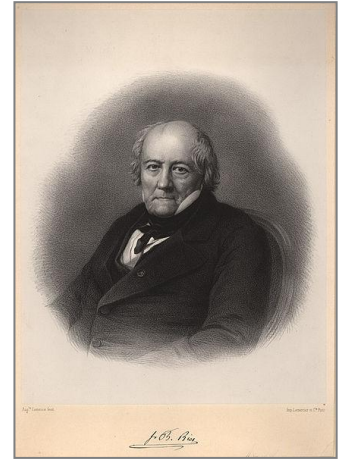


*Néhány anyag képes a fény rezgési síkjának elforgatására, ezeket optikailag aktív anyagoknak nevezzük.* A polarizátorból kilépő fény rezgési síkját az optikailag aktív anyag elforgatja. Emiatt az analizátorra érkező fény egy része átjut a rendszeren. Az analizátor elforgatásával azonban elérhető, hogy az átengedési sík ismét merőleges legyen a fény rezgési síkjára.

## Kiegészítések

1. Tudjuk, hogy a fénykibocsátás atomi szintű folyamat. Az egyes atomok egymástól különböző rezgési síkkal rendelkező fényhullámot keltenek. A természetes fényben ezért minden rezgési sík azonos valószínűséggel fordul elő.
2. Ha a fény rezgési síkja az átengedési síkkal valamilyen hegyesszöget zár be, a polarizátor a fénynek csak az átengedési síkba eső összetevőjét engedi át, az erre merőleges összetevőt nem.

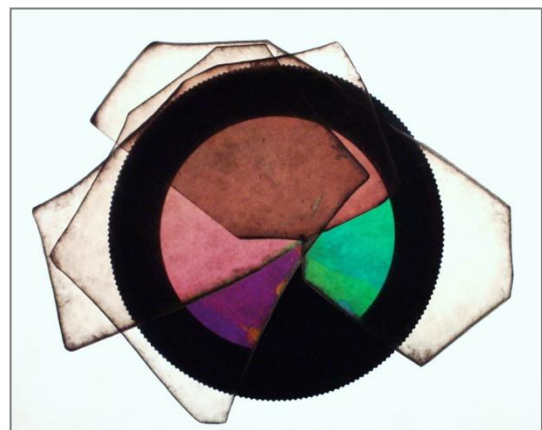
3. A fénypolarizációt Etienne *Malus* (1775–1812) francia mérnök, katonatiszt fedezte fel 1808-ban. Tőle származik a polarizáció elnevezés is. David *Brewster* (1781–1868) skót fizikus 1815-ben fogalmazta meg a polarizációval kapcsolatos törvényét. Az optikai aktivitást Jean *Biot* (1774–1862) francia fizikus fedezte fel 1815-ben.



4. A Brewster-féle feltétel teljesülésekor a megtört fény csupán részlegesen poláros, de ebben a legnagyobb amplitúdója a beesési síkban rezgő hullámnak van. Több, Brewster-szögben elhelyezett vékony üveglap egymásra helyezésével elérhető, hogy az átmenő fény is gyakorlatilag lineárisan poláros legyen.

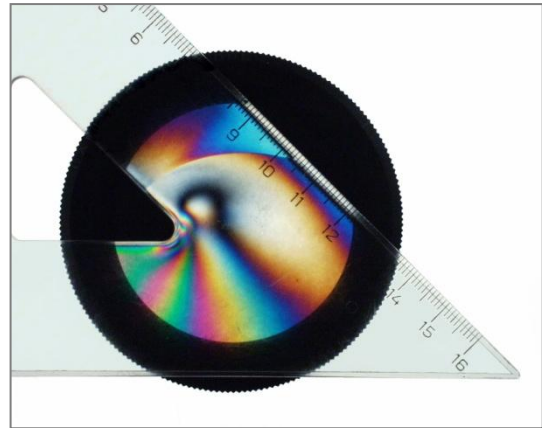
5. A fémekről történő visszaverődéskor a fény nem válik polárossá, ezért fémeknél a Brewster-törvény nem alkalmazható.

6. Az optikailag aktív anyagoknál az elforgatás mértéke egyenesen arányos a rétegvastagsággal, és függ az anyagi minőségtől, valamint a fény hullámhosszától. Az 1 mm vastag kvarclemmez például a vörös fény rezgési síkját  $15^\circ$ -kal, az ibolyáét  $51^\circ$ -kal fordítja el. A polarizátorok közé tett optikailag aktív anyag így fehér fényben is színesnek látszik. (A képen három csillámlap látható keresztezett polarizátorok között. Megfigyelhető, hogy az elforgatás mértéke függ az anyag vastagságától.)



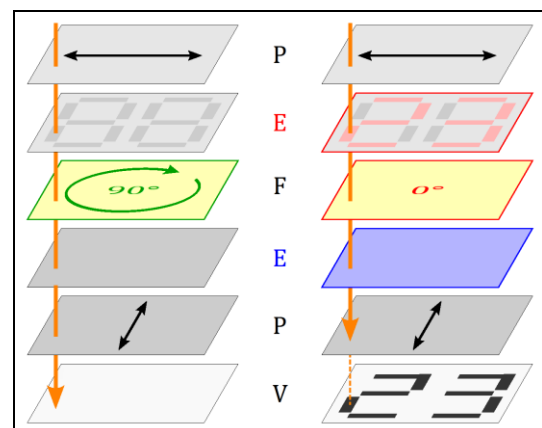
A cukoroldatok aktivitása függ a cukortartalomtól. Az elforgatás nagyságát megmérve meghatározható a vér vagy a vizelet cukortartalma. (Ma már más eljárásokat is használnak ilyen vizsgálatokra.)

Egyes anyagok optikai aktivitása függ a bennük levő mechanikai feszültségtől is. Például az átlátszó műanyag vonalzóknak többségét két keresztezett polárszűrő közé téve a színes mintázat jól jelzi a vonalzóban lévő, a gyártás (fröccsöntés) során kialakuló mechanikai feszültséget. A képen az is látható, hogy a két oldalról érkező folyékony



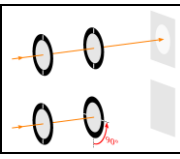
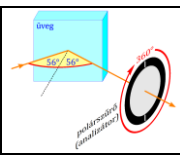
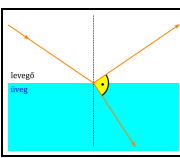


műanyag a 10 cm-es jelzésnél látható vonal mentén találkozott. A vonal mentén a mintázat és a színek ugrásszerűen megváltoznak. A tapasztalatok szerint nagyobb mechanikai igénybevételnél a vonalzó éppen itt törik el.

7. A zsebszámológépek *folyadékkristályos kijelzője* (LCD = Liquid Crystal Display) a fénypolarizációt felhasználva működik. A folyadékkristály (F) két elektródaréteg (E) között, mindez pedig két keresztezett polarizátor (P) közt helyezkedik el. A hátoldalon még egy visszaverő réteg (V) van, amely szemünk felé veri vissza az LCD-n átjutott fényt. Ha az elektródákra nem kapcsolunk feszültséget, akkor a folyadékkristály a rajta áthaladó fény rezgési síkját  $90^\circ$ -kal elfordítja, így az átjut a második (alsó) polárszűrőn is, majd visszaverődve ugyanezen az úton visszajut a szemünkbe. Az alsó elektródára és a felső elektróda kiválasztott szegmenseire feszültséget kapcsolva a folyadékkristály ezeken a szegmenseknél nem forgatja el a rajta áthaladó fény rezgési síkját, így az nem jut át a második polárszűrőn a visszaverő rétegig. Emiatt a kijelző ezeken a helyeken fekete lesz.



Ilyen folyadékkristályos kijelzőt tartalmaz néhány más elektronikus eszköz (kvarcóra, digitális multiméter, digitális hőmérő) is.

## Képek jegyzéke

	<p><b>Fénypolarizáció kimutatása polárszűrőkkel</b>            © <a href="http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0665.svg">http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0665.svg</a></p>
	<p><b>A visszavert fény polarizáltságának kimutatása</b>            © <a href="http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0666.svg">http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0666.svg</a></p>
	<p><b>Rajz a Brewster-törvényhez</b>            © <a href="http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0667.svg">http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0667.svg</a></p>
	<p><b>Rajz a polarizáció szögére vonatkozó összefüggés levezetéséhez</b>            © <a href="http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0668.svg">http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0668.svg</a></p>
	<p><b>A rezgések iránya a polarizációs szöggel beeső fény visszaverődésekor</b>            © <a href="http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0669.svg">http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0669.svg</a></p>
	<p><b>Kristálycukor kereszttezett polarizátorok között</b>            © <a href="http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0339.jpg">http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0339.jpg</a>  <i>További kép:</i>            © <a href="http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0340.jpg">http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0340.jpg</a></p>
	<p><b>Malus arcképe</b>            W <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Etienne-Louis_Malus.jpg">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Etienne-Louis_Malus.jpg</a></p>
	<p><b>Brewster arcképe</b>            W <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:David-Brewster.jpg">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:David-Brewster.jpg</a></p>

	<p><b>Biot arcképe</b></p> <p>W <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jean-Baptiste_Biot_(ca._1855).jpg">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jean-Baptiste_Biot_(ca._1855).jpg</a></p>
	<p><b>Három csillámlap keresztezett polarizátorok között</b></p> <p>© <a href="http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0343.jpg">http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0343.jpg</a>  További képek:  © <a href="http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0341.jpg">http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0341.jpg</a> és <a href="http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0342.jpg">fizf0342</a></p>
	<p><b>Vonalzó keresztezett polarizátorok között</b></p> <p>© <a href="http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0344.jpg">http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0344.jpg</a></p>
	<p><b>Zsebszámológép folyadékkristályos kijelzője polárszűrővel</b></p> <p>© <a href="http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0773.jpg">http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0773.jpg</a>  További kép:  © <a href="http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0772.jpg">http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0772.jpg</a></p>
	<p><b>A folyadékkristályos kijelző működési elve</b></p> <p>© <a href="http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0670.svg">http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0670.svg</a></p>

**Jelmagyarázat:**

© **Jogvéde**tt anyag, felhasználása csak a szerző (és az egyéb jogtulajdonosok) írásos engedélyével.

W A *Wikimedia Commons*-ból származó kép, felhasználása az eredeti kép leírásának megfelelően.