

A sarkított fénytől a polaroid szemüvegig

Fénypolarizáció



Mi a fény? E kérdés megválaszolása történelmünk során gyakorlati és ideológiai szempontból egyaránt fontosnak bizonyult. A fény megismerése és leírása az emberiség története során kezdetben spekulatív úton történt. *Püthagorasz* (Kr. e. VI. sz.) még azt gondolta, hogy a fénysugár az emberi szemből kiinduló érzékelő, amely letapogatja a szemlélt tárgyat. Ez vezethetett arra a következtetésre, hogy szemünkkel, nézésünkkel „ronthatunk” – ahhoz hasonlóan, ahogy a kezünkkel is árthatunk. Ma már a több ezer éves kérdésre egyre bővebb, kimerítőbb és helytállóbb választ adhatunk. *Galilei* előszeretettel mutogatta a „napszivacsot” (bárium-szulfát), amellyel a fény anyagi, korpuszkuláris volta mellett érvelt. A megfigyelések egy része a részecsketermészet mellett a fény hullámtermészetét igazolta. Már *Newton* életében több bizonyíték volt a fény polarizálhatóságára. A fény hullámtermészetének igazolását a diffrakció és az interferencia mellett a polarizáció teszi teljesé, egyúttal igazolja annak transzverzális jellegét is. 1817-ben *Thomas Young* ír először a fényhullám transzverzális tulajdonságáról. A közönséges fényforrások fényének nincs kitüntetett rezgési síkja, pola-

rizálatlan fényt bocsátanak ki. Nézzük meg, milyen körülmények között jön létre síkban polarizált, sarkított fény.

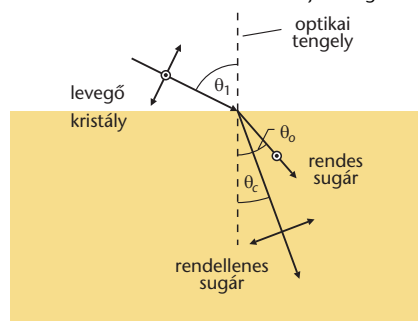
Legfőbb fényforrásunk, a Nap fénye polarizálódhat, miközben a légkörön keresztülhalad. A légkörben lévő molekulákon a fény szóródik: a fény nagy részét a molekulák elnyelik, és azonnal valamilyen új irányba sugározzák ki. A szóródás mértéke a frekvencia negyedik hatványával arányos. A hosszú hullámhosszú, vörös fény kevésbé, a rövid hullámhosszú, kék fény jobban szóródik. Ezzel magyarázható a kék égbolt, a vörös színű napkelte és alkony. Szóródáskor a fénysugárra merőleges irányban poláros fény jön létre. A felhők mögül érkező fény polarizációjának mértéke függ a napszaktól és a vizsgált irány napsugárral bezárt szögétől. Maximális polarizációt a napsugárra merőleges irányokban tapasztalhatunk, a napsugárral párhuzamosakban a polarizáció értéke nulla. A fénypolarizáció mértéke napszak- és irányfüggő. Számtalan rovar, például a méhek szeme érzeli a fény polarizáltságát, észleli annak változását. A méhek számára elengedhetetlenül fontos, hogy az éjszakát a kaptárban töltsék, ezért tudniuk kell, mikor induljanak haza, és

merre van a kaptár. Ezt az információt „kódolja” a fény polarizációja.

A fény egy része – optikailag sűrűbb közeg határához érve – visszaverődik, másik része behatol a közegbe, megtörik. Eközben mindkét sugár polarizálódik. Ennek mértéke akkor lesz maximális, ha a megtört és a visszavert fénysugár egymással bezárt szöge merőleges. Ezt a jelenséget *Sir David Brewster* fedezte fel és írta le (Brewster-polarizáció). A vízfelületekről visszaverődő polarizált fény valósággal vonzza azokat az állatokat, amelyek szeme tudja azt észlelni. A vízi rovarokon kívül sok gázlómadár – gémelek, gólyák – képesek erre. Az első öbölháborúban felrobbantott számtalan olajkút és -vezeték helyén kialakult olajtó tele volt rovar- és madártetemekkel. Számukra az olajtócsa csalogatóbb lehetett a víznél, mert az olaj felületéről visszaverődő fény polarizáltságának foka nagyobb volt.

A hexagonális rendszer romboéderecs oszttályába sorolt kalcium-karbonát kristály (CaCO_3), vagy a kvarc-kristály – amelynek szemben lévő oldalai mindig párhuzamosak – meglepetéssel szolgálhat. A speciális plánpáralel lemezen keresztül „szellemképesnek” látjuk a világot. A megtört sugárból kettő figyelhető meg, ezek közül az egyik „engedelmeskedik” a Snellius–Descartes-törvénynek, ez a rendes, vagy ordinárius sugár. A másik a rendellenes, vagy másképpen extraordinárius sugár nem tesz eleget a törési törvénynek. A jelenség oka, hogy a kristályon belül különböző irányokban más a törésmutató, ez magyarázza a másik sugár létrejöttét. A kristályon kilépő két sugár síkban poláros és polarizációs síkjaik merőlegesek egymásra. Ez a jelenség a kettőtörés.

Kettőtörés jelensége és kalcit kristály kettőtörése



Egy másik ásvány, a turmalin is képes polarizált fényt előállítani. Itt a poláros fény keletkezésének mechanizmusa más. Ez a kristály a fény két egymásra merőleges polarizáltságú komponensét eltérő módon nyeli el, abszorbeálja. Ez a dikroizmus jelensége. E tulajdonság számos ásványra és néhány szerves vegyületre is jellemző. *Herapath* 1852-ben mesterségesen állított elő kinin jódszulfátból ilyen kristályt. 1932-ben találta fel *Land* a Polaroidot, amelyet azóta is számos helyen alkalmaznak.

Esős időben a szivárvány felől érkező fény is síkban poláros. Ennek oka, hogy a vízcseppek megtört fény polarizálódik, ezt a Brewster-polarizációnál már tárgyaltunk.

A polarizált fény keletkezésének megismerése után nézzük meg, milyen módon lehet ezt az ismeretet gyakorlati célokra használni. A nap-szemüvegek kínálatában választhatunk polarizálót. Ennek a polarizációs síkját úgy választották meg, hogy az a vízszintes felületekről szemünkbe érkező fény polarizációs síkjára merőleges legyen, így csökkenti a vízszintes felületeken megcsillanó napfény vakító hatását. Ez hasznos lehet például gépjárművezetés közben, mert az úttestet kontrasztosabbnak látjuk, sőt még a csillogó motorháztető vakító hatása is nagyban csökkenthető. A Brewster-polarizáció miatt a gépjármű szélvédőjén jelentősen polarizálódik a fény. Közvetlenül a szélvédő mögött elhelyezett tárgyról visszaverődő fény (például egy térkép) ke-

vésbé zavarja a kilátást, ha polarizáló szemüvegben vezetünk.

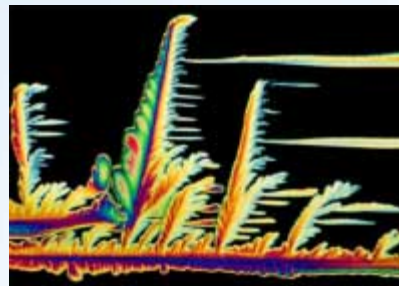
Fényképezés közben is jó szolgálatot tehet egy síkban polarizáló szűrő. Megfelelő szögbe forgatva kiolthatjuk a felhők mögül érkező fényt. Így a felhő hófehér lesz és a mögötte lévő égbolt sötétkék. A tenger vizének csillogását nagyban csökkenthetjük egy megfelelő szögben álló polárszűrővel, ez a mélykék színű tenger fényképezésének egyik titka.

Szivárvány fényképezésénél polárszűrő alkalmazásával növelhetjük a kontrasztosságot a szivárvány belseje (ahonnan polarizálatlan fény érkezik), és az azt körülvevő ég között. Vigyázat, rosszul megválasztott polárszűrőssíkkal a szivárvány teljesen eltűnik.

Kirakatok, vitrinek mélyének fényképezéséhez elengedhetetlenül szükséges a síkban polarizáló, körbe forgatható szűrő. A kirakatról visszaverődő fény alkalmas (Brewster-)szögben nézve olyan mértékben válik polárossá (Brewster-polarizáció), hogy megfelelő szögbe állított polárszűrővel szinte teljesen eltüntethető a csillogás.

1811-ben *Arago* észrevette, hogy egyes anyagokon keresztülhaladó fény polarizációs síkja elfordul. A hatás az anyag belsejében történik, mivel mértéke az anyag vastagságával arányos. Függ még az anyagi minőségtől és a fény hullámhosszától. Vannak balra, és vannak jobbra forgató anyagok. A cukoroldatok, a sztrichnin-szulfát, a terpentín és a cukorkristályok a legismertebb optikai forgatók. Cukoroldatok (például a tejcukor) töménységének mérése így gyorsan és megbízhatóan elvégezhető.

Átlátszó anyagok vizsgálatának másik módszere (üveg, plexi, szilikon gumi) a feszültségoptika használata. Az anyagok mechanikai feszültség hatására kettősen törővé válhatnak. A mechanikai feszültséggel terhelt anyag, keresztezett polárszűrők között szivárványos mintázatot mutat, mert az anyagban éb-



C-vitaminkristály keresztezett polárszűrők között

redő mechanikai feszültség nem egyenletes. A mintázatból ránézésre is könnyű megállapítani, hogy hol nagy a mechanikai feszültség, ezeken a helyeken a szivárványos mintázat sűrű. A feszültséggel nem, vagy csak kicsit terhelt anyagban a szivárványos csíkok ritkák, vagy nincsenek. A mechanikai feszültség kialakulhat egyenlőtlen hűlés következményeként. Üvegtechnikai laboratóriumok, műhelyek az elkészült tárgyakon e módszer segítségével megkereshetik a kritikus helyeket, és azokat kemencében történt kilágyítással megszüntethetik. Az így készült üvegtárgy kevésbé lesz törékeny. Bonyolult alakú, nehezen számítható alkatrészek terhelhetőségét is vizsgálhatjuk e módszerrel. A könnyen deformálható, átlátszó anyagból elkészített modellen a terhelés hatására kialakuló szivárványos minta elárulja a kritikus pontokat.

Keresztezett polárszűrőket gyakran használnak a mikroszkópiában. E technikával láthatóvá tehető az anyagok belső világának sok érdekes apró részlete. Az emberi szem számára egyenletesen átlátszó minta helyenként eltérő polárforgatása, polarizálása, kettőtörése meglepően szép és tudományos szempontból fontos látványt nyújt.

Härtlein Károly
BME, Fizikai Intézet

Ajánlott internetoldalak

- <http://www.tar.hu/fizfoto/fizfoto6.html>
- <http://www.microscopyu.com/articles/polarized/polarizedintro.html>
- <http://www.microscopyu.com/tutorials/java/polarized/polarizerrotation/index.html>
- <http://www.microscopy.fsu.edu/primer/java/polarizedlight/icelandspar/>

Belvíz pusztít Tiszaórsőn – kétféle polárszűrőállásnál



Fotó: Kármán Tamás