

A SARKÍTOTT FÉNYTŐL A POLAROID SZEMÜVEGIG

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 fény sugarát az emberi szemből kiinduló érzékelő, amely letapogatja a szemlélt tárgyat. Ezen elgondolás vezethetett arra a következtetésre, hogy szemünkkel árthatunk másoknak, a nézésünkkel „ronthatunk” – ahhoz hasonlóan, ahogy a kezünkkel kifejtett tevékenységünk is lehet ártalmas. Ma már a több ezer éves kérdésre egyre bővebb, kimerítőbb és helytállóbb választ adhatunk. *Galilei* előszeretettel muto-gatta a „napszivacsot” (bárium-szulfát), amellyel a fény anyagi, korpuszkuláris természete mellett érvelt [1]. A megfigyelések és a kísérletek egy része a részecske természet mellett a fény hullámtermészetét igazolta. Már *Newton* életében több bizonyíték állt rendelkezésre a fény polarizálhatóságára vonatkozóan. Egy jelenség hullámtermészetének igazolását a diffrakció és az interferencia mellett a polarizáció teszi teljessé, amely egyúttal igazolja annak transzverzális jellegét is. *Thomas Young* ír először 1817-ben a fényhullám transzverzális tulajdonságáról. A közönséges fényforrások fényének nincs kitüntetett rezgési síkja, vagyis polarizálatlan 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 frekvenciafüggő, a frekvencia negyedik hatványával arányos. Kevésbé szóródik a hosszabb hullámhosszú, vörös fény, és jobban szóródik a rövid hullámhosszú, kék fény. Ezzel magyarázható a kék égbolt, a vörös színű napkelte és alkony. A szóródás következtében a fény sugarra 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 fény polarizációjának mértéke tehát függ a napszaktól és a földrajzi iránytól. Számítalan rovar, például a méhek, a szemükkel érzékelik a polarizált fényt, észlelik a polarizáció mértékének változását, és ebből számukra az életben maradáshoz szükséges információhoz jutnak. 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.

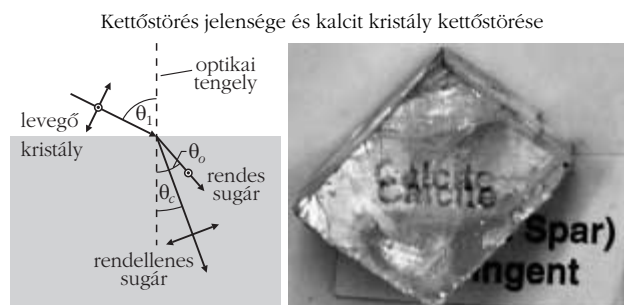
A fénynek, ha optikailag sűrűbb közeg határához érkezik, egy része visszaverődik és egy része behatol a közegbe, megtörik. Eközben mindkét sugár polarizálódik. A polarizáció mértéke akkor lesz maximális, ha a

megtört és a visszavert fény sugarát 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 élőlényeket, amelyek szeme képes észlelni a polarizált fényt. A vízi rovarokon kívül sok gázlómadar – például a gémekek és a gólyák – képesek erre. Nagyon szomorú bizonyítékot szolgáltatott erre az első öbölháború. A számtalan felrobbantott olajkút és vezeték következtében kialakult olajtavak meglepő módon tele voltak rovar- és madártetemekkel. A polarizált fény mögött életet adó vizet sejtő rovarok és madarak belerepülve az olajtócsába életüket veszítették. Számukra az olajtócsa csalogatóbb lehetett a víznél, mert az olaj felületéről visszaverődő fény polarizáltságának foka nagyobb volt [5].

A hexagonális rendszer romboéderes osztályába sorolt kalcium-karbonát kristály (CaCO_3), vagy a kvarckristály – 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 a magyarázata a másik sugár létrejöttének. A kristályon kilépő két sugár síkban poláros és a két polarizációs sík merőleges egymásra. Ezt a jelenséget hívjuk kettőtörésnek.

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*nak 1852-ben sikerült előállítani kinin jódszulfátból ilyen kristályt mesterségesen. 1932-ben találta fel *Land* a Polaroidot, amelyet számos helyen alkalmaznak azóta is.

Esős időben a szivárvány felől érkező fény is síkban poláros. Ennek oka a vízcseppeknél történt törés közbeni polarizáció, amelyet a Brewster-polarizációnál már tárgyaltunk.





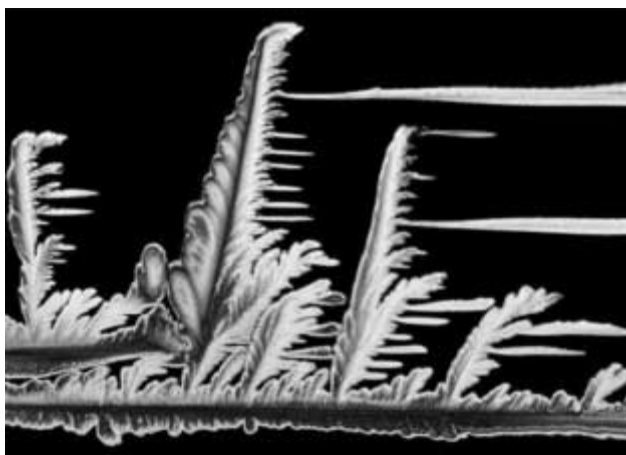
Szivárvány

A polarizált fény keletkezésének megismerése után nézzük meg, milyen módon lehet ezt az ismeretet gyakorlati célokra használni. A napszemüvegek kínálatában választhatunk polarizáltot. Ennek a polarizációs síkját úgy választották meg, hogy az a vízszintes felületekről szemünkbe érkező fény polarizációs síkjára merőleges legyen. Ezáltal jelentősen csökkenti a vízszintes felületeken megcsillanó napfény vakító hatását. A vízfelületeken kívül ez hasznos lehet gépjárművezetés közben, mert az úttest felületét kontrasztosabbnak látjuk általa, sőt még a motorháztető vakító hatása is nagyban csökkenthető. A Brewster-polarizáció következményeként a gépjármű szélvédőjén jelentősen polarizálódik a fény. Közvetlenül a szélvédő mögött elhelyezett tárgyakról visszaverődő fény (például egy térkép), nem fogja zavarni a vezetést, 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. Vigyázzunk, mert ha a polárszűrőnk síkját rosszul választjuk, meg akkor a szivárványt teljesen el is tüntethetjük.

C-vitamin kristálya keresztezett polárszűrők között



Kirakatok, vitrinek mélyének fényképezéséhez elengedhetetlenül szükséges a síkban polarizáló, körbe forgatható szűrő. A kirakatról visszaverődő fény alkalmas szögből (Brewster-szög) nézve olyan mértékben válik polárossá (a Brewster-polarizáció miatt), hogy egy megfelelő szögbe beállított polárszűrővel gyakorlatilag teljesen el lehet tüntetni a csillogást.

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

Az anyagvizsgálat egy másik módszere átlátszó anyagok (üveg, plexi, szilikon gumi) esetén a feszültségoptikai vizsgálat. Az anyagok mechanikai feszültség hatására kettősen törővé válhatnak. A mechanikai feszültséggel terhelt anyag, keresztezett polárszűrők között szivárványos mintázatot mutat. Ennek oka, hogy az anyagban ébredő 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, amelyeket kemencében történt kilágyítással tudnak megszüntetni. Így az elkészült üvegtárgy kevésbé lesz törékeny. Ha a bonyolult alakú, nehezen számítható alkatrészek terhelhetőségére vagyunk kíváncsiak, akkor is alkalmazható a módszer. Ebben az esetben a tárgyat könnyen deformálható anyagból kell elkészíteni, és a terhelés hatására kialakuló szivárványos minta elárulja a kritikus pontokat.

Keresztezett polárszűrőket gyakran használnak a mikroszkópiában. Ennek a technikának köszönhetően 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

Irodalom és ajánlott internetoldalak

1. L. LEDERMAN: *Az isteni atom*
2. ÁBRAHÁM GY.: *Optika*
3. SIMONYI K.: *A fizika kultúrtörténete*
4. BUDÓ Á., MÁTRAI T.: *Kísérleti fizika III.*
5. HORVÁTH G., J. ZEIL: *Állatsapdák, avagy egy olajtöcsa vizuális ökológiaja* – Természet Világa 1996. III.
6. HORVÁTH G.: *A geometriai optika biológiai alkalmazása: Biooptika*
<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/>