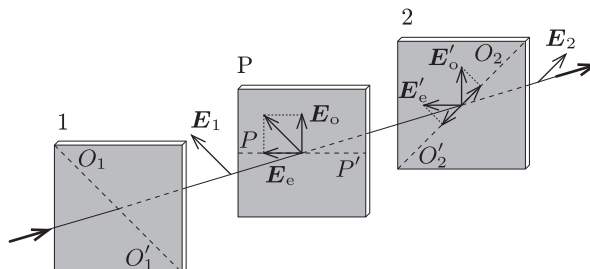


Kísérleti feladat: Látni a láthatatlant

A mérési feladat címe és témája nagyon izgalmas: Az optikai anizotrópia jelensége lehetővé teszi, hogy polarizált fény segítségével megfigyeljünk „láthatatlan” jelenségeket. (Sajnos a mérési eszközök kivitelezése és a feladatok nem elég részletes megfogalmazása a versenyzők többségének megnehezítette a mérés elvégzését és a jelenségek megértését.)

Sok anyag optikailag anizotrop, ami azt jelenti, hogy a törésmutató függ a fényterjedés és a polarizáció irányától. Optikailag izotrop anyag is anizotroppá válhat mechanikai feszültség, egyenetlen melegítés vagy külső elektromos tér hatására. A kristály optikai tengelyének azt az irányt nevezzük, amely mentén a fény a kristályban kettőtörés nélkül halad. A 3. ábrán látható a kettőtörés jelenségét vizsgáló optikai elrendezés vázlata.



3. ábra. Az optikai anizotrópia vizsgálatára szolgáló elrendezés vázlata

A fénysugár az 1-es polárszűrőre esik, melynek áteresztési síkja az O_1O_1' egyenesben metszi a polárszűrő síkját. Az 1-es polárszűrőn való áthaladás után a fény lineárisan poláros lesz, és az $\mathbf{E}_1$ elektromos térerősség vektora az 1-es polarizátor áteresztési síkjában fog rezegni. Ezután a fény az anizotrop P lemezre esik, melynek PP' irányú optikai tengelye 45° -os szöget zár be az 1-es polárszűrő átengedési síkjával. A P lemezben ekkor két különböző fényhullám keletkezik: az $\mathbf{E}_o$ ordinárius sugár polarizációs iránya a lemez optikai tengelyére merőleges, az $\mathbf{E}_e$ extraordinárius sugáré pedig azzal párhuzamos. A két hullámra vonatkozó törésmutató különbözik, különbségük: $\Delta n = n_o - n_e$. Emiatt a két hullám között a lemezen való áthaladás és a kilépés után $\Delta\varphi = 2\pi h\Delta n/\lambda$ fáziskülönbség lesz (h a lemez vastagsága, λ a fény hullámhossza vákuumban), és így a kilépő fény elliptikusan poláros lesz. Ez a fénysugár esik a 2-es polárszűrőre, melynek O_2O_2' áteresztési síkja merőleges az 1-es polárszűrő áteresztési síkjára.

Könnnyen belátható, hogy a P lemezen és a 2-es polárszűrőn áthaladó fény intenzitása

$$I_2 = kI_0 \sin^2 \frac{\Delta\varphi}{2},$$

ahol I_0 a lemezre eső fény intenzitása, k a P lemez és a 2-es polarizátor fényáteresztési együtthatója, $\Delta\varphi$ pedig az ordinárius és extraordinárius sugár közti fáziskülönbség a P lemezen való áthaladás után.

1. rész: Kvalitatív megfigyelés

A versenyzőknek először kvalitatív megfigyeléseket kellett végezniük. Ebben a részben egy fehér LED volt a fényforrás, és a 3. ábrán látható elrendezésben a két egymásra merőleges áteresztési síkú polárszűrő közé különböző műanyag vonalzókat, görbült fóliacsíkok és folyadékkristály cellát (LCC) kellett helyezni, majd a megfigyelt jelenségeket leírni.

A vonalzóknak a mechanikai feszültség, a görbült fóliacsíkokban a változó vastagság, az LCC-ben a rákapcsolt feszültség hatására változó optikai anizotrópia figyelhető meg. (A folyadékkristály az anyag olyan állapota, mely a kristályos szilárd és amorf folyadék között van. A folyadékkristály molekuláinak orientációja könnyen állítható és szabályozható elektromos térrel. A folyadékkristály cella optikailag anizotrop, kétféle törésmutatója van. A jelenség mértéke függ az alkalmazott váltakozó feszültségtől. Az LCC két üveglapból áll, melyek belső felületét átlátszó vezető réteg borítja. A lemezek közt van egy körülbelül $10 \mu\text{m}$ vastagságú folyadékkristály oldat. A lemezekhez kivezetéseket forrasztanak, amivel egy tápegységre lehet kapcsolni őket. Ha nem kapcsolunk rá feszültséget, a folyadékkristály hosszú molekulái a lemezekkel párhuzamosak. (A hosszúkás molekulák iránya egybeesik a kristály optikai tengelyével.)

Mivel a jelenségek hullámhosszfüggők, a fényforrás fehér fényének összetevői különböző mértékben gyengülnek: színes csíkok és foltok jelennek meg.

2. rész: A mérés

A feladat második, hosszabb részében kvantitatív méréseket végeztek a versenyzők. A fehér LED helyett egy (piros) lézerdíóda volt a fényforrás, az átmenő fény intenzitását pedig egy fotodetektorral lehetett mérni.

A fotodetektor egy fotodiódából, egy terhelő ellenállásból és egy voltmérőből áll. Először ezt az eszközt kellett vizsgálni: megállapítani, hogy milyen terhelő ellenállással működik optimálisan. Ezután az így beállított eszközzel különböző anizotrop anyagokon végezhettek méréseket a diákok.

A műanyag vonalzóknál a gyártás során mechanikai feszültség keletkezik, amely az anyagban helytől függő anizotrópiát okoz. Emiatt a vonalzókat a 3. ábrán látható mérési elrendezéssel vizsgálva a hely függvényében változó intenzitás mérhető. Ebből meg lehet határozni az ordinárius és extraordinárius sugár közti $\Delta\varphi$ fáziskülönbség helyfüggését. A tapasztalat szerint a fáziskülönbség a hely lineáris függvénye, ami viszont az intenzitás szinusznégyzetes változását okozza. A mérésben ennek a szinusznégyzetes függvénynek egy kis darabja mérhető ki, és ebből lehetett következtetni a fáziskülönbségre (ami nem volt könnyű feladat).

Ezután a versenyzőknek egy folyadékkristály cellát kellett vizsgálniuk. A cella anizotrópiája akkor maximális, ha a cella nem kap feszültséget. Ha a cellára egyre nagyobb (váltó)feszültséget kapcsolunk, az anizotrópia (a törésmutatók közötti különbség, és így a fázistolás) monoton (de nemlineárisan) csökken, és emiatt az átmenő intenzitás nulla és egy maximális érték között oszcillál. A mérés alapján közvetlenül ez az oszcilláló függvény (az intenzitás a cellára kapcsolt feszültség függvényében) rajzolható fel, majd ebből lehet következtetni a maximális fázistolás nagyságára és a fázistolás feszültségtől való függésére. (A feszültségfüggés a tapasztalat szerint egy bizonyos tartományban hatványfüggvény: a versenyzőknek a hatványfüggvény kitevőjét is meg kellett határozniuk.)

Az utolsó mérési feladat egy görbült fóliacsík vizsgálata volt. Ebben az esetben az anyag anizotrópiája mindenhol ugyanakkora volt, de a görbület miatt a fény a fóliacsík különböző helyein más-más utat tesz meg a fóliacsíkon belül, és emiatt itt is helyfüggő fáziskülönbség alakul ki. Mért most is az intenzitás változását lehetett, és ismét ebből kellett következtetni a fáziskülönbség változására (minden részfeladatban ez a legnehezebb lépés).

A mérés alapján meghatározható a nem görbülő fóliacsík fázistolása, valamint a fóliacsík görbületi sugara.