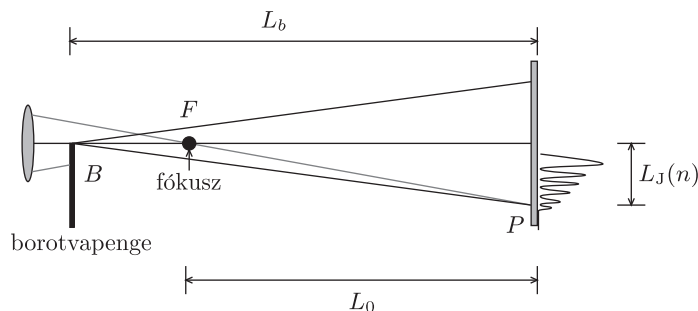


A kísérleti fordulóban a versenyzőknek 5 óra alatt két optikai mérést kellett elvégezniük: meg kellett határozniuk egy lézer fényének hullámhosszát, és tanulmányozniuk kellett a csillám kettőstörését. A mérésekhez az összes eszközt egy hatalmas dobozban kapták meg. A tényleges mérés elkezdése előtt fel kellett építeniük az optikai elrendezést.

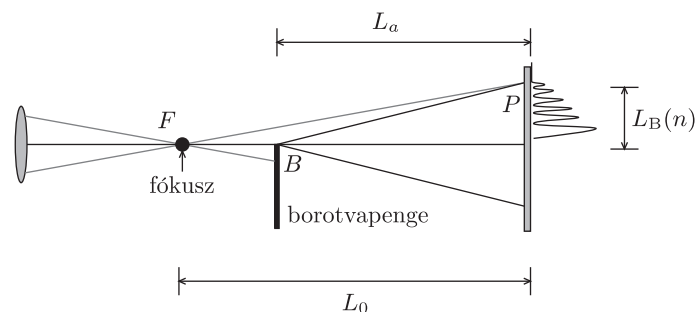
Félvezető lézer hullámhosszának meghatározása

A mérés különlegessége az, hogy nem használtak benne semmiféle pontos mikrométer-skálát (például ismert rács-állandójú optikai rácsot). A legkisebb mért távolságok is a milliméteres tartományba estek. A hullámhosszat egy borotvapenge élén való fényelhajlási képből határozták meg.

A lézer fényét egy néhány cm gyújtótávolságú lencsével fókuszálták, majd a fénynyaláb útjába félig betoltak egy borotvapengét. A borotvapengén elhajló és az akadálytalanul továbbhaladó fény interferált, az interferenciaképet a penge mögötti ernyőn lehetett megfigyelni. Két különböző elrendezésen kellett mérni: az egyik esetben a penge a lencse fókuszpontja előtt (*2/a. ábra*), a másikban a fókuszpont mögött (*2/b. ábra*) volt.



2/a. ábra



2/b. ábra

Elméleti megfontolások alapján sötét interferenciacsíkok az első esetben a

$$\Delta_{\text{I}}(n) = \left(n + \frac{5}{8}\right) \lambda \quad n = 0, 1, 2, \dots,$$

míg a második esetben a

$$\Delta_{\text{II}}(n) = \left(n + \frac{7}{8}\right) \lambda \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

útkülönbségek esetén alakulnak ki (ezeket az összefüggéseket megadták a versenyzőknek).

A sötét interferenciacsíkok helyzetét a skála nullpontjához képest mindkét esetben egy egyszerű műanyag tolmérővel lehetett megmérni. Ezen kívül jól mérhető volt a penge és az ernyő távolsága is mindkét esetben. A feladat nehézségét az adta, hogy a fókuszpont és az ernyő távolságát, valamint az optikai tengely pontos helyét az ernyő skáláján (amihez viszonyítva az interferenciacsíkok távolságát mérni kellene) nem lehetett közvetlenül megmérni.

Először a versenyzőknek meg kellett határozni a mérési elrendezés geometriai adatai és a sötét interferenciacsíkok helye közötti kapcsolatot. Az adódott, hogy a sötét csíkok távolsága az optikai tengelytől a fenti kifejezések négyzetgyökével arányos. Ez alapján a mért adatok megfelelő grafikus ábrázolásával mindkét elrendezésnél meg lehetett határozni az optikai tengely helyét, a két mérési elrendezés eredményeinek összevetéséből a fókuszpont ismeretlen távolságát, majd végül a keresett hullámhosszat.

Természetesen meg kellett adni a mért hullámhossz hibáját is. Ehhez szükség volt többek közt az egyenesillesztések hibájának meghatározására (numerikus vagy grafikus módszerrel), de ezen kívül például olyan apróságok észrevételére is, hogy az ernyő és a penge kétféle távolságának különbsége ($L_b - L_a$, ami szerepel a hullámhossz kiszámításának képletében) tolmérővel közvetlenül és pontosabban megmérhető, mint a mérőszalaggal mért távolságok különbsége.

A csillám kettőstörése

Bizonyos kristályok optikailag anizotrópok, azaz a kristályban vannak optikai szempontból kitüntetett irányok. Ha egy ilyen kristályra a felületére merőlegesen polarizált fény esik, akkor a fény a kristályban – attól függően, hogy a polarizáció iránya melyik tengelyével esik egybe – más-más sebességgel terjed, azaz az anyagnak kétféle törésmutatója van. Ez a kettőtörés jelensége. Ebben a feladatban a versenyzők a csillám kettőtörését (azaz a kétféle törésmutató különbségét) mérték.

Ha a csillámra polarizált fény esik, és a polarizáció iránya párhuzamos a csillám valamelyik optikai tengelyével, akkor a fény – attól függően, hogy melyik tengellyel párhuzamos a polarizáció – más-más sebességgel, de változatlan polarizációs iránnyal halad tovább az anyagban. Ha viszont egyik optikai tengely sem párhuzamos a fény polarizációs irányával, akkor a csillamba belépő fény felbomlik két, egymásra merőleges polarizációjú és különböző sebességgel haladó hullámra. A csillamból kilépő két hullám között a csillám vastagságától és a kettőtörés mértékétől függő útkülönbség jön létre, és így a hullámok egymást részben kioltják.

A mérésben ennek alapján kellett a kettőtörés mértékét meghatározni. A lézerfény egy tükörről visszaverődve és egy polarizátoron áthaladva érte el a forgatható foglalatban lévő, megadott vastagságú csillámlemezt, majd egy másik polarizátoron áthaladva jutott a fotodetektor nyílásába. A fotodetektor fény intenzitásával arányos feszültségjelét multiméterrel lehetett mérni (*hátsó borító*).

A rendszeren átjutó fény relatív intenzitását a második polarizátor kétféle (az elsővel párhuzamos és arra merőleges) irányítása mellett a csillám szöghelyzetének függvényében kellett megmérni. Az elmélet alapján a normalizált intenzitásokra az

$$\bar{I}_P(\vartheta) = 1 - \frac{1}{2}(1 - \cos \Delta\phi) \sin^2(2\vartheta)$$

és az

$$\bar{I}_M(\vartheta) = \frac{1}{2}(1 - \cos \Delta\phi) \sin^2(2\vartheta)$$

összefüggések adódnak, ahol $\bar{I}_P(\vartheta)$ és $\bar{I}_M(\vartheta)$ a második polarizátor párhuzamos (P) és merőleges (M) állásában mért normalizált intenzitások, ϑ a csillám szöghelyzete valamelyik optikai tengelyéhez képest, és $\Delta\phi$ a csillamból kilépő két hullám közti fáziskülönbség. Ez utóbbi a mennyiséget a

$$\Delta\phi = \frac{2\pi L}{\lambda} |n_1 - n_2|$$

képlet adja meg, ahol L a csillámlemez vastagsága, λ a belépő fény hullámhossza és $|n_1 - n_2|$ a kettőtörés mértéke.

Ennél a mérésnél a fő nehézséget (a hosszadalmasabb első mérés után megmaradó kevés maradék időben) a mért adatok megfelelő kiértékelése – a csillám optikai tengelyének pontos meghatározása, a mérési adatok megfelelő ábrázolása (például \bar{I}_M intenzitás $\sin^2(2\vartheta)$ függvényében) és a hibaszámítás – okozta.