Fényhullámhossz és diszperzió mérése

(Mérési jegyzőkönyv)

Hagymási Imre

2007. március 26.
(hétfő délelőtti csoport)

1. A mérés elmélete

A mérés során egy spektrállámpa spektrumát mértük optikai rács segítségével, majd ennek alapján mehatároztuk egy prizma törésmutatójának hullámhosszfüggését.

1.1. A fény hullámhosszának mérése optikai ráccsal

Az optikai rács olyan planparallel lemez, amelyen egyenlő távolságra igen finom párhuzamos karcolások vannak. A rácsot egy sötét és egy világos sáv együttes szélessége jellemzi, melyet rácsállandónak nevezünk. Ha a rácsra párhuzamos fénynyalábot ejtünk, a túloldalon ernyőn felfogható elhajlási kép keletkezik, melyet közelíthetünk az ún. Fraunhofer-féle elhajlási képpel. Eszerint α irányban az intenzitásmaximum feltétele az, hogy a rács két szomszédos (d távolságban lévő) pontjából kiinduló fényhullámok közötti optikai útkölönbség λ egész számú többszöröse legyen:

$$k \cdot \lambda = d \cdot \sin \alpha. \tag{1}$$

1.2. A prizma törésmutatójának mérése

A prizma megfelelő beállításával elérhető, hogy a rajta áthaladó fénysugár ε eltérülési szöge minimális legyen (ekkor szimmetrikus a sugármenet), ilyenkor a prizma törésmutatóját a következőképpen számíthatjuk:

$$n = \frac{\sin \frac{\varphi + \varepsilon_{min}}{2}}{\sin \frac{\varphi}{2}}, \tag{2}$$

ahol φ a prizma törőszöge. Ez az összefügés lehetőséget ad a prizma diszperziójának meghatározására.

2. A mérés

A mérést az ablakhoz közelebbi mérőhelyen végeztem.

2.1. A goniométer beállítása

A precíz méréshez a műszer egyes részeinek helyzetét is korrigálnunk kell; a tárgyaztalt vízszintesre, a távcsöveket egy síkba kell hozni. A tárgyasz-

tal vízszintességét a ráhelyezett üveglemez és a távcsőből érkező majd odavisszaverődő fénysugár figyelésével állíthatjuk be. A távcsőben ugyanis csak akkor látjuk ugyanolyan magasságban a tárgyasztal 180°-os elforgatásakor a fénysugarat, ha az üveglapra merőleges tengely vízszintes. Ezt a beállítást a tárgyasztal két egymást metsző tengelyére elvégezve biztosítjuk az egész sík vízszintességét.
Mindezek a beállítások igen fontosak egy optikai mérésnél, de ha mégsem sikerül jól a kezdeti beállítás, az ebből származó hibát a jobb- és baloldali szögértékek átlagolásával kiejtjük.

2.2. Hullámhosszmérés

A mérés során 8000 vonal/inch karcolású rácsot használtam. A mérés során az első rendben az összes színképvonal szögértékét mértem, a második és harmadik rendből pedig az ibolya színhez tartozó szögértékeket mértem ki. A jobb- és baloldali szögértékek számtani közepét képeztem, majd ebből számoltam hullámhosszt. Az első rend mérési adatai és a számított hullámhosszak az 1. táblázatban láthatók. A hullámhosszakat az (1) összefüggés

szín	α_{bal}	α_{jobb}	$\frac{\alpha_{\text{bal}}+\alpha_{\text{jobb}}}{2}$	λ(nm)
ibolya	7°57'21"	7°52'17"	7°54'49"	437.1 ± 0.3
kék	8°32'17"	8°26'58"	8°29'37"	468.9 ± 0.3
zöldeskék	8°45'43"	8°40'22"	8°43'02"	481.1 ± 0.3
zöld 1	9°16'56"	9°11'50"	9°14'23"	509.6 ± 0.3
zöld 2	9°58'39"	9°53'18"	9°55'58"	547.6 ± 0.3
sárga 1	10°32'50"	10°26'34"	10°29'42"	578.3 ± 0.3
sárga 2	10°35'24"	10°29'0"	10°32'12"	580.5 ± 0.3
vörös	11°47'54"	11°39'36"	11°43'45"	645.4 ± 0.3

1. táblázat. Az első rend spektrumának mérési adatai.

alapján számoltam. A szögmérés hibáját a visszaállások alapján lehet megbecsülni, ez legfeljebb 20". Ennek ismeretében a hullámhossz hibáját a

$$\Delta\lambda = \frac{d}{k}\cos\alpha \cdot \Delta\alpha \tag{3}$$

összefüggés alapján számoltam, amely alapján ± 0.3 nm adódik (felső becslés).

A magasabb elhajlási rendekben csak az ibolya vonalához tartozó szögértékeket mértem.

ibolya	α_{bal}	α_{jobb}	$\frac{\alpha_{\text{bal}}+\alpha_{\text{jobb}}}{2}$	λ(nm)
2. rend	15°51'24"	16°06'14"	15°58'49"	437.0 ± 0.3
3. rend	24°05'32"	24°41'38"	24°23'35"	437.0 ± 0.3

2. táblázat. A magasabb rendek mérési adatai.

2.3. A prizma diszperziójának vizsgálata

Méréseimet a 2-es számú prizma két vonással jelölt törőélével végeztem. Először megmértem a prizma törőszögét azáltal, hogy mértem a törőlapokról visszavert nyaláb irányának a beeső nyalábbal bezárt szögét:

$$360^\circ - \alpha_1 = 314^\circ 46' 38'',$$
$$\alpha_2 = 74^\circ 40' 14''.$$

Azaz a törőszög:

$$\varphi = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} = 59^\circ 56' 48''. \tag{4}$$

A különböző színekhez tartozó minimális eltérülési szögeket mértem, majd a (2) összefüggés segítségével kiszámítottam a törésmutatókat. Az eredmények a 3. táblázatban láthatók. A törésmutató hibáját az [1] könyvben

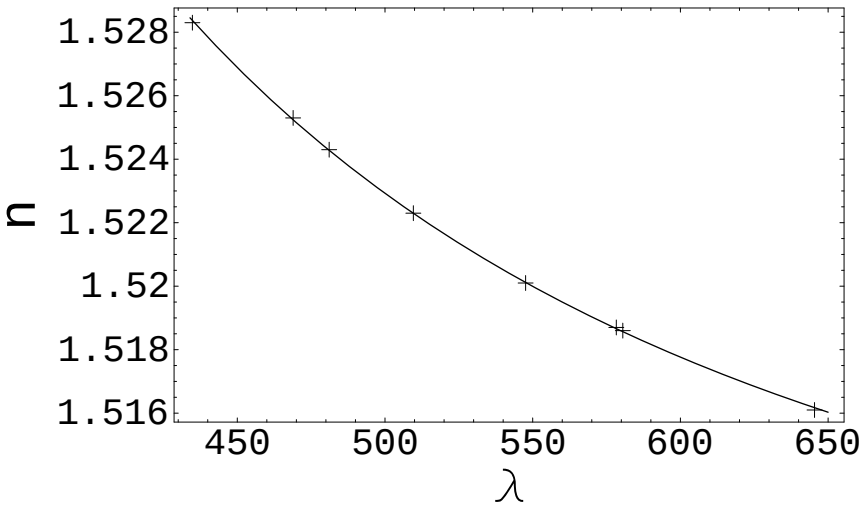
szín	$\varepsilon_{\min}$	n
ibolya	39°36'22"	1.5283 ± 0.0003
kék	39°20'24"	1.5253 ± 0.0003
zöldeskék	39°15'08"	1.5243 ± 0.0003
zöld 1	39°04'40"	1.5223 ± 0.0003
zöld 2	38°53'12"	1.5201 ± 0.0003
sárga 1	38°45'50"	1.5187 ± 0.0003
sárga 2	39°45'14"	1.5186 ± 0.0003
vörös	38°32'10"	1.5161 ± 0.0003

3. táblázat. A prizma törésmutatója különböző hullámhosszak esetén.

szereplő

$$\frac{\Delta n}{n} = \Delta a \cdot \mathrm{ctg} a + \Delta b \cdot \mathrm{ctg} b \tag{5}$$

összefüggés szerint számítottam, ahol $a = \frac{\varphi + \varepsilon_{min}}{2}$ és $b = \frac{\varphi}{2}$. Becslésem alapján $\Delta\varepsilon_{min} = 1'$ és $\Delta\varphi = 10''$. Ezek alapján már meghatározhatók a és b mennyiségek hibái és ebből a törésmutatóé is.
A törésmutató hullámhosszfüggése látható az 1. ábrán.



1. ábra. A törésmutató hullámhosszfüggése.

2.4. Kettős átfedés

A kettős átfedéshez az kell, hogy a $k+2$. rend ibolya vonalának ne legyen nagyobb szöge, mint a k. rend vörös vonalának, azaz:

$$(2+k) \cdot \lambda_{\text{ibolya}} \leq k \cdot \lambda_{\text{vörös}}, \tag{6}$$

$$k \geq \frac{2 \cdot \lambda_{\text{ibolya}}}{\lambda_{\text{vörös}} - \lambda_{\text{ibolya}}} = 4.19. \tag{7}$$

Tehát a 4. rendtől felfelé várhatunk kettős átfedést.

Hivatkozások

[1] Havancsák Károly: *Mérések a klasszikus fizika laboratóriumban*, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2003.