JEGYZŐKÖNYV

09. Mérés - Fényhullámhossz és diszperzió mérése

Klasszikus Fizika Laboratórium

- Mérést végezte: Rábóczki Bence
- Mérést végző Neptun-azonosítója: NQQDTE
- Mérés időpontja: 2020. október 02.
- Jegyzőkönyv leadásának időpontja: 2020. december 01.

Mérési eszközök

- Goniométer
- Spektrállámpa
- Optikai rács
- Prizma

A mérés célja

A mérés során spektrállámpa fényét komponenseire bonta vizsgáljuk, amit egy optikai rácsot használva tehetünk meg. Ezután a különböz ő színű fények eltérülésének szögét mérve következtetünk a hullámhosszukra. Végül pedig a prizma törőszögét és diszperzióját határozzuk meg.

A mérés elméleti háttere

Hullámhossz mérése

Az optikai rács olyan felület, melyen egymással párhuzamosan, nagyon sűrűn elhelyezett rések vagy fényvisszaverő felületes sorozata. A rács jellemzője a rácsállandó, ami egy nem áteresztő, és egy teljesen áteresztő sáv szélességének összege. Az optikai rácsra párhuzamos fénynyalábot bocsájtva a rács túloldalán diffrakciós kép lesz megfigyelhető, melyre az alábbi összefüggés áll fenn:

$$k\lambda = d \cdot \sin\alpha$$

(k egy pozitív egész szám, λ a fény hullámhossza, d a rácsállandó, α pedig az elhajlás szöge)
Ezt Fraunhofer-diffrakciónak nevezzük, és akkor érvényes, ha feltesszük, hogy távolról nézünk a résekre.

Pizma törésmutatójának mérése

A prizma esetén megfelelő beállítással elérhető a beeső fény eltérülési szögékenek minimalizálása. A törésmutatóra ekkor igaz:

$$n = \frac{\sin\left(\frac{\varphi+\varepsilon_{min}}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\varphi}{2}\right)}$$

(φ a prizma törőszöge, n a törésmutató, ε a minimális eltérülési szög)
Ha a prizma törőszögét szembehelyezzük a kollimátorral, akkor a visszavert kép és a kollimátor által bezárt szögeket vizsgálva a prizma törőszögét a következő összefüggés alapján határozhatjuk meg:

A mérés menete

A mérés megkezdése előtt a goniométert be kell kalibrálni. Az én esetemben a műszer pontos maradt a legutóbbi beállítás óta, tehát ezt a lépést kihagyhattam. Az első mérési szakaszban az optikai rácsra egy kollimátoron keresztül párhuzamos nyalábot bocsátunk, amia rácson való áthaladás után diffrakciós képet ad. A különböző színű fénysugarak elhajlásának szögét mértem meg kettő elhajlási rendben.

$$\varphi = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}$$

Mérés az optikai ráccsal

A mérés során használt optikai rács 8000 rést tartalmazott inchenként (1 inch = 25.4 mm), ezért a rácsállandója a következő:

$$d = \frac{25.4}{8000} = 3175 \text{ nm}$$

Az elméleti részben felírt összefüggést egy kicsit átalakítva egy olyan alakot kapunk, amit már felhasználhatunk a hullámhossz meghatározására:

$$\lambda = \frac{d}{k} \cdot \sin(\alpha)$$

Az első és a második elhajlási rendek szögértékeit színekre bontva az alábbi táblázatok tartalmazzák (elsőrendnél $k = 1$, másodiknál pedig $k = 2$, a színek neveiben a v. világost, az s. sötétet jelent):

Szín	Elsőrend balra				Elsőrend jobbra				α	λ
	$\circ$	$'$	$''$	fok	$\circ$	$'$	$''$	fok	fok	nm
s. lila	7	19	23	7.323	352	37	38	352.627	7.348	**406.07**
v. lila	7	53	20	7.889	352	03	46	352.063	7.913	**437.01**
s. kék	8	28	10	8.469	351	29	24	351.490	8.490	**468.75**
v. kék	8	41	12	8.687	351	14	44	351.246	8.721	**481.40**
s. zöld	9	12	56	9.216	350	43	52	350.731	9.243	**509.97**
v. zöld	9	51	40	9.861	350	02	40	350.044	9.910	**546.42**
1. sárga	10	25	00	10.417	349	28	58	349.483	10.467	**576.80**
2. sárga	10	28	00	10.467	349	36	32	349.609	10.429	**574.73**
piros	11	40	00	11.667	348	25	04	348.418	11.625	**639.78**

Szín	Másodrend balra				Másodrend jobbra				α	λ
	$\circ$	$'$	$''$	fok	$\circ$	$'$	$''$	fok	fok	nm
s. lila	14	44	54	14.748	345	10	52	345.181	14.783	**405.06**
v. lila	15	54	52	15.914	344	01	12	344.020	15.947	**436.16**
s. kék	17	7	10	17.119	342	48	20	342.806	17.157	**468.30**
v. kék	17	35	48	17.597	342	20	48	342.347	17.625	**480.67**
s. zöld	18	40	38	18.677	341	15	50	341.264	18.709	**509.21**
v. zöld	20	7	08	20.119	339	50	00	339.833	20.143	**546.68**
1. sárga	21	19	04	21.318	338	38	12	338.637	21.344	**577.80**
2. sárga	21	23	40	21.394	338	33	12	338.553	21.421	**579.78**
piros	23	56	36	23.943	336	01	30	336.025	23.959	**644.66**

A mért értékek átlagát hibával együtt pedig ez a táblázat tartalmazza (a mérés hibája jelen esetben az átlagtól való [legnagyobb] eltérés):

Szín	λ_1 [nm]	λ_2 [nm]	λ_{atlag} [nm]
s. lila	406.07	405.06	405.565 ± 0.505
v. lila	437.01	436.16	436.585 ± 0.425
s. kék	468.75	468.30	468.525 ± 0.255
v. kék	481.40	480.67	481.035 ± 0.365
s. zöld	509.97	509.21	509.590 ± 0.380
v. zöld	546.42	546.68	546.550 ± 0.130
1. sárga	576.80	577.80	577.300 ± 0.500
2. sárga	574.73	579.78	577.255 ± 2.525
piros	639.78	644.66	642.22 ± 2.440

Prizma törőszögének meghatározása

Ennél a résznél az optikai rácsot kicseréltem a 2-es számú prizmára, aminek a jelöletlen szögét vizsgáltam. A törőszög mérésénél kapott adatok:
$\alpha_1 = 303°56'56"$ és $\alpha_2 = 36°37'18"$. Ebből a prizma törőszöge:

$$\varphi = \frac{\alpha_1 + (360° - \alpha_2)}{2} = 59.836°$$

Ez alapján az eredménytáblázat:

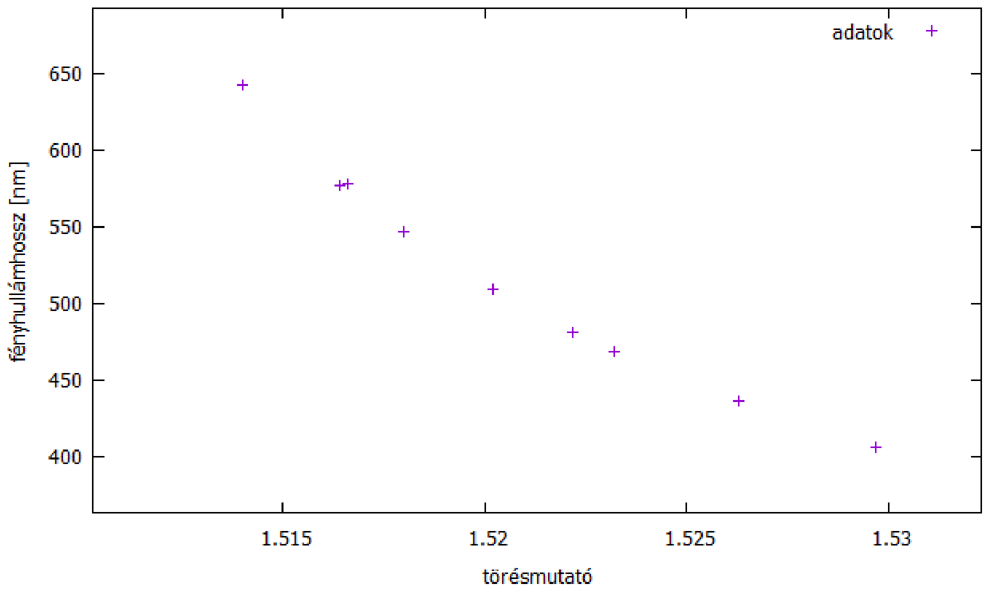
Szín	λ_{atlag} [nm]	ε_{min}	n
s. lila	405.565	39.6133°	1.5297 ± 0.0014
v. lila	436.585	39.3144°	1.5263 ± 0.0014
s. kék	468.525	39.0372°	1.5232 ± 0.0014
v. kék	481.035	38.9506°	1.5222 ± 0.0014
s. zöld	509.590	38.7783°	1.5202 ± 0.0014
v. zöld	546.550	38.5850°	1.5180 ± 0.0014
1. sárga	577.300	38.4606°	1.5166 ± 0.0014
2. sárga	577.255	38.4517°	1.5164 ± 0.0014
piros	642.220	38.2378°	1.5140 ± 0.0014

$(\varepsilon_{min} = 360° - \varepsilon_{mert})$

A törésmutató hibájának számításához az alábbi képletet használtam, ahol a szögek hibája a leolvasás pontatlansága, vagyis $2''$:

$$\frac{\Delta n}{n} = \Delta\left(\frac{\varphi+\varepsilon_{min}}{2}\right)\cdot \mathrm{ctg}\left(\frac{\varphi+\varepsilon_{min}}{2}\right) + \Delta\left(\frac{\varphi}{2}\right)\cdot \mathrm{ctg}\left(\frac{\varphi}{2}\right)$$

Megfigyelhető a hullámhosszonként változó törésmutató, ami a prizma alapvető működési elvét igazolja. Ezt az arányt ábrázoltam is:



Diszkusszió

Mindent összevetve a mérésemet sikeresnek mondanám. A mért fényhullámhosszok nagyjából megegyeznek az irodalmi értékekkel, azonban a piros és a sárga színek első és másodrendben mért hullámhosszai közötti eltérések a többi színéhez képest kiemelkedők. A prizma törésmutatóját is megfelelően meg tudtam határozni, látszik rajta, hogy az értéke függ a hullámhossztól, ezért tényleg képes szétbontani komponenseire a látható fényt.

Felhasznált irodalom

- Böhönyey - Havancsák - Huhn: Mérések a klasszikus fizika laboratóriumban, szerkesztette: Havancsák Károly, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2003.