Optikai alapmérések

Mérést végezte: Enyingi Vera Atala
Mérőtárs neve: Fábián Gábor (7. mérőpár)
Mérés időpontja: 2010. október 15. (12:00-14:00)
Jegyzőkönyv leadásának időpontja: 2010. október 22.

A mérés célja:

Az új közeg határára érő fény törésére vonatkozó Snellius–Descartes-törvény igazolása, a diszperzió jelenségének megfigyelése. A törésmutató meghatározása teljes visszaverődés esetén, határszög megmérése. A szórólencse és a gyűjtőlencse fókusztávolságának és képalkotásának vizsgálata, a törőképességnek a lencse lakjától, törésmutatójától, a lencse körül lévő anyag törésmutatójától való függésének vizsgálata. Fény elhajlása résen, diffrakció.

A mérőeszközök:

- Fényforrás
- Kör alakú tábla szögbeosztással
- Félkör alakú műanyag lencse
- Trapezoid alakú prizma
- Üreges lencse
- Víz
- Optikai pad
- Különböző fókusztávolságú szóró- és gyűjtőlencsék
- Ernyő
- Fényforrás
- Réseket tartalmazó lemez
- Lézer
- Vonalzó

Mivel több mérésről van szó, egyesével írom le és értékelem ki őket.

I. Geometriai optika

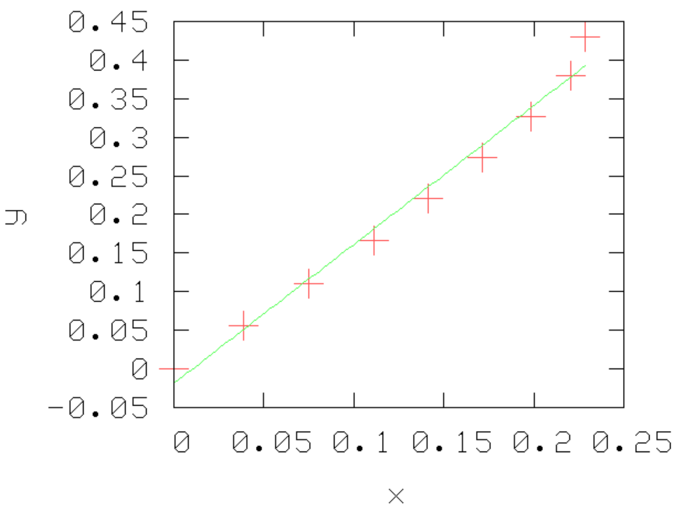
1. Törésmutató meghatározása a törési törvény alapján

A mérés rövid leírása:

A feladat a törési és a beesési szög meghatározása, a köztük lévő összefüggés bizonyítása, ha a fény optikailag sűrűbb közegben halad tovább, illetve második esetben, megfordítva a fénysugár útját, ugyanezek vizsgálata, ha a fény optikailag ritkább közegben terjed tovább.

Mérési adatok és kiértékelés

1. mérés			
Beesési szög α [°]	**$\sin\alpha$**	Törési szög [°]	$\sin\beta$
0	**0**	0	0
10	**0,05553**	7	0,03888
20	**0,11088**	13,5	0,07493
30	**0,16590**	20	0,11088
40	**0, 22040**	25,5	0,14119
50	**0,27422**	31	0,17137
60	**0,32719**	36	0,19867
70	**0,37916**	40	0,22040
80	**0,42996**	41,5	0,22852



A fény először a síkfelületen lépett a lencsébe. Mivel a fény az íves felületen nem törik meg, mert merőlegesen érkezik a felületre, a jelenséget tekinthetjük úgy, hogy a fény optikailag sűrűbb közegben terjed tovább. A beesési szöget 10°-onként 0-tól 80-ig növelve a fenti táblázatban kapott értékek adódtak.

Az így kapott értékeket $\sin\alpha = n_{2,1}\sin\beta$ alakban ábrázolva a függvény a következő alakban írható fel:

$$\sin\alpha = -0{,}0186472 + 1{,}79861\sin\beta$$

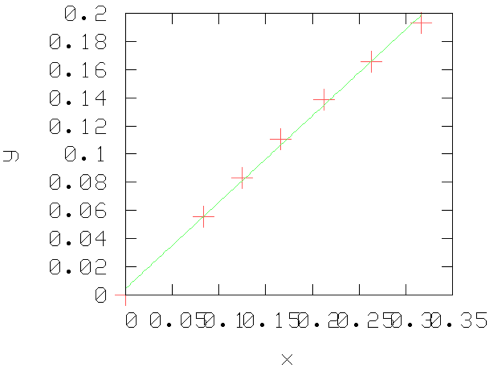
Ebből tehát a műanyag levegőre vonatkoztatott törésmutatója:

$$n_{2,1} = 1{,}79861$$

Hiba származhat a törési szög leolvasásából.

A $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n_{2,1}$ összefüggéssel számolva, a törésmutató átlagértéke $n_{2,1\,átlag} = 1{,}601755$.

2. mérés			
Beesési szög α [°]	**$\sin\alpha$**	Törési szög [°]	$\sin\beta$
0	0	0	0
10	0,05553	15	0,08324
15	0,08324	22,5	0,12467
20	0,11088	30	0,16590
25	0,13844	38,5	0,21226
30	0,16590	48	0,26352
35	0,19322	58	0,31668



A második esetben a fény az íves felületen lépett be a lencsébe, és a síkfelületen tört meg. Ebben az esetben a fény optikailag ritkább közegbe érkezett a sűrűből. A beesési szöget 10°-tól 5°-onként növelve leolvastam a fenti táblázatban látható értékeket.

$$\sin\alpha = 0{,}00461461 + 0{,}612986\sin\beta$$

Ebből számolva:

$$n_{1,2} = 0{,}612986$$

A mérési hiba oka a szögek leolvasásának pontatlanságából származik.

2. Törésmutató meghatározása teljes visszaverődés esetén

A mérés rövid leírása:

A feladat a törési és a beesési szög meghatározása, a köztük lévő összefüggés bizonyítása, ha a fény optikailag ritkább közegben terjed tovább. A táblán fekvő prizmát addig forgattam, míg a fehér fény egy része át nem lép a prizmán.

Mérési adatok és kiértékelés

Törőszög Φ[°]	45
Az először kilépő színhez tartozó beesési szög α [°]	**15,5**

α, β, γ a megfelelő beesési és törési szögek.
A kilépő fénysugárra: $n \sin\gamma = \sin\delta$. Teljes visszaverődésnél $\gamma = \gamma_h$ és $\sin\gamma = 1$, mert $\delta = 90°$.
Kifejezhető továbbá: $\sin\gamma = \sin(\Phi - \beta) = \sin\Phi\cos\beta - \cos\Phi\sin\beta$
A belépő sugárra: $\sin\alpha = n\sin\beta$
Ezekből a törésmutatóra az alábbi érték adódik:

$$n = \sqrt{\frac{1 + 2\cos\Phi\sin\alpha + (\sin\alpha)^2}{(\sin\Phi)^2}} = 1{,}702556$$

Visszaszámolható tehát a γ_h határszög: $\sin\gamma = \frac{1}{n}$, amiből kifejezve $\gamma_h = 35{,}9693°$
A prizmából a vörös szín lép ki először. A legjobban a kék/lila színt töri meg.
A hiba a szögek leolvasásánál lép fel.

3. Lencse törőképességének vizsgálata

A mérés rövid leírása, mérési adatok és kiértékelés

A mérés a lencse törőképességének az alakkal, a saját törésmutatóval és a körülötte lévő anyaggal való kapcsolatát hivatott vizsgálni.

A kísérletben nem csak a mindennapi esetet vizsgáljuk, amikor a lencse törésmutatója nagyobb, mint a környezeté, hanem az ellenkező lehetőséget is: ha a lencse anyaga levegő, amelyet víz vesz körül

Az üreges lencsét különböző variációkban töltjük fel vízzel, és vizsgáljuk, hogy szóró- vagy gyűjtőlencseként működik-e. Az alábbi vizsgált helyzetekben az öt sugárnyalábot a lencse a következőképpen törte meg:

Lencserész			Jelenség
1.	**2.**	**3.**	
Víz	Levegő	Levegő	**Széttart**
Levegő	Víz	Levegő	**Összetart**
Levegő	Levegő	Víz	**Összetart**
Víz	Levegő	Víz	**Enyhén széttart, jó közelítéssel párhuzamos**
Üres			**Enyhén széttart jó közelítéssel párhuzamos**

Magyarázat

A lencse fókusztávolságát meghatározó összefüggés:

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right)$$

ahol n a lencse anyagának közegre vonatkoztatott törésmutatója. A lencsék (sík-homorú, domború-sík, sík-domború) görbülete nem változott, csak a törésmutatójuk. A víz törésmutatója $n_{víz} = 1{,}3$, a levegőé $n_{levegő} = 1$.

A nem töltött részek anyaga levegő, így a törésmutatójuk 0, tehát nem törik meg bennük a fény, ezt láthatjuk a táblázat utolsó sorában, mikor teljesen üresen vizsgáljuk a lencsét. Az első résznél a lencse sík-homorú része van vízzel töltve, azaz egy szórólencse képződik, így a fény széttart. A második résznél a domború-sík vizes rész gyűjtőlencseként viselkedik, így összegyűjti a fényt. A harmadik mérési lépésnél csak a sík-domború rész van vízzel töltve, ami gyűjtőlencseként összegyűjti a fényt. Az utolsó, vízzel töltött két szélső rész esetén a középső, domború-sík rész üres. Ekkor az első rész szétszórja, a harmadik pedig összegyűjti a fényt.

4. Gyűjtőlencse fókusztávolságának meghatározása

A mérés rövid leírása

A mérés során egy rögzített fényforrásnak a gyűjtőlencsével leképezett éles képét kerestem két féle fókuszpontban. Az egyik éles kép a lencse ernyő közeli, a másik a lencse tárgy közeli helyzetében jelentkezett. A tárgytávolság (t) mindkét helyzetben való megmérése után (a képtávolság (k) a tárgy-ernyő távolság és a tárgytávolság különbsége) az ernyő és a tárgy távolságát (d) $10cm$-enként, $50cm$-ig csökkentve megismételtem a mérést.

Mérési adatok

d [m]	t_1[m]	$\frac{1}{t_1}$[m]	t_2[m]	$\frac{1}{t_2}$[m]	k_1[m]	$\frac{1}{k_1}$[m]	k_2[m]	$\frac{1}{k_2}$[m]
1	0,8785	1,1383	0,1185	8,4388	0,1215	8,2305	0,8815	1,1344
0,9	0,777	1,2870	0,124	8,0645	0,123	8,1301	0,776	1,2887
0,8	0,672	1,4881	0,129	7,7519	0,128	7,8125	0,671	1,4903
0,7	0,568	1,7606	0,1335	7,4906	0,132	7,5758	0,5665	1,7652
0,6	0,462	2,1645	0,14	7,1429	0,138	7,2464	0,46	2,1739
0,5	0,346	2,8902	0,15	6,6667	0,154	6,4935	0,35	2,8571

Kiértékelés

A leképezési törvény szerint

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{k} + \frac{1}{t}$$

Ahonnan kifejezve az $\frac{1}{k} = \frac{1}{f} - \frac{1}{t}$

Az egyenes egyenlete az illesztés után: $f = 7{,}40485 - 0{,}724339x$

A tengelymetszetek: x tengellyel $\frac{1}{f_1} = 10{,}22291$ y tengellyel $\frac{1}{f_2} = 7{,}40485$. Ebből tehát számolható a fókusztávolság $f_1 = 0{,}09782$ m és $f_2 = 1{,}38057$m.

Mérési hibák a távolság leolvasásából, illetve a kép élességi pontjának megállapításából keletkezhettek.

5. Szórólencse képalkotása

A mérés rövid leírása

A mérés során egy rögzített fényforrásnak a szórólencsével leképezett éles képét kerestem. Mivel ez látszólagos kép, ezért a lencsén átnézve kell vizsgálnom, Az éles kép egyenes, egyállású, kicsinyített. A tárgytávolság (t) megmérése után a $20cm$-es fókusztávolságú gyűjtőlencsét is elhelyeztem (d), majd mintha az ez által leképezett tárgy a szórólencse lenne, az ernyő csúsztatásával (l) megkerestem az éles képet. Ezután a szórólencsét elvettem. A kép megnőtt, de élettelen lett. A tárgyat mozgatva pedig megkerestem az éles képet.

Mérési adatok, kiértékelés

A tárgy helye	$\mathbf{0,1m}$
A szórólencse helye	$0{,}3m$
A tárgy és a szórólencse távolsága	$0{,}2m$
A gyűjtőlencse helye	$0{,}7m$
Az ernyő helye	$1{,}02m$
Fényforrás, egyben a virtuális kép helye	$0{,}213m$
Virtuális képtávolság	$0{,}087m$
Szórólencse nagyítása ($N = \frac{k}{t}$)	0,435

Mérési hibák a távolságmérés hibájából adódhatnak.

II. Fizikai optika – elhajlás résen

A mérés rövid leírása:

A fény keskeny résen áthaladva elhajlik. Ezt a jelenséget nevezzük diffrakciónak. Az ernyőn ilyenkor világosabb és sötétebb foltok láthatók.

A mérési feladat a diffrakciós kép jellemzése volt. A dióda lézerrel átvilágítottam egy adott szélességű résen, majd megfigyeltem az ernyőn megjelenő képet, amiről vázlatrajzot készítettem, illetve az első és második minimumok távolságát megmértem.

Mérési adatok és kiértékelés

A táblázat adatai: r a rések nagysága, m_1 és m_2 az első és második minimumhelyek távolsága, d_1 és d_2 a minimumok távolsága a középponttól. A lézer hullámhossza: $\lambda = 670\ nm = 6{,}7 * 10^{-9} m$

Az ernyő és a rés távolsága				1 m		
r (mm)	m_1 [m]	m_2[m]	d_1[m]	d_2[m]	a_1[m]	a_2[m]
0,04	0,035	0,0357	0,0175	0,035	$3{,}82857 * 10^{-7}$	$3{,}829 * 10^{-7}$
0,08	0,0175	0,0335	0,00875	0,01675	$7{,}65714 * 10^{-7}$	$8 * 10^{7}$
0,16	0,0085	0,017	0,00425	0,0085	$1{,}57647 * 10^{-6}$	$1{,}5764 * 10^{-6}$

A diffrakciós minimumokra a következő összefüggés áll fenn: $a \sin\theta = n\lambda$, ahol a a rés szélessége, θ az n-ik minimumhely és a diffrakciós kép középpontja közötti szög, λ pedig a hullámhossz. Az n az elhajlás rendje (első minimum: 1, a második minimum: 2). A szögek kicsik, ezért $\sin\theta \approx \operatorname{tg}\theta$. Tehát $\operatorname{tg}\theta = \frac{d}{D}$, ahol d az n-ik minimum és a diffrakciós középpont távolsága, D pedig a rés és az ernyő távolsága.

Ez alapján a szélessége meghatározható:

$$a = \frac{n\lambda D}{d}$$

A rés szélességének növelésével a minimumok távolsága csökken.

Diszkusszió

A fenti számítások alapján minden vizsgált törvényt és állítást igazoltunk (a hibahatáron belül).