

KLASSZIKUS FIZIKA LABORATÓRIUM

8. MÉRÉS

Mikroszkóp vizsgálata Folyadék törésmutatójának mérése

Mérést végezte:

Enyingi Vera Atala

ENVSAAT.ELTE



Mérés időpontja:

2011. október 12.

Szerda délelőtti csoport

1. A mérés célja

A mérés során egy mikroszkóp objektívjeinek nagyítását, illetve fókusz távolságát mérjük meg, ezen felül a numerikus apertúrájukat, amellyel jellemezhető az objektívek felbontása.

A mérés második felében részben pedig a Newton-gyűrűk segítségével lencsék görbületi sugarát vizsgáltam.

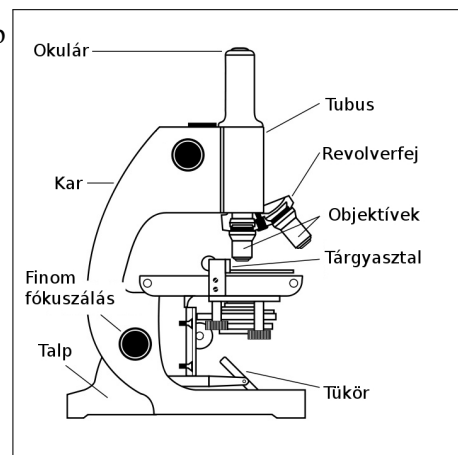
A harmadik részben az Abbe-féle refraktométerrel mértem meg víz, és adott koncentrációjú glicerindatok koncentrációját, amiből az ismeretlen oldat koncentrációjára következtettem.

2. A mérés eszközei

A mérésen az ábrához hasonló mikroszkóp állt rendelkezésemre.

Az mérés további eszközei:

- Fénymikroszkóp (összeállítás: lásd 1. ábra)
- Objektívek (2 db)
- Mikrométerek az objektíven és okuláron
- Blende
- Spektrállámpa
- Lencsék: domború, homorú, sík
- Tubushosszabító
- Okulár
- Plexi-tömb



1. ábra. A mérési elrendezés vázlata

- Preparált penge
- Abbe-refraktométer
- Víz
- Glicerin-oldatok

3. A mérés elmélete

3.1. A mikroszkóp vizsgálata

3.1.1. Nagyítás és fókusz távolság

A mikroszkópot szögnagyító eszköznek tekintjük, melyet legjobban nagyításával jellemezhetünk. Hogy ezt megadhatjuk, meg kell határoznunk a szerkezet részeinek nagyítását. Ezen részek az objektív, és az okulár. A nagyítás, definíciója szerint, K kép és T tárgyméret hányadosát jelenti. Egy másik összefüggést

is felírhatunk a nagyításra, mégpedig a tubushossz(Δ) és az objektív fókusz távolságának (f) hányadosa is egyenlő a nagyítással.

$$N_{obj} = \frac{K}{T} = \frac{\Delta}{f}$$

Az objektívek nagyításának mérése során a tubus végére helyezett okulár-mikrométer, illetve a tárgyasztalon lévő objektív mikrométert használjuk. Előbbin egy skála és egy szálkereszt látható, amelyet egy oldalt található tárcsával mozgathatunk, és innen olvassuk le a szálkereszt helyzetét. Az objektív mikrométer közepén található a skála, amit élesen kell látnunk. Innen megmérhetjük a szálkereszt helyzetét mindkét mikrométeren, és innen határozhatjuk meg a K -t és a T -t:

$$K = K_2 - K_1$$

$$T = T_2 - T_1$$

Ezután meghatározhatjuk a fókusz távolságot is. A tubushosszat azonban közvetlenül nem tudjuk mérni, tehát egy újabb mérést végeztem, ahol egy tubushosszabítót helyeztem az okulár alá, melynek ismertem a hosszát (l). Ekkor a fenti méréseket újra elvégezve, az alábbi képlet alapján tudom kiszámolni a fókusz távolságot:

$$f = \frac{l}{N_{obj1} - N_{obj2}}$$

3.1.2. A numerikus apertúra

A második mérési feladat az objektív másik jellemzésre használható paramétere a numerikus apertúra, azaz az objektív felbontóképessége. Ez azt a távolságot jelenti, amelyen két pont mégklönbözthető egymástól. Ennek számolására alkalmas az Abbe-féle leképezési törvény.

$$d = \frac{\lambda}{n \sin u}$$

d a két pont távolsága, λ a fény hullámhossza, n a törésmutató, u pedig a nyílásszög fele.

A fenti képletből

$$A = n \sin u$$

a numerikus apertúra.

Az érték meghatározásához tehát nincsen szükségünk a mérőrendszer belső paraméterein kívül semmi másra. Ezeket úgy határozzuk meg, hogy egy ismert, h magasságú plexitömbre helyeztem egy pengét. Mindkettőt a tárgyasztalra helyeztem, és a képet élesre állítottam. A penge alól kivéve a plexi tömböt, az okulárt pedig kislyukú blendére cserélve vizsgáltam, hogy mekkora a távolságra kell eltolnom a pengét, hogy az objektívbe érkező fényt eltakarja. Az a és h ismeretében u -t számolhatjuk:

$$u = \arctan \frac{a}{2h}$$

Az apertúra hibáját [1] alapján számoltam:

$$\Delta A = n \sin u \Delta u$$

3.2. Lencsék görbületi sugarának vizsgálata Newton-gyűrűk segítségével

A fény interferencia-tulajdonságait kihasználva Newton-gyűrűk megfigyelésével meghatározhatók különböző lencsék görbületi sugara. A kioltási és erősítési helyek gyűrűk alakjában jelennek meg, melyek összefüggnek a lencse sugarával (R).

A megvilágítást egy Na spektrállámpa adta, melynek hullámhossza $\lambda = 589 \text{ nm}$.

3.2.1. Sík és domború lencse

Elsőként sík lencsét helyeztem egy domború lencsére. Az [1] alapján az interferencia-gyűrűk és azok sugara között az alábbi összefüggés használható:

$$r_k^2 = k\lambda R + c$$

A mérés során $d_k = 2r_k$ mérése lehetséges. Az így kapott $r^2 - k$ összefüggést ábrázolva, egyenes illesztésével kapjuk meg R_d -t.

3.2.2. Domború és homorú lencse

A második mérésben a sík lencsét domborúra cseréltem. A mérés menete ugyanaz volt, azonban itt a görbületi sugár meghatározása nem egyértelműen az egyik, vagy másik görbületi sugarat adta, hanem egy effektív R_{eff} értéket, ezért az előző mérés eredményének, $R - d$ -nek ismeretében az alábbi összefüggéssel számolható a homorú lencse sugara:

$$R_h = \frac{R_d R_{eff}}{R_{eff} - R_d}$$

3.3. Folyadék törésmutatójának mérése Abbe-féle refraktométerrel

Az Abbe-féle refraktométerrel mértük meg különböző folyadékok (víz és glicerindatok) törésmutatóját. A Fresnel-formulák alapján számolhatjuk a törésmutatót. A törésmutató és a koncentráció között lineáris kapcsolat áll fenn (lásd [1])

$$n = \eta c + n_0$$

Ez alapján meg tudtam határozni az ismeretlen koncentrációjú oldat koncentrációját.

4. Mérési eredmények és kiértékelés

4.1. A mikroszkóp vizsgálata

4.1.1. Nagyítás és fókusztávolság

Az első mérési rész, tubushosszabító nélkül. A számolt K és T értékeket, az ebből

Kis objektív		Nagy objektív	
T [mm]	K [mm]	T [mm]	K [mm]
0,5	1,78	2,4	0,82
1,0	3,77	2,7	3,01
1,5	5,74	3,1	5,93

1. táblázat. A tubushosszabító nélküli mérési adatok

számolt N nagyításokat az alábbi táblázat tartalmazza:

Kis objektív			Nagy objektív		
T [mm]	K [mm]	N	T [mm]	K [mm]	N
0,5	1,99	3,98	0,3	2,19	7,3
2,5	1,97	3,94	0,4	2,92	7,3

2. táblázat. A tubushosszabító nélküli mérés számolt értékei

Ezek alapján az objektívek nagyítása:

$$N_{kicsi} = 3,96 \pm 0,05$$

$$N_{nagy} = 7,3 \pm 0,1$$

ahol a hibát

$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{\Delta K}{K} + \frac{\Delta T}{T}$$

összefüggés alapján számítottam, ahol K és T hibája a leolvasási hiba, azaz $\pm 0,005\text{mm}$. Ugyanezen adatok tubushosszabítóval: A számolt K és T értékeket, az ebből szá-

Kis objektív		Nagy objektív	
T [mm]	K [mm]	T [mm]	K [mm]
0,5	0,60	5,0	1,64
1,1	3,66	5,2	3,45
1,7	6,72	5,5	6,15

3. táblázat. A tubushosszabítóval való mérés adatai

molt N nagyításokat az alábbi táblázat tartalmazza:

Kis objektív			Nagy objektív		
T [mm]	K [mm]	N	T [mm]	K [mm]	N
0,6	3,06	5,1	0,2	1,81	9,05
0,6	3,06	5,1	0,3	2,70	9,0

4. táblázat. A tubushosszabítóval való mérés számolt értékei

Ezek alapján az objektívek nagyítása:

$$N_{kicsi} = 5,1 \pm 0,05$$

$$N_{nagy} = 9 \pm 0,3$$

A tubushosszabító hossza $l = 40,1 \pm 0,1mm$.

Az objektívek fókusz távolságai:

$$f_1 = 35,2 \pm 2,2mm$$

$$f_2 = 23,6 \pm 4,4mm$$

A hibát a Gauss-féle hibaterjedés alapján számoltam.

4.1.2. Numerikus apertúra

A plexi tömb vastagsága: $h = 20,05 \pm 0,1mm$. A mért és számított adatok az alábbi táblázatban találhatók: A hibák: $\Delta d = 0,01mm$, $\Delta a = 0,02mm$. A

	d_1 [mm]	d_2 [mm]	a [mm]	u [rad]	A
Kis objektív	65,4	61,3	5,1	$0,127 \pm 0,005$	$0,191 \pm 0,008$
Nagy objektív	66,9	60,5	6,4	$0,158 \pm 0,005$	$0,239 \pm 0,008$

5. táblázat. A numerikus apertúra

törésmutató értékének [1] alapján $n = 1,515$.

A hibát [1] alapján az alábbi képlettel számoltam:

$$\Delta u = \frac{1}{1+x^2} \Delta x$$

$$\Delta A = n \cos u \Delta u$$

4.2. Lencsék görbületi sugarának vizsgálata

A mérést a régi, réz mikroszkópon végeztem, első lépésként ennek a nagyítását kellett megvizsgálnom. Ennek adatai: A nagyítása tehát $N = 2,97 \pm 0,01$.

T [mm]	K [mm]	N
0,5	1,48	2,96
0,5	1,49	2,98

6. táblázat. A mikroszkóp értékei

A mérés során a **4-es** és az **5-ös** számú lencsét használtam.

A valódi sugarat az alábbi összefüggés adja meg:

$$r_k = \frac{1}{N_{obj}} \frac{x_j - x_b}{2}$$

4.2.1. Sík és domború lencse

A mért és számolt adatok:

k	x_b [mm]	x_j [mm]	r_k [mm]	r_k^2 [mm] ²
1	3,16	4,64	0,249	0,0621
2	2,86	4,94	0,350	0,1226
3	2,61	5,19	0,434	0,1887
4	2,43	5,39	0,498	0,2483
5	2,24	5,57	0,561	0,3143
6	2,08	5,74	0,616	0,3797
7	1,92	5,87	0,665	0,4422
8	1,80	6,00	0,707	0,4999
9	1,67	6,13	0,751	0,5638
10	1,55	6,25	0,791	0,6261
11	1,43	6,36	0,830	0,6888
12	1,13	6,47	0,899	0,8082

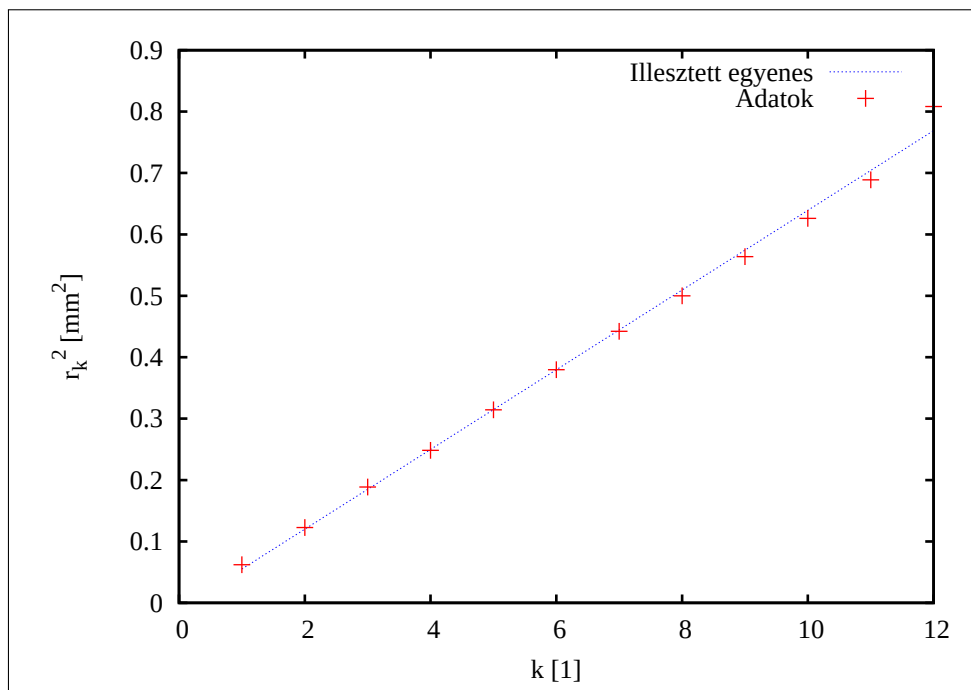
7. táblázat. A sík és domború lencse Newton-gyűrűinek mért és számolt adatai

Az r_k^2 értékekre egyenest illesztettem, melynek grafikonja 2. ábrán látható, és az egyenes meredeksége:

$$\lambda R = 0,065 \pm 0,001 \text{ mm}^2$$

Ezek alapján a lencse görbületi sugara:

$$R_{dom} = 11,04 \text{ cm} \pm 0,2 \text{ cm}$$



2. ábra. Az illesztett egyenes és a mérési pontok a sík és domború lencsék esetén

4.2.2. Homorú és domború lencse

A mért és számolt adatok a homorú és domború lencsék esetén:

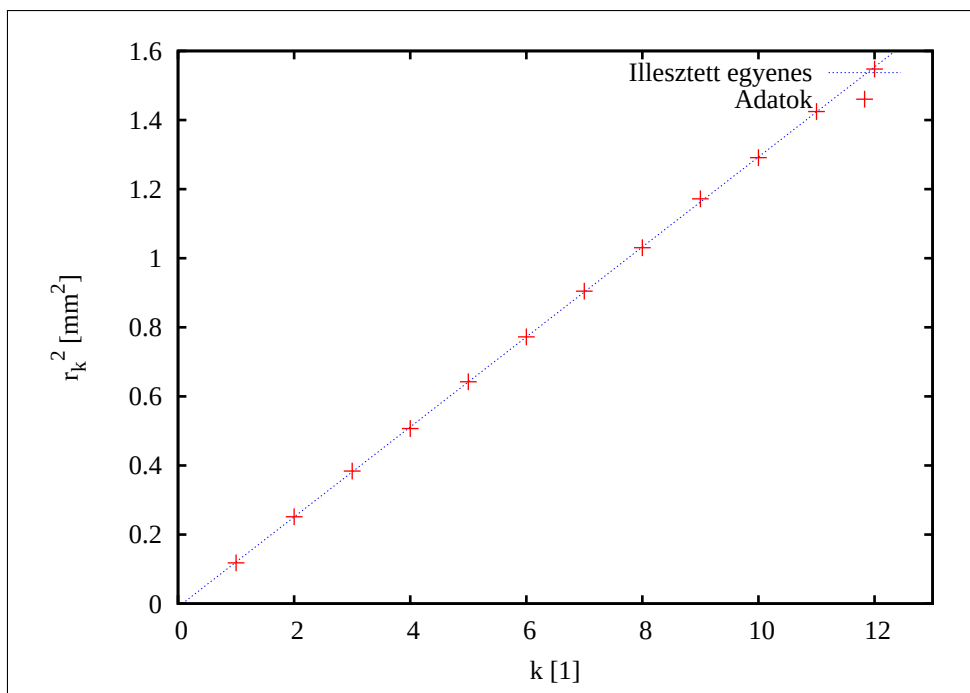
k	x_b [mm]	x_j [mm]	r_k [mm]	r_k^2 [mm] ²
1	2,76	4,80	0,343	0,1179
2	2,29	5,27	0,502	0,2517
3	1,94	5,62	0,620	0,3838
4	1,67	5,90	0,712	0,5071
5	1,40	6,16	0,801	0,6422
6	1,18	6,40	0,879	0,7723
7	0,96	6,61	0,951	0,9047
8	0,77	6,80	1,015	1,0305
9	0,58	7,01	1,082	1,1718
10	0,43	7,18	1,136	1,2913
11	0,25	7,34	1,194	1,4247
12	0,10	7,49	1,244	1,5478

8. táblázat. A sík és domború lencse Newton-gyűrűinek mért és számolt adatai

Az r_k^2 értékekre egyenest illesztettem, melynek grafikonja, és az egyenes meredek-

sége:

$$\lambda R_{eff} = 0,1302 \pm 0,0003 \text{ mm}^2$$



3. ábra. Az illesztett egyenes és a mérési pontok a domború és homorú lencsék esetén

Ezek alapján a lencserendszer effektív görbületi sugara:

$$R_{eff} = 22,105 \text{ cm} \pm 0,05 \text{ cm}$$

A homorú lencse görbületi sugara tehát az elméleti részben kifejtettek alapján:

$$R_{hom} = 22,037 \text{ cm} \pm 0,2 \text{ cm}$$

4.3. Folyadék törésmutatójának mérése Abbe-féle refraktométerrel

Utolsóként került sor a hatféle glicerindat és a víz koncentrációjának vizsgálatára. A 6. oldat koncentrációja ismeretlen volt, ez az illesztett egyenes alapján kellett meghatározni.

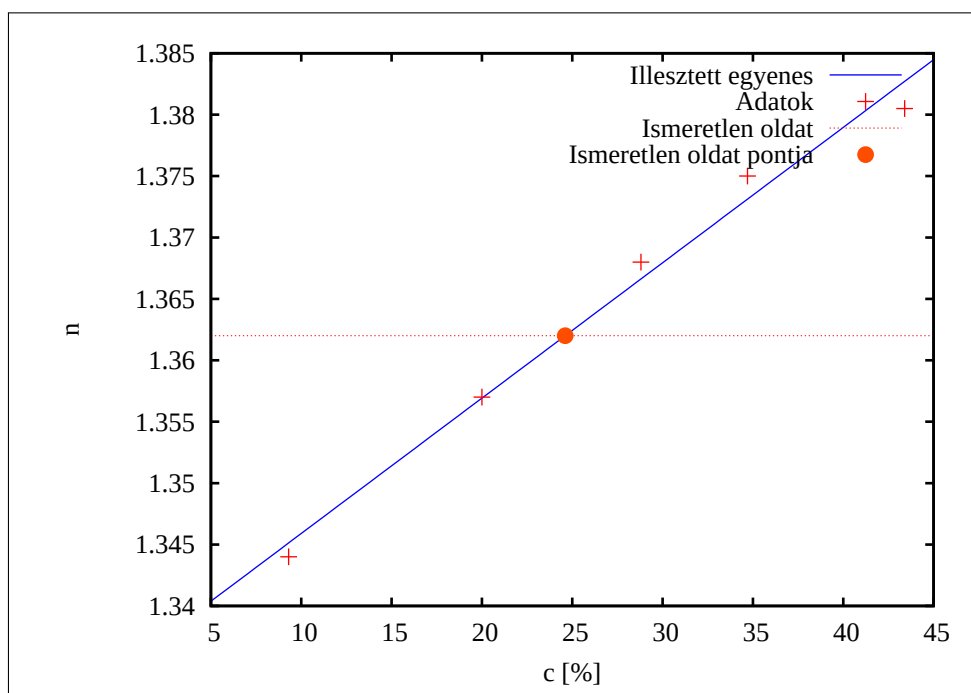
Elsőként a víz törésmutatóját határoztam meg. A mérésem alapján ez $n_{H_2O} = 1,333$, ami azt jelenti, a műszer jól van kalibrálva. A glicerin-oldatok törésmutatóit a 9. táblázat tartalmazza. A mért pontokra illesztett egyenes vízszintes vonalként jelöltem az ismeretlen koncentrációjú oldatot.

Az illesztett görbe egyenlete:

$$n = mc + n_0$$

	n	c [%]
0	1,333	
1	1,344	9,30%
2	1,357	20,00%
3	1,368	28,80%
4	1,375	34,70%
5	1,3805	43,40%
6	1,362	

9. táblázat. Az Abbe-féle refraktométerrel való mérés adatai



4. ábra. Az illesztett egyenes, a mérési pontokkal, és az ismeretlen koncentrációval (vízszintes vonal), valamint a feltételezett értékkel (pont)

$$m = (1,102 \pm 0,07) \cdot 10^{-3}$$

$$n_0 = 1,335 \pm 0,002$$

Az ismeretlen koncentrációjú anyag koncentrációja innen már egyszerűen számolható:

$$c_{\text{ismeretlen}} = 24,613 \pm 1,7\%$$

Hivatkozások

- [1] Böhönyey - Havancsák - Huhn: Mérések a klasszikus fizika laboratóriumban, Szerkesztette: Havancsák Károly, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2003.