Mérési jegyzőkönyv

8. számú mérés

Mikroszkóp vizsgálata. Lencse görbületi sugarának mérése. Folyadék törésmutatójának meghatározása.

Mérést végezte : Kulyassa Róbert
Mérés tervezett időpontja : 2000. április 10. (hétfő délelőtt)
Mérés időpontja : 2000. április 5.

1 Mérés elve

A mérés első részében a mikroszkóp egyes részeit tanulmányozzuk. Vizsgálni fogjuk a mikroszkóp nagyítását, fókusztávolságát, felbontóképességét. Később pedig egy Abbe féle refraktométerrel fogunk törésmutató-méréseket végezni.

2 Mérés leírása

2.1 Objektív nagyításának és fókusztávolságának mérése

Ebben a mérési szakaszban a mikroszkópra szerelt két féle objektív nagyítását fogjuk megmérni, úgy, hogy a tárgyasztalra helyezett objektívmikrométer és az okullárban látható okulárskála látszólagos méreteit hasonlítjuk össze. Ebből az objektív nagyítása:

$$N = \frac{|K_2 - K_1|}{|T_2 - T_1|}$$

(ahol $|K_2 - K_1|$ az okulárskálán, $|T_2 - T_1|$ pedig az objektívmikrométeren mért távolság)

Objektív	K_1 $[mm]$	K_2 $[mm]$	$\|K_2 - K_1\|$ $[mm]$	T_1 $[mm]$	T_2 $[mm]$	$\|T_2 - T_1\|$ $[mm]$	N
Tubushosszabbító nélkül:							
Kicsi	0.0	7.00	7.00	2.00	0.23	1.77	3.95
Nagy	0.0	7.31	7.31	2.00	1.00	1.00	7.31
Tubushosszabbítóval:							
Kicsi	0.0	5.12	5.12	2.00	1.00	1.00	5.12
Nagy	0.0	7.18	7.18	2.00	1.20	0.80	8.975

Táblázat 1:

Ezen adatokból, a tubushosszabító méretének ismeretében az objektív fókusztávolsága is meghatározható:

$$f = \frac{s}{N_+ - N}$$

ahol

- f : a kérdéses fókusztávolság
- $s = 40.15 \pm 0.025mm$: a tubushosszabbító hossza
- N_+ : a tubushosszabítóval mért nagyítás
- N : a tubushosszabító nélkül mért nagyítás

Így a kisebb objektív fókusztávolsága:

$$f_{kicsi} = 34.316mm$$

a nagyobbé:

$$f_{nagy} = 24.114mm$$

2.2 Numerikus appertúra meghatározása

A mikroszkóp tárgyasztalán elhelyezett tárgyon a megvilágító fény diffrakciót szenved. A tárgy egy részletéről akkor kapunk jó képet, ha az onnan érkező fénynek a direkt nyaláb és legalább az első rendű elhajlást szenvedő

$$d = \frac{\lambda}{A}$$

ahol

- d: a tárgy két pontjának távolsága
- λ: a megvilágító fény hullámhossza
- $A = n \cdot sinu$: a numerikus apertura
  (itt n a tárgy és az objektív közötti közeg törésmutatója (esetünkben levegővel számolunk: $n = 1$), u pedig az objektívbe jutó fénynyaláb nyílásszögének a fele)

A numerikus apertúra meghatározásához gyakorlatilag csak u meghatározására van szüségünk. Ehhez egy zsilettpengét a tárgyasztalon "megemelünk" egy alá helyezett átlátszó hasáb segítségével. A mikroszkópot a penge éléhez állítjuk élesre, majd eltávolítjuk a hasábot, az okulár helyére pedig lyukblendét teszünk. Így megmérjük, hogy a penge mekkora elmozdulása szükséges a

blendén való látszólagos áthaladásához. Ebből a sugármenet geometriájának ismeretében a félnyílásszög:

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

(ahol a a penge elmozdulása, h a hasáb magassága)
A pontosság érdekében két különböző hasábbal is elvégeztem a mérést ($h_1 = 12.2 \pm 0.05\ mm$, $h_2 = 20.1 \pm 0.05\ mm$). A kisebb objektívre:

$$(h_1)\quad a_{kicsi1} = 2.4mm\ ,\quad u_{kicsi1} = 5.617^\circ$$

$$(h_2)\quad a_{kicsi2} = 3.9mm\ ,\quad u_{kicsi2} = 5.541^\circ$$

$$u_{kicsi} = \frac{u_{kicsi1} + u_{kicsi2}}{2} = 5.579 \pm 0.038^\circ\ ,\quad A = 0.0972$$

A nagyobb objektív:

$$(h_1)\quad a_{nagy1} = 3.8mm\ ,\quad u_{nagy1} = 8.852^\circ$$

$$(h_2)\quad a_{nagy2} = 6.1mm\ ,\quad u_{nagy2} = 8.628^\circ$$

$$u_{nagy} = \frac{u_{nagy1} + u_{nagy2}}{2} = 8.740 \pm 0.11^\circ\ ,\quad A = 0.1519$$

A numerikus apertúrából meghatározható két pont egybemosódásának kritikus távolsága (vagyis a felbontóképesség):

$$d = \frac{\lambda}{A}$$

$\lambda = 400nm$ megvilágító fényre:

$$d_{kicsi} = 4.114\mu m\ ,\quad d_{nagy} = 2.633\mu m$$

2.3 Lencse görbületi sugarának mérése

A vizsgálandó lencsére (11. minta) síküveget teszünk, így fényinterferencia jelenséget figyelhetünk meg Newton gyűrűk formájában. A gyűrűk sugara:

$$r_k^2 = k \cdot \lambda \cdot R + C$$

ahol

- r_k: a k-adik kör sugara
- k: a kör szorszáma (bentről kifelé)
- $\lambda = 579nm$: a fény hullámhossza
- R: a lencse görbületi sugara
- C: érdektelen konstans

Sorszám	X_{jobb} $[N \cdot mm]$	X_{bal} $[N \cdot mm]$	r_k $[mm]$	r_k^2 $[mm^2]$
1	4.35	3.28	0.1832	0.03356
2	4.57	3.06	0.2585	0.06685
3	4.72	2.90	0.3116	0.09712
4	4.87	2.76	0.3613	0.13053
5	4.98	2.63	0.4023	0.16192
6	5.09	2.53	0.4383	0.19215
7	5.19	2.44	0.4708	0.22173
8	5.29	2.34	0.5051	0.25516
9	5.37	2.27	0.5308	0.28177
10	5.47	2.19	0.5616	0.31544

Táblázat 2:

Tehát mérnünk kell a gyűrűk sugarát sorszámuk függvényében. Fontos, hogy a mérési eredmények nem közvetlenül a gyűrűk méreteit adják, hanem annak N-szeresét (N az objektív nagyítása). Miután ezt a mérést egy külön mikroszkópon végeztem, ezért újból meg kellett mérnem N-et. Az objektív nagyítása így:

$$N = 2.92$$

Ennek segítségével a gyűrűk sugarai, a mérési eredményekből:

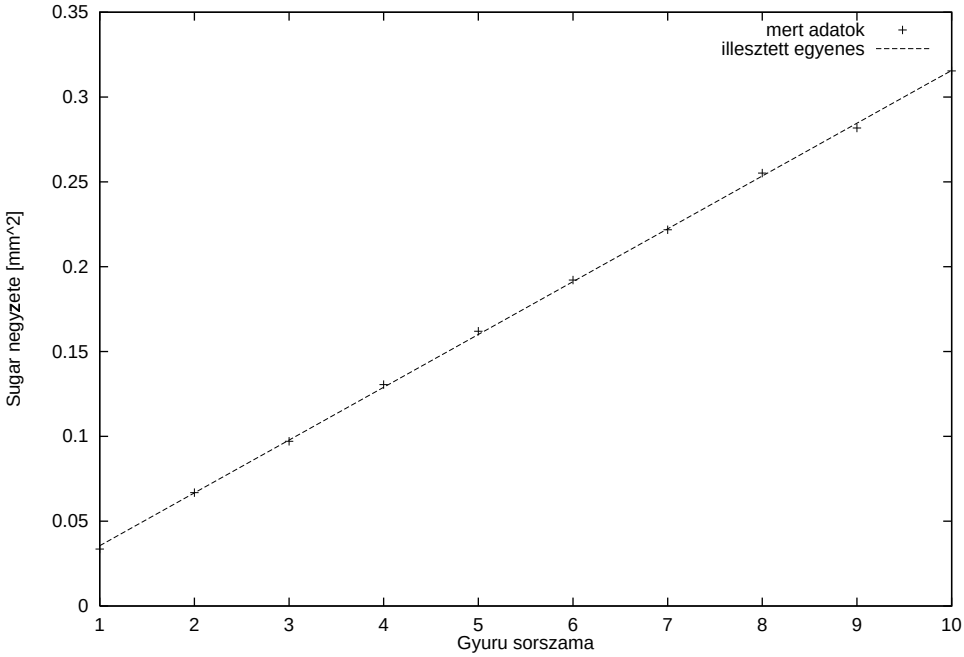
$$r_k = \frac{|X_{jobb} - X_{bal}|}{2 \cdot N}$$

A sugarak négyzetére egyenest illesztve:

$$f(x) = a \cdot k + b \ , \quad a = 0.0311 \pm 0.00016mm^2 \ , \quad b = 0.0044 \pm 0.00102mm^2$$

ahol $a = \lambda \cdot R$ ebből a lencse sugara:

$$R = \frac{a}{\lambda} = 53.75mm$$



ábra 1:

2.4 Folyadék törésmutatójának mérése

Ehhez a méréshez egy Abbe féle refraktométert használunk. Első dolgunk, hogy hitelesítsük a refraktométert, ezért desztillált víz törésmutatóját mérjük meg. Erre én $n = 1.333$-at kaptam, vagyis a mérési pontosság körülbelül ± 0.001.
Most különböző koncentrációjú (NaCl) folyadékok törésmutatóját mérjük meg, hogy törésmutatója alapján egy ismeretlen koncentrációt is meghatározhassunk.

A mérési adatokra egyenest illesztve:

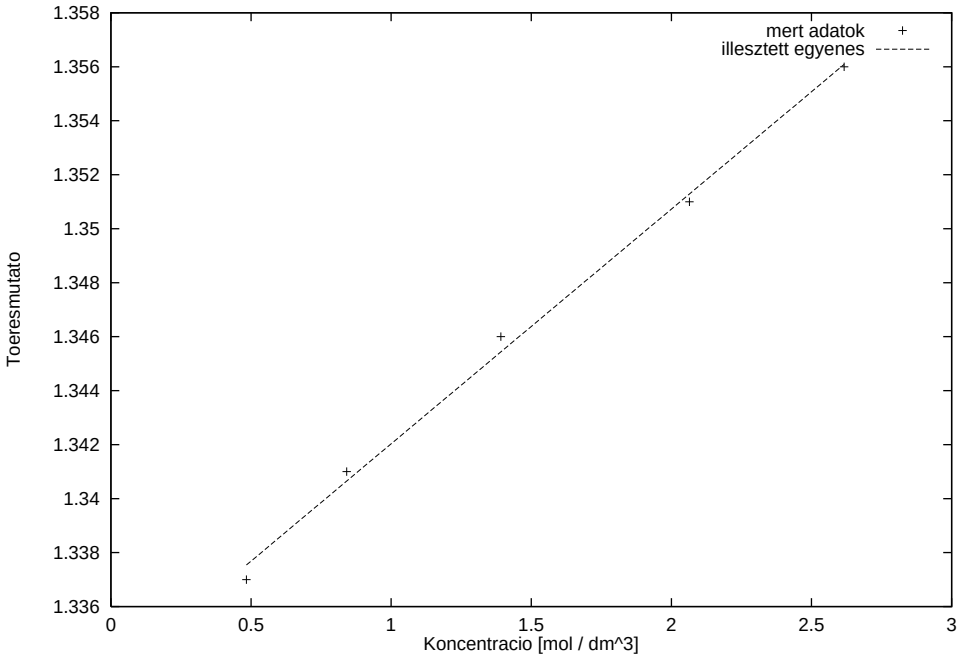
$$f(x) = a \cdot x + b \ , \quad a = 0.00869 \pm 0.00023 \ , \quad b = 1.33334 \pm 0.00038 \ ,$$

Sorszám	Törésmutató	Koncentráció $[mol/dm^3]$
1	1.337	0.4835
2	1.341	0.8415
3	1.346	1.3914
4	1.351	2.0645
5	1.356	2.6163
6	1.349	K

Táblázat 3:

Így az 1.349-es törésmutatóhoz tartozó kocentráció:

$$K = 1.802\frac{mol}{dm^3}$$



ábra 2:

3 A mérés hibái

Az objektív nagyításának legnagyobb hibája (felhasználva, hogy $\Delta K = \Delta T = \pm 0.05mm$):

$$\Delta N = N(\frac{\Delta K}{K} + \frac{\Delta T}{T}) = \pm 0.28$$

A számolt fókusztávolságok legnagyobb hibája:

$$\Delta f = f(\frac{\Delta s}{s} + \frac{\Delta N}{N}) = \pm 0.952mm$$

A nnumerikus apertúra hibája:

$$\Delta A = \Delta u \cdot cosu = \pm 0.00195$$

A lencse görbületi sugarának hibája az illesztésől adódik:

$$\Delta R = R\frac{\Delta a}{a} = \pm 0.276mm$$

A folyadék számolt koncentrációjának hibája:

$$\Delta K = K(\frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}) = \pm 0.048\frac{mol}{dm^3}$$