

A mikroszkóp vizsgálata

Klasszikus fizika laboratórium, Csütörtöki csoport

Márton Tamás

2017 október.12



Bevezetés

A mérés első pontjában a mikroszkóp két különböző objektívjének nagyításának meghatározása volt a feladatom. Ehhez egy olyan mintát vizsgáltam egy okulár-mikroporométerrel, amin tizedmilliméterenként beosztások voltak (objektív-mikrométer). Ennek segítségével közelítő értéket adhatunk az objektív nagyítására. Ezután újabb mérésekkel a tubus hosszának növelésének segítségével a fókusz távolságot is meg kellett határoznom.

A mérés második harmadában meg kellett határoznom, hogy mekkora a legnagyobb nyílásszög, amit belát a mikroszkóp. Ehhez egy átlátszó hasábra ragasztott vékony borotvapengét használtam.

A mérés harmadik részében egy féligáteresztő tükörrel ellátott okulárral interferencia képet vizsgáltam (Newton-gyűrű), hogy megtudjam határozni az interferenciát létrehozó lencsék sugarát, úgy hogy a megvilágítást biztosító fény hullámhosszát ismerjük.

I. Elméleti összefoglaló, mérési elv, képlettár

A mérés első harmadában a mikroszkóp két különböző objektívének nagyítását kellett meghatároznom. Ehhez mérnem kellett a kép és tárgy távolságokat (K_1, K_2, T_1, T_2) , amit a tárgyon található skála és az okuláron-mikrométer segítségével határoztam meg.

$$N_{obj} = \frac{K_1 - K_2}{T_1 - T_2}$$

A fókusz távolság meghatározásához egy tubust behelyezve (így növelve a kép távolságot), az előbb leírt méréseket megismételtem. Mivel a tubus hosszát növelve a fény útja többet tesz meg, így a N_{obj} is más lesz mint az előző mérénél. A tubushossz, és a nagyítások különbségének hányadosa adja meg a fókusz távolságot. Ennek elméleti indoklását a laborjegyzet bővebben tárgyalja:

$$f = \frac{L_{tubus}}{N_{obj2} - N_{obj1}}$$

A mérés második harmadában egy átlátszó hasábra ragasztott borotvapengére kellett ráfókuszálnom, majd az okulárt-mikrométert egy lyuk okulárra cserélve és eltávolítva a h magasságú alátéte az új okuláron keresztül vizsgálnom, hogy a pengéne mennyi út megtételével tudja a lyukat letakarni. A maximális kitakarás és a teljes fénykör közötti elmozdulás a , valamint a h magasság függvényében, meg lehetett határozni az adott összeállításhoz tartozó félnyílásszöget, amelyben látható kép.

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

A mérés utolsó részében körkörös interferenciaképet vizsgáltam melyet Newton-ról neveztek el. Ehhez egy domború alátét lencsét (*III.lencse*) és a tetején, először egy sík üveglapot, majd egy homorú lencsét (*V.lencse*) helyeztem el. A mérés első felében a domború lencsére a sík üveglapot helyeztem. Az így kapott gyűrűs interferencia képről leolvasva a gyűrűk átmérőjét, majd a következő összefüggés alapján kiszámolható az adott gerjesztési gyűrűhöz tartozó sugár:

$$ir_k^2 = k\lambda R + \text{konstant} , \text{ ahol } k \in \mathbb{N}$$

Majd a kapott adatokból r^2 -et ábrázolom k függvényébe. Ahol az illesztett egyenes meredeksége maga az $R * \lambda$, innen R könnyedén meghatározható. Amikor a homorú lencsét helyeztem a domború lencse tetejére, akkor a lemért gyűrűk sugaraiból, az első lépésben kiszámolt domború lencse görbületi sugarából és ennél a mérésnél meghatározott effektív görbületi sugárból, a homorú lencse görbületi sugara meghatározható:

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

II. Mérési eredmények

II.1. A mikroszkóp vizsgálata

A mérés során két objektív nagyítását határoztam meg. Ezeket a továbbiakban *kicsiként* és *nagyként* fogok hivatkozni, egyszerűen a külső méretei alapján. A mérési adataimat a következő táblázat tartalmazza:

$T_1[mm]$	$T_2[mm]$	$K_1[mm]$	$K_2[mm]$	$T = T_2 - T_1$	$K = K_2 - K_1$	$N_{kicsi,obj1}$
0.2	0.35	0	5.93	0.15	5.93 ± 0.05	39.53 ± 0.1
0.02	0.2	0	7.12	0.18	7.12 ± 0.05	39.55 ± 0.1
$T_1[mm]$	$T_2[mm]$	$K_1[mm]$	$K_2[mm]$	$T = T_2 - T_1$	$K = K_2 - K_1$	$N_{nagy,obj1}$
0.43	0.54	0	7.06	0.11	7.06 ± 0.05	64.16 ± 0.1
0.35	0.47	0	8.8	0.12	8.8 ± 0.05	73.3 ± 0.1

Ahol a nagyítás hibáját relatív hibaterjedéssel számoltam. A tubus behelyezése után, amelynek hossza 40 ± 0.05 mm volt, a következő eredményeket kaptam:

$T_1[mm]$	$T_2[mm]$	$K_1[mm]$	$K_2[mm]$	$T = T_2 - T_1$	$K = K_2 - K_1$	$N_{nagy,obj2}$
0.3	0.39	0	8.08	0.09	8.08 ± 0.05	89.78 ± 0.1
0.37	0.46	0	8.1	0.09	8.1 ± 0.05	90 ± 0.1
$T_1[mm]$	$T_2[mm]$	$K_1[mm]$	$K_2[mm]$	$T = T_2 - T_1$	$K = K_2 - K_1$	$N_{kicsi,obj2}$
0.35	0.61	0	8.16	0.26	8.16 ± 0.05	31.38 ± 0.1
0.39	0.55	0	8.14	0.16	8.14 ± 0.05	50.87 ± 0.1

Mindenhol két mérést végeztem a pontosság kedvéért, ezért van több adatom. Az objektívek nagyítását végül ezek átlagának veszem:

nincs tubus	-
$N_{kicsi,obj1}$	$N_{nagy,obj1}$
39.54 ± 0.1	68.74 ± 0.1
van tubus	-
$N_{kicsi,obj2}$	$N_{nagy,obj2}$
41.125 ± 0.1	89.89 ± 0.1

Ebből meghatározható a fókusz távolság mindkét objektívre:

$$f_{kisebb} = 25 \pm 1 \text{ mm}$$

$$f_{nagyobb} = 19 \pm 1 \text{ mm}$$

Ezután meghatároztam a maximális félnyílásszöget és a numerikus aperturát. Ehhez a következő mérési eredményekkel rendelkezttem:

Kicsi objektív	Teljes fénykör [mm]	Teljes kitakarás [mm]
-	63.7	64.3
Nagy objektív	Teljes fénykör [mm]	Teljes kitakarás [mm]
-	62.4	65.4

Ebből meghatároztam a félnyílásszöget és annak hibáját mindkét esetben.

$$u_{kicsi} = \arctan \frac{a_{kicsi}}{2h} = 17.7 \pm 0.55^\circ$$

$$u_{nagy} = \arctan \frac{a_{nagy}}{2h} = 57.95 \pm 0.16^\circ$$

$$A_{kicsi} = \sin u = 0.304 \pm 0.52$$

$$A_{nagy} = \sin u = 0.847 \pm 0.16$$

Ahol $h = 9.39 \pm 0.05 \text{ mm}$ és u hibáját a következő képlettel számoltam:

$$\Delta u = \frac{d\left(\frac{a}{2h}\right)}{dx} = \frac{1}{1 + \left(\frac{a}{2h}\right)^2} \Delta x.$$

$$\Delta u_{kicsi} = \frac{1}{\left(\frac{6}{18.78}\right)^2} 0.55 = 0.55$$

$$\Delta u_{nagy} = \frac{1}{\left(\frac{30}{18.78}\right)^2} 0.55 = 0.16$$

$$\Delta A = \frac{dA}{dU} u = n \cos u \Delta u.$$

$$\Delta A_{kicsi} = \cos 17.7 * 0.55 = 0.52$$

$$\Delta A_{nagy} = \cos 9.1 * 0.16 = 0.16$$

II.2. Newton-gyűrűk

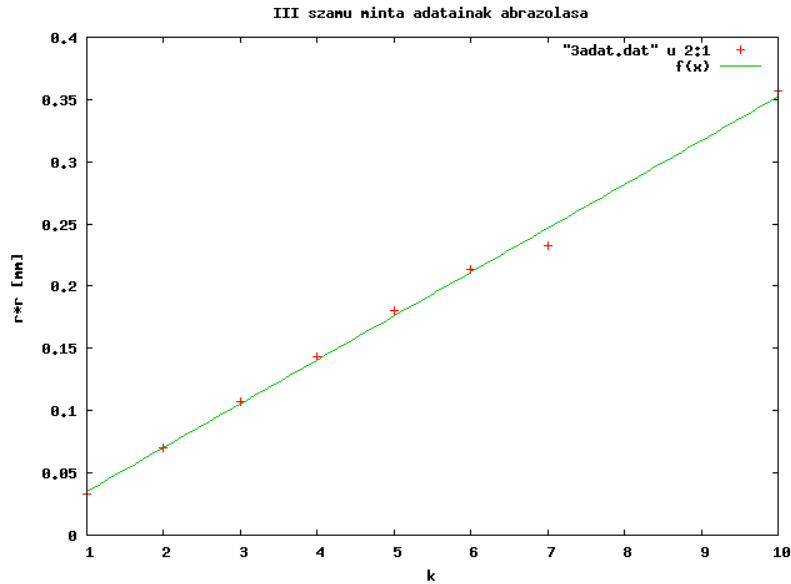
az első esetben a III számú domború lencsére helyeztem a sík üveglepot, hogy a megfigyelhető interferencia képről a sötét gyűrűk átmérőjét megmérve elvégezhessem a következő számításokat:

$$r_k = \frac{1}{N} \frac{x_{bal} - x_{jobb}}{2}$$

$$N = 3.86$$

Sorszám	x_{jobb} [mm]	x_{bal} [mm]	d [mm]
1	0.25	1.67	1.45
2	0.92	2.96	2.04
3	0.68	3.215	2.535
4	0.475	3.4	2.925
5	0.29	3.57	3.28
6	0.12	3.69	3.14
7	0.115	3.84	3
8	0.84	3.98	3.14
9	0.71	4.11	3.4
10	0.57	5.18	4.61

Ezeket az adatokat felhasználva, (a 7. és 8. kör mérésénél elrontottam valami, így ezeknek az eredményt az ábrázolásból és illesztésből kihagytam) $r_k^2(k)$ pontokra egyenest illesztettem:



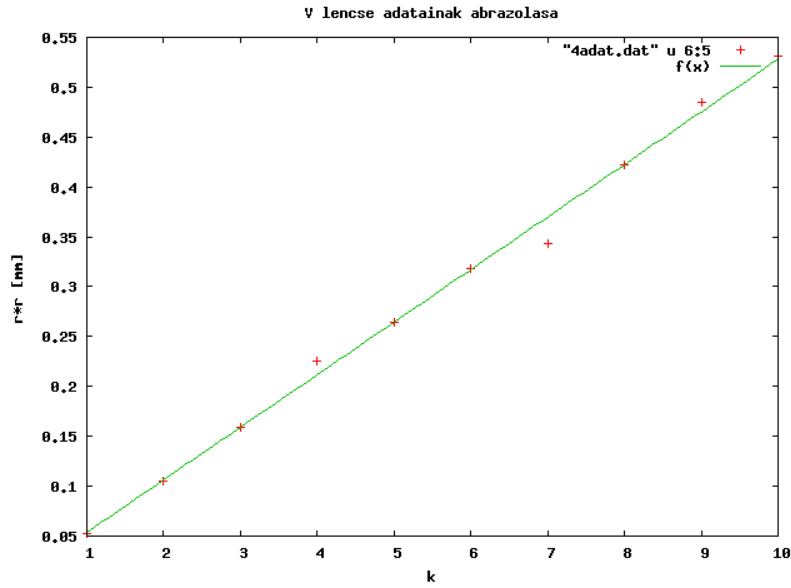
A lámpa amivel megvilágítottuk a lencsét nátrium lámpa, aminek a hullámhossza 598 nm . Így az illesztett egyenes meredekségéből meghatározható a lencse görbületi sugara, hiszen a meredekség az $R\lambda$ szorzatot adja:

$$R_d = \frac{\text{meredekseg}}{\lambda} = 59.76 \pm 1.4 \text{ mm}$$

Ezután helyeztem a síküveg helyére a V számú homorú lencsét. A következő mérési adatokat kaptam:

Sorszám	x_{jobb} [mm]	x_{bal} [mm]	d [mm]
1	0.26	2.03	1.77
2	0.89	4.4	2.51
3	0.613	3.69	3.08
4	0.39	4.06	3.67
5	0.33	4.3	3.97
6	0.14	4.5	4.36
7	0.13	4.65	4.52
8	0.8	5.82	5.02
9	.63	6.01	5.38
10	0.47	6.1	5.63

Ebben az esetben is az előző módszerrel számoltam, most az effektív görbületi sugarat tudom kiszámolni:



$$R_e = \frac{\text{meredekseg}}{\lambda} = 89.42 \pm 2.15 \text{ mm}$$

Innen az elméleti összefoglalóban ismertetett képlet alapján a homorú lencse görbületi sugara:

$$R_h = 180.05 \pm 6.75 \text{ mm}$$

Ahol a hibát a következő képlettel számoltam:

$$\Delta R_h = \frac{\sqrt{(R_d^2 \Delta R_{eff})^2 + (R_{eff}^2 \Delta R_d)^2}}{(R_{eff} - R_d)^2}$$

III. Konklúzió

A mérés során több hibaforrás volt. Az okulár a tubussal együtt mozgott, hiába rögzítettem megfelelően. Emiatt lehet szokásosnál nagyobb hibám is akár.