

JEGYZŐKÖNYV

10. MÉRÉS - FÉNYELHAJLÁSI JELENSÉGEK VIZSGÁLATA

Klasszikus Fizika Laboratórium



- Mérést végezte: Rábóczki Bence
- Mérést végző Neptun-azonosítója: NQQDTE
- Mérés időpontja: 2020. október 16.
- Jegyzőkönyv leadásának időpontja: 2020. december 21.

Fehasználrt mérőeszközök

- Lézer
- Mozgó detektor
- Számítógép
- Mérőszalag
- Optikai pad
- Rés
- Kettős rés
- Hajszál
- Penge

A mérés célja

Célunk a fény hullámtermészetének vizsgálata, a Fraunhofer-effektus mérése rés, kettős rés és hajszál esetén, valamint a Fresnel-elhajlás vizsgálata félteren való elhajlásnál.

A mérés elméleti háttere

Fraunhofer-diffrakció

A Fraunhofer-féle elhajlási modell szerint, egy résre merőlegesen érkező fényaláb fényének egy része eltérül. Ha a rés szélessége a és az észlelő ernyő távolsága ennek a sokszorososa, akkor az ernyőn periodikus képet észlelünk, amely a főmaximumtól két irányban cseng le. Egy rést vizsgálva a fényintenzitást és a rés szélességét összekötő összefüggés a következő:

$$I(\alpha) = I_0 \cdot \frac{\sin^2 \left[\pi \frac{a}{\lambda} \sin(\alpha) \right]}{\left[\pi \frac{a}{\lambda} \sin(\alpha) \right]^2}$$

Valamint n -edik minimumhely távolsága a főmaximumtól:

$$x_n = n \frac{\lambda L}{a}, \quad n = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

És a rés szélessége:

$$a = \frac{\lambda L}{m}$$

ahol m az $x_n(n)$ adatsorra illesztett egyenes meredeksége, λ a fényhullámhossz, L a fényforrás és a detektor távolsága és α az eltérülési szög.

Kettős rés esetén a résen átjutó fénnyalábok egymással is interferálnak, amiből következően az intenzitáseloszlás egyenlete a következőre módosul:

$$I(\alpha) = I_0 \cdot \frac{\sin^2 \left[\pi \frac{a}{\lambda} \sin(\alpha) \right]}{\left[\pi \frac{a}{\lambda} \sin(\alpha) \right]^2} \cdot \cos \left[\pi \frac{d}{\lambda} \sin(\alpha) \right]$$

A másodrendű minimumok helyét pedig így adhatjuk meg:

$$x_k = k^* \frac{\lambda L}{d}, \quad k^* = \pm \frac{1}{2}, \pm \frac{3}{2}, \pm \frac{5}{2}, \dots$$

ahol d a kettős rés távolsága.

A hajsza elhajlási képe pedig megegyezik az egy rés elhajlási képével.

Fresnel-féle elhajlás egyenes élen

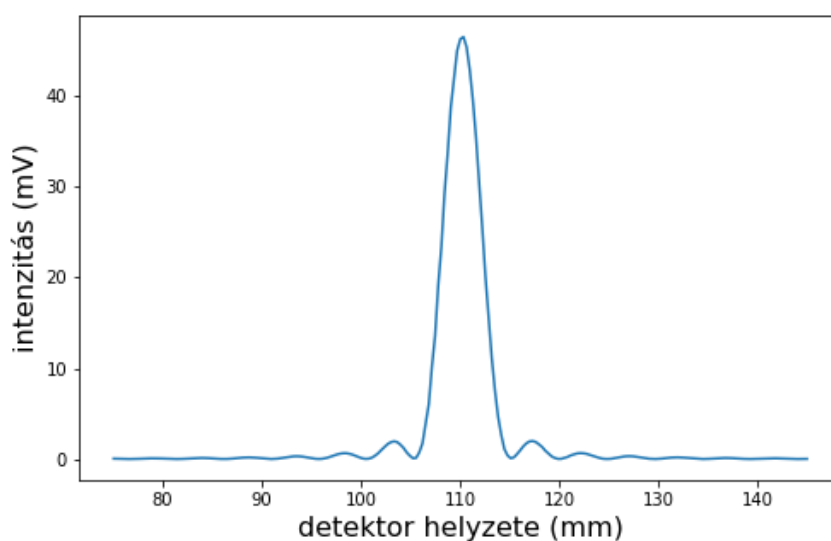
A véges távolságok miatt ennek a problémának jóval bonyolultabb a leírása, a fényt gömbhullámként kezelve tárgyalható.

Mérési eredmények és kiértékelés

A mérés során használt lézer hullámhossza: $\lambda = 632.8 \pm 0.1 \text{ nm}$

Egy rés

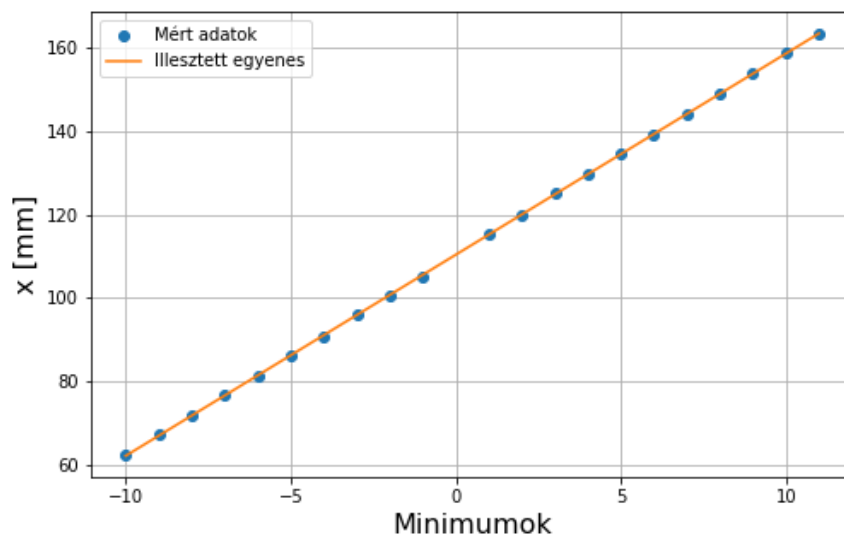
Először beállítottam a rést $L = 212.4 \text{ cm}$ -re, majd kirajzoltam az elhajlási képet:



Majd a laborprogrammal megkerestem a minimumhelyeket:

k	x_k	k	x_k
-10	62.328	1	115.225
-9	67.0859	2	119.9829
-8	71.8438	3	125.0207
-7	76.6018	4	129.7786
-6	81.3597	5	134.5366
-5	86.1176	6	139.2945
-4	90.8756	7	144.3323
-3	95.9134	8	149.0902
-2	100.3914	9	153.8482
-1	105.1493	10	158.886

Ezekre pedig egyenest illeszttem:



Az egyenes meredeksége $m = 4.833 \pm 0.006$ mm. Ebből a rés szélessége:

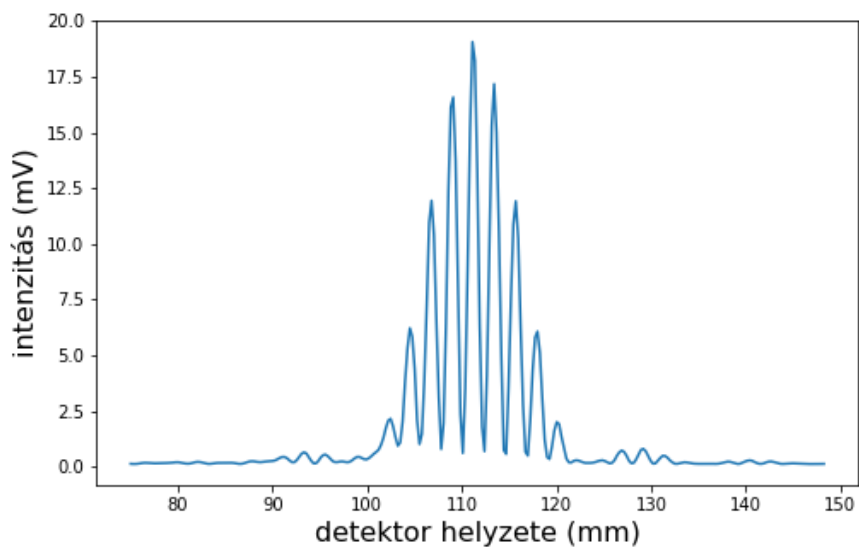
$$a = \frac{\lambda L}{m} = 0.2781 \pm 0.0005 \text{ mm}$$

A hiba meghatározásához a következő összefüggést használtam:

$$\frac{\Delta a}{a} = \frac{\Delta \lambda}{\lambda} + \frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta m}{m}$$

Kettő rés

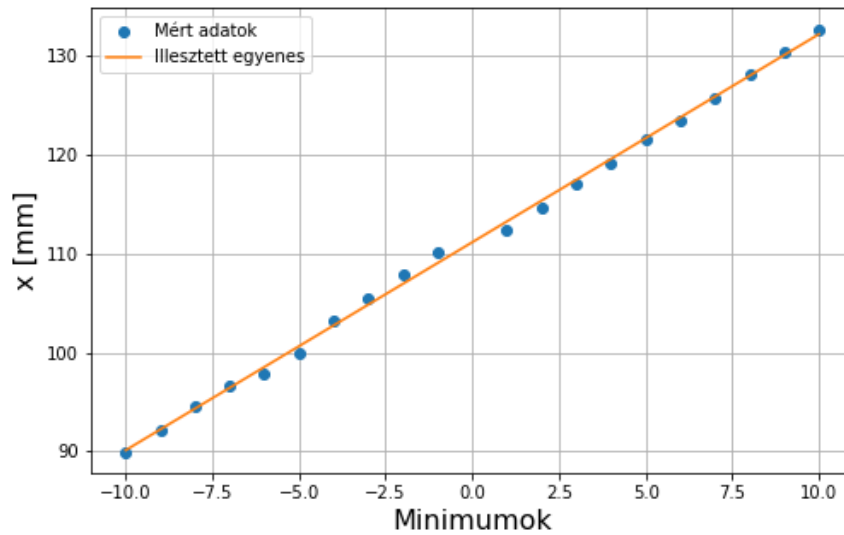
A mérés során a lézer hullámhossza és a rés távolsága ugyanannyi, mint az előző mérésnél. Az intenzitásgörbe:



A programmal megkeresett másodrendű minimumok:

k	x_k	k	x_k
-10	89.9746	1	112.4316
-9	92.1925	2	114.6496
-8	94.5029	3	116.96
-7	96.7209	4	119.178
-6	97.9223	5	121.5808
-5	99.8631	6	123.4291
-4	103.2825	7	125.7395
-3	105.5004	8	128.0499
-2	107.8108	9	130.3603
-1	110.1212	10	132.6707

A rájuk illesztett egyenes pedig:



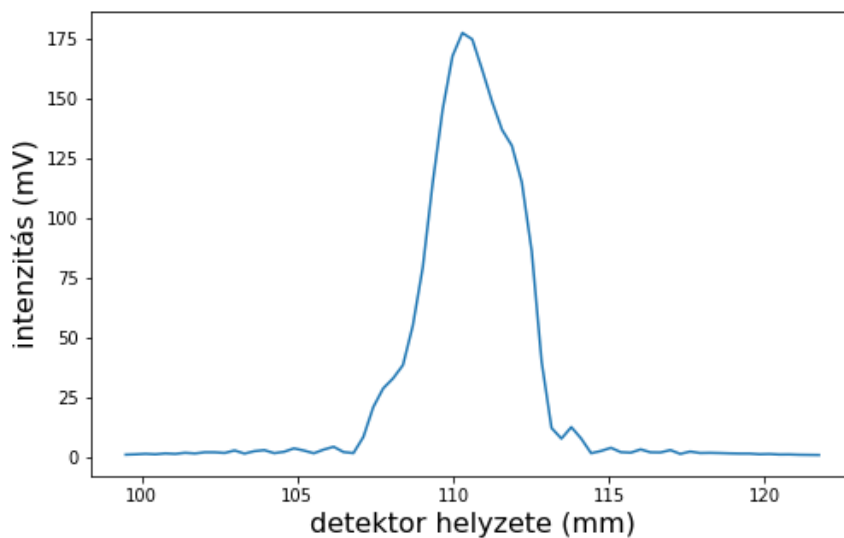
Az egyenes meredeksége $m = 2.101 \pm 0.02$ mm. Ebből a réstávolság:

$$d = \frac{\lambda L}{m} = 0.6397 \pm 0.0065 \text{ mm}$$

A hiba meghatározásához az előző részben felírt összefüggést használtam.

Hajsál

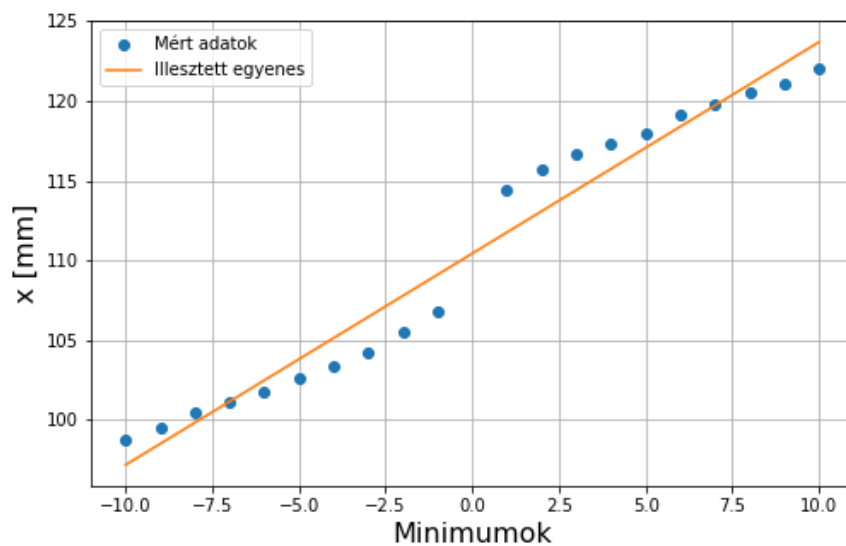
A mérés során a lézer hullámhossza és a rés távolsága ugyanannyi, mint az előző mérésnél. Az intenzitásgörbe:



A programmal megkeresett minimumok:

k	x_k	k	x_k
-10	98.7933	1	114.4375
-9	99.5019	2	115.6912
-8	100.4285	3	116.6724
-7	101.0827	4	117.272
-6	101.7368	5	117.9261
-5	102.6634	6	119.1799
-4	103.3176	7	119.834
-3	104.2442	8	120.4881
-2	105.5524	9	121.1192
-1	106.8062	10	122.0457

Az illesztett egyenes:

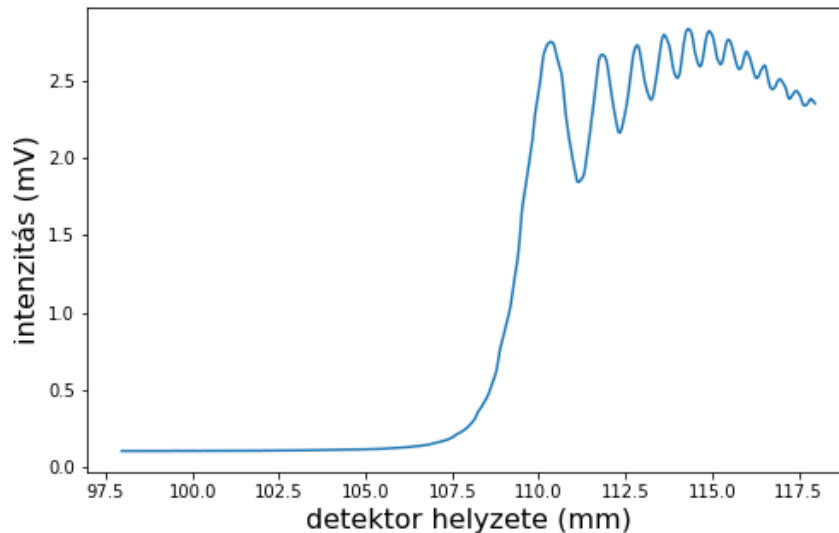


A meredeksége pedig $m = 1.3257 \pm 0.0611$ mm. Ebből a hajszál vastagsága:

$$s = \frac{\lambda L}{m} = 1.0139 \pm 0.00005 \text{ mm}$$

Penge

A penge vizsgálatakor a lencsetávolság 260.2 cm, a penge távolsága pedig 180.5 cm volt. A kapott elhajlási képm:



Diszkusszió

Az első mérésem pontosnak mondanám, szépek a görbéim és az illesztésem is. A két résnél viszont csak a másodrendű minimumokat mértem le, azonban azok is pontosra sikerültek. A hajszálas mérés illesztése nagyon pontatlan, valamint a görbe maga sem mutat jól, azonban nagyjából ekkor volt, hogy a motoros detektor mozgása meghibásodott és Dankházi tanár úrnak segítenie kellett a helyreállításában, de a gyanúm az, hogy mivel az előtte (hajszál) és az utána (penge) végzett mérésekben is különösen nagy a zaj, hogy a hiba fokozatosan keletkezett és nem is teljesen oldódott meg végül. A mérést többnyire egyedül végeztem, de igyekeztem minél többet kihozni belőle.

Felhasznált irodalom

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