KLASSZIKUS FIZIKA LABORATÓRIUM

10. MÉRÉS

Fényelhajlási jelenségek vizsgálata

Mérést végezte:
Enyingi Vera Atala
ENVSAAT.ELTE

Mérés időpontja:
2011. október 19.
Szerda délelőtti csoport

1. A mérés célja

A fény hullámtermészetének vizsgálata, a Fraunhofer-elhajlás mérése rés, kettős rés és hajszál esetén, illetve Fresnel-fél elhajlási kép vizsgálata féltéren való elhajlásnál. A detektoron a beérkező intenzitásokat mértem, az adatokat számítógép rögzítette.

2. A mérés eszközei

- Lézer
- Akadályok:
  1. Rés
  2. Kettős rés
  3. Hajszál
  4. Penge
- Detektor
- Mérőszalag
- Adatrögzítés: számológép, program
- Nyalábtágító

3. A mérés elmélete

3.1. Fraunhofer-diffrakció

A Fraunhofer-féle elhajlási modell több kitételt tartalmaz: ha a résen párhuzamos nyaláb, a rés síkjára merőleges beeséssel érkezik, akkor a fény egy része eltérül. Ha az ernyő távolsága a rés a szélességének sokszorosa, akkor az ernyőn detektált kép periodikus lesz, a középső főmaximumtól két irányban lecsengően. A [**?**] alapján tudjuk, hogy az intenzitás és a rész szélessége közötti kapcsolatot az alábbi képlet írja:

$$I_I\left(\alpha\right) = I_0 \frac{\sin\left(\pi\frac{\lambda}{a}\sin^2\alpha\right)}{\left(\pi\frac{\lambda}{a}\sin\alpha\right)^2}$$

Az n-dik minimumhely távolsága ekkor a főmaximumtól:

$$x_n = n\frac{\lambda L}{a}$$

Ahol λ a fény hullámhossza, L pedig a detektor és a rés távolsága. Innen az $x_n(n)$ adatsorra egyenest illesztve a rész szélességét megadhatjuk:

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

Kettős rés esetén a két rés képe egymással interferál, így az intenzitáseloszlásban változást figyelhetünk meg. Az eloszlásra illesztve egy burkológörbét, visszakapjuk az egyrés képét, mely minimumait *elsőrendű minimum*oknak nevezzük, a többi, interferencia miattiakat pedig *másodrendű minimum*oknak.

$$I_{II}\left(\alpha\right) = I_I \cdot \cos^2\left(\pi \frac{d}{\lambda} \sin\alpha\right)$$

A másodrendű minimumok helyét itt szintén megadhatjuk a rácsállandó függvényében.

$$x_k = k\frac{\lambda L}{d}$$

Ahol x_k a másodrendű minimumok távolsága a főmaximumtól.
A hajszál elhajlási képe egyezik a résével.

3.2. Fresnel-diffrakció - féltéren való elhajlás

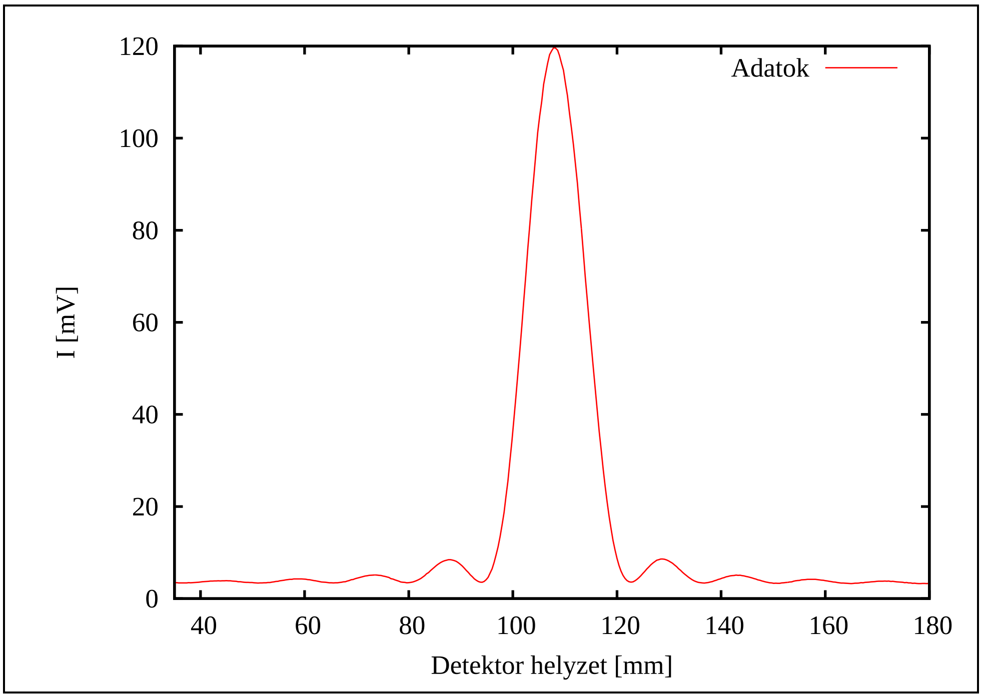
Itt az elhajlási kép értelmezése jóval bonyolultabb, mert a fényt gömbhullámként kell leírnunk.

4. Mérés eredmények és kiértékelés

A használt lézer hullámhossza $\lambda = 632,8 \pm 0,1 nm$.

4.1. Egy rés

A rés pontos beállítása után felvettem az elhajlási képet. A rés és az ernyő távolsága $d = 2972mm$ volt.



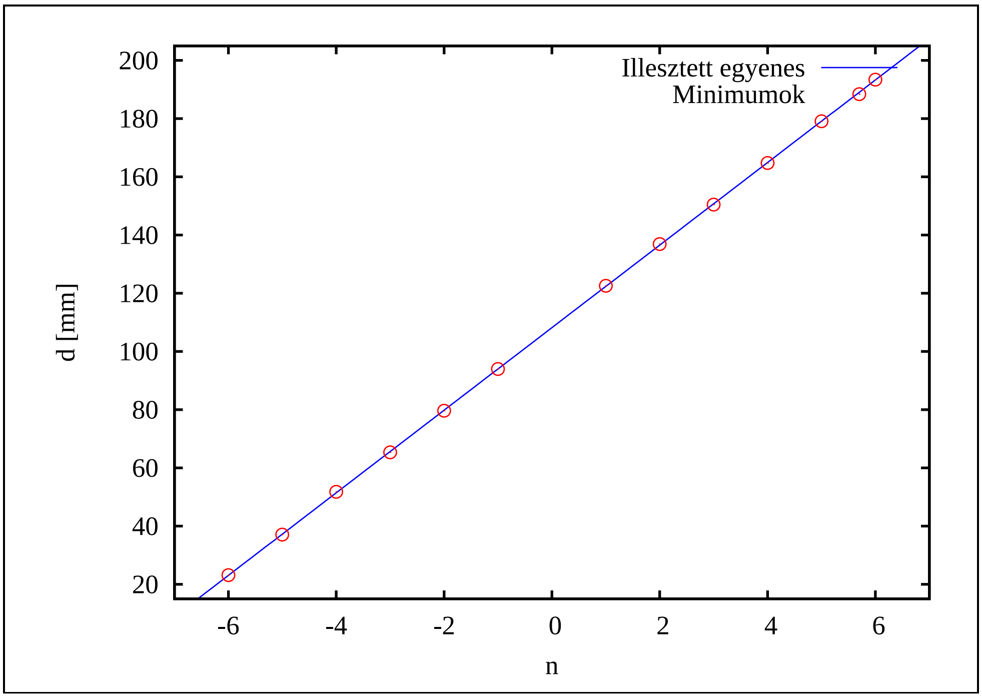
1. ábra. Az egyrés kísérlet elhajlási képe

A mért minimumok:

k	x_k	k	x_k
-6	23.1275	+1	122.5770
-5	37.0724	+2	136.8890
-4	51.7513	+3	150.4669
-3	65.3293	+4	164.7789
-2	79.6413	+5	179.0908
-1	93.9532	+6	193.4027

1. táblázat. Az egyrésnél mért minimumok helyei

A minimumhelyekre illesztett egyenes grafikonja, és az egyenes egyenlete:



2. ábra. A minimumokra illesztett egyenes

$$m = 14,19 \pm 0,02mm$$

$$b = 108,17 \pm 0,06mm$$

Innen számolható a rés szélessége:

$$a = \frac{\lambda L}{m} = 0,1325 \pm 0,0002mm$$

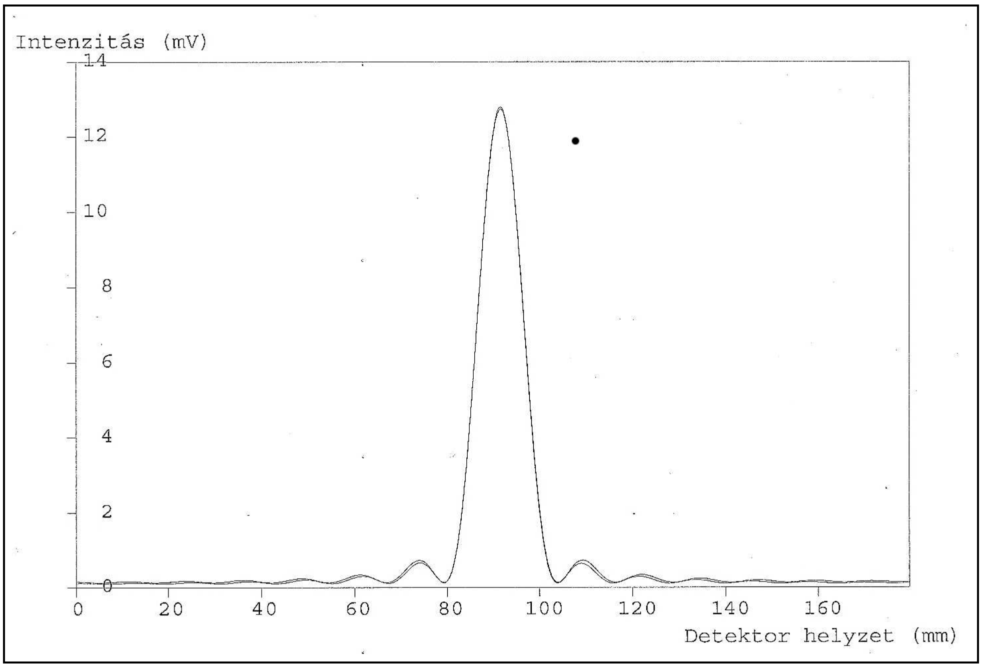
A hibát az alábbi módon, [1] alapján számoltam:

$$\Delta a = a \left(\frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta \lambda}{\lambda} + \frac{\Delta \eta}{\eta} \right)$$

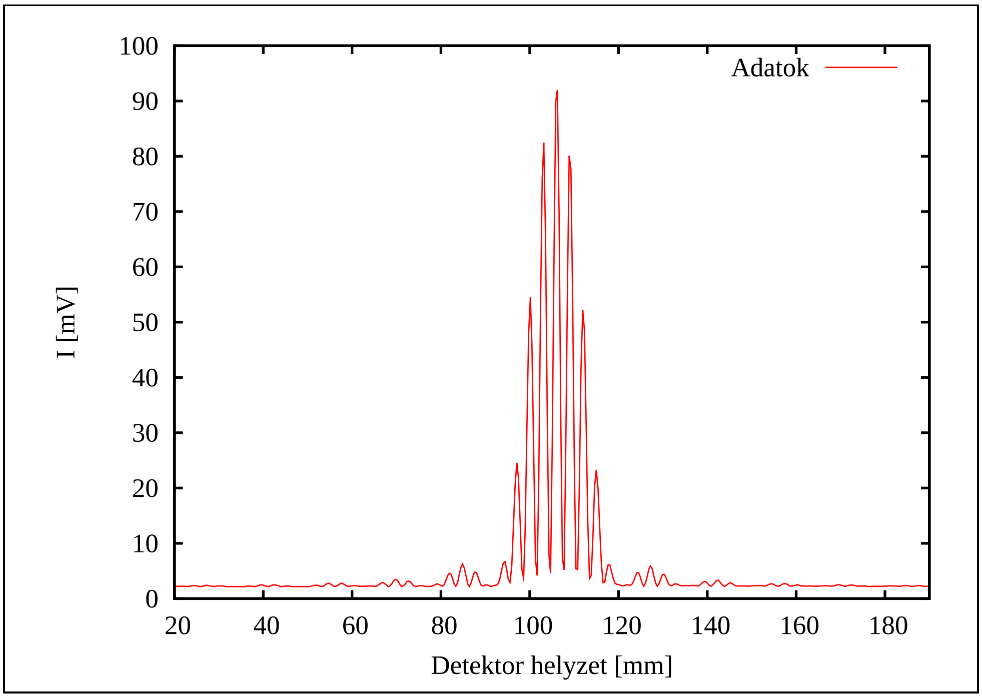
Ezután a laborprogram segítségével a résszélesség ismeretében a grafikonra illesztettem az elméleti görbét. (Ezen ábrákat kompatibilitási gondok miatt csak szkennelve tudom a jegyzőkönyvbe illeszteni.)

4.2. Kettős rés

A kiértékelés első szakasza ugyanúgy zajlik, mint az egyes rés esetében. A rés és az ernyő távolsága $d = 2866mm$ volt.
A minimumhelyekre illesztett egyenes grafikonja, és az egyenes egyenlete:



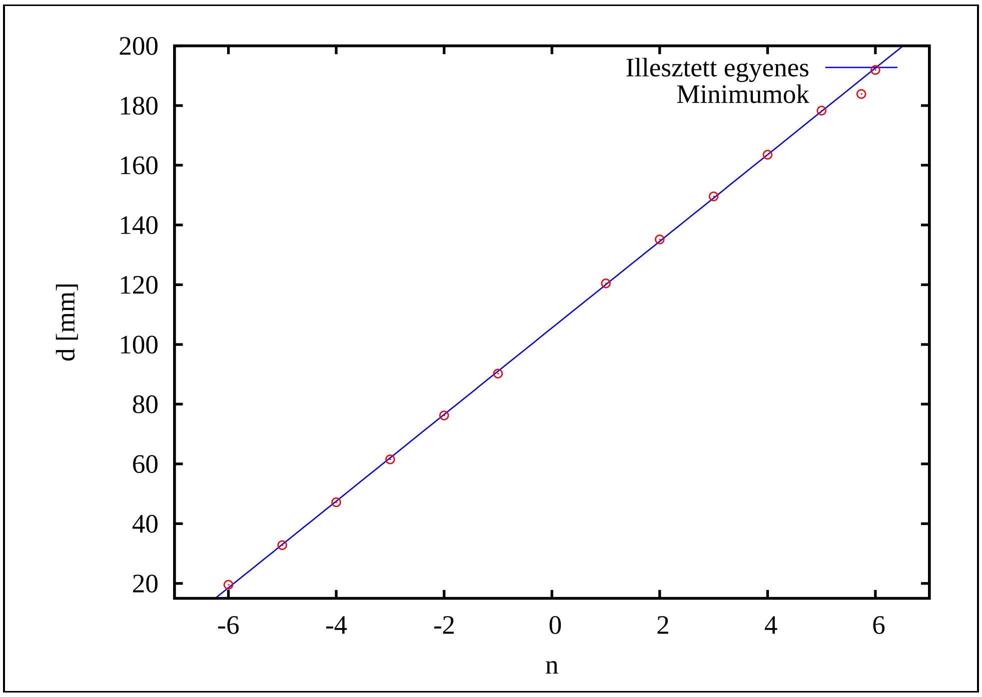
3. ábra. Az elméleti görbe



4. ábra. A kettős rés kísérlet elhajlási képe

k	x_k	k	x_k
-6	19.5235	1	120.4491
-5	32.7838	2	135.1828
-4	47.1491	3	149.5481
-3	61.5145	4	163.5451
-2	76.2481	5	178.2788
-1	90.2451	6	191.9075

2. táblázat. A kettős résnél mért elsőrendű minimumok helyei



5. ábra. Az elsőrendű minimumokra illesztett egyenes

$$m = 14,5 \pm 0,04mm$$

$$b = 105,5 \pm 0,2mm$$

Innen számolható a rés szélessége:

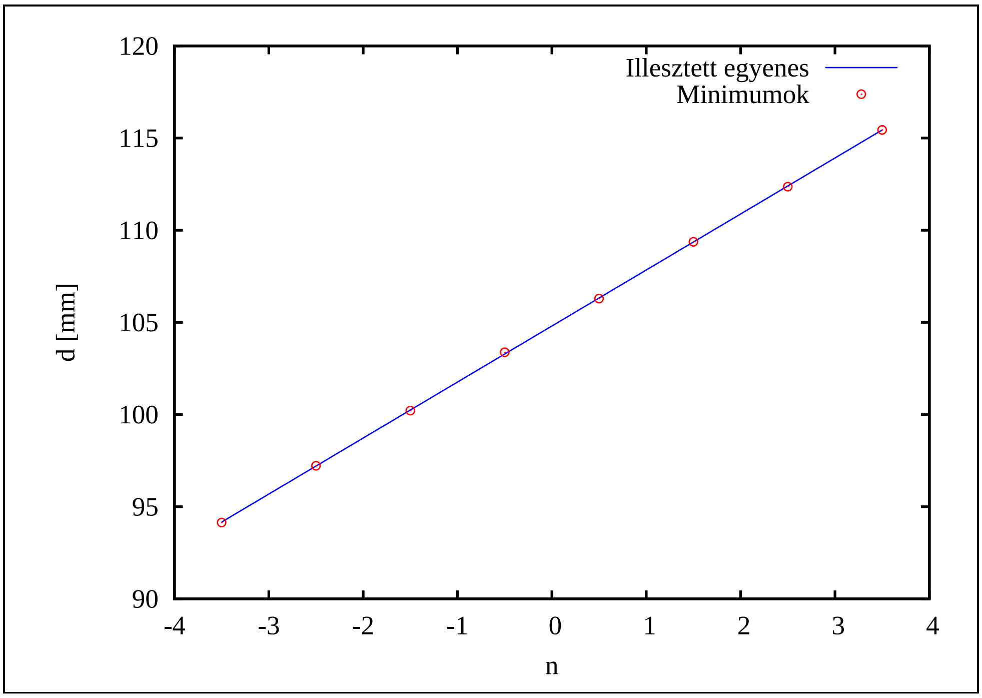
$$a = \frac{\lambda L}{m} = 0,1250 \pm 0,0004mm$$

Ezután a másodosztályú minimumhelyeket kerestem meg:
Az egyenes paraméterei:

$$m = 3,039 \pm 0,007mm$$

k	x_k
-3.5	94.136
-2.5	97.2169
-1.5	100.2123
-0.5	103.3788
0.5	106.2885
1.5	109.3694
2.5	112.3648
3.5	115.4457

3. táblázat. A kettős résnél mért másodrendű minimumok helyei



6. ábra. A másodrendű minimumokra illesztett egyenes

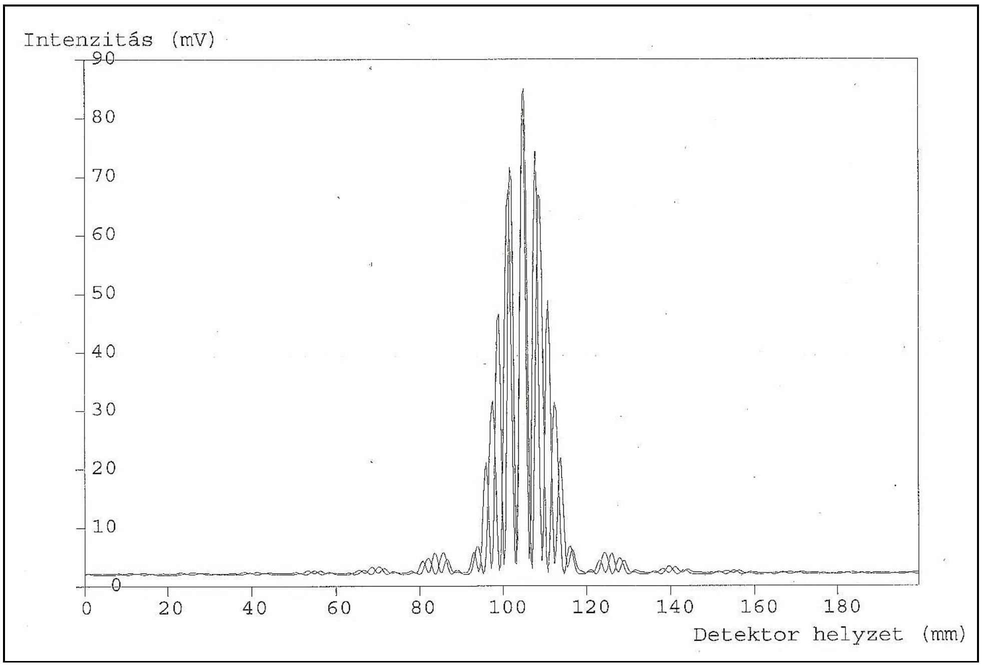
$$b = 104,8 \pm 0,02mm$$

Innen a kiszámolt réstávolság:

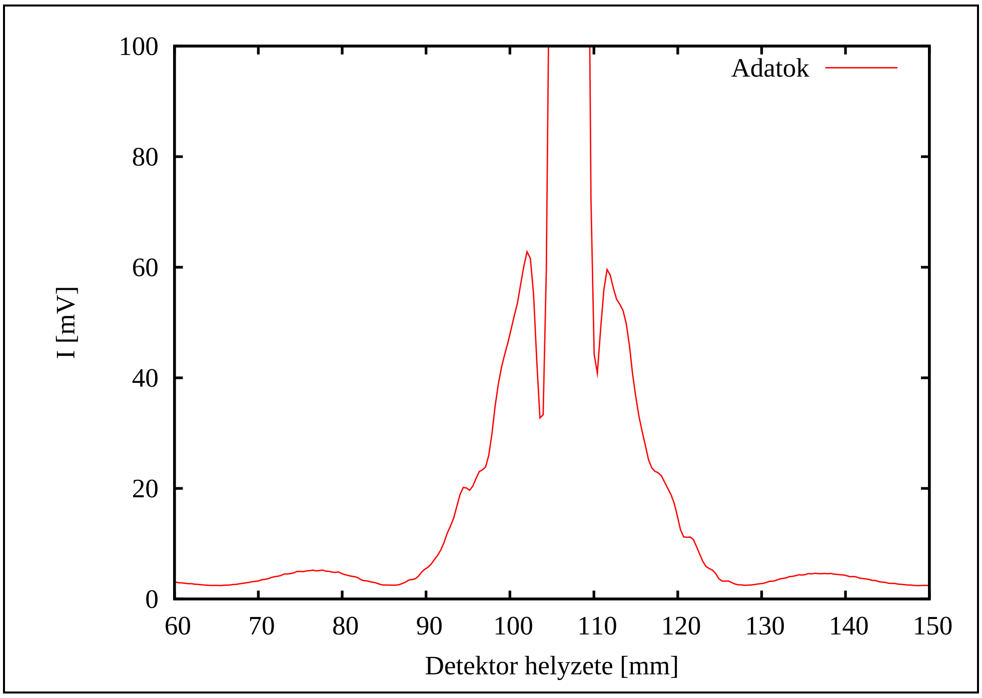
$$d = \frac{\lambda L}{m} = 0,597 \pm 0,002mm$$

4.3. Hajszál

A hajszál kiértékelését a réshez hasonlóan végeztem el. A rés és az ernyő távolsága $d = 2972mm$ volt.



7. ábra. Az elméleti görbe



8. ábra. A hajszál elhajlási képe

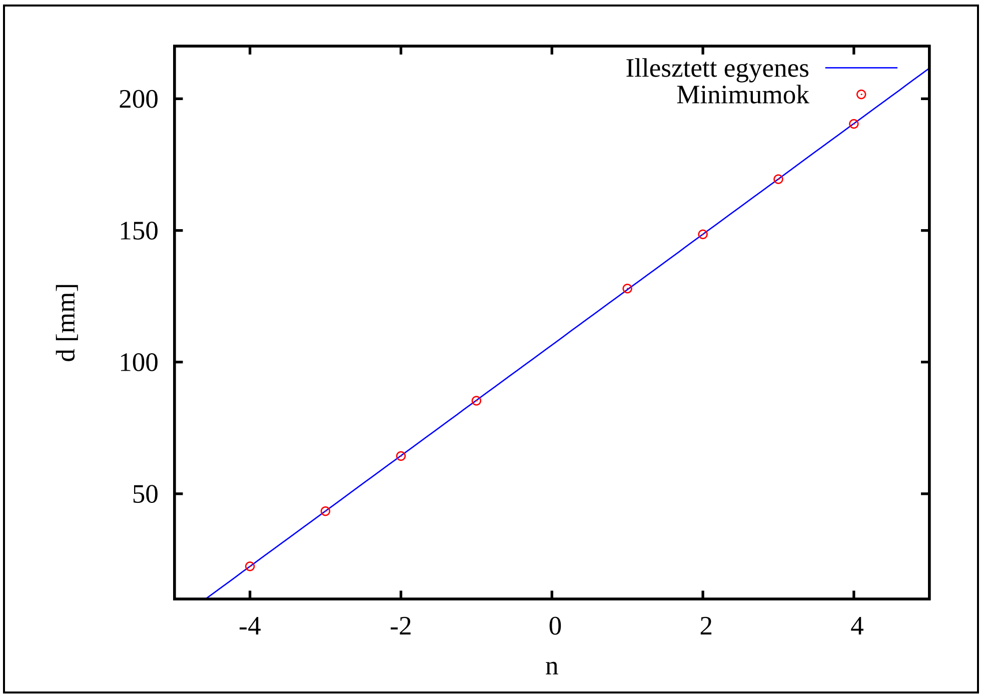
k	x_k
-4	22.4293
-3	43.3859
-2	64.3425
-1	85.2991
1	127.9476
2	148.5366
3	169.4932
4	190.4498

4. táblázat. A hajszállal végzett mérés minimumhelyei

Az illesztett egyenes paraméterei:

$$m = 21,02 \pm 0,02mm$$

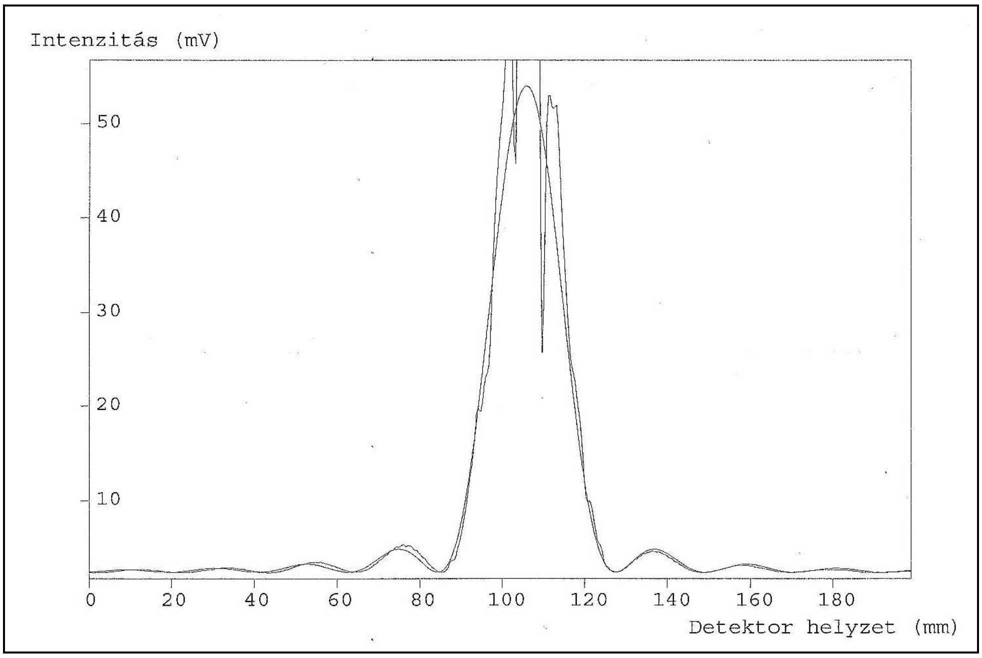
$$b = 106,49 \pm 0,07mm$$



9. ábra. A hajszál-minimumokra illesztett egyenes

Innen a kiszámolt hajszál-vastagság:

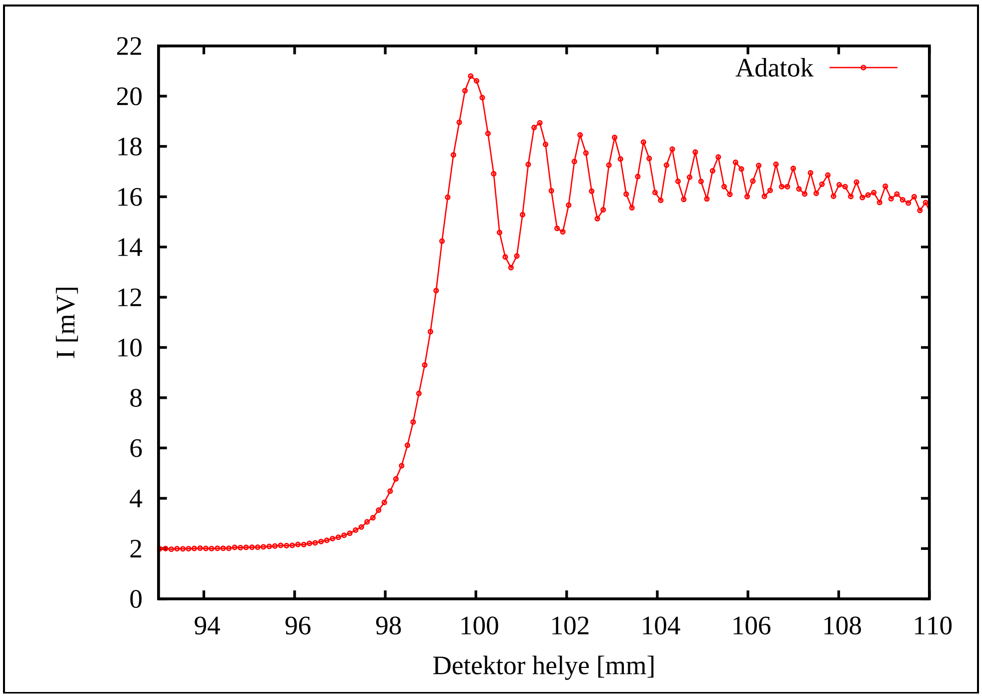
$$d = \frac{\lambda L}{m} = 0,0895 \pm 0,0001mm$$



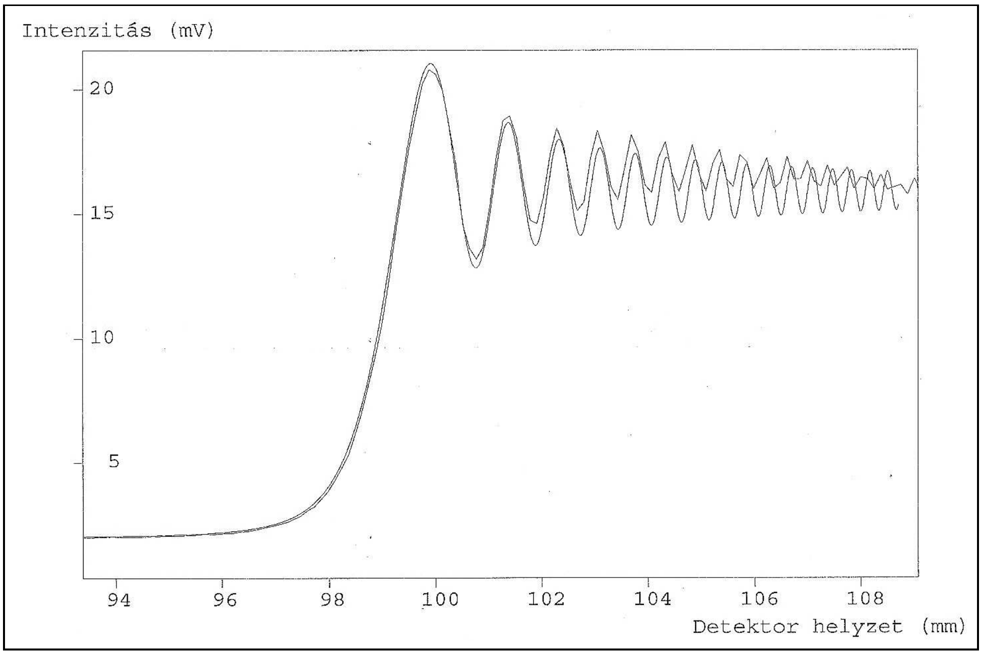
10. ábra. Az elméleti görbe

4.4. Elhajlás féltéren - a penge diffrakciós képe

A mérés során a penge és az ernyő távolsága $d_p = 1889mm$, az ernyő és a nyalábtágító távolsága $d_{ny} = 3006mm$ volt.
A mért görbe:



11. ábra. A pengén való elhajlás grafikonja



12. ábra. Az elméleti görbe

Hivatkozások

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