

# OPTIKAI PUMPÁLÁS

MODERN FIZIKA LABOR JEGYZŐKÖNYV

JUHÁSZ LILLA

NAGY DÁVID

# mérés leírása

A mérés során rubídium gőzben vizsgáljuk az atom két Zeeman-felhasadt hiperfinom energiaszintjei közti átmenetet. Mágneses rezonancia módszerrel meghatároztuk a Rb gőzben lejátszódó relaxációs folyamatok időállandóját, illetve a Rb két stabil izotópjának magspinjeit.

A rezonancia átmenetet mágneses modulációval hangoltuk be két Helmholtz tekercspár segítségével. A megvilágítást egy Rb-t és Kr puffer gázt tartalmazó nagyfrekvenciás kisülési csővel valósítottuk meg. Az innen kijövő fényt fókuszáltuk, egy interferenciaszűrővel pontosan behangoltuk a frekvenciáját, majd egy polárszűrővel és egy fázistoló lemezzel csak a cirkulárisan polarizált módusokat engedjük tovább. Ez gerjesztette az abszorpciós csőben lévő Rb gőzt, amelyet szintén Kr puffer gázzal vegyítettek. A rendszeren áthaladó fény intenzitását egy fotodióda erősített jelével oszcilloszkópon mértük.

## az exponenciális telítődés időállandója

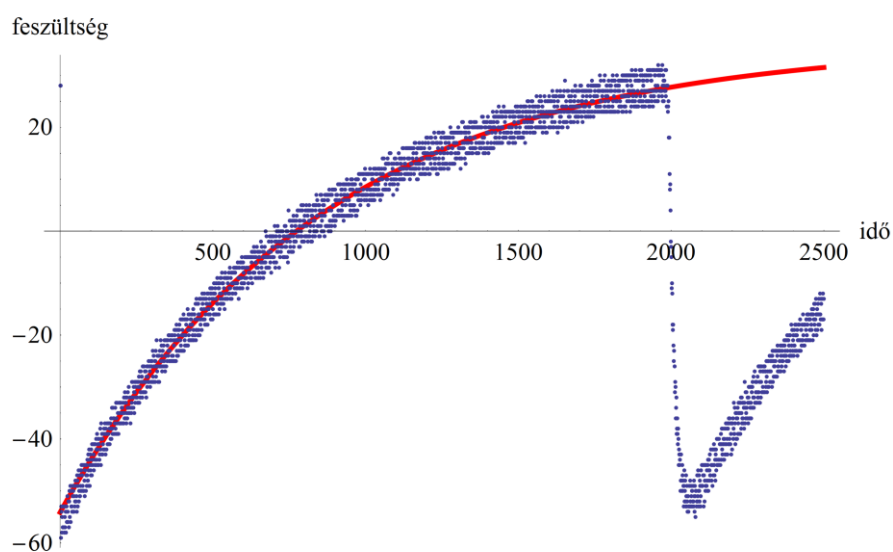
A jegyzetben szereplő levezetésből kapott exponenciális telítődési görbe  $\tau$  időállandóját vizsgáljuk. Az illesztett görbe:

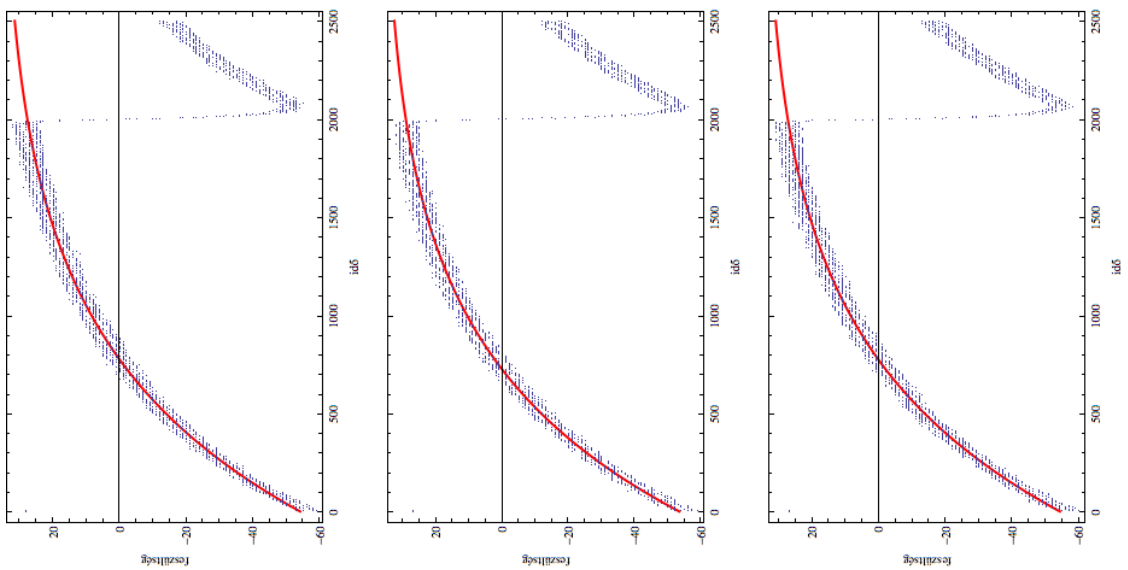
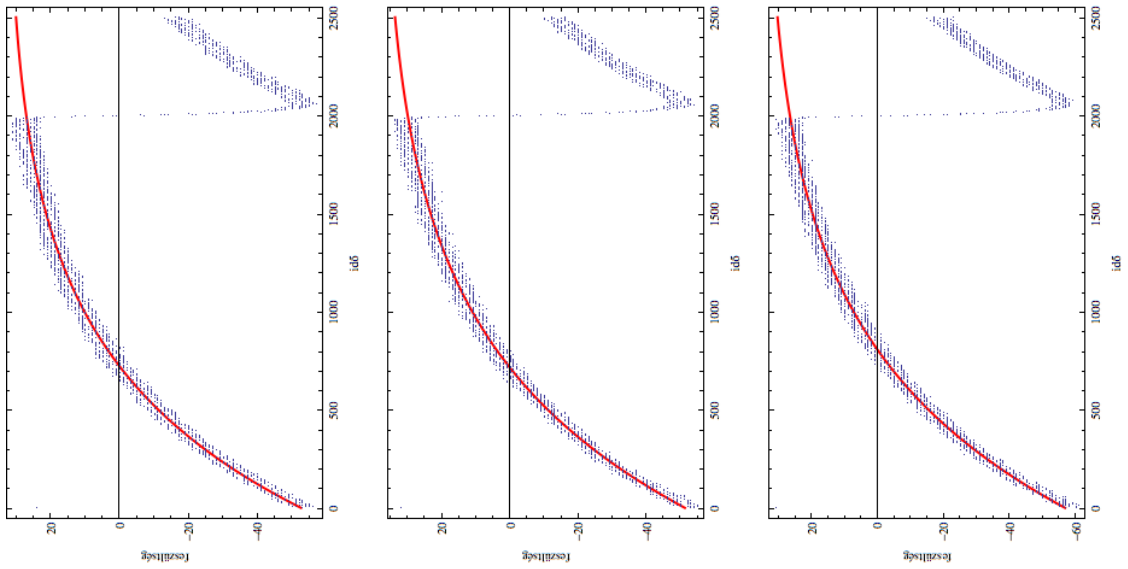
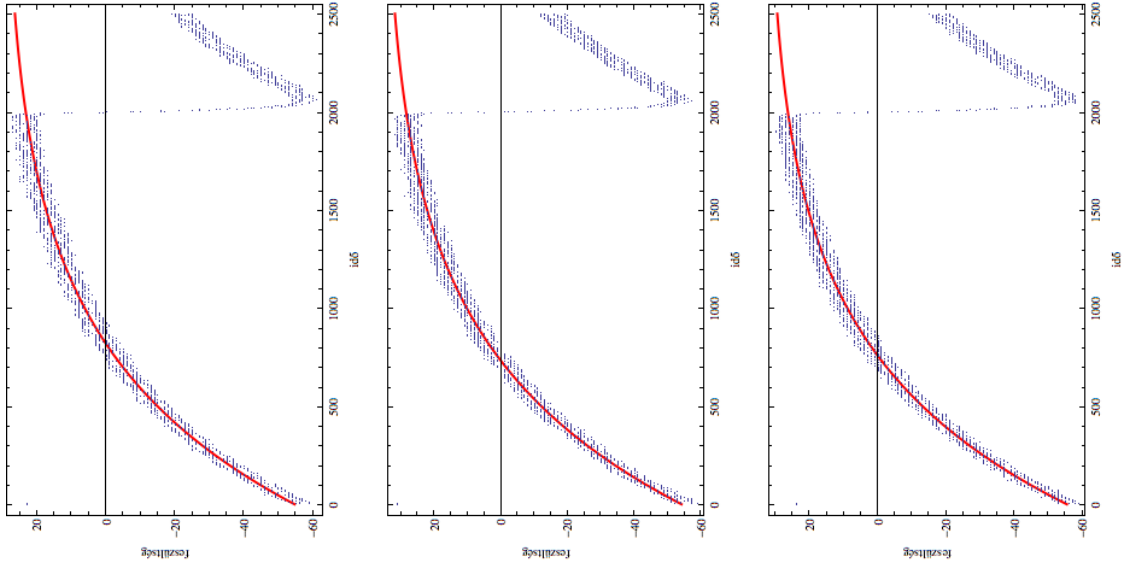
$$f(x) = n - e^{-\frac{1}{\tau}x+d}$$

Az illesztés eredménye:

$$\tau \rightarrow 3.24032 \text{ ms} \mp 0.2 \text{ ms}$$

Ez 9 illesztés átlaga, az illesztett görbék az 1. ill a 2. ábrán láthatóak. Az időtengelyen az oszcilloszkóp által feljegyzett adatpontok függvényében ábrázoltam a feszültséget, mivel az oszcilloszkóp ablakán a felvett 4000 pontból 2500 látszott és egy beosztás (a 10-ből) 1 ms-ra volt állítva ezért 1 ms = 250 adatpont. Az ábrákon emiatt azt kell nézni hogy átlagosan a 810-es adatpontnál éri el a 63%-át a görbe a maximális értékének.



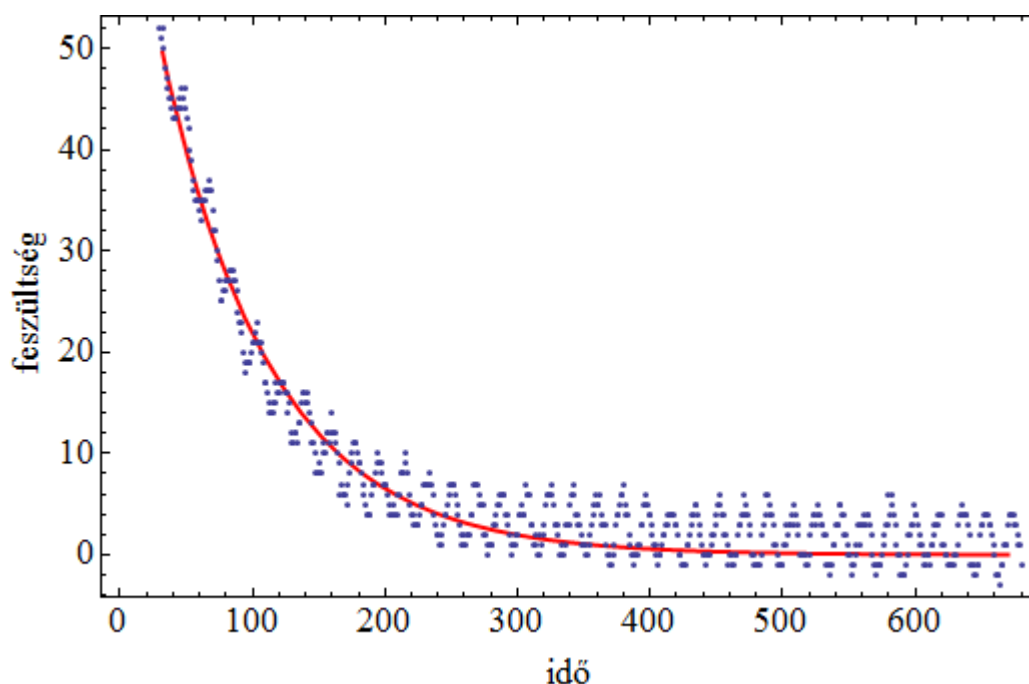


# a relaxáció és a pumpálás időállandója

Az időállandó a következőképpen függ össze a  $T_p$  pumpálási és  $T_1$  relaxációs időállandókkal:

$$\frac{1}{\tau} = \frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_p}$$

Közvetlenül tudjuk mérni  $T_1$  relaxációs időállandót, ha a mágneses tér amplitúdóját úgy hangoljuk be, hogy az egyik félperiódusban kiejtse a Föld mágneses terét, és mérjük a fotodiódán megjelenő jel lecsengését.



Az ábrán látható illesztés:

$$\{T_1 \rightarrow 1.2044, n \rightarrow 72.7302\}$$

Az illesztések átlaga:

$$T_1 \rightarrow 1.1674 \text{ ms} \mp 0.2 \text{ ms}$$

Itt 2500 adatpont 25ms volt, tehát 100 adatpont 1 ms. A hiba nagyságát az empirikus szórásból állapítottam meg.

Ezek ismeretében már meghatározhatjuk  $T_p$  értékét, amire

$$T_p = \frac{1}{\frac{1}{3.24032} - \frac{1}{1.164}} = -1.82 \text{ ms} \mp 0.45 \text{ ms}$$

adódik. A mérési leírás alapján már vártuk hogy az elmélettel ellenkező eredményt kapunk, mivel a pumpálási állandónak pozitívnek kéne hogy legyen. A negative eredmény oka az, hogy túl kicsi  $T_1$  értéke, feltehetően mivel nem csak a termikus relaxáció okozza a populáció-inverzió megszűnését.

# elméleti megoldás Rb atom g faktoraira

A mérés során a  $32S_{1/2}$  alapállapotot gerjesztettük, tehát  $j=1/2$ ,  $s=1/2$ ,  $l=0$  kvantumszámokkal számolunk a következő, a kiadott jegyzetben is szereplő képletben

$$g_j = 1 + \frac{j(j+1) + s(s+1) - l(l+1)}{2j(j+1)} = 2$$

Ugyanitt található a  $g_F$  faktor kiszámításához szükséges képletet.

$$g_F = \pm \frac{g_j}{2I+1}$$

Így a korábban meghatározott  $g_j$  és a  $85Rb$ -nál  $I=5/2$ , és  $87Rb$ -nál  $I=3/2$  segítségével kapjuk, hogy:

$$g_F^{87} = \pm \frac{2}{2 \cdot \frac{3}{2} + 1} = \pm \frac{1}{2}$$

$$g_F^{85} = \pm \frac{2}{2 \cdot \frac{5}{2} + 1} = \pm \frac{1}{3}$$

## kísérleti megoldás

A jelen feladatnál négy különböző nagyságú, rögzített frekvenciájú rádióhullámmal sugároztuk be a Rb gőzt, majd a mágneses teret változtatva kerestük a maximális elnyelését a gerjesztő fényben. Így találtuk meg a Zeeman felhasadt nívók energiáját, ugyanis ez egyezik meg a besugárzó tér energiájával. Az alábbi képlet és a fentiek tudatában következtetni tudunk a  $g_F$  értékére.

$$h\nu = \mu_B g_F B$$

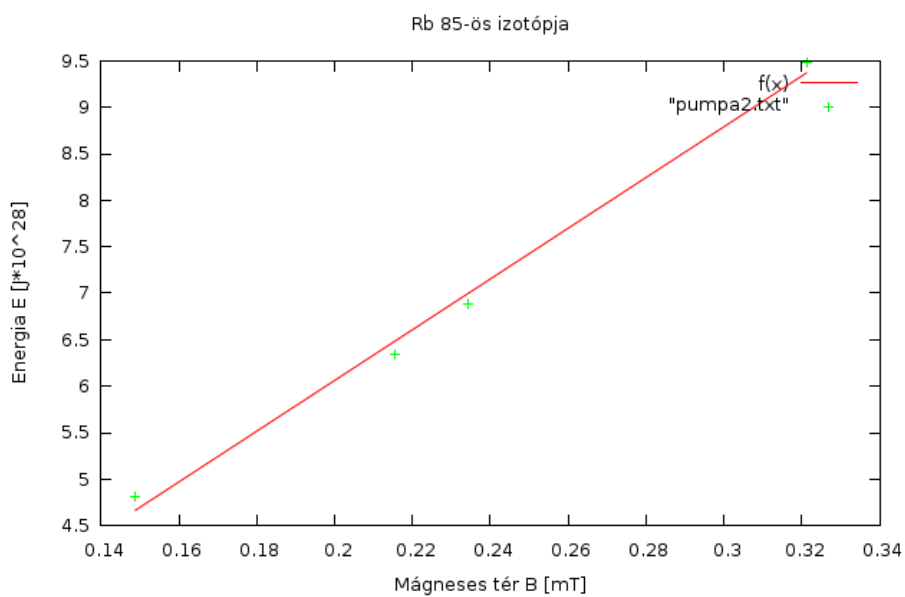
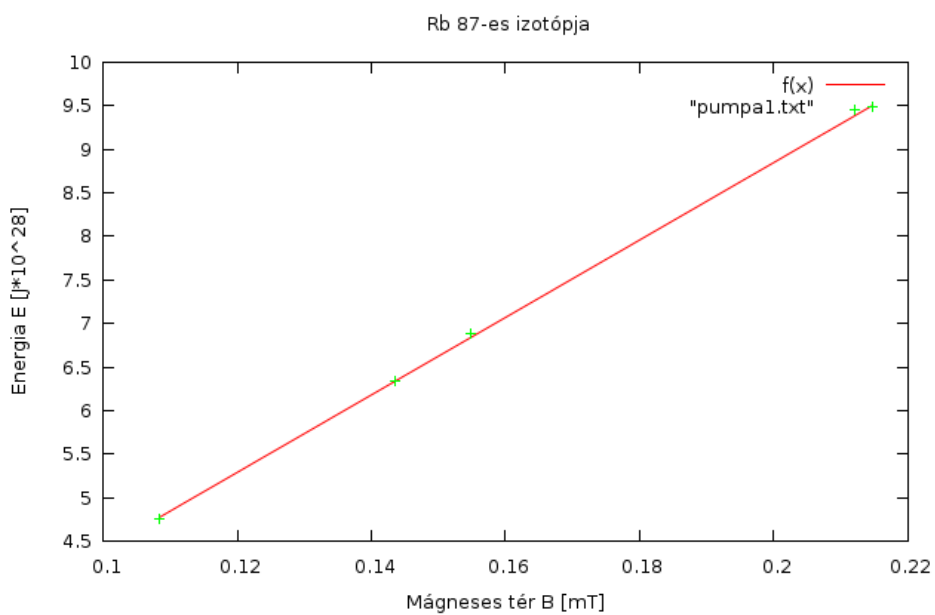
Azonban a mérésnél figyelnünk kellett a Föld mágneses terének hatására (későbbiekben ki is számoltuk). Ezt a polaritás változtatásával és a különbségek átlagolásával kiküszöbölhetjük.

	$I$ [A]	$h\nu \cdot 10^{-28}$ [J]	$B_{szum}$ [mT]
4	0,136	4,81	0,108
6	0,180	6,34	0,143
7	0,269	9,48	0,214
8	0,194	6,89	0,154

1.táblázat. A  $^{87}Rb$  adatai

	$I$ [A]	$h\nu * 10^{-28}$ [J]	$B_{szum}$ [mT]
4	0,186	4,81	0,148
6	0,270	6,34	0,215
7	0,402	9,48	0,321
8	0,293	6,89	0,234

2.táblázat.  $A^{85}Rb$  adatai



	<i>Meredekség [J/T*10<sup>-25</sup>]</i>	<i>Tengelymetszet [J*10<sup>-28</sup>]</i>
<sup>87</sup> Rb	43,79 ± 0,78	0,07 ± 0,14
<sup>85</sup> Rb	27,28 ± 1,49	0,60 ± 0,35

*3.táblázat. Illesztett egyenesek adatai*

A fenti hibák csak az egyenes illesztéséből adódnak. Lehetne számolni az áram leolvasásának hibájából (beosztásokból fakadó), valamint az energia leolvasásából, de ezek mind eltörpülnek az ugráló jelek okozta -becslésem szerint- 15%. Így már sikeresnek ítélnék meg a mérést.

	<i>Elméleti érték</i>	<i>Kísérleti érték</i>
<sup>87</sup> Rb	0,5	0,47
<sup>85</sup> Rb	0,33	0,29

*4.táblázat. Összehasonlítás, eredményközlés*

A Föld mágneses terének számolása

Ahogy az előzőekben már említettük, a Föld mágneses tere hol hozzáadódott, hol kivonódott a az előállított mágneses térhez, tehát különbségük fele megadja a Föld mágneses terének nagyságát.

Számolásaink alapján a tér nagysága ( az áramerősség hibája 0,5 mA):

$$B_{Föld} = (10,9 \pm 0,5) \mu T$$

Ez az irodalmi értékkel nem egyezik meg, hiszen az a totálteret mutatja. Itt azonban pontosan K-Ny irányú volt a műszer beállítása, amely 90°-os deklinációs különbség.