Modern Fizika Labor

Fizika BSC

A mérés dátuma: 2008. 12.2.	A mérés száma és címe: 7. Optikai pumpálás	Értékelés:
A beadás dátuma: 2008.12.19.	A mérést végezte: Juhász Krisztina Szilvási Ádám	

1. A mérés célja

A mérés célja az optikai pumpálás mechanizmusaival és alkalmazásával való megismerkedés.

2. A 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 engedtük 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.

3. Adatok és kiértékelés

a. Időállandók meghatározása

Ezen mérés során az optikai pumpálás hatására fellépő atomi polarizáció dinamikáját vizsgáljuk. A jegyzetben szereplő levezetésből kapott exponenciális telítődési görbe τ időállandóját vizsgáljuk. Az időállandó a következőképpen függ össze a T_p pumpálási és T_1 relaxációs időállandókkal:

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

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 bomlását. A τ időállandót egy tetszőleges amplitúdójú mágneses tér mellett megjelenő felfutó jelen mértük.

A mért értékek:

Relaxáció		Telítődés	
Δt [ms]	Δt [ms]	Δt [ms]	ΔV [mV]
0,88	-12	0,8	32
1,04	-20	1,6	58
1,12	-26	2,4	78
1,28	-34	3,2	92
1,36	-40	4	103
1,44	-48	4,8	112
1,6	-54	5,6	118
1,76	-62	6,4	122
1,92	-68	7,2	125
2,24	-74	8	128
2,64	-78		

Ezekre gnuplottal illesztettem exponenciális függvényt. Az illesztés eredményei és az ebből számolt pumpálási időállandó:

	Étrék [ms]	Hiba [ms]	Rel. hiba
T_1	1,0	0,2	16%
τ	2,73	0,04	1,3%
T_p	-1,5	0,4	28,1%

Amint látjuk a pumpálási időállandóra negatív szám jön ki. Ez azért van, mert T_1-re túl kis érték adódik. Az ábrák a jegyzőkönyv végén láthatóak.

b. Giromágneses arány és magspin meghatározása

A mérés során a pumpált rendszert rádiófrekvenciás térrel sugározzuk be, amelyre teljesül a rezonancia feltétel:

$$h\upsilon = \Delta E = \mu_B g_F B$$

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

ahol υ a tér fekvenciája, ΔE a két Zeeman-felhasadt energiaszint különbsége, μ_B a Bohr-magneton, g_F és g_j a giromágneses faktorok, I a magspin és B a külső mágneses tér. Kis B érték mellett a hiperfinom vonalak különböző előjelű g-faktorral, de azonos mértékben hasadnak fel Zeeman-alnívókra, így ezek egyszerre gerjeszthetők. Jelen esetben a Rb $3^2S_{1/2}$ állapotából indulunk ki, így a $g_j = 2$. A kísérlet során négyféle kondenzátorral hoztunk létre különböző frekvenciájú rezgőköröket. A rezonanciát a külső állandó mágneses tér hangolásával állítottuk be a mérési leírásban szereplő módon. A mágneses teret a tekercsen átfolyó áramból számítottuk a Helmholtz-tekercsre vonatkozó képlet szerint:

$$B = \left(\frac{4}{5}\right)^{3/2} \frac{\mu_0 n}{R} I$$

Itt n a tekercs menetszáma, R a tekercs sugara és I az átfolyó áramerősség. Mind a négy frekvenciaértékre lemértük a két Rb izotóp rezonanciáját kétféle polaritás mellett, hogy kiküszöböljük a Föld mágneses tere által keltett konstans tagot. Az így kapott 4-4 pontra illeszthetünk egyenest a $\upsilon \sim B$ összefüggés alapján.

A mérési adatok:

A tekercs adatai: $n = 80; R = 0{,}097\ m$

A rezgőkörök frekvenciái:

Állás	T [μs]	ν [kHz]
4	1,25±0,01	800±6
6	1,00±0,01	1000±10
7	0,70±0,01	1429±20
8	0,94±0,01	1059±11

A g-faktorok és a magspinek elméleti értékei

$$l = 0; s = {}^1/_2; j = {}^1/_2; g_j = 2$$
$$I_{^{85}Rb} = {}^3/_2; I_{^{87}Rb} = {}^5/_2$$
$$g_{F^{85}Rb} = {}^1/_2; g_{F^{87}Rb} = {}^1/_3$$

A kapott mérési pontok:

Izotópok	Állások	Polaritások		I [mA]	B [10^{-4} T]	$h\upsilon$ [10^{-28} J]	$\mu_B B$ [10^{-28} J]
		a [mA]	b [mA]				
^{85}Rb	4	160	137	149	1,107	5,30	10,27
	6	191	168	180	1,338	6,63	12,41
	8	208	185	197	1,465	7,0	13,58
	7	281	256	269	2,001	9,47	18,56
^{87}Rb	4	236	212	224	1,67	5,30	15,49
	6	281	258	270	2,01	6,63	18,63
	8	305	283	294	2,19	7,0	20,32
	7	414	390	402	3,00	9,47	27,79

A fenti adatokon már látszanak, hogy a g-faktorok valószínűleg jók lesznek. A pontokra gnuplottal illesztettem egyenest, az ábrákat a jegyzőkönyv végén mellékelem. A mért g-faktorok és magspinek:

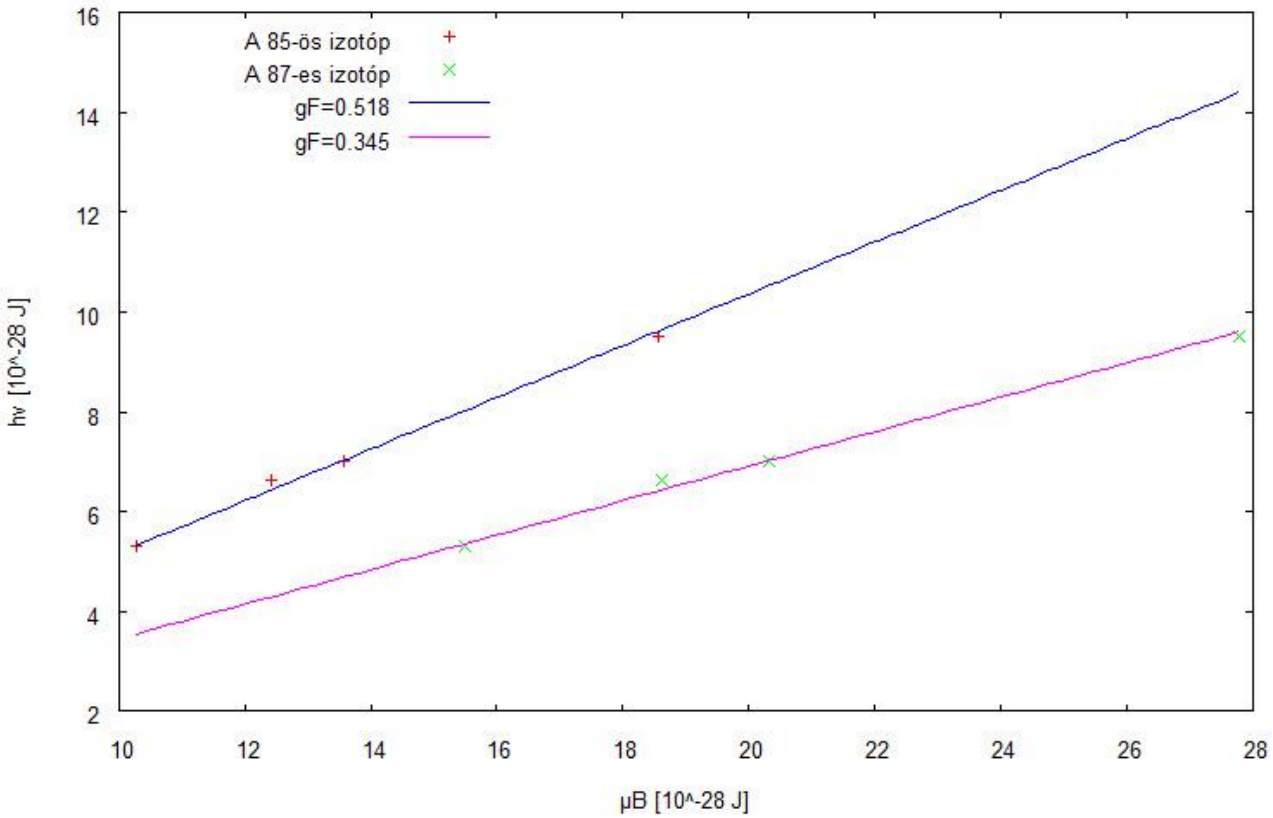
Izotópok		Érték	Hiba	Rel. hiba
^{85}Rb	g_F	0,518	0,005	1,0%
	I	1,43	0,02	1,3%
^{87}Rb	g_F	0,345	0,003	0,9%
	I	2,40	0,03	1,1%

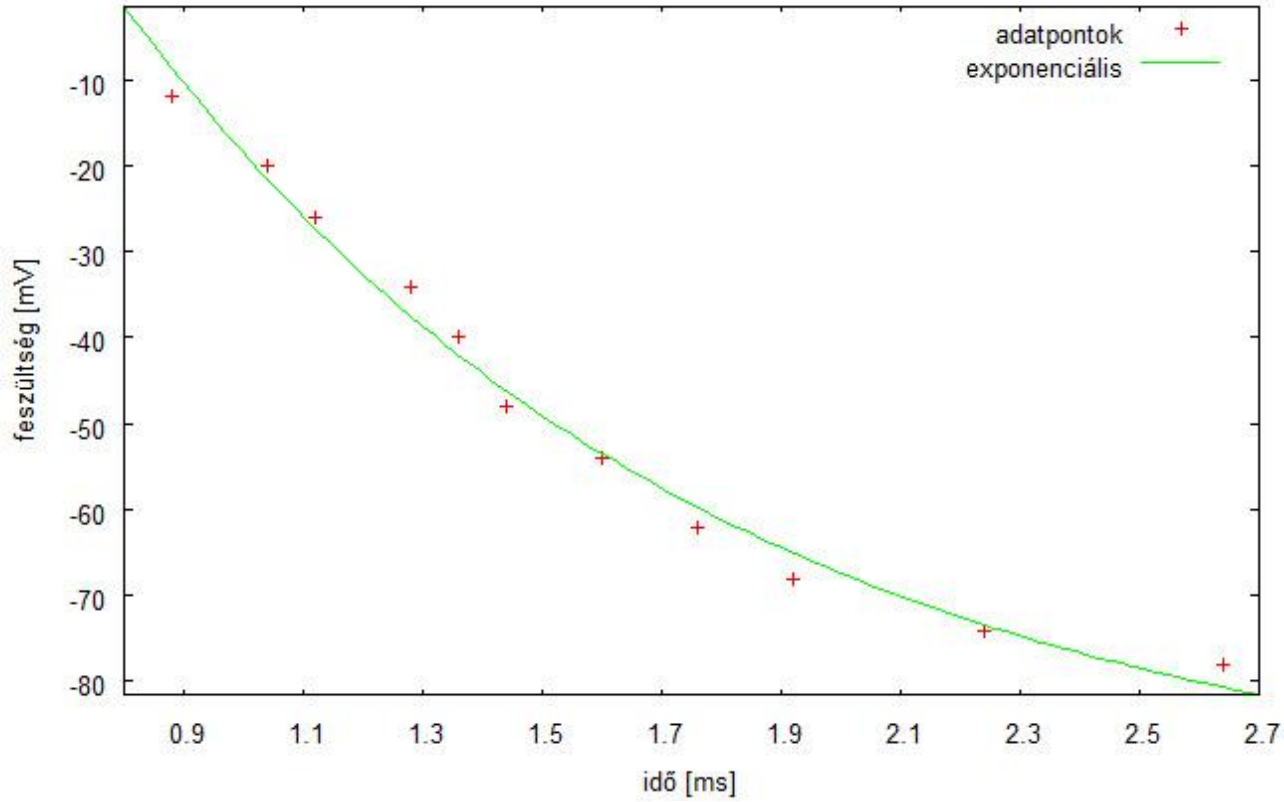
A mérési beállítás lehetővé tette, hogy meghatározzuk a Föld mágneses terének a tekercsekkel párhuzamos komponensét. A fenti áramértékek különbségének a fele körülbelül megegyezik a Föld mágneses terének kiküszöböléséhez szükséges mágneses teret létrehozó árammal, így az ebből számolt térerősség egyenlő a Föld járulékával.

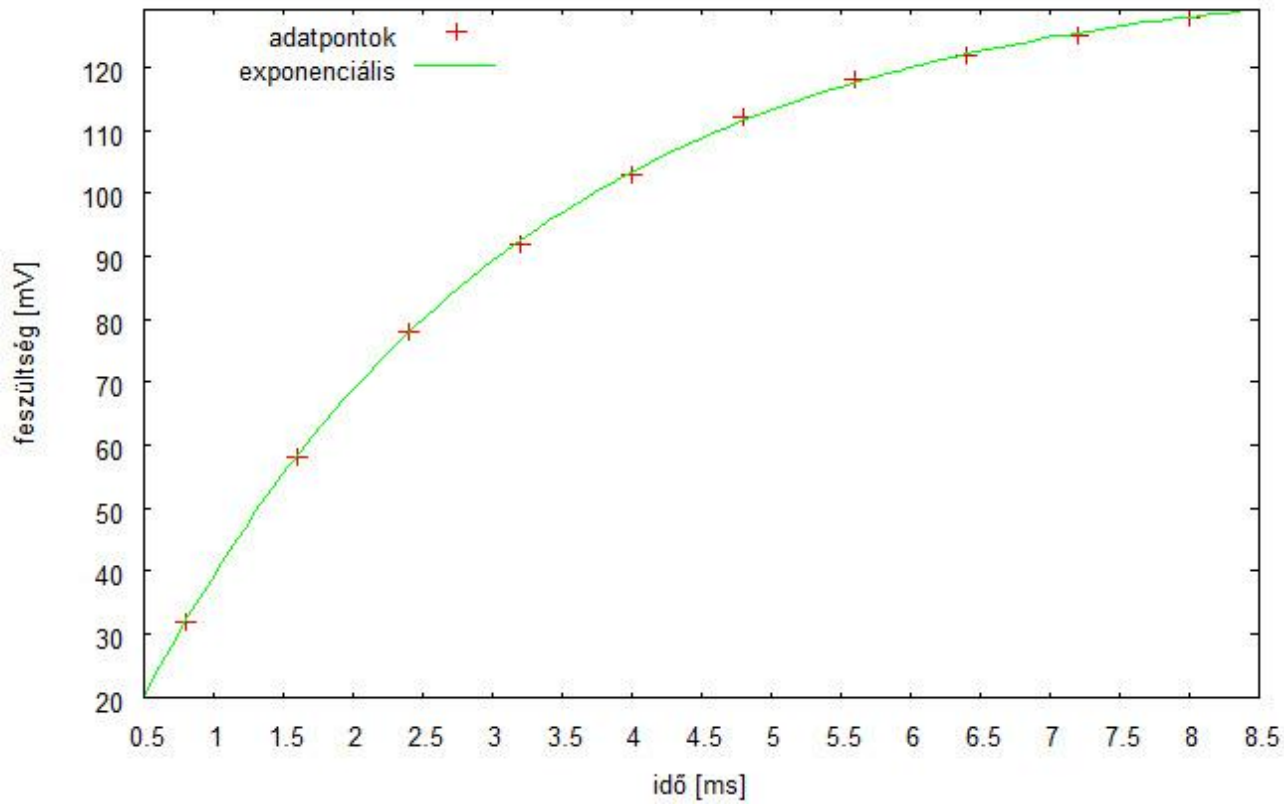
A nyolc mérési pont átlagos árama: $I_{Föld} = 11{,}7 \pm 0{,}5\ mA$

Az ebből számolt tér: $B_{Föld} = (8{,}7 \pm 0{,}3) \times 10^{-6}\ T$

A giromágneses faktorok mérése





Relaxáció

Telítődés