

Oddělení fyzikálních praktik při Kabinetu výuky obecné fyziky MFF UK

PRAKTIKUM IV

Úloha č.: A13

Název: Určenie merného náboja elektrónu z charakteristík magnetrónu

Vypracoval: Viktor Babjak.....stud. sk. F3..... dne: 16. 10. 2006

Odevzdal dne:

Hodnocení:

Připomínky:

kapitola referátu	možný počet bodů	udělený počet bodů
Teoretická část	0 - 3	
Výsledky měření	0 - 10	
Diskuse výsledků	0 - 4	
Závěr	0 - 2	
Seznam použité literatury	0 - 1	
Celkem	max. 20	

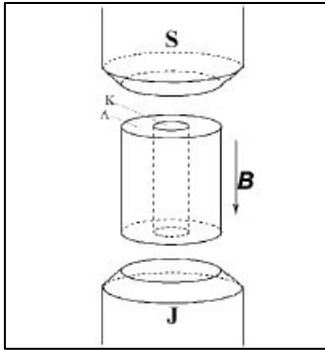
Posuzoval:.....

dne:.....

Pracovné úlohy:

1. Zmerajte charakteristiky magnetrónu pri konštantnom anódovom napätí U_A , t.j. zmerajte závislosť $I_A = I_A(B)$. Meranie prevádzajte pre $U_A = 20\text{ V}, 40\text{ V}, 60\text{ V}, 80\text{ V}, 100\text{ V}$.
2. Zmerajte charakteristiky magnetrónu pri konštantnom magnetickom poli, t.j. zmerajte závislosť $I_A = I_A(U_A)$. Meranie prevádzajte pre tieto hodnoty magnetizačného prúdu I_{mag} : $0\text{ A}; 0,5\text{ A}; 1,0\text{ A}; 1,5\text{ A}; 2,0\text{ A}$.
3. Namerané údaje spracujte graficky. Diskutujte možné spôsoby určenia kritických hodnôt napätia $U_{A,kr}$ a magnetickej indukcie B_{kr} . Z odčítaných kritických hodnôt vypočítajte merný náboj elektrónu a diskutujte presnosť výsledkov.

Teoretická časť:



Obrázok 1 - Magnetrón

Magnetrón je elektrónka vložená do homogénneho magnetického poľa. Skladá sa z dvoch elektród, medzi ktorými je vákuum. Valcová elektróda je vnútri soosej valcovej anódy. Elektróny emitované z katódy sú urýchľované elektrickým potenciálom (napätím U_A) k anóde a zároveň na ne pôsobí magnetické pole, ktoré je rovnobežné s osou elektród (t.j. v ideálnom prípade kolmé k dráhe elektrónov). Dráha elektrónov sa podľa vzťahu pre Lorentzovu silu stáča do kružníc. Pri určitej kritickej hodnote magnetickej indukcie B_{kr} sú trajektórie natoľko stočené, že elektróny ku anóde nedoletia a prúd skokovo prejde k nule.

Skoková premena platí iba pre idealizovaný model magnetrónu, v reálnej situácii sa dosiahnutie B_{kr} prejaví iba rýchlym poklesom I_A (v idealizovanom modeli sa predpokladá, že elektróny vystupujú z katódy s nulovou rýchlosťou, neuvažuje sa deformácia elektrického poľa na okrajoch elektród, atď.).

Na vytvorenie homogénneho magnetického poľa sa používajú dve cievky v Helmholtzovom usporiadaní. V našom prípade sa nedajú zanedbať rozmery vinutia cievky. Pre veľkosť magnetickej indukcie cievok B platí, vid' [1]

$$B = \frac{8}{5\sqrt{5}} m_0 \frac{NI_{mag}}{r_0} \left(1 - \frac{b^2}{15r_0^2} \right), \quad (1)$$

kde N je počet závitov jednej cievky, I_{mag} magnetizačný prúd, r_0 stredný polomer cievky, $2b$ hrúbka vinutia.

Z priebehu nameraných charakteristík magnetrónu $I_A(B)$ pri konštantnom napätí U_A a $I_A(U_A)$ pri konštantnej indukcii B môžeme určiť dvojice hodnôt $U_{A,kr}$ a B_{kr} , t.j. hodnoty, pri ktorých dochádza k prudkej zmene I_A . Ak poznáme kritické hodnoty $U_{A,kr}$ a B_{kr} , tak môžeme určiť merný náboj elektrónu (pomer absolútnej hodnoty jeho náboja e a hmotnosti m_e), vid' [1]

$$\frac{e}{m_e} = \frac{8U_{A,kr}}{B_{kr}^2 r_A^2 \left(1 - \frac{r_K^2}{r_A^2} \right)^2}, \quad (2)$$

kde r_A, r_K sú polomery anódy a katódy.

Výsledky meraní:

Parametre aparátúry:

- $r_A = 5,00\text{ mm}$
- $r_K = 0,19\text{ mm}$
- $N = 630$
- $r_0 = 75\text{ mm}$
- $b = 15\text{ mm}$

Parametre meracích prístrojov:

- voltmeter: $\pm 0,5\%$ z meranej hodnoty ± 3 digit
- ampérmeter (maximálny rozsah 10 A): $\pm 2,0\%$ z meranej hodnoty ± 5 digit

Najprv som premeral charakteristiku magnetrómu pri konštantnom anódovom napätí $I_A(B)$ (20 V, 40 V, 60 V, 80 V a 100 V). Namerané hodnoty sú uvedené v *tabuľkách 1 – 5* a sú zobrazené v *grafe 1*.

Podobným spôsobom som premeral charakteristiku magnetrómu pri konštantnom magnetizačnom prúde, t.j. závislosť $I_A = I_A(U_A)$ pre hodnoty magnetizačného prúdu I_{mag} : 0 A; 0,5 A; 1,0 A; 1,5 A; 2,0 A. Zvoleným hodnotám magnetizačného prúdu zodpovedajú hodnoty magnetickej indukcie uvedené v *tabuľke 6*. Namerané hodnoty sú uvedené v *tabuľkách 7 – 11* a sú zobrazené v *grafe 2*.

Z nameraných závislosti som určil kritické hodnoty $U_{A,kr}$ a B_{kr} – je to hodnota, kde má závislosť najväčší sklon. Metódy určenia týchto hodnôt:

- Vyberieme dva body, ktoré sú najbližšie stredy skoku v nameranej závislosti. Za kritickú hodnotu potom zoberieme bod uprostred medzi nimi.
- Ďalšou možnosťou určenia kritického bodu je identifikovať začiatok a koniec skokového nárastu (resp. poklesu) prúdu I_A a za kritickú hodnotu potom vziať stred ich vzdialenosti.

Z nameraných závislosti je určenie začiatku a konca skoku veľmi nepresné, a preto kritické hodnoty $U_{A,kr}$ a B_{kr} som určil prvým spôsobom.

V *tabuľke 12* sú uvedené odčítané kritické hodnoty. V *grafe 3* je uvedená závislosť B_{kr}^2 na $U_{A,kr}$. Podľa vzťahu (2) plynie, že tieto hodnoty majú zachovávať stály pomer, t.j. pomocou lineárnej regresie (pomocou programu *Origin*) môžeme určiť merný náboj elektrónu

$$\frac{e}{m_e} = (1,72 \pm 0,03) \cdot 10^{11} \text{ C.kg}^{-1}.$$

Relatívna chyba merného náboja elektrónu je rovnaká ako relatívna chyba koeficientu úmernosti v lineárnej regresii.

Diskusia:

Závislosť $I_A(B)$ pre konštantné napätie U_A mala predpokladaný priebeh, t.j. najprv bol prúd I_A konštantný a potom nasledoval prudký pokles, ktorý sa postupne spomaľoval. Určenie kritickej hodnoty B_{kr} v týchto závislostiach je pomerne presné.

Závislosť $I_A(U)$ pre konštantnú magnetickej indukciu mala takisto predpokladaný priebeh, t.j. od určitého napätia došlo k výraznejšiemu nárastu prúdu – táto zmena nebola taká prudká ako v predchádzajúcej závislosti. Určenie kritických bodov $U_{A,kr}$ zo závislosti $I_A(U_A)$ pre konštantnú magnetickej indukciu B bolo zložitejšie. Zmena hodnôt nie je tak rýchla ako pri charakteristike s konštantným napätím U_A .

Odčítanie kritických hodnôt napätia, magnetickej indukcie a určenie merného náboja je zaťažené najväčšou chybou, keď krivka nemá ostrý nárast, resp. spád. Je to spôsobené napr. zanedbaním výstupnej rýchlosti elektrónu z katódy, aproximáciou elektrického poľa na pole radiálne, nepresnosť nastavenia osy elektrónky a smeru magnetickej indukcie.

Zmeraná hodnota $\frac{e}{m_e} = (1,72 \pm 0,03) \cdot 10^{11} \text{ C.kg}^{-1}$ približne zodpovedá hodnote uvádzanej

v *tabuľkách* $\frac{e}{m_e} = 1,758 \cdot 10^{11} \text{ C.kg}^{-1}$.

Záver:

Zmeral som charakteristiky magnetrómu $I_A = I_A(B)$ pri konštantnom anódovom napätí U_A a závislosť $I_A = I_A(U_A)$ pri konštantnom magnetizačnom prúde I_{mag} . Určil som kritické hodnoty anódového napätia $U_{A,kr}$ a magnetickej indukcie B_{kr} . Z nameraných hodnôt som určil merný náboj elektrónu

$$\frac{e}{m_e} = (1,72 \pm 0,03) \cdot 10^{11} \text{ C.kg}^{-1}$$

Literatúra:

- [1] Študijný text k úlohe A14; <http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/>
 [2] English, J.; Zpracování výsledků fyzikálních měření, Praha, 1999

Tabuľka 1 – Závislosť $I_A = I_A(B)$ pri $U = 20V$

$I_m[A]$	$DI_m[A]$	$B [mT]$	$DB [mT]$	$I_a[mA]$	$DI_a[mA]$
0,067	0,006	0,5	0,1	182	4
0,083	0,007	0,6	0,1	182	4
0,098	0,007	0,7	0,1	184	4
0,150	0,008	1,1	0,1	184	4
0,240	0,010	1,8	0,1	182	4
0,300	0,011	2,3	0,1	181	4
0,400	0,013	3,0	0,1	184	4
0,409	0,013	3,1	0,1	175	4
0,416	0,013	3,1	0,1	176	4
0,427	0,014	3,2	0,1	174	4
0,473	0,014	3,6	0,2	171	4
0,493	0,015	3,7	0,2	171	4
0,526	0,016	4,0	0,2	170	4
0,55	0,016	4,1	0,2	172	4
0,588	0,017	4,4	0,2	169	4
0,612	0,017	4,6	0,2	170	4
0,66	0,018	5,0	0,2	170	4
0,701	0,019	5,3	0,2	168	4
0,727	0,020	5,5	0,2	169	4
0,768	0,020	5,8	0,2	161	4
0,779	0,021	5,9	0,2	149	4
0,785	0,021	5,9	0,2	139	4
0,793	0,021	6,0	0,2	120	4
0,803	0,021	6,0	0,2	84	4
0,815	0,021	6,1	0,2	46	3
0,833	0,022	6,3	0,2	19	3
0,848	0,022	6,4	0,3	13	3
0,867	0,022	6,5	0,3	9	3
0,884	0,023	6,7	0,3	6	3
0,899	0,023	6,8	0,3	4	3
0,912	0,023	6,9	0,3	3	3
0,941	0,024	7,1	0,3	2	3
0,966	0,024	7,3	0,3	1	3
1,008	0,025	7,6	0,3	0	3

Tabuľka 2 – Závislosť $I_A = I_A(B)$ pri $U = 40V$

$I_m[A]$	$DI_m[A]$	$B [mT]$	$DB [mT]$	$I_a[mA]$	$DI_a[mA]$
0	0,005	0,0	0,0	328	6
0,042	0,006	0,3	0,0	331	6
0,12	0,007	0,9	0,1	335	6
0,173	0,008	1,3	0,1	330	6
0,218	0,009	1,6	0,1	332	6
0,252	0,010	1,9	0,1	329	6
0,282	0,011	2,1	0,1	328	6
0,305	0,011	2,3	0,1	328	6
0,334	0,012	2,5	0,1	320	6
0,364	0,012	2,7	0,1	320	6

0,398	0,013	3,0	0,1	319	6
0,449	0,014	3,4	0,2	324	6
0,481	0,015	3,6	0,2	326	6
0,517	0,015	3,9	0,2	329	6
0,58	0,017	4,4	0,2	315	6
0,628	0,018	4,7	0,2	314	6
0,724	0,019	5,5	0,2	328	6
0,886	0,023	6,7	0,3	321	6
0,989	0,025	7,4	0,3	315	6
1,079	0,027	8,1	0,3	312	5
1,107	0,027	8,3	0,3	305	5
1,116	0,027	8,4	0,3	285	5
1,135	0,028	8,5	0,3	240	5
1,158	0,028	8,7	0,3	93	4
1,161	0,028	8,7	0,3	85	4
1,186	0,029	8,9	0,3	36	3
1,202	0,029	9,1	0,3	29	3
1,211	0,029	9,1	0,3	26	3
1,233	0,030	9,3	0,3	19	3
1,258	0,030	9,5	0,4	12	3
1,296	0,031	9,8	0,4	8	3
1,311	0,031	9,9	0,4	7	3
1,324	0,031	10,0	0,4	6	3
1,347	0,032	10,1	0,4	4	3
1,361	0,032	10,3	0,4	4	3
1,393	0,033	10,5	0,4	2	3
1,43	0,034	10,8	0,4	1	3
1,481	0,035	11,2	0,4	0	3

Tabuľka 3 – Závislosť $I_A = I_A(B)$ pri $U = 60V$

$I_m[A]$	$DI_m[A]$	$B [mT]$	$DB [mT]$	$I_a[mA]$	$DI_a[mA]$
0	0,005	0,0	0,0	404	6
0,072	0,006	0,5	0,1	417	6
0,192	0,009	1,4	0,1	414	6
0,263	0,010	2,0	0,1	409	6
0,291	0,011	2,2	0,1	406	6
0,325	0,012	2,4	0,1	409	6
0,357	0,012	2,7	0,1	408	6
0,39	0,013	2,9	0,1	412	6
0,439	0,014	3,3	0,1	405	6
0,494	0,015	3,7	0,2	408	6
0,573	0,016	4,3	0,2	415	6
0,646	0,018	4,9	0,2	408	6
0,708	0,019	5,3	0,2	407	6
0,775	0,021	5,8	0,2	406	6
0,835	0,022	6,3	0,2	406	6
0,904	0,023	6,8	0,3	406	6
1,038	0,026	7,8	0,3	410	6
1,151	0,028	8,7	0,3	402	6
1,229	0,030	9,3	0,3	394	6
1,261	0,030	9,5	0,4	396	6
1,339	0,032	10,1	0,4	390	6
1,354	0,032	10,2	0,4	386	6
1,37	0,032	10,3	0,4	373	6
1,391	0,033	10,5	0,4	329	6
1,402	0,033	10,6	0,4	303	5
1,408	0,033	10,6	0,4	240	5
1,419	0,033	10,7	0,4	160	4
1,423	0,033	10,7	0,4	139	4

1,433	0,034	10,8	0,4	102	4
1,447	0,034	10,9	0,4	82	4
1,451	0,034	10,9	0,4	78	4
1,48	0,035	11,1	0,4	53	3
1,494	0,035	11,3	0,4	46	3
1,526	0,036	11,5	0,4	32	3
1,573	0,036	11,8	0,4	20	3
1,597	0,037	12,0	0,4	17	3
1,644	0,038	12,4	0,5	11	3
1,68	0,039	12,7	0,5	8	3
1,696	0,039	12,8	0,5	5	3
1,76	0,040	13,3	0,5	2	3
1,785	0,041	13,4	0,5	1	3
1,87	0,042	14,1	0,5	1	3
1,977	0,045	14,9	0,5	0	3

Tabuľka 4 – Závislosť $I_A = I_A(B)$ pri $U = 80V$

$I_m[A]$	$DI_m[A]$	$B [mT]$	$DB [mT]$	$I_a[mA]$	$DI_a[mA]$
0	0,005	0,0	0,0	446	7
0,059	0,00618	0,4	0,1	449	7
0,161	0,00822	1,2	0,1	448	7
0,225	0,0095	1,7	0,1	450	7
0,32	0,0114	2,4	0,1	439	7
0,404	0,01308	3,0	0,1	442	7
0,461	0,01422	3,5	0,2	447	7
0,495	0,0149	3,7	0,2	444	7
0,535	0,0157	4,0	0,2	454	7
0,606	0,01712	4,6	0,2	451	7
0,707	0,01914	5,3	0,2	449	7
0,77	0,0204	5,8	0,2	440	7
0,816	0,02132	6,1	0,2	449	7
0,873	0,02246	6,6	0,3	457	7
0,942	0,02384	7,1	0,3	447	7
1,057	0,02614	8,0	0,3	444	7
1,096	0,02692	8,3	0,3	449	7
1,145	0,0279	8,6	0,3	446	7
1,234	0,02968	9,3	0,3	437	6
1,274	0,03048	9,6	0,4	436	6
1,34	0,0318	10,1	0,4	440	7
1,426	0,03352	10,7	0,4	442	7
1,528	0,03556	11,5	0,4	434	6
1,553	0,03606	11,7	0,4	435	6
1,567	0,03634	11,8	0,4	418	6
1,576	0,03652	11,9	0,4	410	6
1,593	0,03686	12,0	0,4	382	6
1,605	0,0371	12,1	0,4	365	6
1,629	0,03758	12,3	0,4	194	5
1,639	0,03778	12,3	0,5	186	4
1,659	0,03818	12,5	0,5	129	4
1,692	0,03884	12,7	0,5	106	4
1,708	0,03916	12,9	0,5	90	4
1,736	0,03972	13,1	0,5	66	4
1,756	0,04012	13,2	0,5	58	3
1,786	0,04072	13,5	0,5	42	3
1,826	0,04152	13,8	0,5	35	3
1,845	0,0419	13,9	0,5	31	3
1,873	0,04246	14,1	0,5	29	3
1,916	0,04332	14,4	0,5	23	3
1,932	0,04364	14,6	0,5	22	3

1,956	0,04412	14,7	0,5	11	3
1,974	0,04448	14,9	0,5	7	3
1,996	0,04492	15,0	0,5	4	3
2,03	0,0456	15,3	0,5	3	3
2,069	0,04638	15,6	0,6	2	3
2,109	0,04718	15,9	0,6	2	3
2,163	0,04826	16,3	0,6	1	3
2,227	0,04954	16,8	0,6	1	3

Tabuľka 5 – Závislosť $I_A = I_A(B)$ pri $U = 100V$

$I_m[A]$	$DI_m[A]$	$B [mT]$	$DB [mT]$	$I_a[mA]$	$DI_a[mA]$
0	0,005	0,0	0,0	478	7
0,077	0,007	0,6	0,1	466	7
0,172	0,008	1,3	0,1	462	7
0,291	0,011	2,2	0,1	482	7
0,357	0,012	2,7	0,1	486	7
0,432	0,014	3,3	0,1	473	7
0,518	0,015	3,9	0,2	462	7
0,638	0,018	4,8	0,2	456	7
0,741	0,020	5,6	0,2	464	7
0,836	0,022	6,3	0,2	475	7
0,967	0,024	7,3	0,3	465	7
1,043	0,026	7,9	0,3	454	7
1,149	0,028	8,7	0,3	461	7
1,251	0,030	9,4	0,4	471	7
1,325	0,032	10,0	0,4	476	7
1,417	0,033	10,7	0,4	477	7
1,532	0,036	11,5	0,4	477	7
1,679	0,039	12,6	0,5	474	7
1,751	0,040	13,2	0,5	450	7
1,777	0,041	13,4	0,5	446	7
1,781	0,041	13,4	0,5	431	6
1,799	0,041	13,6	0,5	402	6
1,814	0,041	13,7	0,5	380	6
1,821	0,041	13,7	0,5	373	6
1,839	0,042	13,9	0,5	222	5
1,845	0,042	13,9	0,5	194	5
1,865	0,042	14,0	0,5	154	4
1,9	0,043	14,3	0,5	135	4
1,926	0,044	14,5	0,5	122	4
1,96	0,044	14,8	0,5	106	4
2,001	0,045	15,1	0,5	63	4
2,054	0,046	15,5	0,6	57	3
2,073	0,046	15,6	0,6	55	3
2,102	0,047	15,8	0,6	43	3
2,17	0,048	16,3	0,6	33	3
2,2	0,049	16,6	0,6	15	3
2,208	0,049	16,6	0,6	12	3

Tabuľka 6 – Použité magnetizačné prúdy a im zodpovedajúce magnetické indukcie

$I_m[A]$	$DI_m[A]$	$B [mT]$	$DB [mT]$
0,503	0,015	3,8	0,2
1,008	0,025	7,6	0,3
1,497	0,035	11,3	0,4
2,007	0,045	15,1	0,5

Tabuľka 7 – Závislosť $I_A = I_A(U_A)$ pri $I_{mag} = 0A$

$U[V]$	$DU[V]$	$I_a[mA]$	$DI_a[mA]$
0	0,3	1	3
1,3	0,3	5	3
2,3	0,3	10	3
3,4	0,3	18	3
4,4	0,3	26	3
5,7	0,3	40	3
6,4	0,3	47	3
6,8	0,3	52	3
7,8	0,3	65	4
8,7	0,3	77	4
9,6	0,3	88	4
10,5	0,4	98	4
11,2	0,4	105	4
11,9	0,4	112	4
12,4	0,4	118	4
14	0,4	131	4
15,4	0,4	142	4
16,5	0,4	151	4
17,2	0,4	157	4
18,6	0,4	167	4
20,1	0,4	179	4
21,4	0,4	188	5
22,4	0,4	197	5
26,9	0,4	234	5
30	0,5	255	5
33,1	0,5	289	5
37,8	0,5	318	6
41,5	0,5	342	6
46,3	0,5	361	6
51,1	0,6	376	6
52,9	0,6	383	6
57,3	0,6	398	6
61	0,6	408	6
64	0,6	418	6
67,8	0,6	432	6
71,2	0,7	430	6
76,6	0,7	433	6
80,3	0,7	432	6
84,7	0,7	450	7
88,1	0,7	456	7
93,3	0,8	459	7
100,3	0,8	465	7

Tabuľka 8 – Závislosť $I_A = I_A(U_A)$ pri $I_{mag} = 0,503A$

$U[V]$	$DU[V]$	$I_a[mA]$	$DI_a[mA]$
0	0,3	0	3
1,4	0,3	0	3
2,5	0,3	0	3
3,6	0,3	0	3
4,3	0,3	0	3
5,7	0,3	1	3
6,4	0,3	2	3
6,9	0,3	6	3
7,3	0,3	13	3
7,8	0,3	26	3
8,2	0,3	44	3

8,5	0,3	54	3
8,9	0,3	64	4
9,6	0,3	74	4
10	0,4	81	4
10,5	0,4	88	4
10,9	0,4	91	4
11,6	0,4	99	4
12,3	0,4	108	4
12,8	0,4	111	4
13,9	0,4	123	4
14,6	0,4	128	4
16,2	0,4	138	4
17,1	0,4	146	4
18,9	0,4	163	4
19,8	0,4	170	4
22,1	0,4	183	4
24,3	0,4	204	5
26,4	0,4	217	5
29,1	0,4	235	5
31,2	0,5	256	5
35,1	0,5	288	5
38,3	0,5	311	5
42,6	0,5	325	6
47,5	0,5	350	6
53,6	0,6	379	6
58,9	0,6	399	6
63,8	0,6	402	6
69,3	0,6	413	6
75,5	0,7	413	6
80,7	0,7	433	6
86	0,7	445	7
92,2	0,8	451	7
100,6	0,8	457	7

Tabuľka 9 – Závislosť $I_A = I_A(U_A)$ pri $I_{mag} = 1,008A$

$U[V]$	$DU[V]$	$I_a[mA]$	$DI_a[mA]$
0	0,3	0	3
2,3	0,3	0	3
4,1	0,3	0	3
5,9	0,3	0	3
11	0,4	0	3
17,4	0,4	0	3
20,1	0,4	0	3
21,2	0,4	1	3
23,6	0,4	3	3
26,3	0,4	9	3
29,3	0,4	28	3
29,6	0,4	34	3
29,9	0,4	44	3
31	0,5	116	4
31,6	0,5	175	4
32,1	0,5	215	5
33,3	0,5	252	5
33,4	0,5	255	5
33,8	0,5	262	5
34,9	0,5	285	5
37,2	0,5	306	5
39,6	0,5	321	6
41,5	0,5	335	6

43,3	0,5	343	6
47,2	0,5	355	6
50,5	0,6	360	6
54,6	0,6	382	6
60,3	0,6	395	6
65,7	0,6	412	6
70,7	0,7	422	6
75,4	0,7	436	6
81,6	0,7	446	7
85,2	0,7	445	7
89,6	0,7	453	7
95,2	0,8	459	7
101,1	0,8	470	7

Tabuľka 10 – Závislosť $I_A = I_A(U_A)$ pri $I_{mag} = 1,497 A$

$U[V]$	$DU[V]$	$I_a[mA]$	$DI_a[mA]$
0	0,3	0	3
40,8	0,5	0	3
41,7	0,5	1	3
44,7	0,5	1	3
46,4	0,5	2	3
48,2	0,5	5	3
50,3	0,6	5	3
52,9	0,6	13	3
55,2	0,6	17	3
57,5	0,6	27	3
60,4	0,6	46	3
61,2	0,6	51	3
63,4	0,6	79	4
64,9	0,6	96	4
66,2	0,6	138	4
66,7	0,6	165	4
67,8	0,6	273	5
70,4	0,7	353	6
72,4	0,7	405	6
73,8	0,7	411	6
76,5	0,7	421	6
79,5	0,7	427	6
84,2	0,7	420	6
88,1	0,7	432	6
94,6	0,8	459	7
99,4	0,8	463	7
104,8	0,8	462	7
110,1	0,9	468	7
114,8	0,9	482	7

Tabuľka 11 – Závislosť $I_A = I_A(U_A)$ pri $I_{mag} = 2,007 A$

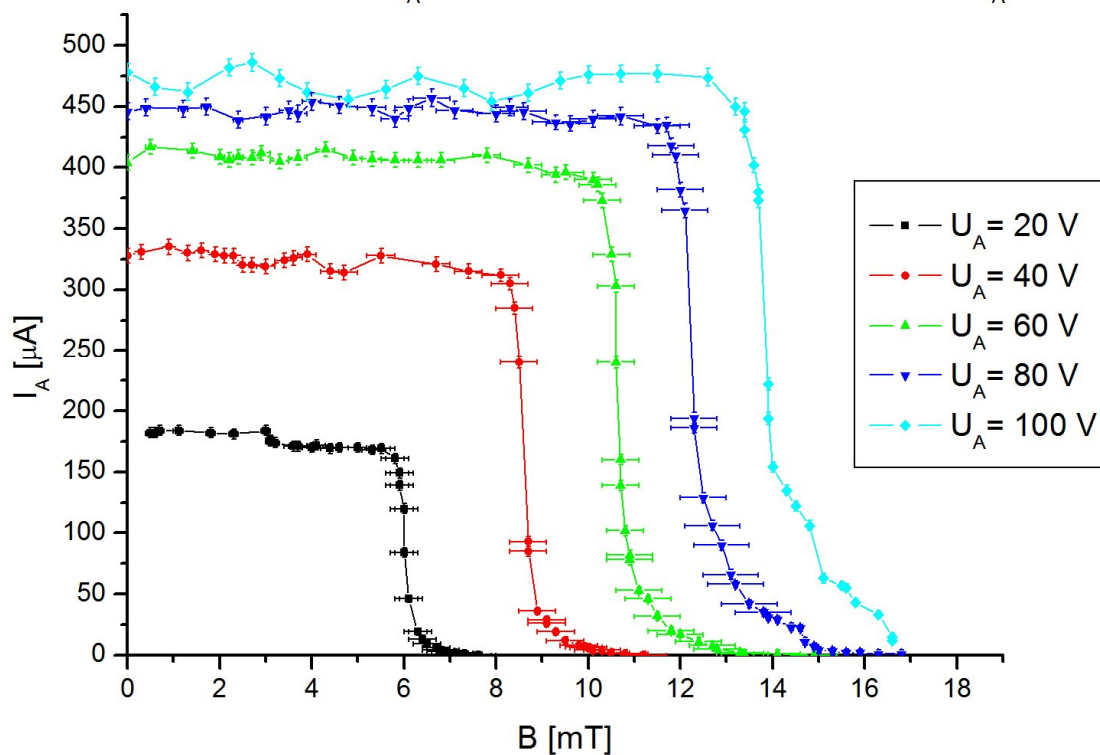
$U[V]$	$DU[V]$	$I_a[mA]$	$DI_a[mA]$
0	0,3	0	3
62,3	0,6	0	3
65,8	0,6	1	3
69	0,6	1	3
71,6	0,7	1	3
76,9	0,7	3	3
79,6	0,7	4	3
82,2	0,7	8	3
84,6	0,7	22	3
87,1	0,7	30	3

88,9	0,7	32	3
92,8	0,8	44	3
95,9	0,8	53	3
99,9	0,8	64	4
101	0,8	75	4
104,5	0,8	120	4
106,7	0,8	131	4
108,6	0,8	140	4
110,8	0,9	152	4
112,1	0,9	157	4
113,7	0,9	166	4
114,5	0,9	188	5
115,7	0,9	216	5
117,5	0,9	354	6
120,3	0,9	394	6
121,9	0,9	446	7
124,4	0,9	464	7
128,7	0,9	467	7
130,6	1,0	475	7

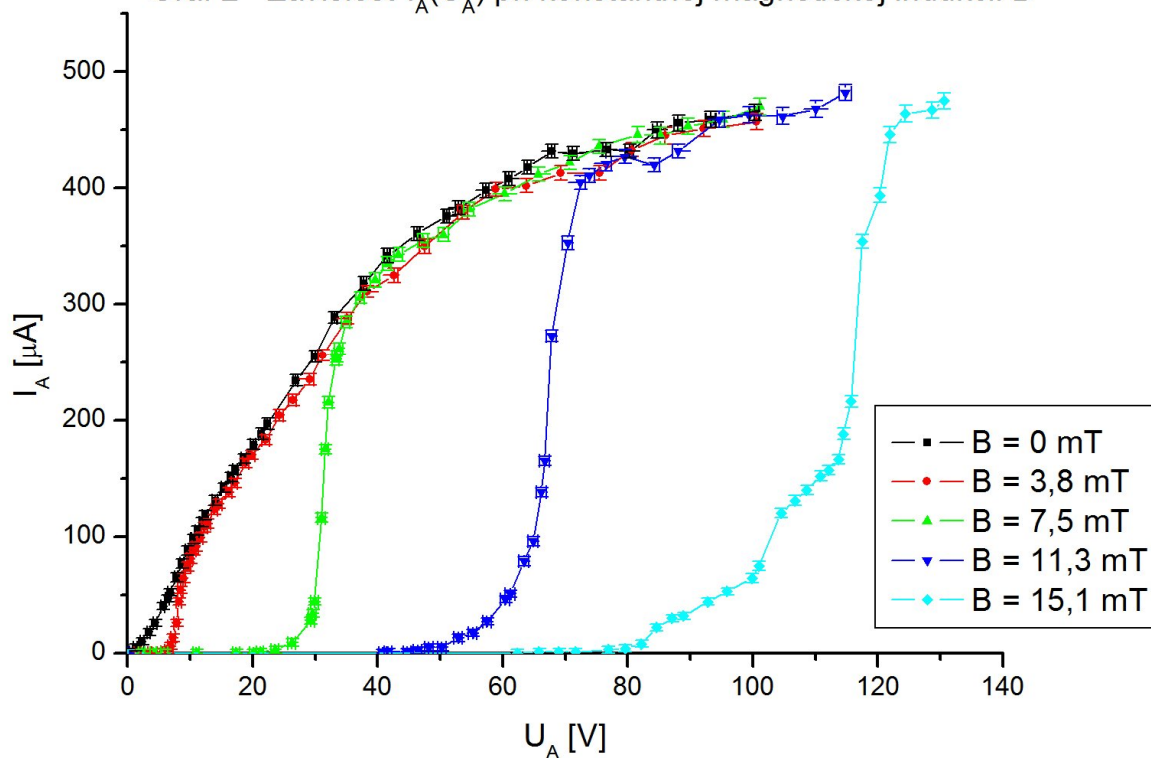
Tabuľka 12 – Kritické hodnoty napätia a magnetickej indukcie

U [V]	B [mT]	B^2 [μT^2]
$20,0 \pm 0,4$	$6,0 \pm 0,2$	$36,0 \pm 2,4$
$40,0 \pm 0,5$	$8,6 \pm 0,3$	$74,0 \pm 5,2$
$60,0 \pm 0,6$	$10,7 \pm 0,4$	$114,5 \pm 8,6$
$80,0 \pm 0,7$	$12,2 \pm 0,4$	$148,8 \pm 12,2$
$100,0 \pm 0,8$	$13,8 \pm 0,5$	$190,4 \pm 19,3$
8 ± 1	$3,8 \pm 0,1$	$14,4 \pm 1,5$
32 ± 2	$7,6 \pm 0,2$	$57,8 \pm 1,5$
68 ± 3	$11,3 \pm 0,2$	$127,7 \pm 4,5$
110 ± 5	$15,1 \pm 0,3$	$228,0 \pm 0,1$

Graf 1 - Závislosť $I_A(B)$ pri konštantnom anódovom napätí U_A



Graf 2 - Závislosť $I_A(U_A)$ pri konštantnej magnetickej indukčii B



Graf 3 - Závislosť B_{kr}^2 na $U_{A,kr}$

