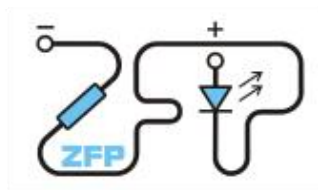


Kabinet výuky obecné fyziky, UK MFF

# Fyzikální praktikum PII



Úloha č. 21

Název úlohy: **Studium hysterese smyček feritů**

Jméno: **Josef Iosephus Kučera**

Obor: **FOF**

Datum měření: **11. 12. 2019**

Datum odevzdání: **viz. internet**

Připomínky opravujícího:

Chybí odkazy na zdroje.

Teorie postrádá logiku.

Chybí výpočet nejistot měření, v grafech nejsou chybové úsečky.

Min. hodnoty  $H_m$  jsou vypočteny špatně.

A asi nebylo ambicí, aby tento text byl seriózní. (?)

Protokol přepracujte a používejte správnou fyzikální terminologii v češtině.

	Možný počet bodů	Udělený počet bodů
Práce při měření	0 - 3	
Teoretická část	0 - 2	0
Výsledky a zpracování měření	0 - 9	2
Diskuse výsledků	0 - 4	0
Závěr	0 - 1	0
Seznam použité literatury	0 - 1	1
Celkem	max. 20	3

Posuzoval: Kekule .....

dne: 19.12.2019 .....

# Pracovní úkol

1. U feritových kroužků I, II a III
  - a. Změřte závislost indukce  $B_m$  a koerzivní síly  $H_c$  na intenzitě magnetického pole  $H_m$  (viz obr. 1 [1]).
  - b. Sledujte základní typy hysterezních smyček v závislosti na intenzitě pole  $H_m$  a zjistěte přibližně, při které intenzitě pole  $H_m$  (nebo v kterém intervalu intenzit polí) jednotlivé typy hysterezních smyček přecházejí jeden v druhý.
2. Okalibrujte aparaturu pomocí střídavého napětí známé velikosti.
3. Výsledky dle bodu 1a) zpracujte tabelárně a graficky.

## Theorie

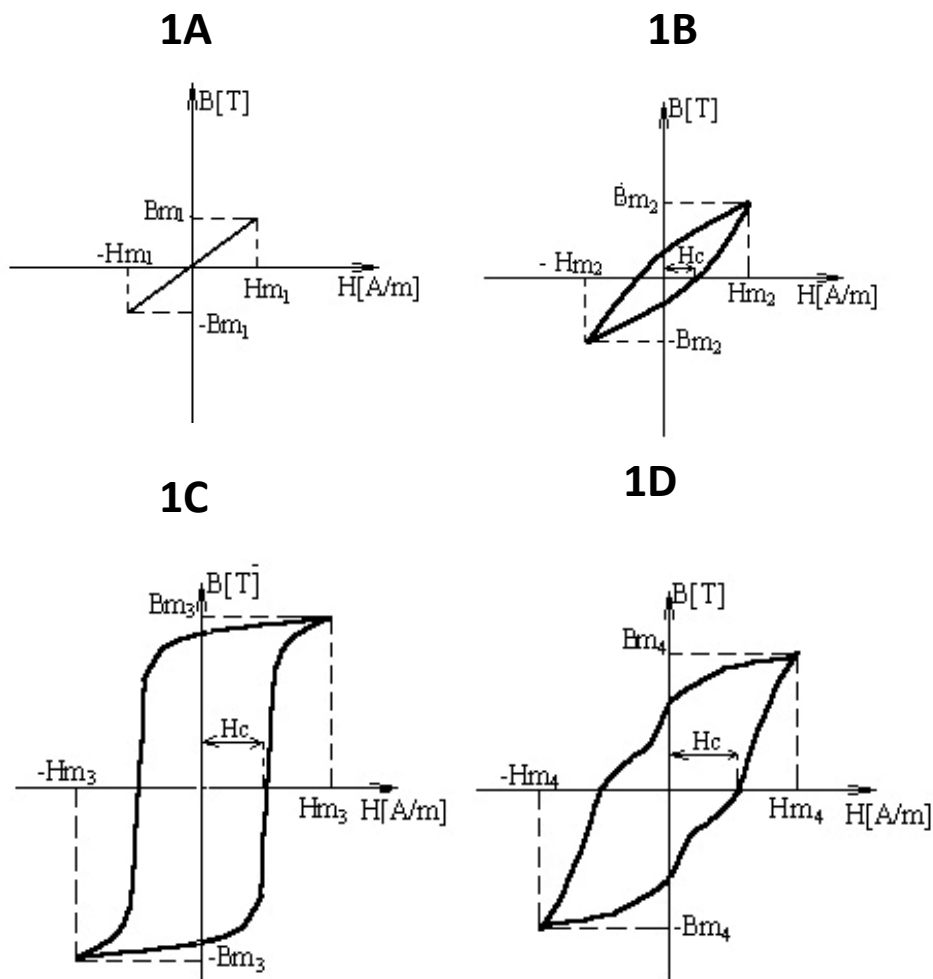
### Ferity

Ferity jsou magnetické oxidy. Na rozdíl od kovových feromagnetik existuje ve feritech antiparalelní uspořádání magnetických momentů na kovových kationtech. Proto v některých feritech se jednotlivé atomové momenty navzájem ruší (antiferomagnetické ferity), zatímco v řadě jiných feritů (ferimagnetických) existují oblasti (domény) se spontánním magnetickým momentem. Podobně jako u kovových feromagnetik dochází zde pod vlivem magnetického pole ke změnám v rozložení domén, což se navenek projevuje magnetizační křivkou a hysterezní smyčkou.

### Hysteresní smyčka

Hysterezní smyčkou nazýváme závislost indukce  $B$  na magnetickém poli  $H$ , při cyklickém přemagnetování mezi poli  $+H_m$  a  $-H_m$ . Poli  $H_m$  (a  $-H_m$ ) odpovídá určitá v tomto poli dosažená indukce  $B_m$  (a  $-B_m$ ). *Pro označování fyz. veličin používáme kurzívu, navíc používejte indexy!*

Podle rozvinutí hysterezní smyčky (tj. podle velikosti pole  $H_m$ ) rozeznáváme tři základní typy hysterezních smyček znázorněných na obr. 1a až 1c.



Chybí odkaz na zdroj obrázku.

Schaema 1:  
 Typy hysteresečních smyček (1A – úsečka; 1B – Rayleighův tvar;  
 1C – normální tvar; 1D – zaškrčený tvar)

## Měření

Na primární vinutí kroužku ( $n_1$  závitů) přivedeme střídavý magnetizační proud  $i$  [2]. Magnetické pole v kroužku počítáme s vyhovující přesností podle vzorce (1) [3]:

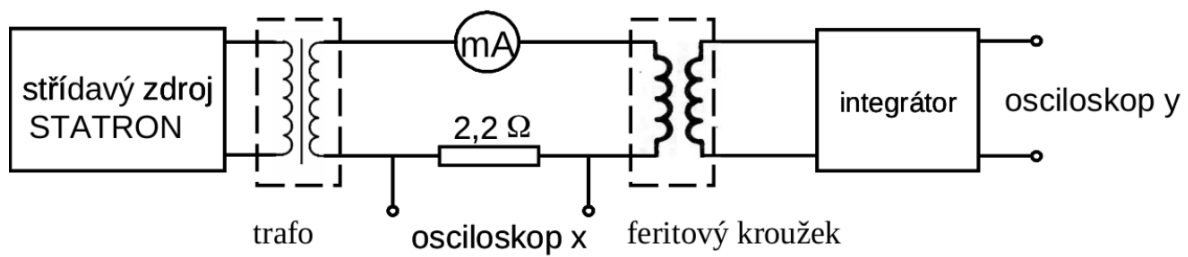
$$H = \frac{n_1 \cdot i}{\pi \cdot d} \quad (1)$$

Kde  $d = (d_1 + d_2)/2$  a  $i$  jest velikost magnetizačního proudu

Odsud vypočítáme hodnoty  $H_m$ , od kterých vypočítáme přenásobením poměry naměřených napětí  $U_{hc}/U_{hm}$  hodnoty koercitivní síly  $H_c$ .

Nedefinoval jste d1 a d2.

Do měřicího obvodu dle Schaematu 2 jsme zapojili postupně 3 různé torroidní cívky.



Chybí odkaz na zdroj obrázku.

Schaema 2: Měřicí obvod

Do toroidních cívek I, II a III jsme pouštěli proud  $i$  z předem vymezeného intervalu hodnot, naše cívky slynuły následujícími vlastnostmi:

Torroidní cívka I.

$i \in \langle 5; 150 \rangle \text{ mA}$  Tohle není vlastnost cívky, ale pokyn v zadání.

$n_1 = 50$  závitů

$n_2 = 6$  závitů

$d_1 = 29,2 \text{ mm}$

$d_2 = 20,75 \text{ mm}$

$v = 4,4 \text{ mm}$

Tady musí být vysvětleno, co to znamená. Zatím jste definoval pouze  $n_1$ .

Torroidní cívka II.

$i \in \langle 30; 250 \rangle \text{ mA}$

$n_1 = 50$  závitů

$n_2 = 6$  závitů

$d_1 = 30,65 \text{ mm}$

$d_2 = 21,8 \text{ mm}$

$v = 4,35 \text{ mm}$

### Torroidní cívka III.

$$i \in \langle 300; 1200 \rangle \text{ mA}$$

$$n_1 = 300 \text{ závitů}$$

$$n_2 = 6 \text{ závitů}$$

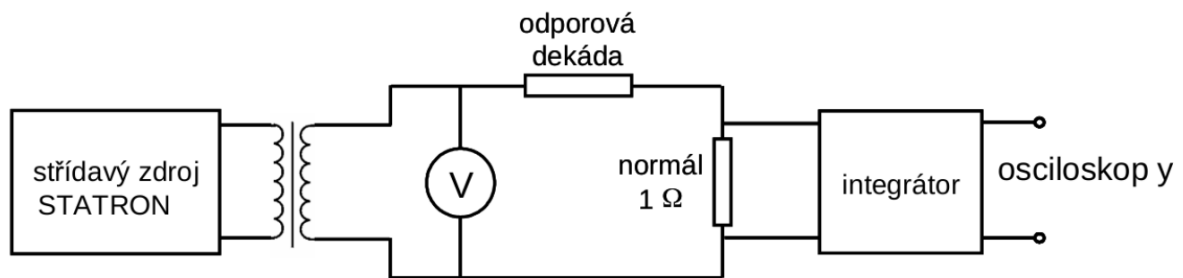
$$d_1 = 31,0 \text{ mm}$$

$$d_2 = 21,8 \text{ mm}$$

$$v = 4,15 \text{ mm}$$

### Kalibrace

Abychom vypočítali kalibrační konstantu  $k$  našeho přístroje a tudíž i správné škálování osy  $y$ , ze kteréžto odečítáme na osciloskopku údaje pro výpočet magnetické indukce  $B_m$ , potřebovali jsme jej okalibrovati. To jsme provedli v obvodu ze Schaematu 3.



Schaema 3: Kalibrační obvod

V kalibračním obvodu (Schaema 3) jsme si dovolili zapojiti odpornou dekádu s hodnotou odporu 999 Ohmů, což jest mimochodem číslo antikristovo překlapano dle osy  $x$ .<sup>\*</sup> Výsledný poměr odporů resistoru normálu (1 Ohm) vůči celkovému odporu v obvodu tak byl rovn 1:1000.

<sup>\*</sup>Vážně si myslíte, že to patří do protokolu, nebo je to test, zda to někdo čte?

Pro samotný výpočet kalibrační konstanty  $k$  jsme použili vzorce (2) [3]:

$$y = k \frac{U_{ef} \sqrt{2}}{\omega} \quad (2)$$

Kde  $y$  jest vzdálenost vrchol-vrchol pro  $B_m$  a  $B_m$  odečtená na osciloskopku,  $U_{ef}$  jest hodnota napětí odečtená z Voltmetru celážto přenásobená poměrem resistance odporů (1:1000) a  $\omega$  fraequence síťového napětí (50 Hz) vynásobená  $2\pi$ .

Indukční tok kroužkem při časové proměně indukci  $B(t)$  jest  $\phi(t) = S \cdot n_2 \cdot B(t)$ , kde  $S$  značí průřez kroužku počítaný z vnějšího ( $d_1$ ) a vnitřního ( $d_2$ ) průměru kroužku a výšky kroužku  $v$  podle vzorce (3) [3]:

$$S = \frac{1}{2}(d_1 - d_2)v \quad (3)$$

Na vstupu integrátorku máme v zapojení podle obr. 2 napětí  $U = - d\Phi/dt$  a na výstupu integrátorku napětí úměrné  $S \cdot n_2 \cdot B(t)$ . V soulase s předchozím výkladem dostáváme pak pro vertikální rozměr  $y$  hysterezní smyčky zobrazené na výstupu osciloskopu vzorec (4) [3]:

$$y = kSn_2B_m \quad (4)$$

Porovnáme-li (2) a (4) vychází [3]:

$$B_m = \frac{U_{ef}\sqrt{2}}{\omega Sn_2} \quad (5)$$

Tím získáme jednu číselnou hodnotu indukce. Ostatní hodnoty indukce jsou této hodnotě indukce úměrné podle relativní velikosti obrázku hysterezní křivky na stínítku osciloskopu.

$$B_m = \frac{U_{bM}k\sqrt{2}}{\omega Sn_2} \quad (6)$$

Kromě mnoha jazykových nesprávností nemá text logiku. Nejdříve píšete o kalibraci, aniž by bylo zřejmé, proč je potřeba. Nepopsal jste samotný princip měření, proč vůbec mají kroužky dvě vinutí, atd.

## Výsledky měření

### 1. Kalibrace přístrojů Vy jste kalibroval přístrojů více?

Naměřili jsme hodnoty uvedené v Tabulce 1 pro vstupní napětí 0,5; 1 a 2V:

**Tabulka 1: Kalibrační hodnoty**

ROZSAH 0,5 V		ROZSAH 1 V		ROZSAH 2 V	
U [mV]	y [cm]	U [mV]	y [cm]	U [mV]	y [cm]
1,001±0,001	3,6±0,2	3,494±0,001	6,2±0,2	6,880±0,001	6,2±0,2
1,926±0,001	6,8±0,2	2,459±0,001	4,4±0,2	5,593±0,001	5,0±0,2

Jak jste určil nejistoty měření?

Odsud jsme dle vzorce (2) vypočítali konstantu k:

Pro ROZSAH 0,5 V k = (7,9±0,1) m/Vs	Pro ROZSAH 1 V k = (4,0±0,1) m/Vs	Pro ROZSAH 2 V k = (2,0±0,1) m/Vs
--	--------------------------------------	--------------------------------------

Jak jste určil nejistoty měření?

## 2. Měření pro cívku I

Při odpovídající... ~~dotavání~~ magnetického proudu  $i$  v měřicím obvodu (Schaema 2) jsme odečítáním z osciloskopu zjistili hodnoty napětí koercitivního  $U_{hc}$ , napětí intesity magnetického pole  $U_{hm}$  a napětí magnetické indukce  $U_{bm}$ . Naměřené hodnoty pro cívku I jsou toliko shrnuty v Tabulce 1:

Tabulka 2: Naměřené hodnoty proudu a napětí pro cívku I

$i$ [mA]	$e$ [mA]	$U_{hc}$ [mV]	$e$ [mV]	$U_{hm}$ [mV]	$e$ [mV]	$U_{bm}$ [mV]	$e$ [mV]
156,8	±0,1	52	±2	480	±20	6400	±200
137,6	±0,1	50	±2	420	±10	6200	±200
101,0	±0,1	48	±2	320	±10	5800	±200
86,1	±0,1	46	±2	270	±5	5500	±200
69,8	±0,1	44	±2	220	±5	5200	±200
45,2	±0,1	36	±1	145	±5	4200	±200
29,7	±0,1	25	±1	96	±2	2900	±100
12,2	±0,1	4	±1	38	±1	900	±50

Co je  $e$ ? Pravděpodobně chyba, ale jaká? Jak je určena?

Dle vzorečku (1) jsme z těchto naměřených hodnot vypočítali intesitu magnetického pole  $H_m$  a z ní pak hodnotu koercitivní síly  $H_c$ . Pomocí kalibrační konstanty a vzorečku (6) konstanty jsme do počítali i hodnoty magnetických indukcí.

Tabulka 3: Vypočtené hodnoty pro cívku I

$H_m$ [A.m <sup>-1</sup> ]	$e$	$H_c$ [A.m <sup>-1</sup> ]	$e$	$B_m$ [T]	$e$
591	±1	64	±1	515	±1
518	±1	62	±1	499	±1
380	±1	57	±1	467	±1
324	±1	55	±1	443	±1
263	±1	53	±1	418	±1
170	±1	42	±1	338	±1
112	±1	29	±1	233	±1
46	±1	5	±1	72	±1

Min. hodnoty  $H_m$  jsou vypočteny špatně.

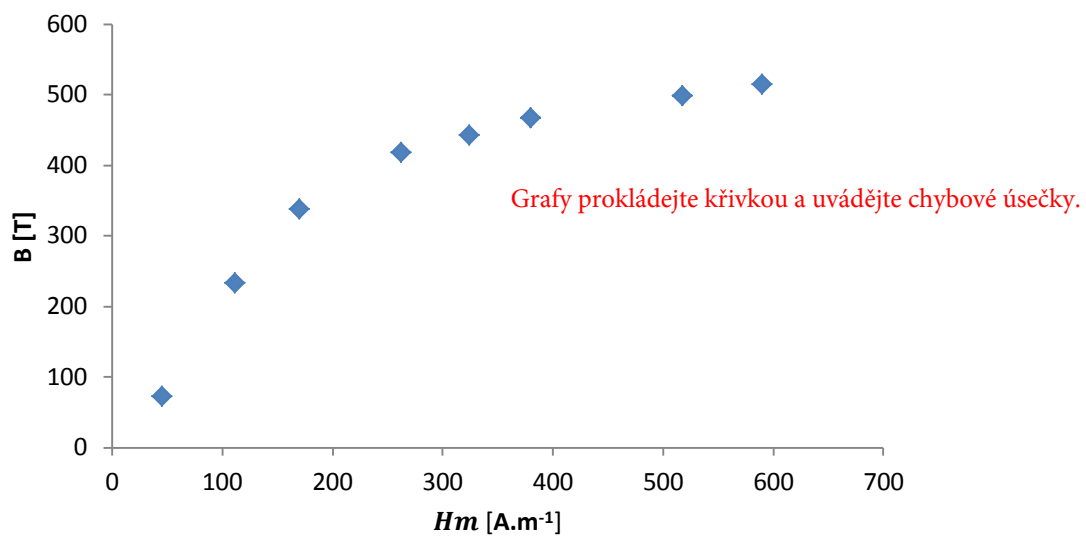
Tvary:

~~Nedošlo k saturaci „nepohyblivost bodu spoje“~~

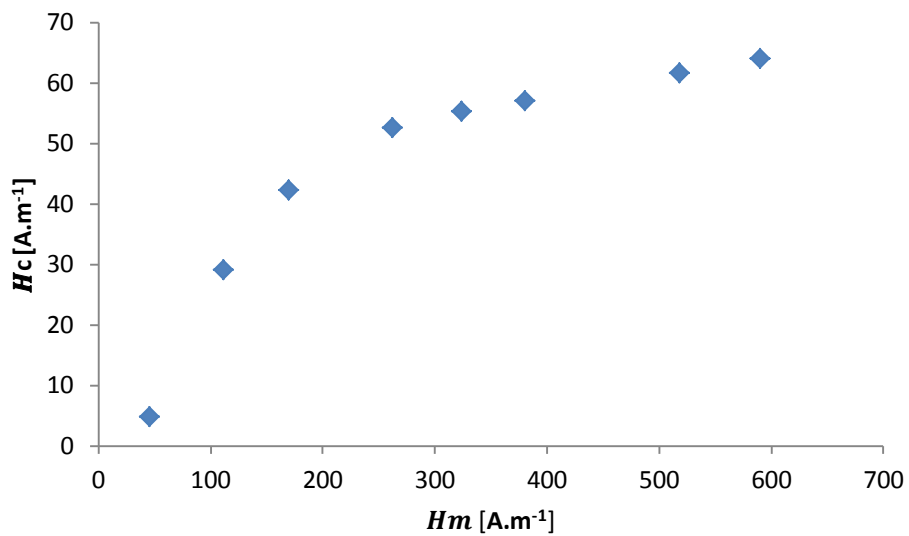
~~Pro  $i = 50$  mA degeneruje v 1B~~

~~Pro  $i = 20$  mA „úsečka čička“ 1A~~

Data z Tabulky 3 jsou graphicky znázorněna v Graphu 1 a 2:



Graph 1: Závislosti pro cívku I



Graph 2: Závislosti pro cívku I



### 3. Měření pro cívku II

Při dodávání magnetického proudu  $i$  v měřicím obvodu (Schaema 2) jsme odečítáním z osciloskopu zjistili hodnoty napětí koercitivního  $U_{hc}$ , napětí intesity magnetického pole  $U_{hm}$  a napětí magnetické indukce  $U_{bm}$ . Naměřené hodnoty pro cívku II jsou takto shrnuty v Tabulce: ?

Tabulka 4: Naměřené hodnoty proudu a napětí pro cívku II

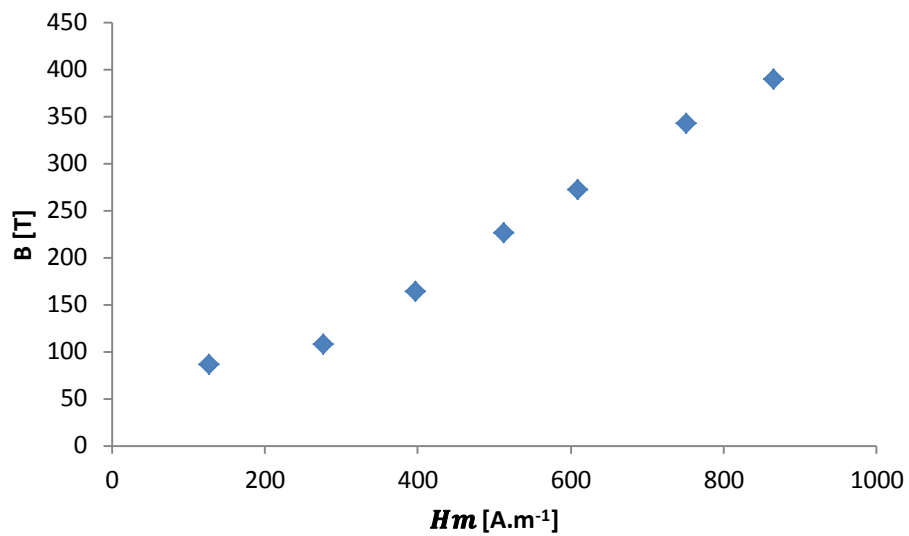
$i$ [mA]	$e$ [mA]	$U_{hc}$ [mV]	$e$ [mV]	$U_{hm}$ [mV]	$e$ [mV]	$U_{bm}$ [mV]	$e$ [mV]
240,9	±0,1	150	±5	740	±20	5000	±200
209,1	±0,1	120	±5	640	±20	4400	±200
169,6	±0,1	85	±5	520	±20	3500	±100
142,5	±0,1	63	±5	430	±10	2900	±100
110,4	±0,1	35	±5	340	±10	2100	±100
77,1	±0,1	10	±5	235	±5	1375	±50
35,4	±0,1	0,0	±0,1	110	±5	1100	±50

Stejně chyby jako výše.

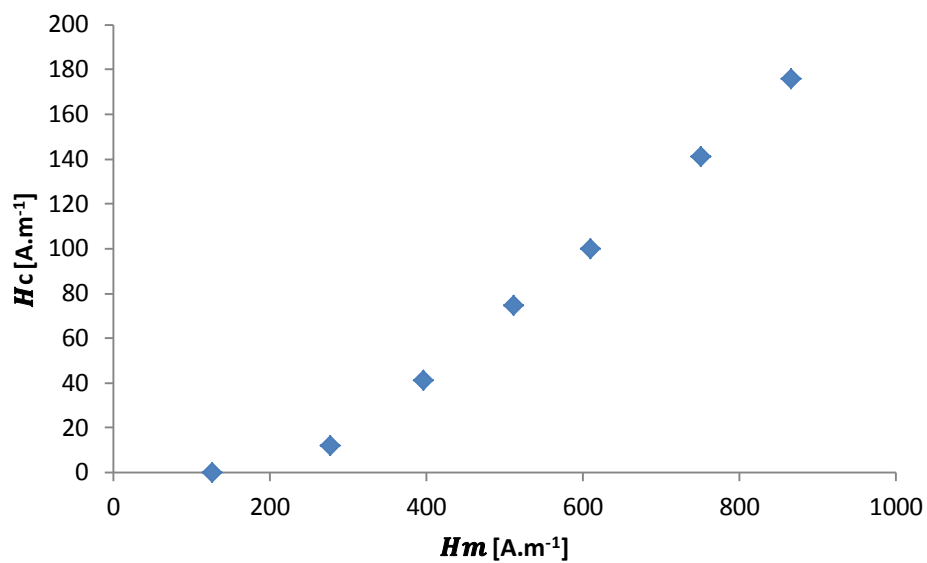
Tabulka 5: Vypočtené hodnoty pro cívku II

$H_m$ [A.m <sup>-1</sup> ]	$e$	$H_c$ [A.m <sup>-1</sup> ]	$e$	$B_m$ [T]	$e$
866	±1	176	±1	389	±1
752	±1	141	±1	342	±1
610	±1	100	±1	272	±1
513	±1	74	±1	225	±1
397	±1	41	±1	163	±1
277	±1	12	±1	107	±1
127	±1	0	±1	85	±1

Data z Tabulky 5 jsou graphicky znázorněna v Graphu 3 a 4:



Graph 3: Závislosti pro cívku II



Graph 4: Závislosti pro cívku II

Tvary:

Nedošlo k saturaci „nepohyblivost bodu spoje“

Pro  $i = 77,1$  mA degeneruje v 1B

Pro  $i = 35,4$  mA „úsečka čochička“ 1A

#### 4. Měření pro cívku III

Při dodávání magnetického proudu  $i$  v měřicím obvodu (Schaema 2) jsme odečítáním z osciloskopu zjistili hodnoty napětí koercitivního  $U_{hc}$ , napětí intesity magnetického pole  $U_{hm}$  a napětí magnetické indukce  $U_{bm}$ . Naměřené hodnoty pro cívku III jsou toliko shrnuty v Tabulce:

Stejně chyby jako výše.

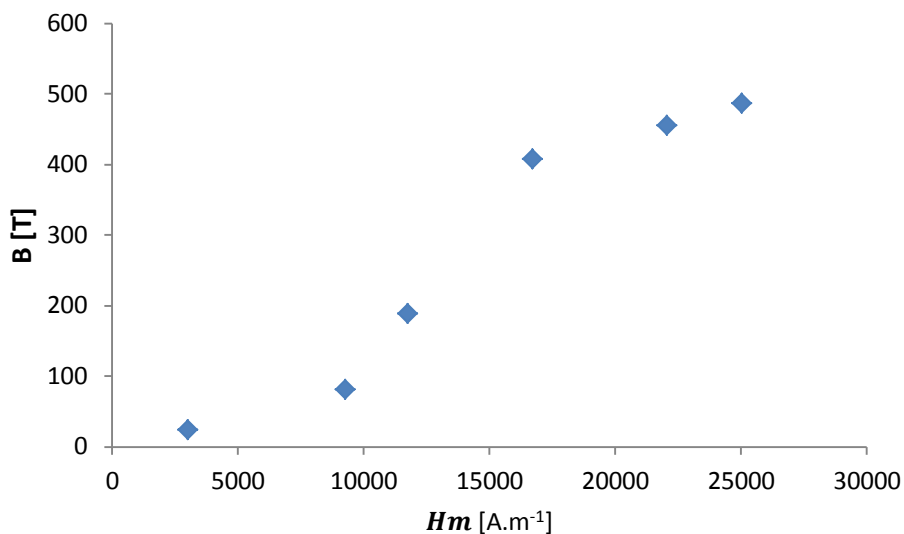
Tabulka 6: Naměřené hodnoty proudu a napětí pro cívku III

$i$ [mA]	$e$ [mA]	$U_{hc}$ [mV]	$e$ [mV]	$U_{hm}$ [mV]	$e$ [mV]	$U_{bm}$ [mV]	$e$ [mV]
1207	±1	1100	±50	9500	±500	6200	±200
1063	±1	1050	±50	6600	±200	5800	±200
805	±1	950	±50	2600	±100	5200	±200
566	±1	600	±50	1750	±50	2400	±100
447	±1	100	±10	1350	±50	1025	±50
145	±1	10	±5	440	±10	290	±10

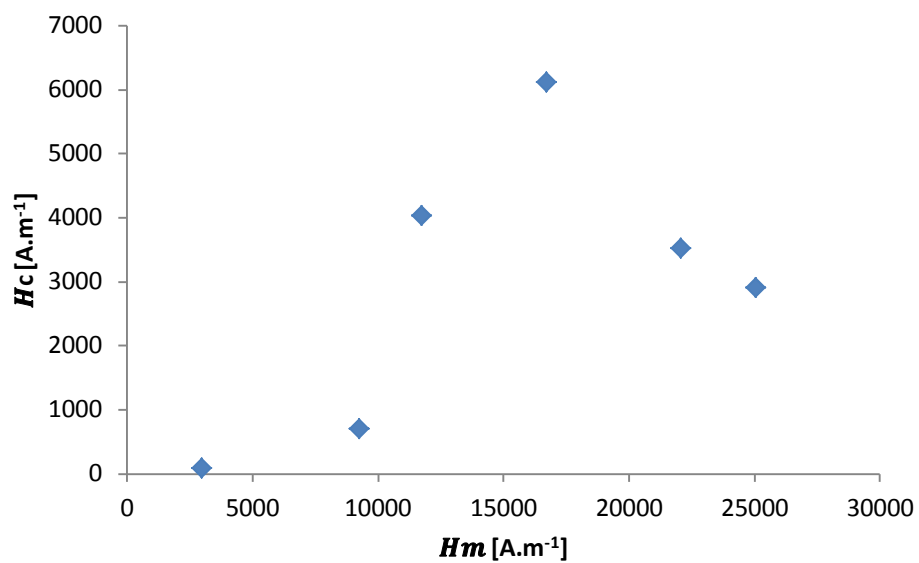
Tabulka 7: Vypočtené hodnoty pro cívku III

$H_m$ [A.m <sup>-1</sup> ]	$e$	$H_c$ [A.m <sup>-1</sup> ]	$e$	$B_m$ [T]	$e$
25057	±1	2901	±1	486	±1
22067	±1	3511	±1	455	±1
16711	±1	6106	±1	407	±1
11750	±1	4028	±1	188	±1
9279	±1	687	±1	80	±1
3010	±1	68	±1	23	±1

Data z Tabulky 7 jsou graphicky znázorněna v Graphu 5 a 6:



**Graph 5: Závislosti pro cívku III**



**Graph 6: Závislosti pro cívku III**

Tvary:

Pro  $i = 805$  mA nesaturovaná 1D

Pro  $i = 500$  mA čočka 1B

Pro  $i = 145$  mA „úsečka čočička“ 1A

## Diskuse

Grafy prvních dvou cívek vyšly pěkně. Třetí cívka nám nevyšla, je tam cosi prohnílého.

Tohle není diskuze.

## Závěr

Naměřili jsme konstantu k měřicího přístroje. Tohle je nicneříkající informace.

Vypočítali jsme hodnoty intenzit magnetického pole, velikost koercitivních sil a velikost magnetické indukce. kterou velikost?

~~--Prozkoumali jsme podezřelé hodnoty, kdy se měnily typy hysteresních křivek.-----~~

## Literatura

- [1] Krupička S.: Fyzika feritů a příbuzných magnetických kysličníků, Academia. Praha 1969
- [2] Brož J. a kol.: Základy fyzikálních měření I. SPN, Praha 1983, čl. 5.1.3.2, 5.1.6.1, st. 5.3.4
- [3] ZFP [online]. Praha, 2013 [cit. 2019-12-14]. Dostupné z:  
[http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/\\_media/zadani/texty/txt\\_221.pdf](http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/_media/zadani/texty/txt_221.pdf)