

## 23. Feromagnetikų įmagnetėjimo histerezės ir magnetinės skvarbos priklausomybės nuo temperatūros tyrimas

### Užduotis.

1. Ištirti feromagnetinių medžiagų magnetinės skvarbos ir liktinio įmagnetėjimo priklausomybes nuo išorinio magnetinio lauko.
2. Ištirti ferito magnetinės skvarbos priklausomybę nuo temperatūros.

### Pagrindiniai teoriniai klausimai.

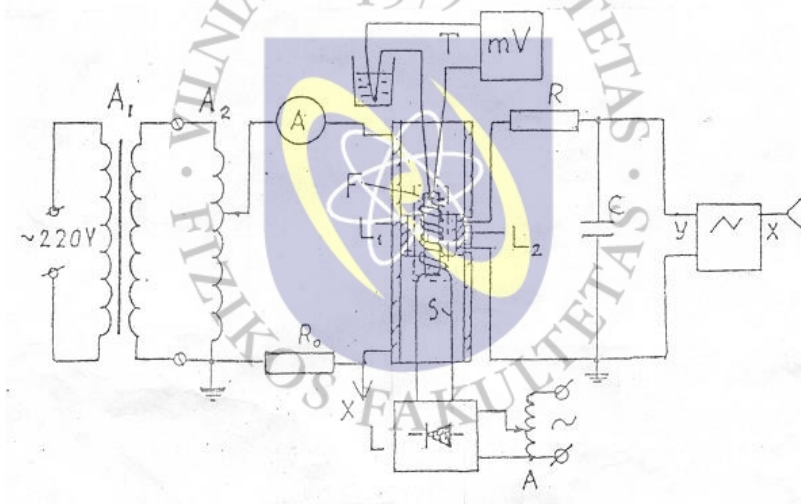
1. Feromagnetikų būdingosios magnetinės savybės.
2. Feromagnetizmo fizikinė prigimtis.
3. Magnetiko matmenų įtaka magnetiniam laukui jo viduje.

### Tyrimo metodas.

Magnetinė skvarba matuojama panaudojant transformatorinį ryšį tarp bendraašių ričių  $L_1$  ir  $L_2$  grandinių. Principinė matavimo schema pavaizduota 1 pav. Ritę  $L_1$  galima laikyti ilgu solenoidu. Tekant ja  $I_1$  stiprio srovei, jos centrinėje dalyje sukuriama magnetinis laukas, kurio indukcija

$$B_0 = \mu_0 \frac{N_1}{l} I_1. \quad (1)$$

Srovės stipris  $I_1$  matuojamas ampermetru.



1 pav. Feromagnetiko tyrimo schema

Ritė  $L_2$  užvyniota ties ritės  $L_1$  viduriu ir turi daug mažesnę vijų skaičių  $N_2$ . Joje indukuojama elektrovara  $\varepsilon = N_2 \left| \frac{d\Phi}{dt} \right|$ . Čia  $\Phi$  – magnetinis srautas, kertantis vieną viją. Ritės ominė varža labai maža ir jos galima nepaisyti. Pagal Omo dėsnį uždarei grandinei

$$N_2 \frac{d\Phi}{dt} = IR + U_C; \quad (2)$$

čia  $U_C$  - kondensatoriaus  $C$  įtampa. Kondensatoriaus krūvis praėjus  $t$  laikui nuo elektrinimo pradžios

yra  $q = \int_0^t Idt$ , todėl

$$U_C = \frac{1}{C} \int_0^t Idt. \quad (3)$$

Varžą  $R$  ir talpą  $C$  parenkame taip, kad galiotų sąlyga  $U_C \ll IR$ . Tokiu atveju pagal (2) lygybę

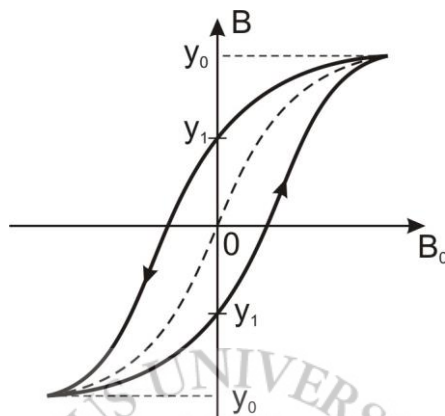
$$I = \frac{N_2}{R} \frac{d\Phi}{dt}. \quad (4)$$

Įrašę (4) išraišką į (3) gausime

$$U_C = \frac{N_2 \Phi}{RC}. \quad (5)$$

Šią įtampą išmatuojame oscilografu (2 pav.):

$$U_C = y_0; \quad (6)$$



2 pav. Feromagnetiko įmagnetėjimo histerezė

Įtampa tarp kondensatoriaus  $C$  plokštelių proporcinga magnetiniam srautui, kertančiam ritės  $L_2$  viją. Bandinys  $F$  talpinamas ties ritės  $L_1$  viduriu (1 pav.). Jeigu bandinio skerspjūvio plotas  $S_b$ , o magnetinio lauko jame indukcija  $B$ , tai jį kertantis magnetinis srautas –  $BS_b$ . Likusį ritės  $L_2$  vijos plotą  $\pi r^2 - S_b$  kerta magnetinis srautas  $B_0(\pi r^2 - S_b)$ ; čia  $r$  – ritės  $L_2$  spindulys. Taigi visas magnetinis srautas

$$\Phi = BS_b + B_0(\pi r^2 - S_b). \quad (7)$$

Įrašę (7) išraišką į (6) gausime, kad magnetinio lauko indukcija

$$B = \frac{1}{S_b} \left[ \frac{RCk_y n_y}{N_2} - B_0(\pi r^2 - S_b) \right]. \quad (8)$$

Žinodami  $B$  ir  $B_0$  apskaičiuojame santykinę magnetinę skvarbą

$$\mu = \frac{B}{B_0}. \quad (9)$$

## Tyrimo eiga.

### I dalis

1. Ištyrinkite feromagnetinių medžiagų magnetinės skvarbos ir liktinio magnetinio lauko priklausomybes nuo išorinio magnetinio lauko indukcijos  $B_0$ . Į grandinę įjunkite ričių  $L_1$  ir  $L_2$  sistemą su žyme „ $\mu(B)$  tyrimas“.
2. Įdėkite pirmąjį bandinį, kuris matavimų metu turi būti apytiksliai ties ritės viduriu. Ar bandinys iš tikrųjų ties viduriu galite nustatyti pagal signalo dydį oscilografo ekrane.
3. Keiskite grandine tekančios srovės stiprį  $I_1$  ir fiksuokite oscilografo ekrane matomos histerezės parametrų  $y_0$  ir  $y_1$  kitimą.
4. Apskaičiuokite dydžius  $B_0$ ,  $B$ ,  $\mu$  ir  $B_1$  pagal pateiktas formules. Liktinio magnetinio lauko indukciją  $B_1$  apskaičiuokite į (8) išraišką vietoje  $y_0$  įrašę  $y_1$  vertę. Matavimų ir skaičiavimų rezultatus rašykite į lentelę.

$I_1$	$y_0$	$y_1$	$B_0$	$B$	$\mu$	$B_1$

5. Analogiškai atlikite matavimus su antruoju bandiniu.
6. Priklausomybę  $\mu(B)$  pavaizduokite grafiškai.

### II dalis

1. Ištyrinkite feromagnetiko santykinės magnetinės skvarbos priklausomybę nuo temperatūros. Išjunkite iš grandinės naudotą ričių sistemą ir vietoje jos įjunkite ričių sistemą su žyme „ $\mu(T)$  tyrimas“, kurios viduryje įtvirtintas tiriamasis bandinys. Bandinys kaitinamas per ant jo užvyniotą nichromo vielos spiralę leidžiant elektros srovę, kurios stipris gali būti keičiamas didinant lygintuvo  $L$  įtampą autotransformatoriumi A.
2. Pamažu sukdami autotransformatoriaus A reguliatorių didinkite kaitinimo srovę ir fiksuokite įtampos  $U_T$  bei histerezės  $y_0$  vertes.  
**Pastaba.** Milivoltmetras matuojantis įtampą  $U_T$  jungiamas į grandinę naudojant viršutinius jo gnybtus. Kairėje esanti skalės daugiklio rankenėlė nustatoma ties X1. Tokiu atveju milivoltmetro jautris bus 15 mV per visą skalę (0,1mV/pad).
3. Matavimus atlikite įtampai  $U_T$  kintant ribose nuo 0 iki 8 mV. Kas 0,5 mV fiksuokite matavimų duomenis į lentelę, virš kurios taip pat užsirašykite ir srovės stiprį  $I_1$ .

$U_T$	$T$	$y_0$	$B$	$\mu$

**Pastaba.** Kintant magnetinei skvarbai kinta ritės  $L_1$  induktyvioji varža, o kartu ir srovės stipris  $I_1$ . Jį palaikykite pastovų autotransformatoriumi A<sub>2</sub>.

4. Išmatuokite laboratorijos temperatūrą ir įtampą  $U_T$ , pagal sąryšį  $T = T_a + a \cdot U_T$ , konvertuokite į temperatūrą  $T$ .
5. Apskaičiuokite  $B$  ir  $\mu$  vertes.
6. Priklausomybę  $\mu(T)$  pavaizduokite grafiškai.

Skaiciavimams reikalingus parametrus  $a$ ,  $S_b$ ,  $R$ ,  $C$ ,  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $l$ ,  $r$  rasite nurodytus ant matavimų grandinės elementų bei aprašo prieduose Nr.1 ir Nr.2.

Suformuluokite darbo išvadas.

**Matavimo grandinę palikite sujungtą!!!  
Baigę darbą nepamirškite išjungti prietaisų!**

## Literatūra.

1. A. Medeišis „Mechanika, molekulinė fizika, elektra ir magnetizmas. Fizikos praktikumas.“, Vilnius, *Vilniaus universiteto leidykla*, 2000.
2. A. Matvejevas, „Elektra ir magnetizmas“, Vilnius, *Mokslas*, 1991.
3. V. Rinkevičius, „Elektra ir magnetizmas“, Vilnius, *Vilniaus universiteto leidykla*, 2001.



**Feromagnetinių medžiagų magnetinės skvarbos ir liktinio magnetinio lauko priklausomybės nuo išorinio magnetinio lauko indukcijos  $B_0$  tyrimas.**

Transformatorinis plienas  $S_b=(24\pm 1) \text{ mm}^2$ ;  
 Įrankinis plienas  $S_b=(19,6\pm 0,1) \text{ mm}^2$ ;

**P1\_1 lentelė.** Ričių duomenys

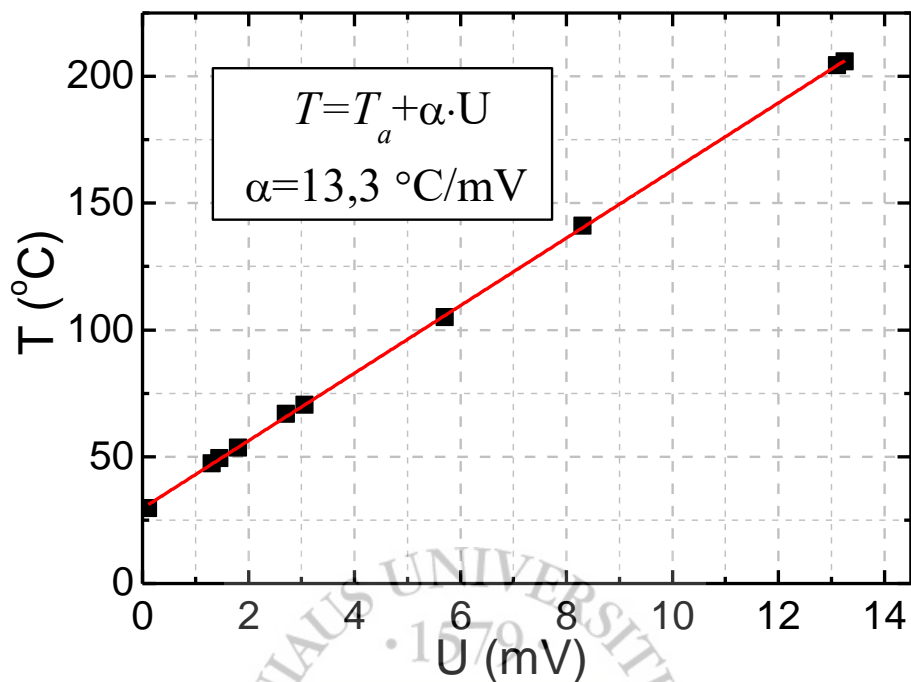
	Žadinančioji	Indikatorinė
Vijų skaičius	$N_1=11854$	$N_2=680$
Išorinis skersmuo	$d_1=50 \text{ mm}$	
Vidinis skersmuo	$d_2=17 \text{ mm}$	$d=17 \text{ mm}$
Ilgis	$l_1=300 \text{ mm}$	$l_2=30 \text{ mm}$

**Feromagnetiko santykinės magnetinės skvarbos priklausomybės nuo temperatūros tyrimas.**

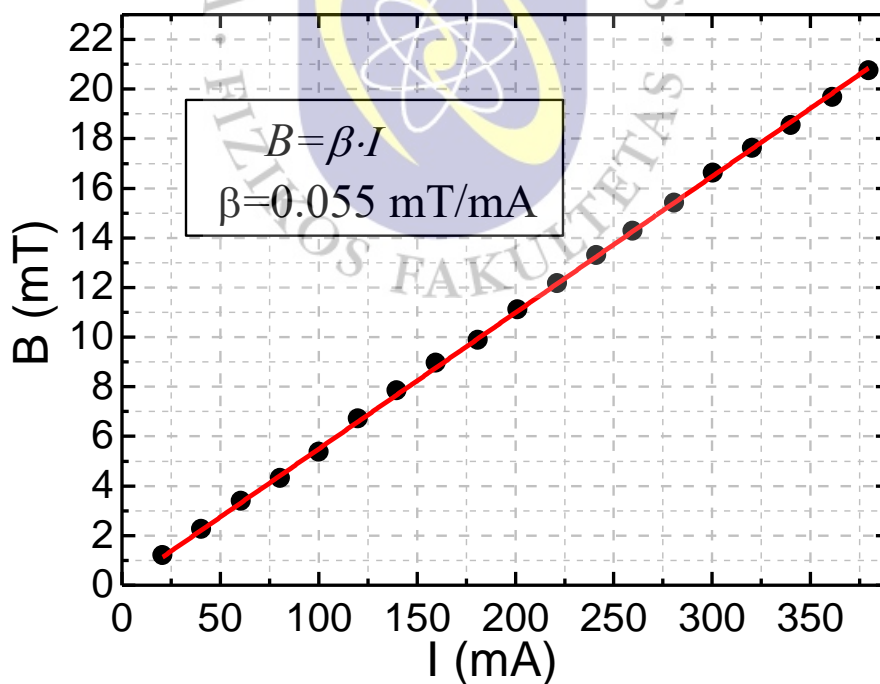
Feritas  $a=13,3 \text{ }^\circ\text{C/mV}$   
 $S_b=(44,2\pm 0,1) \text{ mm}^2$

**P1\_2 lentelė.** Ričių duomenys

	Žadinančioji	Indikatorinė
Vijų skaičius	$N_1=10000$	$N_2=50$
Išorinis skersmuo	$d_1=54 \text{ mm}$	$d=54$
Vidinis skersmuo	$d_2=16 \text{ mm}$	
Ilgis	$l_1=250 \text{ mm}$	$l_2=$



P2\_1 pav. Termoporos gradavimo kreivė.



P2\_2 pav. Solenoido gradavimo kreivė.