

# 《基础物理实验》预习报告

丁毅

组序号: 2-05

时间: 2024.10.22

## 实验 8. 观测铁磁材料的磁滞回线

### 1. 实验目的

- ① 掌握利用示波器测量铁磁材料动态滞磁滞回线的方法
- ② 掌握利用霍尔传感器测量铁磁材料(准)静态磁滞回线的方法;
- ③ 了解铁磁性材料的磁化特性;
- ④ 了解磁滞、磁滞回线和磁化曲线的概念, 加深对饱和磁化强度、剩磁磁化强度、矫顽力等物理量的理解。

### 2. 实验仪器

DH4516 磁特性综合测量实验仪(包括正弦波信号源, 待测样品绕组, 积分电路所用的电阻和电容)、双踪示波器、直流电源、电感、数字万用表。

其中, 磁特性综合测量实验仪主要参数如下:

样品	磁滞损耗	平均磁路长度(m)	截面面积( $m^2$ )	匝数
锰锌铁氧体	较小	0.130	$1.24 \times 10^{-4}$	150
EI型硅钢片	较大	0.075	$1.20 \times 10^{-4}$	150

其它: 信号源频率在  $20\text{Hz} \sim 200\text{Hz}$  可调; 可调标准电阻均为无感交流电阻,  $R_1$  范围  $0.1\Omega \sim 11\Omega$ ,  $R_2$  范围  $1\text{k}\Omega \sim 110\text{k}\Omega$ , 标准电容有  $0.1\mu\text{F} \sim 11\mu\text{F}$  可选。

### 3. 实验原理

#### 3.1 铁磁材料的磁化特性

把物体放在外磁场  $B_0 = \mu_0 H$  中, 物体(铁芯)就会被磁化。设其内部磁化强度为  $M$ , 总磁感应强度为  $B$ , 由



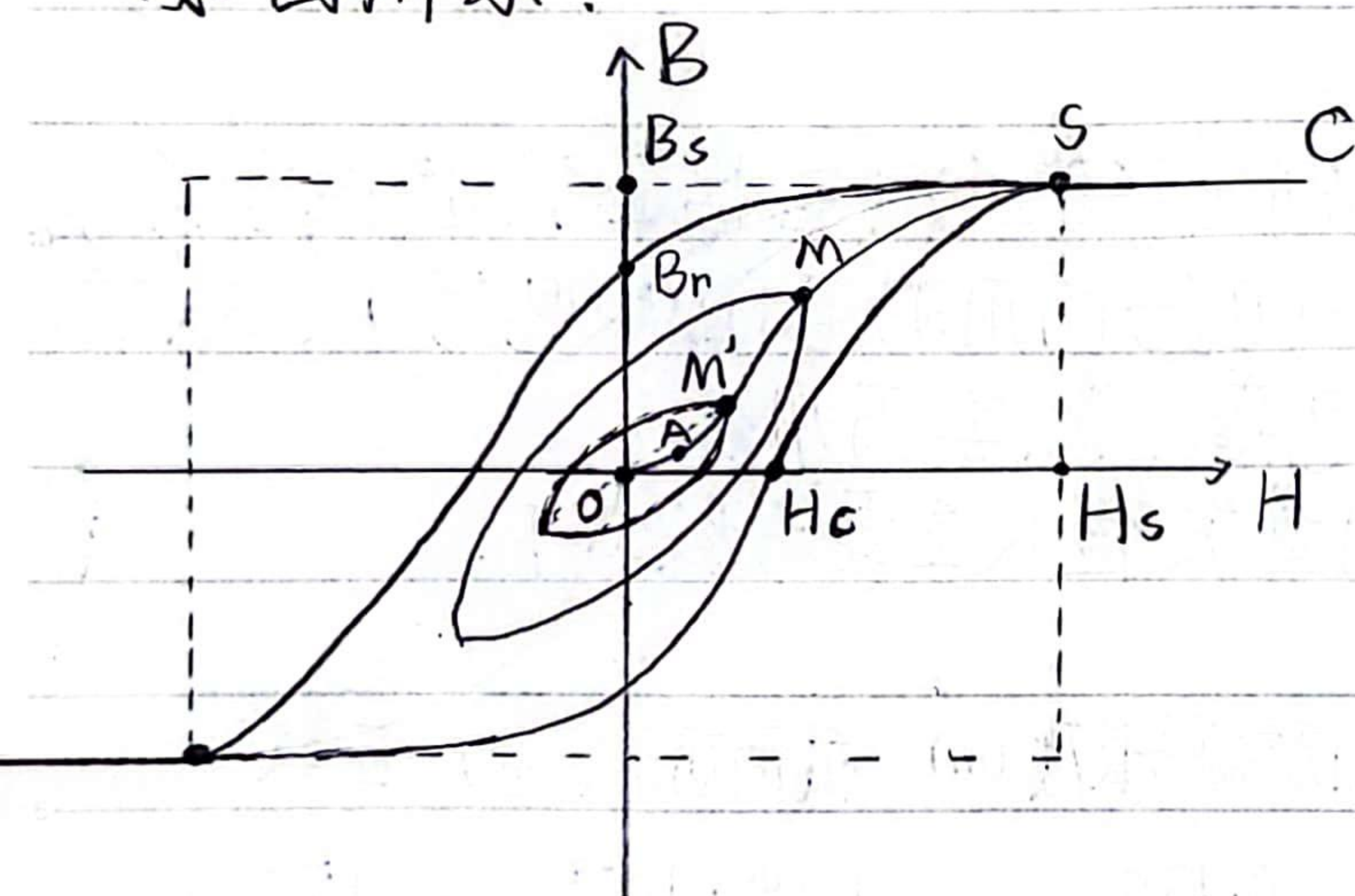
此定义磁化率  $\chi_m$  和磁导率  $\mu$ :

$$\chi_m = \frac{M}{H}, \quad \mu = \frac{B}{H} = \mu_r \mu_0$$

其中  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N} \cdot \text{A}^{-2}$  是真空中磁导率,  $\mu_r$  为相对磁导率.

又  $B = B_0 + B' = \mu_0 H + \mu_0 M$ , 可得  $\mu_r = 1 + \chi_m$ . 依磁化率  $\chi_m$  的不同, 物质可分为三类: 抗磁性 ( $\chi_m < 0$ ), 顺磁性 ( $\chi_m > 0$  且较小), 铁磁性 ( $\chi_m > 0$  且较大).

除磁导率  $\chi_m$  高外, 铁磁材料还有特殊的磁化规律, 如图所示.



OA: 可逆磁化阶段

AS: 不可逆磁化阶段

SC: 饱和磁化阶段

$H_s$ : 饱和磁场强度

$B_s$ : 饱和磁感应强度

$B_r$ : 剩磁磁感应强度

磁滞损耗  $\Delta E = -A$ ,  $A$  为面积,  $H_c$ : 矫顽力

振幅磁导率  $\mu_m = \frac{B_m}{\mu_0 H_m}$ , 起始磁导率  $\mu_i = \lim_{H \rightarrow 0} \frac{B}{\mu_0 H}$

可逆磁导率  $\mu_R = \lim_{\Delta H \rightarrow 0} \frac{\Delta B}{\mu_0 \Delta H}$  反映切线斜率.

### 3.2 动态磁滞回线的测量

$$H = \frac{N_1}{l} \cdot i_1 = \frac{N_1}{l R_1} \cdot U_{R_1} \Rightarrow H \propto U_{R_1}$$

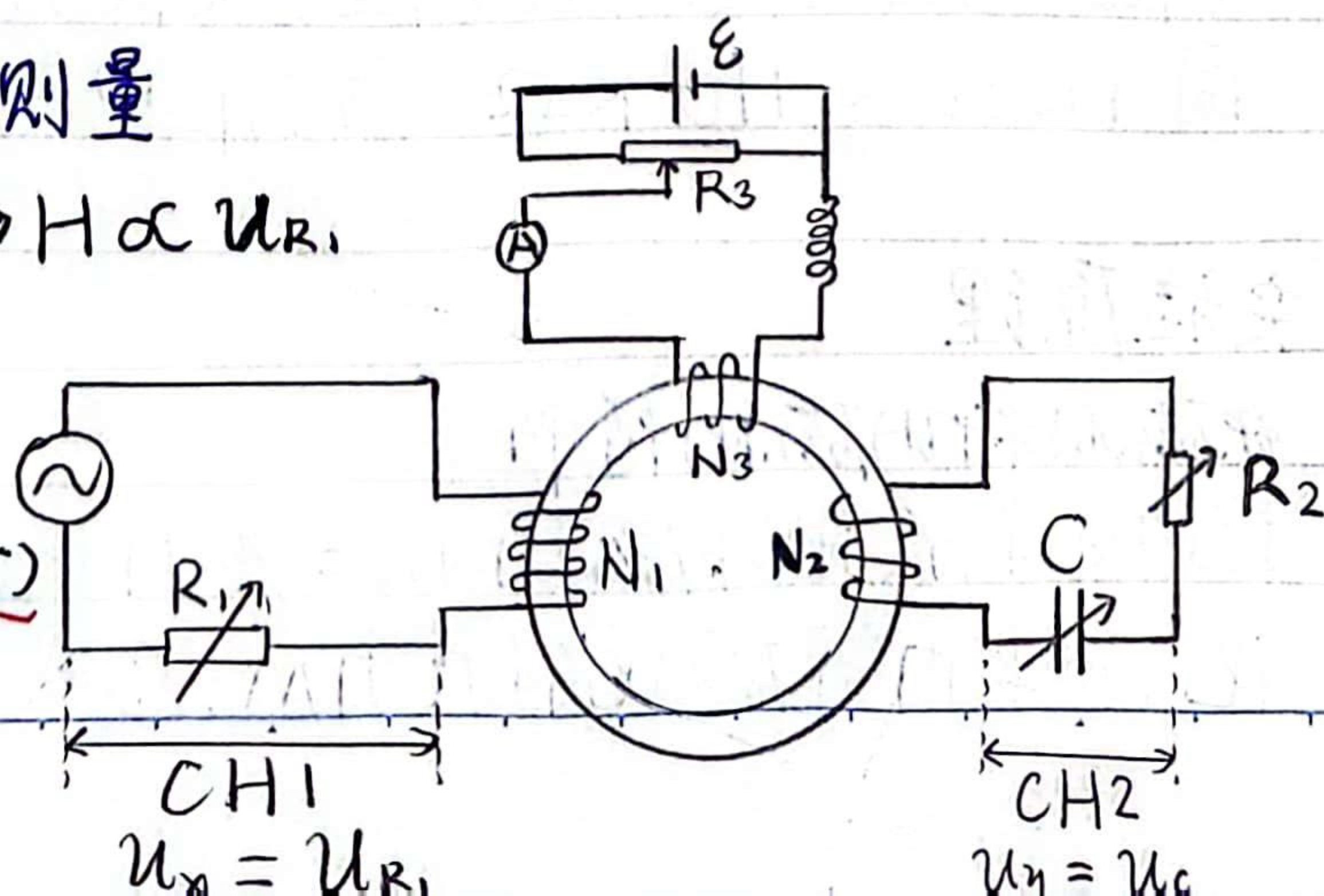
$$U_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt} = -N_2 S \frac{dB}{dt}$$

$$U_C = \frac{Q}{C} = \frac{1}{CR_2} \int U_{R_2} dt$$

$$\approx \frac{1}{CR_2} \int U_2 dt \quad \star (R_2 C \gg T)$$

$$\Rightarrow B = \frac{R_2 C}{N_2 S} \cdot U_C \propto U_C$$

Campus





#### 4. 实验内容

- ① 测量样品1 (铁氧体) 的饱和动态磁滞回线
- ② 测量样品1 (铁氧体) 的动态磁化曲线
- ③ 观察不同频率下样品2 (硅钢) 的动态磁滞回线
- ④ 测量样品1 (铁氧体) 在不同初始磁场  $H$  下的可逆磁导率