

Wydział: Fizyki i Informatyki Stosowanej	Autor/Autorzy: [AUTORZY]		Rok: 2025	Grupa: [NR GRUPY ĆWICZENIOWEJ]	Zespół: [NR ZESPOŁU]
PRACOWNIA FIZYCZNA AGH		WFiS	[TEMAT ĆWICZENIA]	Ćwiczenie nr: [NUMER ĆWICZENIA]	
Data wykonania: 2025-11-11	Data oddania: 2025-11-11	Zwrot do popr.:	Data oddania:	Data zaliczenia:	Ocena:

## 1 Prawo Indukcji Faradaya

Opisuje związek między zmiennym polem magnetycznym a powstałym w ten sposób polem elektrycznym.

$$\epsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -\frac{d}{dt} \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s}$$

gdzie:

- $\epsilon$  to siła elektromotoryczna (aka napięcie) wyindukowana w obwodzie (w woltach)
- $\Phi_B$  to strumień magnetyczny przez powierzchnię  $S$  (w weberach)
- $B$  to natężenie pola magnetycznego (w teslach)
- $S$  to powierzchnia przez którą przechodzi strumień magnetyczny (w metrach kwadratowych)

W postaci różniczkowej  $\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$

## 2 Moment magnetyczny dipola

Dipolowy moment magnetyczny to wektor opisujący np. cewkę przez którą płynie prąd.

$$\mu = NIS$$

gdzie:

- $\mu$  to moment magnetyczny (w amperometrach razy metr kwadratowy)
- $N$  to liczba zwojów cewki
- $I$  to natężenie prądu (w amperach)
- $S$  to pole powierzchni cewki (w metrach kwadratowych)

### Namagnesowanie

nazywamy tak stosunek momentu magnetycznego do objętości próbki.

$$\vec{M} = \frac{\vec{\mu}}{V}$$

Gdzie  $\mu$  najczęściej wyznaczamy eksperymentalnie.

### 3 Podatność magnetyczna

Podatność magnetyczna to wielkość opisująca jak bardzo dany materiał ulega namagnesowaniu pod wpływem zewnętrznego pola magnetycznego.

$$\chi = \frac{M}{H}$$

gdzie:

- $\chi$  to podatność magnetyczna (bez jednostek)
- $M$  to namagnesowanie (w amperometrach na metr)
- $H$  to natężenie pola magnetycznego (w amperach na metr)

#### 3.1 Typowe wartości $\chi$

- Dla  $\chi > 0$  substancja jest paramagnetykiem (mniejsze wartości) lub ferromagnetykiem (większe wartości).
- Dla  $\chi < 0$  substancja jest diamagnetykiem (czyli jest odpychana przez pole).
- dla antyferromagnetyków  $\chi \ll 1$  (bardzo mała podatność rzędu  $10^{-3}$ ).

### 4 Magnetyczne przejścia fazowe

Przy występowaniu określonej temperatury (zależy od materiału) materiały tracą swoją uporządkowaną strukturę magnetyczną i przechodzą w stan paramagnetyczny. Temperatura Curie dotyczy ferromagnetyków, a temperatura Neéla antyferromagnetyków. Jest to temperatura graniczna, powyżej której zachodzi przejście fazowe.

Generalnie ferromagnetyki są najbardziej magnetyczne w okolicy  $T_C$ .

### 5 Pomiary Podatności Magnetycznej

Pole magnetyczne generowane jest przy pomocy cewek Hermholtza  $H_{zew} = H \sin(\omega t)$ . Pomiar podatności przy użyciu tego urządzenia polega na pomiaru prądu indukowanego w próbce  $H_{ind}$ . Z uwagi na istnienie dużych szumów do pomiaru indukowanych prądów wykorzystuje się woltomierz fazowy. Taki woltomierz mierzy dwie wartości:

- $V_x$  - składową zgodną w fazie z polem magnetycznym  $H_{zew}$
- $V_y$  - przesuniętą o  $90^\circ$