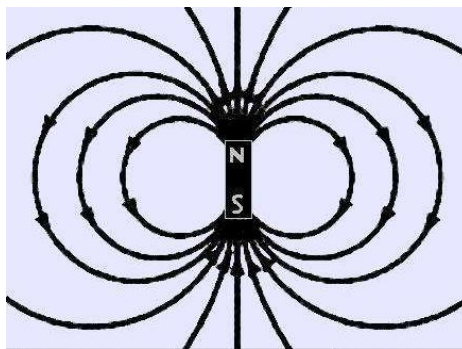


חלק א' – מגנטיות-קטבים ושדות מגנטיים.

תופעת המגנטיות מוכרת לכולנו מחיי היום ואנו יודעים שלכל מגנט יש קוטב צפוני ודרומי בנוסף אנו יודעים שהמיוחד במגנטים הוא שקטבים זהים נדחים זה מזה בעוד שקטבים שונים נמשכים. מושג הקוטב המגנטי מסביר באופן אינטואיטיבי את כוח המשיכה-דחייה שבין זוג מגנטים שקוטביהם פונים האחד אל השני. אולם אם נמקם אותם כך שציריהם בזוויות שונות ובמרחקים שונים זה מזה, התמונה מסתבכת. כדי לתאר מצבים כאלה הומצא מושג השדה. השדה המגנטי הוא בשפה מתמטית פונקציה ווקטורית של המרחב, המגדירה את העוצמה המגנטית וכיוונה בכל מקום. באופן היסטורי, המושג פותח בצורה יותר אינטואיטיבית, על ידי מייקל פראדיי (Faraday) שדיבר על קווי כוח הממלאים את המרחב. מאז נהוג לצייר את השדה בעזרת קווים כאלה, כאשר כיוונם מסמל את כיוון השדה, וצפיפותם מסמלת את עוצמת השדה.

על מנת להבין את מושג השדה, נסתכל על ההמחשה הבאה: על דף נייר נניח מגנט מוט (Bar magnet), ומצפן קטן צמוד לקוטב הצפוני של המגנט. מחט המצפן תצביע בכיוון המתרחק מהקוטב. אם נמקם את המצפן בסטייה קטנה מציר המגנט, המחט תסטה מהכיוון המקביל לציר. נסמן על הדף חץ במקום ובכיוון בו עמדה מחט המצפן. כעת נזיז את המצפן למיקום חדש כך ש"זנב" המחט יגע בנקודה בה היה קודם ראשה. שוב נצייר חץ בכיוון בו עמדה המחט, ונזיז את המצפן. נחזור על פעולה זאת שוב ושוב. התוצאה נראית בתמונה. קו השדה יוצא מהקוטב הצפוני, מתרחק ממנו ומתעקל כך שבסופו של דבר הוא חוזר אל המגנט, אולם דרך הקוטב הדרומי. באותו אופן ניתן לצייר קווי שדה רבים שימלאו את המרחב ויתנו תמונה כזאת:



איור 1 שדה מגנטי של מוט

למגנט אשר מימדיו קטנים ביחס למרחק מהצופה ניתן להתייחס כאל דיפול מגנטי. את הפיתוח המדויק של נוסחאות השדה של דיפול תלמדו בקורס פיסיקה – חשמל ומגנטיות. נציג כאן התוצאה המתקבלת מפיתוח זה.

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi r^3} [3(\vec{m} \cdot \hat{r})\hat{r} - \vec{m}] \quad (1)$$

הדבר אשר חשוב לשים לב אליו הוא שמדובר בקירוב אשר שמסגרתו מפתחים את השדה בטור של $1/r$ ולוקחים רק את האיבר אשר דועך הכי לאט מאחר ועבור מרחק גדול שאר האיברים כבר זניחים.

יחידות:

בשיטת SI מודדים את השדה המגנטי ביחידות Tesla המסומנות T, הגדרת היחידה היא: על מטען של coulomb אחד הנע במהירות של מטר אחד לשניה בניצב לשדה של 1T פועל כח של 1N. Tesla היא יחידה גדולה, ובד"כ יחידות שימושיות יותר הן המיליטסלה – $1\text{mT}=10^{-3}\text{T}$, והגאוס (Gauss) שמסומנת G וגודלה $1\text{G}=10^{-4}\text{T}$.

את הדיפול מודדים בשיטה זו ביחידות $\text{amp} \cdot \text{m}^2$ כלומר מומנט הדיפול שנוצר מטבעת זרם בעלת סיבוב אחד, סביב מעגל ברדיוס מטר רבוע אחד.

בניסוי במעבדה נמדוד נשתמש במכשיר מדידה המבוסס על אפקט הול. מכשיר זה מודד רק את הרכיב הרדיאלי של השדה המגנטי. רכיב זה מתואר בנוסחה:

$$B_r = \frac{\mu_0 m \cos(\theta)}{2\pi r^3} \quad (2)$$

כאשר :

B_r – השדה בכיוון מנקודת התצפית למרכז הדיפול.

m – גודל הדיפול המגנטי (הדיפול הוא וקטור, כומר יש לו גודל וכיוון).

θ – הזווית בין ציר הדיפול, לקו המחבר מנקודת התצפית אל מרכז המגנט.

r – המרחק מנקודת התצפית למרכז המגנט.

הקבוע μ_0 נקרא בשם הפרמאביליות (חלחלות) של ואקום וערכו שווה ביחידות MKS ל

$$4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{Weber}}{\text{amp} \cdot \text{m}}$$

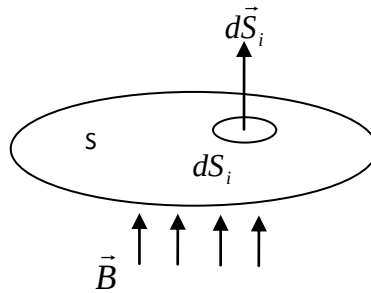
ניתן לראות שלשדה תלות הן במרחק והן בזווית. התלות במרחק היא מסדר $1/r^3$ והתלות בזווית היא קוסינוס. בניסוי במעבדה נמדוד את התלות בשני פרמטרים אלו ונשווה לתיאוריה.

חלק ב' – שטף מגנטי וחוק פרדיי לכא"מ מושרה.

שטף מגנטי

נתון משטח סגור S דרכו עובר שדה מגנטי $\vec{B}$.

נגדיר בכל אלמנט שטח אינפיניטסימלי dS_i וקטור $d\vec{S}_i$ שגודלו הוא השטח של אלמנט dS_i וכיוונו ניצב למשטח האינפיניטסימלי:



השטף המגנטי $d\phi_i$ דרך האלמנט ה- i יוגדר בתור המכפלה הסקלרית: $d\phi_i = \vec{B}_i \cdot d\vec{S}_i$.
 השטף דרך כל המשטח S יהיה סכום השטפים האינפיניטסימאליים: $\phi = \sum_i d\phi_i$ או במעבר לאינטגרל:

$$\phi = \oint \vec{B} \cdot d\vec{S}. \quad (3)$$

חוק פראדיי

על פי חוק ההשראות של פראדיי, כאשר השטף המגנטי דרך משטח סגור (כגון השטח בתוך לולאת זרם) משתנה, נוצר בלולאה מתח חשמלי המכונה כא"מ - כוח אלקטרו מניע. הנוסחה המתארת תופעה זאת היא:

$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} \quad (4)$$

כאשר ϕ הוא השטף המגנטי דרך המשטח, ו- ε הוא הכא"מ.

לקצב שינוי השטף המגנטי.

כלומר- הכא"מ המושרה פרופורציוני לקצב שינוי השטף המגנטי.
 בניסוי אנחנו נרצה למדוד את המתח המושרה על סליל עקב סיבוב מגנט בסמוך לו כאשר כל מדידה תתבצע בתדר סיבוב אחר ולבדוק כיצד אמפליטודת המתח תלויה בתדירות. נבצע פיתוח איכותי:

השטף המגנטי מוגדר כאינטגרל של השדה הניצב לסליל כפול אלמנט שטח בתוך הסליל. את זה ניתן באופן איכותי לתאר בתור השדה המגנטי B כפול פקטור גיאומטרי כלשהו A (אשר ערכו לא מעניין אותנו מאחר והגיאומטריה קבועה במהלך הניסוי)

$$\phi = \oint \vec{B} \cdot d\vec{S} = AB \quad (5)$$

מאידך אנו יודעים שעוצמת השדה פרופורציונית לקוסינוס הזווית בין בדיפול לצופה (הסליל במקרה שלנו) ומאחר ואנו מסובבים את הסליל הזווית משתנה כך ש:

$$B_r = B_0 \cos(\theta) = B_0 \cos \omega t \quad (6)$$

כאשר B_0 הוא קבוע אשר מגלם בתוכו את תלות השדה במרחק (המרחק קבוע במהלך הניסוי)

ולכן הכא"מ יהיה:

$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} = AB_0 \omega \sin \omega t \quad (7)$$

ואנו נצפה לראות תלות ליניארית של האמפליטודה בתדר סיבוב המגנט.

חלק ג' – סיכום

בניסוי אנו נבחן את השדה המגנטי של מוט מגנטי כתלות במרחק ונמצא את חזקת הדעיכה עבור מספר מגנטים בגדלים שונים (מכך נסיק גם על טיבו של קירוב הדיפול ונראה מתי הוא מתאים) וכתלות בזווית. בנוסף נאמת את קיומו של חוק פרדיי.