

גליונומטר טנגנטי

מטרות הניסוי:

א. חקירת הביטוי לחישוב השדה המגנטי במרכז של סליל דק: $B = \frac{\mu_0 NI}{2R}$

ב. מציאת הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ.

רשימת ציוד:

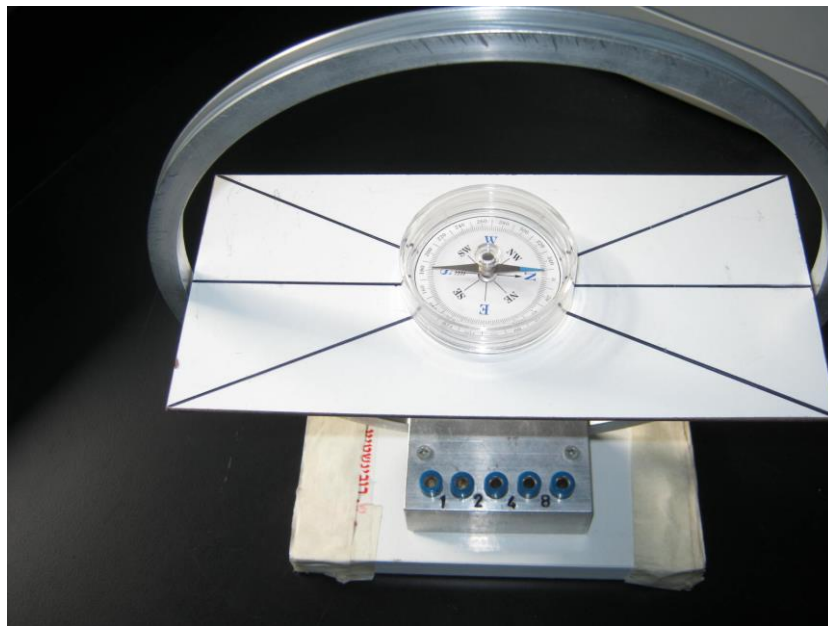
מקור מתח ישר 0-12[V], סליל דק, מצפן, נגד משתנה 0-20[Ω], אמפרמטר שמכוון ל-10[A], מספר חוטים מוליכים.

מבוא

השדה המגנטי הוא גודל וקטורי, ולכן לפי עקרון הסופרפוזיציה, השדה השקול של שני שדות מגנטיים הוא הסכום הוקטורי של השדות. בניסוי נדגים את העיקרון ונשתמש במערכת למציאת הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ.

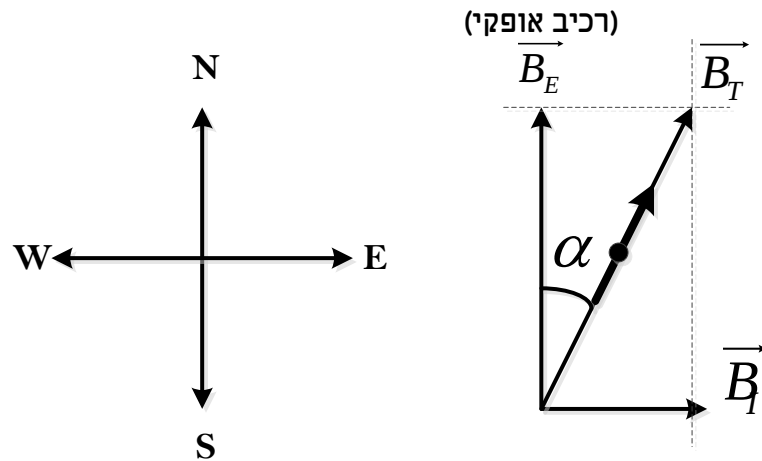
מערכת הניסוי מורכבת מסליל דק (הגליונומטר הטנגנטי), סוללה, מד זרם ונגד משתנה המאפשר שליטה על עוצמת הזרם בסליל הדק. מניחים במרכז הסליל מצפן אופקי.

מציבים את מישור הסליל במישור אנכי צפון-דרום ומכוונים בעדינות עד שכיוון מחט המצפן ומישור הסליל מתלכדים. (כפי שמוראה בצילום המצורף)



הזרמת זרם בסליל תיצור שדה מגנטי בניצב למישור הכריכות. כלומר כיוון השדה המגנטי שיוצר הזרם במרכז הסליל הוא לכיוון מערב או לכיוון מזרח בהתאם לכיוון הזרם. צורת העמדה זו של המערכת הניסיונית מבטיחה שהרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ והשדה המגנטי של הסליל מאונכים זה לזה. מחט המצפן תגיב לשדה המגנטי השקול ותראה את כיוון השדה המגנטי השקול במרכז הסליל הדק.

נסמן ב- B_E את הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ וב- B_I את השדה המגנטי של הסליל הדק. זווית הסטייה של המצפן ביחס לצפון תסומן ב- α .
התרשים הבא מתאר את המצב ההדדי של וקטורים.

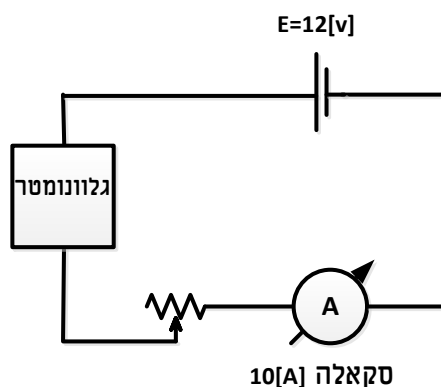


מן התרשים ניתן לראות שבין עוצמת השדות המגנטיים מתקיים הקשר:

$$\tan \alpha = \frac{B_I}{B_E} = \frac{\mu_0 NI}{2RB_E}$$

שינוי הזרם בסליל (כאשר מספר הליפופים קבוע), יגרום לשינוי זווית הסטייה כך שבין טנגנס זווית הסטייה לבין הזרם צפוי יחס ישר. באופן דומה שינוי מספר הליפופים (כאשר הזרם קבוע) יגרום לשינוי זווית הסטייה כך שבין טנגנס זווית הסטייה לבין מספר הליפופים צפוי יחס ישר. מדיעת שיפועי הגרפים המתאימים ניתן לחשב את ערכו של הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ.

ביצוע הניסוי



המעגל החשמלי יחובר בהתאם לתרשים הבא:

השליטה על מספר הליפופים הנבחרים נעשית על ידי בחירת הכניסות המתאימות לסליל. בצילום המערכת שמופיע בתחילת התדריך ניתן לראות מספר כניסות אפשריות וביניהם מספרים. חיבור המספרים בין 2 הכניסות הנבחרות נותן את מספר הליפופים שזרם הזרם. לדוגמה: השניים השמאליים נותנים ליפוף אחד, על מנת לקבל 6 ששה ליפופים מחברים בין השקע השני משמאל לשקע האמצעי.

חשוב ללפף את החוטים בכניסה לגליונומטר כדי לבטל במידת האפשר את ההשפעה של השדה שנוצר על ידי התיילים הקרובים ביותר לגליונומטר.

מרחיקים את הגליונומטר מכל מכשירי החשמל וחפצי הברזל המצויים בסביבת העבודה שלכם, כדי לבטל השפעה של שדות מגנטיים לא רצויים על המצפן. מכוונים אותו למישור אנכי צפון – דרום ומוודאים שמחט המצפן מצויה בדיוק במרכז הלוח ובמישור הסליל ומתלכדת עם כוון $0^\circ - 0^\circ$.

במצב זה מקבעים את הגליונומטר לשולחן באמצעות סרט דביק.

שימו לב שהסליל כרוך סביב לטבעת אלומיניום שהוא חומר שאינו פרו מגנטי (וכך לא ישפיע על השדה במרכז הסליל).

חלק א' – תלות השדה המגנטי במרכז הסליל בזרם.

משנים את ערך הזרם הזורם בכריכה באמצעות הנגד המשתנה ומוודדים את סטיית מחט המצפן במעלות. על מנת ל"בודד משתנים" שומרים על מספר ליפופים קבוע: $N=8$. לאחר כל מדידה הופכים את חיבורי המתח בספק וקוראים את הזווית המתקבלת לכוון השני. (בצורה זו מבטלים את השפעת תזוזות המכשיר על סטיית המחט). ממלאים את הטבלה. (ברישום הזווית הממוצעת אין טעם ברישום של חצי מעלה. מדוע?)

יש להקפיד לעבוד בתחום הזוויות של $30^\circ < \alpha < 70^\circ$. הסיבה לכך היא, שבתחום המעלות שמתחת ל- 30° יתבטאו שינויים גדולים בזוויות בשינויים קטנים בטנגנס שלהן. בתחום המעלות מעל 70° , ערכי הטנגנס של הזווית עולים בצורה חדה, ולכן טעות קטנה במדידת הזווית תתבטא בטעות גדולה בטנגנס שלה. יש להמיר את הזווית הממוצעת לרדיאנים לפני ביצוע פונקציית הטנגנס על הזווית. יש לעגל את ערכי הזווית ברדיאנים וערך טנגנס הזוויות ל-2 ספרות אחרי הנקודה. (מדוע?)

חשוב:- אין להעלות את הזרם מעבר ל 1.6 אמפר. הנגד המשתנה מתחמם – נא להיזהר מכוויה!

$I(A)$	α_1	α_2	$\bar{\alpha}$	$\bar{\alpha} \text{ (rad)}$	$\tan \alpha$
0	0	0	0	0	0
0.4					
0.7					
1.0					
1.3					
1.6					

חלק ב- תלות השדה המגנטי במרכז הסליל במספר הליפופים.

מכוונים את הזרם ל $-1[A]$, משנים את מספר הליפופים, מודדים את זווית הסטייה וממלאים את הטבלה. שימו לב שהזרם קבוע ובמידת הצורך שנו את ערך הנגד המשתנה.

(מדוע עוצמת הזרם עלולה להשתנות כתוצאה משינוי מס' הליפופים?)

N	α_1	α_2	$\bar{\alpha}$	$\bar{\alpha}$ (rad)	$\tan \alpha$
0	0	0	0	0	0
3					
4					
6					
8					
12					
15					

מודדים את רדיוס הלולאה $R = \dots\dots\dots m$

ניתוח תוצאות הניסויים

א. משרטטים גרף של טנגנס זווית הסטייה כתלות בזרם. משתמשים בשיפוע לחישוב הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ. מחשבים את אחוז הטעות היחסית.

ערך הרכיב האופקי של השדה המגנטי באזור שלנו הוא $B_E = 2.9 \times 10^{-5} [T]$

ב. משרטטים גרף של טנגנס זווית הסטייה כתלות במספר הליפופים. משתמשים בשיפוע לחישוב הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ. מחשבים את אחוז הטעות היחסית.

ג. מהי המסקנה משני הגרפים שהתקבלו?

ד. מהם המקורות לטעות בניסוי?

עבודה נעימה!

שאלות

- א. מדוע יש להרחיק את הגליונומטר הטנגנטי משאר חלקי המעגל החשמלי ומגופים העשויים ברזל? (כדאי להדגיש: דבר שלא נעשה בניסוי מאזני זרם ומדוע?)
- ב. תלמיד טען שכדי להגדיל את דיוק הניסוי כדאי ללפף את הסליל על טבעת עשויה ברזל. האם הוא צודק? הסבר.
- ג. שרטט תרשים המתאר את קווי השדה המגנטי של כדור הארץ.
- ד. האם ניתן לבצע את הניסוי כאשר בין השדה במרכז הסליל לבין כוון הרכיב האופקי של כדור הארץ יש זווית שונה מ-90 מעלות?
- ה. מדוע קוראים לסליל "גליונומטר טנגנטי"?
- ו. מדוע לא כדאי להשתמש בגליונומטר הטנגנטי בתחומים שיגרמו לסטיית מחט המצפן בזוויות קטנות או גדולות?
- ז. מהם חסרונותיו העיקריים כמכשיר מדידה לזרם חשמלי?
- ח. מהו הכלל על פיו ניתן לדעת את כוון השדה המגנטי במרכז הכריכה?
- ט. האם ייתכן מצב שבו $B_i = B_E$ כאשר B_E הוא הרכיב האופקי של השדה המגנטי הארצי?
- י. נניח שסטיית מחט המצפן בניסוי מסוים הייתה 45° . מה יקרה לסטיית המצפן אם נסובב את המערכת א) ב- 90° ב) ב- 270° , בייחס לכיוונה?
- יא. מה יקרה אם נלפף חלק מהכריכות במגמה הפוכה?
- יב. האם ניתן לבצע את הניסוי:
- (1) בקטבים (2) על קו המשווה (3) על הירח
- יג. האם ניתן להגיע בניסוי למצב שבו המצפן ניצב למישור הסליל?
- יד. האם ניתן לבצע את הניסוי בזרם חילופין?