

השדה הנוצר מתיל ישר נושא זרם

א. מטרת הניסוי

מדידת רכיב השדה המגנטי של כדור הארץ המקביל לקרקע באמצעות השדה המגנטי הנוצר מתיל ישר נושא זרם.

ב. רקע תיאורטי

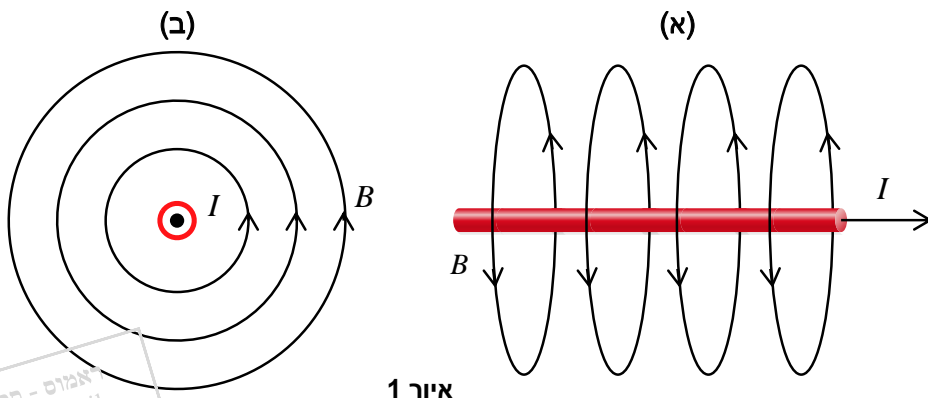
השדה המגנטי הנוצר מתיל ישר "אינסופי":

כאשר עובר זרם חשמלי בתיל נוצר סביבו שדה מגנטי. אם התיל ישר ואינסופי, מתקיים:

א. קווי השדה המגנטי מסביב לתיל הם מעגלים הניצבים לתיל ואשר המרכז שלהם נמצא על התיל כפי שמתואר באיור 1. מעגלים צמודים אלה יוצרים אין סוף גלילים קונצנטריים, האחד בתוך השני, העוטפים את התיל נושא הזרם. איור 1 מתאר את קווי השדה בחתך רוחב של התיל.
 ב. גודלו של השדה המגנטי קבוע בכל הנקודות הנמצאות באותו מרחק מהתיל (כלומר בכל הנקודות הנמצאות על אותו קו שדה מעגלי). גודלו של השדה המגנטי נתון על ידי הקשר הבא:

$$(1) \quad B(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{2 \times 10^{-7} I}{r}$$

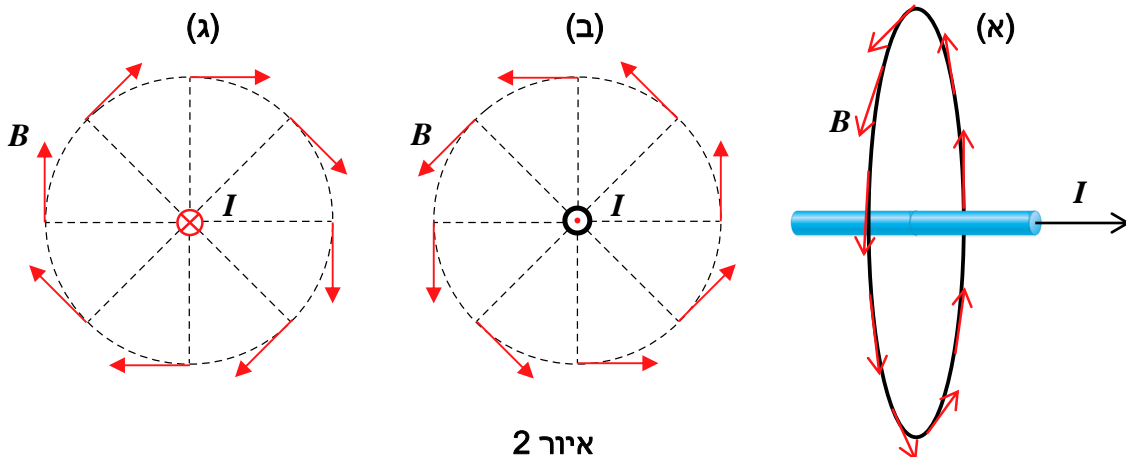
כאשר r הוא המרחק מהתיל, I הוא הזרם בתיל ו- μ_0 הוא הפירמיאביליות המגנטית.



איור 1

נציין את הנקודות הבאות:

(1) כיוון השדה המגנטי בנקודה מסוימת ליד התיל הוא בכיוון המשיק לקו השדה שעובר בנקודה זו. כלומר, בכיוון המשיק למעגל העובר בנקודה זו, הניצב לתיל, ומרכזו נמצא על התיל (ראה איור 2).



איור 2

לפי זה נקבל שבחתך לרוחב של התיל כפי שמתואר באיורים 2ב ו-2ג, השדה המגנטי בכל נקודה נמצא במישור הדף והוא ניצב לקו המחבר נקודה זו עם התיל, (ראה תרשים).

(2) כדי לקבוע את הכיוון שאליו מכוון וקטור השדה המגנטי על קו השדה, נשתמש בכלל "יד ימין" השני: עוטפים את התיל עם כף יד ימין כך שהאגודל בכיוון הזרם, ומסובבים את יתר אצבעות כף היד מסביב לאגודל. הכיוון שאליו האצבעות פונות כשהן עוברות בנקודה הרצויה, הוא הכיוון של וקטור השדה המגנטי בנקודה זו (ראה איורים 2א, 2ב ו-2ג).

המשוואה (1) פותחה עבור תיל ישר אינסופי, ניתן להשתמש בה, בקירוב טוב, גם עבור תיל ישר סופי בעל אורך ℓ . קירוב זה נחשב לטוב אם מתקיימים שני התנאים:

(1) מרחק הנקודה, שבה מחשבים את השדה המגנטי מהתיל (r) קטן מאוד ביחס לאורך התיל (ℓ) , כלומר כאשר מתקיים $r \ll \ell$.

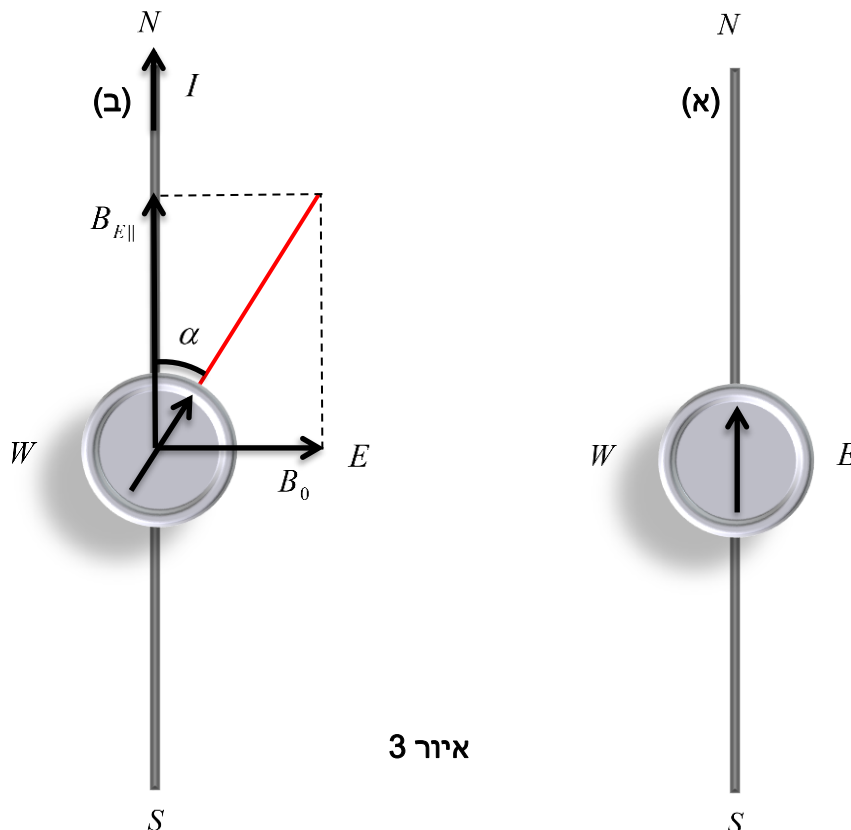
(2) הנקודה שבה מחשבים את השדה המגנטי לא נמצאת קרוב לקצוות התיל אלא בחלק המרכזי של התיל.

אם מניחים תיל ישר וארוך על השולחן לאורך קו הנמתח בכיוון דרום – צפון כפי שמתואר באיור 3א, ומעליו במרחק מסוים r מניחים מצפן, מחט המצפן יהיה מכוון במצב זה בכיוון הצפון (במקביל לתיל).

אם נזרים בתיל זרם בכיוון צפון כפי שמתואר באיור 3ב, ייווצר שדה מגנטי מסביב לתיל. במישור המצפן, שדה זה יהיה מכוון בכיוון מזרח (ראה איור 3ב), וכתוצאה מכך תסטה מחט המצפן מהצפון לכיוון מזרח, עד שהיא מתייצבת בזווית α מסויית כפי שמתואר באיור 3ב. ניתן להוכיח שהזווית α מקיימת את הקשר הבא:

$$\tan \alpha = \frac{2 \times 10^{-7} I}{B_{E\parallel} r} \quad (2)$$

כאשר r הוא מרחק המצפן מהתיל ו- I הוא הזרם בתיל.



איור 3

ג. ציוד ומכשור

- (1) תיל מוליך דק, אורך ומבודד.
- (2) נגד משתנה.
- (3) אמפרמטר.
- (4) נייר דבק.
- (5) מצפן.
- (6) ספק מתח.
- (7) חתיכות קלקר בעובי 2cm כל אחת. רוחב ואורך כל חתוכה אינו חשוב. אפשר לחתוך אותם בממדים 10 ס"מ אורך ו-10 ס"מ רוחב. מספר חתיכות הקלקר צריך להיות לפחות 6.

ד. הניסוי (בניית המערכת וביצוע המדידות)

- (1) מתח את התיל לאורך השולחן בקו ישר בכיוון צפון דרום. העזר במצפן על מנת לוודא את הכיוון של התיל. הדבק את קצוות התיל בשולחן באמצעות נייר דבק.
- (2) חבר את קצוות התיל למעגל החשמלי הכולל את התיל, נגד משתנה, אמפרמטר וספק מתח, כך שהחיבור הוא טורי.
- (3) שים חתיכת קלקר מעל התיל ובמרכזו. על מנת שחתיכת הקלקר תתיישב על השולחן באופן יציב, חתוך לאורך חתיכת הקלקר תעלה (חריץ) בעומק מספר מילימטרים (לפי עובי התיל), כך שהתיל נכנס לתוך חריץ זה כשמניחים את חתיכת הקלקר מעליו.
- (4) מניחים על חתיכת הקלקר ובדיוק מעל התיל מצפן.
- (5) מפעילים את הספק, כתוצאה מהזרם שעובר בתיל תסטה המחט במצפן בזווית α מסוימת ביחס לצפון. כוון, באמצעות הנגד המשתנה, את עוצמת הזרם, כך שהזווית α תהיה 70° בערך. רשום את הזווית α , את מרחק המצפן מהתיל (2 ס"מ בערך) ועוצמת הזרם I .
- (6) הוסף חתיכת קלקר נוספת, והנח מעליה את המצפן בדיוק מעל התיל, ומדוד את הזווית α במצב זה. רשום את r ו- α (הזרם נשאר קבוע לאורך כל הניסוי).
- (7) חזור על הפעולה שבסעיף הקודם מספר פעמים, כך שבכל פעם יש להוסיף חתיכת קלקר נוספת ולמדוד את הזווית וגם לרשום את הגובה r .
- (8) קבץ את המדידות בטבלה הבאה:

$r(\text{cm})$						
α - מעלות						

ראמוס – ספרים וייעוץ
www.ramose.co.il

ה. עיבוד וניתוח המדידות

- (1) הכן, על סמך הטבלה שקיבלת, טבלה חדשה הכוללת את $\tan \alpha$ כפונקציה של $(1/r)$. שים לב לכך ש- r צריך להיות במטרים.
- (2) שרטט גרף המתאר את $\tan \alpha$ כפונקציה של $1/r$.
- (3) חשב את שיפוע הגרף, וחשב באמצעותו את רכיב השדה המגנטי של כדור הארץ, $B_{E||}$.

ו. שאלות הכנה

- (1) הוכיח את הקשר (2).
- (2) שרטט את הכיוון אליו תסטה מחט המצפן אם הזרם בתיל באיור 6 מכון בכיוון דרום.