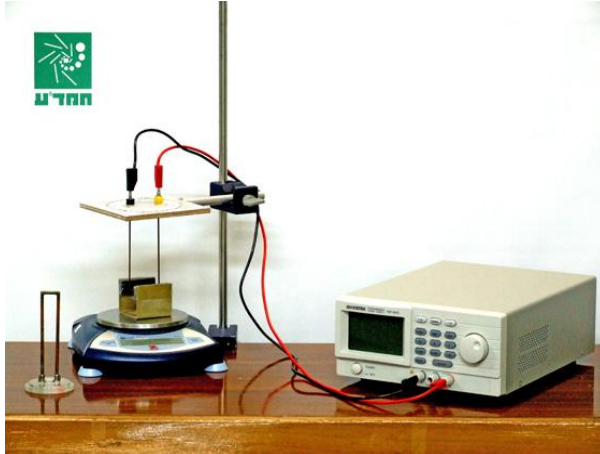


כוח מגנטי על תיל נושא זרם

ציוד



איור 1

- ספק מתח נמוך PSP2010
- שני תילים כפופים בצורת U - רחב וצר
- מגנט פרסה בנוי ממסגרת ברזל בצורת U ושני מגנטים נאודימיום
- כן עם מחבר דו-זוויתי
- לוחית עץ עם נייר פולארי
- מאזניים דיגיטליים חצי-אנליטיים
- 2 תילי חיבור של 75 ס"מ
- סרגל

מטרת הניסוי

עליכם לאשש את תלות הכוח המגנטי הפועל על תיל נושא זרם, בעוצמת הזרם ובזווית שבין כיוון הזרם לבין כיוון השדה:

$$F = I \cdot L \cdot B \cdot \sin \alpha$$

I – עוצמת הזרם בתיל,

L – אורך התיל,

B – עוצמת השדה המגנטי,

α – הזווית שבין כיוון הזרם לבין וקטור השדה המגנטי.

רקע עיוני

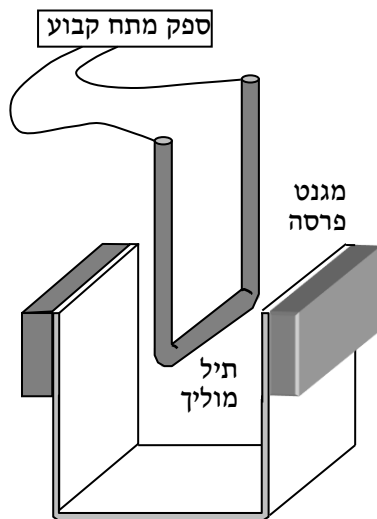
באיור 2 מתואר מגנט קבוע בצורת פרסה ותיל מוליך בצורת U הנמצא בין קוטבי המגנט.

כאשר מזרימים זרם דרך התיל המוליך, פועל עליו כוח מגנטי. כיוון הכוח מתקשר לכיוון השדה ולכיוון הזרם בתיל לפי כלל יד שמאל, כלל הבורג, או כלל דומה אחר ("שלשה ימנית").

הכוח המגנטי השקול על התיל שווה לכוח הפועל על החלק האופקי שלו בלבד (מדוע?).

כדי לאשש את נוסחת הכוח המגנטי יש לשנות את הפרמטרים הבלתי תלויים I, B, L, α ולבדוק את השפעתו של כל שינוי על גודל הכוח. בניסוי זה נסתפק בבדיקת השפעתן של עוצמת הזרם והזווית בלבד.

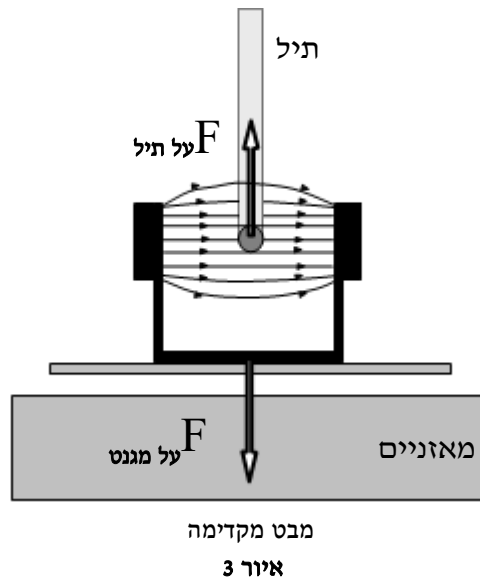
מדידת הכוח המגנטי על התיל מבוססת על החוק השלישי של ניוטון - כאשר המגנט מפעיל כוח על התיל באמצעות השדה המגנטי, גם התיל מפעיל כוח על המגנט. שני הכוחות שווים בגודלם ומנוגדים בכיוונם. לפני הזרמת זרם בתיל שבין קטבי המגנט, מניחים את מגנט על מאזניים (איור 3) ומאפסים אותם. עתה, כאשר דרך התיל יזרום זרם, המאזניים יורו את הכוח המופעל על המגנט על ידי הזרם שבתיל.



איור 2

תיאור מערכת הניסוי

- בניסוי משתמשים בשני תילים כפופים בצורת "U". אורך הקטע האופקי שונה בשני התילים.
- מגנט הפרסה מורכב ממסגרת פרומגנטית וזוג מגנטים נאודימיום שמשמשים קטבי המגנט. בין הקטבים קיים שדה מגנטי אשר בקירוב אופקי ואחיד באזור האמצעי בין המגנטים (איור 3).
- התיל בצורת "U" מוחזק בשדה המגנטי באמצעות לוחית עץ מכוסה נייר פולארי. בעזרת התפסן והכן ניתן להבטיח שהקטע האופקי של התיל נמצא תמיד במרכז האזור (גם אופקית וגם אנכית) שבין המגנטים.



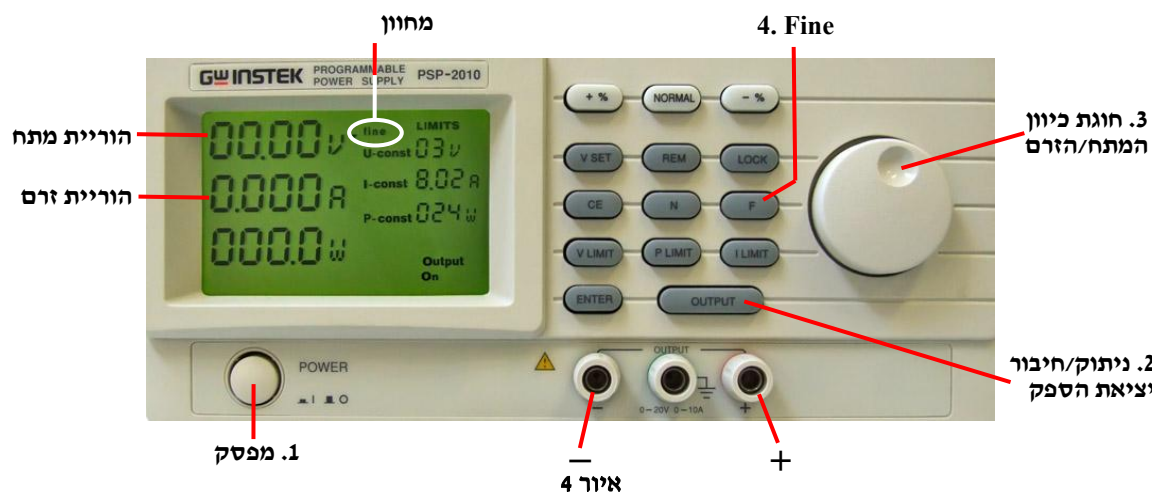
ביצוע הניסוי ועיבוד התוצאות

אזהרות:

1. במהלך הניסוי התיל הנחקר עלול להתחמם מאוד, לכן יש להימנע מלגעת בו ולסיים את המדידות מהר ככל האפשר.
2. אין ללחוץ על כפתורי ספק המתח שאינם מוזכרים בתדריך.

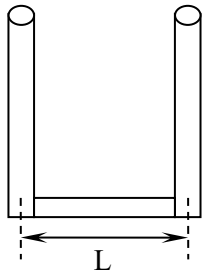
חלק ראשון - תלות הכוח המגנטי בזרם החשמלי בתיל

1. מודדים את רוחב התיל ה-U הרחב מבין השניים.
2. בעזרת מחבר דו-כיווני, תופסים לפנ את לוחית העץ המחזיקה את התיל (איור 1).
3. מפעילים את המאזניים ומניחים את המגנט עליהם. מזיזים את המאזניים כך שהקטע האופקי של התיל הנחקר יהיה במרכז האזור שבין שני קוטבי המגנט, במקביל אליהם.
4. על הדופן האחורית של ספק המתח מותקן מאוורר קירור אשר מתחיל לפעול בזרמים חשמליים גבוהים ביציאת הספק. זרימת האוויר מהמאוורר עלולה להשפיע על הוריית המאזניים, לכן יש למקם את ספק המתח כך שזרימת האוויר לא תגיע למאזניים.
5. מחברים את התיל הכפוף ליציאות "+" ו-" של ספק המתח ומרחיקים את תילי החיבור מהתיל הכפוף (איור 1). מפעילים את הספק באמצעות כפתור (1) (איור 4). אין ללחוץ בעת זו על כפתור (2) Output.



6. מאפסים את מתח היציאה (לפי הוריית המתח של הספק) על ידי סיבוב החוגה (3) נגד כיוון השעון.
7. שינוי המתח בספק אינו רציף, וכך גם סיבוב החוגה (3) שמתבצע בקפיצות (אשר מורגשות כ"קליקים"). לוחצים על כפתור (4) Fine לקביעת קפיצות מתח קטנות.

8. מפעילים את יציאת הספק על ידי לחיצה על כפתור (2) (איור 4).
9. מגדילים את עוצמת הזרם במעגל באמצעות סיבוב החוגה 3 בכיוון השעון בקליק אחד בלבד. רושמים בטבלה את הערך עוצמת הזרם ואת ערך הכח המגנטי הפעל על התיל. חוזרים על הפעלה 8 פעמים נוספות ומזינים את תוצאות המדידות בגיליון Excel.
10. מנתקים את יציאת הספק מהתיל בלחיצת כפתור (2).
11. בונים גרף של הכוח המגנטי F שפועל על התיל, כתלות בעוצמת הזרם I שעובר דרכו. האם הגרף עובר דרך ראשית הצירים? מה מייצג שיפוע הגרף? חישבו את עוצמת השדה המגנטי באמצע בין המגנטים.
12. מודדים את עוצמת השדה המגנטי במרכז מגנט הפרסה באמצעות מד שדה מגנטי ומחשבים את אחוז הסטייה של עוצמת השדה שהתקבלה בניסוי מערך השדה המדוד.



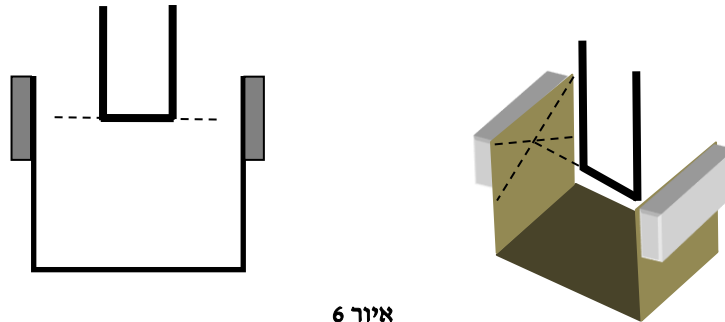
איור 5

חלק שני - תלות הכוח המגנטי בזווית שבין כיוון הזרם לבין כיוון השדה המגנטי

בחלק זה של הניסוי משתמשים בתיל U צר יותר. בחירה זו נובעת מהצורך לעבוד בשדה מגנטי אחיד, ודבר זה נכון בקירוב באזור הצר במרכז בין המגנטים.

1. מודדים את אורך הקטע L של התיל בין מרכזי התילים הצדדיים (איור 5) ורושמים אותו.
2. מחליפים את התיל הרחב בו השתמשו בחלק הראשון של הניסוי, בתיל זה. יש לזכור להרחיק את תילי החיבור לספק המתח מהתיל הנחקר. מכוונים את מישור הלוח הפולארי במקביל למישור המשטח של המאזניים. בודקים שהקטע האופקי של התיל הנחקר נשאר מקביל למשטח המאזניים בסיבוב בסיס התיל בלוחית העץ.
3. מסובבים את בסיס התיל בלוחית העץ כך החרוץ על בסיס התיל יהיה מול שנת 0° של הנייר הפולארי. מסדרים את המערכת בהתאם לאיור 6:

- התיל הנחקר מכוון לאורך קווי השדה המגנטי ונמצא בדיוק במרכז המסגרת עליה מותקנים המגנטים,
- ההמשכים הדמיוניים של התיל מגיעים למרכזי המגנטים.



איור 6

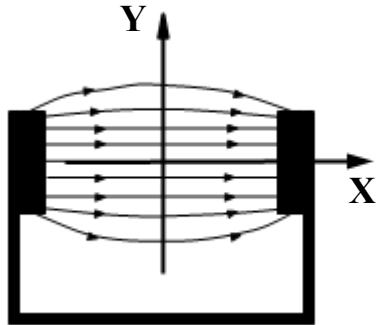
4. מפעילים את יציאת ספק המתח (לוחצים על כפתור (2) – איור 4) ומכוונים את הזרם בתיל לכ- $8A$ באמצעות חוגה (3). מאפסים את המאזניים - במצב זה הכוח המגנטי על התיל הוא אפס (מדוע?). בודקים זאת על ידי ניתוק של יציאת הספק (כפתור (2)) והפעלתו מחדש.
 - הערה: היות שקשה עד בלתי אפשרי לכוון את התיל בדיוק לאורך קווי השדה המגנטי, יתכן שבבדיקה הנ"ל (הפעלה של יציאת הספק) הוריית המאזניים תשתנה במקצת – זה אחד מגורמי השגיאה בניסוי.
 5. מגדילים את הזווית בין כיוון הזרם לבין כיוון השדה, α , בדילוגים של 10° עד שמגיעים ל- 70° . אחרי כל שינוי בזווית, ממתינים מספר שניות להתייצבות של הוריית המאזניים. מזינים ב-Excel את הכוח המגנטי על התיל ואת הזווית.
 6. על פי תוצאות המדידות בונים גרף פיזור של הכוח המגנטי F שפועל על התיל, כתלות ב- $\sin \alpha$ (יש לזכור להמיר בגיליון מעלות לרדיאנים). מהי צורת הגרף? מה מייצג שיפוע הגרף?
 1. מציגים את קו המגמה של הגרף ואת משוואת הקו. לקבלת תוצאה מדויקת יותר, יש להגדיל את מספר הספרות מימין לנקודה העשרונית ל-3 ספרות. לשם כך יש לפעול באופן הבא:
 - א. מקליקים על המשוואה במקש הימני של העכבר ובתפריט הנפתח בוחרים "עיצוב תווית קו מגמה" ("Format trendline label")
 - ב. בתיבה משולבת ברשימת "קטגוריה" בוחרים תצוגה "מדעי" ("Scientific") ובשדה מתחת לקטגוריה מגדירים 2 מקומות עשרוניים (Decimal places).
- מחשבים את עוצמת השדה המגנטי שהתקבלה בחלק זה של הניסוי.

בסיום המדידות

- מכבים את הספק ומנתקים אותו מרשת החשמל,
- מפרקים את המעגל,
- מחזירים לעגלה את הציוד כפי שהיה לפני תחילת הניסוי.

שאלות סיכום

1. האם בניסוי זה יש להתחשב בשדה המגנטי הארצי? הסבירו.
2. מהו כיוון הכוח המגנטי שפועל על החלקים האנכיים של תיל ה-"U" שנמצאים בשדה המגנטי? האם יש להתחשב בכוחות אלה במדידות בניסוי? מדוע?
3. אילו היינו מעבירים קרן אלקטרונים מהירה בשדה המגנטי שבניסוי (במקום תיל נושא זרם), האם היה הדבר משפיע על הוריית המאזניים? הסבירו.
4. האם השדה המגנטי משתנה בין קוטבי המגנט? הציעו דרך לבדוק את השתנות השדה לאורך הציר X (איור 7). הציגו גרף עקרוני של $B(X)$ ודנו בעוצמת השדה במרכז שבין הקטבים ובסמוך לאחד הקטבים. כיצד לדעתכם משתנה השדה המגנטי בכיוון Y ?



איור 7