



המרכז הארצי למורי הפיזיקה

שם הניסוי: גלוונמטר טנגנטי

מדידת הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ

רמה א'

תיאור הניסוי

בניסוי זה, נעסוק בתלות של השדה המגנטי במרכז לולאה בזרם החשמלי הזורם דרכה. נמדוד את כוונן של שדה מגנטי שקול של שני שדות המאונכים זה לזה של בעזרת מצפן ונחשב את עצמתו של השדה.

מתוצאות ניסוי זה אפשר למדוד את הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ.

מטרת הניסוי

חקירת הקשר בין השדה המגנטי במרכז לולאה מעגלית נושאת זרם לבין עצמת הזרם. חישוב הרכיב האופקי של השדה המגנטי הארצי.

מה נשמר קבוע?

קוטר הלולאה ומספר הליפופים סביבה.

מה מודדים בצורה ישירה?

מודדים באופן ישיר את הזרם החשמלי הזורם בלולאה ואת זווית סטיית המצפן.

מה מודדים באופן עקיף?

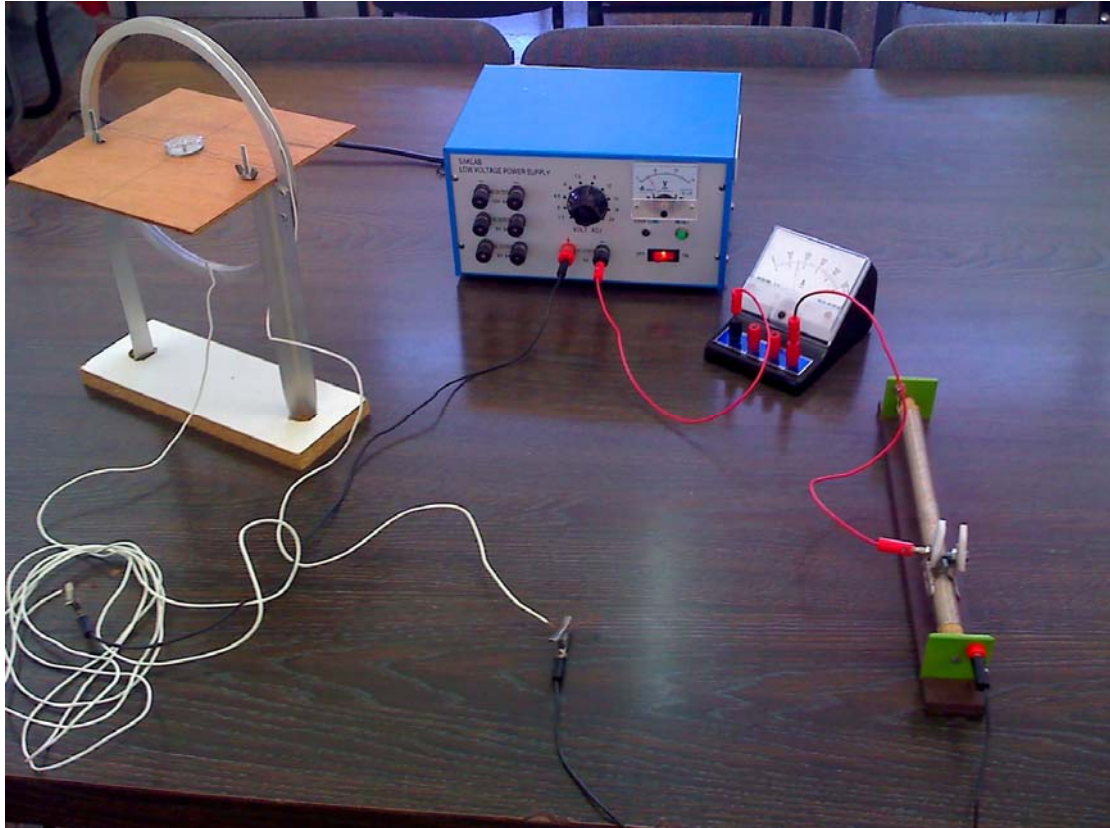
עבור כל ערך של זרם שנמדד, מחשבים את השדה המגנטי במרכז הלולאה מעגלית.

מה מחשבים?

מסרטטים גרף של טנגנס זווית הסטייה של המצפן כפונקציה של השדה המגנטי במרכז הלולאה וממנו מחשבים את גודלו של הרכיב האופקי של השדה המגנטי הארצי.

המרכז הארצי למורי הפיזיקה

צילום המערכת




הערה: בהתאם להמלצות הדידקטיות, יש להרחיק עד כמה שניתן את כל חלקי המערכת מהגלונומטר הטנגנטי, יותר ממה שנראה בצילום.

מרכז מורים ארצי במקצוע פיזיקה. הפרויקט מבוצע עפ"י מכרז 6/1.07
הפרויקט מבוצע עבור האגף לתכנון ולפיתוח תוכניות לימודים, המזכירות הפדגוגית, משרד החינוך
מרכז ארצי למורי הפיזיקה, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע, רחובות, 76100
טל' 08-9378366/8400 <http://stwww.weizmann.ac.il/ptc> פקס: 08-9378392

קובץ זה נועד אך ורק לשימוש האישי של מורי הפיזיקה ולהוראה בכיתותיהם. אין לעשות שימוש כלשהו בקובץ זה לכל מטרה אחרת ובכלל זה שימוש מסחרי; פרסום באתר אחר (למעט אתר בית הספר בו מלמד המורה); העמדה לרשות הציבור או הפצה בדרך אחרת כלשהי של קובץ זה או כל חלק ממנו.

המרכז הארצי למורי הפיזיקה

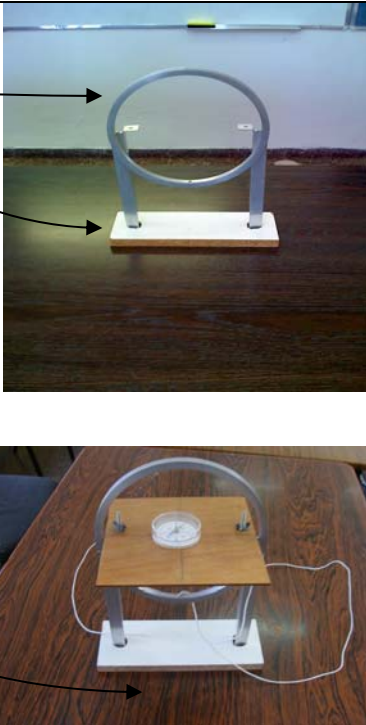

פירוט חלקי המערכת והמלצות טכניות

הוראות הפעלה והמלצות טכניות	תמונת הרכיב	הרכיב
<p>תייל מוליך שהתנגדותו 16 אוהם המלווה על גליל מבודד. מחברים את התייל למעגל בחיבור ריאוסטטי: מחברים קצה אחד שלו לקצה הגליונומטרואת הגררה שלו מחברים למקור המתח, כך שכאשר משנים את מיקום הגררה משתנה התנגדות התייל.</p>		<p>נגד משתנה</p>
<p>מקור מתח ישר DC מחברים אותו ליציאה של 12 וולט.</p>		<p>מקור מתח</p>
<p>מחט מגנטית שיכולה להסתובב סביב ציר העובר במרכז המצפן. המחט המגנטית פונה לכיוון צפון דרום (כוון הרכיב האופקי של השדה המגנטי הארצי) אם היא מושפעת רק מהשדה המגנטי הארצי. אבל אם יש יותר משדה מגנטי אחד, היא פונה</p>		<p>מצפן</p>

מרכז מורים ארצי במקצוע פיזיקה. הפרויקט מבוצע עפ"י מכרז 6/1.07 הפרויקט מבוצע עבור האגף לתכנון ולפיתוח תוכניות לימודים, המזכירות הפדגוגית, משרד החינוך מרכז ארצי למורי הפיזיקה, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע, רחובות, 76100 טל' 08-9378366/8400 <http://stwww.weizmann.ac.il/ptc> פקס: 08-9378392

קובץ זה נועד אך ורק לשימוש האישי של מורי הפיזיקה ולהוראה בכיתותיהם. אין לעשות שימוש כלשהו בקובץ זה לכל מטרה אחרת ובכלל זה שימוש מסחרי; פרסום באתר אחר (למעט אתר בית הספר בו מלמד המורה); העמדה לרשות הציבור או הפצה בדרך אחרת כלשהי של קובץ זה או כל חלק ממנו.

המרכז הארצי למורי הפיזיקה

<p>לכוון השדה המגנטי השקול, ולכן היא תצביע על כוון השדה המגנטי השקול.</p>		
<p>תייל מוליך ארוך שהתנגדותו קטנה</p>	<p>התיילים הלבנים שבצילום המערכת</p>	<p>תילי ליפוף</p>
<p>בסיס עץ שעליו מותקנת לולאה העשויה מאלומיניום (האלומיניום הוא חומר לא מתמגנט ולכן אינו משפיע על הניסוי). מלפפים על הלולאה את התייל המוליך. כמו כן, מחברים באמצע הלולאה לוח עץ אופקי כך שיהיה אפשר להניח עליו את המצפן. לוח העץ מחורר במרכזו ומראה בצורה זו את מרכז הלולאה.</p>		<p>גלונומטר טנגנטי</p>
<p>מכשיר למדידת זרם חשמלי שיש בו שלושה תחומי מדידה. מחברים אותו בטור למעגל בו רוצים למדוד את הזרם. בניסוי זה בוחרים תחום של 0-5A.</p>		<p>אמפרמטר</p>



המרכז הארצי למורי הפיזיקה

הוראות להרכבת המערכת

- א. להדק את לולאת האלומיניום במאונך לבסיס לוח העץ .
- ב. ללפף את תיל הליפוף סביב לולאת האלומיניום (כ 5 כריכות) ולהקפיד שהקצוות של התיל יהיו רחוקים מהלולאה.
- ג. להניח את המצפן במרכז לוח העץ. אפשר לוודא את זה ע"י הסתכלות מלמטה דרך החור שבמרכז הלוח ובדיקה שאמצע המצפן נמצא במדויק מעל החור.
- ד. לסובב את המערכת כך שהמצפן מצביע על זווית אפס ומישור הלולאה מקביל למחט המצפן (המישור יהיה בכיוון צפון דרום).
- ה. לחבר ע"י תיל שבקצהו בננה ומצבט תנין את קצה התיל המלוּפף על הלולאה לאמפרמטר ואת הקצה השני של התיל יש לחבר לקצה של הנגד המשתנה. את היציאה השנייה של האמפרמטר לחבר למקור המתח. את הגררה של הנגד המשתנה יש לחבר עם תיל ליציאה של מקור המתח.
- ו. להדליק את מקור המתח, לוודא שמד הזרם מודד זרם בתחום הנכון. אם סטיית האמפרמטר היא לכיוון השלילי, יש להפוך את חיבור התילים למד הזרם .
- ז. להסתכל על מחט המצפן ולוודא שיש סטייה מהצפון. אם הסטייה היא בכיוון הזוויות שהן בתחום בין 270 ל 360 מעלות, יש להפוך את כוון הזרם ע"י החלפת החיבורים אל הדקי הספקן לא לשכוח להחליף גם את החיבורים לאמפרמטר אם האמפרמטר אינו דיגיטלי).
- ח. למדוד את זווית הסטייה ואחר כך להפוך את קוטביות חיבור התילים ולוודא שזווית הסטייה שמתקבלת בשני המצבים (קוטביות וקוטביות הפוכה) תהיה שווה. (אם האמפרמטר לא דיגיטלי צריך להחליף גם את החיבורים לאמפרמטר). אם הזווית אינה שווה, יש לסובב בעדינות את המערכת עד שבשני המצבים תתקבלנה אותן זוויות סטייה. במצב זה להדק את מערכת הגלגלונמטר בנייר דבק לשולחן. זהו המצב שבו מתחילים את המדידות.
- ט. להרחיק ככל האפשר את חלקי המעגל האחריים כמו תילי החיבור ומקור המתח מהגלגלונמטר כדי שלא ישפיעו על המדידות וגם להרחיק עצמים שיש בהם ברזל מסביב למערכת .

מדידות, עיבוד התוצאות וניתוחן

- א. לבנות טבלה שיש בה ארבע עמודות: עמודה עבור הזרם החשמלי, עמודה עבור זוויות הסטייה, עמודה עבור טנגנס הזווית ועמודה עבור השדה המגנטי במרכז הלולאה.
- ב. למדוד את קוטר הלולאה ע"י סרגל. לוודא שמוודדים את קוטר הלולאה: המרחק בין מרכזי התילים המלוּפפים על הלולאה ולא מקצה לולאת האלומיניום .



המרכז הארצי למורי הפיזיקה

ג. לשנות את הזרם במעגל ע"י שינוי מקום הגררה של הנגד המשתנה ולמדוד את זווית סטיית המצפן. לשנות את ערכי הזרם כך שערכי הזוויות יהיו במרווחים של 10 מעלות. אין להגיע לזוויות הגדולות מ 60 מעלות. יש להקפיד להסתכל על המצפן מלמעלה ולא מהצד.
 ד. עבור כל זווית סטייה שהתקבלה, לחשב את טנגנס הזוויות ולרשום את ערכו בעמודה המתאימה.

ה. לחשב את השדה המגנטי במרכז הלולאה ע"י הנוסחה הבאה $B = \frac{\mu_0 IN}{2\pi R}$ ולרשום את

הערכים המחושבים עבור הזרמים השונים בעמודה המתאימה.

ו. לשרטט גרף של טנגנס הזוויות כפונקציה של השדה המגנטי במרכז הלולאה

ז. למדוד שיפוע הגרף

ח. לחשב מהשיפוע את השדה המגנטי הארצי (זה שווה להופכי של השיפוע)

ט. להשוות את הערך של השדה המגנטי שהתקבל מהניסוי עם הערך המופיע בספרות.

רמה ב'

הפיזיקה עליה מתבסס הניסוי

השדה הנוצר במרכז לולאה מעגלית נושאת זרם.

עוצמת השדה המגנטי במרכז לולאה מעגלית, בעלת N כריכות, שרדיוסה R , ושזורם דרכה זרם I נתונה בנוסחה הבאה:

$$B = \frac{\mu_0}{2} \frac{I}{R} \cdot N$$

השדה במרכז הלולאה:

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{[N]}{[A]^2} = 12.57 \cdot 10^{-7} \frac{[T] \cdot [m]}{[A]}$$

כאשר T – טסלה, m – מטר, A – אמפר, N – ניוטון.

כיוון השדה המגנטי מאונך למישור הלולאה (ניצב לדף).

ווקטור השדה המגנטי הארצי מורכב משני רכיבים:

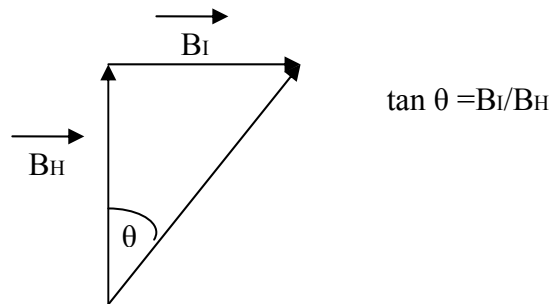
(1) רכיב אופקי \vec{B}_H המכוון מדרום לצפון, ועליו תתייב המחס המגנטית של מצפן המונח במישור האופקי.

המרכז הארצי למורי הפיזיקה

אם יש שדות נוספים בסביבה המחט תתייצב בכיוון השדה האופקי השקול.

2) רכיב אנכי \vec{B}_V המכוון אנכית מטה, שבגללו שואפת מחט המצפן "להרכין ראש" ובדרך כלל אין הוא משפיע על המצפן (כי המצפן יכול להסתובב רק במישור האופקי).

בניסוי, הרכיב האופקי של השדה המגנטי הארצי B_H , מאונך לווקטור השדה המגנטי במרכז הלולאה B_I . מחט המצפן מתייצבת בזווית θ יחסית לכיוון הרכיב האופקי של השדה המגנטי הארצי.



תרשים 1

המלצות דיזקטיות

- א. יש לדאוג במהלך כל הניסוי שהשדה המגנטי של הלולאה והשדה המגנטי הארצי האופקי יהיו מאונכים זה לזה ולכן חשוב מאוד לעשות את תהליך הכיול כאשר מודדים את הזוויות בשני הכוונים של סטיית מחט המצפן וחשוב שיתקבל אותו ערך של סטייה בשני הכוונים.
- ב. להרחיק מהלולאה כל דבר שיכול להשפיע על סטיית מחט המצפן כמו תילים נושאי זרם היוצרים שדה מגנטי או חלקים מברזל, שהוא חומר פרומגנטי שמשפיע מאד על סטיית המחט המגנטי.
- ג. לדאוג שהמצפן יהיה במרכז הלולאה כי הנוסחה תקפה רק למרכז הלולאה.
- ד. כדי שאחוז השגיאה בניסוי יהיה קטן ככל האפשר לא צריך להגדיל את הזוויות לערכים גדולים (מכסימום 60 מעלות), כי בזוויות גדולות שינוי קטן בזווית גורם לשינוי גדול בטנגנס הזווית.

המרכז הארצי למורי הפיזיקה

ניסוי המשך :

אפשר לשנות את השדה המגנטי במרכז הלולאה ע"י השארת הזרם קבוע ושינוי מספר הכריכות .