

סוג הבחינה: בגרות

מועד הבחינה: קיץ תש"ף

מספר השאלון: 036382

שם התלמיד/ה: _____

פיזיקה

שאלון חקר - 5 יחידות לימוד

הוראות

- א. משך הבחינה: שעהיים וחצי.
 - ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שלוש-עשרה שאלות. עליך לענות על כל השאלות. סה"כ - 100 נקודות.
 - ג. חומר עזר מותר בשימוש: מחשבון וסרגל. ניתן להשתמש בסרגל שבעמוד 11 בחוברת המדידות.
 - ד. הוראות מיוחדות: כתוב את כל תשובותיך בגוף השאלון, במקומות המיועדים לכך.
- השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים, אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

בהצלחה!

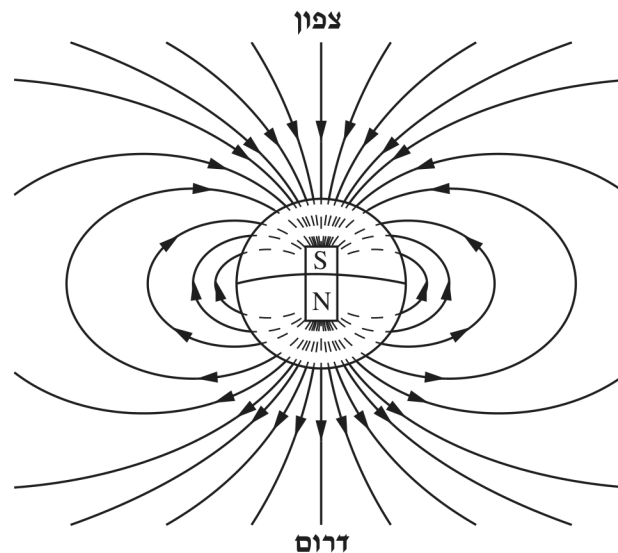
השאלות

1. מציאת הרכיב האופקי של השדה המגנטי הארצי

ענה על כל השאלות 1-13.

רקע עיוני

לכדור הארץ יש שדה מגנטי. על מחט של מצפן פועל הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ.



קווי השדה המגנטי של כדור הארץ

כאשר מציבים את המצפן במרכזה של כריכה מעגלית נושאת זרם, פועל על המצפן - נוסף על השדה המגנטי של כדור הארץ - גם השדה המגנטי של הכריכה.

כריכה מעגלית הנושאת זרם יוצרת במרכזה שדה מגנטי שגודלו תלוי ב:

1. עוצמת הזרם, $I [A]$

2. מספר הליפופים בכריכה, N

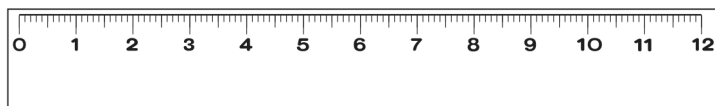
3. רדיוס הכריכה, $R [m]$

גודל השדה המגנטי שיוצר הזרם שבכריכה, $B_{\text{כריכה}}$, הוא: $B_{\text{כריכה}} = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I}{2 \cdot R} [T]$, וכיוונו

נקבע על-פי כיוון הזרם.

בניסוי שלהלן תתבקש לקרוא מתצלומים את זוויות הסטייה של מחט מצפן, ולמדוד בעזרת סרגל מרחקים מצולמים.

לדוגמה: מדוד את אורכו של קטע הסרגל שבתצלום 1 בעזרת הסרגל שברשותך. ניתן להשתמש בסרגל שבעמוד 11 (נספח ד') בחוברת המדידות.



תצלום 1 : קטע מסרגל באורך 12 ס"מ, מוקטן ביחס של 3:4

שים לב: אורך קטע הסרגל שמדדת הוא 9 ס"מ, בעוד אורכו האמיתי הוא 12 ס"מ.

האורך המצולם של הסרגל בדוגמה הזו מוקטן לעומת האורך האמיתי ביחס של 3:4 .

המלבן שבאיור לשאלה 1 הוקטן ביחס של 2:3 . מדוד בעזרת הסרגל שברשותך את אורך המלבן ואת רוחבו, וחשב את המידות האמיתיות שלהם.



איור לשאלה 1 : מלבן מוקטן ביחס של 2:3

אורך המלבן: _____

רוחב המלבן: _____

(2 נקודות)

2. רשימת הציוד שבו השתמשו בניסוי

1. לוח שעליו חמש כריכות מעגליות
2. ספק מתח
3. נגד משתנה (ריאוסטט עם גרר) - $20 \Omega \div 0$
4. מצפן
5. תושבת מצפן, הניתנת להזזה לאורך מסילה
6. מסילה לתושבת המצפן, שעליה מודבק סרגל מדידה
7. מד-זרם
8. ארבעה תיילי חיבור

סעיף 1 - מציאת הרכיב האופקי של השדה המגנטי הארצי באמצעות שינוי הרדיוס של כריכה מעגלית נושאת זרם שבמרכזה מצפן

בסעיף זה נחשב את הרכיב האופקי של השדה המגנטי הארצי, על-ידי מדידת זווית הסטייה של מחט המצפן.

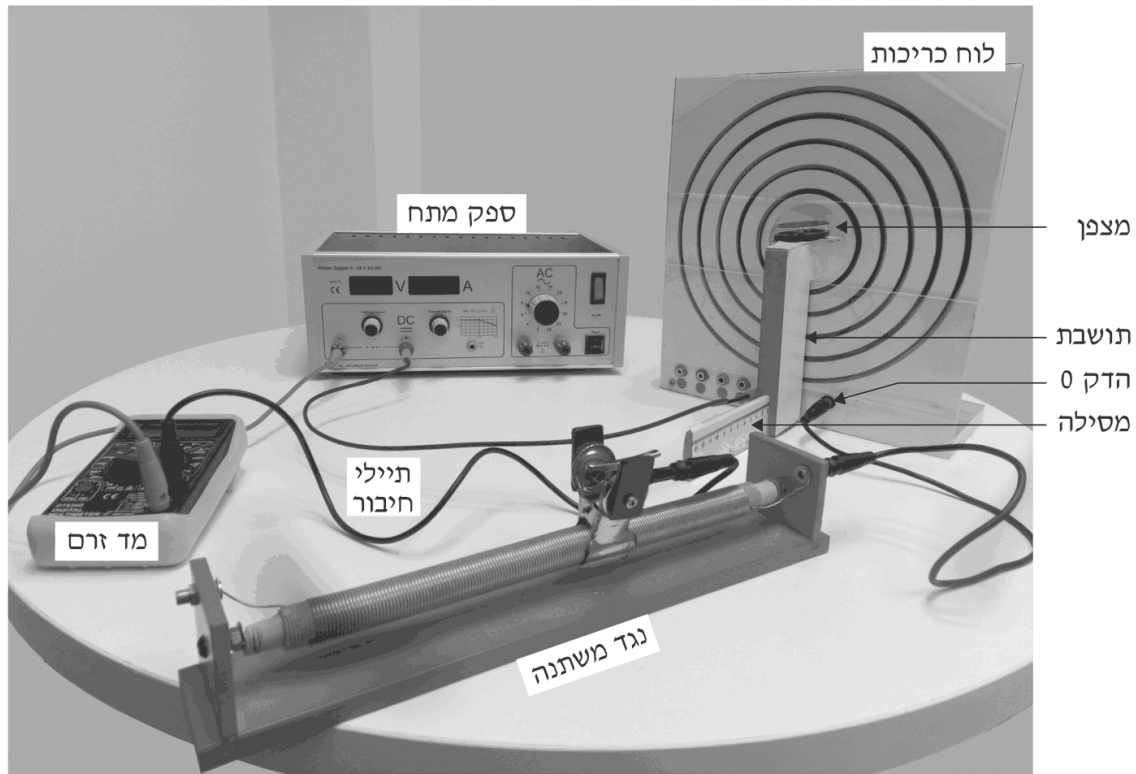
תיאור הניסוי

הרכיבו את המעגל החשמלי שבתצלום 2 בעמוד הבא. חיברו בטור ספק מתח, נגד משתנה, מד-זרם, ולוח כריכות.

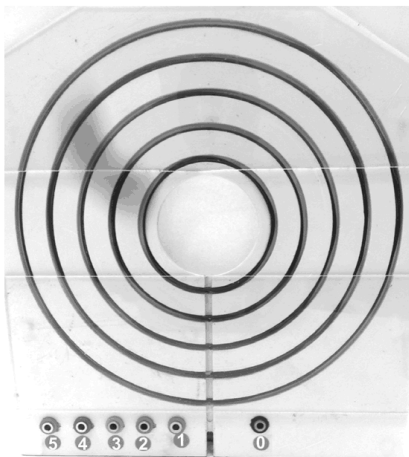
על הלוח חמש כריכות מעגליות ברדיוסים שונים בעלות מרכז משותף. כל כריכה כוללת שלושה ליפופים ($N = 3$).

על תושבת במרכז הכריכות מונח מצפן, בניצב למישור הכריכות.

- מיקמו את המצפן במרכז הפתח המעגלי, וכיוונו את לוח הכריכות בכיוון צפון-דרום.
 - כיוונו את הנגד המשתנה, כך שלכל אורך הניסוי הזרם במעגל היה $A = 1$, כמוצג בתצלום 3 בעמוד הבא.
 - חיברו את לוח הכריכות למעגל באמצעות שני תיילי חיבור: תיל אחד חובר להדק 0 בלוח הכריכות, ותיל שני חובר בכל פעם לאחד מההדקים הממוספרים $5 \div 1$. הכריכה בעלת הרדיוס הקטן ביותר חוברה להדק 0 ולהדק 1, וכך הלאה - הכריכה בעלת הרדיוס הגדול ביותר חוברה להדק 0 ולהדק 5.
- לוח הכריכות מוצג בתצלום 4 בעמוד הבא.



תצלום 2 : מערכת הניסוי



תצלום 4 : לוח הכריכות



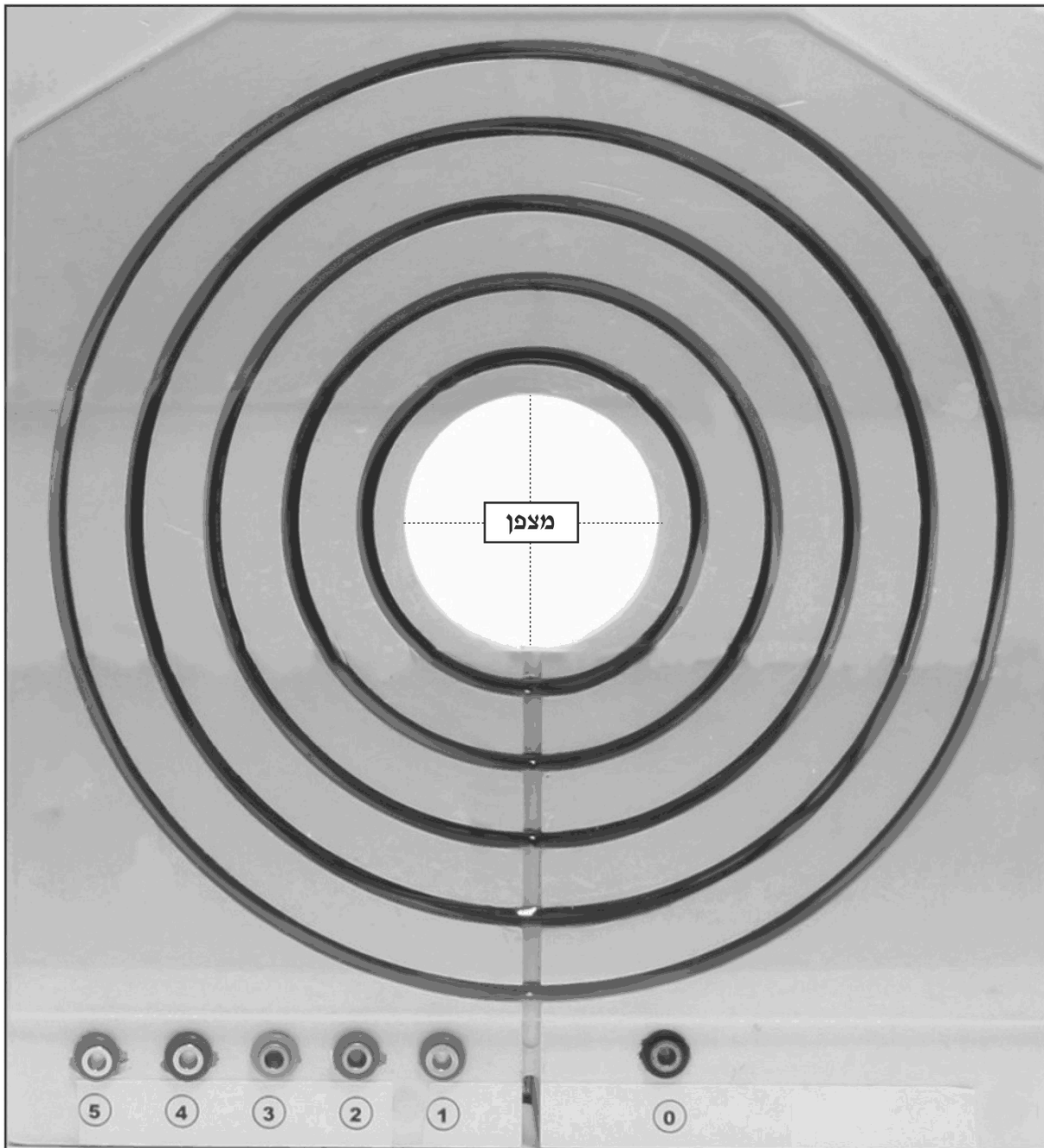
תצלום 3 : קריאת מד-הזרם בניסוי

בכל פעם מחט המצפן התייצבה בכיוון השדה המגנטי השקול B_T , היוצר זווית סטייה α ביחס לכיוון הצפון.

תצלומי מחט המצפן עבור כל אחת מהכריכות כשהיא מחוברת למעגל החשמלי נתונים בנספח ב' בחוברת המדידות.

חיברו בטור את הספק, הנגד המשתנה, הכריכה בעלת הרדיוס הקטן ביותר בלוח הכריכות (הדק 0 והדק 1) ומד-הזרם.

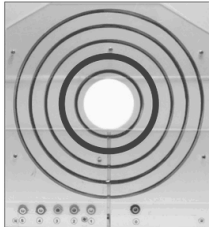
נספח א' (חוברת המדידות):



- א. מדוד בעזרת סרגל את קוטר הכריכה הקטנה ביותר ב**נספח א'** (ולא בנספח ב') בחוברת המדידות, וכתוב את התוצאה בשורה הראשונה בטבלה 1.
(1 נקודות)
- ב. לוח הכריכות ב**נספח א'** שבחוברת המדידות הוקטן מגודלו האמיתי ביחס של 2:3 .
כתוב בשורה הראשונה בטבלה את קוטר הכריכה האמיתי ואת הרדיוס האמיתי שלה.
(1 נקודות)

נספח ב' (חוברת המדידות) - תצלומי מחט המצפן לכריכות 1 ו-2:

כריכה 2



כריכה 1



ג. קרא מהתצלומים **בנספח ב'** שבחוברת המדידות, המתאימים לכריכה הקטנה ביותר (כריכה 1), את ערכי הסטייה של מחט המצפן מכיוון הצפון ימינה (α_R) ושמאלה (α_L), וכתוב אותם בשורה הראשונה בטבלה 1.

(2 נקודות)

ד. חשב את הסטייה הממוצעת של מחט המצפן מכיוון הצפון (α_{ave}) ואת $\tan \alpha_{ave}$, וכתוב אותם בעמודות המתאימות בטבלה.

(2 נקודות)

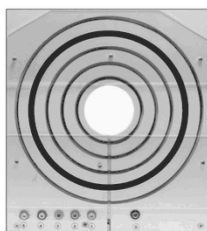
3. בהמשך הניסוי העבירו את החיבור לכריכות הנוספות, $5 \div 2$, כל פעם לכריכה אחרת.

חזור על הסעיפים של שאלה 2 עבור כל אחת מהכריכות שבנספח א' בחוברת המדידות, ועבור תצלומי המצפן המתאימים לכל כריכה, הנתונים בנספח ב' בחוברת המדידות.

טבלה 1

	$\alpha_L (^\circ)$ (שמאל)	$\alpha_R (^\circ)$ (ימין)	רדיוס הכריכה האמיתי R (m)	קוטר הכריכה האמיתי $2R$ (m)	קוטר הכריכה הנמדד $2R$ (m)	מספר כריכה	מספר מדידה
						1	1
						2	2
						3	3
						4	4
						5	5

כריכה 4



כריכה 3



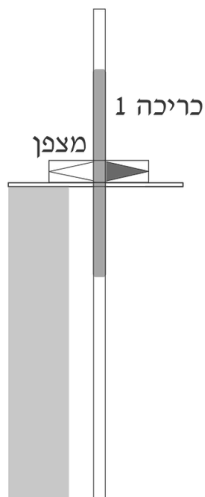
כריכה 5



(14 נקודות)

4.

- א. להלן תצלום במבט על ואיור במבט צד של המצפן וכריכה 1. על-פי התצלום - קבע מהו כיוון הזרם בכריכה (עם כיוון השעון או נגדו). נמק את תשובתך.



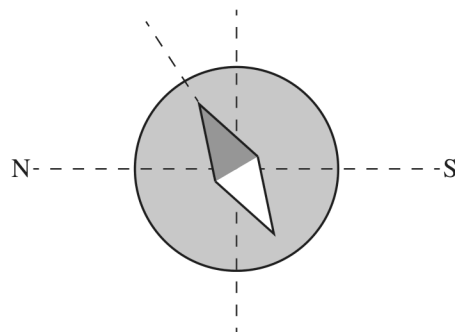
מבט צד



מבט על

(3 נקודות)

- ב. סרטט על גבי התרשים שלהלן את כיוון הרכיב האופקי של השדה המגנטי הארצי (B_E), ואת רכיב השדה המגנטי שיוצר הזרם שבכריכה ($B_{\text{כריכה}}$). סמן על גבי הסרטוט את זווית הסטייה α .



(3 נקודות)

- ג. הוכח את הקשר: $\tan \alpha = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I}{2 \cdot B_E \cdot R}$, בהתאם לתשובתך בסעיף ב'.

(2 נקודות)

5. א. מהו המשתנה התלוי ומהו המשתנה הבלתי תלוי בניסוי?

(2 נקודות)

ב. הקף את הסיפורה המייצגת את המשתנה המקיים קשר קווי עם $\tan \alpha$:

1. R

2. $\frac{1}{R}$

3. $2R$

4. R^2

(2 נקודות)

ג. הוסף בראש העמודה הריקה שבטבלה 1 את המשתנה המקיים קשר קווי עם $\tan \alpha$, על-פי תשובתך לסעיף ב'. כתוב את ערכיו בעמודה הריקה.

(2 נקודות)

6. א. סרטט על הנייר המילימטרי (שבעמוד הבא) דיאגרמת פיזור שתתאר את הקשר הקווי בין

$\tan \alpha$ ובין המשתנה החדש שהגדרת בטבלה 1.

(7 נקודות)

ב. העבר קו מגמה בדיאגרמת הפיזור שסרטטת (הקו הישר המתאים לה ביותר).

הערה: תוכל להשתמש גם בגיליון אלקטרוני. אם השתמשת בו, הדבק את מדבקת הנבחן שלך גם על-גבי תדפיס המחשב וצרף אותו לשאלון.

(3 נקודות)

7. א. חשב את שיפוע קו המגמה, וכתוב את היחידות הפיזיקליות שלו.

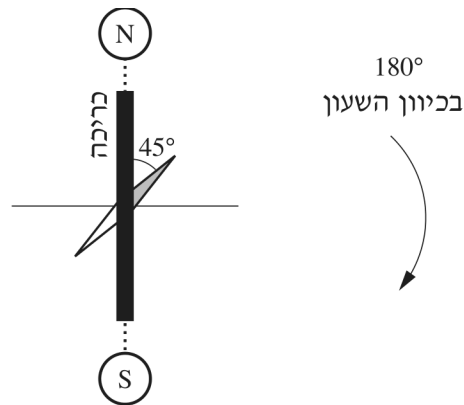
(3 נקודות)

ב. מצא בעזרת שיפוע קו המגמה את הרכיב האופקי של השדה המגנטי הארצי, באמצעות הקשר שהוכחת בסעיף ג' בשאלה 4, וכתוב את יחידותיו הפיזיקליות. הצג את חישובך.

(4 נקודות)

8.

- א. באיור לשאלה 8 מתואר מצב שבו הסטייה של מחט המצפן הייתה 45° . סובבו את לוח הכריכות ב- 180° בכיוון השעון.



איור לשאלה 8

כיצד תגיב לכך מחט המצפן? נמק את תשובתך.

(2 נקודות)

- ב. שינו שוב את הכיוון של לוח הכריכות, כך שהפעם מחט המצפן התייצבה בכיוון צפון-דרום, כמוצג בתצלום שלהלן. במצב החדש שינו את הזרם במעגל בתחום $0 \div 1.5 \text{ A}$, כמוצג בתצלומים שמתחתיו.

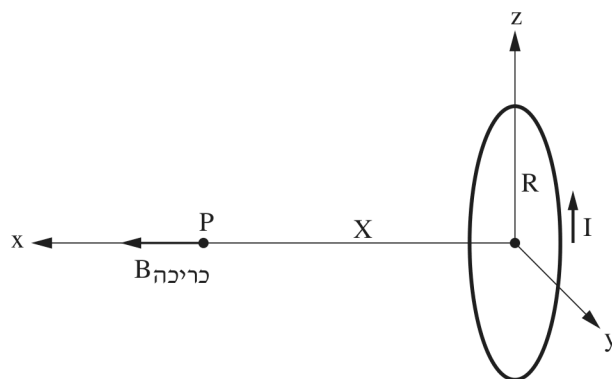


כיוון מחט המצפן נשאר צפון-דרום למרות השינוי בזרם. הסבר מדוע.

(2 נקודות)

9. **רקע עיוני (המשך)**

בסעיף 2 שלהלן נכיר שיטה נוספת למציאת הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ: מדידת השדה המגנטי שיוצר הזרם שבכריכה בנקודה P, הנמצאת על הקו המאונך למישור הכריכה ועובר במרכזה, במרחק X ממרכז הכריכה. נניח שהכריכה נמצאת במישור yz ושהנקודה P נמצאת על ציר x. כיוון השדה המגנטי של הכריכה (כריכה B) בנקודה P מצוין באיור על-ידי חץ.



גודל השדה המגנטי שיוצרת הכריכה במרחק X ממרכזה לאורך ציר ה-x נתון בביטוי:

$$B_{\text{כריכה}} = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I \cdot R^2}{2 \cdot (R^2 + X^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (1)$$

שים לב: כאשר $X = 0$ (במרכז הכריכה) נקבל את הביטוי המוכר: $B_{\text{כריכה}} = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I}{2 \cdot R}$. (2)

סעיף 2 - מציאת השדה המגנטי לאורך ציר המאונך לכריכה מעגלית נושאת זרם

תיאור הניסוי

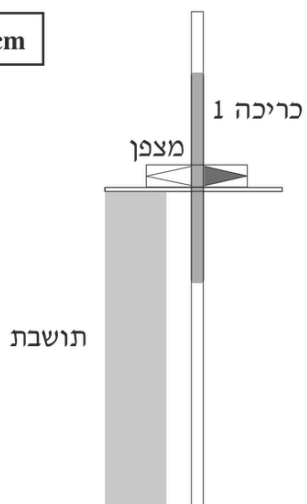
את זווית הסטייה α של מחט המצפן מכיוון צפון שינו בסעיף הזה של הניסוי כך: התושבת והמצפן שעליה הוצבו על המסילה, באופן שהמצפן נמצא במרכז הכריכה. את התושבת ועליה המצפן הרחיקו לאורך ציר ה-x, ממרכז הכריכה המעגלית ועד לנקודה P, סנטימטר אחד בכל פעם. בכל נקודה כזו, מחט המצפן סטתה בזווית α אחרת. מחט המצפן מושפעת הן מהשדה המגנטי של הכריכה ($B_{\text{כריכה}}$) והן מהרכיב האופקי של השדה המגנטי הארצי (B_E). לוח הכריכות מוקם באופן שכיוון השדה המגנטי של הכריכה על ציר ה-x ($B_{\text{כריכה}}$) והכיוון של הרכיב האופקי של השדה המגנטי הארצי (B_E) מאונכים זה לזה, כך שמתקיים הקשר:

$$\tan \alpha = \frac{B_{\text{כריכה}}}{B_E} \quad (3)$$

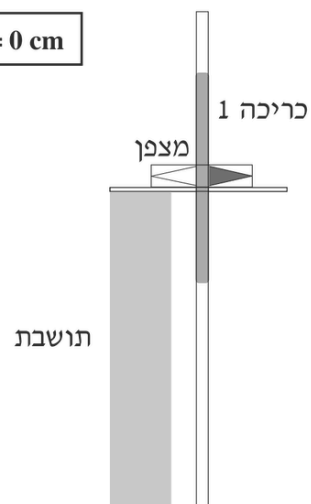
בסעיף זה של הניסוי, בוצעו כל המדידות כאשר הכריכה בעלת הרדיוס הקטן ביותר מחוברת למעגל.

נספח ג' (חוברת המדידות):

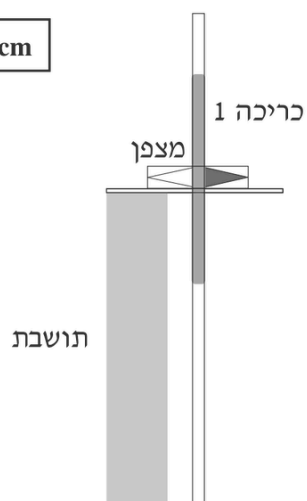
$X = 1 \text{ cm}$



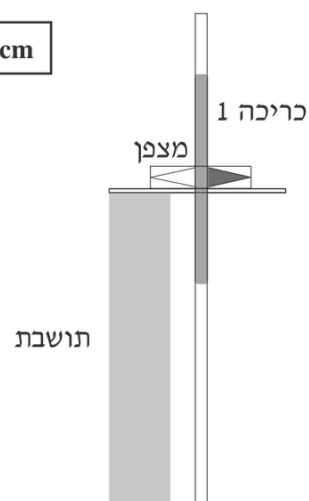
$X = 0 \text{ cm}$



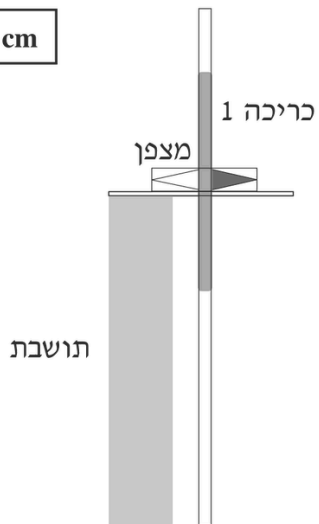
$X = 3 \text{ cm}$



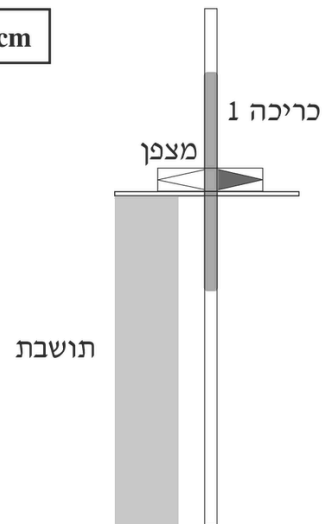
$X = 2 \text{ cm}$



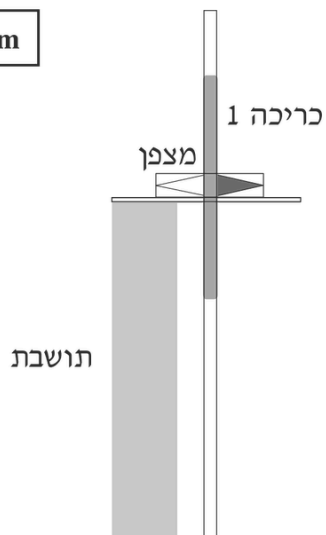
$X = 5 \text{ cm}$



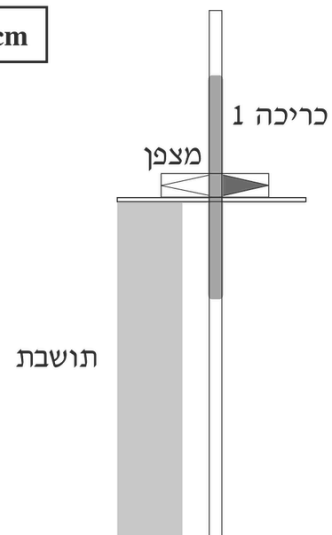
$X = 4 \text{ cm}$

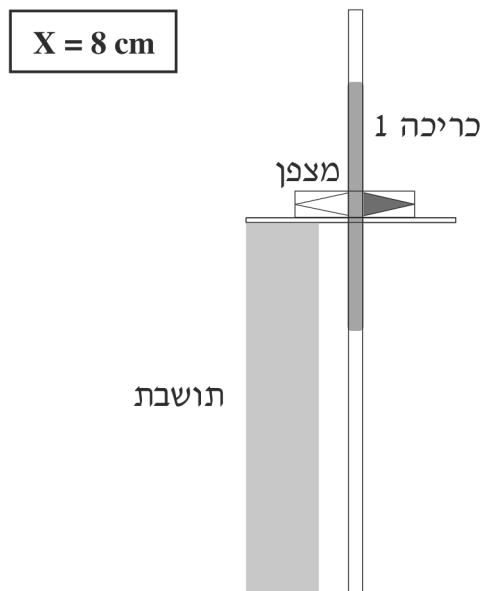


$X = 7 \text{ cm}$



$X = 6 \text{ cm}$





- א. **בנספח ג'** שבחוברת המדידות נתונים מבט-צד של מערכת הניסוי ותצלומי מחט המצפן עבור כל אחד מהמרחקים בין מרכז המצפן למרכז הכריכה, X .
- כתוב את המרחקים X בעמודה המתאימה בטבלה 2 שלהלן.
- טבלה 2**

X (m)	α_R ($^\circ$) (ימין)	α_L ($^\circ$) (שמאל)	α_{ave} ($^\circ$) (ממוצע)	$\tan \alpha_{ave}$	$B_{כריכה} \cdot 10^{-5}$ (T)

(2 נקודות)

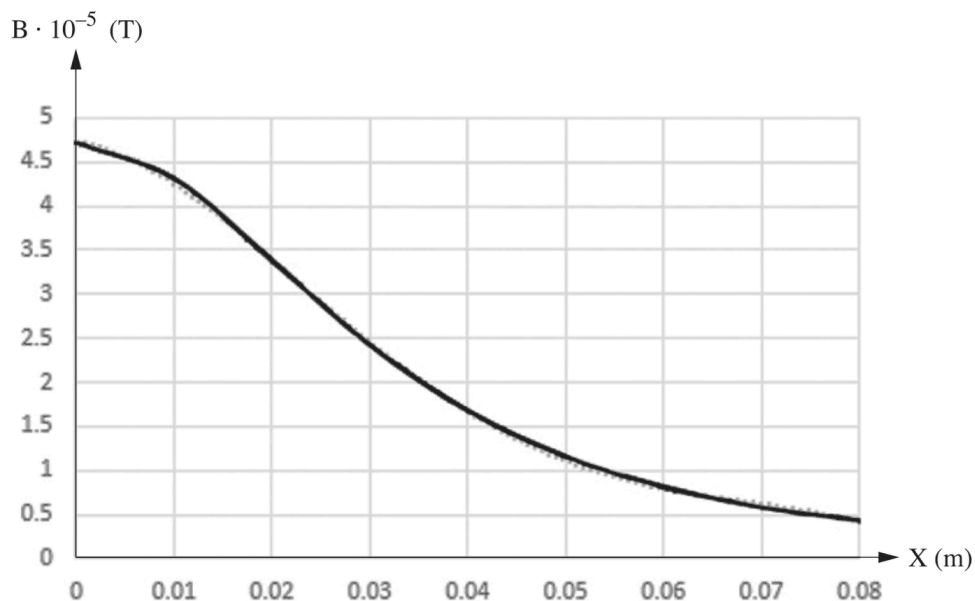
ב. כתוב בעמודות המתאימות בטבלה 2 שלהלן את ערכי זוויות הסטייה α_L ו- α_R שנראים בתצלומי מחט המצפן **בנספח ג'** שבחוברת המדידות.

חשב את ערכי הסטייה הממוצעת של מחט המצפן מכיוון הצפון (α_{ave}) ואת ערכי $\tan \alpha_{ave}$, וכתוב אותם בעמודות המתאימות בטבלה.

(12 נקודות)

ג. בעמוד הבא נתון גרף המתאר את השדה המגנטי של הכריכה על ציר ה- x כפונקצייה של המרחק X .

הגרף הזה התקבל בהצבת הערכים של X בנוסחה (1), הנתונה ברקע העיוני שבעמוד הקודם. מצא את ערכי השדה המגנטי $B_{כריכה}$ המתאימים לערכי המרחקים X , וכתוב אותם בעמודה המתאימה בטבלה 2.



(6 נקודות)

.10

א. סרטט על הנייר המילימטרי (שבעמוד הבא) דיאגרמת פיזור שתתאר את הקשר בין $\tan \alpha_{ave}$ ובין השדה המגנטי לאורך ציר הכריכה ($B_{כריכה}$), על-פי התוצאות שכתבת בטבלה 2. (7 נקודות)

ב. העבר קו מגמה בדיאגרמת הפיזור שסרטטת (הקו הישר המתאים לה ביותר).
הערה: תוכל להשתמש גם בגיליון אלקטרוני. אם השתמשת בו, הדבק את מדבקת הנבחן שלך גם על-גבי תדפיס המחשב, וצרף אותו לשאלון. (3 נקודות)

11. א. חשב את שיפוע קו המגמה, וכתוב את היחידות הפיזיקליות שלו. (3 נקודות)

ב. מצא בעזרת שיפוע הקו ובאמצעות נוסחה (3) בעמוד 13 את הרכיב האופקי של השדה המגנטי הארצי, B_E , וכתוב את היחידות הפיזיקליות שלו. הצג את חישובך. (4 נקודות)

12. א. באיזה מקרה השגיאה היחסית במדידת המרחק ממרכז הכריכה המעגלית גדולה יותר, במדידת המרחק של 1 ס"מ או במדידת המרחק של 6 ס"מ? נמק את תשובתך. (2 נקודות)

ב. באיזה מרחק ממרכז הכריכה המעגלית, 1 ס"מ או 6 ס"מ, השגיאה היחסית במדידת הסטייה של מחט המצפן הייתה גדולה יותר? נמק את תשובתך בהתייחס לנוסחאות (1) ו-(3) שבעמוד 13. (2 נקודות)

13. חשב את הסטייה באחוזים בין הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ שהתקבל בסעיף 1 של הניסוי, נקרא לו B_{E1} , ובין הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ שהתקבל בסעיף 2 של הניסוי, נקרא לו B_{E2} , על-פי הביטוי:

$$\frac{|B_{E1} - B_{E2}|}{\left(\frac{B_{E1} + B_{E2}}{2}\right)} \cdot 100 = \underline{\hspace{2cm}}$$

(2 נקודות)