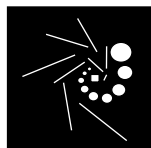


6 5 4 3 2 1



**החיד"ע**

**מתכונת בפיזיקה – חשמל ומגנטיות**

**הוראות לנבחנים**

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחת.

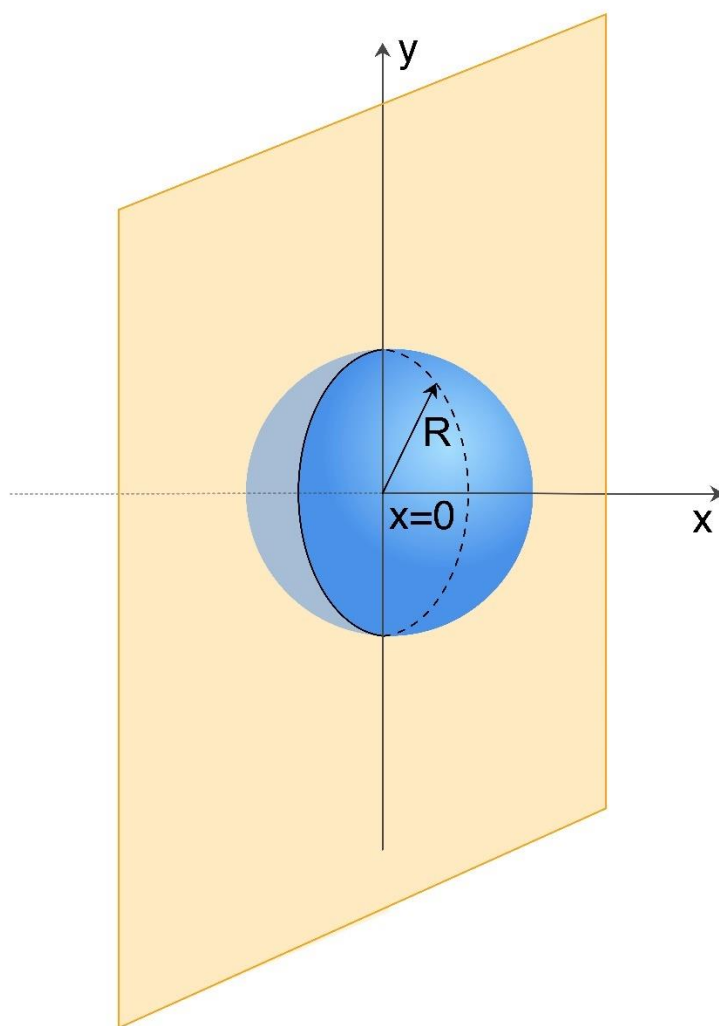
- א. משך הבחינה: שעתיים.
  - ב. מבנה השאלון ומפתח הערכה:
 

בשאלון זה שש שאלות, ומהן עליכם לענות על שלוש שאלות בלבד.  
 לכל שאלה  $33\frac{1}{3}$  נקודות;  $3 \times 33\frac{1}{3} = 100$  נקודות.
  - ג. חומר עזר מותר בשימוש: (1) מחשבון  
 (2) נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה המצורף לשאלון.
  - ד. הוראות מיוחדות:
    - (1) ענו על מספר שאלות כפי שנתבקשת. תשובות לשאלות נוספות לא ייבדקו. (התשובות ייבדקו לפי סדר הופעתן במחברות הבחינה.)
    - (2) בפתרון שאלות שנדרש בהן חישוב, רשמו את הנוסחאות שאתם משתמש בהן. כאשר אתם משתמש בסימן שאינו מופיע בדפי הנוסחאות, כתבו במילים את פירוש הסימן. לפני שאתם מבצעים פעולות חישוב, הציבו את הערכים המתאימים בנוסחאות. רשמו את התוצאה שקבלתם ביחידות המתאימות. אי-רישום הנוסחה או אי-ביצוע ההצבה או אי רישום היחידות עלולים להפחית נקודות מן הציון.
    - (3) כאשר אתם נדרשים להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, רשמו ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים, כגון תאוצת הנפילה החופשית g או המטען היסודי e.
    - (4) בחישוביך השתמשו בערך של 10 מ' לשנייה<sup>2</sup> עבור תאוצת הנפילה החופשית.
    - (5) כתבו את תשובותיכם בעט. כתיבה בעיפרון או מחיקה בטיפקס לא יאפשרו ערעור. מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים בלבד.
- כתבו במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונכם לכתוב כטיוטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה). רשמו "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

**בהצלחה!**

## שאלה 1

נתונה מערכת המורכבת מלוח מישורי טעון גדול מאוד ("לוח אינסופי") החוצה קליפה כדורית מבודדת במרכזה, כך שהלוח חוצה את הקליפה לשני חצאים זהים שרדיוסם  $R$ . הלוח טעון בצפיפות מטען משטחית חיובית אחידה  $\sigma$ , והקליפה הכדורית טעונה במטען חיובי כולל  $Q$ , המתפלג בצורה אחידה על פני הקליפה הכדורית.



א. בסעיפים הבאים השתמשו בפרמטרים  $\sigma, R, Q$  או בחלקם, ובקבועים בסיסיים

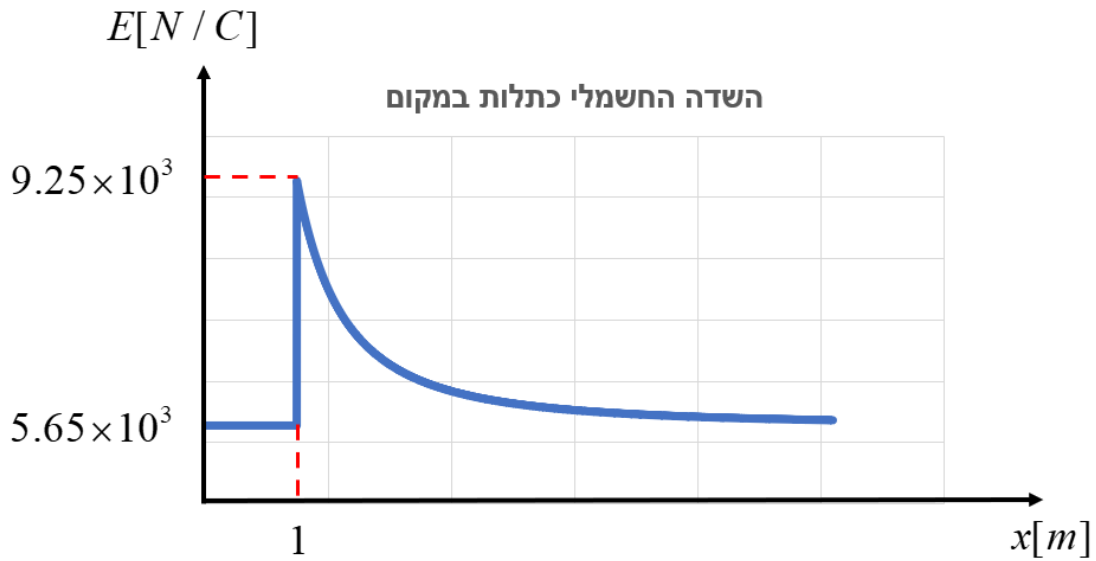
(1) בטאו את עוצמת השדה החשמלי כפונקציה של  $x$ ,  $E(x)$ , לאורך ציר  $x$  כאשר  $0 < x < R$ .

(2) בטאו את עוצמת השדה החשמלי כפונקציה של  $x$ ,  $E(x)$ , לאורך ציר  $x$  כאשר  $x > R$ .

(6 נק.).

המשך השאלה בעמוד הבא ←

לפניכם גרף המתאר את גודל השדה החשמלי כתלות במקום



ב. חשבו באמצעות הגרף את הגדלים הבאים:

- (1) רדיוס הכדור,  $R$ . נמקו. (2  $\frac{1}{3}$  נק.)
- (2) צפיפות המטען המשטחית,  $\sigma$ . נמקו. (3 נק.)
- (3) גודל מטען הקליפה,  $Q$ . נמקו. (4 נק.)

משחררים פרוטון מהנקודה  $x = R$ .

ג. (1) חשבו את הפרש הפוטנציאלים  $V_{R,2R}$ , הפרש הפוטנציאלים בין הנקודה  $x = R$

לנקודה  $x = 2R$ . (שתי הנקודות נמצאות על ציר  $x$ ). (7 נק.)

(2) מה תהיה מהירותו של הפרוטון המשוחרר מהנקודה  $x = R$  בהגיעו לנקודה  $x = 2R$ ? פרטו שיקוליכם. (5 נק.)

ד. קבעו איזה מן ההיגדים הבאים מספק את ההשוואה הנכונה בין נקודה מאוד מרוחקת מהמערכת

לבין הנקודה  $x = \frac{R}{2}$ . נמקו את קביעתכם. (6 נק.)

- (1) הפוטנציאל בשתי הנקודות זהה, ותאוצת אלקטרון באותן נקודות זהה.
- (2) הפוטנציאל בשתי הנקודות זהה, ותאוצת אלקטרון באותן נקודות שונה.
- (3) הפוטנציאל בשתי הנקודות שונה, ותאוצת אלקטרון באותן נקודות זהה.
- (4) הפוטנציאל בשתי הנקודות שונה, ותאוצת אלקטרון באותן נקודות שונה.

## שאלה 2

באחד משיעורי פיזיקה בנושא מעגלי זרם, כל תלמיד קיבל ערכת מעבדה הכוללת:

- 3 נורות זהות שנתונייהן לא ידועים.
- סוללה שהכא"מ שלה  $\mathcal{E} = 3V$  והתנגדותה הפנימית  $r$  איננה ידועה
- שני רבי מודד היכולים לשמש כמד מתח או מד זרם.
- מפסק אחד וחוטטים שהתנגדותם זניחה

על כל תלמיד לחבר מעגל חשמלי בעזרת הערכה שקיבל ולחקור אותו.

נוגה חיברה את המעגל המתואר באיור הבא. המפסק במעגל במצב סגור.



- א. שרטטו את המעגל החשמלי שנוגה חיברה, המתאים לאיור, כולל מכשירי המדידה. סמנו עבור כל מכשיר מדידה מה תפקידו באמצעות האות המתאימה לו. ( $4\frac{1}{3}$  נק.).
- ב. הסבירו מדוע נורה אחת מאירה בעוצמה גבוהה בעוד שתי נורות במעגל כמעט אינן מאירות. (4 נק.)

המשך השאלה בעמוד הבא ←

ידוע שכאשר רב המודד במצב של מד זרם, המכשיר לא אידאלי והתנגדותו  $R_A = 2.1 \Omega$ .

שימו לב שהזרם נמדד ביחידות של mA.

ג. 1) בעזרת קריאות רבי המודד נוגה חישה את ההתנגדות הפנימית של הסוללה. מהו הערך שקיבלה? פרטו חישוביכם. (4 נק.)

2) מהו הפרש הפוטנציאלים בין הדקי הנורה שמאירה בעוצמה גבוהה? פרטו שיקוליכם וחישוביכם. (8 נק.)

בשלב שני, נוגה פתחה את המפסק במעגל.

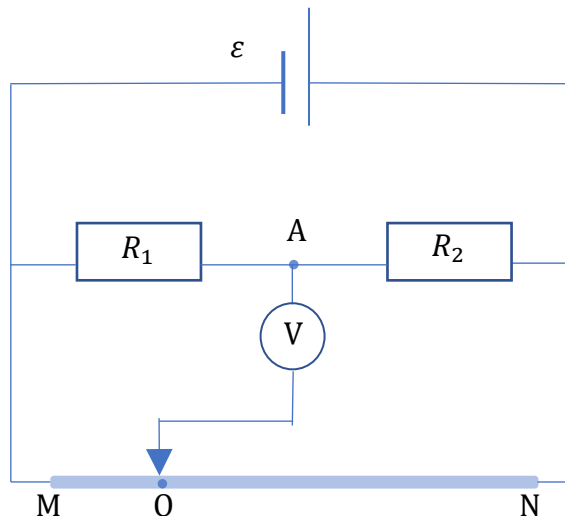
ד. 1) האם נצילות הסוללה תגדל, תקטן או תישאר ללא שינוי? נמקו. (6 נק.)

2) ציינו עבור כל נורה האם עוצמת ההארה שלה תגדל, תקטן או תישאר ללא שינוי? הסבירו שיקוליכם עבור כל נורה בנפרד. (7 נק.)

### שאלה 3

מרכיבים מעגל חשמלי משני נגדים  $R_1$  ו  $R_2$ , תיל  $MN$  באורך  $L$  בעל התנגדות ליחידת אורך,  $\lambda$ , סוללה בעלת כ"מ  $\varepsilon$  שהתנגדותה הפנימית זניחה ותילים אידיאליים.

בנוסף, מחברים מד מתח אידיאלי בין הנקודה  $A$ , לנקודה  $O$  כלשהי על התיל. ראו איור



א. הסבירו מדוע שינוי מיקום הגררה לא משנה את הזרמים במעגל. (3  $\frac{1}{3}$  נק.)

נתון:  $R_1 = 2\Omega$   $L = 0.4m$

כאשר הגררה מחוברת בנקודה  $M$  הוריית מד המתח היא  $V = 0.5V$

ב. מצאו את הזרם הזורם בנגד  $R_1$ . נמקו תשובתכם (7 נק.)

כאשר הגררה מחוברת במרחק  $d = 0.1m$  מהנקודה  $M$  הוריית מד המתח מתאפסת

ג. חשבו את כ"מ הסוללה  $\varepsilon$ , ואת התנגדות הנגד  $R_2$ . נמקו תשובתכם (10 נק.)

ידוע כי הזרם הזורם בסוללה הוא  $I = 0.75A$

ד. מהי ההתנגדות ליחידת אורך של התיל  $\lambda$ ? נמקו תשובתכם (7 נק.)

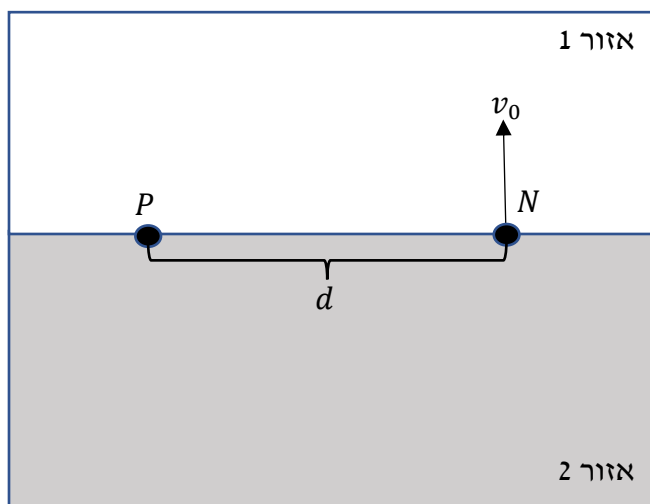
ה. ציינו האם המרחק  $d$  (אורך הקטע  $MO$ , בו הוריית מד המתח מתאפסת) גדל, קטן או נשאר זהה, בכל אחד מן המקרים הבאים. נמקו תשובותיכם.

(1) מחליפים את הסוללה בסוללה בעלת כ"מ גדול יותר (3 נק')

(2) מחליפים את הנגד  $R_1$  בנגד בעל התנגדות קטנה יותר (3 נק')

## שאלה 4

מדענית יצרה מערכת ובה שני אזורים. באזור 1 שורר שדה מגנטי אחיד שכוונו מאונך למישור הדף, ובאזור 2 שורר שדה חשמלי אחיד שגודלו  $E$ . אלקטרון (שמטענו  $q_e = -e$ , ומסתו  $m_e$ ) נורה מהנקודה  $N$  במהירות  $v_0$  לתוך איזור 1 ככוון מאונך לקו הגבול בין האזורים ומגיע לנקודה  $P$ . אורך הקטע  $NP$  הוא  $d$  כמתואר בתרשים א'. ניתן להזניח כוחות כבידה בשאלה.



תרשים א'

בטאו תשובותיכם בעזרת הפרמטרים **הבאים**:

$$m_e, e, d, v_0, E$$

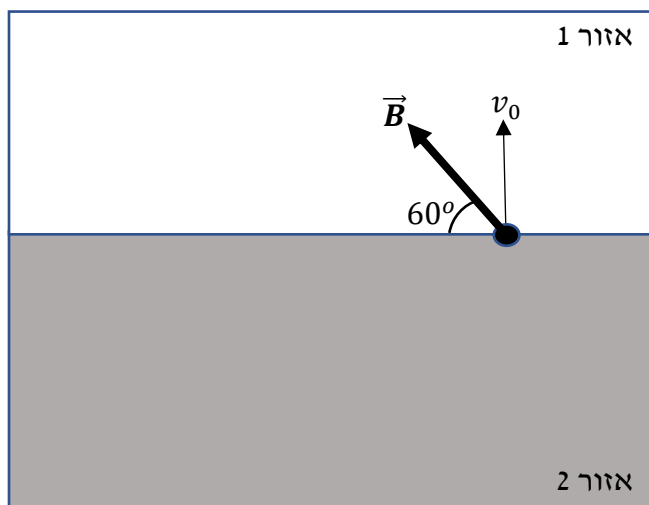
א. מהם גודלו וכיוונו של השדה המגנטי באזור 1? (5 נק.)  
נמקו תשובתכם.

המדענית רצתה שהחלקיק יכנס לאזור 2 בנקודה  $P$ , ינוע באזור 2, ויחזור לאזור 1 דרך הנקודה  $P$ .

ב. (1) לאיזה כוון המדענית צריכה להפעיל את השדה החשמלי הנתון  $E$  על מנת לקבל את מבוקשה? נמקו. (3  $\frac{1}{3}$  נק.)

(2) בטאו כמה זמן יחלוף מתחילת התנועה ועד שהאלקטרון יגיע בפעם השנייה לנקודה  $P$ . פרטו חישובכם. (5 נק.)

ג. עבור תנועת האלקטרון בכל אחד מהאזורים, קבעו האם האנרגיה הקינטית של האלקטרון נשארת קבועה במשך כל תנועתו. נמקו. (4 נק.)



תרשים ב'

ד. כעת המדענית משנה רק את כיוונו של השדה המגנטי, והוא פונה במישור הדף ככוון של 60 מעלות מעלה ושמאלה מעל קו הגבול בין האזורים, כמתואר באיור ב'.

ה. תארו במצב זה מה תהיה צורת מסלולו של האלקטרון, נמקו תשובתכם. (4 נק.)

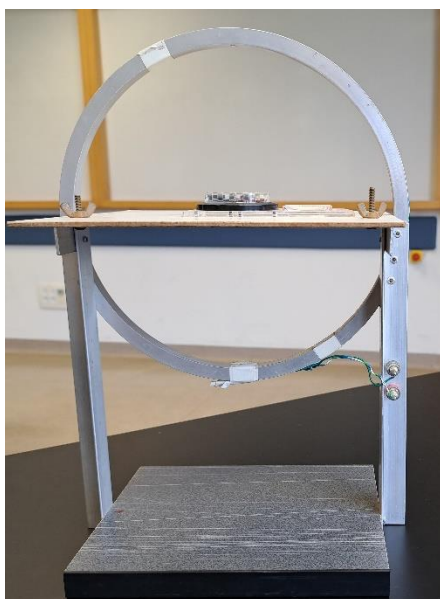
ו. (1) בטאו את הכוח (גודל וכיוון) הפועל על האלקטרון במצב זה ברגע בו החלקיק נכנס לאזור 1. נמקו. (5 נק.)

(2) איזה שדה חשמלי (גודל וכיוון) יש להוסיף לאזור 1 במצב זה על מנת שהאלקטרון ינוע בקו ישר במהירות קבועה. נמקו. (7 נק.)

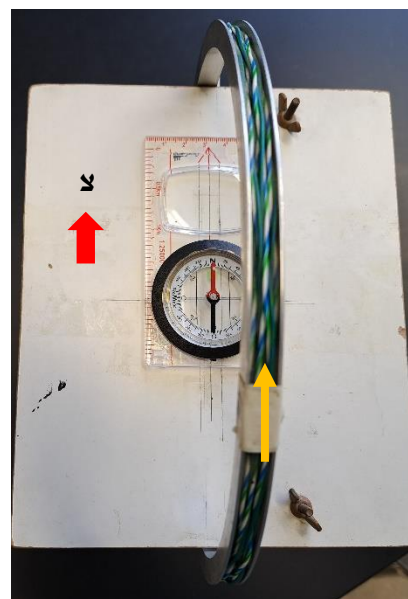
## שאלה 5

עודד ואביגיל קיבלו סליל דק שלא רשום עליו מספר הכריכות. הם מדדו את רדיוס הסליל ומצאו שהוא  $R = 10\text{cm}$ . באמצעות אפליקציית phyphox הם מדדו את הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ במקום בו הם נמצאים וקיבלו  $2.92 \times 10^{-5} \text{ T}$ . כדי למצוא את מספר הכריכות הם השתמשו במערכת המוכרת להם, בה במרכז הסליל קיים לוח עץ, ובמרכזו מצפן (ראו תמונה).

### מערכת הניסוי – מבט צד



### מערכת הניסוי – מבט על



הם מיקמו את המערכת, כך שמישור הכריכות פונה בכיוון צפון-דרום. בניסוי הם שינו את הזרם העובר דרך הסליל ומדדו את הזווית שבה המצפן סטה **מהמצב ההתחלתי**.

- א. בניסוי שערכו כיוון הסטייה של המחט היה מערבה. עודד טוען שהזרם בסליל זורם עם כיוון החץ המסומן באיור של מבט על. האם הוא צודק? נמקו.  $(\frac{1}{3} \text{ נק.})$
- ב. לפניכם תוצאות המדידות שהם ערכו.

זווית הסטייה ( $\theta$ )	2	5	7	10	12	14
זרם (mA)	2	4	6	8	10	12

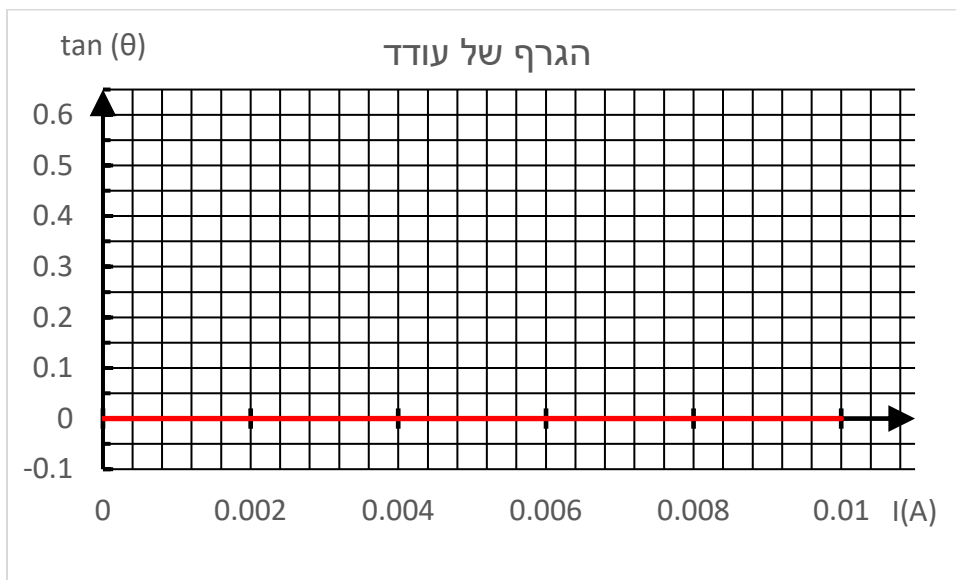
- הם שרטטו גרף של טנגנס זווית הסטייה כתלות בזרם. הסבירו מדוע? (6 נק.)
- שרטטו גרף של טנגנס זווית הסטייה כתלות בזרם העובר. (6 נק.)
- חשבו את שיפוע הגרף ומצאו בעזרתו את מספר הכריכות בסליל. (8 נק.)

המשך השאלה בעמוד הבא ←



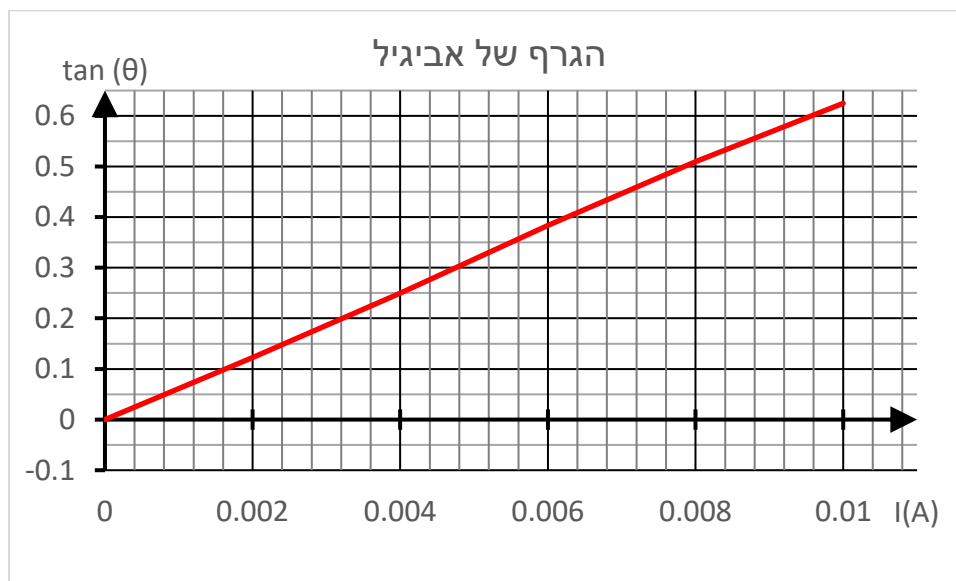
ג. עודד ואביגיל הגיעו עם המערכת שלהם לחדר מיוחד המשמש כסימולטור לשדה מגנטי של כוכב לכת אחר, בעל שדה מגנטי שונה מכדור הארץ. עודד ביצע את הניסוי ראשון וקיבל את הגרף הבא.

(1) הסבירו את תוצאות הניסוי. (4 נק.)



(2) עקב התוצאות של הניסוי, אביגיל חזרה עליו כאשר היא ממקמת את המערכת בניצב לכיוון שבו הציב עודד את המערכת. היא קבלה את התוצאות המוצגות בגרף הבא. מה גודל השדה המגנטי האופקי של בחדר הסימולטור. הסבירו את שיקוליכם.

(6 נק.)



## שאלה 6

תלמידי פיזיקה הרכיבו מערכת מדידה. הם חיברו סילונית ארוכה באמצעות מפסק לספק כוח משתנה. נתוני הסילונית, שנכנה אותה סילונית א', ידועים:

$$L = 80\text{cm}, r_1 = 4\text{cm}, N_1 = 2000$$

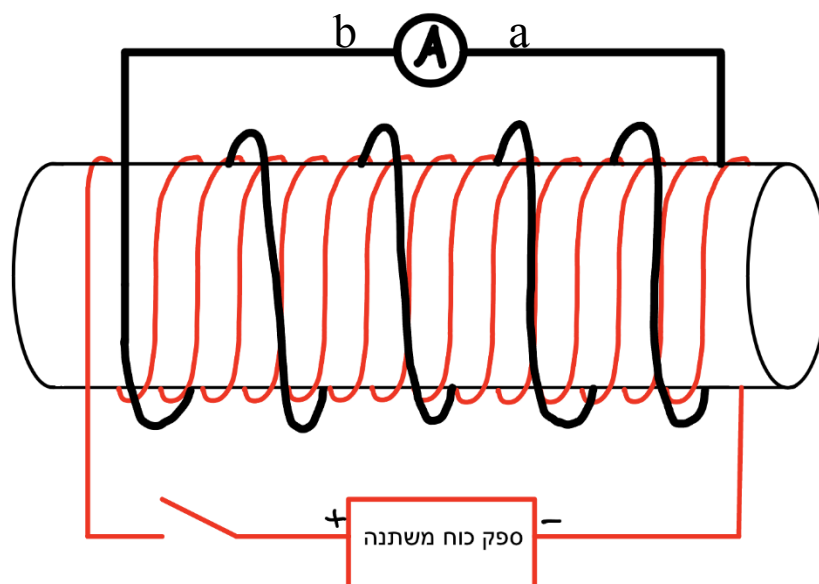
את סילונית א' עוטפת סילונית ב' כך שיש לשתי הסילוניות ציר משותף.

מספר הליפופים של סילונית ב' הוא  $N_2 = 100$ . ראו איור.

האיור מציג את מערכת הסלילים, כיוון הליפופים בשני הסלילים אך לא את מספרם.

את הסילונית החיצונית, סילונית ב', חיברו התלמידים למד זרם אידיאלי.

נתון כי לסילונית ב' יש התנגדות החשמלית של  $R = 1\Omega$



התלמידים מבצעים שינויים במערכת של סילונית א' בשלושה שלבים:

$$0\text{s} < t < 2\text{s} : \text{המפסק סגור ומשנים בקצב קבוע את הזרם במעגל מ-} I_1 = 12\text{A} \quad (1)$$

$$I_2 = 6\text{A-ל}$$

$$2\text{s} < t < 4\text{s} : \text{המפסק סגור אך לא משנים זרם במעגל.} \quad (2)$$

$$4\text{s} < t < 4.1 : \text{פותחים את המפסק, והזרם יורד לאפס במשך זמן זה.} \quad (3)$$

א. עבור שלב (1)

$$\left(\frac{1}{3} \text{ נק. } 4\right)$$

(1) הסבירו מדוע זרם זרם בסילונית ב' בפרק זמן  $0\text{s} < t < 2\text{s}$  ?

(2) מהו כיוון הזרם העובר במד הזרם בשלב (1) – מנקודה a לנקודה b או הפוך?

(7 נק.)

(ניתן להסתמך על סימני התרשים). נמקו תשובתכם.

(9 נק.)

(3) מהי הוריית מד הזרם בשלב (1)? פרטו חישוביכם.

(3 נק.)

ב. מהי הוריית מד הזרם בשלב (2)? הסבירו.

(7 נק.)

ג. בהמשך הניסוי פותחים את המפסק. האם זרם זרם דרך מד הזרם בשלב זה (שלב 3)? אם לא –

(5 נק.)

הסבירו מדוע, אם כן – מה כיוון הזרם? מ a ל b או הפוך?

ד. תלמיד אחר חזר על הניסוי אך במקום מד הזרם חיבר מד מתח אידיאלי. האם הוריית מד המתח

(5 נק.)

שונה מ"0" בשלב (1)? אם לא – נמקו, אם כן – חשבו את ערכה.