

## פיזיקה חשמל הוראות לנבחן

- א. משך הבחינה: שעתיים.
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה:  
בשאלון זה שש שאלות, ומהן עליך לענות על שלוש בלבד.  
לכל שאלה –  $33\frac{1}{3}$  נקודות;  $3 \times 33\frac{1}{3} = 100$  נקודות
- ג. חומר עזר מותר בשימוש: (1) מחשבון לא גרפי. אין להשתמש באפשרויות התכנות במחשבון שיש בו אפשרות תכנות.  
(2) דפי נוסחאות ונתונים (מצורפים).
- ד. הוראות מיוחדות:  
(1) ענה על שלוש שאלות בלבד. אם תענה על יותר משלוש שאלות, ייבדקו רק שלוש התשובות הראשונות שבמחברתך.  
ציין באופן ברור את מספר השאלה והסעיף שבחרת.  
(2) בשאלות שבפתרון שלהן נדרש חישוב, הצג את השלבים האלה:  
רישום הביטוי המתמטי כפי שהוא כתוב בדפי הנוסחאות והנתונים המצורפים, פיתוח מתמטי ושינוי נושא נוסחה  
בהתאם לבעיה, הצגה מפורשת של הנתונים בביטוי שהתקבל, הצגת תוצאות החישוב באמצעות שבר עשרוני ובו  
מספר סביר של ספרות משמעותיות ויחידות המדידה המתאימות.  
(3) בשאלות שהתשובה עליהן מילולית, עליך לענות בקצרה אך ורק בנוגע למה שנשאלת.  
(4) בגרפים, יש לסרטט קווים ישרים באמצעות סרגל.  
(5) כאשר אתה נדרש להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, רשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או את חלקם;  
במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים מתוך הטבלה שבדפי הנוסחאות והנתונים או בגודל תאוצת  
הנפילה החופשית  $g$ .  
(6) בחישוביך השתמש בערך  $10 \text{ m/s}^2$  לגודל תאוצת הנפילה החופשית (בסמוך לפני כדור הארץ).  
(7) כתוב את תשובותיך בעט. אם תכתוב בעיפרון או תמחק בטיפקס לא תוכל לערער.  
מוותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים וגרפים בלבד.

כתוב במחברת הבחינה בלבד. רשום "טיוטה" בראש כל עמוד המשמש טיוטה.  
כתיבת טיוטה בדפים שאינם במחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה.

**ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.**

**בהצלחה!**

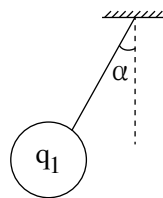
## השאלות

ענה על שלוש מן השאלות 1-6.

(לכל שאלה —  $33\frac{1}{3}$  נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

1. תלמיד ערך שני ניסויים. מערכת הניסוי הראשון הייתה מורכבת מכדור קטן מוליך הטעון במטען  $q_1$  ולוח מוליך גדול הטעון במטען חשמלי חיובי שצפיפותו השטחית,  $\sigma$ , אחידה. התלמיד תלה את הכדור הטעון מול הלוח על חוט מבודד וקל. הכדור סטה לעבר הלוח, וכאשר הגיע למצב מנוחה נוצרה זווית  $\alpha$  בין החוט ובין הכיוון האנכי, כמתואר בתרשים 1. יש להתייחס לכדור התלוי כגוף נקודתי. השפעת הכדור הטעון על צפיפות המטען החשמלי בלוח זניחה. נתון כי המסה של הכדור היא  $m_1 = 1 \text{ gr}$ .

לוח טעון במטען חיובי  
שצפיפותו החשמלית  $\sigma$



תרשים 1

- א. סרטט את תרשים הכוחות הפועלים על הכדור התלוי. ליד כל כוח כתוב את שמו. (4 נקודות)
- במהלך הניסוי שינה התלמיד כמה פעמים את צפיפות המטען החשמלי,  $\sigma$ , ובכל פעם מדד את ערך הזווית  $\alpha$  וחישב את ערך  $\tan(\alpha)$ .
- בטבלה שלפניך מוצגים ערכי צפיפות המטען החשמלי  $\sigma$ , ערכי הזווית  $\alpha$  וערכי  $\tan(\alpha)$ .

$\sigma \left[ \frac{\text{C}}{\text{m}^2} 10^{-7} \right]$	1.50	2.25	3.25	4.00	5.00
$\alpha [^\circ]$	4	6	8	10	12
$\tan(\alpha)$	0.07	0.11	0.14	0.18	0.21

- ב. סרטט במחברתך גרף (דיאגרמת פיזור) של  $\tan(\alpha)$  כפונקציה של צפיפות המטען החשמלי,  $\sigma$ , והוסף בו את קו המגמה. (7 נקודות)
- ג. חשב את השיפוע של קו המגמה שסרטטת. (5 נקודות)
- ד. פתח ביטוי של  $\tan(\alpha)$  כפונקציה של  $\sigma$ . השתמש בקבועים:  $\epsilon_0$ ,  $g$ ,  $m_1$  ו-  $q_1$ . (6 נקודות)
- ה. (1) קבע את הסימן של המטען  $q_1$ . נמק את קביעתך.  
(2) חשב, על פי הגרף שסרטטת, את גודלו של המטען  $q_1$ . (6 נקודות)

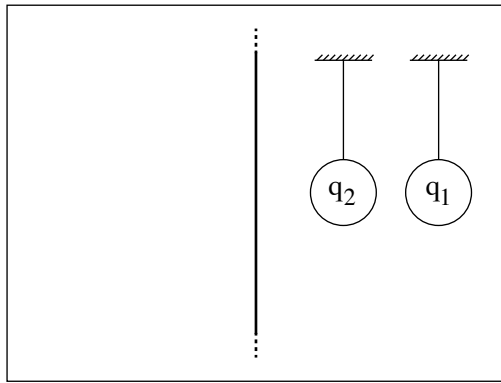
בניסוי השני הוסיף התלמיד למערכת הניסוי כדור קטן מוליך הטעון במטען  $q_2$  ותלה גם אותו על חוט מבודד וקל. נתון כי גודל המטען של שני הכדורים שווה, אך סימני מטעניהם הפוכים.

בלי לשנות את ערכי צפיפות המטען החשמלי  $\sigma$  של הלוח, מיקם התלמיד גם את הכדור השני מול הלוח.

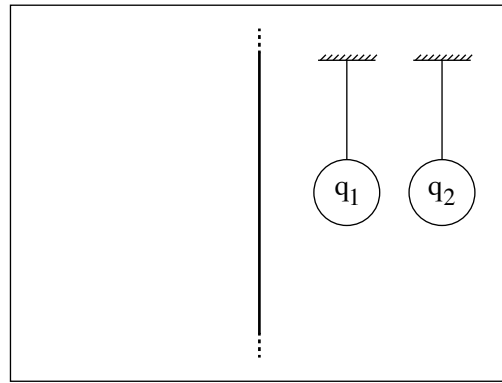
כאשר שני הכדורים הגיעו למצב מנוחה היו החוטים מקבילים ללוח (בשני החוטים  $\alpha = 0$ ).

1. לפניך ארבעה תרשימים, 1-4, המתארים את מיקום הכדורים והלוח.

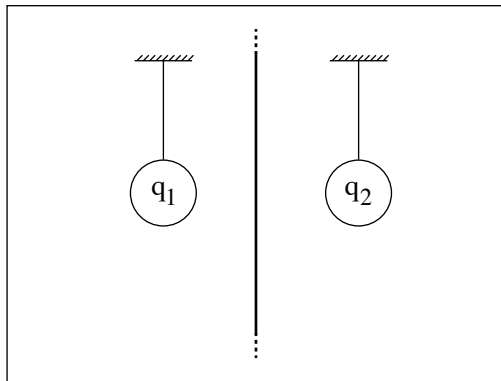
קבע איזה מן התרשימים אפשרי. נמק את קביעתך. (5  $\frac{1}{3}$  נקודות)



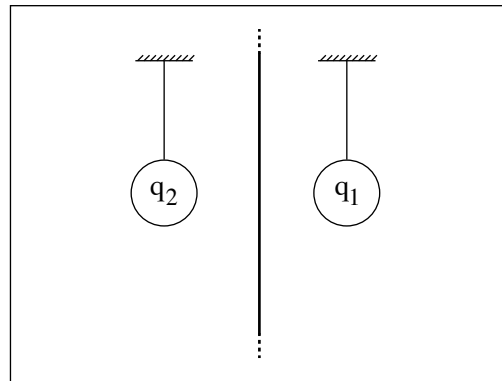
2



1

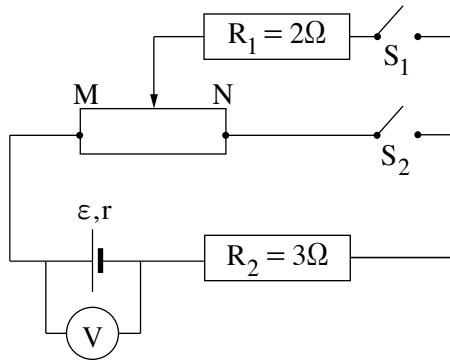


4



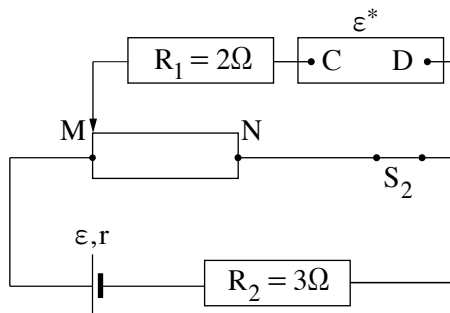
3

2. בתרשים 1 שלפניך מתואר מעגל חשמלי ובו מקור מתח שהכא"מ שלו  $\varepsilon = 6V$  והתנגדותו הפנימית  $r = 1\Omega$ , נגד משתנה MN שהתנגדותו המרבית  $12\Omega$ , נגדים קבועים  $R_1 = 2\Omega$  ו-  $R_2 = 3\Omega$ , שני מפסקים  $S_1$  ו-  $S_2$ , וולטמטר אידיאלי ותילים מוליכים אידיאליים.



תרשים 1

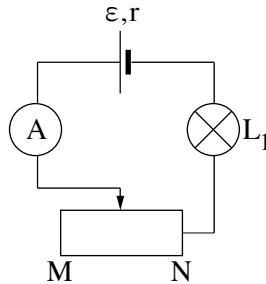
- א. סוגרים את מפסק  $S_1$  (מפסק  $S_2$  נשאר פתוח) ומציבים את הגררה של הנגד המשתנה בקצה N. חשב את המתח בין קצות המפסק  $S_2$ . (7 נקודות)
- ב. מזיזים את הגררה מקצה N לקצה M. האם במהלך הזזת הגררה הוריית הוולטמטר גדלה, קטנה או אינה משתנה? נמק את תשובתך. (6 נקודות)
- ג. פותחים את מפסק  $S_1$ , סוגרים את מפסק  $S_2$ , ומחזירים את הגררה לנקודה N. מהו המתח בין קצות המפסק  $S_1$ ? נמק את תשובתך. (5 נקודות)
- ד. מזיזים את הגררה מקצה N לקצה M. האם במהלך הזזת הגררה הוריית הוולטמטר גדלה, קטנה או אינה משתנה? נמק את תשובתך. (5 נקודות)
- ה. לבסוף מחליפים את מפסק  $S_1$  במקור מתח אידיאלי שהכא"מ שלו  $\varepsilon^*$ , ומשאירים את מפסק  $S_2$  סגור ואת הגררה בנקודה M (ראה תרשים 2).



תרשים 2

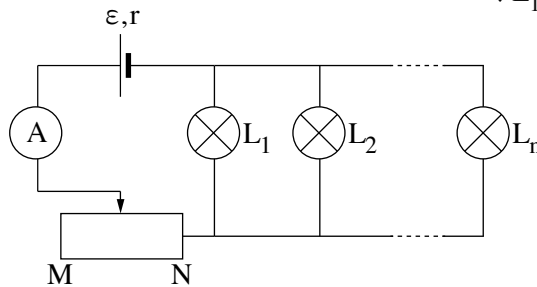
- נתון כי לא זורם זרם בנגד המשתנה ( $V_{MN} = 0$ ).
- ה. האם ההדק החיובי של מקור המתח שהכא"מ שלו  $\varepsilon^*$  חובר לנקודה C או לנקודה D? נמק את תשובתך. (4  $\frac{1}{3}$  נקודות)
- ו. חשב את  $\varepsilon^*$ . (6 נקודות)

3. נתנו לקבוצה של תלמידים כמה רכיבים חשמליים: נורה  $L_1$  שעליה מצוין  $18V$  ו- $27W$ , אמפרמטר אידיאלי  $A$ , נגד משתנה  $MN$ , מקור מתח א' שהכא"מ שלו  $\epsilon_1 = 30V$  והתנגדותו הפנימית  $r_1 = 2\Omega$ , מקור מתח ב' שהכא"מ שלו  $\epsilon_2 = 32V$  והתנגדותו הפנימית  $r_2 = 10\Omega$  ותילים מוליכים אידיאליים. הטיילו על התלמידים מטלה לבנות את המעגל החשמלי המוצג בתרשים 1 שלפניך, ולהזיז את הגרר של הנגד המשתנה לנקודה שבה הנורה תאיר באורה המלא, בהתאם למצוין עליה. לא אמרו לתלמידים באיזה משני מקורות המתח עליהם לבחור – בחירה זו הייתה חלק מן המטלה.



תרשים 1

- א. חשב את הוריית האמפרמטר במצב שבו הנורה מאירה באורה המלא. (4 נקודות)
- ב. התלמידים הרכיבו את המעגל עם מקור המתח א' ( $\epsilon_1, r_1$ ). הוכח כי אי אפשר לבצע את המטלה עם מקור המתח ב' ( $\epsilon_2, r_2$ ). (6 נקודות)
- ג. חשב את ההתנגדות של הנגד המשתנה במצב שבו הנורה מאירה באורה המלא. (6 נקודות)
- ד. בלי לשנות את מיקום הגרר של הנגד המשתנה, התלמידים חיברו במקביל לנורה  $L_1$  עוד כמה נורות (ראה תרשים 2). נתון כי כל הנורות זהות לנורה  $L_1$ .



תרשים 2

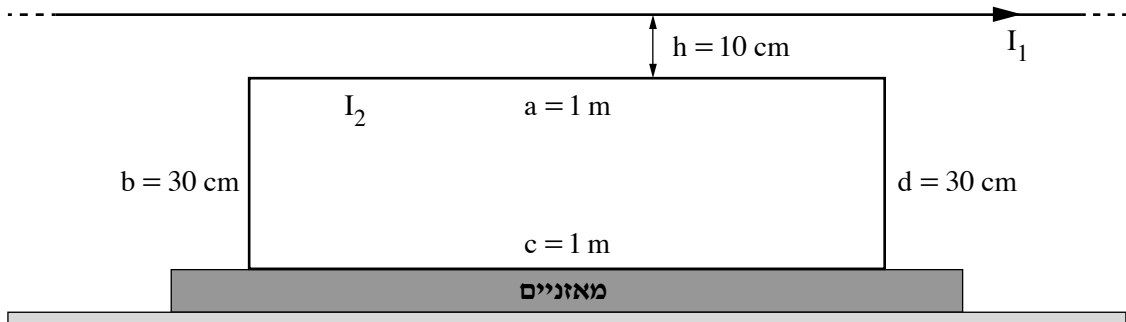
- ד. קבע לאיזה כיוון (לעבר N או לעבר M) יש להזיז את הגרר כך שכל הנורות יאירו באורן המלא. נמק את קביעתך במילים. (6 נקודות)
- ה. חשב את המספר המרבי,  $n$ , של נורות שאפשר לחבר במקביל כך שכולן יאירו באורן המלא. (6 נקודות)
- ו. בסעיף ו שלפניך מוגדר ההספק המנוצל – ההספק הכולל שכל הנורות צורכות. במצב שבו כל הנורות מאירות באורן המלא, קבע אם הנצילות של המעגל המתואר בתרשים 2 גדולה מנצילות המעגל כאשר פועלת בו נורה יחידה, קטנה ממנה או שווה לה. נמק את קביעתך. ( $5\frac{1}{3}$  נקודות)

4. תלמידה ערכה ניסוי באמצעות המערכת המוצגת בתרשים שלפניך. המערכת בנויה מכריכה מלבנית מוליכה המונחת על מאזניים. מישור הכריכה מאונך לפני המאזניים.

אורכי הצלעות של הכריכה  $a = c = 1 \text{ m}$  ו-  $b = d = 30 \text{ cm}$ . מסת הכריכה,  $m$ , אינה נתונה.

בגובה  $h = 10 \text{ cm}$  מעל הצלע  $a$  של הכריכה מתוח תיל מוליך ישר וארוך מאוד ביחס לצלעות הכריכה.

התיל מקביל לצלעות  $a$  ו-  $c$  של הכריכה. בתיל הישר זורם זרם שעוצמתו  $I_1$  וכיוונו ימינה (ראה תרשים).



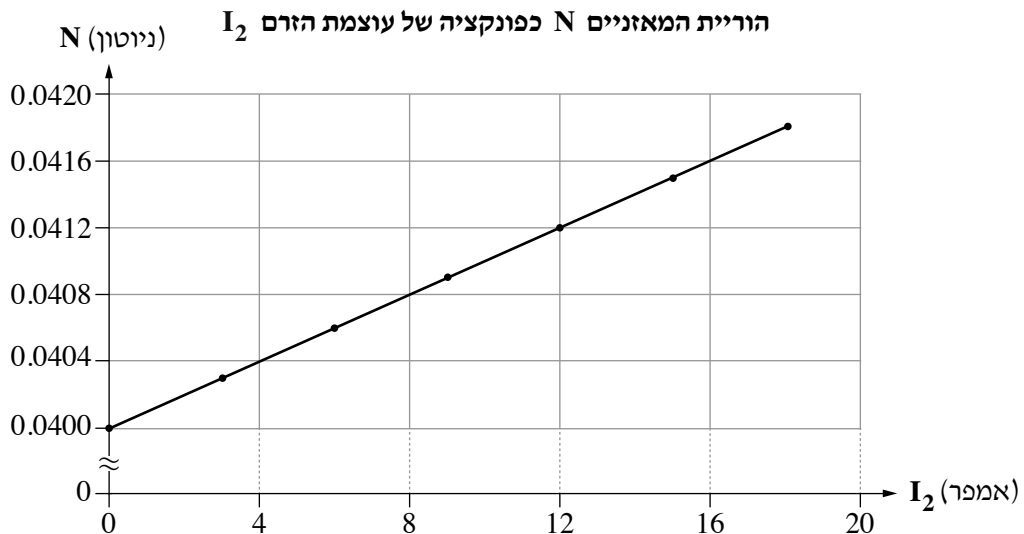
מהלך הניסוי: התלמידה העבירה בכריכה כמה זרמים בזה אחר זה. כל אחד מן הזרמים היה בעוצמה אחרת אך כולם באותו

כיוון (כיוון זה אינו נתון). בכל מדידה קראה התלמידה את עוצמת הזרם בכריכה,  $I_2$ , ואת הורייית המאזניים,  $N$ .

בכל מהלך הניסוי לא השתנו המרחקים הנתונים ועוצמת הזרם בתיל,  $I_1$ .

הצגת תוצאות המדידות: על פי תוצאות המדידות התלמידה סרטטה גרף המתאר את הורייית המאזניים,  $N$ , כפונקציה

של עוצמת הזרם בכריכה,  $I_2$ .



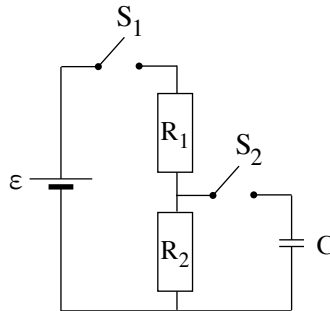
(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

בשאלה זו יש להזניח את השפעת השדה המגנטי של כדור הארץ.

- א. (1) מהו הכיוון של הכוח המגנטי **השקול** הפועל על הכריכה? נמק את תשובתך.  
 (2) קבע אם גודל הכוח המגנטי הפועל על צלע  $a$  קטן מגודל הכוח המגנטי הפועל על צלע  $c$ , גדול ממנו או שווה לו. נמק את קביעתך.  
 (8 נקודות)
- ב. (1) מהו הכיוון של הזרם  $I_2$  בצלע  $a$  — ימינה או שמאלה? נמק את תשובתך.  
 (2) סרטט במחברתך את הכריכה המלבנית. על **כל אחת** מצלעות הכריכה סמן את הכיוון של הכוח המגנטי שהשדה המגנטי שמקורו ב-  $I_1$  מפעיל עליה.  
 (7 נקודות)
- ג. בטא את הוריית המאזניים,  $N$ , כפונקציה של עוצמת הזרם בכריכה,  $I_2$ .  
 השתמש בקבועים:  $a, b, h, m, g, I_1, \mu_0$ . (7 נקודות)
- ד. חשב את  $m$ , מסת הכריכה. (5 נקודות)
- ה. חשב את עוצמת הזרם בתיל,  $I_1$ . ( $6\frac{1}{3}$  נקודות)

**קיבול**

5. נתון מעגל המורכב ממקור מתח שהכא"מ שלו  $\varepsilon = 24V$  והתנגדותו הפנימית זניחה, שני נגדים שהתנגדותיהם  $R_1 = 100\Omega$  ו-  $R_2 = 140\Omega$ , קבל שקיבולו  $C = 0.1\mu F$ , שני מפסקים  $S_1$  ו-  $S_2$  ותילים אידיאליים (ראה תרשים).



שני המפסקים פתוחים והקבל אינו טעון. ברגע  $t = 0$  סוגרים את מפסק  $S_1$ .

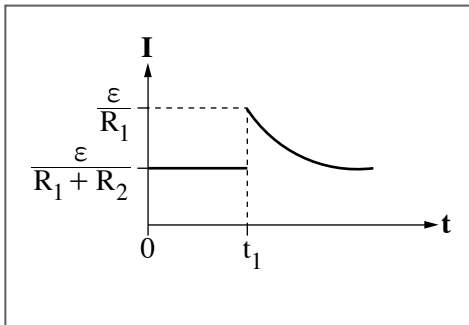
א. חשב את המתח בין קצות הנגד  $R_2$ . (7 נקודות)

ברגע  $t = t_1$  ( $t_1 > 0$ ) סוגרים גם את מפסק  $S_2$  וממתינים זמן רב.

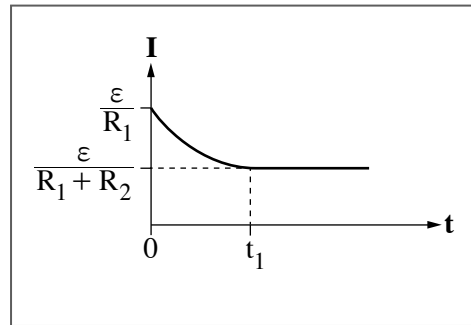
ב. חשב את  $Q$ , מטען הקבל. (6 נקודות)

ג. קבע איזה מן התרשימים 1-4 שלפניך מתאר נכון את עוצמת הזרם בנגד  $R_1$  כפונקציה של הזמן. נמק את קביעתך.

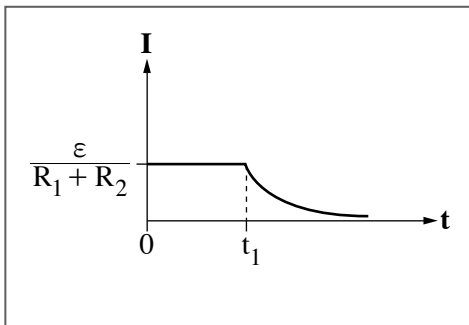
( $\frac{1}{3}$  נקודות)



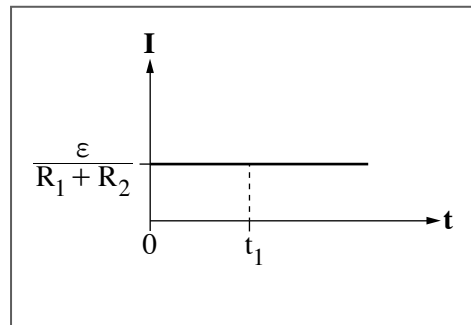
2



1



4



3

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)



פותחים את מפסק  $S_1$ .

ד. קבע בנוגע לכל אחד משלושת הגדלים (1)-(3) שלפניך אם הוא גדל, קטן או לא השתנה בפרק הזמן

החל מן הרגע שלאחר פתיחת מפסק  $S_1$  עד שחלף זמן רב. נמק את כל קביעותיך.

(1)  $Q$ , מטען הקבל.

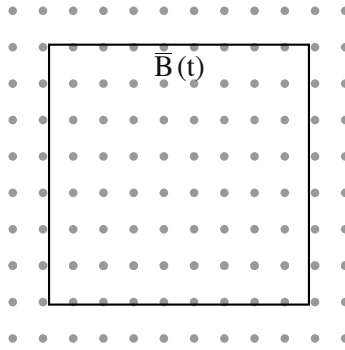
(2) עוצמת הזרם הזורם דרך הנגד  $R_2$ .

(3) קבוע הזמן,  $\tau$ .

(12 נקודות)

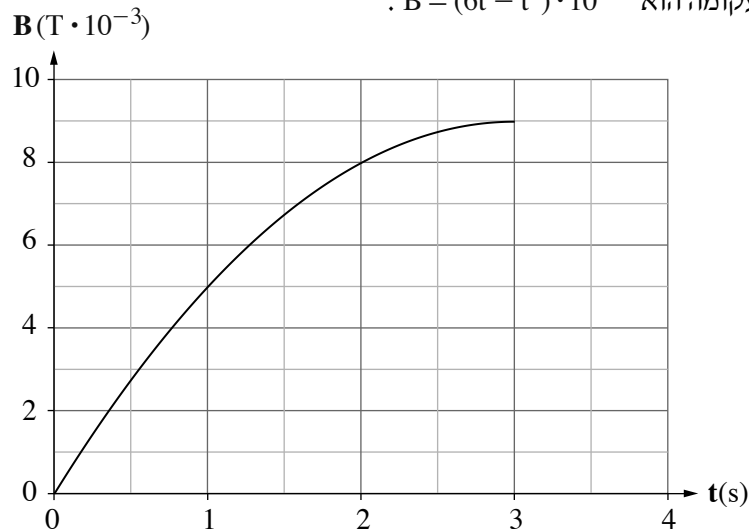
## השראה

6. בתרשים 1 שלפניך מוצגת מסגרת ריבועית שאורך הצלע שלה 9 m. המסגרת עשויה מתיל שהתנגדותו הסגולית  $\rho = 1.5 \cdot 10^{-6} \Omega \text{m}$ , ושטח החתך שלו  $5 \text{ mm}^2$ . מציבים את המסגרת באזור שבו פועל שדה מגנטי אחיד. בפרק הזמן  $0 < t \leq 3 \text{ s}$  עוצמת השדה משתנה כפונקציה של הזמן, וכיוונו "החוצה מן הדף" בניצב למישור המסגרת.



תרשים 1

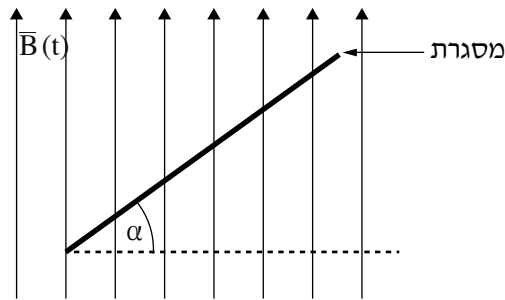
- בתרשים 2 מוצג גרף המתאר את עוצמת השדה המגנטי,  $B$ , כפונקציה של הזמן,  $t$ , החל מרגע  $t = 0$  עד רגע  $t = 3.0 \text{ s}$ . הייצוג האלגברי של העקומה הוא  $B = (6t - t^2) \cdot 10^{-3}$ .



תרשים 2

- א. חשב את התנגדות התיל. (6 נקודות)
- ב. (1) הסבר מדוע עבר זרם במסגרת מרגע  $t = 0$  עד רגע  $t = 3.0 \text{ s}$ .  
 (2) תלמיד מדד את עוצמת הזרם במסגרת ברגע  $t = 0.5 \text{ s}$  וברגע  $t = 2.5 \text{ s}$ . באיזו משתי המדידות הייתה עוצמת הזרם גדולה יותר? נמק את תשובתך. (10 נקודות)
- ג. קבע את כיוון הזרם במסגרת (עם כיוון השעון או נגדו) במשך שלוש השניות הראשונות. נמק את תשובתך. (6 נקודות)
- ד. חשב את עוצמת הזרם בתיל ברגע  $t = 2.0 \text{ s}$ . (7 נקודות)
- (שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

היטו את המסגרת בזווית  $\alpha$  ביחס לשדה המגנטי (ראה מבט מן הצד בתרשים 3). הפעילו את השדה המגנטי פעם נוספת מן הרגע  $t = 0$  לפי הגרף המתואר בתרשים 2 וחזרו על המדידות.



תרשים 3

ה. קבע אם ברגע  $t = 2.0\text{s}$  (כאשר המסגרת נטויה) עוצמת הזרם גדולה מעוצמת הזרם שחישבת בסעיף ד, קטנה ממנה או שווה לה. ( $\frac{1}{3}$  נקודות)

**בהצלחה!**