

## 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:
- 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.
  - 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.
  - בשאלות שהתשובה עליהן מילולית, עליך לענות בקצרה אך ורק בנוגע למה שנשאלת.
  - בגרפים, יש לסרטט קווים ישרים באמצעות סרגל.
  - 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  $g$ .
  - בחישוביך השתמש בערך  $10 \text{ m/s}^2$  לגודל תאוצת הנפילה החופשית (בסמוך לפני כדור הארץ).
  - כתוב את תשובותיך בעט. אם תכתוב בעיפרון או תמחק בטיפקס לא תוכל לערער. מותר 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.

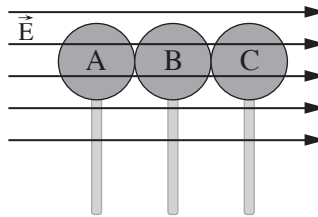
**בהצלחה!**

## השאלות

ענה על שלוש מן השאלות 1-6.

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

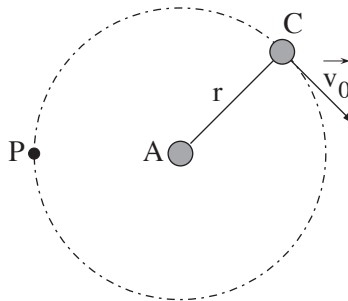
1. תלמידים טענו כדורים במטען חשמלי בתהליך המתואר לפניך. הם הכניסו שלושה כדורי מתכת זהים A, B ו-C שאינם טעונים לתחום שבו שורר שדה חשמלי אחיד  $\vec{E}$ . הכדורים הוחזקו באמצעות מקלות מבודדים לאורך קו ישר כך שהם נוגעים זה בזה, כמתואר בתרשים 1 שלפניך. לאחר זמן-מה הם הרחיקו בבת אחת את שלושת הכדורים זה מזה באמצעות המקלות, ולאחר מכן הוציאו אותם מתחום השדה החשמלי.



תרשים 1

א. עבור כל אחד מן הכדורים קבע אם לאחר שהוציאו אותו מן השדה החשמלי הוא טעון במטען חשמלי חיובי או טעון במטען חשמלי שלילי או אם הוא ניטרלי. נמק את קביעותיך. (6 נקודות)

התלמידים הפרידו את הכדורים מן המקלות (בלי לשנות את מטענם) וקיבעו את כדור A למרכז של משטח אופקי חלק ומבודד. הם הניחו את כדור C על המשטח במרחק r מכדור A, והעניקו לכדור C מהירות התחלתית  $\vec{v}_0$ . בעקבות זאת כדור C נע בתנועה קצובה לאורך מסלול מעגלי שבמרכזו כדור A (ראה תרשים 2).



תרשים 2

ב. סרטט תרשים של כל הכוחות הפועלים על הכדור C בחולפו בנקודה P, ורשום ליד כל כוח את שמו (או את האותיות המסמלות אותו). (5 נקודות)

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

נתון: המרחק בין הכדורים  $r = 0.9\text{m}$ , המסה של כל כדור היא  $m = 0.01\text{kg}$ . גודל המהירות ההתחלתית שניתנה לכדור C הוא  $v_0 = 2\frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

ג. חשב את מטען הכדור C. (6 נקודות)

ד. חשב את השינוי שחל במספר האלקטרונים בכדור C בעקבות תהליך הטעינה המתואר בפתח לשאלה. (6 נקודות)

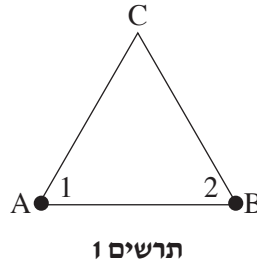
התלמידים החליפו בין הכדורים A ו-C: הם קיבעו את כדור C למרכז המשטח, והעניקו לכדור A מהירות התחלתית השווה (בגודלה ובכיוונה) למהירות  $\vec{v}_0$  שניתנה לכדור C קודם לכן.

ה. קבע אם תנועת כדור A זהה לזו שהייתה לכדור C קודם לכן. אם כן – נמק את קביעתך. אם לא – מהו השינוי בין התנועות? (6 נקודות)

התלמידים פרקו את המטען מן הכדורים וחזרו על תהליך הטעינה המתואר בפתח לשאלה, אך הפעם החליפו את כדור המתכת האמצעי B בכדור D העשוי מחומר מבודד.

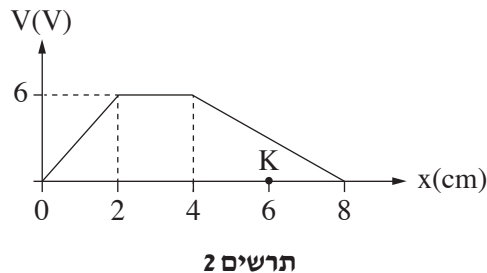
ו. עבור כל אחד מן הכדורים A, C, ו-D קבע אם לאחר הוצאתו מן השדה החשמלי הוא טעון במטען חשמלי חיובי או טעון במטען חשמלי שלילי או אם הוא ניטרלי. נמק את קביעותיך. (4  $\frac{1}{3}$  נקודות)

2. נתונה מערכת ובה שני חלקיקים 1 ו-2 המוחזקים בהתאמה בקודקודים A ו-B של משולש שווה צלעות ABC (ראה תרשים 1). אורך כל צלע של המשולש הוא 0.6 m. החלקיקים טעונים במטענים שווים, שערכם  $q_1 = q_2 = +40 \cdot 10^{-9} \text{C}$ .



- בשאלה זו רמת אפס של הפוטנציאל החשמלי נקבעה באינסוף ויש להזניח כוחות כבידה.
- א. חשב את השדה החשמלי השקול  $\vec{E}$  (גודל וכיוון) הנוצר בקודקוד C באמצעות שני המטענים. (7 נקודות)
- ב. חשב את הפוטנציאל החשמלי הכולל, V, הנוצר בקודקוד C באמצעות שני המטענים. (6 נקודות)
- ג. האם במערכת המטענים המוצגת בתרשים 1 קיימת נקודה שבה הפוטנציאל החשמלי שונה מאפס, והשדה החשמלי בה שווה לאפס? אם לא – נמק. אם כן – ציין את מיקומה של הנקודה. (4 נקודות)

במערכת אחרת נמדד הפוטנציאל החשמלי, V, לאורך ציר ה-x. בתרשים 2 מוצג גרף של V כפונקציה של x.

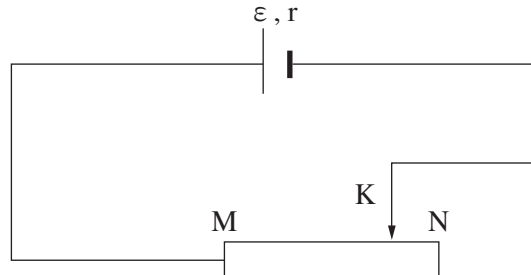


- ד. סרטט במחברתך גרף המתאר את השדה החשמלי כפונקציה של x, עבור התחום שבין  $x = 0$  לבין  $x = 8 \text{cm}$ . (7 נקודות)
- ה. משחררים ממנוחה חלקיק שמטענו  $q_3 = -40 \mu\text{C}$  מנקודה K שעל ציר ה-x, ששיעורה  $x_K = 6 \text{cm}$  (ראה תרשים 2). החלקיק מתחיל לנוע על ציר ה-x בתאוצה שגודלה  $2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .
- ה. קבע אם החלקיק  $q_3$  נע בכיוון החיובי של ציר ה-x או בכיוון השלילי. נמק את קביעתך. (5 נקודות)
- ו. חשב את מסת החלקיק  $q_3$ . (4  $\frac{1}{3}$  נקודות)

3.

תלמידה במגמת פיזיקה בנתה מעגל חשמלי המוצג בתרשים שלפניך.

רכיבי המעגל: מקור מתח שהכא"מ שלו  $\varepsilon$  והתנגדותו הפנימית  $r$ , תילים מוליכים אידאליים ונגד משתנה שקצותיו M ו-N והמגע הנייד שלו K.



התלמידה הציבה את המגע הנייד K בנקודות שונות על פני הנגד המשתנה, ובכל פעם מדדה את I, עוצמת הזרם במעגל, ואת V, המתח בין הנקודה M לבין הנקודה K. תוצאות המדידות מוצגות בטבלה שלפניך.

I (A)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
V (V)	4.9	3.9	3.2	2.0	0.8

אחד מזוגות המדידות שבטבלה מתאים למצב שבו המגע הנייד K היה בקצה N של הנגד המשתנה.

א. מהי עוצמת הזרם במצב זה? נמק את תשובתך. (6 נקודות)

ב. (1) סרטט דיאגרמת פיזור (נקודות במערכת צירים) של המתח, V, כפונקציה של עוצמת הזרם, I.

(2) הוסף לדיאגרמת הפיזור את הישר המתאים לה ביותר (קו מגמה).

(8 נקודות)

ג. השתמש בגרף שסרטטת ורשום את ערך הכא"מ  $\varepsilon$  של מקור המתח. בגרף שסרטטת סמן (בצורה בולטת) את

הנקודה שבה השתמשת לקביעת תשובתך. (6 נקודות)

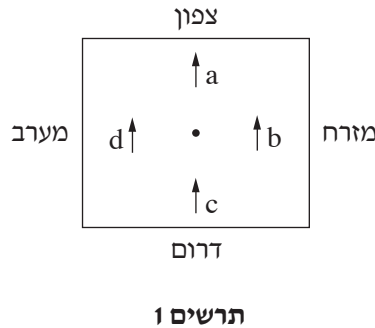
ד. השתמש בגרף וחשב את ההתנגדות הפנימית  $r$  של מקור המתח. (5 נקודות)

ה. קבע מהי עוצמת הזרם המתאימה למצב שבו המגע הנייד נמצא בנקודה M. (4 נקודות)

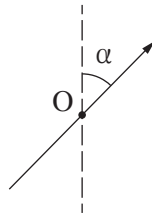
ו. על פי נוסחת חוק אוהם, כאשר המתח גדל – גם עוצמת הזרם גדלה. אבל במדידות של התלמידה, כאשר המתח גדל

– עוצמת הזרם קטנה. האם תוצאות המדידות עומדות בסתירה לחוק אוהם? נמק את תשובתך. (4  $\frac{1}{3}$  נקודות)

4. תלמיד במגמת פיזיקה רצה למדוד את הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ,  $B_{E\parallel}$ , באזור מגוריו. לשם כך הוא התקין מערכת ניסוי: הוא השחיל תיל מוליך ארוך וישר דרך נקב שבמרכז שולחן, ומתח אותו כך שהתיל היה ניצב למישור השולחן. על השולחן הוא מיקם ארבעה מצפנים a, b, c, d, כל אחד במרחק r מהתיל, לפי הכיוונים המוצגים בתרשים 1 שלפניך. תרשים 1 הוא מבט מלמעלה על המערכת, ובו רואים את החתך של התיל ואת הכיוונים של מחטי המצפנים כאשר לא עבר זרם בתיל.



כאשר התלמיד הזרים בתיל זרם שכיוונו אינו נתון ועוצמתו  $I = 8.5A$ , המחט של מצפן a הסתובבה עם כיוון השעון, והתייצבה בזווית  $\alpha$  (ראה תרשים 2).



תרשים 2

א. העתק את תרשים 2 למחברתך, וסמן בנקודה O את הכיוונים של השדות המגנטיים הפועלים על המחט של מצפן a: את כיוון הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ,  $B_{E\parallel}$ , ואת כיוון השדה המגנטי,  $B_I$ , שיוצר הזרם. (6 נקודות)

ב. קבע אם כיוון הזרם בתיל היה מעלה ("החוצה מן הדף") או מטה ("אל תוך הדף"). נמק את קביעתך. (6 נקודות)

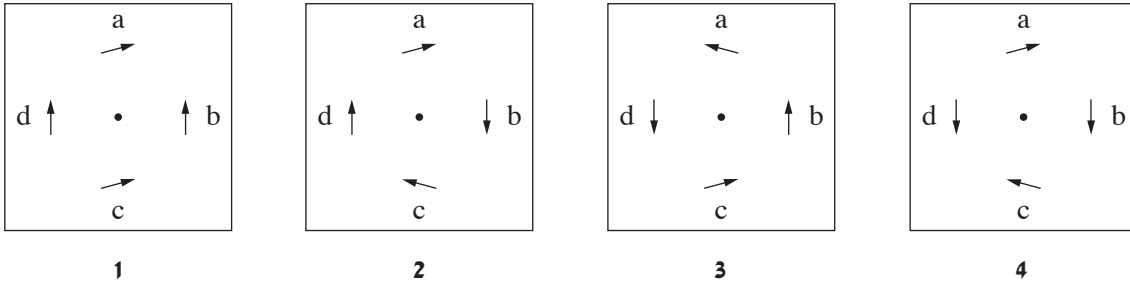
ג. בטא את  $\tan(\alpha)$  כפונקציה של I באמצעות r,  $B_{E\parallel}$  ו- $\mu_0$ . (6 נקודות)  
נתון:  $r = 10 \text{ cm}$ ,  $\alpha = 37^\circ$ .

ד. חשב, בעזרת הביטוי שפיתחת בסעיף ג, את גודלו של הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ,  $B_{E\parallel}$ , באזור מגוריו של התלמיד. (5 נקודות)

התלמיד רצה לבחון את הכיוונים שבהם יתייצבו מחטי המצפנים בעקבות מעבר זרם בתיל. לשם כך הוא הגדיל בהדרגה את עוצמת הזרם I עד ערך מסוים והרעיד מעט את השולחן שהמצפנים היו מונחים עליו.

נתון כי במצפן a המחט התייצבה בזווית  $\alpha$  והיא שווה כעת  $55^\circ$ .

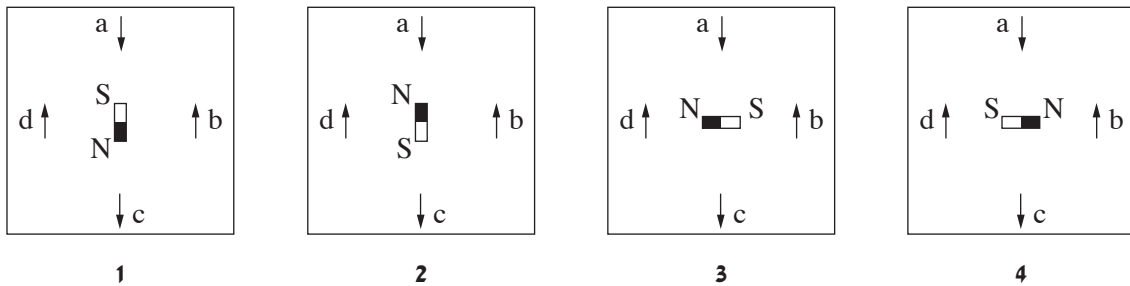
ה. לפניך ארבעה תרשימים 1-4, רק אחד מהם מתאר נכון את כיווני המחטים של כל המצפנים.



קבע איזה מן התרשימים הוא הנכון. נמק את קביעתך. (6 נקודות)

במקרה אחר התלמיד הסיר את התיל והניח במרכז השולחן מגנט מוט.

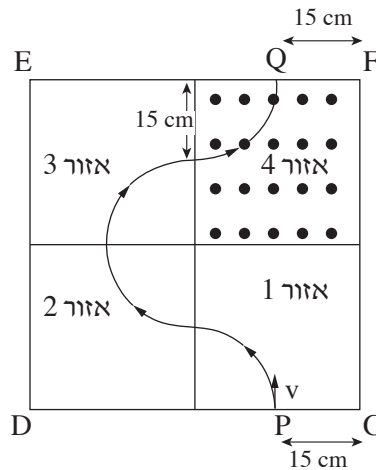
ו. לפניך ארבעה תרשימים 1-4, רק אחד מהם מתאר נכון את כיווני המחטים של כל המצפנים ואת מגנט המוט.



קבע איזה מן התרשימים הוא הנכון. (4  $\frac{1}{3}$  נקודות)

5. ריבוע CDEF מחולק לארבעה אזורים 4-1 (ראה תרשים).

כל אחד מארבעת האזורים הוא ריבוע שממדיו  $30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ . בכל אזור שורר שדה מגנטי אחיד שגודלו  $B = 1 \text{ T}$ , וכיוונו ניצב לריבוע CDEF. באזור 4 השדה "יוצא מהדף".  
חלקיק א טעון חודר לתחום הריבוע CDEF בנקודה P (ראה תרשים), שמרחקה מן הנקודה C הוא  $15 \text{ cm}$ , במהירות שכיוונה ניצב לקו CD ולכיוון השדה המגנטי, וגודלה  $v = 3.6 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ . מסת החלקיק  $6.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .

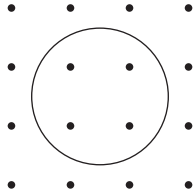


- א. האם המטען החשמלי של חלקיק א הוא חיובי או שלילי? נמק. (5 נקודות)
- ב. מה הם כיווני השדות המגנטיים באזורים 1, 2, 3? (כתוב  $\times$  אם כיוון השדה "לתוך הדף", וכתוב  $\bullet$  אם כיוון השדה "יוצא מהדף"). נמק. (6 נקודות)
- ג. חשב את המטען של חלקיק א. (5 נקודות)
- ד. האם לאורך מסלול התנועה של חלקיק א מן הנקודה P לנקודה Q וקטור המהירות של החלקיק משתנה:  
(1) בכיוונו? נמק.  
(2) בגודלו? נמק.  
(8 נקודות)
- ה. חשב את משך הזמן שבו חלקיק א נע מן הנקודה P לנקודה Q. (5 נקודות)
- ו. בנקודה Q משגרים לתוך אזור 4 בזה אחר זה שני חלקיקים, ב רג באותו גודל מהירות ( $v = 3.6 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ ), במאונך ל- EF ולשדה המגנטי שבאזור 4. לשני החלקיקים ב רג מסות זהות למסה של חלקיק א. לחלקיק ב יש מטען זהה למטען של חלקיק א, ולחלקיק ג יש מטען מנוגד למטען של חלקיק א.  
איזה משני החלקיקים – ב או ג – ינוע לאורך מסלול התנועה של חלקיק א? נמק.  
(הנח כי אין אינטראקציה בין החלקיקים במהלך תנועתם בשדות המגנטיים.) (4  $\frac{1}{3}$  נקודות)

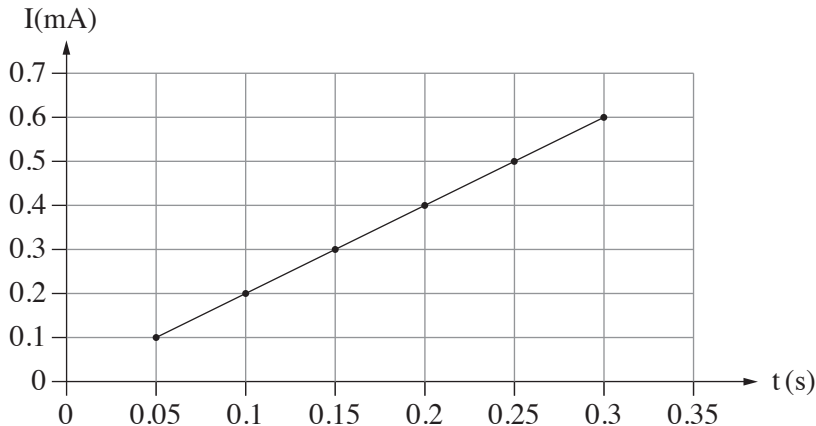


## השראה

6. נתון שדה מגנטי  $\vec{B}$  שכיוונו בכיוון ציר ה- $x$  ועוצמתו משתנה כפונקציה של  $x$  על פי הקשר:  $B_x(x) = B_{0,x} - K \cdot x$ . רכיבי השדה בכיוונים האחרים ניתנים להזנחה. מניחים טבעת עשויה חומר מוליך במיקום  $x = 0$ . מרגע  $t_0 = 0$  מניעים אותה בכיוון החיובי של ציר ה- $x$ , בתאוצה קבועה שגודלה  $a$ . במשך התנועה כולה מישור הטבעת ניצב לציר ה- $x$ . בתרשים שלפניך מתוארים הטבעת ורכיב השדה המגנטי  $B_x$  עבור נקודה מסוימת על ציר ה- $x$  ( $x > 0$ ). הכיוון החיובי של ציר ה- $x$  הוא "החוצה מן הדף".



- א. נתון כי ערכו של הקבוע  $K$  הוא  $0.02$ , על פי מערכת היחידות S.I (מערכת היחידות הסטנדרטית). שרשום מה הן היחידות של הקבוע  $K$ . (5 נקודות)
- ב. הסבר מדוע במהלך תנועתה של הטבעת זורם בה זרם חשמלי. (6 נקודות)
- השטח התחום על ידי הטבעת הוא  $A$ , והתנגדות הטבעת היא  $R$ .
- ג. פתח ביטוי עבור גודל השטף המגנטי כפונקציה של הזמן  $t$  והפרמטרים  $B_{0,x}$ ,  $K$ ,  $a$  ו- $R$ . (7 נקודות)
- ד. פתח ביטוי עבור עוצמת הזרם בטבעת כפונקציה של הזמן  $t$  והפרמטרים  $B_{0,x}$ ,  $K$ ,  $a$ ,  $R$  ו- $A$ . (6 נקודות)
- הזרם בטבעת נמדד ברגעים שונים. תוצאות המדידות מוצגות בגרף שלפניך. שים לב כי הזרם נמדד במילי אמפר.



נתון:  $R = 0.04 \Omega$ ,  $a = 2 \frac{m}{s^2}$ .

- ה. על פי שיפוע הגרף, חשב את השטח  $A$  התחום על ידי הטבעת. (5 נקודות)
- ו. קבע אם ברגע  $t = 0.2s$  כיוון הזרם בטבעת הוא עם כיוון השעון או נגד כיוון השעון. נמק את קביעתך. (4  $\frac{1}{3}$  נקודות)

## בהצלחה!