

פיזיקה חשמל הוראות לנבחן

- א. משך הבחינה: שתיים.
- 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 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.
מותר להשתמש בעיפרון לסרטטים 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.

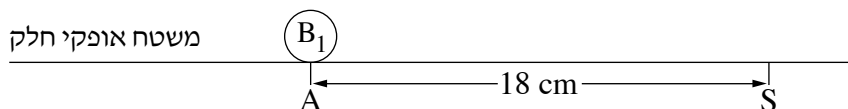
בהצלחה!

השאלות

ענה על שלוש מן השאלות 1-6.

(לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)1. כדור קטן B_1 מוחזק בנקודה A על משטח אופקי חלק. מסת הכדור m_1 ומטענו q_1 .נתון: בנקודה S על המשטח האופקי נמדד פוטנציאל חשמלי $V_s = -1500V$.

המרחק בין הנקודות S ו-A הוא 18 cm (ראה תרשים).



תרשים 1

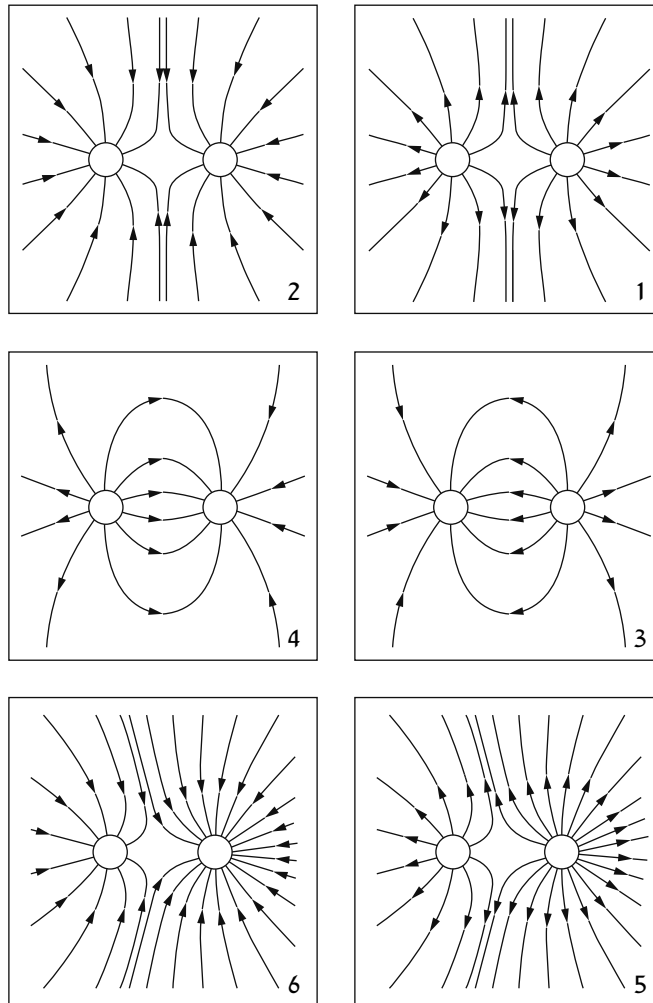
א. חשב את גודל המטען q_1 , וקבע את סימנו. (6 נקודות)

ב. חשב את גודל השדה החשמלי שהמטען יוצר בנקודה S. (5 נקודות)

כדור קטן נוסף, B_2 , שמסתו m_2 ומטענו q_2 , מובא מן האין-סוף אל הנקודה S ומוחזק בה.נתון: $q_2 = 2q_1$, $m_2 = 0.5m_1$.ג. חשב את העבודה שהושקעה בהבאת הכדור B_2 מן האין-סוף לנקודה S (הזנח את כוח הכבידה). (7 נקודות)

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

בתרשים 2 שלפניך מוצגים שישה איורים המתארים קווי שדה חשמלי שקול שנוצר על ידי שני כדורים טעונים.



תרשים 2

ד. קבע איזה מן האיורים 1-6 מתאר נכונה את השדה השקול שנוצר על ידי שני הכדורים הטעונים B_1 ו- B_2 כאשר הכדור השמאלי הוא B_1 והכדור הימני הוא B_2 . נמק את קביעתך. (7 נקודות)

משחררים את שני הכדורים ומאפשרים להם לנוע על המשטח האופקי החלק. ברגע מסוים הכדור B_1 חולף בנקודה D והכדור B_2 חולף בנקודה H. הנקודות D ו- H אינן מסומנות בתרשים 1.

ה. מהו היחס בין גודל הכוח החשמלי הפועל על כדור B_1 בנקודה D ובין גודל הכוח החשמלי הפועל על כדור B_2 בנקודה H? נמק את תשובתך. (5 נקודות)

ו. מהו היחס בין גודל התאוצה של כדור B_1 בנקודה D ובין גודל התאוצה של כדור B_2 בנקודה H? נמק את תשובתך. ($3\frac{1}{3}$ נקודות)

2.

נתונים שני כדורים מוליכים קטנים, A ו-B. הרדיוס של כדור A קטן פי 3 מהרדיוס של כדור B. המרחק בין הכדורים גדול מאוד ביחס לרדיוסים שלהם.

המטען של כדור A הוא $+4 \cdot 10^{-8} \text{C}$.

חיברו את הכדורים זה לזה בעזרת תיל מוליך דק. לאחר החיבור בין הכדורים השתנה המטען של כדור A, וכעת הוא $+1 \cdot 10^{-8} \text{C}$.

הנח שכל החלקיקים שעוברים בתיל הם אלקטרונים בלבד.

א. חשב את מספר האלקטרונים שעברו בין הכדורים. (8 נקודות)

ב. האם האלקטרונים עברו מכדור A לכדור B, או מכדור B לכדור A? נמק. (7 נקודות)

ג. מהו מטענו של כדור B לאחר החיבור בין הכדורים? הסבר. (8 נקודות)

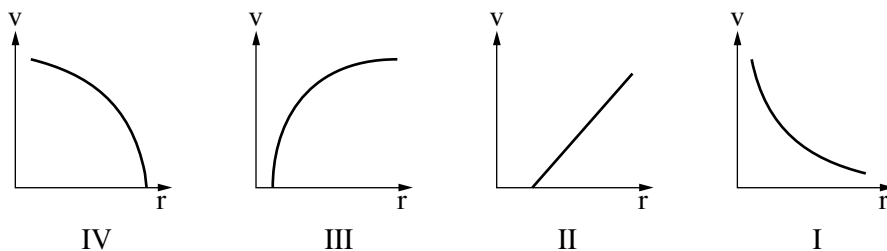
ד. האם לפני החיבור בין הכדורים היה כדור B טעון? אם לא – נמק, אם כן – חשב את מטענו. (5 נקודות)

ה. מנתקים את הכדורים זה מזה ומניחים אותם על משטח אופקי וחלק, העשוי חומר מבודד.

משגרים את כדור A אל עבר כדור B הקבוע במקומו.

לפניך ארבעה גרפים. הנח כי כדור A אינו פוגע בכדור B, וקבע איזה מבין הגרפים IV-I מתאר נכונה את גודל

המהירות v של כדור A כפונקציה של המרחק r בין הכדורים. נמק את קביעתך. (5 $\frac{1}{3}$ נקודות)



3. תלמיד רצה למדוד את ההתנגדות של תיל מוליך (תיל א).
נתונה טבלה המתארת את הזרם כפונקציה של המתח על התיל.

I(A)	V(V)
0	0
0.19	1
0.39	2
0.57	3
0.79	4
0.96	5

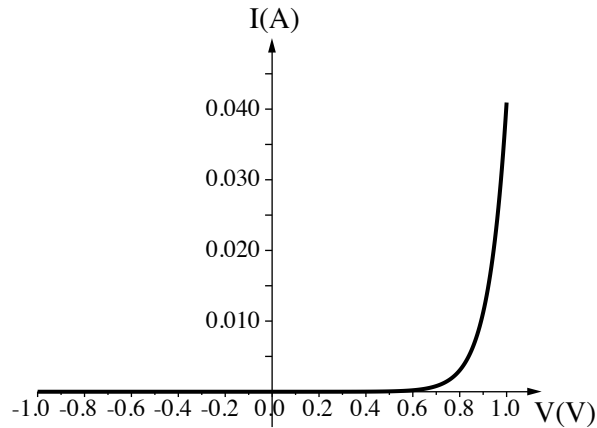
- א. על פי הנתונים המוצגים בטבלה, סרטט גרף המתאר את הזרם כפונקציה של המתח, וקבע אם בתחום הנתונים בטבלה התיל מקיים את חוק אוהם. אם כן – חשב את התנגדות התיל. אם לא – הסבר מדוע. (9 נקודות)
- ב. בהנחה שאורך התיל הוא 1m והחתך שלו הוא עיגול בקוטר 0.5mm, חשב את ההתנגדות הסגולית ρ של החומר שממנו התיל עשוי. בטא את ההתנגדות הסגולית ביחידות $\Omega \times m$ (אוהם מטר). (7 נקודות)

לתלמיד תיל נוסף (תיל ב) העשוי מאותו חומר שממנו עשוי תיל א, וזהה באורכו לתיל א, אבל שטח החתך שלו גדול יותר.

- ג. (1) קבע אם ההתנגדות של תיל ב קטנה מן ההתנגדות של תיל א, גדולה ממנה או שווה לה. הסבר את תשובתך.
- (2) הוסף במערכת הצירים של הגרף שסרטטת בסעיף א, גרף איכותי המתאים לתיל ב. (9 $\frac{1}{3}$ נקודות)

(שים לב: סעיף ד של השאלה בעמוד הבא.)

7. בתרשים שלפניך מוצג גרף מקורב של הזרם כפונקציה של המתח (אופייני) של רכיב חשמלי הנקרא דיודה. המתחים משתנים בתחום שבין $-1V$ ל- $1V$.



- לפניך שלושה היגדים 1–3. קבע איזה היגד או אילו היגדים אינם מתאימים לגרף המתואר, ונמק את קביעותיך.
1. בתחום שבו הזרם I גדול מאפס, הזרם קבוע בלי תלות במתח בין הדקי הדיודה.
 2. כדי שיזרום זרם בדיודה, חשוב לאיזה משני הדקי הדיודה מחובר הפוטנציאל הגבוה של מקור המתח.
 3. כאשר זרם זורם דרך הדיודה, ההתנגדות קטנה ככל שעולה המתח בין הדקי הדיודה.
- (8 נקודות)

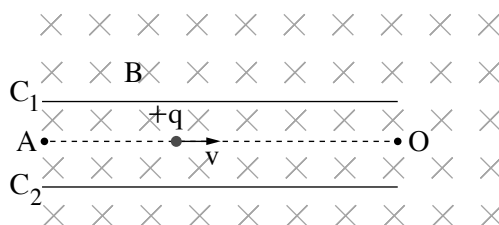
4. באמצעות ספקטרומטר מסות אפשר להפריד בין חלקיקים טעונים שיש להם מסות ומטענים שונים (יונים). בתהליך ההפרדה היונים עוברים תחילה באזור שיש בו שדה חשמלי ושדה מגנטי ("בורר מהירויות"). לאחר מכן היונים ממשיכים לאזור ששורר בו שדה מגנטי בלבד.

תרשים 1 שלפניך מתאר בורר מהירויות.

בבורר שורר שדה מגנטי אחיד B שכיוונו "לתוך הדף", כמתואר בתרשים.

בין הלוחות C_1 ו- C_2 שורר שדה חשמלי אחיד E שכיוונו מקביל למישור הדף (השדות B ו- E מאונכים זה לזה). אחד הלוחות טעון במטען חיובי והאחר במטען שלילי.

הזנח את כוח הכובד ואת התנגדות האוויר.



תרשים 1

יון חיובי $+q$ נע ימינה בין שני הלוחות, בקו ישר AO המקביל ללוחות.

- א. סרטט במחברתך את תרשים הכוחות שפועלים על היון, וסמן את השמות של כל אחד מן הכוחות. (4 נקודות)
- ב. קבע איזה לוח, C_1 או C_2 , טעון במטען חיובי. הסבר את קביעתך. (4 נקודות)
- ג. פתח ביטוי לגודל המהירות v שבה נע היון לאורך הקו AO. (6 נקודות)

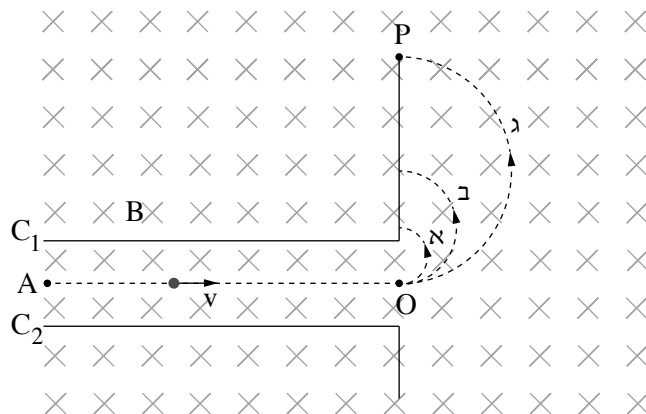
החליפו את היון החיובי ביון שלילי $-q$ שמהירותו שווה למהירות של היון החיובי, בלי לשנות את השדה המגנטי.

ד. קבע אם נדרש להפוך את כיוון השדה החשמלי בין הלוחות כדי שגם יון זה ינוע ימינה לאורך הקו AO.

פרט את שיקוליך. (5 נקודות)

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

שלושה יונים: 1, 2, 3, נכנסים לתוך הספקטרומטר. הם נעים בזה אחר זה בתוך בורר המהירויות לאורך הקו AO באותה מהירות v . מן הנקודה O הם עוברים לאזור שיש בו רק שדה מגנטי, שהוא באותה עוצמה ובאותו כיוון כמו השדה השורר בבורר המהירויות. בהשפעת השדה המגנטי כל יון נע באחד מן המסלולים א, ב או ג. הצורה של כל אחד מן המסלולים היא חצי מעגל, כמתואר בתרשים 2.



תרשים 2

בטבלה שלפניך מוצגים נתונים על המסה והמטען של שלושת היונים.

המטען	המסה	היון
$Q_1 = q$	$M_1 = m$	1
$Q_2 = q$	$M_2 = 2m$	2
$Q_3 = 2q$	$M_3 = m$	3

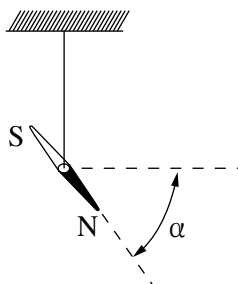
ה. קבע באיזה מן המסלולים א, ב או ג נע כל אחד משלושת היונים 1, 2, 3. פרט את שיקוליך. (9 נקודות)

נתון: $q = 3.2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $m = 1.3 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$, $B = 0.1 \text{ T}$, $E = 6.2 \cdot 10^3 \frac{\text{V}}{\text{m}}$

ו. חשב את המרחק OP. (5 $\frac{1}{3}$ נקודות)

5. תלמיד ערך ניסוי למדידת הגודל של השדה המגנטי של כדור הארץ, B_E , בסביבת מגוריו. כדי למצוא את כיוון השדה, הוא תלה מחט מגנטית על חוט דק הקשור למרכז המחט. התלייה מאפשרת למחט לנוע בחופשיות.

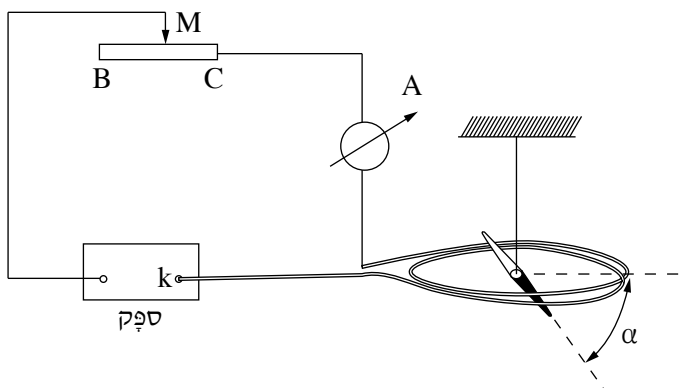
α היא זווית ההרכנה, שהיא הזווית בין כיוון המחט ובין המישור האופקי (ראה תרשים 1). התלמיד מדד את זווית α ומצא $\alpha = 53^\circ$. תוצאה זו התקבלה בהשפעת השדה המגנטי של כדור הארץ בלבד.



תרשים 1

כדי למדוד את הגודל של השדה המגנטי, B_E , הרכיב התלמיד מעגל חשמלי ובו: ספק, נגד משתנה, מד זרם וסליל מעגלי דק הממוקם במישור האופקי.

התלמיד תלה את המחט המגנטית מעל מרכז הסליל (ראה תרשים 2). נתון: הסליל הדק עשוי 4 כריכות ($N = 4$). רדיוס כל כריכה $r = 20 \text{ cm}$.



תרשים 2

התלמיד הזיז את הגרר M של הנגד המשתנה, וראה שהזווית α קטנה בהדרגה, עד שבנקודה מסוימת המחט המגנטית התייצבה במצב אופקי ($\alpha = 0^\circ$).

(שים לב: סעיפי השאלה בעמוד הבא.)

א. על פי הכיוון של השדות המגנטיים, קבע אם ההדק k של הספֵּק הוא חיובי או שלילי. נמק את קביעתך. (6 נקודות)

ב. האם במהלך הניסוי הזיז התלמיד את הגררה M של הנגד המשתנה מנקודה C לנקודה B או מנקודה B לנקודה C ? נמק את תשובתך. (6 נקודות)

ג. כאשר המחט התייצבה במצב אופקי, מד הזרם הוֹךָ 2.45 A . חשב את גודלו של הרכיב האנכי של השדה המגנטי של כדור הארץ, $B_E \perp$. (6 נקודות)

התלמיד לא היה מרוצה מדיוק המדידה בניסוי שערך, ולכן החליט למצוא את הרכיב האנכי של השדה המגנטי, $B_E \perp$, באמצעות גרף. לשם כך הוא חזר על המדידות כמה פעמים, ובכל פעם שינה את מספר הכריכות.

בכל מדידה הוא רשם את מספר הכריכות N ואת הזרם I שהתקבל כאשר המחט התלויה התייצבה במצב אופקי ($\alpha = 0^\circ$). התלמיד חישב את הערכים של $\frac{1}{I}$ ורשם גם אותם.

התוצאות מוצגות בטבלה שלפניך.

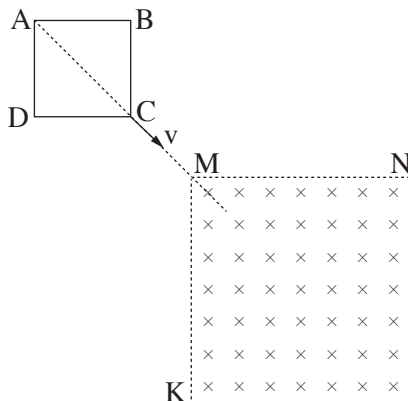
כריכות N	4	6	8	10	12
$I \text{ (A)}$	2.45	1.75	1.30	1.00	0.85
$\frac{1}{I} \left(\frac{1}{A} \right)$	0.41	0.57	0.77	1.00	1.17

ד. סרטט במחברתך גרף של $\frac{1}{I}$ כפונקציה של מספר הכריכות N . (9 נקודות)

ה. חשב באמצעות שיפוע הגרף את גודל הרכיב האנכי של השדה המגנטי של כדור הארץ, $B_E \perp$. ($6\frac{1}{3}$ נקודות)

השראה

6. בתרשים שלפניך מוצגת מסגרת ריבועית ABCD. המסגרת עשויה תיל מוליך ואחיד שהתנגדותו הכוללת היא R. מושכים את המסגרת במהירות קבועה שגודלה v וכיוונה לאורך המשך האלכסון AC של הריבוע, כמתואר בתרשים.



באזור ששניים מגבולותיו הם MN ו-MK המאונכים זה לזה, יש שדה מגנטי אחיד שגודלו B, וכיוונו אל תוך הדף (ראה תרשים).

ברגע $t_0 = 0$ הקודקוד C של המסגרת מגיע לקודקוד M של אזור השדה המגנטי, וצלעות הריבוע AB ו-AD מקבילות בהתאמה לצלעות MN ו-MK של אזור השדה המגנטי. ברגע $t = T$ קודקוד A מגיע לקודקוד M. t הוא רגע כלשהו בין הרגע t_0 לרגע T.

א. (1) מדוע זורם בתיל זרם ברגע t?

(2) האם כיוון הזרם בתיל ברגע t הוא בכיוון התנועה של מחוגי השעון או בכיוון המנוגד לכיוון התנועה של

מחוגי השעון? נמק.

(8 נקודות)

ב. בתת-סעיפים (1)-(2) שלפניך בטא את הגדלים ברגע t ($t < T$) באמצעות B, v ו-t.

(1) השטף המגנטי דרך הריבוע התחום על ידי המסגרת.

(2) הכא"מ המושרה בתיל.

(12 נקודות)

(שים לב: סעיפים ג ו-ד של השאלה בעמוד הבא.)

ג. האם בפרק הזמן שבין t_0 ל- T עוצמת הזרם במסגרת היא קבועה? נמק. ($\frac{1}{3}$ נקודות)

לאחר הרגע T , המסגרת ממשיכה לנוע בתוך השדה המגנטי.

ד. (1) סרטט גרף איכותי (ללא מספרים) המתאר את השטף המגנטי דרך הריבוע התחום על ידי המסגרת

כפונקציה של הזמן מן הרגע t_0 ועד הרגע $2T$.

(2) סרטט גרף איכותי (ללא מספרים) המתאר את הכא"מ המושרה בתיל כפונקציה של הזמן, מן הרגע t_0

ועד הרגע $2T$.

(8 נקודות)

בהצלחה!