

פיזיקה חשמל הוראות

- א. משך הבחינה: שתיים.
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה:
בשאלון זה שש שאלות, ומהן יש 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) יש לענות על שלוש שאלות בלבד. אם תענו על יותר משלוש שאלות, ייבדקו רק שלוש התשובות הראשונות שבמחברת.
יש לציין באופן ברור את מספר השאלה והסעיף שבחרתם.
(2) בשאלות שבפתרון שלהן נדרש חישוב, יש להציג 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, יש לענות בקצרה אך ורק בנוגע למה שנשאלתם.
(4) בגרפים, יש לסרטט קווים ישרים באמצעות סרגל.
(5) כאשר אתם נדרשים להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, יש לרשום 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) בחישובים יש להשתמש בערך 10 m/s^2 לגודל תאוצת הנפילה החופשית (בסמוך לפני כדור הארץ).
(7) יש לכתוב את התשובות בעט. אם תכתבו בעיפרון או תמחקו בטיפקס לא תוכלו לערער.
מוותר להשתמש בעיפרון לסרטטים וגרפים בלבד.
- יש לכתוב במחברת הבחינה בלבד. יש לרשום "טיוטה" בראש כל עמוד המשמש טיוטה.
תתיבת טיוטה בדפים שאינם במחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה.

השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים, אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

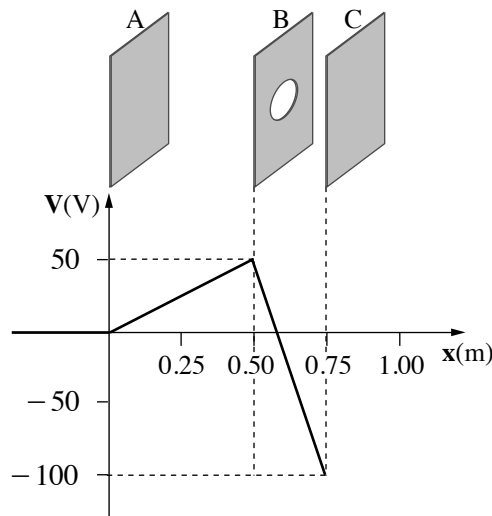
בהצלחה!

השאלות

ענו על שלוש מן השאלות 1-6.

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

1. מערכות חשמליות רבות, לדוגמה מערכת להאצת חלקיקים, כוללות לוחות טעונים, כמתואר במערכת המוצגת לפניכם. המערכת כוללת שלושה לוחות ארוכים מאוד וטעונים: A, B, C, המוצבים במקביל זה לזה במרחקים שונים, כמתואר באיור. במרכזו של לוח B יש חור קטן. הגרף שלפניכם מתאר את הפוטנציאל החשמלי בין הלוחות כפונקצייה של המרחק.



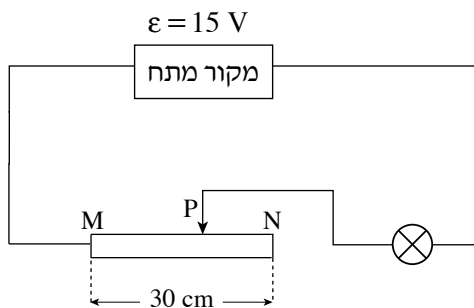
- א. קבעו את הכיוון של השדה החשמלי בין הלוח A ללוח B, ואת הכיוון של השדה החשמלי בין הלוח B ללוח C. נמקו את קביעותיכם. (6 נקודות)
- ב. חשבו את עוצמת השדה החשמלי בין הלוח A ללוח B (E_{AB}), ואת עוצמת השדה החשמלי בין הלוח B ללוח C (E_{BC}). (7 $\frac{1}{3}$ נקודות)
- ג. חלקיק טעון שלילית משוחרר ממנוחה ממרכז הלוח A. הסבירו מדוע תנועת החלקיק בין הלוח A ללוח B היא תנועה שווה תאוצה (הזניחו את כוח הכבידה הפועל על החלקיק). (6 נקודות)
- ד. חשבו את המהירות המרבית (המקסימלית) של החלקיק בתנועתו בין הלוח A ללוח B. נתון: מסת החלקיק $m = 8 \times 10^{-25} \text{ kg}$ ומטען החלקיק $q = -6.4 \times 10^{-19} \text{ C}$. (8 נקודות)
- ה. החלקיק נכנס לאזור שבין הלוח B ללוח C דרך החור הקטן שבלוח B. האם החלקיק יגיע ללוח C? נמקו. (6 נקודות)

2. ביקשו מדינאלה ואיתן לבנות מעגל חשמלי שיאפשר שינוי של עוצמת הזרם דרך נורה (ועל ידי כך שינוי עוצמת האור

שהנורה פולטת). כל אחד מהם בנה את המעגל החשמלי מן הרכיבים האלה:

- מקור מתח שהכא"מ שלו $\varepsilon = 15 \text{ V}$ והתנגדותו הפנימית ניתנת להזנחה
- נורה שרשום עליה $24 \text{ W} ; 12 \text{ V}$
- נגד משתנה אחיד, MN, שהתנגדותו המרבית 12Ω ואורכו 30 cm
- תילים מוליכים שהתנגדותם זניחה

איתן בנה את המעגל החשמלי המתואר בתרשים א.



תרשים א

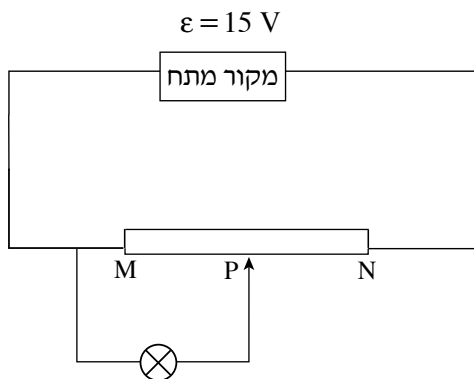
א. חשבו את המרחק בין הקצה M של הנגד המשתנה ובין המגע הנייד P, כאשר הנורה מאירה באורה המלא.

(6 נקודות)

ב. איתן הזיז את המגע הנייד P לכיוון קצה N (ביחס למצב המתואר בסעיף א).

כיצד תשפיע ההזזה על עוצמת האור של הנורה? נמקו את תשובתכם. (6 נקודות)

דניאלה בנתה את המעגל החשמלי המתואר בתרשים ב.



תרשים ב

ג. דניאלה הציבה את המגע הנייד P באמצע הנגד המשתנה (ראו תרשים ב).

איזה משלושת המצבים i–iii המתוארים להלן יתרחש?

i הנורה תאיר באורה המלא.

ii הנורה תאיר בעוצמת אור נמוכה מאורה המלא.

iii הזרם דרך הנורה יהיה גבוה מן הזרם המתאים לעוצמת האור המלא, והנורה עלולה "להישרף".

נמקו את קביעתכם. (8 נקודות)

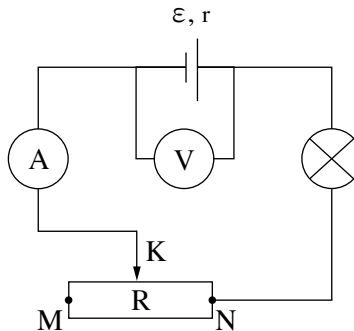
ד. באיזה משני המעגלים החשמליים – זה המתואר בתרשים א או זה המתואר בתרשים ב – אפשר להקטין ברציפות את עוצמת האור של הנורה עד שתכבה לחלוטין? הסבירו. (7 נקודות)

ה. שני המעגלים החשמליים מופעלים כך שבכל אחד מהם הנורה מאירה באורה המלא.

איזה משני המעגלים החשמליים חסכוני יותר (כלומר באיזה משני המעגלים החשמליים ההספק של מקור המתח

קטן יותר)? נמקו. תוכלו לענות על סעיף זה במילים, בלי חישוב. ($6\frac{1}{3}$ נקודות)

3. תלמיד בנה מעגל חשמלי הכולל מקור מתח $\mathcal{E}$ אידיאלי, נורה שהתנגדותה קבועה במהלך הניסוי, נגד משתנה R , מכשירי מדידה אידיאליים (וולטמטר ואמפרמטר) ותילים שהתנגדותם זניחה. קצותיו של הנגד המשתנה מסומנים באותיות M ו- N , והגרר K שלו מסומנת באות K (ראו תרשים).



התלמיד שינה כמה פעמים את מיקום הגרר K ובכל פעם רשם את הוריית הוולטמטר והאמפרמטר. תוצאות המדידות מוצגות בטבלה שלפניכם. אחת השורות בטבלה מתייחסת לנקודה N .

מיקום הגרר	$V(V)$	$I(A)$
1	21.1	0.29
2	17.5	0.60
3	14.5	0.91
4	12.5	1.20
5	9.0	1.49

א. (1) סרטטו במחברתכם דיאגרמת פיזור (נקודות במערכת צירים) של המתח V כפונקצייה של הזרם I .

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

(10 נקודות)

ב. על פי הגרף:

(1) קבעו את הכא"מ של מקור המתח. פרטו את שיקוליםכם.

(2) חשבו את ההתנגדות הפנימית (r) של מקור המתח.

(8 נקודות)

כאשר הגררה נמצאת באחת מן הנקודות 1–5, הנורה דולקת באור שעוצמתו גבוהה יותר מעוצמתו בכל מיקום אחר של הגררה. להזכירכם, התנגדות הנורה קבועה במהלך הניסוי.

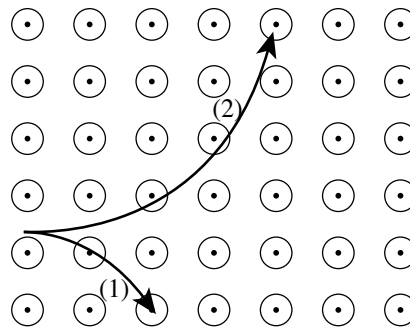
ג. קבעו באיזו מבין הנקודות 1–5 (ראו טבלה) הנורה דולקת בעוצמת האור הגבוהה ביותר. הסבירו את קביעתכם. (6 נקודות)

ד. חשבו את הספק הנורה בנקודה זו. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

התלמיד החליף את הנורה שבמעגל הנתון בנורה אחרת, שהתנגדותה קטנה יותר. הוא חזר על הניסוי, וסרטט גרף של V כפונקצייה של I.

ה. קבעו אם קו המגמה של תוצאות הניסוי השני אמור להתלכד עם קו המגמה בגרף שסרטטתם בסעיף א. נמקו את קביעתכם. (5 נקודות)

4. נתונים חלקיקים הטעונים במטען חשמלי. הניחו כי כוח הכובד הפועל על החלקיקים זניח.
- לכל אחד משני המצבים המתוארים בסעיפים א-ב, קבעו אם הוא אפשרי או אינו אפשרי, ונמקו כל אחד מקביעותיכם.
- א. החלקיקים נעים באזור שבו שורר שדה מגנטי בלי שיפעל עליהם כוח מגנטי. (6 נקודות)
- ב. החלקיקים נמצאים במנוחה באזור שבו שוררים גם שדה חשמלי וגם שדה מגנטי (כל אחד מן השדות קבוע), והכוח השקול הפועל עליהם שווה לאפס. (6 נקודות)
- שני חלקיקים (1) ו-(2) נכנסים במאונך לשדה מגנטי אחיד. השדה המגנטי מאונך למישור הדף וכיוונו "החוצה מן הדף". בתרשים א מוצגים חלקים מן המסלולים של החלקיקים בשדה המגנטי.



תרשים א

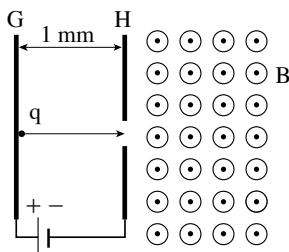
- ג. קבעו איזה סוג מטען יש לכל אחד מן החלקיקים (1) ו-(2) – חיובי או שלילי. נמקו את קביעותיכם. (6 נקודות)
- ד. לשני החלקיקים יש מסה שווה, והמהירויות הזוויתיות שלהם בתוך השדה שוות. הראו שהמטענים של שני החלקיקים שווים בגודלם. (8 נקודות)

חלקיק, הטעון במטען חיובי $q = 3.2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, משוחרר ממנוחה קרוב מאוד ללוח מוליך גדול G, המחובר להדק החיובי של מקור מתח.

החלקיק עובר דרך נקב בלוח מוליך גדול H, המחובר להדק השלילי של מקור המתח ונכנס לאזור שבו שורר שדה מגנטי אחיד, B.

השדה המגנטי מאונך למישור הדף, וכיוונו "החוצה מן הדף" (ראו תרשים ב).

המרחק בין הלוחות G ו-H הוא $d = 1 \text{ mm}$, והפרש הפוטנציאלים בין הלוחות הוא $V = 1500 \text{ V}$.



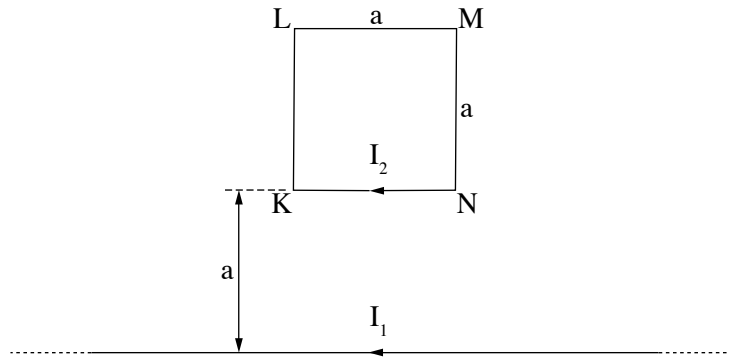
תרשים ב

ה. סרטטו גרף של האנרגייה הקינטית של החלקיק במהלך תנועתו כפונקצייה של מרחקו האופקי מן הלוח G,

עבור המרחקים שבין 0 ל-2 mm. (הניחו שבמהלך תנועתו החלקיק מגיע למרחק אופקי מן הלוח G שגדול מ-2 mm).

מצאו את ערכי האנרגייה הקינטית של החלקיק במרחקים 1 mm ו-2 mm מן הלוח G, ורשמו אותם על הציר האנכי של הגרף שסרטטתם. ($7\frac{1}{3}$ נקודות)

5. על שולחן אופקי מונחים כריכה ריבועית KLMN שאורך צלעה $a = 0.2\text{m}$, ותיל שאורכו גדול מאוד ביחס לצלע a . התיל הארוך מקביל לצלע KN, ונמצא במרחק $y = a$ ממנה (ראו תרשים).

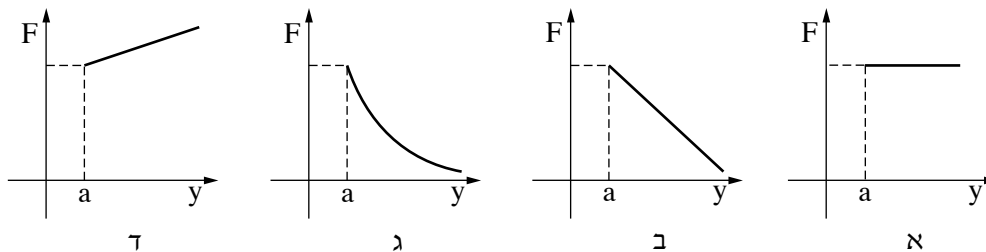


בתיל הארוך עובר זרם שעוצמתו $I_1 = 6\text{A}$, ודרך הכריכה הריבועית עובר זרם שעוצמתו $I_2 = 4\text{A}$. כיווני הזרמים מוצגים בתרשים.

- מצאו את הכוח (גודל וכיוון) שהתיל הארוך מפעיל על הצלע KN של הכריכה. (7 נקודות)
- מצאו את הכוח (גודל וכיוון) שהתיל הארוך מפעיל על הכריכה הריבועית כולה. (7 נקודות)
- מצאו את הכוח (גודל וכיוון) שהכריכה מפעילה על התיל. הסבירו את תשובתכם. (6 נקודות)
- בלי לחשב, קבעו אם גודל הכוח שמפעיל התיל הארוך על הצלע האנכית KL גדול מגודל הכוח שמפעיל התיל הארוך על הצלע KN, קטן ממנו או שווה לו. הסבירו את תשובתכם. (6 נקודות)

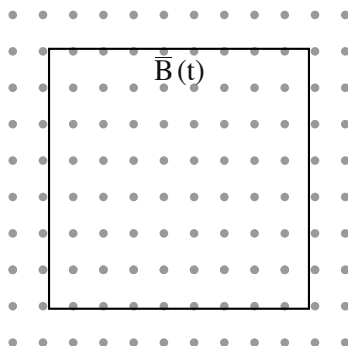
מגדילים בהדרגה את המרחק y של הכריכה מן התיל הארוך (כך שהצלע KN נשארת מקבילה לתיל).

- איזה מן הגרפים א-ד שלהלן מתאר נכון את גודל הכוח שהתיל הארוך מפעיל על הכריכה כפונקצייה של המרחק y ? (התעלמו מזרמים במערכת הנוצרים מהשראה אלקטרו־מגנטית). הסבירו את תשובתכם. $(7\frac{1}{3}$ נקודות)



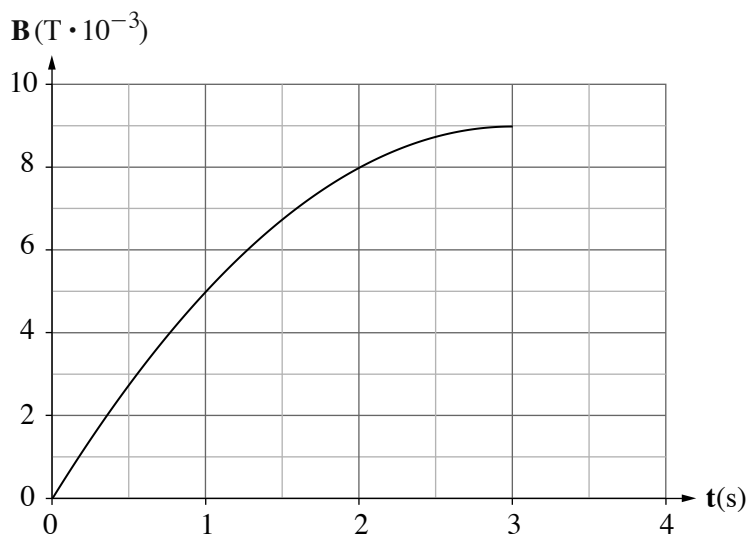
השראה

6. בתרשים א שלפניכם 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 mm^2 . מציבים את המסגרת באזור שבו פועל שדה מגנטי אחיד. בפרק הזמן $0 < t \leq 3 \text{ s}$ עוצמת השדה משתנה כפונקצייה של הזמן, וכיוונו "החוצה מן הדף" בניצב למישור המסגרת.



תרשים א

- בתרשים ב מוצג גרף המתאר את עוצמת השדה המגנטי, B , כפונקצייה 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 ב

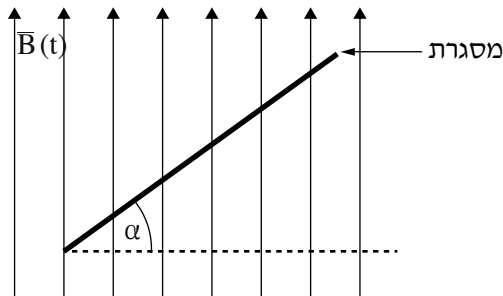
- א. חשבו את התנגדות התיל. (6 נקודות)
- ב. (1) הסבירו מדוע עבר זרם במסגרת מרגע $t = 0$ עד רגע $t = 3.0 \text{ s}$.
 (2) תלמיד מדד את עוצמת הזרם במסגרת ברגע $t = 0.5 \text{ s}$ וברגע $t = 2.5 \text{ s}$. באיזו משתי המדידות הייתה עוצמת הזרם גדולה יותר? נמקו את תשובתכם.

(10 נקודות)

ג. קבעו את כיוון הזרם במסגרת (עם כיוון השעון או נגדו) במשך שלוש השניות הראשונות. נמקו את תשובתכם. (6 נקודות)

ד. חשבו את עוצמת הזרם בתיל ברגע $t = 2.0s$. (7 נקודות)

הטו את המסגרת בזווית α ביחס לשדה המגנטי (ראו מבט מן הצד בתרשים ג). הפעילו את השדה המגנטי פעם נוספת מן הרגע $t = 0$ לפי הגרף המתואר בתרשים ב וחזרו על המדידות.



תרשים ג

ה. קבעו אם ברגע $t = 2.0s$ (כאשר המסגרת נטויה) עוצמת הזרם גדולה מעוצמת הזרם שחישבתם בסעיף ד, קטנה ממנה או שווה לה. $(4\frac{1}{3}$ נקודות)

בהצלחה!