

## פיזיקה חשמל

לתלמידי 5 יחידות לימוד

### הוראות לנבחן

- א. משך הבחינה: שעה וארבעים וחמש דקות.
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה:  
בשאלון זה חמש שאלות, ומהן עליך לענות על שלוש שאלות בלבד.  
לכל שאלה –  $33\frac{1}{3}$  נקודות;  $33\frac{1}{3} \times 3 = 100$  נקודות
- ג. חומר עזר מותר בשימוש: (1) מחשבון.  
(2) נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה המצורף לשאלון.
- ד. הוראות מיוחדות:
- (1) ענה על מספר שאלות כפי שהתבקשת. תשובות לשאלות נוספות לא ייבדקו.  
(התשובות ייבדקו לפי סדר הופעתן במחברת הבחינה.)
  - (2) בפתרון שאלות שנדרש בהן חישוב, רשום את הנוסחאות שאתה משתמש בהן.  
כאשר אתה משתמש בסימן שאינו בדפי הנוסחאות, כתוב במילים את פירוש הסימן.  
לפני שאתה מבצע פעולות חישוב, הצב את הערכים המתאימים בנוסחאות.  
רשום את התוצאה שקיבלת ביחידות המתאימות. אי-רשום הנוסחה או אי-ביצוע ההצבה או אי-רשום היחידות עלולים להפחית נקודות מן הציון.
  - (3) כאשר אתה נדרש להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, רשום 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 השתמש בערך  $10 \text{ m/s}^2$  לתאוצת הנפילה החופשית.
  - (5) כתוב את תשובותיך בעט. כתיבה בעיפרון או מחיקה בטיפקס לא יאפשרו ערעור.  
מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים בלבד.

כתוב במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב ב**טיוטה** (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).  
רשום "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

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

**בהצלחה!**

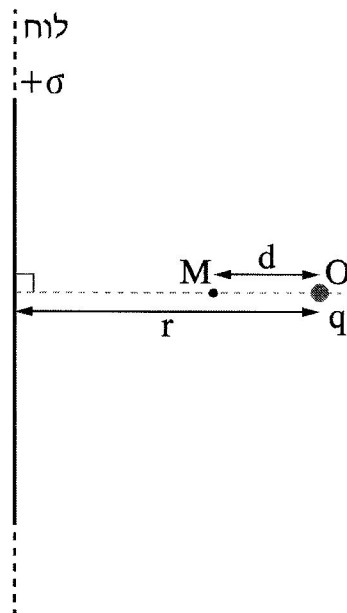
/המשך מעבר לדף/

## השאלות

ענה על שלוש מן השאלות 1-5.

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

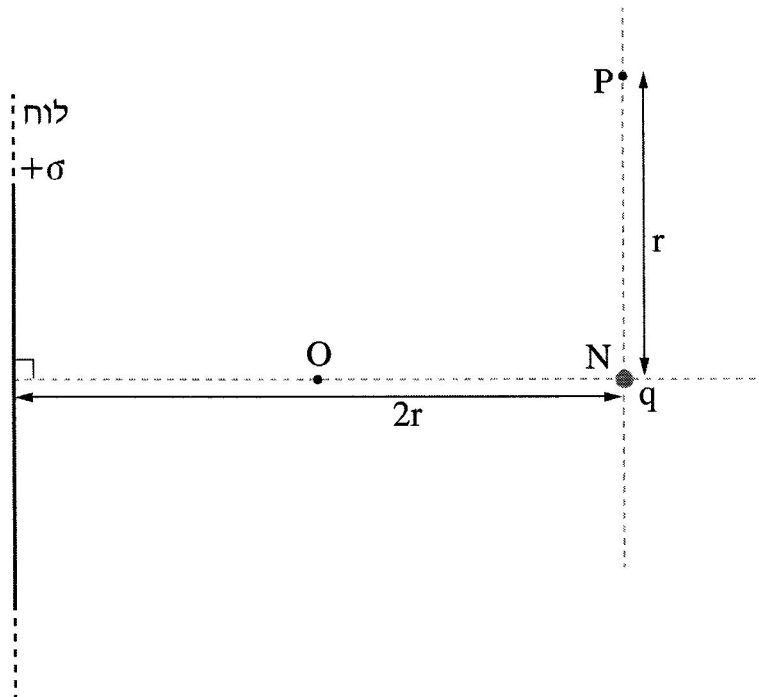
1. בתרשים 1 מוצג לוח אינרסופי דק הטעון בצפיפות מטען  $+\sigma$ . בנקודה O, הנמצאת במרחק r מימין ללוח, נמצא מטען נקודתי q. יש להזניח את כוח הכובד. נתון כי בנקודה M הנמצאת במרחק d משמאל לנקודה O, השדה החשמלי השקול מתאפס.



תרשים 1

- א. קבע מהו הסימן של המטען q. הסבר את קביעתך. (5 נקודות)
- ב. בטא את גודל המטען q באמצעות הפרמטרים  $\sigma$  ו-r. d. (8 נקודות)

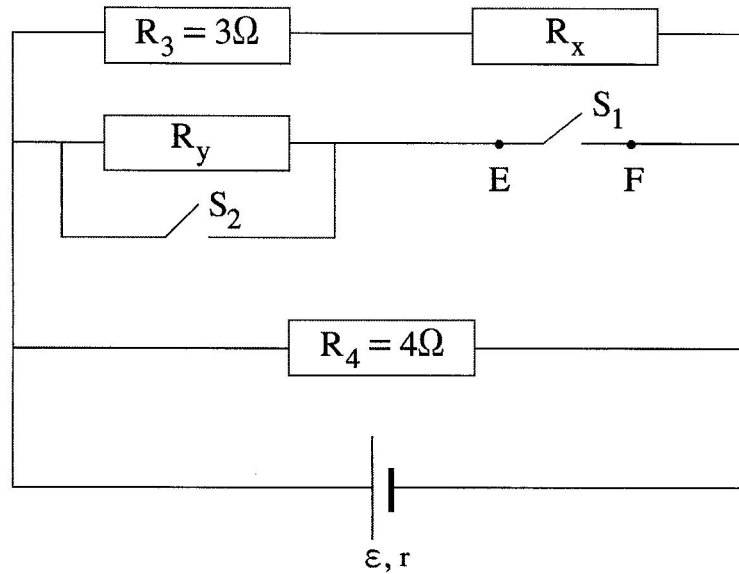
בשלב שני מרחיקים את המטען  $q$  מן הנקודה  $O$  אל הנקודה  $N$  הנמצאת במרחק  $2r$  מן הלוח האין-סופי (ראה תרשים 2).



### תרשים 2

- במקרה זה השדה מתאפס במרחק  $s$  משמאל לנקודה  $N$ .
- ג. קבע אם המרחק  $s$  גדול מן המרחק  $d$  (המסומן בתרשים 1), קטן ממנו או שווה לו. הסבר את קביעתך. (8 נקודות)
- ד. בטא את העבודה הדרושה כדי להעביר את המטען  $q$  מן הנקודה  $O$  לנקודה  $N$ . בתשובתך השתמש בפרמטרים  $\sigma$ ,  $\epsilon_0$ ,  $q$ ,  $r$ . (6 נקודות)
- בשלב שלישי מעבירים את המטען  $q$  מן הנקודה  $N$  אל הנקודה  $P$  הנמצאת במרחק  $r$  מן הנקודה  $N$ . הנקודות  $N$  ו- $P$  נמצאות על קו מקביל ללוח האין-סופי (ראה תרשים 2).
- ה. קבע את גודל העבודה הדרושה כדי להעביר את המטען מ- $N$  ל- $P$ . הסבר את קביעתך. ( $6\frac{1}{3}$  נקודות)

2. בתרשים 1 שלפניך מתואר מעגל חשמלי הכולל תילים שהתנגדותם זניחה, שני מפסקים  $S_1$  ו-  $S_2$ , מקור מתח שהכא"מ שלו הוא  $\varepsilon$  והתנגדותו הפנימית היא  $r = 1\Omega$ , וארבעה נגדים שהתנגדותיהם שלהם:  $R_1 = 1\Omega$ ,  $R_2 = 2\Omega$ ,  $R_3 = 3\Omega$ ,  $R_4 = 4\Omega$ . שים לב: בתרשים מסומנים רק מקומותיהם של הנגדים  $R_3$  ו-  $R_4$ . שני הנגדים האחרים מיוצגים על ידי  $R_x$  ו-  $R_y$ .



תרשים 1

בשלב הראשון המפסק  $S_1$  סגור והמפסק  $S_2$  פתוח (לא זורם זרם דרכו).

נתון שההתנגדות השקולה של ארבעת הנגדים היא  $R_T = 1\Omega$ .

א. קבע איזה מן הנגדים,  $R_x$  ו-  $R_y$ , הוא  $R_1$ , ואיזה מהם הוא  $R_2$ .

פרט את שיקולייך. (6 נקודות)

ב. נתון כי דרך הנגד  $R_3$  זורם זרם של 3A.

(1) חשב את עוצמת הזרם הזורם דרך מקור המתח.

(2) חשב את הכא"מ של מקור המתח.

( $8\frac{1}{3}$  נקודות)

בשלב השני פותחים את המפסק  $S_1$  (שני המפסקים פתוחים).

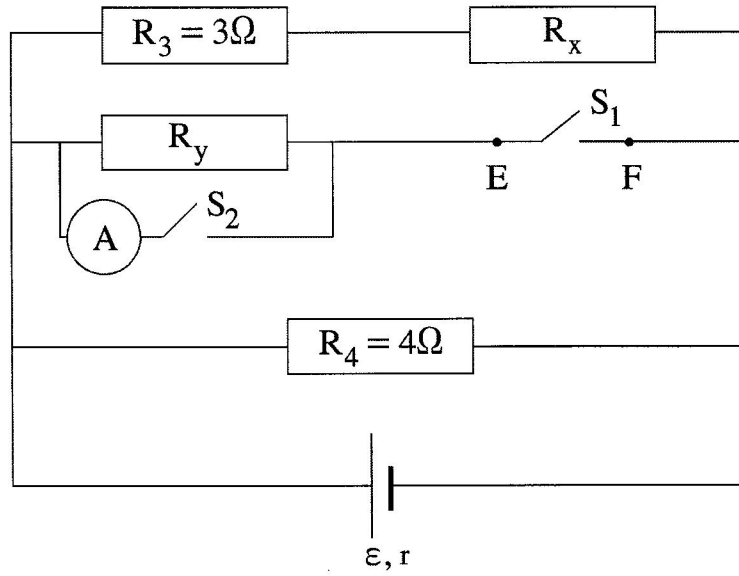
ג. קבע אם בעקבות פתיחת המפסק  $S_1$ , הזרם דרך מקור המתח גדל, קטן או

אינו משתנה. הסבר את קביעתך. (6 נקודות)

ד. חשב את המתח  $V_{EF}$  (המתח על המפסק  $S_1$ ). (6 נקודות)

/המשך בעמוד 5/

בשלב השלישי נכנסו למעבדה תלמידים שאינם לומדים במגמת פיזיקה. הם סגרו את שני המפסקים והוסיפו למעגל אמפרמטר אידאלי במקביל לנגד  $R_y$  (ראה תרשים 2).

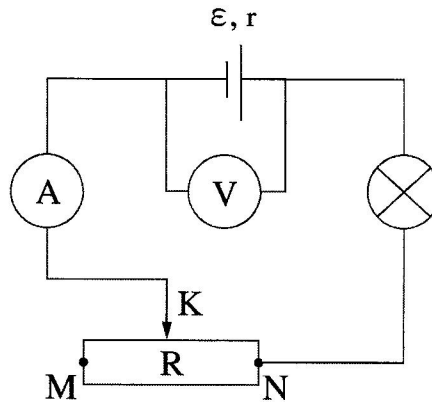


תרשים 2

- ה. (1) חשב את עוצמת הזרם שמראה האמפרמטר.  
(2) קבע מהי עוצמת הזרם דרך הנגד  $R_4$ . הסבר את קביעתך.  
(7 נקודות)

3

תלמיד בנה מעגל חשמלי הכולל מקור מתח לאַ אידאלי, נורה שהתנגדותה קבועה במהלך הניסוי, נגד משתנה R, מכשירי מדידה אידאליים (וולטמטר ואמפרמטר) ותילים שהתנגדותם זניחה. קצותיו של הנגד המשתנה מסומנים באותיות M ו-N, והגררה שלו מסומנת באות K (ראה תרשים).



התלמיד שינה כמה פעמים את מיקום הגררה K ובכל פעם רשם את הוריית הוולטמטר והאמפרמטר.

תוצאות המדידות מוצגות בטבלה שלפניך. אחת השורות בטבלה מתייחסת לנקודה N.

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

א. סרטט במחברתך גרף של המתח V כפונקציה של הזרם I. הקפד על כל הכללים הנדרשים בסרטוט גרף. (10 נקודות)

ב. על פי הגרף:

(1) קבע את הכא"מ של מקור המתח. פרט את שיקולך.

(2) חשב 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. להזכירך, התנגדות הנורה קבועה במהלך הניסוי.

ג. קבע באיזו מבין הנקודות 1-5 (ראה טבלה) הנורה דולקת בעוצמת האור הגבוהה ביותר.

הסבר את קביעתך. (6 נקודות)

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

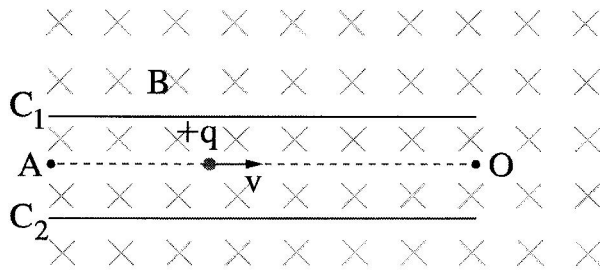
התלמיד החליף את הנורה שבמעגל הנתון בנורה אחרת, שהתנגדותה גדולה יותר. הוא חזר על

הניסוי, וסרטט גרף של V כפונקציה של I.

ה. קבע אם קו המגמה של תוצאות הניסוי השני אמור להתלכד עם קו המגמה בגרף שסרטטת

בסעיף א. נמק את קביעתך. (5 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.

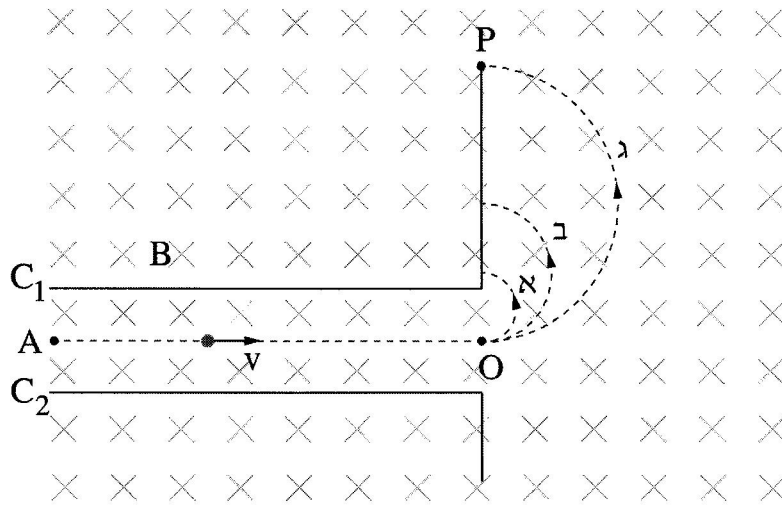


תרשים 1

- 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)



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
$Q_2 = 2q$	$M_2 = m$	2
$Q_3 = q$	$M_3 = 2m$	3

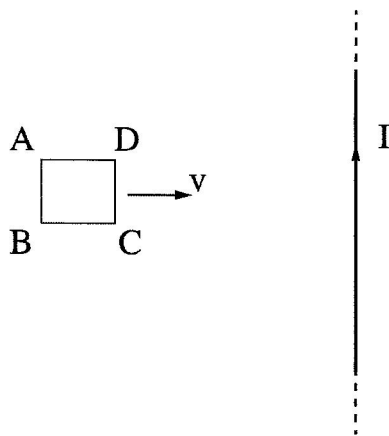
ה. קבע באיזה מן המסלולים א, ב או ג נע כל אחד משלושת היונים 1, 2, 3. פרט את שיקוליך. (9 נקודות)

נתון:  $q = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,  $m = 1.3 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$ ,  $B = 0.1 \text{ T}$ ,  $E = 6.15 \cdot 10^3 \frac{\text{V}}{\text{m}}$

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

5.

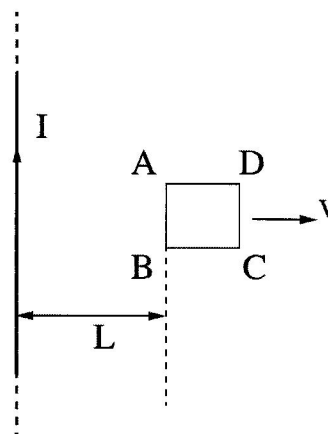
תלמידה ערכה סדרת ניסויים כדי לחקור את היווצרותו של זרם מושרה. היא העבירה זרם חשמלי קבוע  $I$  דרך תיל ישר וארוך מאוד (אינסופי) הנמצא במישור הדרך (ראה תרשים 1). בניסוי הראשון היא הניחה מסגרת ריבועית  $ABCD$  במישור הדרך משמאל לתיל, וקירבה אותה לתיל במהירות קבועה  $v$ , במישור הדרך, כשהצלע  $CD$  מקבילה לתיל. ההשפעה של כוח הכובד וההשפעה של השדה המגנטי של כדור הארץ זניחות.



תרשים 1

- א. מהו הכיוון של השדה המגנטי שיצר התיל באזור שבו המסגרת נעה? בחר באחת מן האפשרויות האלה: ימינה; שמאלה; מעלה; מטה; אל תוך הדרך; החוצה מן הדרך. (4 נקודות)
- ב. קבע אם הזרם בצלע  $AB$  זורם מ- $A$  ל- $B$  או מ- $B$  ל- $A$ . הסבר את קביעתך באמצעות חוק לנץ. (6 נקודות)

בניסוי השני הניחה התלמידה את המסגרת במישור הדרך מימין לתיל והרחיקה אותה ממנו במהירות קבועה  $v$  (ראה תרשים 2).



תרשים 2

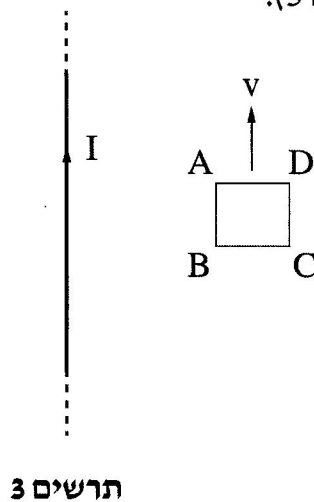
ג. קבע אם הזרם בצלע AB זורם כעת מ-A ל-B או מ-B ל-A. (6 נקודות)  
 ברגע מסוים, כאשר הצלע AB של המסגרת הייתה במרחק L מן התיל (ראה תרשים 2), זרם דרכה זרם  $I_1$  בכיוון שקבעת בסעיף ג. אורך הצלע של המסגרת הוא a.

ד. (1) העתק למחברתך את תרשים המסגרת ABCD. הוסף לתרשים חצים המייצגים באופן איכותי את הכיוון ואת הגודל של הכוחות המגנטיים הפועלים על כל אחת מצלעותיה. הקפד שאורכי החצים ייצגו בצורה יחסית את גודלו של כל אחד מן הכוחות.

(2) בטא באמצעות הפרמטרים  $I, I_1, a, r, L$ , את הגודל של הכוח המגנטי השקול הפועל על המסגרת, וקבע את כיוונו.

(12 נקודות)

בניסוי השלישי המסגרת ABCD נעה במישור הדרך במהירות קבועה v. כיוון המהירות מקביל לתיל (ראה תרשים 3).



תרשים 3

ה. קבע אם זרם זרם בצלע AB.  
 אם כן – קבע את כיוונו (מ-A ל-B או מ-B ל-A).  
 אם לא – הסבר מדוע.  
 ( $5\frac{1}{3}$  נקודות)

### בהצלחה!