

מכניקה למדעי הטבע

פרק 37 - פתרון בגרויות בחשמל ומגנטיות

תוכן העניינים

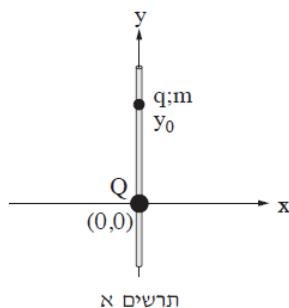
- 1 פתרון בגרויות בחשמל ומגנטיות

פתרונות בגרויות בחשמל ומגנטיות:

שאלות:

קיז' 2012:

- 1) בתרשים א' מוצגת מערכת צירים x ו- y . בראשית הצירים מוחזק במנוחה גוף קטן בעל מטען חשמלי חיובי Q . מוט דק וחלק, עשויי מחומר מבודד, מוחזק בכיוון אנכי לאורך ציר ה- y .

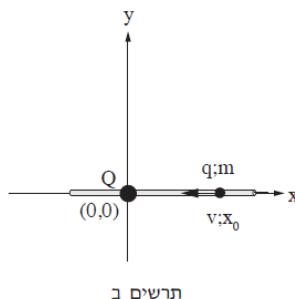


משחילים חרוז קטן, בעל מטען חשמלי חיובי q ומסה m על המוט האנכי מעל המטען Q , ומביאים אותו לנקודה ששיעורה y_0 . לאחר שמרפים מהחרוז, הוא נשאר במנוחה.

- א. סרטט את תרשימים הכוחות הפועלים על החרוז, ורשותם ליד כל וקטור את שם הכוח.

- ב. בטא באמצעות Q , q ו- m את המרחק y_0 בין שני המטענים.

מחזיקים את המוט בכיוון אופקי לאורך ציר ה- x , כשהמטען Q נשאר בראשית הצירים. משחילים את החרוז על המוט מימין למטען Q , מעניקים לה חרוז מהירות ההתחלתית שמאלה לכיוון המטען Q , ומשחררים אותו (ראה תרשימים ב').



כאשר החרוז מגיע לנקודה ששיעורה x_0 , גודל מהירותו הוא v וכיוון מהירותה שמאלה.

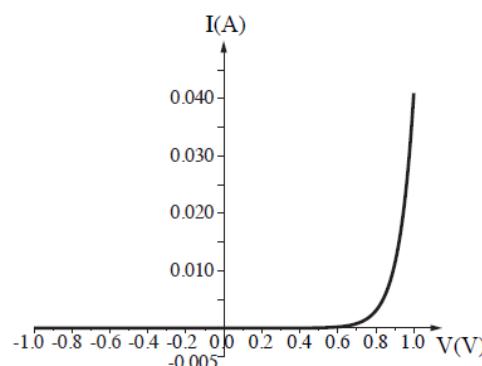
- ג. בטא באמצעות נתוני השאלה את האנרגיה הכוללת של החרוֹז כאשר הוא עובר בנקודה ששיעורה x_0 . (הנח שהאנרגיה הפוטנציאלית החשמלית ב"אין-סוף" היא אפס, ושהאנרגיה הפוטנציאלית הכבידתית לאורך ציר $x - x_0$ גם היא אפס).
- ד. בטא באמצעות נתוני השאלה את המרחק המינימלי, x_{\min} , מהמטען Q שאליו יגיע החרוֹז.
- ה. כיצד משתנה כל אחד מן הגדים: גודל המהירות וגודל התאוצה בתנועת החרוֹז מ- x_0 ל- x_{\min} (גדל, קטן, נשאר קבוע)? נמק.

(2) תלמיד רצה למדוד את ההתנגדות של תיל מוליך (תיל Ai). 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 המתח כפונקציה של הזרם, וקבע אם בתחום הנתונים בטבלה התיל מקיים את חוק אוהם. אם כן – חשב את ההתנגדות התיל. אם לא – הסבר מדוע.
- ב. בהנחה שאורך התיל הוא 1m והחתחן שלו הוא עיגול בקוטר 0.5mm, חשב את ההתנגדות הסגולית ρ של החומר שממנו התיל עשוי. בטא את ההתנגדות הסגולית ביחידות $\text{m} \times \Omega$ (אוهم מטר).

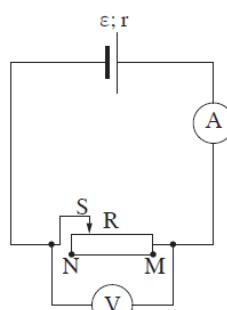
- טלמיד תיל נוסף (תיל Bi) העשוֹי מאותו חומר שממנו עשוֹי תיל Ai, וזהה באורךו לתיל Ai, אבל שטח החתחן שלו גדול יותר.
- ג. קבע אם ההתנגדות של תיל Bi קטנה מהתנגדות של תיל Ai, גדולה ממנו או שווה לה. הסבר את תשובה.
- הוסף במערכת היצירום של הגרף שסרטתו בסעיף א' גраф איקוטי המתאים לתיל Bi.
- ד. בתרשים שלפניך מוצג גראָף מוקרב של הזרם כפונקציה של המתח (אופיין) של רכיב חשמלי הנקרא דיזודה. המתחים משתנים בתחום שבין 7V – 17V.



לפניך ארבעה היגדים – ו. העתק למחברתך את ההיגדים המתאימים לגרף המותואר, ונמק את קבועותיך.

- i. הזרם משתנה ביחס ישיר למתח.
- ii. הזרם קבוע בלי תלות במתח בין הדקי הדiode.
- iii. כדי שיזרום זרם בדiode, חשוב לאיזה משני הדקי הדiode מחובר הפוטנציאל הגבוה של מקור המתח.
- iv. כאשר זרם זורם דרך הדiode, ההתנגדות קטנה ככל שעולה המתח בין הדקי הדiode.

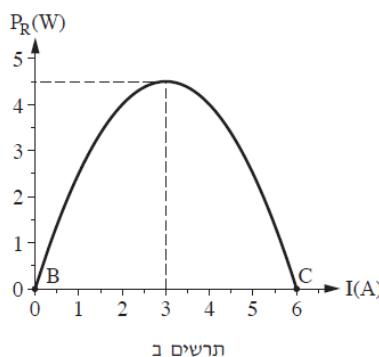
(3) לתלמיד יש סוללה שהכאה"ם שלה ϵ וההתנגדות הפנימית שלה r . התלמיד חיבר את הסוללה נגד משתנה R . אפשר לשנות את ההתנגדות של הנגד R מ-0 (בנקודה M) עד "אין-סוף" (ערך גדול מאוד) בנקודה N. הנה כי מכשירי המדידה אידיאליים.



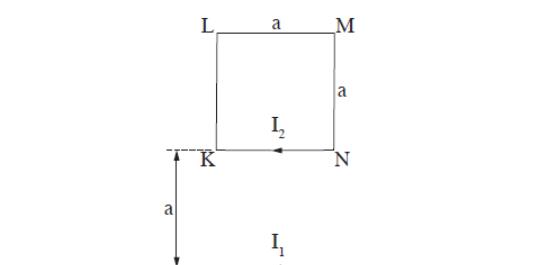
תרשים A

- A. הסבר מדוע האנרגיה שהסוללה מספקת למעגל אינה עוברת במלואה נגד המשטנה.

התלמיד מדד את הזרם, I , במעגל עbor התנגדויות שונות של הנגד המשטנה, וчисב את ההספק, P , המפתח בנגד המשטנה לפי הנוסחה: $P_R = (\epsilon - I \cdot r) \cdot I$.
בתרשים ב' מוצג המפתח בנגד המשטנה כפונקציה של הזרם במעגל.



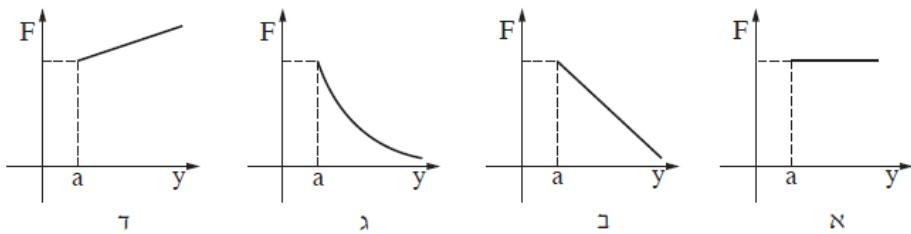
- ב. איזה גודל פיזיקלי מייצג הביטוי: $I^2 - 6$ שבנוסחת ההספק?
- ג. באיזו נקודה (M או N) הוצב המגע הנידי S כאשר התקבלה הנקודה C בתרשימים ב' שלפניך, ובאיזה נקודה הוצב הנידי S כאשר התקבלה הנקודה B בתרשימים ב'? הסבר את תשובתך.
- ד. חשב את הכאים ϵ של הסוללה, ואת ההתנגדות הפנימית שלה r .
- ה. מצא את ההתנגדות החיצונית R כאשר ההספק הוא מרבי.
- (4) על שולחן אופקי מונחים כרייה ריבועית $KLMN$ שאורך צלעה: $a = 0.1\text{m}$, ותיל שאורכו גדול מאוד ביחס לצלע a . התיל הארוך מקביל לצלע KN , ונמצא במרחק $y = a$ ממנו (ראה תרשימים).



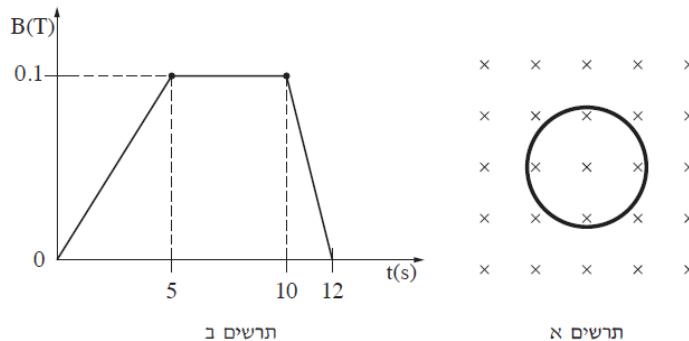
- בתיל הארוך עבר זרם שעוצמתו: $A_1 = 8\text{A}$, וזרק הكريיה הריבועית עבר זרם שעוצמתו: $A_2 = 5\text{A}$. כיווני הזורמים מוצגים בתרשימים.
- א. מצא את הכוח (גודל וכיון) שהתיל הארוך מפעיל על הצלע KN של הكريיה.
- ב. מצא את הכוח (גודל וכיון) שהתיל הארוך מפעיל על הكريיה הריבועית כולה.
- ג. מצא את הכוח (גודל וכיון) שהكريיה מפעילה על התיל. הסבר את תשובתך.
- ד. קבע בלי לחשב, אם גודל הכוח שפעיל התיל הארוך על הצלע האנכית KL גדול מגודל הכוח שפעיל התיל הארוך על הצלע KN , קטן ממנו או שווה לו. הסבר את תשובתך.

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

ה. איזה מבין הגրפים א'-ד' שלහן מתאר נכון גודל הכוח שהתיל הארוך מפעיל על הרכיכה כפונקציה של המרחק y (ההעלם מוזרמים במערכת הנוצרים מהשראה אלקטרו-מגנטית)? הסבר את תשובתך.



5) בתרשימים א' מוצגת טבעת מוליכה שרדיווסה $r = 3\text{cm}$. שדה מגנטי אחיד ניצב למשורט הטבעת. גודל שדה זה משתנה כפונקציה של הזמן כמו צווג בתרשימים ב'.



- א. חשב את גודל הכא"ם המושרעה בטבעת מהשנניה $t = 0$ עד $t = 5\text{sec}$.
- ב. סרטט גרף המתאר את הכא"ם המושרעה בטבעת כפונקציה של הזמן מהשנניה $t = 0$ עד $t = 12\text{sec}$.
- ג. קבע מה הם פרקי הזמן שבהם זורם זרם מושרעה בטבעת, ומהו כיוון הזרם בכל פרק זמן (עם כיוון השעון או נגד כיוון השעון).
- הסביר את תשובתך.
- ד. הה Tangenzial החשמלית של הטבעת היא: $\Omega = 5\text{R}$. חשב את ההספק המתפתח בטבעת בשנניה $t = 7\text{sec}$ ו בשנניה $t = 11\text{sec}$.

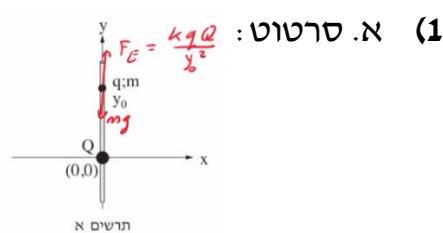
לאחר שהופסק השדה המגנטי, חוטכים קטע קטן מהטבעת, ומפעילים מחדש את השדה המגנטי המשנה כמתואר בתרשימים ב'.

ה. האם הגרף שסרטטת בסעיף ב' ישתנה? האם תשנה תשובתך לשעיף ד'?

הסביר.

תשובות סופיות:

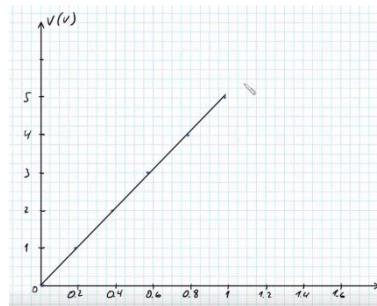
$$E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{kqQ}{x_0} \quad \text{ג.} \quad y_0 = \sqrt{\frac{kqQ}{mg}} \quad \text{ב.}$$



ה. גודל המהירות: קטן, גודל התאוצה: גדול.

$$x_{\min} = \frac{kqQ}{\frac{1}{2}mv^2 + \frac{kqQ}{x_0}} \quad \text{ד.}$$

$$\text{כו. } R = 5.26\Omega$$



$$\text{ב. } R_B < R_A \quad \text{ג. } \rho = 4.13 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$$

(3) א. אם במעגל זורם זרם אז יש הספק בהנגדות הפנימית $P_r = I^2 r$ הספק זה הוא

אנרגייה שהולכת לאיבוד לחום בנגד הפנימי.

ב. מתח הדקים (V).

ג. נקודה N מתאימה לנקודה B, נקודה M מתאימה לנקודה C.

$$\text{ד. } R = 0.5\Omega, \epsilon = 3V \quad \text{ה. } r = 0.5\Omega$$

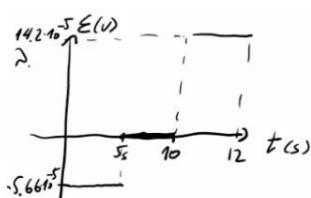
$$\text{ו. } F = \frac{1.7}{2} \cdot 10^{-6} N, \text{ למטה.} \quad \text{ז. } F = 1.7 \cdot 10^{-6} N, \text{ למעלה.} \quad \text{ט. } F = 0.85 \cdot 10^{-6} N$$

ח. ג'.

ד. קטן. $\text{ט. } F = 0.85 \cdot 10^{-6} N, \text{ למעלה.}$

ב. סרטוט:

$$\text{א. } \epsilon = -5.66 \cdot 10^{-5} V$$



ג. בפרק הזמן $5 < t < 0$ הזרם הוא נגד כיוון השעון.

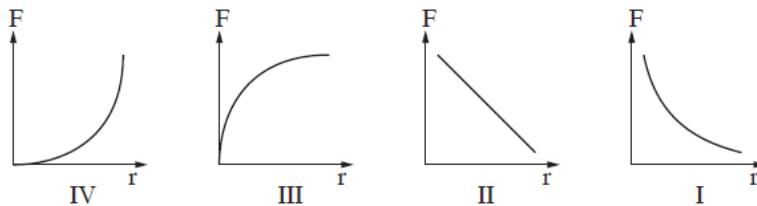
בפרק הזמן $12 < t < 10$ עם כיוון השעון.

$$\text{ד. } P(t=7) = 0, P(t=11) = 4.03 \cdot 10^{-9} W$$

ה. לסעיף ב' לא תשנה, לסעיף ד' תשנה.

קץ: 2013

- 1) נתונים שני כדורים מוליכים קטנים, A ו-B. הרדיוס של כדור A כפול מהרדיוס של כדור B. המרחק בין ה כדורים גדול מאוד ביחס לרדיויסים שלהם. המטען של כדור A הוא: $C = 6 \cdot 10^{-8}$ q. חיברו את ה כדורים זה לזה בעזרת תיל מוליך דק. לאחר החיבור בין ה כדורים השתנה המטען של כדור A, ובכעת הוא: $C = 4 \cdot 10^{-8}$ q. הנה שכל החלקיקים שעוברים בתיל הם אלקטرونים בלבד.
- חישב את מספר האלקטרונים שעוברו בין ה כדורים.
 - האם האלקטרונים עברו מכדור A לכדור B, או מכדור B לכדור A? נמק.
 - מהו מטען של כדור B לאחר החיבור בין ה כדורים? הסבר.
 - האם לפני החיבור בין ה כדורים היה כדור B טוען? אם לא – נמק.
 - אם כן – חישב את מטען.
- ה. מנטקים את ה כדורים זה מזו ומניחים אותם על משטח אופקי וחלק, העשווי חומר מבודד. משגרים את כדור A אל עבר כדור B הקבוע במקום. לפניך ארבעה גרפים:

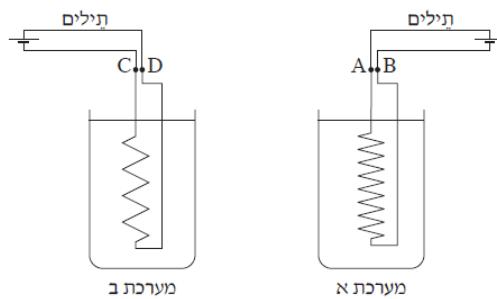


קבעו איזה מבין הגרפים I-IV מתאר נכון גודל הכוח החשמלי, F, הפועל על כדור A כפונקציה של המרחק r בין ה כדורים. נמק את קביעתך.

- 2) כדי לחמם כוס מים מטמפרטורת החדר עד לרותיחה, נדרשת אנרגיה בשיעור 63,000 J.
- א. חשב מה צריך להיות ההספק (המומוץ) של גוף חיים כדי שהמים ירתחו בתוך 2 דקות (הנחת של האנרגיה של גוף החיים עוברת למים).

בסרטוט שלפניך מוצגות שתי מערכות, מערכת א' ומערכת ב', כל מערכת מורכבת מocos מים שבבול בה גופ חיים. הכוונות וכמות המים בשתי המערכות זהות ואילו גופי החיים שונים.

כל אחד מגופי החיים מפתח אותו הספק – ההספק שהיחסבת בסעיף א'. במערכת א' המתח בין המדדים של גופ חיים הוא: $V_{AB} = 240V$. במערכת ב' המתח בין המדדים של גופ חיים הוא: $V_{CD} = 24V$.



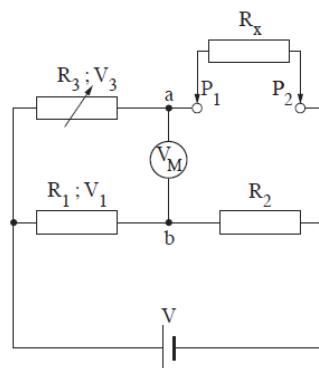
ב. חשב את עוצמת הזרם העובר דרך כל אחד מגופי החימום.

- נתון כי בשתי המערכות ההתנגדות הכוללת של התילים המחברים את גופי החימום למקור המתח היא: 0.1Ω .
- חסב מהו היחס הפוך המנפתח על תילים אלה בכל אחת מהמערכות.
 - חסב את הנצילות (יעילות) של כל אחת מהמערכות (הזנה את ההתנגדות הפנימית של מקור המתח).
 - בארכות הברית המתח ברשת החשמל הוא $120V$, ואילו בישראל המתח הוא $240V$. הסתמך על משמעות התוצאות שיחסבת בסעיף ד' בלבד, וקבע באיזו רשת חשמל הנצילות גדולה יותר, בישראל או בארץ הברית. נמק את קביעתך.

3) בתרשימים שלפניך מוצג מעגל חשמלי שביצרתו אפשר לבדוק התנגדות לא ידועה

של נגד R_x . המודול מורכב מן המרכיבים האלה:

- שני נגדים בעלי התנגדות קבועה, R_1 ו- R_2 .
- נגד משתנה, R_3 .
- מקור מתח V שהתנגדותו הפנימית זניחה.
- מד מתח אידיאלי, V_M .



לצורך מדידת התנגדות של R_x מ לחברים אותו בין הנקודות P_1 ו- P_2 , ומשנים את התנגדות של הנגד המשתנה R_3 עד שמדד המתח מורה אפס.

א. הוכח שכאשר מד המתח מורה אפס, הביטוי :
 $V_3 = V \left(\frac{R_3}{R_3 + R_x} \right)$ מתייחס

את המתח V_3 על הנגד R_x .

ב. הוכח שכאשר מד המתח מורה אפס, אפשר לחשב את R_x בעזרת

$$\text{הביטוי : } R_x = \frac{R_2}{R_1} R_3$$

נתון :

$$R_1 = 30\text{k}\Omega$$

$$R_2 = 10\text{k}\Omega$$

$$R_x = 2\text{k}\Omega$$

ג. חשב את ההתנגדות של R_3 .

החליפו את הנגד R_x ברכיב אחר, שהתנגדותו לא ידועה.
 ההתנגדות של הרכיב משתנה כתלות בטמפרטורה, לפי הנתונים בטבלה ש לפניך :

התנגדות הרכיב כתלות בטמפרטורה	
התנגדות (Ω)	טמפרטורה ($^{\circ}\text{C}$)
32,660	0
25,400	5
19,900	10
15,710	15
12,500	20
10,000	25
8,000	30
6,500	35
5,300	40

ד. היעזר נתונים שבטבלה והערץ את הטמפרטורה של הרכיב כאשר מד המתח מורה אפס, בכל אחד משני המצביעים i-ii.

$$R_3 = 30\text{k}\Omega \quad .i$$

$$R_3 = 54\text{k}\Omega \quad .ii$$

- 4) תלמיד התבקש למדוד את B_E , הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ. לצורך המדידה הוא מתח תיל ישיר ואורך על פניו שולחן אופקי בכיוון צפון-דרום (של השדה המגנטי הארץ). אל התיל הוא חיבור בטור מקור מתח, נגד משתנה ואמפרמטר. התלמיד הציב מצפן גובה h מעל התיל, כך שימושו המציג מקביל לפניו השולחן. התלמיד שינה את הגובה h כמה פעמים. בכל פעם הוא כיון את הזרם בעזרת הנגד המשתנה, ובדק באיזו עוצמת זרם מחת המצפן סוטה בזווית של 45° מהכיוונן המקורי היא הצבעה כאשר לא עבר זרם בתיל. תוצאות המדידות מוצגות בטבלה ש לפניכם :

3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	$h(\text{cm})$
4.5	3.6	2.9	2.0	1.5	$I(\text{A})$

א. על פי הנתונים המוצגים בטבלה, סרטט גרף של הזרם, I , כפונקציה של גובה המצפן, h .

ב. הראה כי שיפוע הגרף הוא : $\frac{2\pi B_E}{\mu_0}$

ג. חשב את B_E בעזרת שיפוע הגרף.

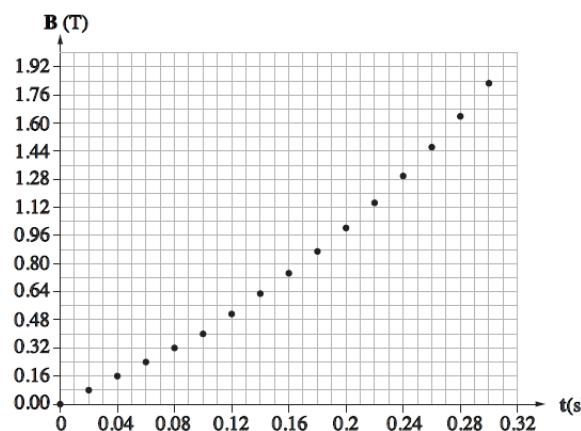
ד. התלמיד כתב בטבלה שהזרם המתאים לגובה 1.5 ס"מ הוא 2.0A, ולא 2A. הסבר מדוע.

ה. במצב שבו לא זרם זרם בתיל, קבע בלי לנמק אם הקוטב הצפוני של מחת המצפן :

i. פונה אל הקוטב המגנטי הארץ הצפוני או הדרומי.

ii. פונה בקרוב אל הקוטב הגאוגרפי הצפוני או הדרומי.

- 5) תלמידה בנתה מתיל מוליך כריכה מעגלית שהרדיוס שלו $r = 2\text{cm}$. היא הציבה את הכריכה באזור שורר בו שדה מגנטי אחיד \vec{B} , שכיוונו מאונך למישור הכריכה. גודלו של \vec{B} משתנה כפונקציה של הזמן, t , כמתואר בגרף ש לפניכם :



א. קבע אם הכא"ם המושרה בכריכה הוא קבוע או משתנה, בכל אחד מפרקיו
הזמן שלפני :

$$0 \leq t \leq 0.10\text{sec}$$

i.

$$0.14\text{sec} \leq t \leq 0.30\text{sec}$$

ii. נמק את קביעותיך.

ב. חשב את הכא"ם המושרה בכריכה ברגע : $t = 0.06\text{sec}$ וברגע : $t = 0.20\text{sec}$

ג. קבע מהו הכיוון של השדה המגנטי שהזרם המושרה יוצר במרכז הכריכה:
אם הוא בכיוון זהה לכיוון של \vec{B} , בכיוון מנוגד לכיוון של \vec{B} או בכיוון
ニיצב לכיוון של \vec{B} ? נמק.

ד. חשב את הגודל של הכא"ם המושרה שmotekbl בכריכה ברגע : $t = 0.06\text{sec}$,
כאשר כיוון השדה המגנטי \vec{B} מקביל למישור הכריכה. הסבר.

תשובות סופיות:

1) א. $n_e \approx 10^{11}$ ג. $q_B = 2 \cdot 10^{-8} C$. ב. מכדור B לכדור A.

ד. לא, $q_B = 0$.

2) א. $\bar{P} = 525W$ ג. $I_{AB} = 2.1875A, I_{CD} = 21.875A$.

ה. בישראל.
ב. הוכחה.

3) א. $P_A = 0.4785W, P_B = 47.85W$.
ג. $R_3 = 6k\Omega$.

ד. $T = 25^\circ$. ג. $T = 12^\circ$. ii. ב. הוכחה.
ה. הוכחה.

4) א. סרטוט:

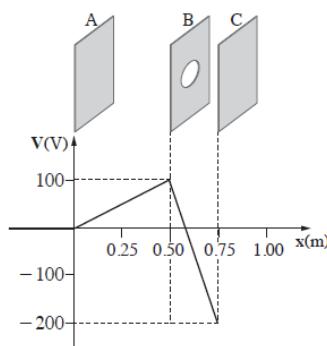
B. $T = 25^\circ$.

5) א. $B_E = 3.04 \cdot 10^{-5} T$.
ב. דרום. ג. $\epsilon(t=0.06) = -5.03 \cdot 10^{-3} V$, $\epsilon(t=0.20) = -8.80 \cdot 10^{-3} V$.
ד. קבוע. ח. צפוני. ז. מסתנה.

6) א. קבוע. ב. כיוון מנוגד. ג. כיוון מנוגד.

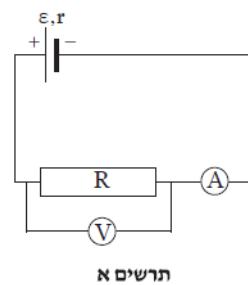
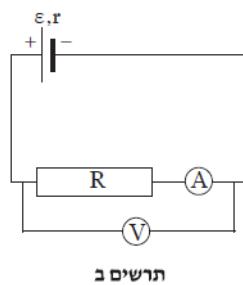
קץ 2014:

- 1) מערכות חשמליות רבות, לדוגמה מערכת להאצת חלקיקים, כוללות לוחות טעוניים בדומה למערכת המוצגת לפניו. המערכת כוללת שלושה לוחות ארכיים מאד וטעוניים: A, B, C, המוצבים במקביל זה לזה למרחקים שונים, כמו תואר באIOR. במרכזו של לוח B יש חור קטן. הגרף ש לפניו מתאר את הפוטנציאל החשמלי בין הלוחות.



- א. קבע את הכיוון של השדה החשמלי בין לוח A לוח B, ואת הכיוון של השדה החשמלי בין לוח B לוח C. נמק את קביעותיך.
- ב. חשב את עוצמת השדה החשמלי בין לוח A לוח B (E_{AB}), ואת עוצמת השדה החשמלי בין לוח B לוח C (E_{BC}).
- חלקיק טעון בטען שלילי משוחרר ממנוחה ממרכזו של לוח A. הסבר מדוע תנועת החלקיק בין לוח A לוח B היא תנועה שווה תאוצה (הזניח את כוח הכבידה הפועל על החלקיק).
- ד. חשב את המהירות המרבית (המקסימלית) של החלקיק בתנועתו בין לוח A לוח B.
- נתון: מסת החלקיק: $q = 8 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$ וטען החלקיק: $C = 6.4 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.
- ה. החלקיק עובר לאזור שבין לוח B לוח C דרך החור הקטן שבלוח B. האם החלקיק יגיע ללוח C?

- 2) תלמידה הרכיבה שני מעגלים חשמליים הכוללים מרכיבים זמינים. סוללה בעלת כא"מ ϵ והתנגדות פנימית r , נגד משתנה R , מד מתח V ומד זרם A . (ראה תרשימים א' ותרשימים ב').



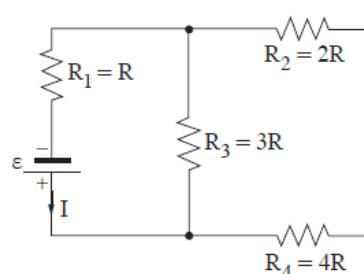
א. התלמידה הרכיבה במעגלים מד זרם שאינו אידיאלי.
 קבע אם המתח הנמדד בשני המעגלים שווה או שונה.
 אם המתח הנמדד שווה – הסבר מדוע. אם המתח הנמדד שונה – קבע באיזה מעגל הוא גדול יותר, והסביר מדוע.

התלמידה החליפה את מד הזרם במעגל המתואר בתרשימים א', במד זרם אידיאלי. היא ערכה ניסוי שבו שינתה כמה פעמים את ההתנגדות של הנגד המשנה תוצאות הניסוי מוצגות בטבלה שלפניך:

0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	I(A)
0	0.20	0.36	0.60	0.79	V(V)

- ב. סרטט גרף של המתח כפונקציה של עוצמת הזרם, לפי המדידות של התלמידה.
- ג. התבסס על הגרף, וחשב את הכא"מ (ϵ) ואת ההתנגדות הפנימית (r) של הסוללה.
- ד. האם יש דרך למדוד ישרות (ללא חישוב) כא"מ של סוללה?
 אם כן – הסבר כיצד. אם לא – הסבר מדוע.
- ה. האם יש דרך למדוד ישרות (ללא חישוב) ההתנגדות הפנימית של סוללה?
 אם כן – הסבר כיצד. אם לא – הסבר מדוע.

(3) באירור שלפניך מוצג מעגל חשמלי שמחוברים בו ארבעה נגדים וסוללה אידיאלית שהכא"מ שלה ϵ . עוצמת הזרם העובר דרך הסוללה מסומנת ב-I.



- א. קבע אם המתח על הנגד R_3 גדול יותר מהמתח על הנגד R_4 , קטן ממנו או שווה לו. נמק את דעתך.
- ב. חשב את המתח על כל נגד, ובטא אותו באמצעות ϵ בלבד.
- ג. סדר את ארבעת הנגדים בסדר עולה, על פי ההספק המתפתח בכל אחד מהם. נמק.
- ד. מחליפים את הנגד R_4 בנגד שלו ההתנגדות גדולה יותר. קבע אם תשנה עצמת הזרם העובר דרך הנגד R_1 . אם כן, כיצד היא תשנה? נמק את קביעתך.
- ה. מחליפים את הנגד R_4 בחוט מבוזד. חשב את עצמת הזרם העובר דרך כל אחד משלושת הנגדים.

- 4) לצורך ניסוי, קבוצת תלמידים שיחררה ממנוחה מסגרת ריבועית העשויה מתיל מוליך. בעת נפילתה, המסגרת חולפת דרך איזור שבו מצוי שדה מגנטי שכיוונו אל תוך הדף (ראה איור).

שים לב: השדה אינו פועל עד הרצפה.

המסגרת נפלת בזרחה אנטונית ולא הסתובבה באוויר, עד שהגיעה לרצפה.



רכפה

אפשר לחלק את תנועת הממשלה לשולושה שלבים:

מתחילת כניסה לתוך השדה המגנטי עד סcola בתוכו.

iii. כאשר המסגרת נמצאת כולה בתוך השדה ונעה בתוכו.

iii. מרגע שהמסגרת מתחילה לצאת מהשדה עד שהיא יוצאת ממנה לגמרי.

א. במהלך כל אחד מהשלבים -iii ציין את הכוחות הפעילים על המסגרת, וקבע את הכוח השקול הפועל עליה גדול, קטן או לא משתנה. נמק את קביעותיך.

ב. לכל אחד מהשלבים 1-iii:

קבע אם זרם זרם דרך המסגרת, ואם כן – מהו כיוון הזרם (בכיוון השעון או נגדי כיוון השעון). אם לא זרם זרם – הסבר מדוע.

נתון : מסת המסגרת : $R = 1\Omega$, $x = 0.5m$, אורך צלעה : $m = 0.1kg$, התנגדותה : $B = 0.5T$. עוצמת השדה המגנטי :

ברגע מסויים בזמן הנפילה של המסגרת, התאוצה שלה התאפסה ($a=0$).

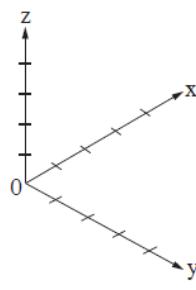
ג. חשב את עצמת הזרם הזורם במסגרת ברגע זה, וציין את כיוונו.

5) בסדרת ניסויים חקרו את התנהוגותם של חלקיקים טעוניים באזור שבו הופעלו שדה מגנטי ושדה חשמלי. מטענו של כל חלקיק הוא $q+$ ומסתו היא m .
 (הוכיחו את השוואתו של רום ברגיזה)

בשלב ראשון, הפעילו באזור רק שדה מגנטי B, בכיוון החיובי של ציר ה- x . את החלקיקים הטעוניים הכניסו אל תוך השדה המגנטי במהירות שגדלה 7. נמצא שהחלקיקים המשיכו לנוע בקו ישר.

א. החלקיקים נעו במקביל לאחד הציריים: x , y , z המוצגים במערכת הציריים שבתרשים א'.

קבע במקביל לאיזה ציר נעו החלקיים. נמק את קביעותך.

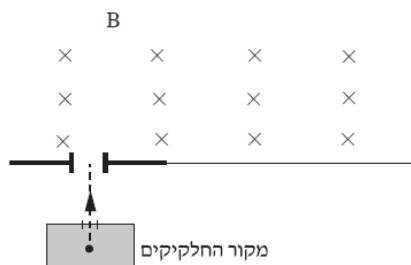


תרשים א

בשלב שני נוסף על השדה המגנטי B הפעילו גם שדה חשמלי E, בכיוון החיוויי של ציר ה- y .

- ב. שחררו את החלקיקים ממנוחה באזור הניסוי.
- קבע אם החלקיקים נשארו במנוחה, נעו בקו ישר או נעו בקו עקום. נמק.

בניסוי נוסף, באזור שבו פעלו שני השדות, החלקיקים נעו במקביל לציר ה- z , ולאחר מכן הם עברו לאחר מכן שבו פעל רק השדה המגנטי (ראה תרשים ב').



תרשים ב

- ג. החלקיקים ינעו בקו ישר באזור שבו פועלים שני השדות רק כאשר מתקיימים קשר מסוים בין העוצמות של שני השדות לבין גודל מהירות החלקיקים. התבסס על עקרונות פיזיקליים ומצא קשר זה.

פרט את שיקוליך.

- ד. תאר במילים את מסלול החלקיקים באזור שבו פעל רק השדה המגנטי.

- ה. השתמש בפרמטרים: B , E , q , m ופתח נוסחה המראה כי המערכת המתוארת בתרשימים ב יכולה לשמש להפרדת איזוטופים של יוד כלשהו.

תשובות סופיות:

1) א. כיוון השדה בין לוח A ל-B : A \leftarrow B : B \leftarrow C : C \leftarrow B . כיוון השדה בין לוח B ל-C : B \leftarrow C .

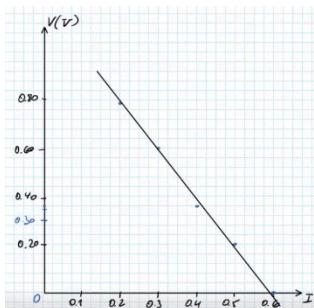
ג. F קבוע $\leftarrow a$ קבוע.

$$E_{AB} = -200 \frac{V}{m}, E_{BC} = 1200 \frac{V}{m}$$

ה. לא.

$$V_{max} \approx 1.26 \cdot 10^4 \frac{m}{sec}$$

ב. סרטוט:



2) א. המתח הנמדד שונה,
בתרשים כי גדול יותר.

$$r = 2.06\Omega, \varepsilon = 1.21V$$

ד. כן, ע"י חיבור מד מתח אידיאלי לסוללה בלבד.

ה. לא, אין מד התנגדות בצורה ישירה.

$$V_1 = \frac{\varepsilon}{3}, V_2 = \frac{2\varepsilon}{9}, V_3 = \frac{2\varepsilon}{3}, V_4 = \frac{4\varepsilon}{9} \quad \text{ב. } V_3 > V_4 \quad \text{א. } V_3 > V_4$$

$$I' = \frac{3}{4}I \quad \text{ה. } I' \quad \text{ד. כן, תקין.} \quad P_2 < P_4 < P_1 < P_3 \quad \text{ג. } P_2 < P_4 < P_1 < P_3$$

4) א. מקרה i : $\sum F = mg - \frac{B^2 l^2}{R} V$, עם הזמן מהירות המסגרת גדלה ולכן F_B גדול, שקול הכוחות קטן.

מקרה ii : $F_B = 0$, $\sum F = mg$: ולכן שקול הכוחות קבוע.

מקרה iii : $\sum F = mg - \frac{B^2 l^2}{R} V$: שקול הכוחות קטן.

ב. מקרה i : יש זרם נגד כיוון השעון.

מקרה ii : אין זרם כיוון שהשטף קבוע.

מקרה iii : יש זרם עם כיוון השעון.

$$V = 16 \frac{m}{sec} \quad \text{ד. } I = 4A \quad \text{ג. } I = 4A$$

$$V = \frac{E}{B \sin \alpha}, V = \frac{E}{B} \alpha \quad \text{ב. נעו בקו עקום.} \quad \text{ג. } V = \frac{E}{B}$$

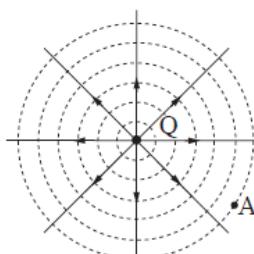
5) א. ציר ה- x . ב. נעו בקו עקום. ג. $V = \frac{E}{B}$

ד. הכוח המגנטי קבוע כי מהירות והשדה קבועים ומאונך ל מהירות לכן מתבצעת תנועה מעגלית.

$$m = \frac{qBR}{V} \quad \text{ה. } m = \frac{qBR}{V}$$

קץ: 2015

- 1) בתרשים 1 שלפניך מוצגים מטען נקודתי Q , כמה קווי שדה של השדה שנוצר סביבו וחתך של כמה משטחים שווי-פוטנציאלי. (בשאלה זו הפוטנציאלי באין-סוף הוא אפס).



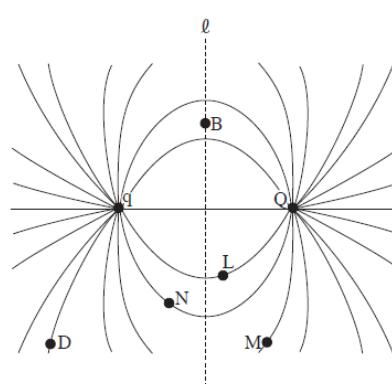
תרשים 1

- a. האם המטען Q חיובי או שלילי? נמק.
 b. נתון: בנקודה A , הנמצאת במרחק $d = 10\text{cm}$ מן המטען Q (ראה תרשים 1).

$$\text{עוצמת השדה החשמלי היא: } E = \frac{V}{m}.$$

חשב את הגודל של המטען Q .

מבאים מטען נקודתי נוסף, q , לנקודה הנמצאת משמאלי למטען Q , ובקרבתו. בתרשים 2 שלפניך מוצגים שני המטענים הנקודתיים, Q ו- q , וכמה קווי שדה של השדה שנוצר על ידי שני המטענים. שים לב: בתרשים 2 לא מסומנים הכוונים של קווי השדה, והתרשים סימטרי לשני צידי הישר ℓ .



תרשים 2

- g. קבוע מהו המטען q (גודלו וסימנו). נמק.
 d. נקודה B נמצאת במרחקים שווים משני המטענים הנקודתיים (ראה תרשים 2).
 i. האם עוצמת השדה החשמלי בנקודה B שווה לאפס או שונה מzero? נמק.
 ii. האם הפוטנציאלי החשמלי בנקודה B שווה לאפס או שונה מzero? נמק.

ה. נקודות : L , N , M , D ממוקמות על קווי השדה הנראים בתרשימים 2.

ידוע ש כדי להעביר מטען מסוים מנקודה D לנקודה N במסלול

$D \leftarrow L \leftarrow N \leftarrow M$ נדרש לעשות עבודה בשיעור : $J = 15 \cdot 10^{-3} \text{ W}$.

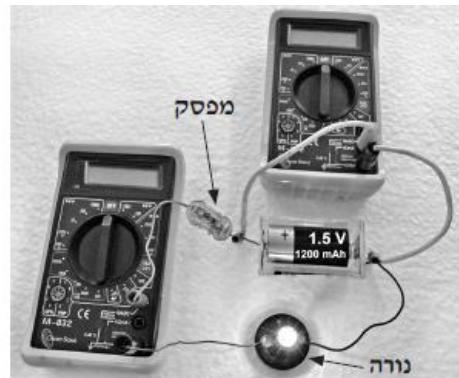
מהי העבודה הדרושה כדי להעביר אותו מטען מהנקודה N ישירות לנקודה D ? נמק.

(2) שני תלמידי פיזיקה, נור ואור, חקרו מעגל חשמלי של פנס כיס. הם פירקו פנס

כיס ישן וייצרו מעגל חשמלי הכלול את רכיביו : נורה, סוללה וmpsok.

אליהם הוסיפו תילוי חיבור אידיאליים ושני רב-מודדים אידיאליים, האחד משמש מד-מתח והאחר מד-זרם.

לפניכם תצלום של המעגל החשמלי שהרכיבו התלמידים.



תצלום 1

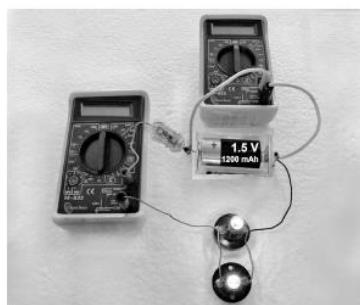
א. סרטט במחברתך תרשימים סכמטי של המעגל החשמלי. השתמש בסימנים המקובלים.

התלמידים רשמו פערם את ההווריות של מכשירי המדידה – כאשר המפסוק היה פתוח (הנורה אינה דולקת), וכאשר המפסוק היה סגור (הנורה דולקת). בטבלה שלפניך מוצגות תוצאות המדידות :

מד-זרם $I(A)$	מד-המתנה $V(V)$	ההווריה / הmpsok
0.0	1.50	פתוח
0.3	1.35	סגור

- ב. ענה על הסעיפים הבאים :
- אור צין שלפני המדידות הוא שיער שגם המפסק יהיה סגור, הוריות מד-המתח תהיה 1.5V – הערך הרשום על הסוללה. הסבר מדוע יש הבדל בין המתח שנמדד כאשר המפסק היה סגור ובין הערך הרשום על הסוללה.
 - חשב את התנגדות הפנימית של הסוללה.
 - חשב את עוצמת הזרם בסוללה כאשר מחברים את הדקיה זה לזה באמצעות תיל מוליך חסר התנגדות (זרם קצר).

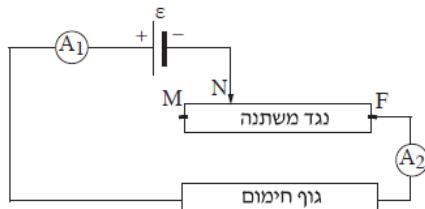
התלמידים שילבו במעגל עוד נורה, זהה לנורה של הפנס. הם חיברו את שתי הנורות כמתואר בתצלום 2.



תצלום 2

- ד. ענה על הסעיפים הבאים :
- קבע אם במעגל חשמלי זה הוריות מד-זרם גדולה מ- 0.3A , קטנה מערך זה או שווה לו. נמק את קביעתך.
 - קבע אם במעגל חשמלי זה הוריות מד-המתח גדולה מ- 1.35V , קטנה מערך זה או שווה לו. נמק את קביעתך.
 - נור הבדיקה בנתון נוסף שרשום על הסוללה : $1,200\text{mAh}$.
- התלמידים מצאו שהפירוש של נתון זה הוא $1,200 \times 1\text{Ah} = 1,200\text{mA}$ שעה. קבע מהו הגודל הפיזיקלי שנתון זה מייצג. פרט את שיקוליך.

(3) במעגל המוצג בתרשים 1 שלפניך מחוברים גוף חיים שהተנגדותו $\Omega = 23$, נגד משטנה MF שהተנגדותו המרבית $\Omega = R$, מקור מתח שהכחאים שלו $\text{V} = 230$ ושיי מד-זרם A_1 ו- A_2 .
ההተנגדויות של כל הרכיביםZNICHOT, מלבד אלה של שני הנגדים.



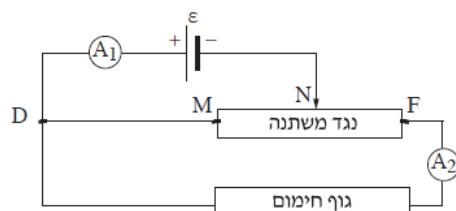
תרשים 1

- א. מזיזים את המגע הניד מהנקודה M לעבר הנקודה F.
 לפניך ארבעה היגדים - i-v. קבע מהו ההיגד הנוכחי ונמק את קביעתו.
- הוריות A_1 גדלה, והוריות A_2 קטנה.
 - הוריות A_1 קטנה, והוריות A_2 גדלה.
 - הוריות A_1 ו- A_2 גדולות.
 - הוריות A_1 ו- A_2 קטנות.

מחזירים את נקודת המגע N לאמצע הנגד המשטנה MF.

ב. חשב את הגלים האלה:

- עוצמת הזרם בגוף החימום.
- כמויות החום המתפתחת בגוף החימום במשך 5 דקות.
- חשב את נצילות המעלג, בהנחה שהחום המתפתח בגוף החימום מנצל במלואו והחום המתפתח בנגד המשטנה אינו מנצל כלל.
- מוסיפים לעגל תיל חסר התנגדות המחבר בין הנקודות M ו-D (ראה תרשים 2).



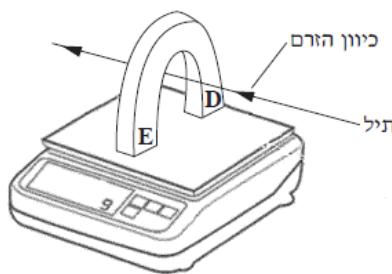
תרשים 2

- האם בעגל זה הוריות מד-זרם A_1 גדולה מההוריות מד-זרם A_2 , קטנה ממנה או שווה לה? נמק.
- קבע אם הנצילות של עגל זה גדולה מנצילות המעלג שחייבת בתשובהך על סעיף ג', קטנה ממנה או שווה לה. נמק את קביעתו.

(4) התרשימים שלפניך מתאר ניסוי שערכ תלמיד. התלמיד הציב מאוזנים דיגיטליים על שולחן והפעיל אותם. הוריות המאזניים הייתה 0. אחר כך הוא הציב מגנט פרסה על המשטח העליון של המאזניים. קווטבי המגנטי מסומנים בתרשימים באותיות D-E.

לבסוף העביר התלמיד תיל מוליך בין קווטבי המגנטי כמתואר בתרשימים: התיל אינו מונח על משטח המאזניים ולא על המגנט, וכיונו מאונך לכיוון קוווי השדה המגנטי שמקורם במגנט. התיל מחובר בטור למקור-מתח ולמד-זרם (שאינם נראים בתרשימים).

הנח כי השדה המגנטי באזורי המאזניים קבוע, וכי האורך של קטע התיל הנמצא בשדה המגנטי הוא $m = 0.1m$.
 בתשובהותך הזנח את השפעות השדה המגנטי של כדור הארץ על מערכת הניסוי.



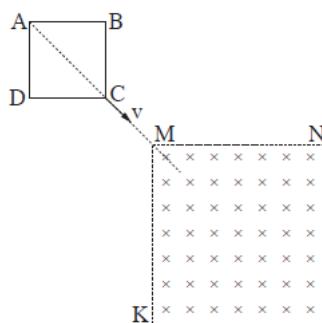
התלמיד העביר בתיל זרמים בכמה עוצמות. בכל העברת זרם הוא מدد את עוצמתו של השלים בתיל ואת הוריות המאזניים. תוצאות המדידות מוצגות בשורות 1, 2 בטבלה ש לפניך.

בסוף הניסוי החסיר התלמיד מכל אחד מערכיו הוריות המאזניים שמדד (שורה 2 בטבלה) את ערך הוריות המאזניים שהתקבל בעוצמת זרם אפס.

תוצאות החישובים האלה הם ערכי הכוח F (שורה 3 בטבלה).

1	עוצמת הזרם בתיל I (A)
2	הוריות המאזניים (N)
3	הכוח F (N)

- א. היעזר בנתונים שבטבלה וחשב את מסת המגנט.
- ב. כאשר עוצמת הזרם הייתה 4A כיוון הזרם היה כמפורט בתרשים. האם במהלך הניסוי שינה התלמיד את כיוון הזרם? נמק.
- ג. האם הקוטב של המגנט המסומן ב-D הוא הקוטב הצפוני (N) של המגנט או הקוטב הדרומי (S) שלו? נמק.
- ד. ענה על הסעיפים הבאים :
- ו. סרטט במחברתך דיאגרמת פיזור של הכוח F (שורה 3 בטבלה), כפונקציה של עוצמת הזרם בתיל I (שורה 1 בטבלה).
 - וו. הוסף לדיאגרמת הפיזור קו מגמה קווי (ליינארי).
 - ה. חשב את עוצמת השדה המגנטי באזור המאזניים.
- (5) בתרשים שלפניך מוצגת מסגרת ריבועית ABCD. המסגרת עשויה תיל מוליך ואחד שהתנדתו הcolaatta היא R.
- מושכים את המסגרת ב מהירות קבועה שגודלה v וכיונה לאורך המשך האלכסון AC של הריבוע, כמפורט בתרשים.



באזור שניים מוגבליםיו הם MN ו-MK המאונכים זה לזה, יש שדה מגנטי אחיד שגודלו B , וכיונו אל תוך הדף (ראה תרשימים).
ברגע $t = 0$ הקודקוד C של המסגרת מגיע לקודקוד M של אזור השדה המגנטי, וצלעות הריבוע AB ו-AD מקבילות בהתאם לצלעות MN ו-MK של אזור השדה המגנטי. ברגע $T = t_0$ מגיע לקודקוד M.

t הוא רגע כלשהו בין הרגע t_0 לרגע T .

א. ענה על הסעיפים הבאים:

i. מדוּן זורם בתיל זרם ברגע t ?

ii. האם כיוון הזורם בתיל ברגע t הוא בכיוון התנועה של מהוגי השעון או בכיוון המנוגד לכיוון התנועה של מהוגי השעון? נמק.

ב. בתת-סעיפים i-iii שלפניך בטא את הגדים ברגע t באמצעות נתוני השאלה: B , v , R ו- t או באמצעות חלק מהם:

i. השטף המגנטי דרך הריבוע התחום על ידי המסגרת.

ii. הכא"מ המושרחה בתיל.

iii. עוצמת הזורם בתיל.

ג. האם בפרק הזמן שבין t_0 ל-T עוצמת הזורם במסגרת היא קבועה? נמק.

תשובות סופיות:

ב. $Q = 1.11 \cdot 10^{-10} C$

.ii. שווה לאפס.

א. חיובי, קווי השדה מצביעים כלפי חוץ.

ג. $q = 1.11 \cdot 10^{-10} C$, שלילי.

ד. שונה מאפס.

ה. $W = 15 \cdot 10^{-3} J$



ב. נ. כאשר הזרם הוא אפס אז מתח ההדקים שווה לכא"מ האידאלי של הסוללה,

r = 0.5Ω

.ii. קטנה.

כasher יש זרם מתח ההדקים קטן מהכא"מ.

ג. I = 3A

ד. גודלה.

ה. הגודל הפיזיקלי הוא מטען.

Q = 306,667 J

.ii. גודל הפיזיקלי הוא מטען.

ב. I = 6.667 A

ג. η = 66.7%

η = 16.66% < 66.7%

.ii. לא משנה.

ד. I₂ < I₁

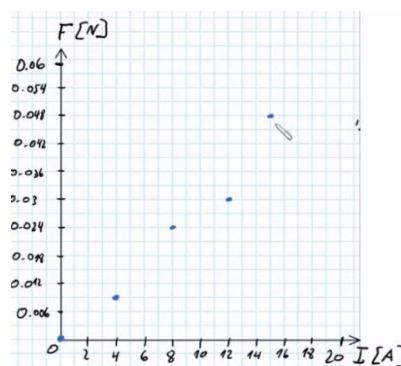
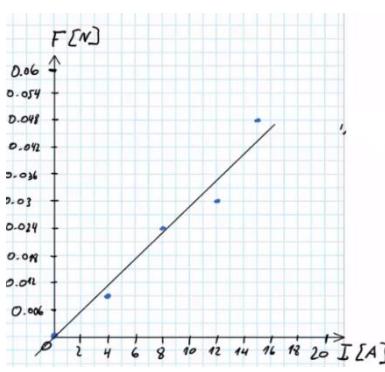
m = 0.15 kg

א. D הדרומי, E הצפוני,

ב. לא משנה.

.ii. סרטוט:

ד. סרטוט:



ח. $B = 2.88 \cdot 10^{-2} T$

ב. $\phi_B = B \cdot \frac{V^2 \cdot t^2}{2}$

.ii. נגד השעון.

ג. לא קבועה.

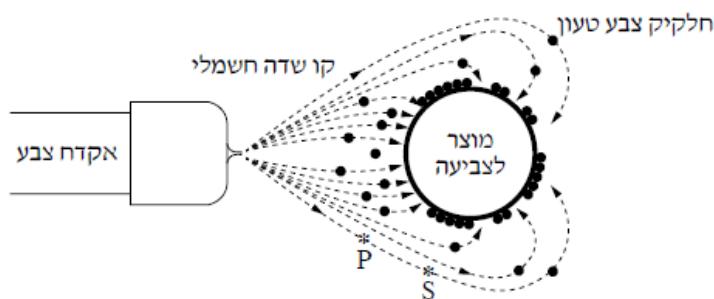
.iii. א.י. חוק פארדי.

$$I = \frac{BV^2 t}{R}$$

$$\varepsilon = -BV^2 t$$

קץ: 2016

- 1) כדי לשמר על איזות הסביבה, במפעלי מתחת רבים צובעים כיומ מוצריים בשיטת הצביעה האלקטרוסטטית במקומות לצבע בשיטות צביעה מסורתיות. במהלך הצביעה האלקטרוסטטית אקרד צביעה מתינו אבקת צבע, המורכבת מחלקים נטענים במעטן חשמלי במהלך ההתזה. חלקיק הצבע יימדו למוצר שהוא גוף מתכת טעון. בתרשימים שלפניך מוצגת מערכת צביעה, ובה המוצר הנצבע הוא כדורי מתכת טעון. החיצים שבתרשימים מייצגים את הכוון של קווי השדה החשמלי בסביבת העבודה. כוח הכבוד זניח.



- א. הגדר את המושג: "קו שדה חשמלי".
 ב. היעזר בתרשימים, וקבע אם המטען של חלקיק הצבע חיובי או שלילי. נמק את קביעתך.

חלקיק צבע שמטענו: $C = 5 \cdot 10^{-13} |q|$ נע לאורך קו השדה P לנקודה S (ראה תרשימים).
 נתון: המרחק בין P ל-S הוא: $d = 0.1m$.

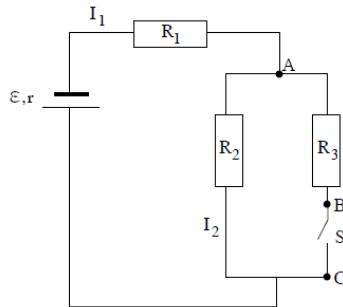
הפרש הפוטנציאליים בין הנקודות P ו-S הוא: $V = 50kV$.

- ג. קבע לאיזו משתי הנקודות, P או S, יש פוטנציאל גבוה יותר. נמק את קביעתך.
 ד. הנח שהשדה החשמלי באזורי שבין שתי הנקודות P ו-S הוא שדה אחד.
 חשב את הכוח החשמלי שפועל על חלקיק הצבע הטעון שנע מנקודה P לנקודה S.
 שים לב: הקשר בין עוצמת השדה החשמלי האחדית ובין הפרש הפוטנציאלים

$$\text{שבין שתי נקודות שבתוכו, מוגדר כך: } E = -\frac{\Delta V}{\Delta x}$$

- ה. חשב את שינוי האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית של חלקיק הצבע בתנועתו מנקודה P לנקודה S.

- 2) בתרשימים שלפניך מוצג מעגל חשמלי הכלול מקור מתח, שלושה נגדים (R_1 , R_2 , R_3 , מפסק S ותילי חיבור שהתנגדותם זניחה. הכאים של מקור המתח הוא ϵ והתנגדותו הפנימית היא r . עוצמת הזרם הזורם דרך נגד R_1 היא I_1 , ועוצמת הזרם הזורם דרך נגד R_2 היא I_2 .



בשלב הראשון המפסק S סגור (מאפשר זרימת זרם).

א. בטא באמצעות הפרמטרים : R_3 , R_2 , R_1 , r , I_2 את הגדים האלה :

$$I_1 \quad .i$$

$$\varepsilon \quad .ii$$

ב. נתון : $r = 0.5\Omega$, $R_3 = 2\Omega$, $R_2 = 4\Omega$, $R_1 = 1.5\Omega$, $I_2 = 1A$

חשב את הכאים של מקור המתח, ואת מתח ההדקים במעגל.

ג. חשב את המתחים V_{BC} ו- V_{AB} .

בשלב השני פתחו את מפסק S .

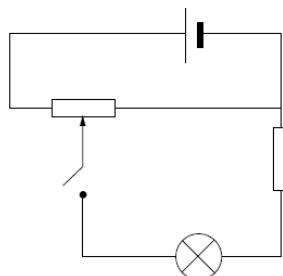
ד. חזור וחשב במצב זה את המתחים V_{AB} ו- V_{BC}

ה. באיזה משני המצלבים, מפסק סגור או מפסק פתוח, נציגות המעגל גדולה יותר?
נמק את קביעתו. אין צורך לחשב.

3) תלמידה ערכה ניסוי לבדיקת התלות שבין עוצמת הזרם בנורית להט ובין המתח על הנורה. לשם כך היא הרכיבה מעגל הכלול מקור מתח, נורה, נגד קבוע, נגד

משתנה, מפסק ותילוי חיבור (שהתגדרותם זניחה) ראה תרשימים 1.

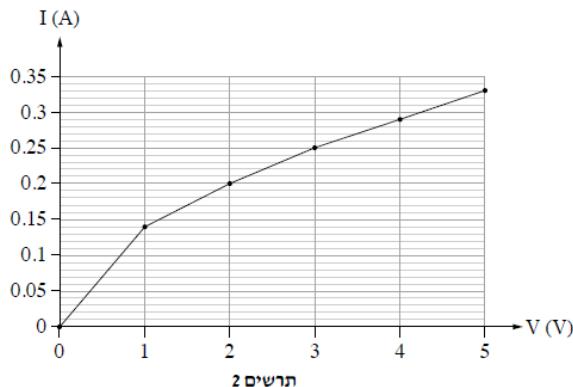
התלמידה ערכה מדידות אחזות בעזרת מכשירי מדידה אידיאליים.
את תוצאות המדידות היא הציגה בגרף מקרוב, המתאר את הקשר בין שני המשתנים (הזרם והמתח).



תרשים 1

א. העתק את תרשימים 1 למחברתך. הוסף לתרשימים המעגל שבמחברתך
מד-מתח ומד-זרם אידיאליים, שימדדו את המתח על הנורה ואת עוצמת
הזרם העובר דרכה.

בתרשים 2 שלפניך מוצג הגרף שסרטטה התלמידה :



על פי הגרף :

ב. חשב את התנגדות הנורה בכל אחד משני תחומי המתח :

$$0 < V < 1V \quad .i$$

$$3V < V < 5V \quad .ii$$

ג. חשב את הספק הנורה עבור כל אחד משני המתחים :

$$V = 1V \quad .i$$

$$V = 5V \quad .ii$$

ד. נתונה כמות האנרגיה המתבצעת בנורה (בעיקר על חום) במשך שנייה אחת :

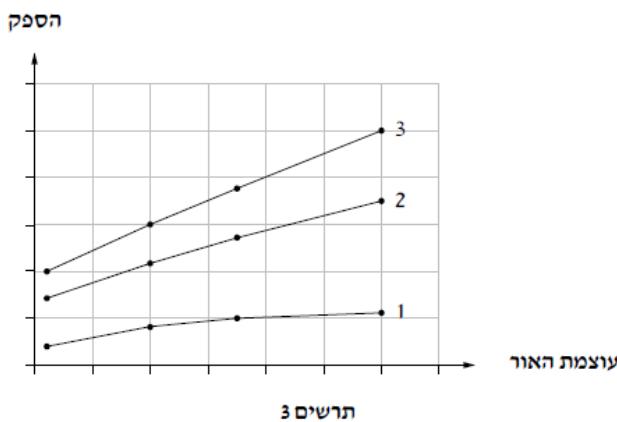
$$.i. \text{ כאשר : } E = 0.132J, V = 1V$$

$$.ii. \text{ כאשר : } E = 1.52J, V = 5V$$

חשב את נצילות הנורה עבור שני ערכי המתח ו-.ii.

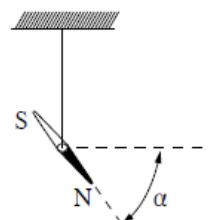
נורות להט מוחלפות כיוום בנורות מסוימים אחרים (כגון נורות LED או נורות PL) בעיקר בשל הנצילות הנמוכה מאוד של נורות להט.

בתרשים 3 שלפניך מוצגים ההספקים של נורת PL, נורת להט ונורת LED, כפונקציה של עוצמת האור שהן מפיקות.



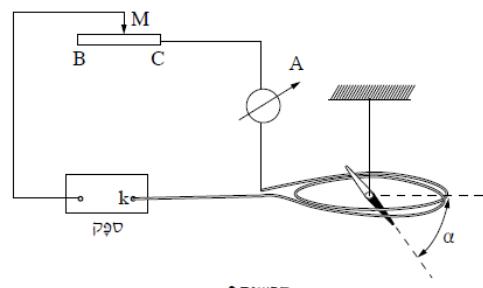
ה. קבע איזה מן הגרפים, 1, 2 או 3, מתאר נורת להט. נמק את קביעתך.

4) תלמיד ערך ניסוי למדידת הגודל של השדה המגנטי של כדור הארץ, B_E , בסביבת מגוריו. כדי למצוא את כיוון השדה, הוא תלה מחת מגנטית על חוט דק הקשור למרכו המagnet. התלייה מאפשרת למחת לנوع בחופשיות. α היא זווית ההרכנה, שהיא הזווית בין כיוון המagnet ובין המישור האופקי (ראה תרשים 1). התלמיד מدد 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 חסמי ובו :
ספק נגד משתנה, מד זרם וסליל מעגלי דק הממוקם במישור האופקי.
התלמיד תלה את המagnet מעל סליל הסליל (ראה תרשים 2).
נתון : הסליל הדק עשוי 4 כריכות ($4 = N$). רדיוס כל כריכה $r = 20\text{cm}$.



תרשים 2

התלמיד היזז את הגירה M של הנגד המשתנה, וראה שהזווית α קטנה בהדרגה, עד שבנקודה מסוימת המagnet התייצב במצב אופקי ($0^\circ = \alpha$).
א. על פי הכיוון של השדות המגנטיים, קבע אם החדק k של הספק הוא חיובי או שלילי. נמק את קביעתך.

- ב. האם במהלך הניסוי היזז התלמיד את הגירה M של הנגד המשתנה מנוקודה C לנוקודה B או מנוקודה B לנוקודה C? נמק את תשובתך.
- ג. כאשר המagnet התייצב במצב אופקי, מד זרם הורה $3.2A$.
- ח. חשב את גודלו של הרכיב האנכי של השדה המגנטי של כדור הארץ, $B_{E\perp}$.

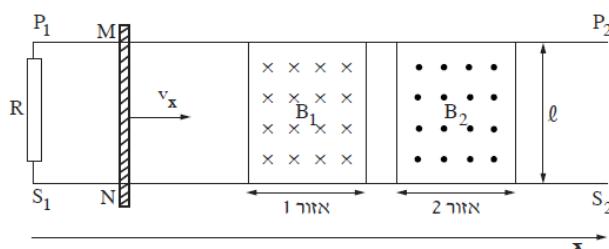
התלמיד לא היה מרוצה מדיוק המדידה בניסוי שערך, ולכן החליט למצוא את הרכיב האנכי של השדה המגנטי, $B_{E\perp}$, באמצעות גוף. לשם כך הוא חזר על המדידות כמו פעמים, ובכל פעם שינה את מספר הקריכות.

בכל מדידה הוא רשם את מספר הcrcות N ואת הזרם I שהתקבל כאשר המחט התלויה התקיצה במצב אופקי ($\alpha = 0^\circ$). התלמיד חישב את הערכות של $\frac{1}{I}$ ורשם גם אותם. התוצאות מוצגות בטבלה ש לפניך :

Crcות N	4	6	8	10	12
I(A)	3.2	2.1	1.5	1.3	1
$\frac{1}{I} \left(\frac{1}{A} \right)$	0.3	0.5	0.7	0.8	1

- ד. סרטט במחברת גרפ של $\frac{1}{I}$ כפונקציה של מספר הcrcות N.
 ה. חשב באמצעות שיפוע הגרפ את גודל הרכיב האנכי של השדה המגנטי של כדור הארץ, $B_{E\perp}$.

- 5) בתרשימים שלפניך מוצגת מערכת ניסוי, מבט מלמעלה. המערכת מורכבת משתי מסילות חלקות, S_1S_2 ו- P_1P_2 , המונחות במקביל על שולחן אופקי, למרחק ℓ , זו מזו (ראה תרשימים). על המסילות מונח מוט MN המשטו m. המסילות והמוט מוליכים, והתנגדותם זניחה. (התנגדות האויר ניתנת אף היא להזנחה). נגד R מחבר בין הקצוות P_1 ו- S_1 של המסילות. בין המסילות באזור 1 ($0 \leq x \leq 0.4m$) יש שדה מגנטי B_1 , ובין המסילות באזור 2 ($0.5m \leq x \leq 0.9m$) יש שדה מגנטי B_2 . שני השדות קבועים, מאונכים למשורר השולחן ושוויים בגודלם : $T = |B_1| = |B_2| = 0.04T$. הכוונים של השדות מסומנים בתרשימים. נתון : $R = 4\Omega$, $\ell = 50cm$.



בניסוי המוט MN נכנס לאזור 1 ב מהירות של $v_x = 2 \frac{m}{sec}$. באזור זה הופעל על המוט כוח F_1 בכיוון ציר ה- x, ולכן מהירותו נשארת קבועה.

- א. קבע אם במהלך התנועה של המוט באזור 1, זרם זרם כנגד R.
 אם לא – נמק מדוע.
 אם כן – מצא את גודלו של הזרם ואת כיוונו ($M_1 S_1 P_1$ או $M_1 P_1 S_1$).
- ב. קבע אם עבודתו של הכוח F_1 , הדורשה לקיומה של תנועה קצובה זו
 באזור 1 גדולה מכמויות החום המתפתחת כנגד R באותו פרק זמן, קטנה
 או שווה לה. נמק את קביעותך במילימ' או באמצעות חישוב.

באזור 2 הופעל על המוט MN כוח F_2 בכיוון ציר ה- x (במקום הכוח F_1), ולכן
 הוא נע בתאוצה קבועה: $a = 5 \frac{m}{sec^2}$ (שים לב שהירותו ההתחלתית של המוט
 באזור זה היא: $\frac{m}{sec} 2$).

- ג. קבע במקרה זה את כיוונו של הזרם כנגד R ($M_1 S_1 P_1$ או $M_1 P_1 S_1$).
 ד. בטא את הזרם כנגד כפונקציה של הזמן. רגע הכניסה של המוט לאזור 2
 $t = 0$.
 ה. קבע אם עבודתו של כוח F_2 , הדורשה לקיומה של תנועה זו באזור 2, גדולה
 מכמויות החום המתפתחת כנגד R באותו פרק זמן, קטנה ממנה או שווה לה.
 נמק בלי לחשב.

תשובות סופיות:

ג. P - פוטנציאל גובה יותר.

ב. חיובי.

$$\Delta U = 2.5 \cdot 10^{-8} \text{ J}$$

א. ראה סרטון.

$$F = 2.5 \cdot 10^{-7} \text{ N}$$

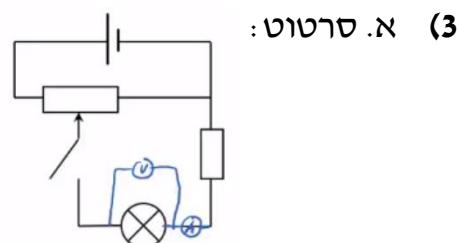
$$\varepsilon = I_2 R_2 + I_2 \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right) (R_1 + r) .ii \quad I_2 = \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right) .i.N \quad (2)$$

$$V_{BC} = 13.33 \text{ V}, V_{AB} = 0 \quad \text{ט. } V_{BC} = 0, V_{AB} = 8 \text{ V} \quad \text{ג. } \varepsilon = 20 \text{ V}, V = 17 \text{ V}$$

ה. מפסק פתוח.

$$R = 25 \Omega .ii$$

$$R \approx 7.14 \Omega .i.N$$



$$\eta \approx 7.88\% .ii$$

$$\eta = 5.71\% .i.N$$

$$P = 1.65 \text{ W} .ii$$

$$P = 0.14 \text{ W} .i.N$$

ה. גרפ. 3

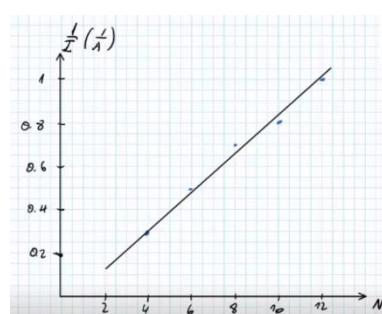
$$B_{E\perp} = 4.04 \cdot 10^{-5} \text{ T} .g$$

ב. מנוקודה B ל-C.

$$B \approx 3.43 \cdot 10^{-5} \text{ T} .h$$

א. חיובי.

ד. סרטוט:



ג. עם השעון.

ב. שווה.

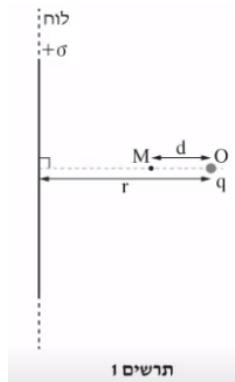
ה. גדולה.

א. כנ, P₁ - מ- I = 0.01A , .5

$$I = 0.005(2+5t) \text{ A} .d$$

קץ: 2017

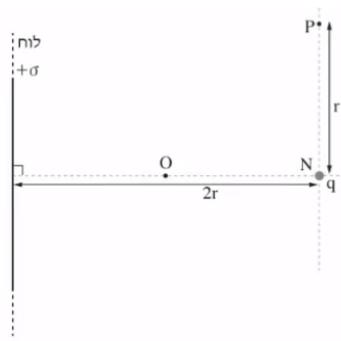
- 1) בתרשים 1 מוצג לוח איין-סופי דק הטוען בצפיפות מטען $\sigma +$.
 בנקודה O, הנמצאת למרחק r מימין ללוח, נמצא מטען נקודתי q.
 יש להזניח את כוח הכבוד.
 נתון כי בנקודה M הנמצאת למרחק d משמאל לנקודה O, השدة החשמלי
 השקול מתאפס.



תרשים 1

- א. קבע מהו הסימן של המטען q. הסבר את קביעתך.
 ב. בטא את גודל המטען q באמצעות הפרמטרים σ ו-d.

בשלב שני מרחיקים את המטען q מנקודה O אל הנקודה N הנמצאת
 למרחק 2r משמאל הלוח האין-סופי (ראה תרשים 2).



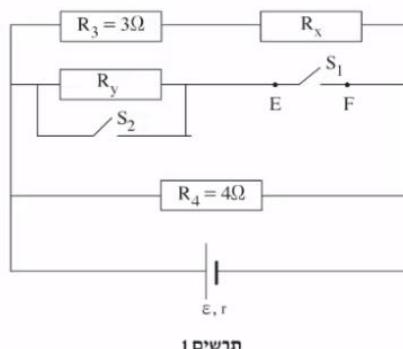
תרשים 2

- במקרה זה השدة מתאפסה למרחק s משמאל לנקודה N.
 ג. קבע אם המרחק s גדול מmrחק d (המסומן בתרשים 1), קטן ממנו או
 שווה לו. הסבר את קביעתך.
 ד. בטא את העובדה הדורשה כדי להעביר את המטען q מנקודה O
 לנקודה N. בתשובתך השתמש בפרמטרים: σ , q , r , ϵ_0 .

בשלב שלישי מעבירים את המטען q מן הנקודה N אל נקודה P הנמצאת במרחק r מן הנקודה N. הנקודות N ו-P נמצאות על קו מקביל ללווי האין-סופי (ראה תרשים 2).

- קבע את גודל העבודה הדורשה כדי להעביר את המטען מ-N ל-P.
הסביר את קביעותך.

- (2) בתרשים 1 שלפניך מתואר מעגל חשמלי הכלול תילים שהתנגדותם זניחה, שני מפסקים S_1 ו- S_2 , מקור מתח שהכח"ם שלו הוא ϵ והתנגדותו הפנימית היא: $\Omega = 1\Omega$, וארבעה נגדים שההתנגדויות שלהם: $R_4 = 4\Omega$, $R_3 = 3\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $R_1 = 1\Omega$.
שים לב: בתרשימים מסומנים רק מקומותיהם של נגדים R_3 ו- R_4 .
שני הנגדים האחרים מיוצגים על ידי R_x ו- R_y .

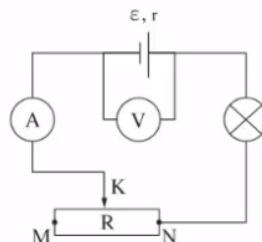


תרשים 1

- בשלב הראשון המפסק S_1 סגור והמפסק S_2 פתוח (לא זורם דרכו).
נתון שההתנגדות השකולה של ארבעת הנגדים היא: $\Omega_T = 1\Omega$.
- קבע איזה מן הנגדים, R_x ו- R_y , הוא R_1 , ואיזה מהם הוא R_2 .
פרט את שיקוליך.
 - נתון כי דרך הנגד R_3 זורם זרם של $3A$.
 - חשב את עוצמת הזרם הזורם דרך מקור המתח.
 - חשב את הכח"ם של מקור המתח.

- בשלב השני פותחים את המפסק S_1 (שני המפסקים פתוחים).
- קבע האם בעקבות פתיחת המפסק S_1 , זורם דרך מקור המתח גדול, קטן או איינו משתנה. הסביר את קביעותך.
 - חשב את המתח V_{EF} (המתח על המפסק S_1).

- 3) תלמיד בנה מעגל חשמלי הכלול מתח לא אידאלי, נורה שההנגדות קבועה במהלך הניסוי, נגד משתנה R, מכשירי מדידה אידאליים (וולטמטר ואםפרמטר) ותילים שההנוגדותם זניחה. קצוותיו של הנגד המשתנה מסומנים באותיות M ו-N, והגירה שלו מסומנת באות K (ראה תרשים).



התלמיד שינה כמה פעמים את מיקום הגירה K ובכל פעם רשם את הוריות הווולטמטר והאמפרמטר.
תוצאות המדידות מוצגות בטבלה ש לפניך. אחת השורות בטבלה מתיחסת لنקודה N.

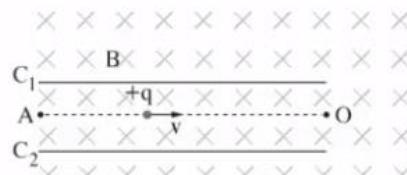
I(A)	V(V)	מיקום הגירה
0.29	21.1	1
0.60	17.5	2
0.91	14.5	3
1.20	12.5	4
1.49	9.0	5

- א. סרטט במחברתך גרף של המתח V כפונקציה של הזרם I.
הקפד על כל הכללים הנדרשים בסרטוט גרף.
ב. על פי הגרף:
i. קבע את הCAC'ם של מקור המתח. פרט את שיקוליך.
ii. חשב את ההנוגדות הפנימית (z) של מקור המתח.

- כאשר הגירה נמצאת באחת מן הנקודות 1-5 הנורה דולקת באור שעוצמתו גבואה יותר מעוצמתו בכל מקום אחר של הגירה.
להזכיר, ההנוגדות הנורה קבועה במהלך הניסוי.
ג. קבע באיזו מביין הנקודות 1-5 (ראה טבלה) הנורה דולקת בעוצמת האור הגבואה ביותר. הסבר את קביעתך.
ד. חשב את הספק הנורה בנקודה זו.

- התלמיד החליף את הנורה שבמעגל הנוכחי בנורה אחרת, שההנוגדות גדולה יותר. הוא חזר על הניסוי, וסרטט גרף של V כפונקציה של I.
ה. קבע אם קו המגמה של תוצאות הניסוי השני אמרור להתלבך עם קו המגמה בגרף שסרטט בסעיף א'. נמק את קביעתך.

- 4) באמצעות ספקטרומטר מסוות אפשר להפריד בין חלקיקים טעוניים שיש להם מסות וטען שונים (יוניים). בשלב ההפרדה היוניים עוברים תחילה באזור שיש בו שדה חשמלי ושדה מגנטי ("בורר מהירות"). לאחר מכן היוניים ממשיכים לאזור שבו שדה מגנטי בלבד.
- תרשים 1 שלפניך מתאר בורר מהירות.
- בBORR שורר שדה מגנטי אחיד B שכיוונו "לתוכן הדף", כמתואר בתרשימים. בין הלוחות C_1 ו- C_2 שורר שדה חשמלי אחיד E שכיוונו מקביל למשור הדף (השדות B ו-E מאונכים זה לזה).
- אחד הלוחות טוען במטען חיובי והאחר במטען שלילי. הזנה את כוח הכבוד ואת התנגדות האויר.



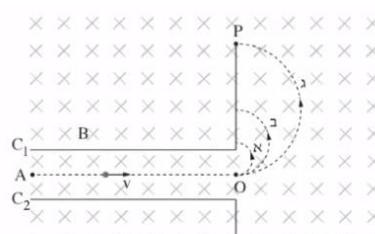
תרשים 1

- יון חיובי $+q$ נע ימינה בין שני הלוחות, בכו ישר AO המקביל ללוחות. א. סרטט במחברתך את תרשימים הכוחות שפועלים על היון, וסמן את השמות של כל אחד מן הכוחות.
- ב. קבע איזה לוח, C_1 או C_2 , טוען במטען חיובי. הסבר את קביעתך.
- ג. פתח ביטויו לגודל מהירות v שבה נע היון לאורך הקו AO.

- 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.

שלושה יונים: 1, 2, 3 נכנסים לתוך הספקטרומטר. הם נעים בזזה אחר זה בתוך בורר המהירות לאורך הקו AO באותה מהירות v . מן הנקודה O הם עוברים לאזור שבו שדה מגנטי, שהוא בהתאם עצמה ובאותו כיוון כמו השדה השורר בבורר המהירות. בהשפעת השדה המגנטי כל יון נע באחד מן המסלולים א', ב' או ג'.

הצורה של כל אחד מן המסלולים היא חצי מעגל, כמתואר בתרשימים 2.



תרשים 2

בטבלה שלפניך מוצגים נתונים על המסה והטען של שלושת היונים.

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

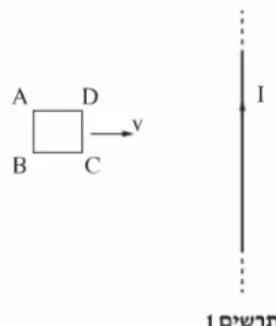
- ה. קבע באיזה מן המסלולים א', ב' או ג' נע כל אחד משלושת היונים: 1, 2, 3.
פרט את שיקוליך.

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

ו. חשב את המרחק OP.

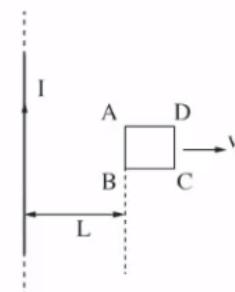
(5) תלמידה ערכה סדרת ניסויים כדי לחקור את היוצרות של זרם מושרחה. היא העבירה זרם חשמלי קבוע I דרך תיל ישר וארוך מאוד (אין-סופי) הנמצא במישור הדף (ראה תרשימים 1).

בניסוי הראשון היא הניחה מסגרת ריבועית ABCD במישור הדף משמאלי לתיל, וקירבה אותה לתיל במהירות קבועה v, במישור הדף, כשהצלע CD מקבילה לתיל. ההשפעה של כוח הכביד וההשפעה של השדה המגנטי של כדור הארץZNICHOT.



- א. מהו הכיוון של השדה המגנטי שייצר התיל באזורי שבו המסגרת נעה?
בחר באחת מן האפשרויות האלה: ימינה, שמאלה, מעלה, מטה, אל תוך הדף, החוצה מן הדף.
- ב. קבע אם הזרם בצלע AB זורם מ-A ל-B או מ-B ל-A.
הסביר את קביעתך באמצעות חוק לנץ.

בניסוי השני הניחה התלמידת את המסגרת במישור הדף מימין לתיל והרחקה אותה ממנה במהירות קבועה v (ראה תרשימים 2).



תרשים 2

ג. קבע אם זרם בצלע AB זורם כתע מ-A ל-B או מ-B ל-A.

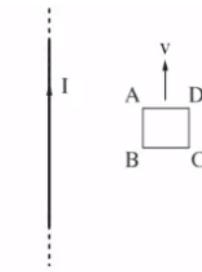
ברגע מסוים כאשר הצלע AB של המסגרת הייתה במרחק L מן התיל (ראה תרשים 2), זרם דרך זרם I בכיוון שקבעת בסעיף ג'. אורך הצלע של המסגרת הוא a .

ד. ענה על הסעיפים הבאים:

i. העתק למחברתך את תרשימים המסגרת ABCD. הוסף לתרשימים חיצים המציינים באופן איקוטי את הכוון ואת הגודל של הכוחות המגנטיים הפועלים על כל אחת מצלעותיה. הקפץ שאורכי החיצים ייצגו בצורה ייחסית את גודלו של כל אחד מן הכוחות.

ii. בטא באמצעות הפרמטרים: I , I , a ו- L , את הגודל של הכוח המגנטי השקול הפועל על המסגרת, וקבע את כיוונו.

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



תרשים 3

ה. קבע אם זרם זורם בצלע AB.
 אם כן – קבע את כיוונו (מ-A ל-B או מ-B ל-A).
 אם לא – הסבר מדוע.

תשובות סופיות:

$$W = \frac{-q\sigma r}{2\epsilon_0} \cdot \Delta$$

ג. שווה.

$$q = 2\pi\sigma d^2$$

1) א. חיובי.

$$W = 0$$

ג. קטן.

$$\varepsilon = 24V$$

.ii

$$I_T = 12A \quad R_x = R_1, R_y = R_2$$

.ii א. (2)

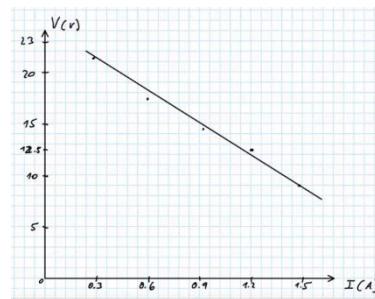
$$V_{EF} = 16V$$

$$r = 11.1\Omega$$

$$\varepsilon = 25.3V$$

.ii .ii

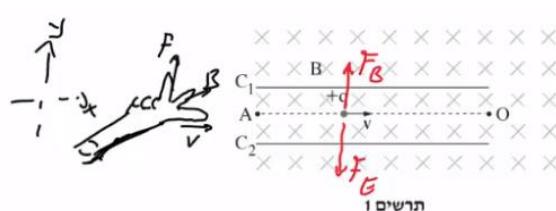
.ii א. סרטוט :



ה. להתלבך.

$$P = 13.41W$$

.ii ג. נקודה 5.

ב. C_1 חיובי

ה. 1=B, 2=A, 3=G.

.ii ד. לא נדרש.

$$V = \frac{E}{B}$$

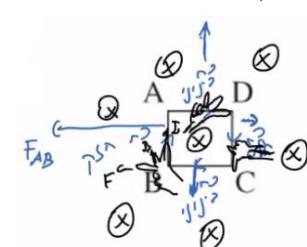
$$OP \approx 0.2m$$

ג. מ-B ל-A

.ii ב. מ-B ל-A.

.ii א. החוצה מן הדף.

$$|F| = \frac{I_1 a \mu_0 I}{2\pi} \left(\frac{1}{L} - \frac{1}{L+a} \right) .ii$$



ה. הזרם יהיה אפס.