פיזיקה אפס

פרק 31 - פתרון בגרויות בחשמל ומגנטיות

תוכן העניינים

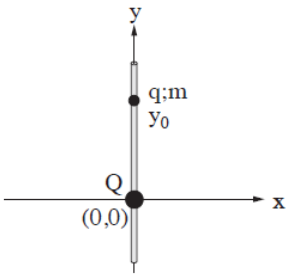
1. פתרון בגרויות בחשמל ומגנטיות 1

פתרון בגרויות בחשמל ומגנטיות:

שאלות:

קיץ 2012:

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



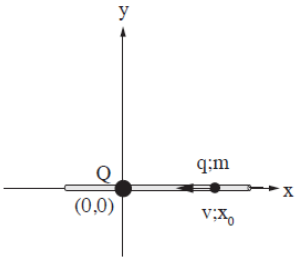
תרשים א

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 תרשים הכוחות הפועלים על החרוז, ורשום 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 לחרוז מהירות התחלתית שמאלה לכיוון המטען Q, ומשחררים אותו (ראה תרשים ב').



תרשים ב

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

ג. בטא באמצעות נתוני השאלה את האנרגיה הכוללת של החרוז כאשר הוא עובר בנקודה ששיעורה x_0. (הנח שהאנרגיה הפוטנציאלית החשמלית ב"אין-סוף" היא אפס, ושהאנרגיה הפוטנציאלית הכבידתית לאורך ציר ה-x גם היא אפס).

ד. בטא באמצעות נתוני השאלה את המרחק המינימלי, $x_{\min}$, מהמטען Q שאליו יגיע החרוז.

ה. כיצד משתנה כל אחד מן הגדלים: גודל המהירות וגודל התאוצה בתנועת החרוז מ-x_0 ל-$x_{\min}$ (גדל, קטן, נשאר קבוע)? נמק.

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

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

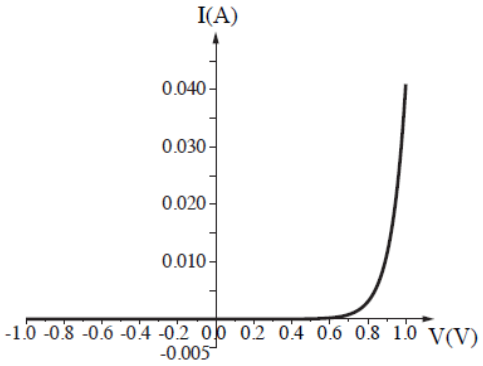
א. על פי הנתונים המוצגים בטבלה, סרטט גרף המתאר את המתח כפונקציה של הזרם, וקבע אם בתחום הנתונים בטבלה התיל מקיים את חוק אוהם. אם כן – חשב את התנגדות התיל. אם לא – הסבר מדוע.

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 $\Omega\times\text{m}$ (אוהם מטר).

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

ג. קבע אם ההתנגדות של תיל ב' קטנה מההתנגדות של תיל א', גדולה ממנה או שווה לה. הסבר את תשובתך.
הוסף במערכת הצירים של הגרף שסרטטת בסעיף א' גרף איכותי המתאים לתיל ב'.

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



לפניך ארבעה היגדים i-iv. העתק למחברתך את ההיגדים המתאימים לגרף המתואר, ונמק את קביעותיך.

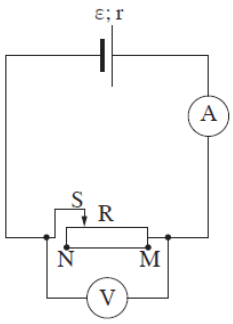
i. הזרם משתנה ביחס ישר למתח.

ii. הזרם קבוע בלי תלות במתח בין הדקי הדיודה.

iii. כדי שיזרום זרם בדיודה, חשוב לאיזה משני הדקי הדיודה מחובר הפוטנציאל הגבוה של מקור המתח.

iv. כאשר זרם זורם דרך הדיודה, ההתנגדות קטנה ככל שעולה המתח בין הדקי הדיודה.

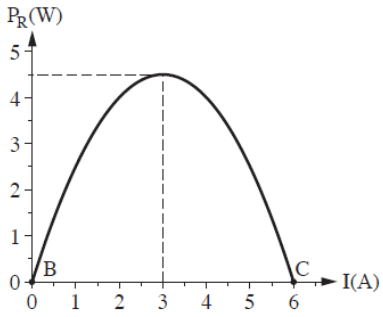
3) לתלמיד יש סוללה שהכא"מ שלה ε וההתנגדות הפנימית שלה r.
התלמיד חיבר את הסוללה לנגד משתנה R. אפשר לשנות את ההתנגדות של הנגד R מ-0 (בנקודה M) עד "אין-סוף" (ערך גדול מאוד) בנקודה N.
הנח כי מכשירי המדידה אידאליים.



תרשים א

א. הסבר מדוע האנרגיה שהסוללה מספקת למעגל אינה עוברת במלואה לנגד המשתנה.

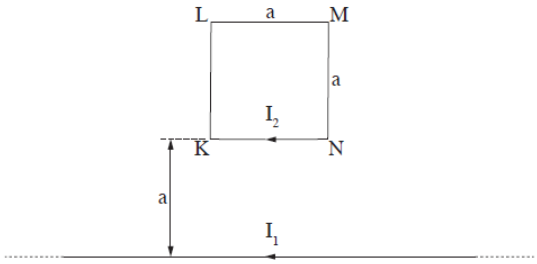
התלמיד מדד את הזרם, I, במעגל עבור התנגדויות שונות של הנגד המשתנה, וחישב את ההספק, P, המתפתח בנגד המשתנה לפי הנוסחה: $P_R = (\varepsilon - I \cdot r) \cdot I$.
בתרשים ב' מוצג ההספק המתפתח בנגד המשתנה כפונקציה של הזרם במעגל.



תרשים ב

ב. איזה גודל פיזיקלי מייצג הביטוי: $\varepsilon - Ir$ שבנוסחת ההספק?
ג. באיזו נקודה (M או N) הוצב המגע הנייד S כאשר התקבלה הנקודה C בתרשים ב' שלפניך, ובאיזו נקודה הוצב הנייד S כאשר התקבלה הנקודה B בתרשים ב'? הסבר את תשובתך.
ד. חשב את הכא"מ ε של הסוללה, ואת ההתנגדות הפנימית שלה r.
ה. מצא את ההתנגדות החיצונית R כאשר ההספק הוא מרבי.

4) על שולחן אופקי מונחים כריכה ריבועית KLMN שאורך צלעה: $a = 0.1\text{m}$, ותיל שאורכו גדול מאוד ביחס לצלע a. התיל הארוך מקביל לצלע KN, ונמצא במרחק $y = a$ ממנה (ראה תרשים).

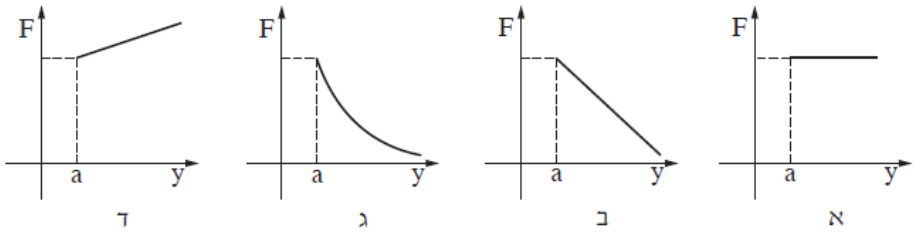


בתיל הארוך עובר זרם שעוצמתו: $I_1 = 8\text{A}$, ודרך הכריכה הריבועית עובר זרם שעוצמתו: $I_2 = 5\text{A}$. כיווני הזרמים מוצגים בתרשים.

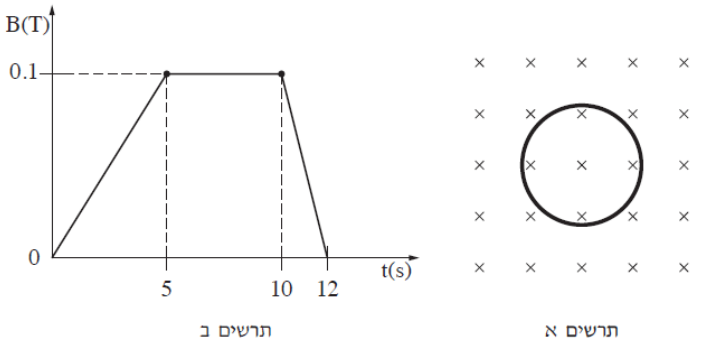
א. מצא את הכוח (גודל וכיוון) שהתיל הארוך מפעיל על הצלע KN של הכריכה.
ב. מצא את הכוח (גודל וכיוון) שהתיל הארוך מפעיל על הכריכה הריבועית כולה.
ג. מצא את הכוח (גודל וכיוון) שהכריכה מפעילה על התיל. הסבר את תשובתך.
ד. קבע בלי לחשב, אם גודל הכוח שמפעיל התיל הארוך על הצלע האנכית KL גדול מגודל הכוח שמפעיל התיל הארוך על הצלע KN, קטן ממנו או שווה לו. הסבר את תשובתך.

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

ה. איזה מבין הגרפים א'-ד' שלהלן מתאר נכון את גודל הכוח שהתיל הארוך מפעיל על הכריכה כפונקציה של המרחק y (התעלם מזרמים במערכת הנוצרים מהשראה אלקטרו-מגנטית)? הסבר את תשובתך.



5) בתרשים א' מוצגת טבעת מוליכה שרדיוסה $r = 3cm$. שדה מגנטי אחיד ניצב למישור הטבעת. גודל שדה זה משתנה כפונקציה של הזמן כמוצג בתרשים ב'.



א. חשב את גודל הכא"מ המושרה בטבעת מהשנייה $t = 0$ עד $t = 5sec$.

ב. סרטט גרף המתאר את הכא"מ המושרה בטבעת כפונקציה של הזמן מהשנייה $t = 0$ עד $t = 12sec$.

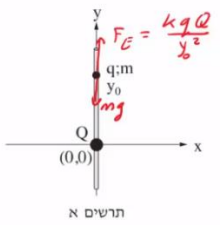
ג. קבע מה הם פרקי הזמן שבהם זורם זרם מושרה בטבעת, ומהו כיוון הזרם בכל פרק זמן (עם כיוון השעון או נגד כיוון השעון).
הסבר את תשובתך.

ד. ההתנגדות החשמלית של הטבעת היא: $R = 5\Omega$. חשב את ההספק המתפתח בטבעת בשנייה $t = 7sec$ ובשנייה $t = 11sec$.

לאחר שהופסק השדה המגנטי, חותכים קטע קטן מהטבעת, ומפעילים מחדש את השדה המגנטי המשתנה כמתואר בתרשים ב'.

ה. האם הגרף שסרטטת בסעיף ב' ישתנה? האם תשתנה תשובתך לסעיף ד'?
הסבר.

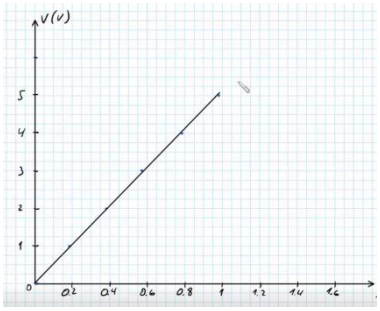
תשובות סופיות:

1) א. סרטוט: 

תרשים א

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

ד. $x_{min}=\frac{kqQ}{\frac{1}{2}mv^2+\frac{kqQ}{x_0}}$ ה. גודל המהירות: קטן, גודל התאוצה: גדל.

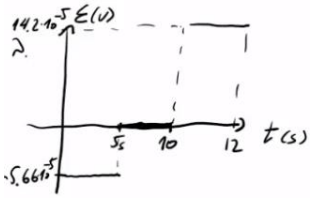
2) א. סרטוט: 

כן, $R=5.26\Omega$.

ב. $\rho=4.13\cdot10^{-6}\Omega\times m$ ג. $R_B<R_A$ ד. iii ו-iv.

3) א. אם במעגל זורם זרם אז יש הספק בהתנגדות הפנימית $P_r=I^2r$ הספק זה הוא אנרגיה שהולכת לאיבוד לחום בנגד הפנימי. ב. מתח הדקים (V).
ג. נקודה N מתאימה לנקודה B, נקודה M מתאימה לנקודה C.
ד. $\varepsilon=3V$, $r=0.5\Omega$ ה. $R=0.5\Omega$

4) א. $F=1.7\cdot10^{-6}N$, למטה. ב. $F=\frac{1.7}{2}\cdot10^{-6}N$, למטה.
ג. $F=0.85\cdot10^{-6}N$, למעלה. ד. קטן. ה. ג'.

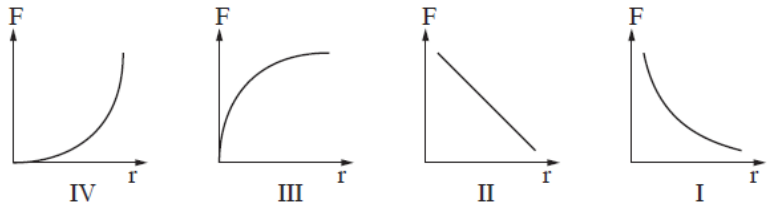
5) א. $\varepsilon=-5.66\cdot10^{-5}V$ ב. סרטוט:


ג. בפרק הזמן $0<t<5$ הזרם הוא נגד כיוון השעון.
בפרק הזמן $10<t<12$ עם כיוון השעון.
ד. $P(t=11)=4.03\cdot10^{-9}W$, $P(t=7)=0$
ה. לסעיף ב' לא תשתנה, לסעיף ד' תשתנה.

קיץ 2013:

1) נתונים שני כדורים מוליכים קטנים, A ו-B. הרדיוס של כדור A כפול מהרדיוס של כדור B. המרחק בין הכדורים גדול מאוד ביחס לרדיוסים שלהם.
המטען של כדור A הוא: $q = 6\cdot10^{-8}C$.
חיברו את הכדורים זה לזה בעזרת תיל מוליך דק. לאחר החיבור בין הכדורים השתנה המטען של כדור A, וכעת הוא: $q = 4\cdot10^{-8}C$.
הנח שכל החלקיקים שעוברים בתיל הם אלקטרונים בלבד.

א. חשב את מספר האלקטרונים שעברו בין הכדורים.
ב. האם האלקטרונים עברו מכדור A לכדור B, או מכדור B לכדור A? נמק.
ג. מהו מטענו של כדור B לאחר החיבור בין הכדורים? הסבר.
ד. האם לפני החיבור בין הכדורים היה כדור B טעון? אם לא – נמק.
אם כן – חשב את מטענו.
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:

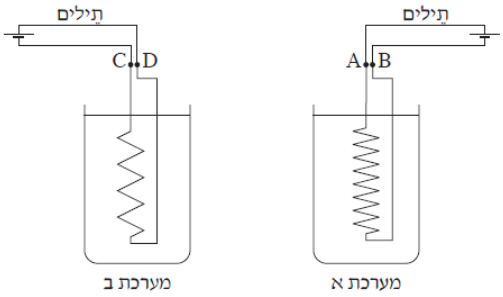


קבע איזה מבין הגרפים I-IV מתאר נכונה את גודל הכוח החשמלי, F, הפועל על כדור A כפונקציה של המרחק r בין הכדורים. נמק את קביעתך.

2) כדי לחמם כוס מים מטמפרטורת החדר עד לרתיחה, נדרשת אנרגיה בשיעור $63,000J$.

א. חשב מה צריך להיות ההספק (הממוצע) של גוף חימום כדי שהמים ירתחו בתוך 2 דקות (הנח שכל האנרגיה של גוף החימום עוברת למים).

בסרטוט שלפניך מוצגות שתי מערכות, מערכת א' ומערכת ב', כל מערכת מורכבת מכוס מים שטבול בה גוף חימום. הכוסות וכמות המים בשתי המערכות זהות ואילו גופי החימום שונים.
כל אחד מגופי החימום מפתח אותו הספק – ההספק שחישבת בסעיף א'.
במערכת א' המתח בין ההדקים של גוף החימום הוא: $V_{AB} = 240V$.
במערכת ב' המתח בין ההדקים של גוף החימום 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.

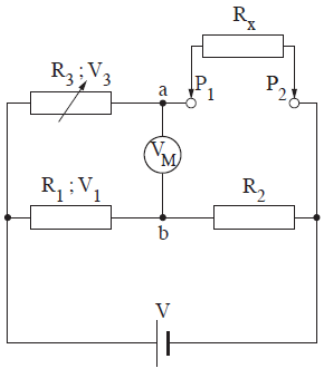
ג. חשב מהו ההספק המתפתח על תילים אלה בכל אחת מהמערכות.

ד. חשב את הנצילות (יעילות) של כל אחת מהמערכות (הזנח את ההתנגדות הפנימית של מקור המתח).

ה. בארצות הברית המתח ברשת החשמל הוא $120V$, ואילו בישראל המתח הוא $240V$. הסתמך על משמעות התוצאות שחישבת בסעיף ד' בלבד, וקבע באיזו רשת חשמל הנצילות גדולה יותר, בישראל או בארצות הברית. נמק את קביעתך.

3) בתרשים שלפניך מוצג מעגל חשמלי שבעזרתו אפשר למדוד התנגדות לא ידועה של נגד R_x. המעגל 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 אידאלי V_M.



לצורך מדידת ההתנגדות של R_x מחברים אותו בין הנקודות P_1 ו-P_2, ומשנים את ההתנגדות של הנגד המשתנה R_3 עד שמד המתח מורה אפס.

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

ב. הוכח שכאשר מד המתח מורה אפס, אפשר לחשב את R_x בעזרת הביטוי: $R_x = \frac{R_2}{R_1}R_3$.

נתון:

$R_1 = 30k\Omega$

$R_2 = 10k\Omega$

$R_x = 2k\Omega$

ג. חשב את ההתנגדות של R_3.

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

התנגדות הרכיב כתלות בטמפרטורה	
הטמפרטורה $(°C)$	ההתנגדות (Ω)
0	32,660
5	25,400
10	19,900
15	15,710
20	12,500
25	10,000
30	8,000
35	6,500
40	5,300

ד. היעזר בנתונים שבטבלה והערך את הטמפרטורה של הרכיב כאשר מד המתח מורה אפס, בכל אחד משני המצבים i-ii.

i. $R_3 = 30k\Omega$

ii. $R_3 = 54k\Omega$

4) תלמיד התבקש למדוד את B_E, הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ.

לצורך המדידה הוא מתח תיל ישר וארוך על פני שולחן אופקי בכיוון צפון-דרום (של השדה המגנטי הארצי). אל התיל הוא חיבר בטור מקור מתח, נגד משתנה ואמפרמטר. התלמיד הציב מצפן בגובה h מעל התיל, כך שמישור המצפן מקביל לפני השולחן. התלמיד שינה את הגובה h כמה פעמים. בכל פעם הוא כיוון את הזרם בעזרת הנגד המשתנה, ובדק באיזו עוצמת זרם מחט המצפן סוטה בזווית של $45°$ מהכיוון שאליו היא הצביעה כאשר לא עבר זרם בתיל.
תוצאות המדידות מוצגות בטבלה שלפניך:

$h(cm)$	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
$I(A)$	1.5	2.0	2.9	3.6	4.5

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.

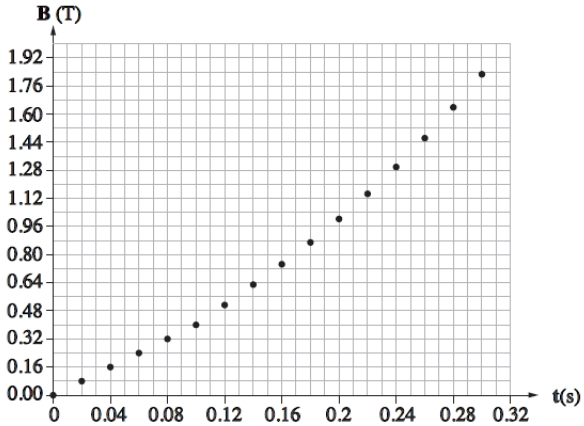
ד. התלמיד כתב בטבלה שהזרם המתאים לגובה 1.5 ס"מ הוא 2.0A, ולא 2A. הסבר מדוע.

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

i. פונה אל הקוטב המגנטי הארצי הצפוני או הדרומי.

ii. פונה בקירוב אל הקוטב הגאוגרפי הצפוני או הדרומי.

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



א. קבע אם הכא"מ המושרה בכריכה הוא קבוע או משתנה, בכל אחד מפרקי הזמן שלפניך:

i. $0 \le t \le 0.10\,\text{sec}$

ii. $0.14\,\text{sec} \le t \le 0.30\,\text{sec}$

נמק את קביעותיך.

ב. חשב את הכא"מ 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:

האם הוא בכיוון זהה לכיוון של $\vec{B}$, בכיוון מנוגד לכיוון של $\vec{B}$ או בכיוון ניצב לכיוון של $\vec{B}$? נמק.

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

תשובות סופיות:

1) א. $n_e \approx 10^{11}$ ב. מכדור B לכדור A. ג. $q_B = 2\cdot10^{-8}C$

ד. לא, $q_B = 0$. ה. I

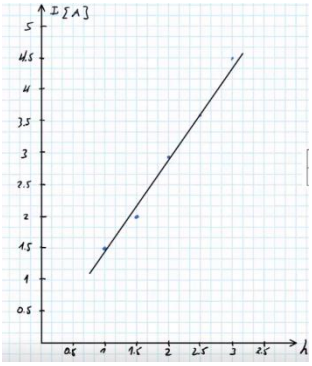
2) א. $\bar{P} = 525W$ ב. $I_{AB} = 2.1875A$, $I_{CD} = 21.875A$

ג. $P_A = 0.4785W$, $P_B = 47.85W$ ד. $\eta_A = 99.9\%$, $\eta_B \approx 91.65\%$

ה. בישראל.

3) א. הוכחה. ב. הוכחה. ג. $R_3 = 6k\Omega$

ד.i. $T = 25°$ ד.ii. $T = 12°$

4) א. סרטוט: 

ב. הוכחה.

ג. $B_E = 3.04\cdot10^{-5}T$ ד. הספרה 0 לאחר הנקודה מציינת את גובה הדיוק במדידת הזרם.

ה.i. דרומי. ii. צפוני.

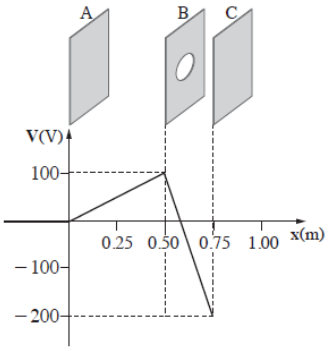
5) א.i. קבוע. ii. משתנה.

ב. $\varepsilon(t=0.06) = -5.03\cdot10^{-3}V$, $\varepsilon(t=0.20) = -8.80\cdot10^{-3}V$

ג. כיוון מנוגד. ד. $\varepsilon(t=0.06) = 0$

קיץ 2014:

1) מערכות חשמליות רבות, לדוגמה מערכת להאצת חלקיקים, כוללות לוחות טעונים בדומה למערכת המוצגת לפניך.
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 שלפניך מתאר את הפוטנציאל החשמלי בין הלוחות.



א. קבע את הכיוון של השדה החשמלי בין לוח A ללוח B, ואת הכיוון של השדה החשמלי בין לוח B ללוח C. נמק את קביעותיך.

ב. חשב את עוצמת השדה החשמלי בין לוח A ללוח B $\left(E_{AB}\right)$, ואת עוצמת השדה החשמלי בין לוח B ללוח C $\left(E_{BC}\right)$.

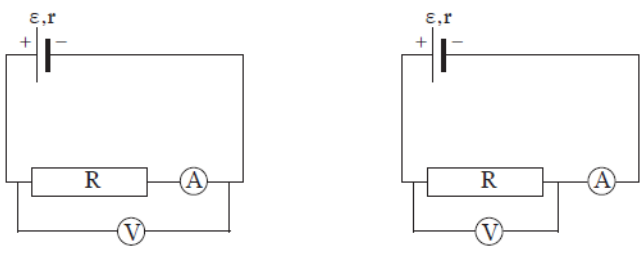
חלקיק טעון במטען שלילי משוחרר ממנוחה ממרכז לוח A.

ג. הסבר מדוע תנועת החלקיק בין לוח A ללוח B היא תנועה שוות תאוצה (הזנח את כוח הכבידה הפועל על החלקיק).

ד. חשב את המהירות המרבית (המקסימלית) של החלקיק בתנועתו בין לוח A ללוח B.
נתון: מסת החלקיק: $m = 8\cdot10^{-25}\,kg$ ומטען החלקיק: $q = -6.4\cdot10^{-19}\,C$.

ה. החלקיק עובר לאזור שבין לוח B ללוח C דרך החור הקטן שבלוח B.
האם החלקיק יגיע ללוח C?

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



תרשים א

תרשים ב

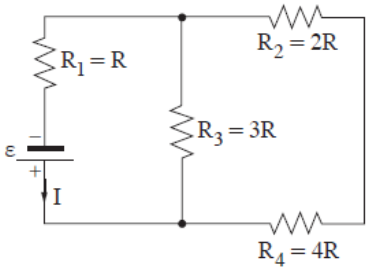
א. התלמידה הרכיבה במעגלים מד זרם שאינו אידאלי.
קבע אם המתח הנמדד בשני המעגלים שווה או שונה.
אם המתח הנמדד שווה – הסבר מדוע. אם המתח הנמדד שונה – קבע באיזה מעגל הוא גדול יותר, והסבר מדוע.

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

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

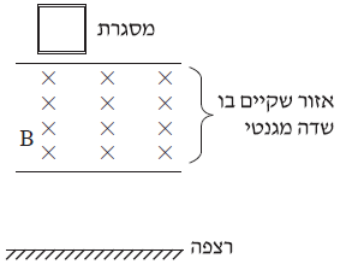
ב. סרטט גרף של המתח כפונקציה של עוצמת הזרם, לפי המדידות של התלמידה.
ג. התבסס על הגרף, וחשב את הכא"מ (ε) ואת ההתנגדות הפנימית (r) של הסוללה.
ד. האם יש דרך למדוד ישירות (ללא חישוב) כא"מ של סוללה?
אם כן – הסבר כיצד. אם לא – הסבר מדוע.
ה. האם יש דרך למדוד ישירות (ללא חישוב) התנגדות פנימית של סוללה?
אם כן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

3) באיור שלפניך מוצג מעגל חשמלי שמחוברים בו ארבעה נגדים וסוללה אידאלית 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 התנגדות גדולה יותר. קבע אם תשתנה עוצמת הזרם העובר דרך הנגד R_1. אם כן, כיצד היא תשתנה? נמק את קביעתך.
ה. מחליפים את הנגד R_4 בחוט מבודד. חשב את עוצמת הזרם העובר דרך כל אחד משלושת הנגדים.

4) לצורך ניסוי, קבוצת תלמידים שיחררה ממנוחה מסגרת ריבועית העשויה מתיל מוליך. בעת נפילתה, המסגרת חולפת דרך אזור שבו מצוי שדה מגנטי שכיוונו אל תוך הדף (ראה איור).
שים לב: השדה אינו פועל עד הרצפה.
המסגרת נפלה בצורה אנכית ולא הסתובבה באוויר, עד שהגיעה לרצפה.



אפשר לחלק את תנועת המסגרת לשלושה שלבים:

i. מתחילת כניסתה לתוך השדה המגנטי עד שכולה בתוכו.
ii. כאשר המסגרת נמצאת כולה בתוך השדה ונעה בתוכו.
iii. מרגע שהמסגרת מתחילה לצאת מהשדה עד שהיא יוצאת ממנו לגמרי.

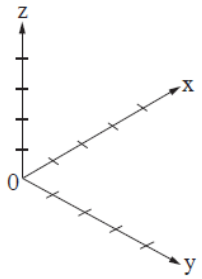
א. במהלך כל אחד מהשלבים iii-i ציין את הכוחות הפועלים על המסגרת, וקבע אם הכוח השקול הפועל עליה גדל, קטן או לא משתנה. נמק את קביעותיך.
ב. לכל אחד מהשלבים iii-i:
קבע אם זרם זרם דרך המסגרת, ואם כן – מהו כיוון הזרם (בכיוון השעון או נגד כיוון השעון). אם לא זרם זרם – הסבר מדוע.

נתון: מסת המסגרת: $m = 0.1kg$, אורך צלעה: $x = 0.5m$, התנגדותה: $R = 1\Omega$,
עוצמת השדה המגנטי: $B = 0.5T$.
ברגע מסוים בזמן הנפילה של המסגרת, התאוצה שלה התאפסה $(a = 0)$.

ג. חשב את עוצמת הזרם הזורם במסגרת ברגע זה, וציין את כיוונו.
ד. חשב את מהירות התנועה של המסגרת ברגע זה.

5) בסדרת ניסויים חקרו את התנהגותם של חלקיקים טעונים באזור שבו הופעלו שדה מגנטי ושדה חשמלי. מטענו של כל חלקיק הוא q+ ומסתו היא m.
(הזנח את השפעתו של כוח הכבידה).
בשלב ראשון, הפעילו באזור רק שדה מגנטי B, בכיוון החיובי של ציר ה-x.
את החלקיקים הטעונים הכניסו אל תוך השדה המגנטי במהירות שגודלה V.
נמצא שהחלקיקים המשיכו לנוע בקו ישר.

א. החלקיקים נעו במקביל לאחד הצירים: x, y, z המוצגים במערכת הצירים שבתרשים א'.
קבע במקביל לאיזה ציר נעו החלקיקים. נמק את קביעתך.

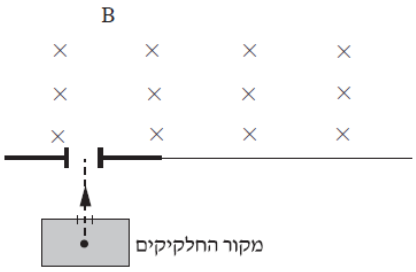


תרשים א

בשלב שני נוסף על השדה המגנטי B הפעילו גם שדה חשמלי E, בכיוון החיובי 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 לאזור אחר שבו פעל רק השדה המגנטי (ראה תרשים ב').



תרשים ב

ג. החלקיקים ינועו בקו ישר באזור שבו פועלים שני השדות רק כאשר מתקיים 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 בתרשים ב יכולה לשמש להפרדת איזוטופים של יסוד כלשהו.

תשובות סופיות:

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

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

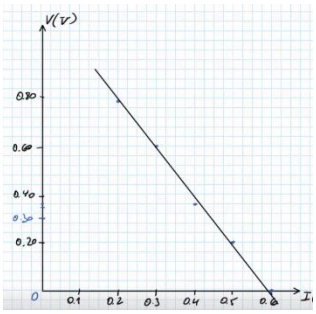
ג. F קבוע $\leftarrow$ a קבוע.

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

ה. לא.

2) א. המתח הנמדד שונה, בתרשים ב' גדול יותר.

ב. סרטוט:



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

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

ה. לא, אין מד התנגדות בצורה ישירה.

3) א. $V_3 > V_4$

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

ג. $P_2 < P_4 < P_1 < P_3$

ד. כן, תקטן.

ה. $I' = \frac{3}{4}I$

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

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

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

ג. $I = 4A$

ד. $V = 16\frac{m}{sec}$

5) א. ציר ה-x.

ב. נעו בקו עקום.

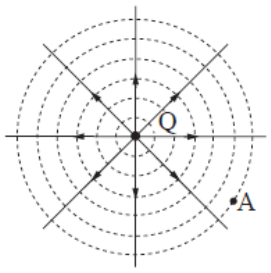
ג. $V = \frac{E}{B}$, $V = \frac{E}{Bsin}\alpha$

ד. הכוח המגנטי קבוע כי המהירות והשדה קבועים ומאונך למהירות לכן מתבצעת תנועה מעגלית.

ה. $m = \frac{qBR}{V}$

קיץ 2015:

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

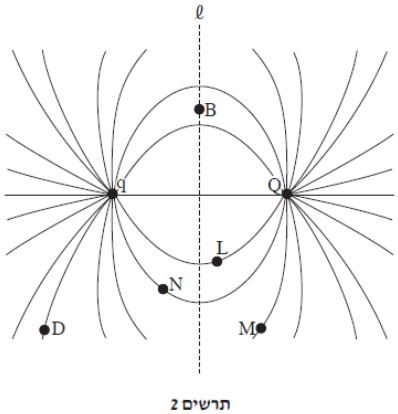


תרשים 1

א. האם המטען Q חיובי או שלילי? נמק.

ב. נתון: בנקודה A, הנמצאת במרחק $d=10cm$ מן המטען Q (ראה תרשים 1).
עוצמת השדה החשמלי היא: $E=100\frac{V}{m}$.
חשב את הגודל של המטען Q.

מביאים מטען נקודתי נוסף, q, לנקודה הנמצאת משמאל 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 הכיוונים של קווי השדה, והתרשים סימטרי משני צידי הישר ℓ.



תרשים 2

ג. קבע מהו המטען q (גודל וסימן). נמק.

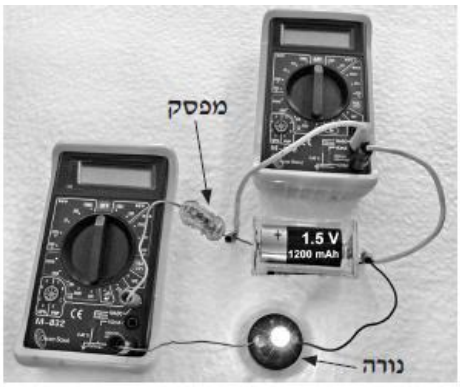
ד. נקודה B נמצאת במרחקים שווים משני המטענים הנקודתיים (ראה תרשים 2).

i. האם עוצמת השדה החשמלי בנקודה B שווה לאפס או שונה מאפס? נמק.

ii. האם הפוטנציאל החשמלי בנקודה B שווה לאפס או שונה מאפס? נמק.

ה. נקודות : $D\ ,\ M\ ,\ N\ ,\ L$ ממוקמות על קווי השדה הנראים בתרשים 2.
ידוע שכדי להעביר מטען מסוים מנקודה D לנקודה N במסלול
$D \leftarrow L \leftarrow M \leftarrow N$ נדרש לעשות עבודה בשיעור : $W = 15 \cdot 10^{-3} J$.
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 ויצרו מעגל חשמלי הכולל את רכיביו : נורה, סוללה ומפסק.
אליהם הוסיפו תילי חיבור אידאליים ושני רבי-מודדים אידאליים, האחד משמש מד-מתח והאחר מד-זרם.
לפניך תצלום של המעגל החשמלי שהרכיבו התלמידים.



תצלום 1

א. סרטט במחברתך תרשים סכמתי של המעגל החשמלי. השתמש בסימנים המקובלים.

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

ההורייה / המפסק	מד-המתח $V(V)$	מד-הזרם $I(A)$
פתוח	1.50	0.0
סגור	1.35	0.3

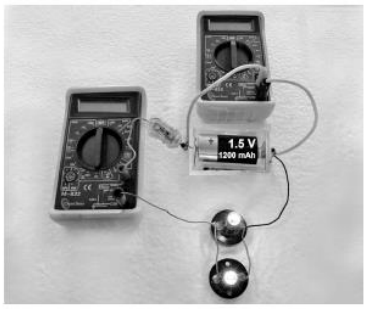
ב. ענה על הסעיפים הבאים:

i. אור ציין שלפני המדידות הוא שיער שגם כאשר המפסק יהיה סגור, הוריית 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.

ii. חשב את ההתנגדות הפנימית של הסוללה.

ג. 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

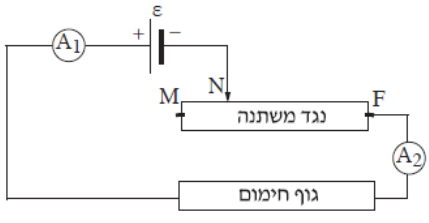
ד. ענה על הסעיפים הבאים:

i. קבע אם במעגל חשמלי זה הוריית מד-הזרם גדולה מ- $0.3A$, קטנה מערך זה או שווה לו. נמק את קביעתך.

ii. קבע אם במעגל חשמלי זה הוריית מד-המתח גדולה מ- $1.35V$, קטנה מערך זה או שווה לו. נמק את קביעתך.

ה. נור הבחינה בנתון נוסף שרשום על הסוללה: $1,200mAh$.
התלמידים מצאו שהפירוש של נתון זה הוא 1,200 מיליאמפר × שעה.
קבע מהו הגודל הפיזיקלי שנתון זה מייצג. פרט את שיקוליך.

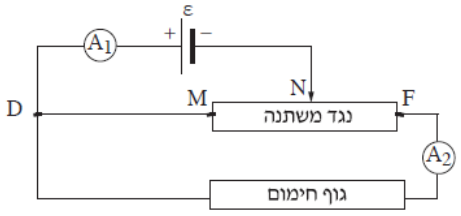
3) במעגל המוצג בתרשים 1 שלפניך מחוברים גוף חימום שהתנגדותו $R = 23\Omega$, נגד משתנה MF שהתנגדותו המרבית $R = 23\Omega$, מקור מתח שהכא"מ שלו $\varepsilon = 230V$ ושני מדי-זרם A_1 ו- A_2.
ההתנגדויות של כל הרכיבים זניחות, מלבד אלה של שני הנגדים.



תרשים 1

א. מזיזים את המגע הנייד מהנקודה M לעבר הנקודה F.
לפניך ארבעה היגדים i-iv. קבע מהו ההיגד הנכון ונמק את קביעתך.
i. הוריית A_1 גדלה, והוריית A_2 קטנה.
ii. הוריית A_1 קטנה, והוריית A_2 גדלה.
iii. הוריית A_1 ו-A_2 גדלות.
iv. הוריית A_1 ו-A_2 קטנות.

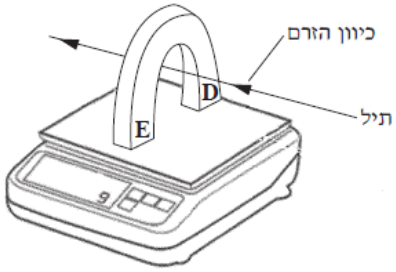
מחזירים את נקודת המגע N לאמצע הנגד המשתנה MF.
ב. חשב את הגלים האלה:
i. עוצמת הזרם בגוף החימום.
ii. כמות החום המתפתחת בגוף החימום במשך 5 דקות.
ג. חשב את נצילות המעגל, בהנחה שהחום המתפתח בגוף החימום מנוצל במלואו והחום המתפתח בנגד המשתנה אינו מנוצל כלל.
ד. מוסיפים למעגל תיל חסר התנגדות המחבר בין הנקודות M ו-D (ראה תרשים 2).



תרשים 2

i. האם במעגל זה הוריית מד-הזרם A_1 גדולה מהוריית מד-הזרם A_2, קטנה ממנה או שווה לה? נמק.
ii. קבע אם הנצילות של מעגל זה גדולה מנצילות המעגל שחישבת בתשובתך על סעיף ג', קטנה ממנה או שווה לה. נמק את קביעתך.

4) התרשים שלפניך מתאר ניסוי שערך תלמיד. התלמיד הציב מאזניים דיגיטליים על שולחן והפעיל אותם. הוריית המאזניים הייתה 0.
אחר כך הוא הציב מגנט פרסה על המשטח העליון של המאזניים. קוטבי המגנט מסומנים בתרשים באותיות D ו-E.
לבסוף העביר התלמיד תיל מוליך בין קוטבי המגנט כמתואר בתרשים:
התיל אינו מונח על משטח המאזניים ולא על המגנט, וכיוונו מאונך לכיוון קווי השדה המגנטי שמקורם במגנט. התיל מחובר בטור למקור-מתח ולמד-זרם (שאינם נראים בתרשים).
הנח כי השדה המגנטי באזור המאזניים קבוע, וכי האורך של קטע התיל הנמצא בשדה המגנטי הוא $\ell = 0.1\text{m}$.
בתשובותיך הזנח את השפעות השדה המגנטי של כדור הארץ על מערכת הניסוי.

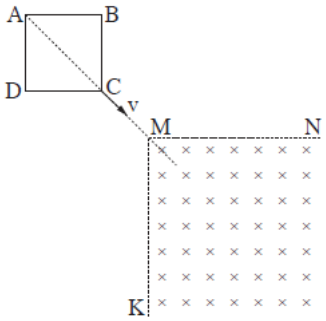


התלמיד העביר בתיל זרמים בכמה עוצמות. בכל העברת זרם הוא מדד את עוצמת השרם בתיל ואת הוריית המאזניים. תוצאות המדידות מוצגות בשורות 1, 2 בטבלה שלפניך.
בסוף הניסוי החסיר התלמיד מכל אחד מערכי הוריית המאזניים שמדד (שורה 2 בטבלה) את ערך הוריית המאזניים שהתקבל בעוצמת זרם אפס.
תוצאות החישובים האלה הם ערכי הכוח F (שורה 3 בטבלה).

1	**עוצמת הזרם בתיל** $I(A)$	0	4	8	12	16	20
2	**הוריית המאזניים** (N)	1.500	1.509	1.524	1.530	1.548	1.555
3	**הכוח F** (N)	0	0.009	0.024	0.0030	0.048	0.055

א. היעזר בנתונים שבטבלה וחשב את מסת המגנט.
ב. כאשר עוצמת הזרם הייתה 4A כיוון הזרם היה כמתואר 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:
i. סרטט במחברתך דיאגרמת פיזור של הכוח F (שורה 3 בטבלה), כפונקציה של עוצמת הזרם בתיל I (שורה 1 בטבלה).
ii. הוסף לדיאגרמת הפיזור קו מגמה קווי (לינארי).
ה. חשב את עוצמת השדה המגנטי באזור המאזניים.

5) 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 $t=0$ 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 $t=\mathrm{T}$ קודקוד A מגיע לקודקוד M.
t הוא רגע כלשהו בין הרגע t_0 לרגע T.

א. ענה על הסעיפים הבאים:

i. מדוע זורם בתיל זרם ברגע t?

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

ב. בתת-סעיפים i-iii שלפניך בטא את הגדלים ברגע t באמצעות נתוני השאלה: $\mathrm{R}\ ,\mathrm{v}\ ,\mathrm{B}$ ו-t או באמצעות חלק מהם:

i. השטף המגנטי דרך הריבוע התחום על ידי המסגרת.

ii. הכא"מ המושרה בתיל.

iii. עוצמת הזרם בתיל.

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

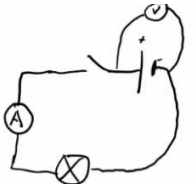
תשובות סופיות:

1) א. חיובי, קווי השדה מצביעים כלפי חוץ. ב. $Q=1.11\cdot10^{-10}C$

ג. $q=1.11\cdot10^{-10}C$, שלילי. ד.i. שונה מאפס. ii. שווה לאפס.

ה. $W=15\cdot10^{-3}J$

2) א. סרטוט:



ב.i. כאשר הזרם הוא אפס אז מתח ההדקים שווה לכא"מ האידאלי של הסוללה, כאשר יש זרם מתח ההדקים קטן מהכא"מ. ii. $r=0.5\Omega$

ג. $I=3A$ ד.i. גדולה. ii. קטנה.

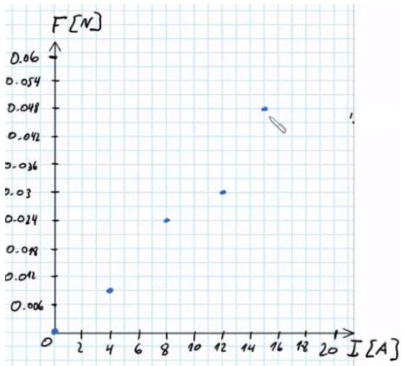
ה. הגודל הפיזיקלי הוא מטען.

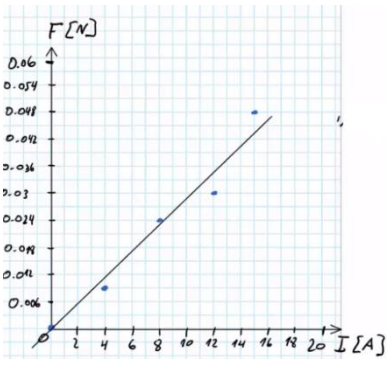
3) א. היגד iii. ב.i. $I=6.667A$ ii. $Q=306,667J$

ג. $\eta=66.7\%$ ד.i. $I_2<I_1$ ii. $\eta=16.66\%<66.7\%$

4) א. $m=0.15kg$ ב. לא שינה. ג. D הצפוני, E הדרומי.

ד.i. סרטוט: ii. סרטוט:





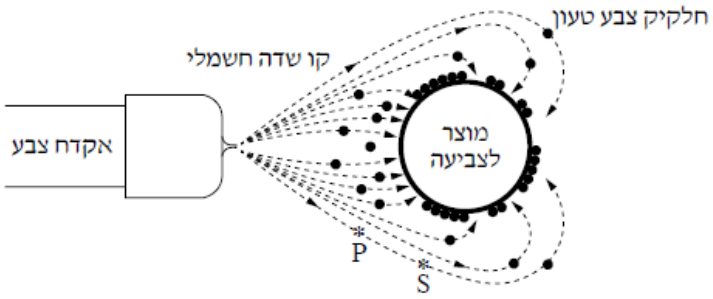
ה. $B=2.88\cdot10^{-2}T$

5) א.i. חוק פארדיי. ii. נגד השעון. ב.i. $\phi_B=B\cdot\frac{V^2\cdot t^2}{2}$

ii. $\varepsilon=-BV^2t$ iii. $I=\frac{BV^2t}{R}$ ג. לא קבועה.

קיץ 2016:

1) כדי לשמור על איכות הסביבה, במפעלי מתכת רבים צובעים כיום מוצרים בשיטת הצביעה האלקטרוסטטית במקום לצבוע בשיטות צביעה מסורתיות. במהלך הצביעה האלקטרוסטטית אקדח צביעה מתיז אבקת צבע, המורכבת מחלקיקים שנטענים במטען חשמלי במהלך ההתזה. חלקיקי הצבע ייצמדו למוצר שהוא גוף מתכתי טעון. בתרשים שלפניך מוצגת מערכת צביעה, ובה המוצר הנצבע הוא כדור מתכתי טעון. החיצים שבתרשים מייצגים את הכיוון של קווי השדה החשמלי בסביבת העבודה. כוח הכובד זניח.



א. הגדר את המושג: "קו שדה חשמלי".

ב. היעזר בתרשים, וקבע אם המטען של חלקיקי הצבע חיובי או שלילי. נמק את קביעתך.

חלקיק צבע שמטענו: $|q| = 5 \cdot 10^{-13} C$ נע לאורך קו השדה P לנקודה S (ראה תרשים).

נתון: המרחק בין P ל-S הוא: $d = 0.1m$.

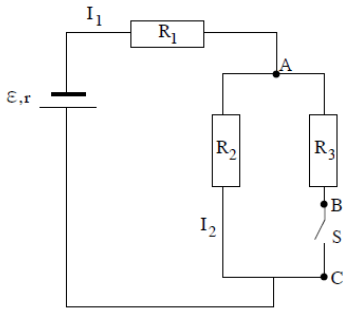
הפרש הפוטנציאלים בין הנקודות P ו-S הוא: $|\Delta V| = 50kV$.

ג. קבע לאיזו משתי הנקודות, P או S, יש פוטנציאל גבוה יותר. נמק את קביעתך.

ד. הנח שהשדה החשמלי באזור שבין שתי הנקודות P ו-S הוא שדה אחיד.
חשב את הכוח החשמלי שפועל על חלקיק הצבע הטעון שנע מנקודה P לנקודה S.
שים לב: הקשר בין עוצמת השדה החשמלי האחיד ובין הפרש הפוטנציאלים 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) בתרשים שלפניך מוצג מעגל חשמלי הכולל מקור מתח, שלושה נגדים (R_1, R_2, R_3), מפסק S ותילי חיבור שהתנגדותם זניחה. הכא"מ 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 הגדלים האלה:

i. I_1

ii. ε

ב. נתון: $I_1 = 1A , R_1 = 1.5\Omega , R_2 = 4\Omega , R_3 = 2\Omega , r = 0.5\Omega$.
חשב את הכא"מ של מקור המתח, ואת מתח ההדקים במעגל.

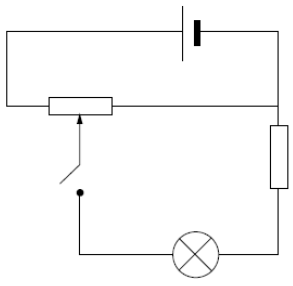
ג. חשב את המתחים V_{AB} ו- V_{BC}.

בשלב השני פתחו את מפסק S.

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

ה. באיזה משני המצבים, מפסק סגור או מפסק פתוח, נצילות המעגל גדולה יותר? נמק את קביעתך. אין צורך לחשב.

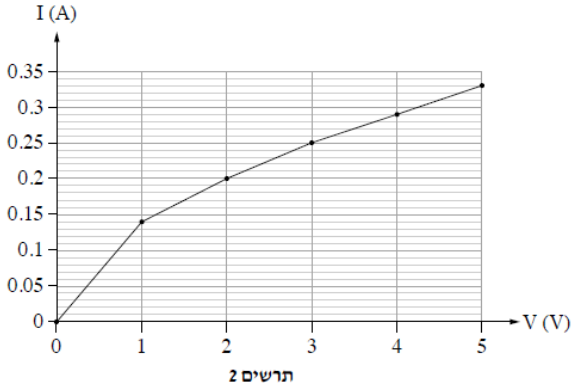
3) תלמידה ערכה ניסוי לבדיקת התלות שבין עוצמת הזרם בנורת להט ובין המתח על הנורה. לשם כך היא הרכיבה מעגל הכולל מקור מתח, נורה, נגד קבוע, נגד משתנה, מפסק ותילי חיבור (שהתנגדותם זניחה) ראה תרשים 1.
התלמידה ערכה מדידות אחדות בעזרת מכשירי מדידה אידיאליים.
את תוצאות המדידות היא הציגה בגרף מקורב, המתאר את הקשר בין שני המשתנים (הזרם והמתח).



תרשים 1

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

בתרשים 2 שלפניך מוצג הגרף שסרטטה התלמידה:



תרשים 2

על פי הגרף:

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

i. $0 < V < 1V$

ii. $3V < V < 5V$

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

i. $V = 1V$

ii. $V = 5V$

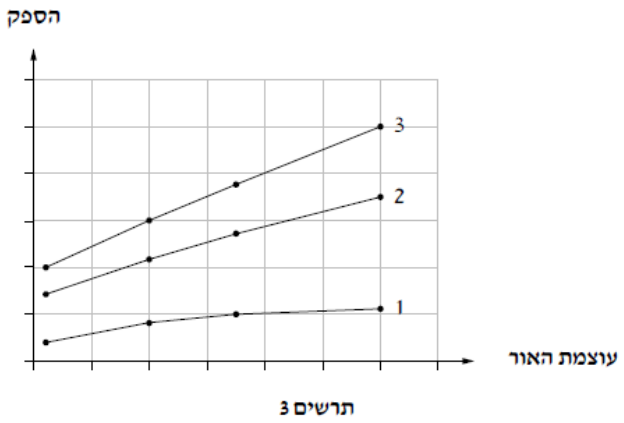
ד. נתונה כמות האנרגיה המתבזבזת בנורה (בעיקר על חום) במשך שנייה אחת:

i. כאשר: $E = 0.132J$, $V = 1V$.

ii. כאשר: $E = 1.52J$, $V = 5V$.

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

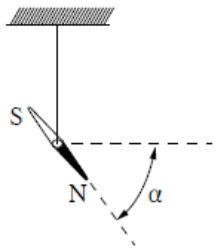
נורות להט מוחלפות כיום בנורות מסוגים אחרים (כגון נורות LED או נורות PL) בעיקר בשל הנצילות הנמוכה מאוד של נורות להט.
בתרשים 3 שלפניך מוצגים ההספקים של נורת PL, נורת להט ונורת LED, כפונקציה של עוצמת האור שהן מפיקות.



תרשים 3

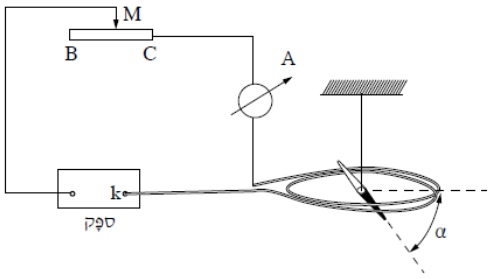
ה. קבע איזה מן הגרפים, 1, 2 או 3, מתאר נורת להט. נמק את קביעתך.

4) תלמיד ערך ניסוי למדידת הגודל של השדה המגנטי של כדור הארץ, B_E, בסביבת מגוריו. כדי למצוא את כיוון השדה, הוא תלה 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 $\alpha = 53°$.
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 $r = 20cm$.



תרשים 2

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

א. על פי הכיוון של השדות המגנטיים, קבע אם ההדק k של הספק הוא חיובי או שלילי. נמק את קביעתך.

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

ג. כאשר המחט התייצבה במצב אופקי, מד הזרם הורה 3.2A.
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 גרף. לשם כך הוא חזר על המדידות כמה פעמים, ובכל פעם שינה את מספר הכריכות.

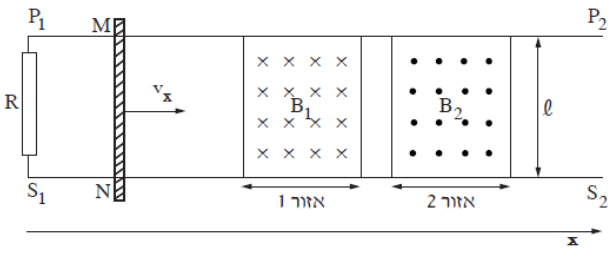
בכל מדידה הוא רשם את מספר הכריכות N ואת הזרם I שהתקבל כאשר המחט התלויה התייצבה במצב אופקי ($\alpha = 0°$). התלמיד חישב את הערכים של $\frac{1}{I}$ ורשם גם אותם. התוצאות מוצגות בטבלה שלפניך:

כריכות 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 במחברתך גרף של $\frac{1}{I}$ כפונקציה של מספר הכריכות N.

ה. חשב באמצעות שיפוע הגרף את גודל הרכיב האנכי של השדה המגנטי של כדור הארץ, $B_{E\perp}$.

5) בתרשים שלפניך מוצגת מערכת ניסוי, במבט מלמעלה.
המערכת מורכבת משתי מסילות חלקות, S_1S_2 ו- P_1P_2, המונחות במקביל על שולחן אופקי, במרחק ℓ, זו מזו (ראה תרשים). על המסילות מונח מוט MN שמסתו m. המסילות והמוט מוליכים, והתנגדותם זניחה. (התנגדות האוויר ניתנת אף היא להזנחה). נגד R מחבר בין הקצוות P_1 ו- S_1 של המסילות.
בין המסילות באזור 1 ($0 \le x \le 0.4\text{m}$) יש שדה מגנטי B_1, ובין המסילות באזור 2 ($0.5\text{m} \le x \le 0.9\text{m}$) יש שדה מגנטי B_2.
שני השדות קבועים, מאונכים למישור השולחן ושווים בגודלם: $|B_1| = |B_2| = 0.04\text{T}$.
הכיוונים של השדות מסומנים בתרשים.
נתון: $\ell = 50\text{cm}$, $R = 4\Omega$.



בניסוי המוט MN נכנס לאזור 1 במהירות של $v_x = 2\frac{\text{m}}{\text{sec}}$. 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 בנגד R.
אם לא – נמק מדוע.
אם כן – מצא את גודלו של הזרם ואת כיוונו (מ-S_1 ל-P_1 או מ-P_1 ל-S_1).

ב. קבע אם עבודתו של הכוח F_1, הדרושה לקיומה של תנועה קצובה זו באזור 1 גדולה מכמות החום המתפתחת בנגד R באותו פרק זמן, קטנה או שווה לה. נמק את קביעתך במילים 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 שמהירותו ההתחלתית של המוט באזור זה היא: $2\frac{m}{sec}$).

ג. קבע במקרה זה את כיוונו של הזרם בנגד R (מ-S_1 ל-P_1 או מ-P_1 ל-S_1).

ד. בטא את הזרם בנגד כפונקציה של הזמן. רגע הכניסה של המוט לאזור 2 הוא $t=0$.

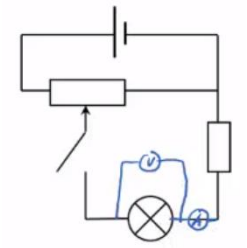
ה. קבע אם עבודתו של כוח F_2, הדרושה לקיומה של תנועה זו באזור 2, גדולה מכמות החום המתפתחת בנגד R באותו פרק זמן, קטנה ממנה או שווה לה. נמק בלי לחשב.

תשובות סופיות:

1) א. ראה סרטון. ב. חיובי. ג. P - פוטנציאל גבוה יותר.
ד. $F = 2.5\cdot10^{-7}\,N$ ה. $\Delta U = 2.5\cdot10^{-8}\,J$

2) א.i. $I_2 = \left(1+\frac{R_2}{R_3}\right)$ ii. $\varepsilon = I_2R_2 + I_2\left(1+\frac{R_2}{R_3}\right)(R_1+r)$
ב. $\varepsilon = 20V$, $V=17V$ ג. $V_{BC}=0$, $V_{AB}=8V$ ד. $V_{BC}=13.33V$, $V_{AB}=0$
ה. מפסק פתוח.

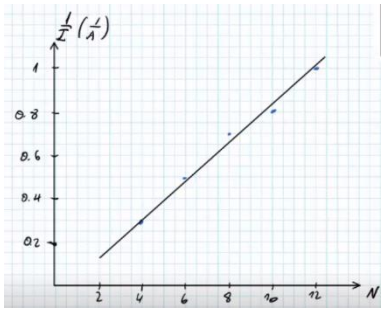
3) א. סרטוט:



ב.i. $R\approx7.14\Omega$ ii. $R=25\Omega$

ג.i. $P=0.14W$ ii. $P=1.65W$ ד.i. $\eta=5.71\%$ ii. $\eta\approx7.88\%$
ה. גרף 3.

4) א. חיובי. ב. מנקודה B ל-C. ג. $B_{E\perp}=4.04\cdot10^{-5}T$
ד. סרטוט:

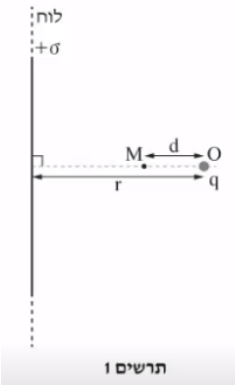


ה. $B\approx3.43\cdot10^{-5}T$

5) א. כן, $I=0.01A$, מ-P_1 ל-S_1. ב. שווה. ג. עם השעון.
ד. $I=0.005(2+5t)\,A$ ה. גדולה.

קיץ 2017:

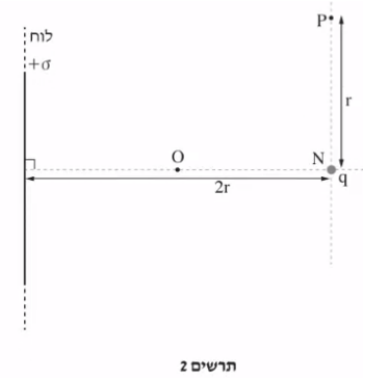
1) בתרשים 1 מוצג לוח אין-סופי דק הטעון בצפיפות מטען $+\sigma$.
בנקודה O, הנמצאת במרחק r מימין ללוח, נמצא מטען נקודתי q.
יש להזניח את כוח הכובד.
נתון כי בנקודה M הנמצאת במרחק d משמאל לנקודה O, השדה החשמלי השקול מתאפס.



תרשים 1

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

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



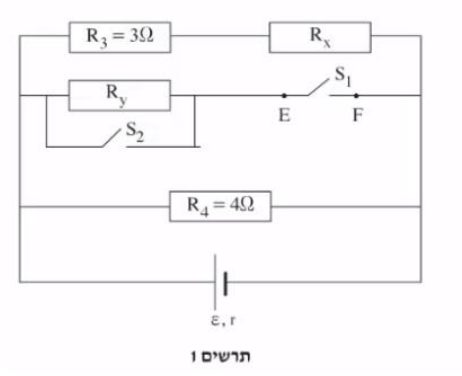
תרשים 2

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.
ד. בטא את העבודה הדרושה כדי להעביר את המטען q מן הנקודה O לנקודה N. בתשובתך השתמש בפרמטרים: σ , ε_0 , q , r.

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 ללוח האין-סופי (ראה תרשים 2).

ה. קבע את גודל העבודה הדרושה כדי להעביר את המטען מ-N ל-P. הסבר את קביעתך.

2) בתרשים 1 שלפניך מתואר מעגל חשמלי הכולל תילים שהתנגדותם זניחה, שני מפסקים S_1 ו-S_2, מקור מתח שהכא"מ שלו הוא ε והתנגדותו הפנימית היא: $r=1\Omega$, וארבעה נגדים שההתנגדויות 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 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 שיקוליך.

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

i. חשב את עוצמת הזרם הזורם דרך מקור המתח.

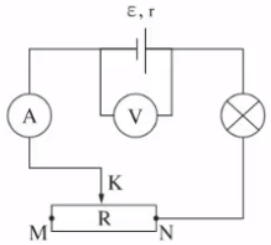
ii. חשב את הכא"מ של מקור המתח.

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

ג. קבע האם בעקבות פתיחת המפסק S_1, הזרם דרך מקור המתח גדל, קטן או אינו משתנה. הסבר את קביעתך.

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

3) תלמיד בנה מעגל חשמלי הכולל מקור מתח לא 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.

מיקום הגררה	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. סרטט במחברתך גרף של המתח V כפונקציה של הזרם I.
הקפד על כל הכללים הנדרשים בסרטוט גרף.

ב. על פי הגרף:

i. קבע את הכא"מ של מקור המתח. פרט את שיקוליך.

ii. חשב את ההתנגדות הפנימית (r) של מקור המתח.

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.

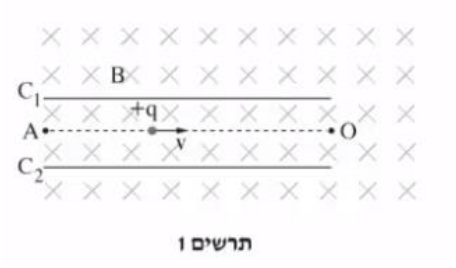
ג. קבע באיזו מבין הנקודות 1-5 (ראה טבלה) הנורה דולקת בעוצמת האור הגבוהה ביותר. הסבר את קביעתך.

ד. חשב את הספק הנורה בנקודה זו.

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.

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.

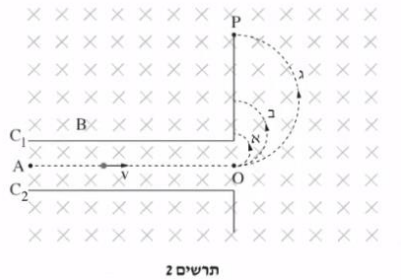
ב. קבע איזה לוח, C_1 או C_2, טעון במטען חיובי. הסבר את קביעתך.

ג. פתח ביטוי לגודל המהירות 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 בזה אחר זה בתוך בורר המהירויות לאורך הקו AO באותה מהירות v. מן הנקודה O הם עוברים לאזור שיש בו 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.

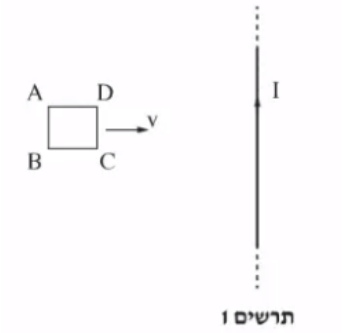
היון	המסה	המטען
1	$M_1 = m$	$Q_1 = q$
2	$M_2 = m$	$Q_2 = 2q$
3	$M_3 = 2m$	$Q_3 = q$

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

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

ו. חשב את המרחק OP.

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

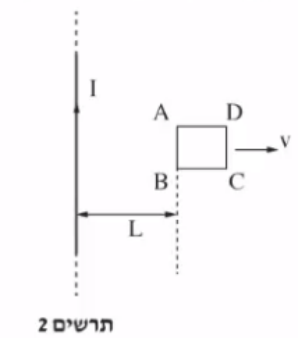


תרשים 1

א. מהו הכיוון של השדה המגנטי שיצר התיל באזור שבו המסגרת נעה?
בחר באחת מן האפשרויות האלה: ימינה, שמאלה, מעלה, מטה, אל תוך הדף, החוצה מן הדף.

ב. קבע אם הזרם בצלע AB זורם מ-A ל-B או מ-B ל-A.
הסבר את קביעתך באמצעות חוק לנץ.

בניסוי השני הניחה התלמידה את המסגרת במישור הדף 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.

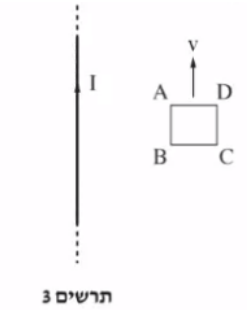
ברגע מסוים כאשר הצלע AB של המסגרת הייתה במרחק L מן התיל (ראה תרשים 2), זרם דרכה זרם I_1 בכיוון שקבעת בסעיף ג'. אורך הצלע של המסגרת הוא a.

ד. ענה על הסעיפים הבאים:

i. העתק למחברתך את תרשים המסגרת ABCD. הוסף לתרשים חיצים המייצגים באופן איכותי את הכיוון ואת הגודל של הכוחות המגנטיים הפועלים על כל אחת מצלעותיה. הקפד שאורכי החיצים ייצגו בצורה יחסית את גודלו של כל אחד מן הכוחות.

ii. בטא באמצעות הפרמטרים: I, I_1, 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 המהירות מקביל לתיל (ראה תרשים 3).



תרשים 3

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

תשובות סופיות:

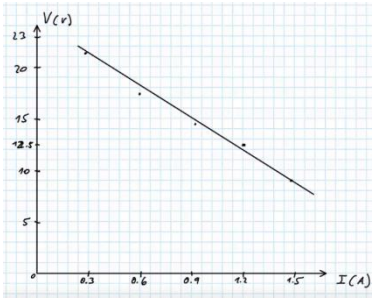
1) א. חיובי. ב. $q = 2\pi\sigma d^2$ ג. שווה. ד. $W = \frac{-q\sigma r}{2\varepsilon_0}$

ה. $W = 0$

2) א. $R_x = R_1$, $R_y = R_2$ ב.i. $I_T = 12A$ ii. $\varepsilon = 24V$ ג. קטן.

ד. $V_{EF} = 16V$

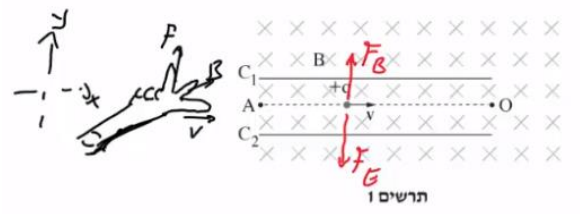
3) א. סרטוט:



ב.i. $\varepsilon = 25.3V$ ii. $r = 11.1\Omega$

ג. נקודה 5. ד. $P = 13.41W$ ה. להתלכד.

4) א. סרטוט:



תרשים 1

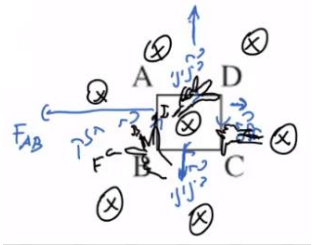
ב. C_1 חיובי

ג. $V = \frac{E}{B}$ ד. לא נדרש. ה. 1=ב' , 2=א' , 3=ג'.

ו. $OP \approx 0.2m$

5) א. החוצה מן הדף. ב. מ-B ל-A. ג. מ-B ל-A.

ד.i. סרטוט:



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

ה. הזרם יהיה אפס.