פרק 14

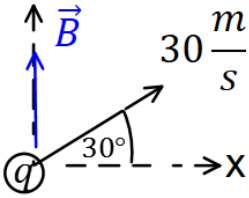
הכוח המגנטי

הכוח המגנטי 1

הכוח המגנטי:

שאלות:

1) דוגמה 1



מטען $q=2c$ נע במהירות: $v=30\frac{m}{sec}$ בכיוון 30 מעלות ביחס לציר ה-x החיובי.

במרחב ישנו שדה מגנטי אחיד: $\vec{B}=4T\,\hat{y}$.

מצא את גודל הכוח המגנטי שפועל על המטען.

2) דוגמה 2

מטען $q=3c$ נע במהירות: $\vec{v}=2\frac{m}{sec}\hat{x}+4\frac{m}{sec}\hat{y}$.

במרחב ישנו שדה מגנטי אחיד: $\vec{B}=5T\,\hat{y}$.

מצא את גודל הכוח המגנטי שפועל על המטען.

3) דוגמה 3

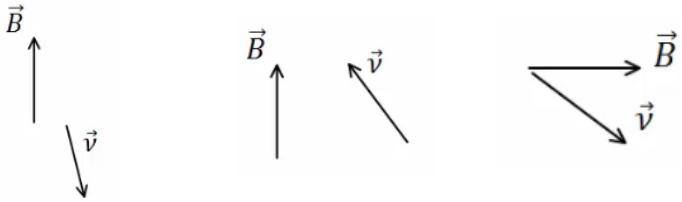
מצא את כיוון הכוח המגנטי במקרים הבאים:

א. ב. ג. ד.

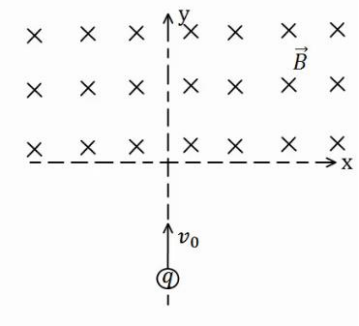
4) דוגמה 5

מצא את כיוון הכוח המגנטי במקרים הבאים:

א. ב. ג.



5) דוגמה 6

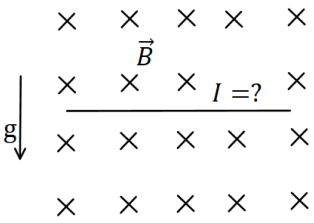


מטען $q=4c$ נע מ- $y=-\infty$ לאורך הכיוון החיובי של ציר ה- y. בכל התחום $y>0$ קיים שדה מגנטי אחיד $B=5T$ לתוך הדף.
מסת המטען היא: $m=10gr$ ומהירותו היא: $v_0=20\frac{m}{sec}$.

א. שרטט את תנועת המטען.

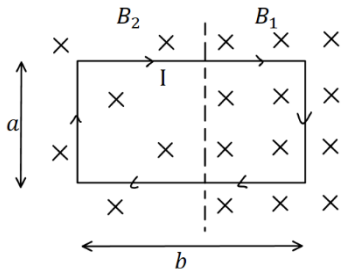
ב. מצא את המיקום בו יצא המטען מהתחום בו נמצא השדה המגנטי.

6) דוגמה 7



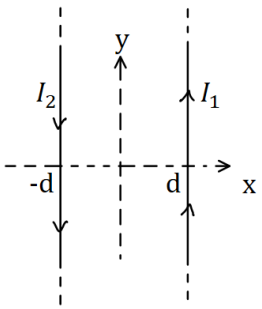
תיל ישר נמצא במאונך לשדה מגנטי אחיד: $B=10^{-2}T$ לתוך הדף. צפיפות המסה של התיל ליחידת אורך היא: $\lambda=20\frac{gr}{cm}$.
מצא מה צריך להיות גודל וכיוון הזרם בתיל, כך שהתיל ירחף באוויר.

7) דוגמה 8



מסגרת מלבנית בעל צלעות a,b נמצאת במישור של הדף ובתוך שדה מגנטי שכיוונו לתוך הדף.
גודלו של השדה המגנטי אינו אחיד.
המסגרת מונחת כך, שחלק מהמסגרת נמצא בשדה: $B_1=4T$, והחלק השני נמצא בשדה: $B_2=3T$.
במסגרת זורם זרם: $I=2A$ עם כיוון השעון.
מצא את הכוח השקול הפועל על המסגרת $(a=0.5m)$.

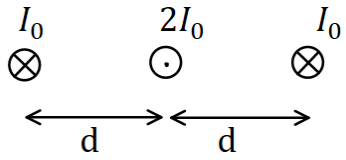
8) דוגמה 9



תיל ארוך מאוד מונח במקביל לציר ה- y ובו- $x=d$.
בתיל זורם זרם: $I_1=1A$ בכיוון.
תיל ארוך נוסף מונח גם כן במקביל לציר ה- y ובו- $x=d$.
הזרם בתיל זה הוא: $I_2=2A$ בכיוון הפוך לציר ה- y.
מהו הכוח ליחידת אורך על כל תיל, אם: $d=20cm$?

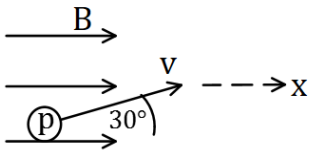
9) דוגמה 10

שלושה תיילים אינסופיים מונחים במקביל, כמתואר באיור.
המרחקים בין התיילים קבועים ושווים ל- d.
הזרם בתיל האמצעי הוא: $2I_0$ החוצה מהדף,
והזרם בתיילים האחרים הוא I_0 לתוך הדף.
מהו הכוח על כל תיל?



10) תרגיל 1

פרוטון נכנס לאזור בו ישנו שדה מגנטי אחיד
שעוצמתו $10T$ בכיוון ציר ה- x. מהירות הפרוטון
היא: $10^6 \frac{m}{sec}$ וכיוונה בזווית 30 מעלות ביחס לשדה.

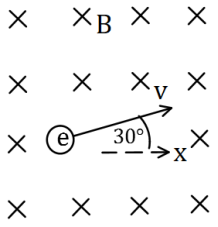


א. מהו גודל וכיוון הכוח הפועל על הפרוטון?
ב. מהי תאוצת הפרוטון?

נתון: $q_p = 1.6 \cdot 10^{-19} c \ , \ m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} kg$

11) תרגיל 2

אלקטרון נמצא בשדה מגנטי אחיד שגודלו $5T$ וכיוונו
לתוך הדף. לאלקטרון מהירות: $v_0 = 10^5 \frac{m}{sec}$ בכיוון 30
מעלות ביחס לציר ה- x.

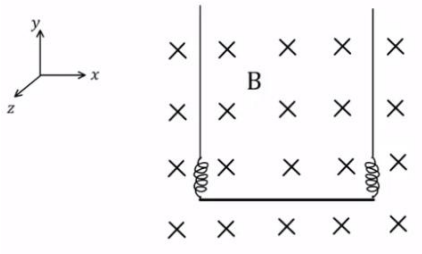


א. מהו הכוח הפועל על האלקטרון ברגע זה (גודל וכיוון)?
ב. צייר את תנועת האלקטרון בשדה.
מהו רדיוס הסיבוב?

נתון: $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} c \ , \ m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} kg$

12) תיל תלוי על שני קפיצים

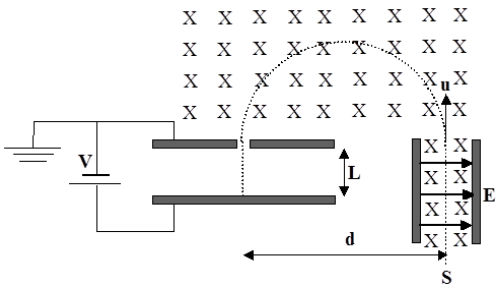
תחל מוליך נושא זרם תלוי לאורך ציר x על
ידי שני תילים דקים ושני קפיצים זהים.
בכל המרחב קיים שדה מגנטי אחיד לתוך הדף.
אורך התיל המוליך הוא $0.4m$ ומסתו
היא: $0.03kg$. גודל השדה המגנטי הוא: $B = 0.2T$



וקבוע הקפיץ הוא: $k = 10 \frac{N}{m}$, ניתן להזניח את השדות שיוצרים התילים
האנכיים ואת הכוחות שהם מפעילים על התיל האופקי.

א. מהו גודל וכיוון הזרם בתיל אם ידוע שהתיל בשיווי משקל כאשר
הקפיצים רפויים (לא מפעילים כוח)?
ב. בכמה יתארכו הקפיצים אם יהפכו את הזרם בתיל? תזכורת: גודל הכוח
שמפעיל קפיץ הוא: $F = k\Delta l$ כאשר Δl היא ההתארכות של הקפיץ מהמצב הרפוי.

13) בורר מהירויות ומתח עצירה

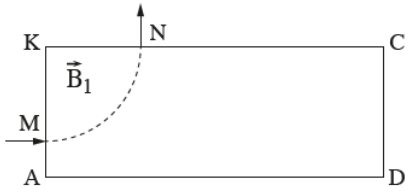


חלקיקים, בעלי מטען $+q$ ומסה m, נפלטים ממקור S במהירויות שונות ונכנסים אל בין לוחות קבל.
בין לוחות הקבל פועלים שדה חשמלי אחיד $\vec{E}$ שכיוונו ימינה, ושדה מגנטי אחיד $\vec{B}$ המכוון אל תוך הדף, כמו בתרשים.
השדה המגנטי פועל על החלקיקים גם לאחר יציאתם מהקבל.
במרחק d מנקודת היציאה של החלקיקים מהקבל נמצא נקב קטן, דרכו נכנסים החלקיקים אל תוך הקבל השני, אשר בין לוחותיו לא פועל שדה מגנטי.
על הקבל השני מופעל מתח עצירה V. ידוע כי המרחק בין לוחות הקבל השני הינו L. ניתן להזניח את כוח הכובד הפועל על החלקיקים.
נתונים: $L, q, m, \vec{E}, \vec{B}$.

א. באיזו מהירות u יוצאים החלקיקים מהקבל הראשון?
ב. מהו המרחק d (ראה ציור)?
ג. תוך כמה זמן משלים החלקיק את חצי הסיבוב?
ד. מה צריך להיות ערכו המינימלי של מתח העוצר V, המופעל על הקבל השני, כדי שהחלקיקים הנכנסים לתוכו יעצרו לחלוטין?
ה. מחברים את הקבל השני לסוללה, שמתחה גדול פי שתיים ממה שחישבת בסעיף ד'.
תוך כמה זמן יעצור החלקיק מרגע כניסתו אל בין לוחות הקבל השני כעת?

14) בגרות 2024 שאלה 5

חלקיק בעל מסה m ומטען חיובי q נכנס לאזור מלבני $AKCD$ שבו שורר שדה מגנטי אחיד $\vec{B}_1$ שכיוונו מאונך לדף.
החלקיק נכנס לשדה המגנטי בנקודה M במאונך לצלע AK, ויוצא ממנו בנקודה N במאונך לצלע KC,
כמתואר בתרשים 1.
בשאלה כולה יש להזניח את השפעת כוח הכבידה.



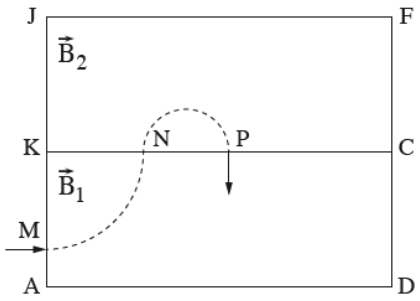
תרשים 1

נתון: מהירות הכניסה של החלקיק לשדה המגנטי: $v_0 = 2 \cdot 10^6 \frac{m}{s}$, מטען החלקיק: $q = 1.6 \cdot 10^{-19} C$,
גודל השדה המגנטי: $B_1 = 0.05T$, זמן השהייה של החלקיק בשדה המגנטי: $t_1 = 3.279 \cdot 10^{-7} s$.

א. מצאו את כיוון השדה המגנטי $\vec{B}_1$, פרטו את שיקוליכם. (5 נקודות)

ב. חשבו את מסת החלקיק m. (8 נקודות)

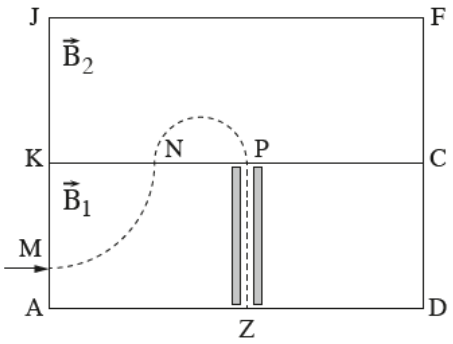
יוצרים שדה מגנטי אחר, $\vec{B}_2$, גם הוא אחיד ומאונך לדף, באזור מלבני $KJFC$ שנמצא מעל האזור המלבני הראשון, כמתואר בתרשים 2. מעניקים לחלקיק שוב את אותה המהירות ההתחלתית v_0, והוא נע במסלול המתואר בתרשים 2.
הוא יוצא מן המלבן $KJFC$ בנקודה P במאונך לצלע KC.
נתון כי המרחק KP הוא $62.6\ cm$.



תרשים 2

ג. חשבו את השדה המגנטי $\vec{B}_2$ (גודל וכיוון). (9 נקודות)

הוסיפו למלבן AKCD שני לוחות טעונים שביניהם יש שדה חשמלי אחיד $\vec{E}$ (בורר מהירויות).
לאחר שהחלקיק עובר בנקודה P ונכנס שוב לאזור המלבן AKCD, הוא נע בקו ישר בין שני הלוחות ויוצא מן המלבן בנקודה Z, כמתואר בתרשים 3.



תרשים 3

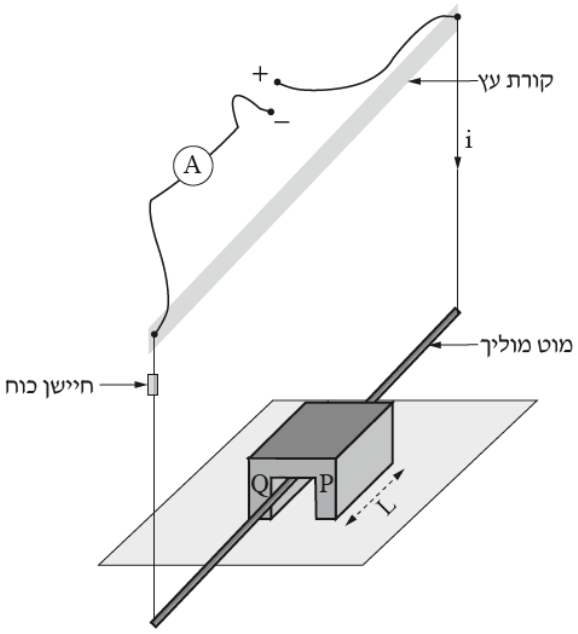
ד. חשבו את השדה החשמלי $\vec{E}$ (גודל וכיוון). פרטו את שלבי הפתרון. (6 נקודות)

מעניקים לאותו החלקיק (m, q) את אותה המהירות ההתחלתית, $v_0 = 2 \cdot 10^6 \frac{m}{s}$.
הפעם החלקיק נכנס במאונך לצלע AD, בנקודה Z (ראו תרשים 3), נע בכיוון ההפוך במסלול $M \leftarrow N \leftarrow P \leftarrow Z$ ויוצא במאונך לצלע AK, בנקודה M.

ה. קבעו אם בניסוי זה הפכו את הכיוון של אחד (או יותר) מן השדות $\vec{B}_1$, $\vec{B}_2$, $\vec{E}$.
נמקו את קביעתכם. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

15) בגרות 2024 שאלה 6

תלמידים בנו מערכת ניסוי המורכבת ממוט מוליך התלוי על קורת עץ אופקית באמצעות שני חוטים מוליכים.
המוט והחוטים הם חלק ממעגל חשמלי שבו אפשר לשנות את עוצמת הזרם i (תרשים 1).
המוט המוליך עובר בין הקטבים P, Q של מגנט פרסה המונח על משטח. כיוון המוט המוליך מאונך לכיוון השדה המגנטי האחיד $\vec{B}$ של המגנט, והוא אינו נוגע במשטח ובמגנט.
מסתו של המוט המוליך היא m.
אורך קטע המוט המוליך הנמצא בשדה המגנטי הוא $L = 10\,cm$.
חיישן כוח מודד את המתיחות באחד החוטים. המתיחות בשני החוטים זהה.
בשאלה כולה יש להזניח את השפעת השדה המגנטי של כדור הארץ, מסת החוטים ומסת חיישן הכוח.



תרשים 1

התלמידים שינו את עוצמת הזרם i כמה פעמים, ובכל פעם הם רשמו את המתיחות T הנמדדת בחיישן הכוח.
התוצאות מוצגות בטבלה שלפניכם.

i(A)	1.0	3.0	5.0	7.0	9.0
T(N)	0.090	0.075	0.045	0.035	0.010

א. קבעו מהו הכיוון של השדה המגנטי במגנט הפרסה (מ־P ל־Q או מ־Q ל־P). הסתמכו בתשובתכם על תרשים 1 ועל תוצאות המדידות המוצגות בטבלה. נמקו את קביעתכם. (6 נקודות)

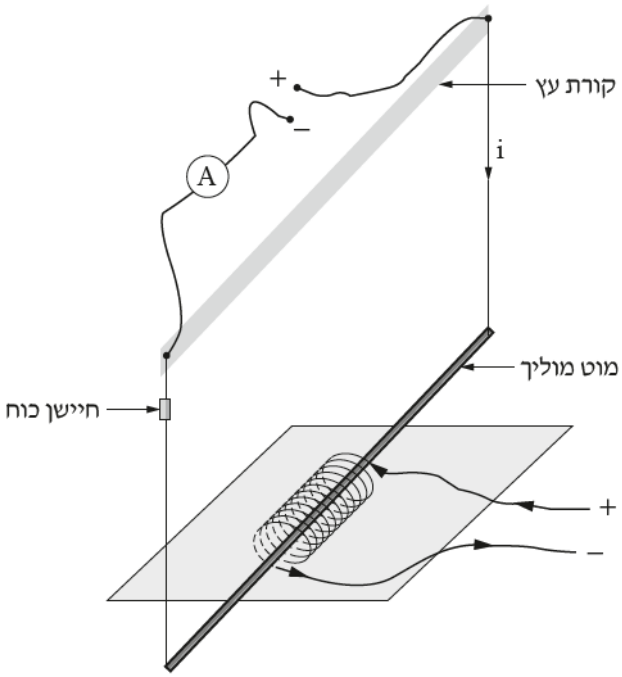
ב. פתחו ביטוי של המתיחות בחוט כפונקצייה של עוצמת הזרם i. השתמשו בפרמטרים m, B, L וקבועים פיזיקליים בהתאם לצורך. הניחו כי מחוץ למגנט עוצמת השדה המגנטי זניחה, ובתוך המגנט היא אחידה. (6 נקודות)

ג. **(1)** סרטטו במחברתכם את דיאגרמת הפיזור (נקודות במערכת צירים) של המתיחות בחוט כפונקצייה של הזרם הזורם במוט.

(2) הוסיפו לדיאגרמת הפיזור את הישר המתאים לה ביותר (קו המגמה).
(8 נקודות)

ד. חשבו את המסה m של המוט המוליך ואת עוצמת השדה המגנטי $\vec{B}$ של מגנט הפרסה. הסתמכו בחישוב על הביטוי שפיתחתם ועל הגרף שסרטטתם. (8 נקודות)

התלמידים הוציאו את מגנט הפרסה, ומיקמו את המוט המוליך לאורך הציר של סילונית שבה זורם זרם קבוע (כיוון הזרם בסילונית מסומן בתרשים 2).

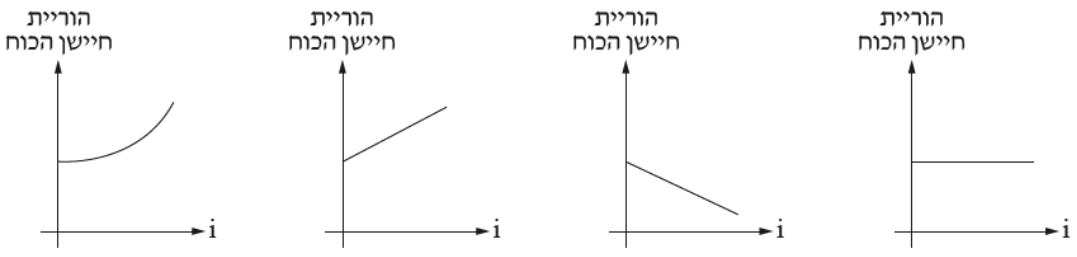


תרשים 2

ה. בתרשים 3 מוצגים גרפים 1–4.

קבעו איזה גרף מתאר נכון את הוריית חיישן הכוח כפונקצייה של עוצמת הזרם העובר במוט.

נמקו את קביעתכם. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)



תרשים 3

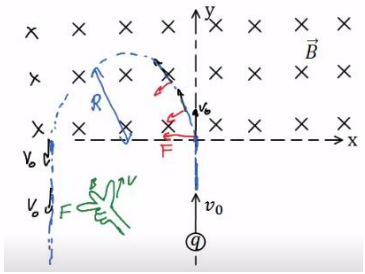
תשובות סופיות:

1) $F_B \approx 207.8N$

2) $F_B = 30N$

3) א. $\vec{F}e$ ב. $\vec{F}e$ ג. $\vec{F}\uparrow$ ד. $\vec{F}\wedge$

4) א. $\vec{F}e$ ב. $\vec{F}\otimes$ ג. $\vec{F}e$

5) א.  ב. $x=-2cm\ ,\ y=0$

6) כיוון: ימינה, גודל: $I=2\cdot10^3A$.

7) $\sum F=1N$, ימינה.

8) $F_1=10^{-6}\hat{x}\ ,\ F_2=-10^{-6}\hat{x}$

9) $\sum F_1=\frac{3\mu_0 I_0^2}{4\pi d}\hat{x}\ ,\ \sum F_2=0\ ,\ \sum F_3=-\frac{3\mu_0 I_0^2}{4\pi d}\hat{x}$

10) א. $F=8\cdot10^{-13}N$, כיוון: לתוך הדף. ב. $a=4.79\cdot10^{14}\frac{m}{sec^2}$

11) א. $F=8\cdot10^{-11}N$, כיוון: $60°$ מתחת לציר ה-x.

ב. $R=1.14\cdot10^{-7}m$

12) א. $I=3.75A$, כיוון: חיובי של ציר x. ב. $\Delta l=0.03m$

13) א. $u=\frac{E}{B}$ ב. $d=\frac{2mE}{qB^2}$ ג. $t=\frac{\pi}{qB}m$ ד. $V=\frac{mE^2}{2qB^2}$ ה. $t=\frac{BL}{E}$

14) א. ממסלול התנועה ניתן לראות כי הכוח בכניסה כלפי מעלה ולכן כיוון השדה לתוך הדף לפי כלל יד ימין.

ב. $1.67\cdot10^{-27}kg$

ג. $0.2T$, לפי כלל יד ימין B_2 החוצה מהדף.

ד. $10^5\ {}^{N}/_{C}$, מכיוון שהחלקיק נע בקו ישר הכוח החשמלי צריך להיות שווה בגודלו והפוך בכיוונו לכוח המגנטי. לפי כלל יד ימין הכוח המגנטי בכיוון ימין ולכן הכוח החשמלי בכיוון שמאל. מכיוון שהמטען חיובי השדה החשמלי בכיוון הכוח החשמלי, כלומר כיוונו שמאלה.

ה. בנקודה P המהירות למעלה והכוח שמאלה. לפי כלל יד ימין B_2 לתוך הדף ולכן הוא התהפך.

בנקודה N המהירות למטה והכוח שמאלה. לפי כלל יד ימין B_1 החוצה מהדף ולכן הוא התהפך.

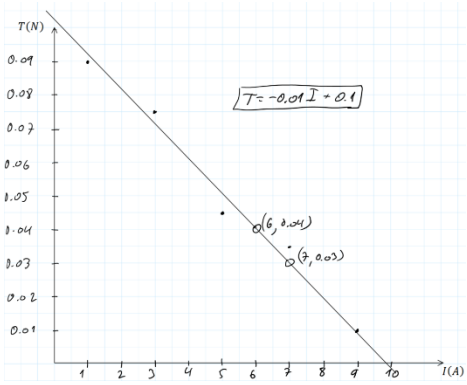
בתנועה בין הלוחות המהירות למעלה והשדה החוצה, לפי כלל יד ימין הכוח

המגנטי ימינה. הכוח החשמלי מאזן את המגנטי וכיוונו שמאלה. המטען חיובי ולכן השדה החשמלי גם שמאלה ולא התהפך

15) א. מהטבלה ניתן לראות שככל שהזרם גדל המתיחות קטנה. לכן הכוח המגנטי פועל כלפי מעלה כי הוא מקטין את השפעת כוח הכובד. לפי כלל יד ימין כיוון השדה המגנטי הוא מ Q ל P.

ב. $T = -\frac{BL}{2}I + \frac{mg}{2}$

ג. (1) ו (2)



ד. $m = 0.02kg$, $B = 0.2T$

ה. השדה המגנטי שיוצרת הסילונית הוא במקביל לזרם ולכן הכוח המגנטי יהיה אפס עבור כל זרם שיזרום במוט. מכאן שהמתיחות לא תשתנה כתלות בזרם שזורם במוט וגרף 1 הוא הנכון ביותר.