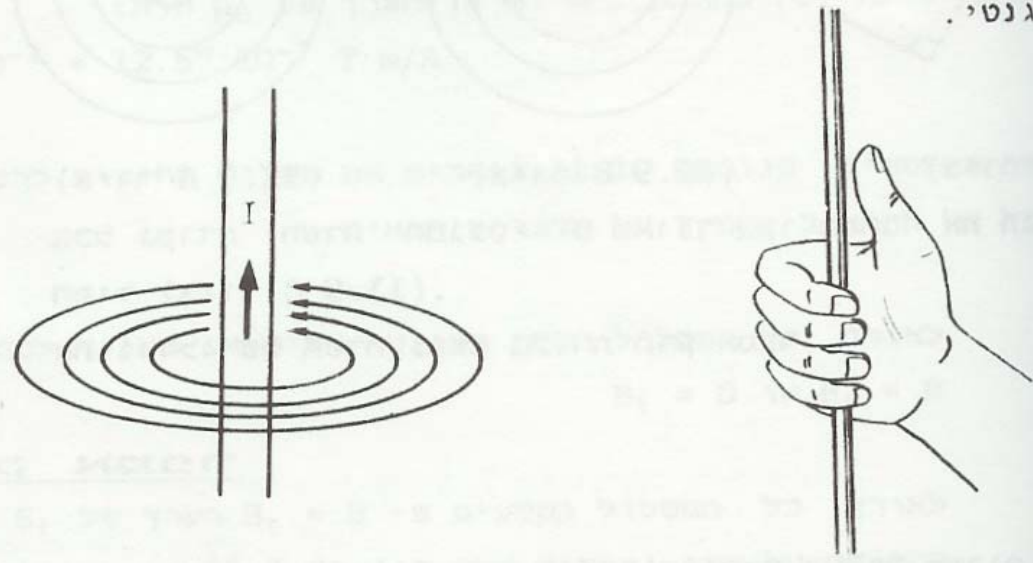


תרגול 11 בפיסיקה ב' לביולוגים

שדה מגנטי של תיל ישר הנושא זרם I - עבור תיל ישר אינסופי הנושא זרם I השדה המגנטי הנוצר הוא שדה מעגלי מסביב נקבע על ידי כלל יד ימין נוסף (כלל הבורג) - מאגרפים את יד ימין מחיזיקים את הפוהן כלפי חוץ (סימן ברוגז) כאשר הבוהן היא בכיוון הזרם האצבעות יהיו בכיוון העיגול שנוצר מהשדה המגנטי (ראה איור)

כלל יד ימין הראשון (כלל הבורג):
 (כלל למציאת כיוון שדה מגנטי הנוצר בתיל)
 הבוהן בכיוון הזרם ו- 4 האצבעות הנותרות בכיוון השדה המגנטי.



(ציור 11.6)

בכל נקודה כיוון השדה מאונך לקו המחבר את הנקודה עם התיל. מאחר ובמקרה של שדה מגנטי ציורים במישור לא מספקים אנחנו חייבים להגדיר צורת ציור שתאר גם כיוון שלישי. אל תוך הדף או מתוך הדף.

ההסכם מופיע בציור 11.7: אל תוך הדף נסמן ב- X ומחוץ לדף נסמן \odot

שדה מגנטי של תיל ישר הנושא זרם I - גודל השדה המגנטי של תיל אינסופי הנושא זרם I במרחק r מהתיל הוא:

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I}{r}$$

כיוון השדה נקבע לפי כלל הבורג.

שדה מגנטי של לולאת זרם (כריכה מעגלית) בעלת רדיוס R במרכז הלולאה - השדה במקרה זה הוא

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

שדה מגנטי במרכז סליל אינסופי (או סלילי ארוך מאוד ביחס לרדיוס) - השדה במקרה זה הוא:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L} = \mu_0 nI$$

כאשר I הוא הזרם בסליל, L אורך הסליל, N מספר הכריכות בסליל ו-n צפיפות הכריכות בסליל. כיוונו נקבע לפי כלל הבורג (או נכנס או יוצא מהלולאה).

הכוח הפועל על תיל נושא זרם בשדה מגנטי - הכוח הפועל על תיל בעל זרם I ואורך L בעקבות שדה מגנטי חיצוני הוא:

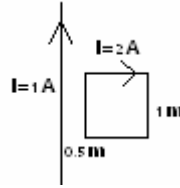
$$F = qnAv_d LB \sin \alpha = BLI \sin \alpha$$

כאשר q הוא מטען נושאי המטען, n צפיפות נושאי המטען ליחידת נפח, A שטח החתך של התיל, v_d היא מהירות הסחיפה, L אורך התיל, B השדה המגנטי החיצוני, I הזרם הזורם בתיל ו- α היא הזווית שבין הזרם לשדה המגנטי החיצוני.

הגודל $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \left[\frac{Tm}{A} \right]$ הוא קבוע פרופורציה בין השדה המגנטי לזרם.

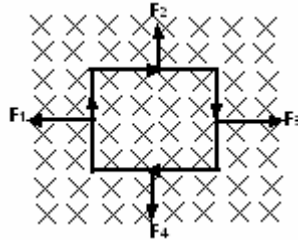
תרגיל 1:

בתיל אינסופי זורם זרם של 1A. במרחק של 0.5m מהתיל נמצאת מסגרת ריבועית בעלת צלע של 1m שבה זורם זרם של 2A. מהו הכוח השקול שמרגישה המסגרת?



פתרון:

השדה המגנטי של התיל שאותו מרגישה המסגרת לפי כלל הבורג הוא לתוך הדף. כל אחת מצלעות המסגרת מרגישה כוח אחר מאחר ועוצמת השדה המגנטי משתנה עם המרחק מהתיל. מאחר וכיוון הזרם שונה בכל צלע גם כיוון הכוח שכל צלע תרגיש יהיה שונה לפי כלל יד ימין:



מאחר והצלע של F1 מרוחקת מרחק קבוע מהתיל על כל חלק של הצלע פועל אותו כוח ואותו הדבר נכון גם לגבי הצלע של F3.

הצלעות של F2 ו-F4 אינן חשות את אותו הכוח לכל אורכן ולכן קשה לחשב את הכוח הפועל אליהן אולם אין צורך לעשות זאת משום שלכל חלק של הצלע התחתונה יש חלק זהה בצלע העליונה והכוחות הפועלים על הצלע התחתונה והעליונה מתבטלים.

הכוחות F1 ו-F3 אינם בגודלם משום שהמרחק שלהם מהתיל אינו זהה ולכן:

$$F_1 = B_1 L I \sin \alpha = B_1 L I = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I_{\text{wire}}}{r_1} L I = \frac{2 \cdot 10^{-7}}{0.5} \cdot 1 \cdot 2 = 8 \cdot 10^{-7} [N]$$

$$F_3 = B_3 L I \sin \alpha = B_3 L I = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I_{\text{wire}}}{r_3} L I = \frac{2 \cdot 10^{-7}}{1.5} \cdot 1 \cdot 2 = 2.67 \cdot 10^{-7} [N]$$

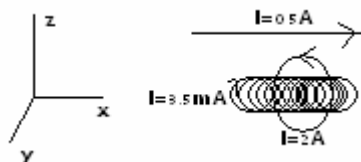
לכן הכוח השקול הפועל על המסגרת הוא:

$$\vec{F}_{\text{tot}} = \sum_i \vec{F}_i = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 = \vec{F}_1 + \vec{F}_3 = (-8 + 2.67) \cdot 10^{-7} \hat{x} = 5.34 \cdot 10^{-7} [N]$$

כלומר המסגרת נמשכת לכיוון התיל.

תרגיל 2:

נתונה לולאת זרם בעלת זרם של 2A (בכיוון השעון) בעלת רדיוס של 0.5 מטר שבתוכה שמים סליל בעל אורך של 5 מטר ורדיוס של 2 מילימטר עם 20000 כריכות (לולאות) זרם כך שהמרכזים שלהם מתלכדים. בסליל זורם זרם של 3.5mA נגד כיוון השעון. בניצב למישור הלולאה במרחק 2 מטר ממרכזה נמצא תיל אינסופי שבו זורם זרם של 0.5A משמאל לימין. מהו השדה המגנטי במרכז הלולאה?



פתרון:

גודל השדה הנוצר כתוצאה מלולאת הזרם במרכזה הוא:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R} = \frac{\mu_0 2}{2 \cdot 0.5} = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2 \approx 25 \cdot 10^{-7} [T]$$

כיוונו לפי כלל הבורג לכיוון שמאל (כיוון שלילי של ציר ה-x).
גודל השדה הנוצר כתוצאה מהסליל האינסופי במרכז הלולאה הוא:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L} = \frac{\mu_0 \cdot 20000 \cdot 0.0035}{5} = 14\mu_0 \approx 176 \cdot 10^{-7} [T]$$

כיוונו לפי כלל הבורג הוא בכיוון החיובי של ציר x.
השדה הנוצר במרכז הלולאה כתוצאה מהתיל האינסופי הוא:

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I}{r} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{0.5}{2} = 0.5 \cdot 10^{-7} [T]$$

כיוונו לפי כלל הבורג הוא בכיוון השלילי של ציר y.
סך כל השדה המגנטי הוא:

$$\vec{B}_{tot} = \vec{B}_{circle} + \vec{B}_{sil} + \vec{B}_{wire} = 25 \cdot 10^{-7} (-\hat{x}) + 176 \cdot 10^{-7} \hat{x} + 0.5 \cdot 10^{-7} (-\hat{y}) = 151 \cdot 10^{-7} \hat{x} - 0.5 \cdot 10^{-7} \hat{y}$$