

# שדות אלקטרומגנטיים

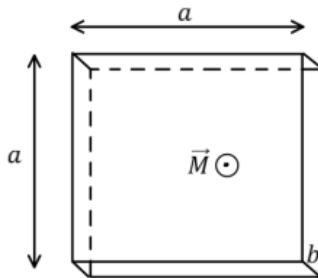
פרק 14 - חומרים מגנטים

תוכן העניינים

1. הרצאות ותרגילים.....1

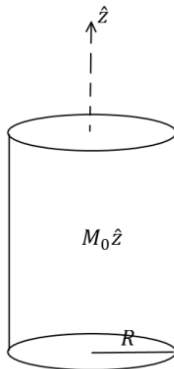
## הרצאות ותרגילים:

### שאלות:



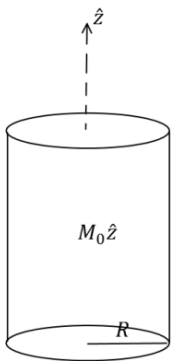
#### (1) תיבה דקה ממוגנטת

נתונה תיבה בעלת אורך ורוחב  $a$  ועובי  $b \ll a$ .  
 לתיבה מגנטיזציה "קפואה" (התיבה ממוגנטת כאשר היא לא בתוך שדה מגנטי חיצוני) ואחידה  $\vec{M}$ .  
 כיוון המגנטיזציה בכיוון מקביל לצלע  $b$ .  
 א. מצא את השדה המגנטי במרכז התיבה.  
 ב. מצא את השדה המגנטי רחוק מאוד מהתיבה.



#### (2) גליל אינסופי ממוגנט

גליל אינסופי ברדיוס  $R$  מקוטב בצורה אחידה  $\vec{M} = M_0 \hat{z}$ .  
 מצא את השדה המגנטי בכל המרחב.



#### (3) גליל ממוגנט נוסף

גליל אינסופי ברדיוס  $R$  מקוטב בצורה  $\vec{M} = Ar\hat{\phi}$ .  
 כאשר  $A$  קבוע כלשהו ו- $r$  הוא המרחק ממרכז הגליל.  
 א. מצא את הזרמים הקשורים בגליל ומצא את השדה המגנטי במרחב.  
 ב. מצא את השדה המגנטי בכל המרחב ע"י שימוש בוקטור השדה  $H$  וללא שימוש בזרמים קשורים.

#### (4) סליל עם ליבה מגנטית

נתון סליל אינסופי עם צפיפות ליפופים ליחידת אורך  $n$ .  
 מכניסים לסליל ליבה מגנטית בעל סוספטביליות נתונה  $\chi_m$  הממלאת את כל הנפח הכלוא בסליל.  
 מצא את השדה המגנטי בתוך הסליל אם בסליל זרם  $I$ .

**(5) אנרגיה להאט גליל מסתובב**

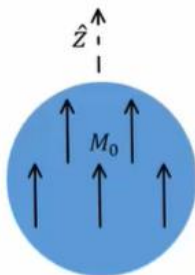
- גליל אינסופי ברדיוס  $R$  בעל מקדם פראמבילות יחסי  $\mu_r = \alpha r$  טעון בצפיפות מטען אחידה ליח' נפח  $\rho$ .  
 הגליל מסתובב סביב ציר הסימטריה שלו במהירות זוויתית  $\omega$ .  
 א. מהו השדה המגנטי בתוך הגליל?  
 ב. כמה אנרגיה ליחידת אורך יש להשקיע על מנת להאט את המהירות הזוויתית של הגליל לרבע ממהירותו הנוכחית?

**(6) חומר ממלא חצי מרחב**

- חומר בעל צפיפות אטומים של  $n = 2 \cdot 10^{28} \left[ \frac{1}{m^3} \right]$  נמצא תחת שדה מגנטי חיצוני אחיד. החומר מתמגנט כך שבכל אטום מתקבל בממוצע דיפול מגנטי של  $\vec{m} = 1.2 \cdot 10^{-24} [A \cdot m^2] \hat{x}$ .  
 השדה המגנטי הנמדד בתוך החומר הוא:  $\vec{B} = 0.04 [T] \hat{x}$ .  
 א. מצא את המגנטיזציה  $\vec{M}$  בחומר, את הסוספטביליות המגנטית  $\chi_m$  ואת הפאראמבילות  $\mu$  של החומר.  
 ב. הנח שהחומר ממלא את חצי המרחב  $x < 0$  וחצי המרחב השני הוא ריק. מהם הזרמים המושרים במרחב?  
 ג. מצא את השדה החיצוני  $\vec{H}$  אשר יצר את המגנטיזציה.  
 ד. מה יהיה השדה המגנטי  $\vec{B}$  בריק, סמוך מאוד לגבול בין הריק לחומר? כיצד תשתנה התוצאה אם החומר ממלא את חצי המרחב  $y < 0$ ?

**(7) כדור ממוגנט**

- כדור ברדיוס  $R$  ממוגנט במגנטיזציה קבועה  $\vec{M} = M_0 \hat{z}$ .  
 מצא את הפוטנציאל המגנטי בכל המרחב.



## תשובות סופיות:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \left( \frac{(3Ma^2b\hat{z} \cdot \hat{r})\hat{r} - Ma^2b\hat{z}}{r^3} \right) \quad \text{ב.} \quad \text{א. ראה סרטון} \quad (1)$$

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{M} \quad (2)$$

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{M} \quad \text{ב.} \quad \vec{B} = \mu_0 \vec{M} \quad r < R, \quad \vec{J}_b = 2A\hat{z}, \quad \vec{k}_b = -AR\hat{z} \quad \text{א.} \quad B = 0 \quad r > R \quad (3)$$

$$\vec{B} = \mu_0 (1 + X_m) nI\hat{z} \quad (4)$$

$$\vec{B} = \mu_0 \alpha r \rho \omega \frac{R^2 - r^2}{2} \hat{z} \quad r < R, \quad \vec{B} = 0 \quad r > R \quad \text{א.} \quad (5)$$

$$\Delta \left( \frac{U_B}{l} \right) = \mu_0 \alpha \rho^2 \cdot \pi R^7 \omega^2 \cdot \frac{1}{56} (-1) \quad \text{ב.}$$

$$\vec{J}_b = 0, \quad \vec{k} = 0 \quad \text{ב.} \quad \vec{M} = 2.4 \cdot 10^4 \left( \frac{A}{m} \right) \hat{x}, \quad X_m \approx 2.07, \quad \mu = 3.86 \cdot 10^{-6} \left( \frac{T \cdot m}{A} \right) \quad \text{א.} \quad (6)$$

$$B_x(0^+) = 0.04T, \quad \vec{B} \approx 0.01T\hat{x} \quad \text{ד.} \quad H = \begin{cases} 1.16 \cdot 10^4 \left( \frac{A}{m} \right) \hat{x} & x < 0 \\ 3.56 \cdot 10^4 \left( \frac{A}{m} \right) \hat{x} & x > 0 \end{cases} \quad \text{ג.}$$

$$\phi_{m_1} = \frac{M_0}{3} r \cos \varphi, \quad \phi_{m_2} = \frac{M_0 R^3}{3} \cos \varphi \quad (7)$$