

## תרגיל בית 9

### שאלה 1 – מגן מגנטי כדורי

בין שתי קליפות כדוריות קונצנטריות בעלות רדיוסים  $a < b$ , הנמצאות בשדה מגנטי חיצוני  $\mathbf{B} = B_0 \hat{z}$ , ישנו חומר עם פרמאביליות  $\mu$ .  
 א. מצאו את השדה המגנטי בתוך הקליפה הפנימית ( $r < a$ ), באמצעות הפוטנציאל המגנטי הסקלרי האפקטיבי  $\varphi_M$ , על ידי הפרדת משתנים כדורית.  
**הנחיה:** שימו לב לתנאי השפה על השדה  $\mathbf{H}$  במעבר בין תווך לתווך.  
 ב. הראו שכאשר  $\mu \gg 1$  השדה המגנטי בתוך הקליפה הפנימית פרופורציוני בגודלו ל  $\frac{B_0}{\mu}$ . עבור חומרים עם פרמאביליות גבוהה, המערכת הזו משמשת כמגן מגנטי לרכיבים שבתוך הקליפה הפנימית.

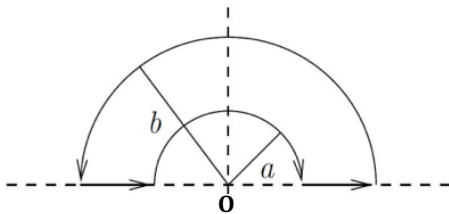
### שאלה 2 – שדות לינרד-ויכרט

א. בתרגול מצאנו את השדה החשמלי של מטען  $q$  שנע במהירות קבועה  $\beta$ . השתמשו בתוצאה זו כדי להראות שהשדה המגנטי הוא

$$\mathbf{B} = \frac{q(1 - \beta^2)}{R^2(1 - \beta^2 \sin^2 \theta)^{3/2}} \boldsymbol{\beta} \times \hat{\mathbf{n}}$$

כאשר  $\theta$  הזווית בין  $\mathbf{R}$  ו- $\boldsymbol{\beta}$ .  
 מצאו את הגודל של השדה המגנטי באמצעות  $R, \beta, \theta$ . ב- $R$  נתון, עבור איזו  $\theta$  נקבל מקסימום של גודל השדה המגנטי ועבור איזו  $\theta$  נקבל מינימום של גודל השדה המגנטי? מה יקרה בגבול  $\beta \rightarrow 1$ ?

ב. הראו כי שדה התאוצה החשמלי של מטען  $q$  שנע בקו ישר הוא:  $\mathbf{E}_a = -\frac{q}{c^2} \left[ \frac{R^2}{k^3} \mathbf{a}_T \right]_{ret}$ .  
 כאשר  $\mathbf{a}_T$  רכיב התאוצה המאונך ל- $\mathbf{R}$ . בטאו את  $|\mathbf{E}_a|$  באמצעות  $R, \beta, a, \theta$  בזמן  $t_{ret}$ , כאשר  $\theta$  הזווית בין  $\mathbf{R}$  לבין הישר עליו המטען נע.  
 ג. מטען  $e$  מבצע מסלול הנתון ע"י הביטוי  $\mathbf{r}_e(t) = L(\cos \omega t \hat{x} + \sin \omega t \hat{y})$ . מצאו את הביטויים לפוטנציאלים הסקלרי והוקטורי על ציר  $z$  בכל זמן, ולשדות החשמלי והמגנטי על ציר  $z$  בכל זמן.



### שאלה 3 – לולאה עם זרם משתנה

בתיל המתואר בשרטוט זורם זרם שתלוי בזמן  $I(t) = kt$ , כאשר  $k$  קבוע בעל יחידות מתאימות. כיוון הזרם בתיל כפי שבשרטוט. המרכז של שני חצאי המעגלים הוא  $\mathbf{O}$ .  
 מהו השדה החשמלי בנקודה  $\mathbf{O}$  בכל זמן  $\mathbf{E}(\mathbf{r} = \mathbf{O}, t)$ ?

### שאלה 4 – הטענת מישור

בזמן  $t = 0$  המישור  $x - y$  נטען כולו בצפיפות מטען משטחית אחידה  $\sigma$ .  
 א. מצאו את הפוטנציאל  $\varphi_{ret}(\mathbf{r}, t)$  בכל המרחב והזמן.  
 ב. בגלל שאין צפיפות זרם בבעיה, הפוטנציאל הוקטורי  $\mathbf{A}_{ret}$  מתאפס. מכיוון שהארבע פוטנציאל מחושב ככיוול לורנץ  $\frac{\partial \varphi_{ret}}{\partial t} = 0$ . הראו שזה לא מתקיים עבור הפוטנציאל שמצאנו בסעיף א'. איך זה יכול להיות? איפה הטעות בטיעון שנכתב בסעיף זה?