

פיזיקה ב

פרק 13 - חוק פאראדיי

תוכן העניינים

1. הרצאות ותרגילים.....1

הרצאות ותרגילים:

רקע:

חוק פאראדיי:

$$\varepsilon = - \frac{d\phi_B}{dt}$$

$$\phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{s}$$

הכא"מ מתנהג כמו מקור מתח במעגל.
 בד"כ נמצא באמצעות החוק את גודל הכא"מ ואת הכיוון נמצא לפי חוק לנץ.

חוק לנץ:

הזרם נוצר בניגוד לשינוי בשטף.



הספק של כוח הפועל על גוף בתנועה:

$$P = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

כאשר \vec{v} היא מהירות הגוף.

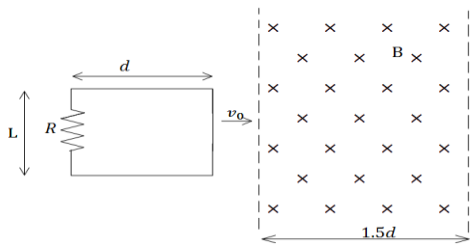
כא"מ הנוצר במוט הנע בשדה מגנטי:

$$\varepsilon = BLv \sin \alpha$$

כאשר v היא מהירות המוט, L האורך שלו ו- α היא הזווית בין המהירות לשדה. כיוון הכא"מ הוא בכיוון של הכוח המגנטי הפועל על מטען חיובי בתוך המוט.

שאלות:

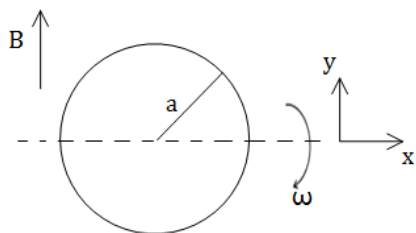
1) מסגרת נעה בתוך שדה



מסגרת מלבנית בעלת אורך d ורוחב L , נעה במהירות קבועה v_0 , לכיוון אזור בו שורר שדה מגנטי אחיד B . אורך האזור הוא $1.5d$ ורוחבו ארוך מאוד. למסגרת התנגדות כוללת R . הנח כי ב- $t = 0$ הצלע הימנית של המסגרת נכנסת לאזור עם השדה.

- מצא את הכא"מ במסגרת (כתלות בזמן).
- מצא את הזרם במסגרת, גודל וכיוון (כתלות בזמן).
- מצא את הכוח הדרוש להפעיל על המסגרת על מנת שתנוע במהירות קבועה.
- מהו ההספק של הכוח ומהו ההספק שהופך לחום בנגד?

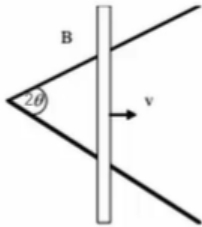
2) טבעת מסתובבת



- טבעת מוליכה ברדיוס a מונחת במישור xy ומתחילה להסתובב במהירות זוויתית קבועה ω סביב ציר ה- x . במרחב קיים שדה מגנטי אחיד B_0 בכיוון ציר y .
- מצא את הכא"מ בטבעת כפונקציה של הזמן.
 - מצא את הכא"מ בטבעת אם גם השדה המגנטי משתנה בזמן לפי $B(t) = B_0 \cos(\omega t)$.

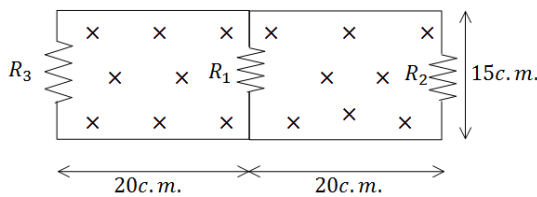
(3) מוט נע על מסילות בזווית

שתי מסילות מוליכות יוצרות זווית 2θ ביניהן. מוט מוליך מונח עליהן ויוצר משולש שווה שוקיים. המוט נע לאורכם במהירות קבועה v , ומתחיל את תנועתו בקדקוד המשולש. כל המערכת נמצאת בשדה מגנטי אחיד B היוצא מהדף.



- א. מצא את הכא"מ המושרה כפונקציה של הזמן.
- ב. אם התנגדותו של המוט ליחידת אורך היא R_1 , והמסילות חסרות התנגדות, חשב את הזרם המושרה כפונקציה של הזמן.
- ג. חשב את ההספק שמועבר למערכת ליצירת הזרם.

(4) כא"מ בשני מעגלים



במעגל הבא התנגדות הנגדים היא:

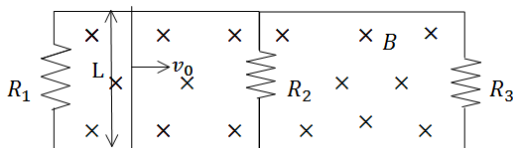
$$R_1 = 1\Omega, R_2 = 2\Omega, R_3 = 3\Omega$$

במרחב קיים שדה מגנטי $B = 2 \frac{T}{sec} \cdot t$ אחיד לתוך הדף.

ממדי המעגל נתונים בשרטוט. מצא את הזרם בכל נגד.

(5) מוט זז בתוך מעגל

מוט מוליך באורך L נע על צלעותיו של המעגל הבא.

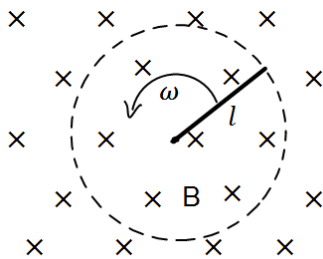


בתוך המעגל קיים שדה מגנטי אחיד וקבוע לתוך הדף B .

נתונים: L, v_0, R_1, R_2, R_3, B .

מצא את הזרם משני צידי המוט עבור המקרה בו המוט נמצא בין הנגד הראשון לשני ועבור המקרה בו המוט נמצא בין הנגד השני לשלישי.

(6) מוט מסתובב

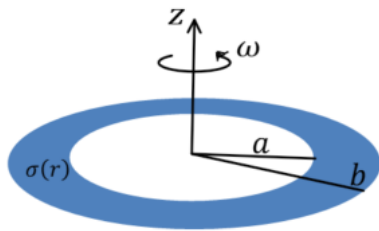


מוט בעל אורך l מסתובב סביב אחד הקצוות שלו במהירות זוויתית קבועה ω .

המוט נמצא בשדה מגנטי אחיד B הניצב למישור בו הוא מסתובב.

א. מצא את המתח בין קצות המוט באמצעות אינטגרציה על חוק לורנץ.

ב. מצא את המתח במוט באמצעות חוק פאראדיי.



(7) טבעת בתוך טבעת רחבה

טבעת מבודדת בעלת רדיוס פנימי a ורדיוס חיצוני b טעונה בצפיפות מטען משטחית חיובית ולא אחידה.

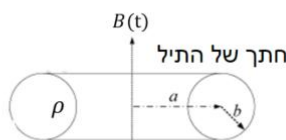
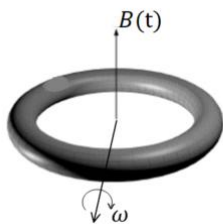
$$\sigma(r) = \begin{cases} 0 & r < a \\ \sigma_0 \frac{a}{r} & a \leq r \leq b \\ 0 & b < r \end{cases}$$

הטבעת מונחת במישור xy כך שמרכזה מתלכד עם ראשית הצירים וציר z עובר דרך מרכז הטבעת ומאונך לפני הטבעת. מסובבים את הטבעת סביב ציר z (המאונך למישור הטבעת) במהירות זוויתית שהולכת וגדלה עם הזמן לפי הנוסחה $\omega = \alpha t^3$.

- א. מהו השדה המגנטי במרכז הטבעת?
- ב. במרכז הטבעת מניחים טבעת קטנה ודקה במישור xy כך שמרכזה מתלכד עם ראשית הצירים ורדיוסה r_0 ($r_0 \ll a$). חשבו את השטף בטבעת הקטנה, מאחר והטבעת הקטנה מאוד קטנה יחסית לטבעת הגדולה תוכלו להזניח את השינוי במרחב של השדה המגנטי העובר דרך הטבעת הקטנה.
- ג. חשבו את הזרם שיווצר בטבעת הקטנה אם התנגדותה R .

(8) גוש נחושת מעוצב לטבעת

נתון גוש נחושת בעל מסה m צפיפות מסה α והתנגדות סגולית ρ . מעבדים את הנחושת לתיל שרדיוס שטח החתך שלו הוא b . יוצרים מהתיל טבעת שרדיוסה a כך ש- $b \ll a$.



מניחים את הטבעת מקובעת במרחב כך שקיים שדה מגנטי אחיד המשתנה בזמן $B(t)$ במאונך לטבעת.

קצב השינוי של השדה הוא $\beta = \frac{dB}{dt}$.

- א. חשב את הזרם המושרה בטבעת.
- ב. הראה כי אפשר לבטא את הזרם כתלות של β, ρ, α, m וללא תלות במימדי התיל (כלומר אינו תלוי ב- a ו- b).
- ג. כעת מתחילים לסובב את הטבעת במהירות זוויתית ω סביב ציר העובר במרכזה ומאונך לשדה המגנטי. חשב את הזרם הנוצר בטבעת כתלות בזמן. האם כעת הוא תלוי במימדי התיל?

תשובות סופיות:

$$\vec{F}_{\text{ext}} = \frac{B^2 L^2 V_0}{R} \hat{x} \quad \text{ג.} \quad I = \frac{BLV_0}{R} \quad \text{ב.} \quad |\mathcal{E}| = BLV_0 \quad \text{א.} \quad (1)$$

$$\rho_{\text{ext}} = \frac{B^2 L^2 V_0^2}{R} \quad \text{ד.}$$

$$\mathcal{E} = \omega B_0 \pi a^2 \sin(2\omega t) \quad \text{ב.} \quad \mathcal{E} = -B_0 \pi a^2 (-\omega) \sin(\omega t) \quad \text{א.} \quad (2)$$

$$P_{\text{out}} = \frac{V^2 B^2}{R_1} 2 \cdot V \cdot t \cdot \tan\theta \quad \text{ג.} \quad I = \frac{V \cdot B}{R_1} \quad \text{ב.} \quad \mathcal{E} = 2V^2 \tan\theta t B \quad \text{א.} \quad (3)$$

$$I_{R1} = \frac{0.6}{110} \text{ A}, I_{R2} = \frac{3}{110} \text{ A}, I_{R3} = \frac{2.4}{110} \text{ A} \quad (4)$$

$$I_L = I_1, I_R = I_2 + I_3 \quad \text{בין הראשון לשני:} \quad (5)$$

$$I_L = I_1 + I_2, I_R = I_3 \quad \text{בין השני לשלישי:}$$

$$\mathcal{E} = -B \cdot \omega \frac{l^2}{2} \quad \text{ב.} \quad \mathcal{E} = B \frac{l^2}{2} \omega \quad \text{א.} \quad (6)$$

$$\varphi = \mu_0 \sigma_0 a \omega \frac{1}{2} \ln \frac{b}{a} \pi r_0^2 \quad \text{ב.} \quad \vec{B} = \mu_0 \sigma_0 a \omega \cdot \frac{1}{2} \ln \frac{b}{a} \hat{z} \quad \text{א.} \quad (7)$$

$$I = \frac{3\mu_0 \sigma_0 a \pi r_0^2 \alpha \ln \frac{b}{a}}{2R} \quad \text{ג.}$$

$$I = \frac{m(\beta \cos\theta - B \sin\theta \omega)}{4\rho\alpha\pi} \quad \text{ג.} \quad I = \frac{\beta m}{4\pi\rho\alpha} \quad \text{ב.} \quad I = \frac{\beta\pi b^2 a}{2\rho} \quad \text{א.} \quad (8)$$