

פיזיקה 2אא

פרק 15 - תרגילים נוספים בחוק פארדיי

תוכן העניינים

1. הרצאות ותרגילים.....1

הרצאות ותרגילים:

רקע:

חוק פארדיי:

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

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

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.

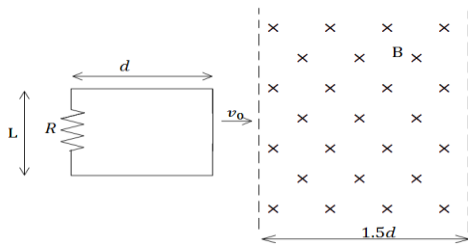
כא"מ הנוצר במוט הנע בשדה מגנטי:

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

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:

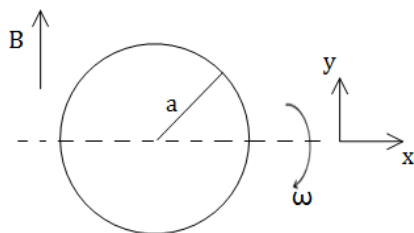
1) מסגרת נעה בתוך שדה



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?

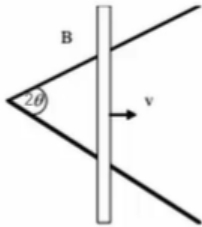
2) טבעת מסתובבת



- 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 $B(t) = B_0 \cos(\omega t)$.

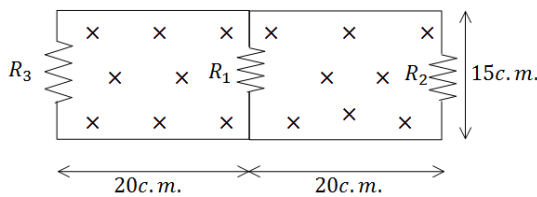
(3) מוט נע על מסילות בזווית

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:

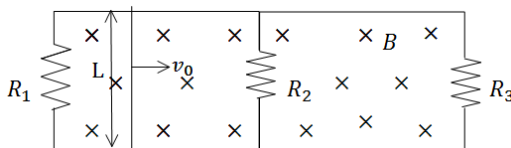
$$R_1 = 1\Omega, R_2 = 2\Omega, R_3 = 3\Omega$$

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

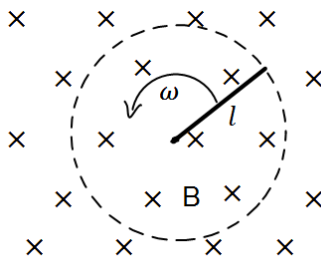
מוט מוליך באורך L נע על צלעותיו של המעגל הבא.



בתוך המעגל קיים שדה מגנטי אחיד וקבוע לתוך הדף B . נתונים: L, v_0, R_1, R_2, R_3, B .

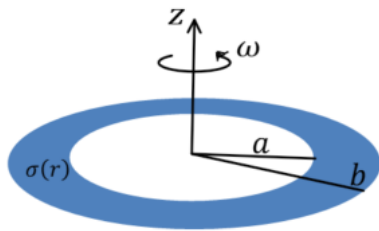
מצא את הזרם משני צידי המוט עבור המקרה בו המוט נמצא בין הנגד הראשון לשני ועבור המקרה בו המוט נמצא בין הנגד השני לשלישי.

(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 פארדיי.



(7) טבעת בתוך טבעת רחבה

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

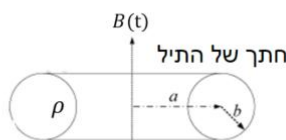
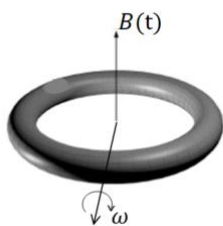
$$\sigma(r) = \begin{cases} 0 & r < a \\ \sigma_0 \frac{a}{r} & a \leq r \leq b \\ 0 & b < r \end{cases}$$

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 $\omega = at^3$.

- 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 שייווצר 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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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