

# פיזיקה חשמל מס קורס 4411010

פרק 12 - נגדים זרם וצפיפות זרם

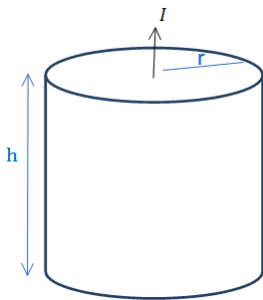
תוכן העניינים

1. הרצאות ותרגילים.....1

## הרצאות ותרגילים:

### שאלות:

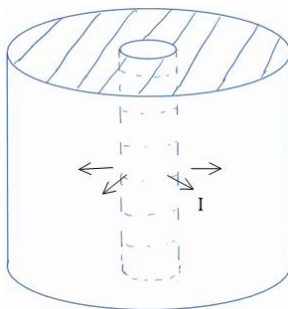
#### (1) נוסחה לחישוב התנגדות ודוגמה עבור נגד גלילי



גליל מלא בעל רדיוס  $r$  וגובה  $h$  עשוי מחומר בעל התנגדות סגולית משתנה  $\rho = \rho_0 \frac{z}{h}$  כאשר  $\rho_0$  נתון ו- $z$  הוא המרחק מבסיס הגליל.

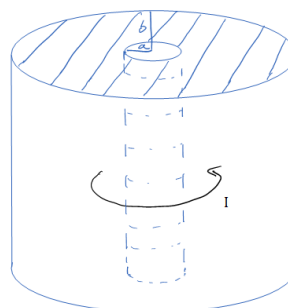
- חשב את ההתנגדות השקולה. נתון שהזרם עובר בין הבסיסים (לאורך  $z$ ) מחברים את הגליל למקור מתח נתון  $V_0$  (המתח הוא בין בסיס אחד לבסיס שני).
- מצא את הזרם הכולל בגליל.
- מצא את צפיפות הזרם והשדה החשמלי בגליל (פתרון בסרטון הבא).

#### (2) זרם רדיאלי



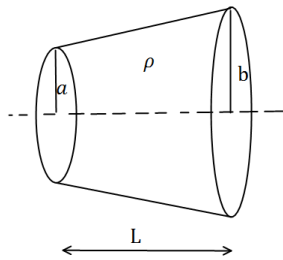
- קליפה גלילית עבה עם רדיוס פנימי  $a$  ורדיוס חיצוני  $b$  מלאה בחומר בעל התנגדות סגולית  $\rho$  אחידה ונתונה. מצא את ההתנגדות השקולה של הקליפה אם הזרם זורם בכיוון הרדיאלי.
- מחברים מקור מתח  $V_0$  בין המעטפת הפנימית למעטפת החיצונית של הקליפה. מצא את צפיפות הזרם בקליפה.
- מצא את השדה החשמלי בתוך הקליפה.

#### (3) זרם מעגלי בגליל



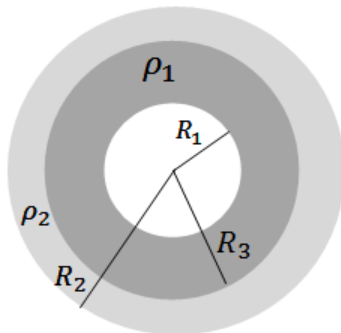
- קליפה גלילית עבה עם רדיוס פנימי  $a$  ורדיוס חיצוני  $b$  מלאה בחומר בעל התנגדות סגולית  $\rho$  אחידה ונתונה. מצא את ההתנגדות השקולה של הקליפה אם הזרם זורם בכיוון טטה (ז"א זרם מעגלי).
- נתון הזרם הכולל הזורם בנגד. מצא את הצפיפות כתלות במרחק ממרכז הנגד.
- מצא את השדה החשמלי בתוך הקליפה.

#### (4) חרוט קטום



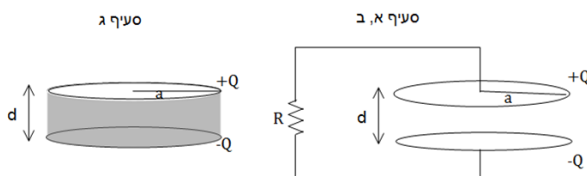
- נתון חרוט קטום שאורכו  $L$ , רדיוס בסיסו הקטן  $a$  ורדיוס בסיסו הגדול  $b$ .  
 בין שני הבסיסים נתון הפרש פוטנציאלים.  
 ההתנגדות הסגולית של החרוט היא  $\rho$ .  
 חשבו את ההתנגדות השקולה של החרוט.

#### (5) נגד כדורי מחולק לשני חומרים שונים

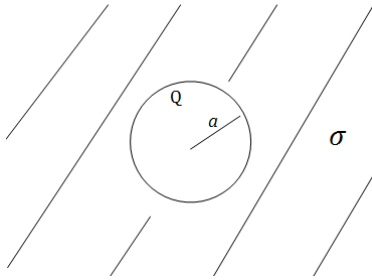


- נגד בצורת קליפה כדורית בעלת רדיוס פנימי  $R_1$  ורדיוס חיצוני  $R_2$  מורכב מחומר בעל התנגדות סגולית  $\rho_1$  בתחום  $R_1 < r < R_2$  והתנגדות סגולית  $\rho_2$  בתחום  $R_2 < r < R_3$ .  
 א. מצא את ההתנגדות השקולה של הקליפה (זרם בכיוון רדיאלי).  
 ב. מצא את צפיפות הזרם בנגד אם נתון שמחברים את הנגד למקור מתח קבוע  $V$ .  
 ג. מהו השדה החשמלי בנגד?  
 ד. מצא את התפלגות המטען (משטחית ונפחית) בקליפה.

#### (6) צפיפות זרם בתוך לוח של קבל לוחות

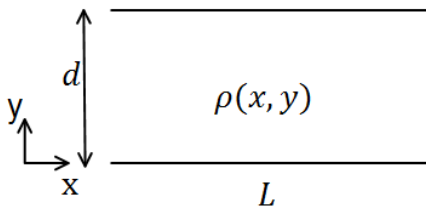


- קבל לוחות עגולים טעון במטען  $Q$  ומחובר לנגד. רדיוס הלוחות הוא  $a$  והמרחק בין הלוחות הוא  $d \ll a$ , התנגדות הנגד היא  $R$ .  
 א. מצא את הזרם במעגל.  
 ב. מצא את צפיפות הזרם על פני לוח הקבל. הדרכה: הנח כי צפיפות המטען על הקבל תמיד אחידה. חשב את הזרם שיוצא מחלק הלוח בין  $r$  כלשהו ל- $a$ . חשוב איזו סוג של צפיפות ישנה על הלוח. מצא את הצפיפות ע"י חלוקה של הזרם בחתך.  
 ג. בסעיף זה הנגד לא קיים, במקומו ממלאים את הקבל בחומר בעל התנגדות סגולית  $\rho$  אחידה. חזור על סעיפים א' ו-ב'.

**(7) קליפה טעונה מוליכה בתוך נגד**

קליפה מוליכה (מוליכות אידיאלית) ברדיוס  $a$   
 נמצאת בתוך חומר אינסופי עם מוליכות סגולית  $\sigma$ .  
 נתון כי המטען על הקליפה ב-  $t=0$  הוא  $Q$ .  
 א. מצא את המטען על הקליפה כפונקציה של הזמן.

ב. מצא את צפיפות הזרם ואת השדה החשמלי בנגד.

**(8) התנגדות תלויה באורך וברוחב**

נתונים שני לוחות מקבילים בעלי ממדים  $L \times L$ , המרוחקים זה מזה מרחק  $d$ , אשר ביניהם הפרש פוטנציאלים  $(L \gg d)$ .

בין שני הלוחות ישנו חומר מוליך בעל התנגדות סגולית  $\rho(x, y)$ .

חשבו את ההתנגדות בשני המקרים הבאים:

א. 
$$\rho = \rho_0 \sin\left(\frac{\pi y}{d}\right)$$

ב. 
$$\rho = \rho_0 \frac{\sin\left(\frac{\pi y}{d}\right)}{\sin\left(\frac{\pi x}{L}\right)}$$

## תשובות סופיות:

$$E = \rho_0 \frac{z}{h} \frac{I}{\pi r^2} \hat{z}, \vec{J} = \frac{I}{\pi r^2} \hat{z} \quad \text{ג.} \quad I = \frac{V_0}{R_T} \quad \text{ב.} \quad R_T = \frac{\rho_0 h}{2\pi r^2} \quad \text{א.} \quad (1)$$

$$E = \frac{\rho V_0}{R_T 2\pi r h} \hat{r} \quad \text{ג.} \quad \vec{J} = \frac{V_0}{R_T 2\pi r h} \hat{r} \quad \text{ב.} \quad R_T = \frac{\rho}{2\pi h} \ln \frac{b}{a} \quad \text{א.} \quad (2)$$

$$\vec{E} = \rho \cdot \vec{J} \quad \text{ג.} \quad \vec{J} = \frac{V_T}{\rho 2\pi r} \hat{\theta} \quad \text{ב.} \quad R_T = \frac{1}{\frac{h}{2\pi\rho} \ln \frac{b}{a}} \quad \text{א.} \quad (3)$$

$$R = \frac{\rho L}{\pi ab} \quad (4)$$

$$\vec{J}_{(r)} = \frac{I}{4\pi r^2} \hat{r} \quad \text{ב.} \quad R_T = \frac{\rho_1}{4\pi} \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_3} \right) + \frac{\rho_2}{4\pi} \left( \frac{1}{R_3} - \frac{1}{R_2} \right) \quad \text{א.} \quad (5)$$

$$\vec{E} = \begin{cases} \rho_1 \frac{I}{4\pi r^2} \hat{r} & R_1 < r < R_3 \\ \rho_2 \frac{I}{4\pi r^2} \hat{r} & R_3 < r < R_2 \end{cases} \quad \text{ג.}$$

$$\tilde{\rho} = 0, \tilde{\sigma}_{(R_1)} = \epsilon_0 \rho_1 \frac{I}{4\pi R_1^2} - 0, \tilde{\sigma}_{(R_3)} = \frac{I \epsilon_0}{4\pi R_3^2} (\rho_2 - \rho_1), \tilde{\sigma}_{(R_2)} = -\epsilon_0 \frac{I}{4\pi R_2^2} \rho_2 \quad \text{ד.}$$

$$k = \frac{a^2 - r^2}{2\pi r a^2} \frac{Q}{RC} e^{-\frac{t}{RC}} \quad \text{ב.} \quad I = \frac{Q}{RC} \cdot e^{-\frac{t}{RC}} \quad \text{א.} \quad (6)$$

$$\vec{J} = \frac{I}{\pi a^2} \hat{z}, k = 0! \quad \text{ג.} \quad I = \frac{Q}{RC} \cdot e^{-\frac{t}{RC}} \quad \text{א.}$$

$$\vec{J} = \frac{\sigma q(t)}{\epsilon_0 4\pi r^2} \hat{r}, \vec{E} = \frac{kq(t)}{r^2} \hat{r} \quad \text{ב.} \quad q(t) = Q e^{-\frac{\sigma t}{\epsilon_0}} \quad \text{א.} \quad (7)$$

$$R_T = \frac{\rho_0 d}{L^2} \quad \text{ב.} \quad R = \frac{2\rho_0 d}{\pi L^2} \quad \text{א.} \quad (8)$$