

מבחן בחשמל ומגנטיות למהנדסים

סמסטר ב' מועד א' תש"ע ה- 4/07/2010

קורס מספר 83-103-01

משך הבחינה שלוש שעות בלבד, עם חומר פתוח.
פתור 3 מ-4 שאלות. ערך כל שאלה 100/3 נקודות.

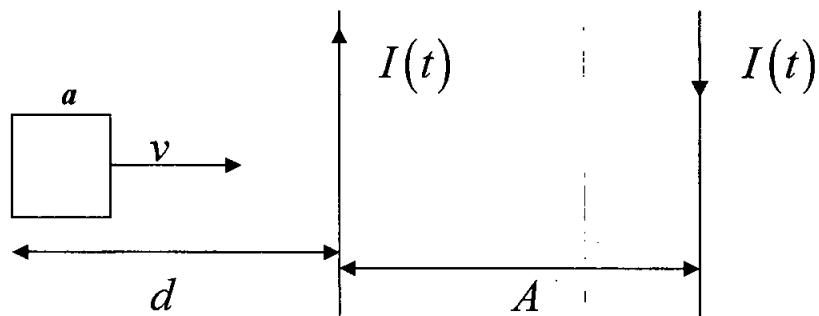
הערות:

1. אותיות מודגשות מסמנות גודל ווקטורי.
2. ניקוד הסעיפים בכל שאלה זהה אלא אם-כן צויין אחרת.

שאלה א'

נתונים שני תיילים מוליכים אינסופיים מקבילים, הנמצאים במרחק A זה מזה. בתיל השמאלי זורם זרם קבוע $I(t) = I_0$ כלפי מעלה, ובתיל הימני זורם אותו הזרם בדיוק כלפי מטה. עניבה ריבועית (בעלת צלע a , $a < A$) ומוליכה נמצאת ב- $t = 0$ משמאל לתיל השמאלי. במצב זה מרחק צלעה הקיצונית שמאלית מן התיל השמאלי הוא d (ראו ציור 1). העניבה מתחילה לנוע ימינה ב- $t = 0$ במהירות קבועה V . למוליך ממנו עשויה העניבה התנגדות R ליחידת אורך.

1. חשב את תלות בזמן של השטף המגנטי העובר מבעד לעניבה הרבועה.
2. חשב את התלות בזמן של הזרם המושרה המתפתח בעניבה.
3. מצא את הכוח החיצוני שיש להפעיל על גוף העניבה בכל עת שמהירותה תישמר קבועה.
4. צייר את תלות הכוח במיקום העניבה. סמן את כיוונו.
5. כעת נניח כי לא מופעל על העניבה שום כוח חיצוני, אך יש לה מהירות התחלתית V_0 . מהי נקודת שווי המשקל הלא יציב במערכת? (נקודת שיווי משקל לא יציב- נקודה אשר אם לעניבה מהירות התחלתית מספקת כדי להגיע עד אליה, אזי בהכרח שהיא תוכל לעבור את כל המערכת ולהגיע אל האינסוף).



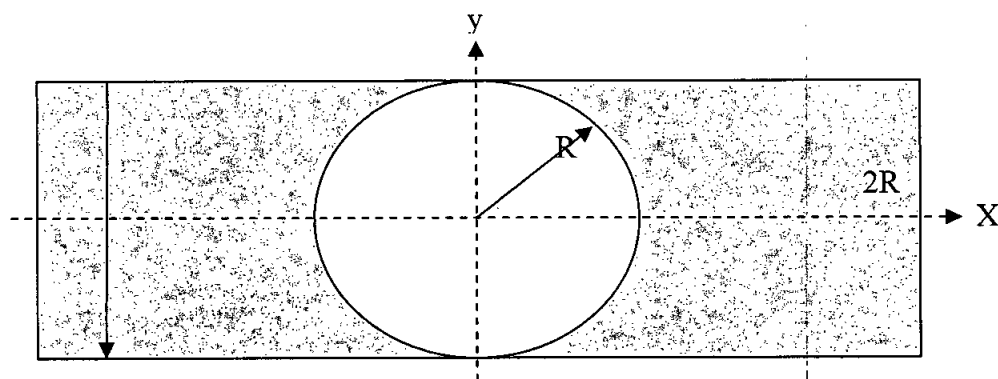
ציור 1

שאלה ב'

נתונה שכבה בעלת שטח אינסופי אשר עובייה $2R$. צפיפות המטען הנפחית בשכבה הינה ρ_0 . במרכז השכבה ממוקם חלל גלילי בעל אורך אינסופי ומחוגו R (ראה חתך רוחב בציר 2). בתוך החלל ממוקמים

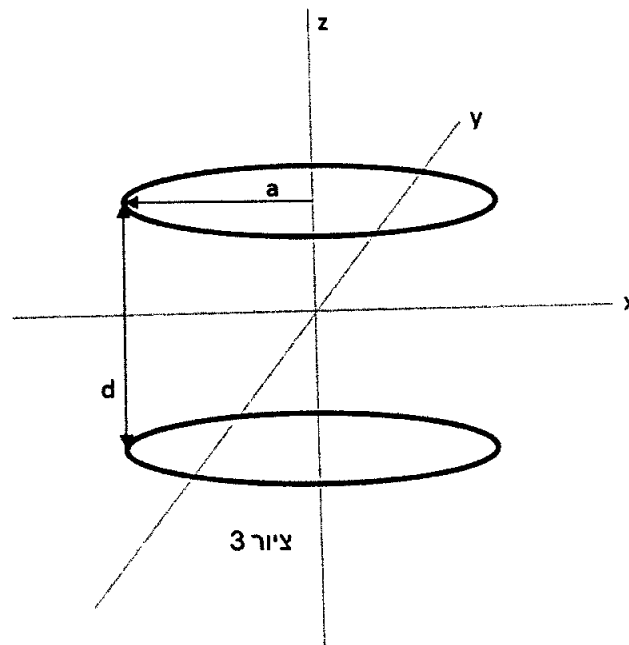
מטען אשר צפיפותו מקיימת את הקשר בעל הסימטריה הגלילית $\rho = \rho_0 ar^2$, כאשר a קבוע.

1. (12 נק') מצא את השדה החשמלי בכל נקודה במרחב.
2. (12 נק') מצא את הפרש הפוטנציאלים בין מרכז הגליל לכל נקודה על שפתו באותו מישור Y-X.
3. כעת מומר החלל הגלילי למוליך בלא לאבד את המטען המקורי שהיה מצוי בחלל.
 - 3.1. (2 נק') מצא את צפיפות המטען.
 - 3.2. (2 נק') מצא את השדה החשמלי בתוך הגליל.
 - 3.3. (2 נק') העתק את ציור 2 למחברת הבחינה וצייר (איכותית) את קווי השטף החשמלי.
4. (3 נק') כעת הגליל המוליך מאורק, כיצד ישתנו התשובות מסעיפים 2 ו- 3.2.



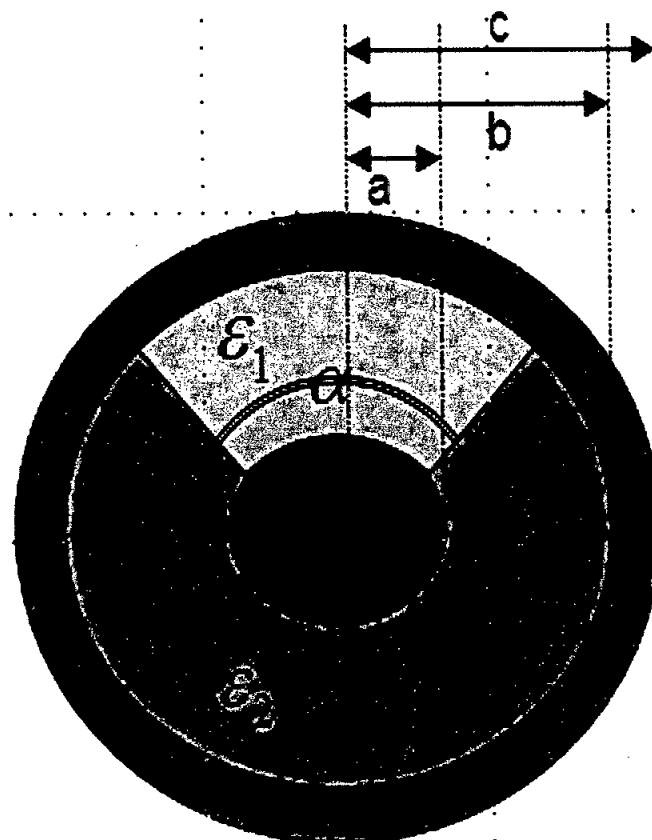
ציור 2: חתך רוחב של שכבה אינסופית שעובייה $2R$ (אזור אפור) ובמרכזה חלל גלילי אינסופי ומחוגו R (אזור לבן). ציר x – אופקי, ציר y – אנכי, ציר z – ממישור הדף אל הקורא.

- שתי טבעות מקבילות אחת לשנייה, בעלות רדיוס a , נושאות זרם I ונמצאות במרחק d אחת מהשנייה (ראה ציור 3).
- התקן דומה למתואר נקרא "סליל הלמהולץ", ומטרתו – יצירת שדה מגנטי אחיד ככל האפשר בסביבה הקרובה לנקודה הנמצאת במרחק $d/2$ ממרכזי הטבעות (בדיוק בין שתיהן), לצרכים ניסויים.
- א. על מנת ליצור שדה מגנטי אחיד ככל האפשר בסביבת הראשית, האם על הזרמים בטבעות להיות כן/לא באותו כיוון? נמק. (6 נק')
- ב. מהו היחס האופטימלי בין a ו- d , שעבורו השינוי (גרדיאנט) בשדה המגנטי בסביבה הנ"ל יהיה מינימאלי? (רמז: מהו התנאי על הנגזרת השניה של השדה?) (14 נק')
- ג. מהו הפוטנציאל ה וקטורי בכל נקודה על ציר z ? (8 נק')
- ד. מה אנו למדים מהפוטנציאל הוקטורי שמצאת בסעיף הקודם על השדה המגנטי? (6 נק')
- ה. בונס: מהו היתרון בסליל הלמהולץ אשר בו מתקיים התנאי ההפוך לזה שבו בחרת בסעיף א'? (5 נק')



נתון קבל כדורי אשר ליבתו כדור מוליך (ראה ציור 4) שמחוגו a . ברדיוס הפנימי חומר מתכתי עם צפיפות משטחית של מטען מוליך σ , הקליפה הפנימית עשויה משני חומרים דיאלקטרים שונים המסודרים כך שהם תופסים חלקים שונים מהקליפה הפנימית. חלק התווך ε_1 (אפור) מוגדר על ידי $\alpha = 2\pi/3$ שהיא חתך הזווית המרחבית. בהתאם, שאר הקליפה הפנימית תפוס על ידי התווך בעל המקדם הדיאלקטרי $\varepsilon_2 = \varepsilon_1/2$.

- מצא את הפרש הפוטנציאלים בין המוליכים.
- מצא את מטען הפולריזציה המשטחי σ_p על פני הקליפה החיצונית של התווך ε_1 (מחוגה b).
- מצא את מטען הפולריזציה המשטחי σ_p על פני הקליפה הפנימית של תווך ε_2 (מחוגה a).
- מצא ערך חדש לזווית α המקטין את הקיבול לפי 2 מערכו ההתחלתי.



ציור 4

בהצלחה וחופשה נעימה

