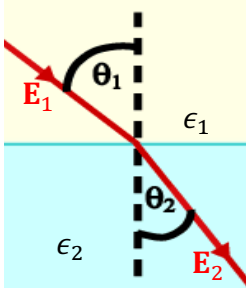


מרצה: רון ליפשיץ מתרגל: נועם רימוק

תרגיל בית 8

שאלה 1 – תנאי שפה לשדות בחומר



א. קווי השדה החשמלי E "נשברים" במעבר מחומר דיאלקטרי אחד לשני כמתואר בשרטוט. בין החומרים הדיאלקטריים אין צפיפות מטען משטחית חופשית. הראו שמתקיים מעין חוק סנל לפיו

$$\frac{1}{\epsilon_1} \tan(\theta_1) = \frac{1}{\epsilon_2} \tan(\theta_2)$$

ב. מה קורה עבור קווי השדה המגנטי B , במעבר בין חומרים דיא/פאראמגנטיים עם פרמאביליות מגנטית μ_1 ו- μ_2 (באין צפיפות זרם משטחית חופשית)?

רמז: השתמשו בתנאי השפה לשדות החומר שפיתחנו בכיתה.

שאלה 2 – אנרגיה אלקטרוסטטית בקבל דיאלקטרי כדורי

החלל שבין זוג קליפות כדוריות מוליכות וקונצנטריות, ברדיוסים $a < b$, מלא בחומר מבודד עם מקדם דיאלקטרי ϵ .

- א. מה העבודה שיש להשקיע, על מנת לטעון את הקליפה הפנימית במטען Q ואת הקליפה החיצונית במטען $-Q$? השתמשו בנוסחה המתאימה מהנוסחאות שדיברנו עליהן בתרגול.
- ב. חשבו את האנרגיה האלקטרוסטטית הכוללת במערכת $U = \frac{1}{8\pi} \int |\mathbf{E}|^2 d^3r$ לפני טעינת הקליפות ואחריה. הראו שההפרש ביניהן שונה מהעבודה שחושבה בסעיף א'. ממה נובעת האנרגיה החסרה/העודפת?
- ג. מה העבודה שיש להשקיע כדי להגיע לאותו מצב סופי, אם מתחילים ממצב שבו שתי הקליפות כבר טעונות, ואז מוסיפים ביניהן את החומר הדיאלקטרי? האם היא חיובית או שלילית? השתמשו בנוסחה המתאימה מהנוסחאות שדיברנו עליהן בתרגול.
- ד. חשבו את הקיבול C , ואת האנרגיה האגורה בקבל $\frac{1}{2} CV^2$, כאשר המתח V על הקבל הוא הפרש הפוטנציאלים בין הקליפות. לאיזו מהאנרגיות הקודמות היא זהה?

שאלה 3 – אנרגיה מגנטוסטטית בחומר

- א. הראו, שהשינוי באנרגיה המגנטוסטטית מהוספת חומר מגנטי לתווך עם שדות $\mathbf{B}_0, \mathbf{H}_0$ הוא

$$\Delta U = \frac{1}{8\pi} \int (\mathbf{B} \cdot \mathbf{H}_0 - \mathbf{H} \cdot \mathbf{B}_0) d^3r$$
 בהנחה שהתפלגות צפיפות הזרם החופשית לא משתנה.
- ב. הראו שאם התווך המקורי הוא הוואקום, אז השינוי באנרגיה הוא

$$\Delta U = \frac{1}{2} \int \mathbf{M} \cdot \mathbf{B}_0 d^3r$$
- ג. בתרגול מצאנו את השדה הכולל של פאראמגנט/דיאמגנט כדורי ברדיוס R ופרמאביליות μ , בשדה מגנטי חיצוני $\mathbf{B} = B_0 \hat{z}$. מצאו את העבודה שהושקעה כדי להכניס את הכדור לשדה הזה. האם היא חיובית או שלילית?
- ד. הוכיחו במפורש כי בהיעדר זרמים חופשיים מתקיים

$$\frac{1}{8\pi} \int \mathbf{B} \cdot \mathbf{H} d^3r = 0$$
 והסבירו מדוע יכולנו לדעת זאת מראש. (רמז: מהי המשמעות של האנרגיה הזאת?)
- ה. לכאורה, לפי סעיף ד', האנרגיה האלקטרוסטטית $U = \frac{1}{8\pi} \int \mathbf{B} \cdot \mathbf{H} d^3r$ מתאפסת לפני ואחרי הוספת הכדור המגנטי בסעיף ג', מכיוון שאין זרמים חופשיים במערכת אלא רק חומר מגנטי, ולכן לא היה שינוי באנרגיה, בסתירה לתוצאה בסעיף ג'. איך זה יכול להיות?

מרצה: רון ליפשיץ מתרגל: נועם רימוק

שאלה 4 – מגנט גלילי

נתון פרומגנט גלילי ברדיוס R , עם מגנטיזציה קבועה $\mathbf{M} = M_0 \hat{z}$, שצירו לאורך ציר \hat{z} ובסיסיו על המישורים $z = H$ ו- $z = -H$.

- א. חשבו את צפיפות הזרם בכל המרחב.
- ב. חשבו את השדה המגנטי לאורך הציר הראשי הגליל באמצעות חוק ביו סבר וצפיפות הזרם שהתקבלה בסעיף א'.
- ג. חשבו את צפיפות המטען המגנטי האפקטיבי בכל המרחב.
- ד. חשבו את הפוטנציאל הסקלרי המגנטי האפקטיבי לאורך הציר הראשי של הגליל.
- ה. חשבו את השדה המגנטי לאורך הציר הראשי של הגליל באמצעות הפוטנציאל מסעיף ד'. האם מתקבלת אותה התוצאה כמו בסעיף ב' ?
- ו. חשבו את השדה המגנטי רחוק מאוד מהגליל בכל המרחב (לאו דווקא על הציר הראשי).