

חשמל ומגנטיות - תרגיל 2

1. דיסקה ברדיוס R נמצאת במישור xy כשמרכזה ב- $(0, 0, 0)$. מטען q ממוקם בנקודה $(R, 0, d)$, ומטען נוסף זהה ממוקם ב- $(R, 0, -d)$. מהו השטף הכולל העובר דרך הדיסקה?

2. נתון משטח דק ריבועי בעל אורך צלע $2a$. המשטח טעון בצפיפות מטען משטחית אחידה σ .

(א) כתבו ביטוי אינטגרלי לשדה החשמלי בנקודה כללית (x, y, z) במרחב. אין צורך לפתור את האינטגרל. הניחו שהמשטח הטעון נמצא בתחום: $x, y \in [-a, a], z = 0$.

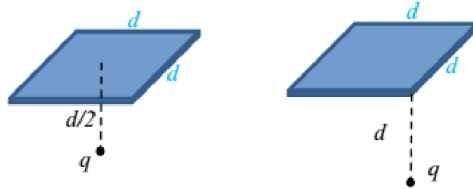
(ב) מצאו את השדה בקירוב סדר מוביל בנקודה רחוקה מאוד מהמשטח ($|r| \gg a$).
רמז: שימו לב ש- a מופיע בגבולות האינטגרל – מהו הקירוב המתאים לאינטגרל על תחום קטן מאוד?

3. (א) מטען q נמצא במרכזה של קוביה בעלת צלע a . מה הוא השטף שהוא יוצר דרך פאה בודדת של הקוביה.

רמז: אין צורך באינטגרציה, העזרו בסימטריה של הבעיה ובשטף הכולל שהמטען מייצר דרך קליפה כדורית.

(ב) מטען q נמצא במרחק $\frac{d}{2}$ מול **מרכזו** של משטח ריבועי בעל צלע d (איור שמאלי). מהו השטף דרך המשטח? (רמז: העזרו בסעיף הקודם)

(ג) מטען q נמצא מול אחת ה**פינות** של משטח ריבועי בעל צלע d , במרחק d מהמשטח (איור ימני). מהו השטף דרך המשטח? (רמז: העזרו בסעיפים הקודמים)



4. נתון משושה משוכלל (דו מימדי) עם צלע באורך a , טעון בצפיפות מטען אורכית אחידה $\lambda > 0$.

(א) חשבו את השדה החשמלי לאורך ציר הסימטריה של המשושה (הישר העובר במרכז המשושה וניצב למישור שבו המשושה מוכל). בדקו את הגבול של שדה רחוק מאוד מהמשושה ($z \gg a$).

רמז: העזרו בסימטריה של הבעיה ובעקרון הסופרפוזיציה.

(ב) חלקיק טעון בעל מסה m ומטען $-q < 0$ מאולץ לנוע על חוט לאורך ציר הסימטריה של המשושה. מצאו את נקודת שיווי המשקל של החלקיק.

(ג) החלקיק נמצא בנקודת שיווי המשקל. בזמן $t = 0$ החלקיק מוסט לאורך החוט למרחק $\Delta z_0 \ll a$, ומשוחרר ממנוחה. כתבו את משוואת התנועה בקירוב לתנודות קטנות, ומצאו את מיקום החלקיק כפונקציה של הזמן בקירוב זה.

5. בהקשרים מסויימים אטום מימן נייטרלי מתנהג כמו התפלגות המטען הבאה: מטען נקודתי חיובי בגודל q_e מוקף בצפיפות מטען שלילית מהצורה $\rho(r) = -Ce^{-2r/a_0}$ כאשר r הרדיוס בקואורדינטות ספריות, a_0 הוא רדיוס בוהר ו- C הוא קבוע חיובי כך שסך המטען באטום הוא 0. התפלגות המטען מוגדרת על כל המרחב.

(א) מצאו את C .

(ב) מה הוא סך המטען עד רדיוס a_0 ? כמה q_e מוכלים עד רדיוס זה? כתבו מספר עשרוני עם דיוק של שתי ספרות.

(ג) מה הוא השדה החשמלי \vec{E} ברדיוס a_0 ? כיתבו תשובתכם בקואורדינטות ספריות. שימו לב כי השדה הוא וקטור.

(ד) נתון כי $a_0 = 0.53 \times 10^{-10} [\text{m}]$, ו- $[C] = 1.6 \times 10^{-19}$. חשבו את גודל השדה מסעיף ג' לשתי ספרות משמעותיות.

6. גליל אינסופי בעל רדיוס פנימי a ורדיוס חיצוני b מונח כך שציר הסימטריה שלו על ציר z וטעון בצפיפות מטען:

$$\rho(\vec{r}) = \frac{\sigma_0}{2\pi r} \frac{(r-a)(b-r)}{a^2}$$

(א) מצאו את השדה החשמלי בכל המרחב.

(ב) מוספים תיל דק אינסופי לאורך ציר z , טעון הומוגנית בצפיפות מטען אורכית λ . מה צריך להיות λ על מנת שהשדה מחוץ לגליל יתאפס?

(ג) כעת, עבור אותה צפיפות מטען אורכית λ שמצאתם בסעיף הקודם, הניחו כי התיל מוזז כך שהוא עובר במקביל לציר z דרך הנקודה $d\hat{x}$, עבור $d \ll a$. מה הוא השדה החשמלי בקירוב סדר מוביל רחוק מאוד מציר z ?