פיזיקה ב מעודכן

פרק 27 - תרגילים ברמת מבחן

תוכן העניינים

תרגילים:

שאלות:

1) נגד גלילי עם מוליכות כתלות ברדיוס

נתון נגד גלילי בעל אורך L ורדיוס R הנמצא בשדה חשמלי אחיד $E_0\hat{z}$ בכיוון הציר הראשי של הגליל. המוליכות הסגולית של הנגד היא: $\sigma(r)=\sigma_0\left(1-\frac{r}{R}\right)$.

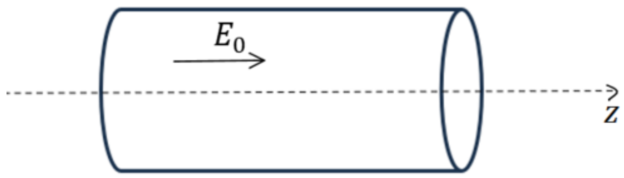
בקואורדינטות גליליות, כאשר r הוא המרחק מציר הסימטריה של הנגד.

א. מהי צפיפות הזרם כתלות ב - r.

ב. מהו הזרם הכולל בגליל?

ג. מהי ההתנגדות הכוללת של הגליל?

ד. מהו השדה המגנטי בכל המרחב?



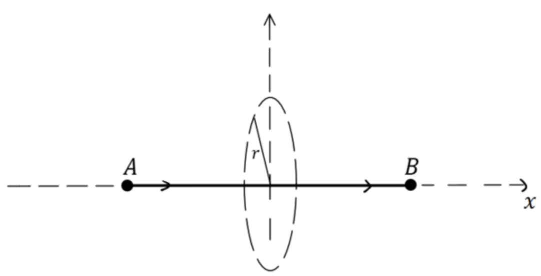
2) מטענים זורמים בין שתי נקודות

בנקודות $A(-x_0,0,0)$ ו- $B(x_0,0,0)$ ישנם הצטברות מטענים נקודתית q_A ו-q_B בהתאמה. נתון כי ב- t=0 מטענים מתחילים לזרום מהנקודה A ל- B. המטענים זורמים במהירות קבועה לאורך תיל ישר המחבר ביניהם כמתואר באיור. נתון ש: $q_A(t)=q_0-I_0t$, $q_B(t)=q_0+I_0t$. הניחו כי המטען לאורך התיל מפולג באופן אחיד בכל רגע נתון.

א. חשבו את רכיב ה- x של השדה החשמלי בכל נקודה במישור הניצב לתיל וחוצה אותו במרכזו.

ב. חשבו את זרם ההעתקה דרך משטח מעגלי ברדיוס r הניצב לתיל וחוצה אותו במרכזו.

ג. חשבו את השדה המגנטי בכל נקודה במישור המתואר בסעיף א.

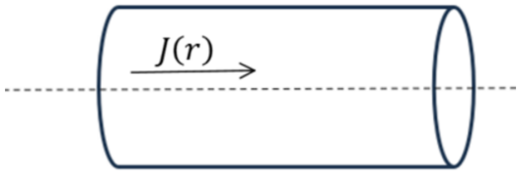


3) צפיפות זרם נתונה בנגד גלילי

במוליך גלילי אינסופי באורכו בעל רדיוס a זורם זרם I, בצפיפות זרם המשתנה עם r (בקואורדינטות גליליות), בהתאם לפונקציה:

$J(r) = A\left(1-\frac{r}{a}\right)$, כאשר A הוא קבוע מספרי.

א. הביעו את A באמצעות a ו- I.
ב. מהו השדה המגנטי בתוך המוליך?
ג. מהו השדה המגנטי מחוץ למוליך?
ד. חשבו את $\vec{\nabla}\times\vec{E}$ בכל המרחב.
ה. מהי ההתנגדות הסגולית של המוליך אם נתון שהשדה החשמלי בו אחיד ושווה ל- E?
ו. חשבו את ההתנגדות הכוללת של חתיכה מהגליל שאורכה L.

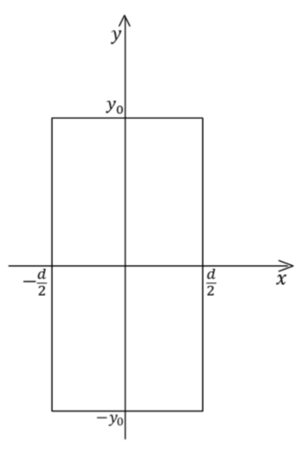


4) מטען דועך אקספוננציאלית

הפוטנציאל החשמלי במרחב נתון על ידי:

$\varphi(x,y,z) = \begin{cases} Ce^{\frac{y}{d}} & y<0 \\ Ce^{\frac{-y}{d}} & y>0 \end{cases}$ כאשר d , C הם קבועים חיוביים.

א. מהו השדה החשמלי בכל מקום במרחב?
ב. מהי התפלגות המטען הנפחית בכל מקום במרחב?
ג. מהן התפלגויות המטען המשטחיות בכל המרחב?
ד. מהו סך המטען בתיבה שצלעותיה בכיוון x ו- z הן d ו- $2y_0$ בכיוון y, ומרכזה בראשית הצירים?



5) שדה פוטנציאל ואנרגיה של מערכת מטענים כדורית

נתונה התפלגות המטען הבאה בקואורדינטות כדוריות:

$$\rho = \begin{cases} \rho_0 & r < R \\ 0 & R < r < 3R \\ 6\rho_0\left(\frac{R}{r}\right)^5 & r > 3R \end{cases}$$

בנוסף לכך נתונות עוד שתי קליפות טעונות.

קליפה אחת ברדיוס R בעלת צפיפות מטען σ_1 השווה ל: $\sigma_1 = -\frac{\rho_0 R}{3}$

וקליפה שנייה ברדיוס $3R$ בעלת צפיפות מטען σ_2 השווה ל: $\sigma_2 = \frac{\rho_0 R}{9}$

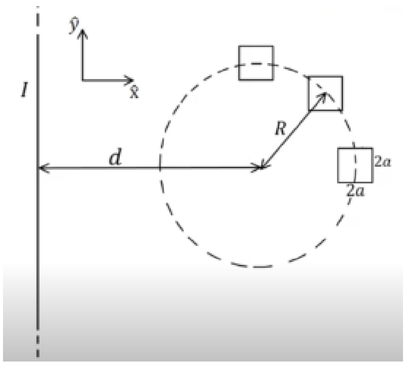
א. חשבו מהו השדה החשמלי בכל המרחב.

ב. חשבו מהו הפוטנציאל החשמלי בכל המרחב.

ג. חשבו את האנרגיה האלקטרוסטטית של המערכת (הציבו באינטגרלים אך אין צורך לפתור את האינטגרלים) והסבירו ממה היא נובעת.

6) מסגרת מסתובבת ליד תיל

מסגרת ריבועית בעלת צלע $2a$ נמצאת ליד תיל אינסופי בעל זרם קבוע I. מרכז המסגרת מסתובב במעגל כך שכיוון המסגרת ביחס לתיל אינו משתנה (כלומר צלעות המסגרת המקבילות לתיל נשארות מקבילות וצלעות המסגרת המאונכות לתיל נשארות מאונכות, ראו איור). רדיוס המעגל הוא R ומרחק מרכז המעגל מהתיל הוא d. נתון ש- $R+a<d$ ושהמהירות הזוויתית של הסיבוב קבועה ושווה ל- ω.



הניחו ש: $a << R$ (כלומר, ניתן להתייחס לשדה בתוך המסגרת כאחיד).

א. חשבו את השטף המגנטי דרך המסגרת כתלות במיקומה.

ב. חשבו את הכאמ במסגרת.

ג. מה כיוון הזרם המושרה במסגרת?

ד. חזרו על סעיפים א-ג עבור המקרה שגודל המסגרת אינו קטן והשדה אינו אחיד בתוכה.

7) לוחות מתקרבים בקבל לוחות

קבל לוחות שלוחותיו עגולים בעלי רדיוס a מחובר למקור מתח קבוע בעל מתח V_0. המרחק ההתחלתי בין הלוחות הוא d וברגע $t=0$ הלוח העליון נע במהירות קבועה u אל הלוח השני, כמתואר בתרשים.

בין הלוחות נמצאת לולאה ריבועית שהתנגדותה הכוללת היא R ואורך צלעה הוא b. צלע אחת של הלולאה מתלכדת עם הישר המחבר את מרכזי שני לוחות הקבל.

א. חשבו את המטען על הלוחות כתלות בזמן.

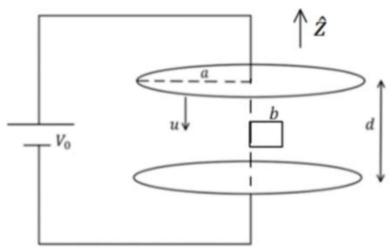
ב. מהי צפיפות זרם ההעתקה בקבל?

ג. הראו שזרם ההעתקה הכולל שווה לזרם הזורם אל הקבל.

ד. מהו השדה המגנטי המושרה בקבל?

ה. מהו הכא"מ המושרה בלולאה?

ו. מהו הזרם הזורם בלולאה ומה כיוונו?



8) כדור מוליך עטוף בקליפה מבודדת עבה

כדור מוליך בעל רדיוס R עטוף בקליפה מבודדת שרדיוסה הפנימי R והחיצוני $3R$. השדה החשמלי בתוך הקליפה המבודדת הוא $\vec{E}(r) = A\vec{r}$ כאשר A קבוע נתון.

נתון גם כי השדה החשמלי מחוץ לקליפה המבודדת שווה לאפס.

א. מהי צפיפות המטען הנפחית בתחום הקליפה המבודדת?

ב. מהו המטען על פני הקליפה הדקה ברדיוס R?

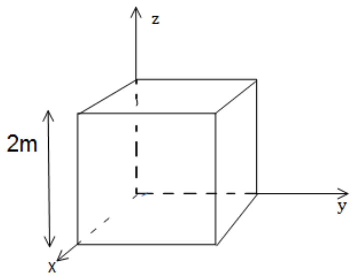
ג. מהו המטען על פני הקליפה הדקה ברדיוס $3R$?

ד. מהו הפוטנציאל החשמלי ב R?

9) מטען אנרגיה ופוטנציאל בקובייה

נתון שדה במרחב: $\vec{E} = 2y\hat{x} + 3y\hat{y}$.

קובייה בעלת צלע של 2m נמצאת ברביע הראשון כך שאחד מקדקודיה נמצא על הראשית (ראה ציור).



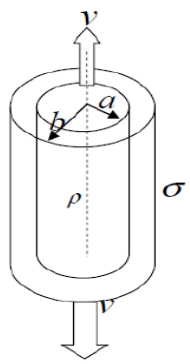
א. חשב את סך המטען הכלוא בתוך קובייה.

ב. מהי האנרגיה האלקטרוסטטית בתוך הקובייה?

ג. מצא מהו הפרש הפוטנציאלים בין ראשית הציר הנמצא בנקודה (0,2,0).

10) גליל וקליפה טעונים ונעים

במערכת הבאה ישנו גליל מבודד מלא ואינסופי ברדיוס a. מסביב לגליל ישנה קליפה גלילית מבודדת דקה ברדיוס b (לגליל ולקליפה ציר מרכזי משותף).



צפיפות המטען ליחידת נפח בתוך הגליל היא ρ והיא אחידה, וצפיפות המטען ליחידת שטח בקליפה היא σ והיא אחידה גם כן.

א. מצא מהו היחס $\frac{\rho}{\sigma}$ כך שהשדה מחוץ לקליפה יתאפס.

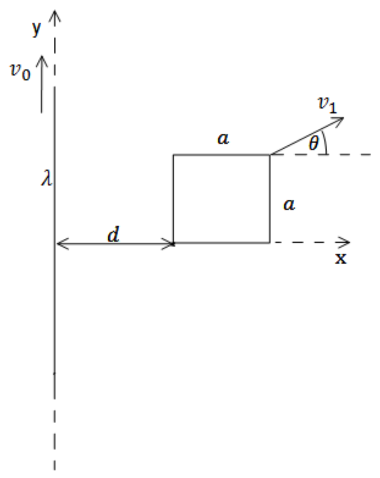
ב. מהו השדה החשמלי בכל המרחב?

ג. מהו הפוטנציאל החשמלי בכל המרחב ומהו הפרש הפוטנציאל בין הגליל לקליפה?

כעת מזיזים את הגליל במהירות קבועה v כלפי מעלה ואת הקליפה באותה המהירות כלפי מטה.

ד. מהו השדה המגנטי בכל המרחב?

11) מסגרת נעה באלכסון ליד תיל נע



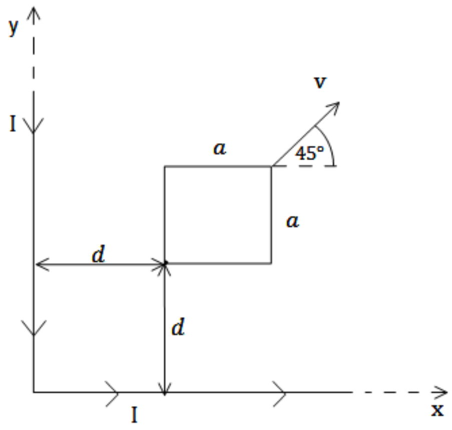
תיל אינסופי נמצא לאורך ציר ה-y.
התיל טעון בצפיפות מטען אחידה ליחידת אורך λ ונע בכיוון ציר ה-y במהירות קבועה v_0.
מסגרת מלבנית בעלת צלע a נמצאת ב-t = 0 במישור x-y כך שהפינה השמאלית שלה מרוחקת מרחק d מהתיל (ראה סרטוט).
התנגדות המסגרת היא R.
המסגרת נעה במהירות קבועה v_1 ובזווית טטה ביחס לציר ה-x.

א. מצא את הזרם במסגרת, גודל וכיוון.

ב. מהו הכוח הפועל על המסגרת על מנת למשוך אותה במהירות קבועה?

ג. מהו ההספק של הכוח ומהו ההספק שהולך לאיבוד כחום בנגד?

12) מסגרת נעה בין שני תילים



תיל אינסופי מכופף בזווית של $90°$ כך שחלק אחד של התיל נמצא על החלק החיובי של ציר ה-x והחלק השני על החלק החיובי של ציר ה-y (ראה שרטוט).

בתיל זורם זרם I_0 קבוע, נגד השעון.

מסגרת מלבנית בעלת צלע a נמצאת ב- $t = 0$.

במישור x-y כך שהפינה השמאלית התחתונה שלה מרוחקת מרחק d מכל חלק של התיל (ראה סרטוט). התנגדות המסגרת היא R.

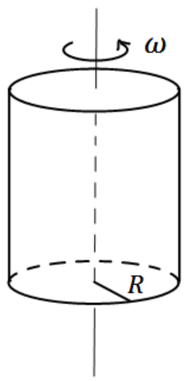
המסגרת נעה במהירות קבועה v ובזווית של $45°$ ביחס לציר ה-x.

א. מצא את הזרם במסגרת, גודל וכיוון.

ב. מהו הכוח הפועל על המסגרת על מנת למשוך אותה במהירות קבועה?

ג. מהו ההספק של הכוח ומהו ההספק שהולך לאיבוד כחום בנגד?

13) גליל טעון מסתובב



קליפה גלילית דקה ואינסופית בעלת רדיוס R טעונה בצפיפות מטען ליחידת שטח σ.

הקליפה מסתובבת במהירות זוויתית ω סביב ציר הסימטריה שלה.

א. מצא את השדה המגנטי בכל המרחב.

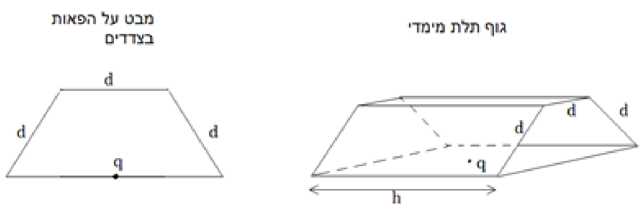
ב. מצא את השדה המגנטי בכל המרחב אם במקום הקליפה היה גליל מלא עם צפיפות מטען אחידה ליחידת נפח ρ.

14) שטף דרך משושה

בציור ישנו גוף תלת מימדי שפאותיו בצדדים הם חצאי משושה שווה צלעות עם אורך צלע d. המרחק בין הפאות הוא h וידוע ש-$d \ll h$.

מטען נקודתי q נמצא במרכז הבסיס של הגוף.

מצא את השטף דרך אחת הפאות המלבניות (באורך h ורוחב d).



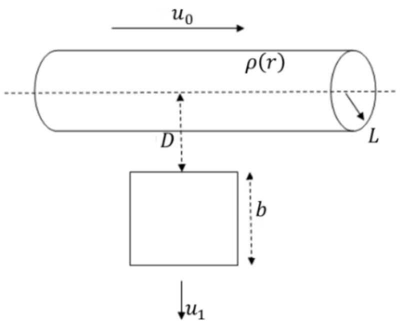
15) גליל טעון נע

נתון גליל אינסופי בעל רדיוס L הטעון בצפיפות מטען נפחית $\rho(r) = \rho_0 \left(\frac{r}{L}\right)^2$.
כאשר r מייצג את המרחק מציר הסימטריה של הגליל (ציר z).

א. קבל ביטוי לווקטור השדה החשמלי בכל המרחב.

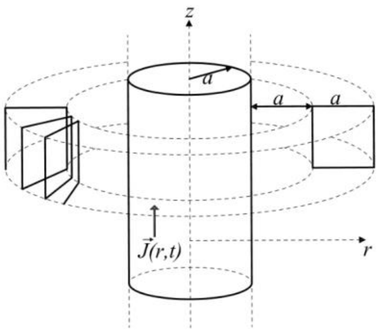
ב. קבל ביטוי לפוטנציאל החשמלי בכל המרחב. הניחו כי $V(r=0) = V_0$.

ג. בשלב זה הגליל נע במהירות קבועה u_0 בכיוון z.
מה וקטור השדה המגנטי בכל המרחב?



ד. במרחק D ממרכז הגליל נמצאת לולאה ריבועית בעלת צלע b והתנגדות חשמלית R.
נתון ש- $L < D$ והלולאה וציר הגליל נמצאים באותו מישור, ושתיים מצלעות הלולאה ניצבות לציר הגליל. הלולאה מתחילה לנוע ב- $t = 0$ במהירות קבועה u_1 בכיוון הרדיאלי.
מהן הזרם הזורם בלולאה ומה כוונו עבור צפיפות מטען חיובית.
במידה ולא פתרת סעיף ג' אתה רשאי להניח זרם חשמלי I בגליל הנע.

16) טורואיד מסביב לגליל עם זרם



נתון גליל מוליך אינסופי שרדיוסו a הנושא את הזרם $\vec{j}(r,t) = crt^2\,\hat{z}$ הקבוע c חיובי.

א. מצא את וקטור השדה המגנטי בסביבתו החיצונית $(a < r)$.

מקיפים את הגליל בסליל סגור בעל כריכות שצורתן ריבוע שאורך צלעותיו a כנראה בשרטוט.
בעלת חתך ריבועי כמתואר על ידי הקווים המנוקדים.
הדופן הפנימית של הסליל מרוחקת מרחק a ממעטפת הגליל.

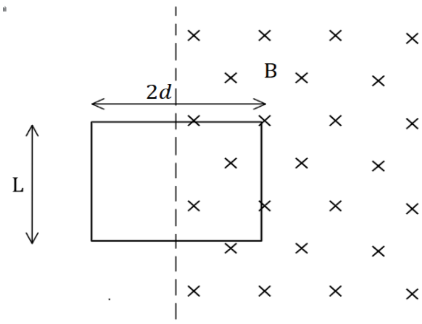
בנוסף נתון שהסליל הוא תייל בעל רדיוס חתך $\frac{a}{100}$ והתנגדות סגולית ρ.

ב. חשבו את השטף המגנטי דרך כריכה בודדת בסליל.

ג. חשבו את הזרם המושרה בסליל כפונקציה של הזמן וציינו את כיוונו.

17) מסגרת נעה בשדה שקטן

מסגרת מלבנית בעלת אורך 2d ורוחב L מונחת כך שרק חציה הימני נמצא בתוך שדה מגנטי (ראה איור). כיוון השדה הוא לתוך הדף וגודלו משתנה באופן הבא:
ב-$0 < t < t_0$ גודל השדה קבוע ושווה ל-B, ב-$t_0 < t < 2t_0$ גודל השדה יורד בקצב קבוע עד שהוא מגיע לערך 0 בזמן $2t_0$. לאחר מכן גודל השדה נשאר אפס.
התנגדות המסגרת היא R.



א. חשב את הכא״מ המושרה מרגע $t = 0$ בהנחה שהמסגרת מקובעת במקומה.

ב. שרטט את הזרם כתלות בזמן.
מה כיוון הזרם במסגרת?

ג. כעת נניח כי מהרגע t_0 מושכים את המסגרת ימינה במהירות קבועה $v = \frac{d}{t_0}$.
חשב את הזרם המושרה במסגרת בפרק הזמן $t_0 < t < 2t_0$.

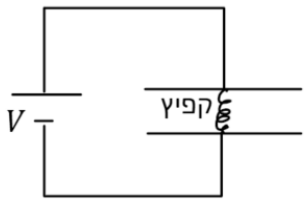
ד. חשב את העבודה שביצע הכוח שמשך את המסגרת בפרק הזמן של סעיף ג׳.

18) קבל וקפיץ לא ליניארי

קבל לוחות מורכב משני לוחות מעגליים בעלי שטח A.
בין הלוחות מחובר קפיץ לא מוליך המפעיל כוח לא ליניארי שגודלו הוא $F = k\Delta l^2$. כאשר Δl היא ההתארכות של הקפיץ מהמצב הרפוי.
האורך הרפוי של הקפיץ הוא l_0 ונתון כי $\sqrt{A} \ll l_0$.

א. מחברים את הקבל לסוללה בעלת מתח V.
מה המטען על הקבל ומהי ההתארכות של הקפיץ במצב היציב?

ב. מקרבים את הלוחות של הקבל אחד אל השני לאט מאוד כך שהמרחק בניהם נתון על ידי $x(t) = l_0 - ut$.
מה ההספק של הסוללה בתהליך?
מהו קצב שינוי האנרגיה בקבל?
הסבר מדוע הגדלים אינם שווים.



ג. מחזירים את הלוחות למצב של סעיף א׳,
מנתקים את הסוללה ומחברים במקומה נגד R.
הדיפרנציאלית שפתרונה ייתן את המטען על הקבל כתלות בזמן,
הניחו שמסת הלוחות זניחה. אין צורך לפתור את המשוואה.

תשובות סופיות:

1) א. $\sigma_0\left(1-\frac{r}{R}\right)E_0\hat{Z}$ ב. $\frac{E_0\sigma_0\pi R^2}{3}$ ג. $\frac{3L}{\sigma_0\pi R^2}$

ד. $$B(r)=\begin{cases}\frac{\mu_0E_0\sigma_0 r}{6}\hat{\theta} & r<R\\ \frac{\mu_0E_0\sigma_0R^2}{6r}\hat{\theta} & R<r\end{cases}$$

2) א. $\frac{-2kx_0I_0t}{(x_0^2+r^2)^{\frac{3}{2}}}$ ב. $I_D=x_0I_0\left[(x_0^2+r^2)^{\frac{-1}{2}}-x_0^{-1}\right]$

ג. $\vec{B}=\frac{\mu_0(I_D+I_0)}{2\pi r}\hat{\theta}$

3) א. $A=\frac{3I}{\pi a^2}$ ב. $\vec{B}(r)=\mu_0A\left(\frac{r}{2}-\frac{r^2}{3a}\right)\hat{\theta}$

ג. $\vec{B}(r)=\frac{\mu_0I}{2\pi r}\hat{\theta}$ ד. 0 ה. $\sigma(r)=\frac{E}{A\left(1-\frac{r}{a}\right)}$

ו. $R=\frac{E\cdot L}{I}$

4) א. $\vec{E}=\frac{C}{d}\hat{y}\begin{cases}-e^{\frac{y}{d}} & y<0\\ e^{-\frac{y}{d}} & y>0\end{cases}$ ב. $\rho=\frac{\varepsilon_0C}{d^2}\hat{y}\begin{cases}e^{\frac{y}{d}} & y<0\\ e^{-\frac{y}{d}} & y>0\end{cases}$

ג. $\sigma(y=0)=\frac{2\varepsilon_0C}{d}$ ד. $Q_T=2Cd\varepsilon_0\left[e^{\frac{-y_0}{d}}+1\right]$

5) א. $$\vec{E}=\begin{cases}\frac{\rho_0 r}{3\varepsilon_0}\hat{r} & r<R\\ 0 & R<r<3R\\ \frac{\rho_0}{\varepsilon_0}\left(\frac{4R^3}{3r^2}-\frac{3R^5}{r^4}\right)\hat{r} & 3R<r\end{cases}$$

ב. $$\varphi=\begin{cases}-\frac{\rho_0}{3\varepsilon_0}\cdot\frac{r^2}{2}+\frac{31}{54}\rho_0R^2 & r<R\\ \frac{11}{27}\rho_0R^2 & R<r<3R\\ -\frac{\rho_0}{\varepsilon_0}\left(-\frac{4R^3}{3r}-\frac{R^5}{r^3}\right) & 3R<r\end{cases}$$

ג. $U=\frac{\varepsilon_0}{2}\left[\int_0^R\left(\frac{\rho_0 r}{3\varepsilon_0}\right)^2 4\pi r^2 dr+\int_{3R}^{\infty}\left(\frac{\rho_0}{\varepsilon_0}\left(\frac{4R^3}{3r^2}-\frac{3R^5}{r^4}\right)\right)^2\right]4\pi r^2 dr$

הסבר:

האנרגיה הפוטנציאלית נובעת מהאינטראקציה של הכוחות בין המטענים.
אם נשחרר את המטענים לנוע בחופשיות אז הכוחות ביניהם יגרמו למטענים לצבור מהירות ואנרגיה קינטית. סך האנרגיה הקינטית שתהיה למערכת לאחר שהמטענים התרחקו מאוד (או התקרבו מאוד) תהיה שווה לאנרגיה הפוטנציאלית של המערכת. את האנרגיה הקינטית ניתן כמובן להמיר לאנרגיות אחרות.

6) א. $\frac{2\mu_0 I a^2}{\pi\;\; d+R\cos\theta}$ ב. $-\frac{2\mu_0 I a^2}{\pi}\frac{\omega R\sin\theta}{d+R\cos\theta^{\;2}}$

ג. נגד השעון. ד. (א). $\frac{a\mu_0 I}{\pi}\ln\left(\frac{d+R\cos\theta+a}{d+R\cos\theta-a}\right)$

ד. (ב). $-\frac{a\mu_0 I}{\pi}\left(\frac{d+R\cos\theta-a}{d+R\cos\theta+a}\right)\left[\frac{2a\omega R\cos\theta}{d+R\cos\theta-a^{\;2}}\right]$ ג. לא משתנה.

7) א. $q\;\;t\;=\frac{\varepsilon_0\pi a^2 v_0}{d-ut^{\;2}}$ ב. $\vec{J}_D=\frac{-u\varepsilon_0 v_0\hat{z}}{d-ut^{\;2}}$ ג. הוכחה בסרטון.

ד. $\vec{B}\;\;r\;=\frac{-\mu_0\varepsilon_0 v_0 ur}{2\;\;d-ut^{\;2}}$ ה. $|\varepsilon|=\frac{\mu_0\varepsilon_0 v_0 u^2 b^3}{4\;\;d-ut^{\;3}}$ ו. $I=\frac{\mu_0\varepsilon_0 v_0 u^2 d^3}{2R\;\;d-ut^{\;3}}$ עם השעון.

8) א. $3A\varepsilon_0$ ב. $AR\varepsilon_0$ ג. $-3AR\varepsilon_0$ ד. $4AR^2$

9) א. $24\varepsilon_0$ ב. $U=\frac{208}{3}\varepsilon_0$ ג. -6

10) א. $\frac{\rho}{\sigma}=-\frac{2b}{a^2}$

ב. $\vec{E}=\begin{cases}\frac{\rho r}{2\varepsilon_0}\hat{r} & 0<r<a\\ \frac{\rho a^2}{2\varepsilon_0 r}\hat{r} & a<r<b\\ 0 & b<r\end{cases}$

ג. $\varphi=\begin{cases}\frac{\rho r^2}{4\varepsilon_0}+\frac{\rho a^2}{2\varepsilon_0}\left(\ln\frac{b}{a}+\frac{1}{2}\right) & 0<r<a\\ \frac{\rho a^2}{2\varepsilon_0}\ln\frac{b}{a} & a<r<b\\ 0 & b<r\end{cases}$

ד. $\vec{B}=\begin{cases}\frac{\mu_0 V}{2}(\rho r)\hat{\theta} & 0<r<a\\ \frac{\mu_0 V}{2}\left(\frac{\rho a^2}{r}\right)\hat{\theta} & a<r<b\\ \frac{\mu_0 V}{2}\left(\frac{\rho a^2-\sigma 2b}{r}\right)\hat{\theta} & b<r\end{cases}$

11) א. $I_1(t)=\frac{\mu_0 I_0 a V_1\cos\theta}{2\pi}\left(\frac{1}{x(t)+a}-\frac{1}{x(t)}\right)$, עם כיוון השעון.

ב. $\vec{F}_{ext}=\frac{-\mu_0 I_0 I_1 a}{2\pi}\left(\frac{1}{x(t)+a}-\frac{1}{x(t)}\right)\hat{x}$

ג. $P_{ext}=|F||V_1|\cos\theta$, $P_R=I_1^2R$

12) א. $I_1=\frac{|\varepsilon|}{R}$, נגד כיוון השעון.

ב. $\vec{F}_{ext}=\frac{-\mu_0 I_1 I_0 a}{4\pi}\left(\frac{1}{y_1+a}-\frac{1}{y_1}\right)(\hat{x}+\hat{y})$

ג. $P_{ext}=\frac{\mu_0 I_1 I_0 a}{4\pi}\left(\frac{1}{y_1}-\frac{1}{y_1+a}\right)V\cdot\frac{1}{\sqrt{2}}\cdot 2$, $P_R=I_1^2R=P_{ext}$

13) א. $\vec{B}=\mu_0\sigma R\omega\hat{z}$

ב. $\vec{B}=\mu_0\rho\omega\left(\frac{R^2-r^2}{2}\right)\hat{z}$

14) $\phi_{E_1}=\frac{q}{6\varepsilon_0}$

15) א. $\vec{E}=\begin{cases}\dfrac{\rho_0 r^3}{4\varepsilon_0 L^2}\hat{r} & r<L\\ \dfrac{\rho_0 L^2}{4r}\hat{r} & r>L\end{cases}$

ב. $\varphi=\begin{cases}-\dfrac{\rho_0 r^4}{16\varepsilon_0 L^2}+V_0 & r\le L\\ -\dfrac{\rho_0 L^2}{4\varepsilon_0}\ln r+V_0-\dfrac{\rho_0 L^2}{4\varepsilon_0}\left(\dfrac{1}{4}-\ln L\right) & r\ge L\end{cases}$

ג. $\vec{B}=\dfrac{\mu_0\rho_0 u_0}{4}\begin{cases}\dfrac{r^3}{L^2}\hat{\theta} & r<L\\ \dfrac{L^2}{r}\hat{\theta} & r>L\end{cases}$

ד. $I=\dfrac{\mu_0 Ib}{2\pi R}\left(\dfrac{1}{D+b+u_1}u_1-\dfrac{1}{D+u_1 t}u_1\right)$, עם כיוון השעון.

16) א. $\vec{B}(r,t)=\dfrac{\mu_0 Ct^2a^3}{3r}\hat{\theta}\quad r>a$ ב. $\phi_B=\dfrac{\mu_0 Ct^2a^4}{3}\ln 2$

ג. $I=\dfrac{\mu_0 C\cdot 2\cdot ta^5\ln 2\cdot\pi}{3}\cdot 10^{-4}$, נגד כיוון השעון.

17) א. $|\varepsilon|=\begin{cases}0 & 0\le t<t_0\\ \dfrac{d\cdot L\cdot B}{t_0} & t_0<t<2t_0\\ 0 & 2t_0<t\end{cases}$ ב. $I=\begin{cases}0 & 0\le t<t_0\\ \dfrac{d\cdot L\cdot B}{R\cdot t_0} & t_0<t<2t_0\\ 0 & 2t_0<t\end{cases}$

ג. $I=\dfrac{2BLd}{Rt_0}\left(\dfrac{t}{t_0}-1\right)$, עם השעון. ד. $W=\dfrac{-B^2L^2d^2}{3Rt_0}$

18) א. $Q=\dfrac{2\varepsilon_0 AV}{l_0+\sqrt{l_0^{\,2}-4\sqrt{\dfrac{\varepsilon_0 AV^2}{2k}}}}$, $\Delta l=\dfrac{l_0-\sqrt{l_0-4\sqrt{\dfrac{\varepsilon_0 AV^2}{2k}}}}{2}$

ב. $\dfrac{du}{dt}=\dfrac{\varepsilon_0 AuV^2}{2(l_0-ut)^2}$, $p=\dfrac{\varepsilon AuV^2}{(l_0-ut)^2}$ ג. $Q\left(\dfrac{l_0-\dfrac{Q}{\sqrt{2\varepsilon_0 Ak}}}{\varepsilon_0 A}\right)=-QR$