

פיזיקה כללית ב חשמל מגנטיות וגלים

131141

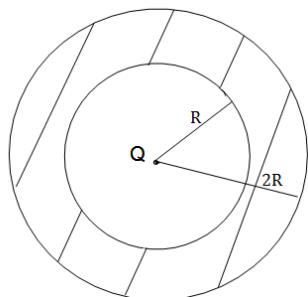
פרק 24 - תרגילים ברמת מבחן

תוכן העניינים

1
1. תרגילים

תרגילים:

שאלות:



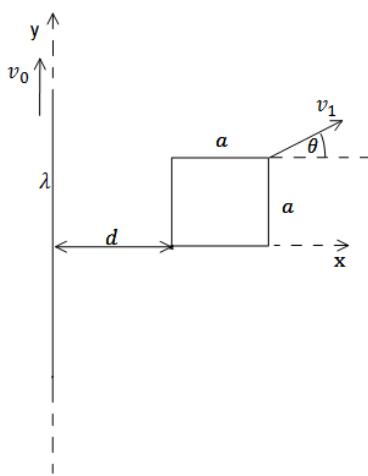
1) מטען במרכז קליפה

טען נקודתי Q נמצא במרכזו של קליפה כדורית עבה. רדיוס הקליפה הפנימי הוא R ורדיוסה החיצוני הוא $2R$. הקליפה מוליכה ואינה טעונה.

- א. מצא את הפרש הפוטנציאלים בין הנקודות

$$\text{הנמצאת ב-} r = \frac{R}{3} \text{ לבין הנקודה הנמצאת ב-} r = 3R.$$

- ב. חזר על סעיף א' עבור המקרה בו הקליפה טעונה במטען כולל Q .



2) מסגרת נעה באլכסון ליד תיל נע

תיל אינסופי נמצא לאורך ציר ה- y .

התיל טוען בצפיפות מטען איחידה ליחידת אורך λ וגע בכיוון ציר ה- y ב מהירות קבועה v_0 . מסגרת מלבנית בעלת צלע a נמצאת ב- $t = 0$ בישור $y-x$ כך שהפינה השמאלית שלה מרוחקת מרחק d מהתיל (ראה סרטוט).

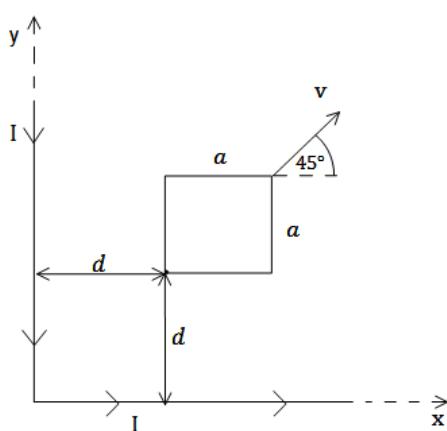
התנגדות המסגרת היא R .

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 חום בנגד?



3) מסגרת נעה בין שני תילים

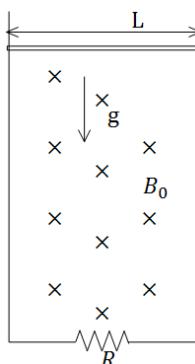
תיל אינסופי מכופף בזווית של 90° כך שחלק אחד של התיל נמצא על החלק החיבובי של ציר ה- x והחלק השני על החלק החיבובי של ציר ה- y (ראה שרטוט).

בתיל זורם זרם I_1 קבוע, נגד השעון.

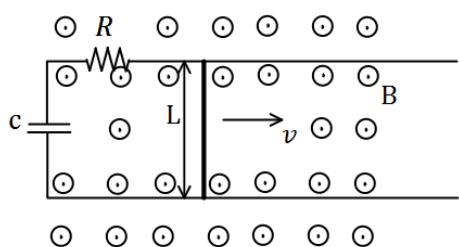
מסגרת מלבנית בעלת צלע a נמצאת ב- $t = 0$.

בישור $y-x$ כך שהפינה השמאלית התחthonה שלה מרוחקת מרחק d מכל חלק של התיל

- (ראה סרטוט). התנודות המסגרת היא R .
 המסגרת נעה ב מהירות קבועה v ובזווית של 45° ביחס לציר ה- x .
- מצא את הזרם במסגרת, גודל וכיוון.
 - מהו הכוח הפועל על המסגרת על מנת למשוך אותה ב מהירות קבועה?
 - מהו ההספק של הכוח ומהו ההספק שהולך לאיבוד חום נגד?



- 4) מוט נופל מחובר למסילה**
 מוט מוליך מונח על מסילה אנכית ונופל בהשפעת כוח הכבידה. במרחב קיימת שדה מגנטי B לתוכך הדף. רוחב המסילה הוא L ומסת המוט היא M התנודות המסילה קבועה ושווה ל- $-R$.
- מצא את הכאים במעגל כתלות ב מהירות המוט v .
 - מצא את כיוון השدة המושרحة ואת כיוון הזרם שנוצר במעגל.
 - מצא את הכוח המגנטי הפועל על המוט (עדין כתלות ב מהירות).
 - רשות משווהות כוחות על המוט. מהי המהירות הסופית של המוט?
 - מצא את המהירות והזרם כפונקציה של הזמן.



- 5) פארדי עם קבל נגד ביחד**
 מוט מוליך באורך L נע על גבי מסילה מוליכה ב מהירות קבועה בזמן v . למסילה מחוברים נגד בעל התנודות R וקבל בעל קיבול C . בכל המרחב קיימת שדה מגנטי אחיד B החוצה מהדף.

- מצא את הזרם במעגל גודל וכיוון (כתלות בזמן).
- מה הכוח בו צריך למשוך את המוט על מנת שיישאר ב מהירות קבועה?
- מצא מהו ההספק של הכוח הניל (כתלות בזמן).
- מצא מהו ההספק ב נגד ובקבל (כתלות בזמן).
- הראה כי ההספק של הכוח החיצוני שווה להספק של הקבל והנגד. הסבר מדוע ההספקים שווים.

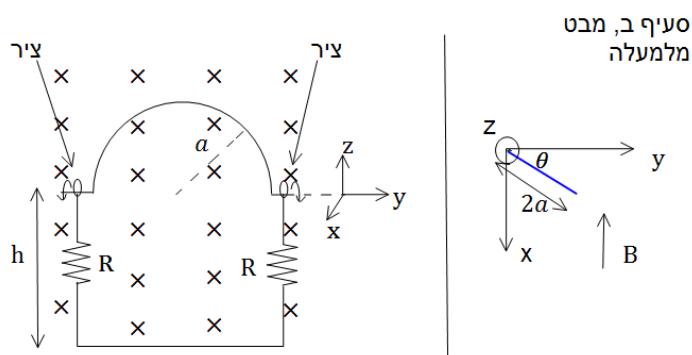
6) כבל מסתובב

במערכת הבאה ישנו כבל מוליך אידיאלי בצורת חצי מעגל ברדיוס a . בשתי הקצוות של חצי המעגל הכבול מחובר לצירים כך שניתן לסובבו סביבים (סביב ציר ה- y בציור).

הצירים מחוברים למסגרת מלכנית בגובה $a > h$, המסגרת קבועה במקום. בכל צד של המסגרת קיימים נגד R .

במרחב קיימת שדה מגנטי אחיד B לתוכן הדף (במינוס X).

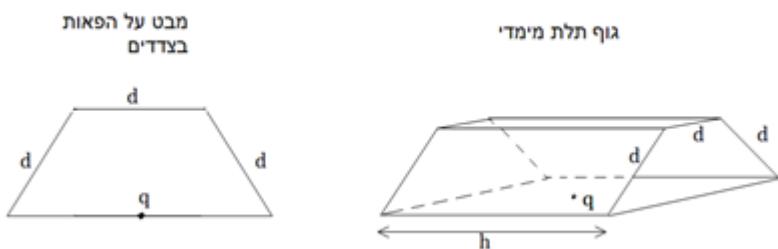
ב- $t=0$ הכבול נמצא במצב המתוור בציור ומחילהים לסובבו סביב הצירים (ציר ה- y) ב מהירות זוויתית ω (להמחשה, ברגע הראשון כל הנקודות במעגל מתקדמות אליו).

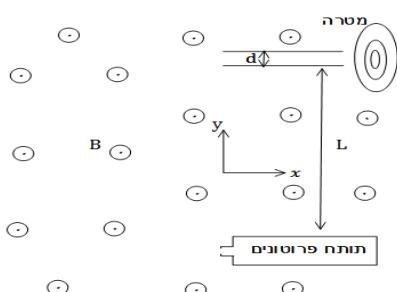


- א. מהו הזרם בכבל?
- ב. נניח כי העמוד השמאלי של המסגרת נמצא בראשית וניתן לסובב את כל המערכת סביב עמוד זה.
- ממצא את הזווית בה צריך לסובב את המסגרת כך שהזרם יקטן פי 2.
- ג. ממצא את הזווית בה צריך לסובב את המסגרת כך שההספק יקטן פי 2.

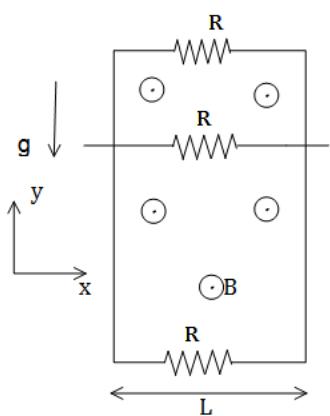
7) שטף דרך משושה

בציור ישנו גוף תלת מימדי שפאותיו בצדדים הם חצאי משושה שווה צלעות עם אורך צלע d . המרחק בין הפאות הוא h וידוע $h-d \gg h$.
מטען נקודתי q נמצא במרכז הבסיס של הגוף.
ממצא את השטף דרך אחת הפאות המלבניות (באורך h ורוחב d).



**(8) תותח פרוטוניים**

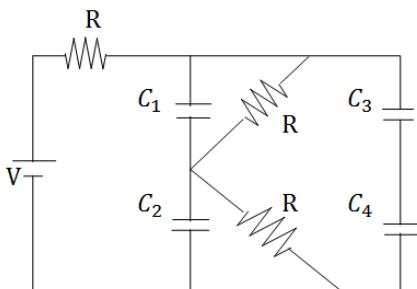
תותח פרוטוניים יורה פרוטונים ב מהירות
שונות בכיוון מינוס ציר ה- x .
ב מרחק L מעל התותח נמצא קובל לוחות
כאשר המרחק בין הלוחות הוא $L \ll d$.
ב סוף הקובל נמצא מטרה.
ב מרחב קיימים שדה מגנטי B אחיד ובכיוון z .
מצא את המתח ש צריך להפעיל על הקובל על
מנת שהפרוטונים יפגעו במרכז המטרה.



(9) נגד נופל במסגרת
מסגרת מלכנית מוליכה, אורךה מאד ובעל
רוחב L , נמצא בשדה הכבוד.
אורךה נמצא על ציר ה- y ורוחבה על ציר ה- x .
בצלע העליונה ובצלע התחתונה של המסגרת
קיימים נגדים עם התנגדויות זהה R .
מוט מוליך בעל התנגדות זהה R מחליק לאורך
ציר ה- y על המסגרת.
מצא את המהירות הסופית של המוט אם במרחב
קיים שדה מגנטי אחיד B בכיוון Z ונתונה מסת המוט.

(10) אנרגיה של קבליים

ב מעגל הבא נתון מתח המקור וההתנגדות הנגדים (זהה לכל הנגדים).



א. מצא את האנרגיה האגורה בקבליים

ב מצב העמיד אם נתון ש-

$$C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = C$$

ב. כתע נתון שהגדילו את המרוחק בין
الלוחות של קובל C_3 פי 2 ולקובל
הכניסו חומר דיאלקטרי בעל מקדם
דיאלקטרי ϵ_r הממלא את כל הנפה
בתוך הקובל.

מצא שוב את האנרגיה האגורה בקבליים.

11) גליל טעון נע

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

א. קובל ביטוי לוקטור השדה החשמלי בכל המרחב.

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

ג. בשלב זה הגליל נע במהירות קבועה u בכיוון z .

מה וקטור השדה המגנטי בכל המרחב?

ד. במרחב D ממרכז הגליל נמצא תולאה ריבועית בעלת צלע a והתנגדות חשמלית R .

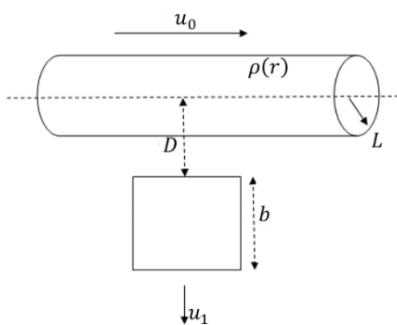
נתון $Sh - L > D$ והtolaea וציר הגליל נמצאים

באותו מישור, ושתיים מצלעות tolaea ניצבות לציר הגליל. tolaea מתחילה לנوع

$B = 0$ במהירות קבועה u בכיוון הרדיאלי.

מהו זרם הזורם tolaea ומה כוונו עבור צפיפות מטען חיובית.

במידה ולא פתרת סעיף ג' אתה רשאי להניח זרם חשמלי I בגליל הנע.

**12) קובל לוחות עם חומר תלוי במיקום**

נתון קובל לוחות עם שטח חתך מרובע $a \times a$

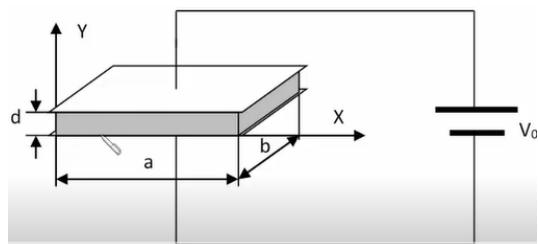
(ראה תרשימים). בין הלוחות שהמרחב ביניהם d מצוי חומר דיאלקטרי בעל דיאלקטריות

יחסית $\epsilon_r = 1 + \frac{y}{d}$ כאשר y הוא המרחק מהמשטח התחתון (מהאלקטrozda) אשר

מיומו במערכת הצירים מוגדר $C = 0$.

الוחות מחוברים להפרש פוטנציאליים

קבוע V_0 .

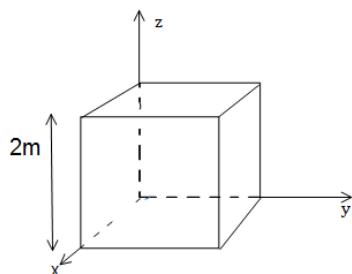


א. פתח את הביטוי עבור קיבול הקובל.

ב. מהו המטען וצפיפות המטען הנמצאת על כל לוח?

ג. מהו השדה החשמלי בתוך החומר הדיאלקטרי כפונקציה של המיקום?

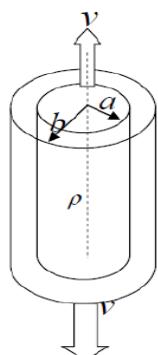
ד. השתמש בцеיפות האנרגיה בתוך החומר הדיאלקטרי וחשב את האנרגיה האצורה בחצי התחתון של הקובל.

**13) מטען אנרגיה ופוטנציאל בקובייה**

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

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

- חשב את סך המטען הכלוא בתחום קובייה.
- מהי האנרגיה האלקטרוסטטית בתחום הקובייה?
- מצא מהו הפרש הפוטנציאליים בין ראשית הצירים והקדקוד הנמצא בנקודה (0,2,0).

**14) גליל וקליפה טעוניים ונעימים**

במערכת הבאה ישנו גליל מבודד מלא ואינסופי ברדיוס a .

מסביב לגליל ישנה קליפה גלילית מבודדת דקה ברדיוס σ (לגליל ולקליפה ציר מרכזי משותף).

צפיפות המטען לייחิดת נפח בתחום הגליל היא ρ והיא אחידה, וצפיפות המטען לייחידת שטח בклיפה היא σ והיא אחידה גם כן.

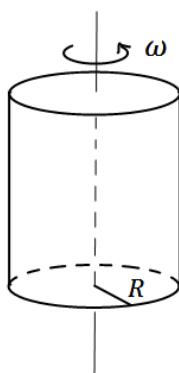
- מצא מהו היחס $\frac{\rho}{\sigma}$ כך שהשدة מחוץ לקליפה יתאפס.

ב. מהו השדה החשמלי בכל המרחב?

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

כעת מזינים את הגליל במהירות קבועה v כלפי מעלה ואת הקליפה באותה מהירות כלפימטה.

ד. מהו השדה המגנטי בכל המרחב?

**15) גליל טוען מסתובב**

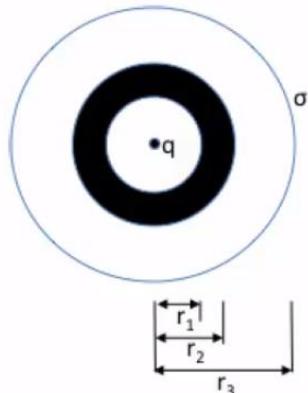
קליפה גלילית דקה ואינסופית בעלת רדיוס R טעונה בצפיפות מטען לייחידת שטח σ .

הקליפה מסתובבת ב מהירות זוויתית ω סביב ציר הסימטריה שלה.

- מצא את השדה המגנטי בכל המרחב.
- מצא את השדה המגנטי בכל המרחב אם במקומות הקליפה היה גליל מלא עם צפיפות מטען אחידה לייחידת נפח ρ .

הערה:

שאלות 18-16 לקוחות מבחן של הנדסת חשמל באוניברסיטת תא, 2014 מועד א סמסטר א.



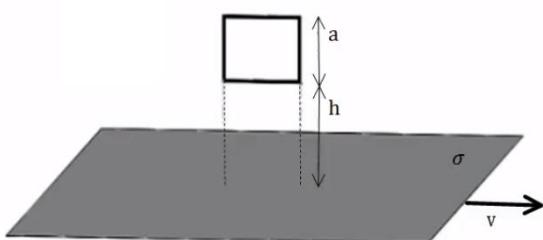
16) נתונה המערכת הבאה, המתוארת בקואורדינטות כדוריות: בראשית הצירים נמצא מטען נקודתי q . בתחום הרדייאלי $r_2 < r < r_1$ ישנה קליפה כדורית

- עבה, מוליכה ובלתי טעונה.
 ברדיוס r_3 (כאשר $r_2 < r_3$) ישנה קליפה כדורית דקה, מבודדת וטעונה בצפיפות מטען שטחית σ .
 א. מהו וקטור השדה החשמלי בכל המרחב?
 ב. מהי פונקציית הפוטנציאל בכל המרחב?
 (קחו את הפוטנציאלי להיות 0 ב- $\infty = x$).

ג. רשמו את מיקומיהם וגדיליהם של כל צפיפות המטען המשטחיות במערכת, פרט לזו שב- r_3 .

- ד. מזיזים את המטען הנקודתי למקום $(\frac{r_1}{2}, 0, 0)$.
 בכמה משתנה הפוטנציאלי בנקודה $(2r_3, 0, 0)$?

17) במישור xy נמצא משטח אינסופי דק, הטוען בצפיפות מטען משטחית אחת σ . המשטח נע במחירות $\hat{x}\hat{t}\hat{y}$ כאשר β קבוע. בגובה a מעל המשטח, במישור zx , נמצאת לולה ריבועית נייחת בעלת צלע a (ראו איור). ענו על כל הסעיפים כפונקציה של הזמן.



א. מהי צפיפות הזרם הקווית הנובעת מתנועת המשטח?

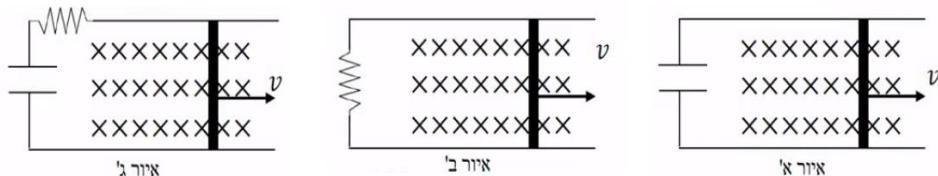
ב. מהו השדה המגנטי בכל המרחב?

ג. מהו שטף השדה המגנטי דרך הלולאה?

ד. נתון שלמסגרת התנגדות R .

מהו גודל הזרם במסגרת ומהו כיוונו (ציירו את הכיוון לפי האיור)?

18) קיבל שקיולו C מחובר לשני מוטות חצי אינסופיים וחסרי התנגדות. מוט שלישי, בעל אורך H וחסר התנגדות, נוגע בקצוותיו במוטות החצי אינסופיים ומתרחק מהקבל במהירות קבועה v (ראו איור א'). באזור המוט הנע פועל שדה מגנטי B_0 הניצב למישור המעלג (השדה נכנס לדף). שדה זה אינו קיים באזור הקובל. הזניחו את התנגדות התילים ואת השדה המגנטי שיוצא הזרם המושר.



איור ג'

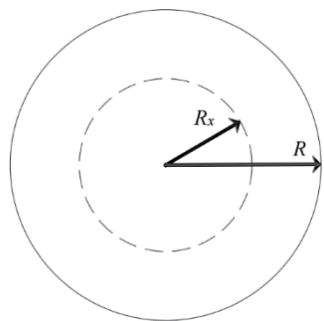
א. מהו הCAC'ם המושר במעגל?

ב. מהו המטען על הקובל?

- ג. מחליפים את הקובל בנגד שהתנגדותו R (ראו איור ב'). מהו הזרם במעגל? (גודלו וכיונו – ציינו את הכיוון באופן ברור). ד. מחזירים את הקובל למעגל, כך שהוא מחובר בטור עם נגד (ראו איור ג'). כתבו את משוואת המתיחים של המעלג ומצאו את הזרם כפונקציה של הזמן, כאשר נתון שהקבול אינו טוען בזמן $t = 0$.

19) חור בתוך כדור

כדור שרדיויסו R טוען בנסיבות נתונה אשר שווה $\rho(r) = Cr^3$. ידוע כי המטען הכלול של הכדור שווה Q .



א. מצא את הפרמטר C .

ב. מהי עוצמת השדה החשמלי בכל המרחב?

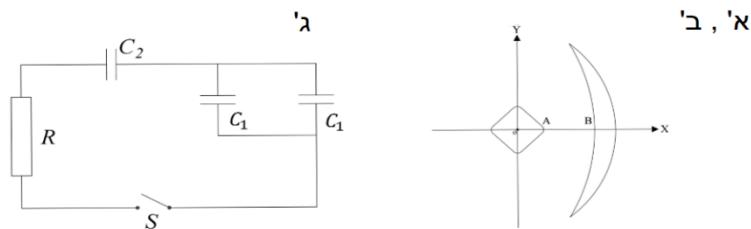
- ג. מוציאים מהכדור ליבנה כדוריית שרדיויסה x אשר יוצר חלל פנימי אך שאר החומר עדין טוען כמו קודם. הפרמטר x אינו ידוע. במצב החדש עוצמת השדה החשמלי בכל התחום $R > r$ נחלשה פי 2.

מצא את עוצמת השדה החשמלי בתחום $R \leq r \leq R_x$ (אפשר אך אין חובה למצוא את x).

(20) קבל לא סטנדרטי

בתרשים שלפנינו מתואר קבל הבוני משני גופים מוליכים שצורתם איננה סטנדרטית. הצירים x, y, z מוגדרים בשרטוט.

נתונות קואורדינטות של נקודות A, B : $B = (x_B, y_B, z_B)$, $A = (x_A, y_A, z_A)$.
ידוע כי כאשר קבל זה טוען בטען q הפוטנציאל על ציר z בין נקודות A ו-B ניתן לפי הנוסחה $\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_A} + \frac{1}{r_B} \right)$.

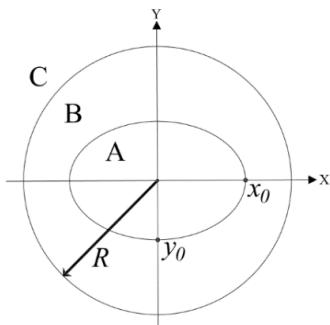


- א. מהו קיבולו של הקבל?
- ב. מלאים את הרוח שבין שני גופי הקבל בחומר דיאלקטרי, בעקבות זאת השדה בתוך הקבל משתנה וקטור השדה בנקודות של ציר z נתון לפי הנוסחה הבאה : $E_z = \frac{q}{3\pi\epsilon_0} \cdot \frac{y^2 - z^2}{x^2 + y^2 + z^2}$ מצא את קיבול הקבל במקרה זה.
- ג. טוענים את הקבל של סעיף א' ונחתנים לו להתרפק דרך נגד R. כעבור 7 שניות, לאחר תחילת הבדיקה נתון כי עוצמת הזרם בمعالג ירדה פי 100. בניסוי נוסף מחברים מעגל בשלושה קבלים כפי שרטוט 2 מראה, המעגל כולל 2 קבלים של סעיף א' (C_1) ועוד קבל של הסעיף ב' (C_2). טוענים את הקבלים ונחתנים להם להתרפק דרך אותו הנגד R. כמה זמן יעבור בעת מרגע סגירת המפסק ועד שהזרם יקטן פי 100.

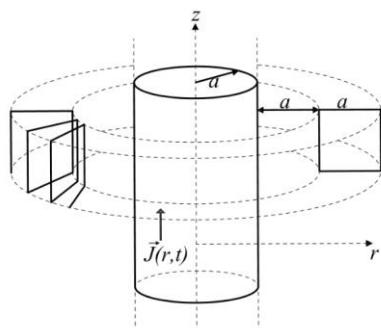
(21) מוליך לא סטנדרטי

נתונה קליפה גלילית דקה שאינה מוליכה באורך אין סופי.
בתוך הקליפה נמצא גוף נוספת, מוליך שאורכו גם אין סופי.
באזור מוצג חתך של המערכת, מסמן ב-A את שטח חתך המוליך, ב-B את התחום בין המוליך לקליפה וב-C את התחום שמחוץ למערכת.
R הוא רדיוס הקליפה הגלילית אשר טעונה בצפיפות מטען אחידה σ .
מערכת הצירים נבחרה כך שציר z מתלכד עם ציר הסימטריה של הקליפה (שימוש לב Ci צורת החתך המוצגת באזור הינה להמחשה בלבד).
נתונה נקודת החיתוך $(0, 0, x_0)$ של שפת המוליך עם ציר z ראו איור.

$$\vec{E}_C(x, y, z) = \frac{\sigma R(5x, y, 0)}{\epsilon_0(25x^2 + y^2)}$$



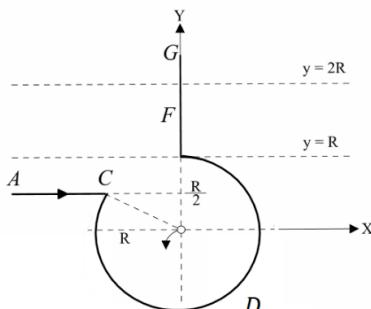
- א. מצאו את תרומתה של הקליפה הגלילית לוקטור השדה החשמלי בכל מקום במרחב. (כפונקציה של x ו- y).
- ב. קבלו ביטוי עבור וקטור השדה החשמלי בתחום A ובתחום B.
- ג. חשבו את הפרש הפוטנציאלי $\Delta\phi$ בין הנקודות $(0, y_0, z_0)$ הנמצאת אף היא על שפת המוליך לבין הנקודה $(0, 0, R)$ שעל הקליפה הגלילית.



- 22) טורואיד מסביב לגליל עם זרם נתון גליל מוליך אינטובי שרדיויסו a הנושא את הזרם $\hat{z} = crt^2 = \vec{r} \times \vec{t}$ (ז' הקבוע c חיובי).
- א. מצא את וקטור השדה המגנטי בסביבתו החיצונית ($r < a$).
מקיפים את הגליל בסליל סגור בעל כרכות שצורתן ריבוע שאורך צלעותיו a כנראה בשרטוט. בעלת חתך ריבועי כמתואר על ידי הקווים המונוקדים. הדופן הפנימית של הסליל מרוחקת מרחק a מעטפת הגליל.
בנוסף נתון שהסליל הוא תיל בעל רדיוס חתך $\frac{a}{100}$ והתנדות סגולית m .
- ב. חשבו את השטף המגנטי דרך קרינה בודדת בסליל.
ג. חשבו את הזרם המושרה בסליל כפונקציה של הזמן וציינו את כיונו.

23) חישוב שדה של תיל מיוחד

תיל ACDFG כולל חלק מעגלי שרדיויסו R ושני קטעים ישרים אינטוביים. המשך הקו AC חותך את רדיוס המעגל במרכזו (ראו בשרטוט). בתיל זורם זרם I, כיוונו הזרם מסומן בשרטוט.



- א. מהו גודלו וכיוונו של וקטור השדה המגנטי במרכז החלק המר글 של התיל?
ב. חליק טעון עובר דרך מרכזו החלק המר글 של התיל. מהו השפעת השדה המגנטי של התיל. צורת המסלול וכיונו התנועה נתונות בשרטוט. מהו סימן מטען של החלקיק?
ג. בניסוי נוסף יוצרים שדה מגנטי לא אחיד בכל התחומי $R < y < 2R$. חלק של התיל FG נמצא בתחום זה (ראו בשרטוט). נתון וקטור השדה $\vec{B}(0,0,ay) = ay^2\vec{y}$, כאשר הקבוע a נתון. מהו הכוח המגנטי שדה זה מפעיל על התיל?

24) משולש נכנס הפוך לשדה מגנטי

משולש מתכתי נכנס לאזור ברוחב a בו קיים שדה מגנטי אחיד B . מהירות המשולש קבועה בזמן ונתונה $C-v$.

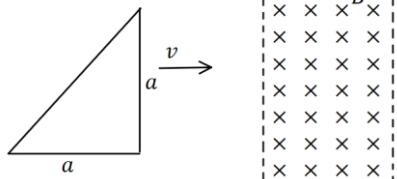
נתון כי הצלע הימנית של המשולש נכנסת לשדה ב- $t=0$.

המשולש שווה שוקיים ואורך כל שוק הוא a . התנגדות המשולש היא R .

א. חשב את הכאים במסגרת כתלות בזמן וצייר גרף (t, ϵ) .

ב. מהו הספק איבוד האנרגיה?

ג. חשב את הכוח הדרוש כדי שהמסגרת תנועה ב מהירות קבועה.



תשובות סופיות:

$$-\frac{KQ}{2R} \cdot 5 \text{ נ.} \quad -\frac{KQ}{6R} \cdot 13 \text{ נ.} \quad (1)$$

$$\text{נ. } I_1(t) = \frac{\mu_0 I_0 a V_1 \cos \theta}{2\pi} \left(\frac{1}{x(t)+a} - \frac{1}{x(t)} \right) \quad (2)$$

$$P_{ext} = |F| |V_1| \cos \theta \text{ נ.} \quad \vec{F}_{ext} = \frac{-\mu_0 I_0 I_1 a}{2\pi} \left(\frac{1}{x(t)+a} - \frac{1}{x(t)} \right) \hat{x} \text{ נ.} \quad (3)$$

$$P_{ext} = \frac{\mu_0 I_1 I_0 a}{4\pi} \left(\frac{1}{y_1+a} - \frac{1}{y_1} \right) (\hat{x} + \hat{y}) \text{ נ.} \quad (4)$$

ב. שדה מושרה- בכיוון השדה הקיים, זרם $|E| = B_0 L v_y$ נ. (4)

$$v_{final} = \frac{mgR}{B_0^2 \cdot L^2} \text{ נ.} \quad F_B = -\frac{B_0^2 L^2}{R} v \hat{y} \text{ נ.} \quad \text{במגל- בכיוון השעון.}$$

$$v(t) = \left(1 - e^{-\frac{k}{m}t} \right) \frac{mg}{k}, \quad k = \frac{B_0^2 L^2}{R} \text{ נ.}$$

$$\vec{F}_{ext} = \frac{B^2 L^2 V}{R} e^{-\frac{t}{RC}} \hat{x} \text{ נ.} \quad \text{עם השעון.} \quad I(t) = \frac{BLV}{R} e^{-\frac{t}{RC}} \text{ נ.} \quad (5)$$

$$P_R = \frac{B^2 L^2 V^2}{R} e^{-\frac{2t}{RC}}, \quad P_C = \frac{B^2 L^2 V^2}{R} \left(e^{-\frac{t}{RC}} - e^{-\frac{2t}{RC}} \right) \text{ נ.} \quad P_F = \frac{B^2 L^2 V^2}{R} e^{-\frac{t}{RC}} \text{ נ.}$$

ה. הוכחה.

$$\theta = 45^\circ \text{ נ.} \quad \theta = 60^\circ \text{ נ.} \quad I = \frac{B\pi a^2 \omega}{4R} \sin \omega t \text{ נ.} \quad (6)$$

$$\phi_{E_1} = \frac{q}{6\epsilon_0} \quad (7)$$

$$V = \frac{qB^2 L d}{2m} \quad (8)$$

$$V = \frac{3Rmg}{2B^2 L^2} \quad (9)$$

$$U_T = \frac{1}{2} \epsilon_r C \left(\frac{V}{3} \right)^2 + \frac{1}{2} C \left(\frac{V}{3} \right)^2 + \frac{1}{2} \frac{C}{3} \left(\frac{2}{3} V \right)^2 \text{ נ.} \quad U_T = 2C \left(\frac{V}{3} \right)^2 \text{ נ.} \quad (10)$$

$$\varphi = \begin{cases} -\frac{\rho_0 r^4}{16\epsilon_0 L^2} + V_0 & r \leq L \\ -\frac{\rho_0 L^2}{4\epsilon_0} \ln r + V_0 - \frac{\rho_0 L^2}{4\epsilon_0} \left(\frac{1}{4} - \ln L \right) & r \geq L \end{cases} . \text{ ב.}$$

$$\vec{E} = \begin{cases} \frac{\rho_0 r^3}{4\epsilon_0 L^2} \hat{r} & r < L \\ \frac{\rho_0 L^2}{4r} \hat{r} & r > L \end{cases} . \text{ נ (11)}$$

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

$$I = \frac{\mu_0 I b}{2\pi R} \left(\frac{1}{D+b+u_1} u_1 - \frac{1}{D+u_1 t} u_1 \right) . \text{ ט}$$

$$Q = \frac{\epsilon_0 V_0}{d \cdot \ln 2} \cdot V_0 , \sigma = \frac{\epsilon_0 V_0}{d \cdot \ln 2} . \text{ ב} \quad C_T = \frac{\epsilon_0 \cdot a \cdot b}{d \cdot \ln 2} . \text{ נ (12)}$$

$$U = \frac{ab\sigma^2 d}{2\epsilon_0} \ln \left(\frac{3}{2} \right) . \text{ ט} \quad \vec{E} = -\frac{\sigma}{\epsilon_0 \left(1 + \frac{y}{d} \right)} \hat{y} . \text{ ג}$$

$$-6 \cdot \lambda \quad U = \frac{208}{3} \epsilon_0 . \text{ ב} \quad 24\epsilon_0 . \text{ נ (13)}$$

$$\vec{E} = \begin{cases} \frac{\rho r}{2\epsilon_0} \hat{r} & 0 < r < a \\ \frac{\rho a^2}{2\epsilon_0 r} \hat{r} & a < r < b . \text{ ב} \\ 0 & b < r \end{cases} \quad \frac{\rho}{\sigma} = -\frac{2b}{a^2} . \text{ נ (14)}$$

$$\varphi = \begin{cases} \frac{\rho r^2}{4\epsilon_0} + \frac{\rho a^2}{2\epsilon_0} \left(\ln \frac{b}{a} + \frac{1}{2} \right) & 0 < r < a \\ \frac{\rho a^2}{2\epsilon_0} \ln \frac{b}{a} & a < r < b . \text{ ג} \\ 0 & b < r \end{cases}$$

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

$$\vec{B} = \mu_0 \rho \omega \left(\frac{R^2 - r^2}{2} \right) \hat{z} \quad . \text{ג} \quad \vec{B} = \mu_0 \sigma R \omega \hat{z} \quad . \text{א} \quad (15)$$

$$E = \begin{cases} \frac{kq}{r^2} \hat{r} & r < r_1 \\ 0 & r_1 < r < r_2 \\ \frac{kq}{r^2} \hat{r} & r_2 < r < r_3 \\ \frac{k(q + \sigma 4\pi r_3^2)}{r^2} & r_3 < r \end{cases} . \text{א} \quad (16)$$

$$\varphi = \begin{cases} \frac{kq}{r} + C_1 & r < r_1 \\ C_2 & r_1 < r < r_2 \\ \frac{kq}{r} + C_3 & r_2 < r < r_3 \\ \frac{k(q + \sigma 4\pi r_3^2)}{r} & r_3 < r \end{cases} . \text{ג}$$

$$\sigma(r_1) = \frac{-q}{4\pi r_1^2}, \quad \sigma(r_2) = \frac{q}{4\pi r_2^2} \quad . \lambda$$

$$\vec{B} = \frac{\sigma \beta t}{2} \begin{cases} -\hat{y} & z > 0 \\ +\hat{y} & z < 0 \end{cases} . \text{ג} \quad \vec{k} = \sigma \cdot \beta \cdot t \hat{x} \quad . \text{א} \quad (17)$$

$$. \text{ג} \quad I = \frac{|\varepsilon|}{R} \quad . \text{ג} \quad \phi_B = Ba^2 \quad . \lambda$$

$$I = \frac{B_0 HV}{R} \quad . \lambda \quad q = C \cdot B_0 HV \quad . \text{ג} \quad \varepsilon = -B \cdot HV \quad . \text{א} \quad (18)$$

$$I = \dot{q} = \frac{\varepsilon}{R} e^{-\frac{t}{RC}} \quad . \text{ג}$$

$$E = \frac{Cr^4}{6\varepsilon_0} - \frac{KQ}{2r^2} \quad . \lambda \quad E = \begin{cases} \frac{Cr^4}{6\varepsilon_0} & r < R \\ \frac{KQ}{r^2} & R < r \end{cases} . \text{ג} \quad C = \frac{3Q}{2\pi R^6} \quad . \text{א} \quad (19)$$

$$t = 12 \text{ sec} \quad . \lambda \quad C = \frac{1}{\gamma 2(b^2 - a^2)} \quad . \text{ג} \quad C = \frac{1}{\gamma 2(b^2 - a^2)} \quad . \text{א} \quad (20)$$

$$\vec{E} = \frac{\sigma R}{\varepsilon_0} \cdot \frac{(5x, y, 0)}{(25x^2 + y^2)} - \frac{\sigma R}{\varepsilon_0} \cdot \frac{(x, y, 0)}{(x^2 + y^2)} \quad . \text{ג} \quad \vec{E} = \frac{R\sigma}{\varepsilon_0} \cdot \frac{(x\hat{x} + y\hat{y})}{(x^2 + y^2)} \quad . \text{א} \quad (21)$$

$$\Delta\varphi = \frac{4\sigma R}{5\varepsilon_0} \ln \frac{R}{x_0} \quad . \lambda$$

$$\phi_B = \frac{\mu_0 C t^2 a^4}{3} \ln 2 . \text{ ב. } \vec{B}(r, t) = \frac{\mu_0 C t^2 a^3}{3r} \hat{\theta} \quad r > a . \text{ נ (22)}$$

$$. \text{ ג. נגד כיוון השעון. } I = \frac{\mu_0 C \cdot 2 \cdot t a^5 \ln 2 \cdot \pi}{3} \cdot 10^{-4} .$$

$$\vec{F} = \frac{Ia}{3} 7R^3 \hat{x} . \text{ ג. ב. שלילי} \quad \vec{B}_z = \frac{0.396 \mu_0 I}{R} \hat{z} . \text{ נ (23)}$$

$$\varepsilon = \begin{cases} BV(a - Vt) & t \leq \frac{a}{V} \\ BV(2a - Vt) & \frac{a}{V} \leq t \leq \frac{2a}{V} \\ 0 & \frac{2a}{V} \leq t \end{cases} . \text{ נ (24)}$$

$$P(t) = \begin{cases} (BV(a - Vt))^2 \cdot \frac{1}{R} & t < \frac{a}{V} \\ (BV(2a - Vt))^2 \cdot \frac{1}{R} & \frac{a}{V} < t \leq \frac{2a}{V} . \text{ ב.} \\ 0 & \frac{2a}{V} \leq t \end{cases}$$

$$F = \begin{cases} (BV(a - Vt))^2 \cdot \frac{1}{R \cdot V} & t < \frac{a}{V} \\ (BV(2a - Vt))^2 \cdot \frac{1}{R \cdot V} & \frac{a}{V} < t \leq \frac{2a}{V} . \text{ ג.} \\ 0 & \frac{2a}{V} \leq t \end{cases}$$