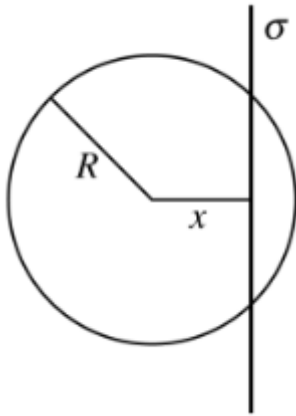


פתרון

1. משטח אינסופי עם צפיפות מטען  $\sigma$ , נחתך ע"י משטח גאוס כדורי בעל



רדיוס  $R$  במרחק  $x$  ממרכז הכדור, כמתואר באיור. מה יהיה השטף החשמלי הכולל  $\Phi$  העובר דרך משטח גאוס הכדורי?

(א)  $\pi R^2 \sigma / \epsilon_0$

(ב)  $2\pi R^2 \sigma / \epsilon_0$

(ג)  $\pi(R - x)^2 \sigma / \epsilon_0$

(ד)  $\pi(R^2 - x^2) \sigma / \epsilon_0$

(ה) אף תשובה לא נכונה

2. סטודנט השאיר מנורה של  $120 \text{ Volt}$ ,  $60 \text{ Watt}$  דלוקה משעה שמונה

בערב עד השעה שמונה בבוקר למחרת. מהי כמות המטען הכללית שעברה דרך המנורה?

(א)  $150 [C]$

(ב)  $3600 [C]$

(ג)  $18000 [C]$

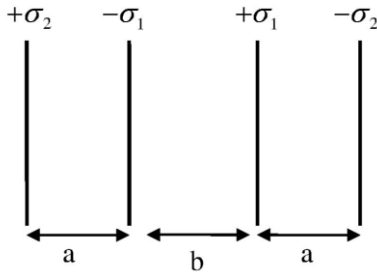
(ד)  $21600 [C]$

(ה) אף תשובה לא נכונה

3. נתונה מערכת של ארבע לוחות מישוריים הטעונים באופן אחיד (ראו איור).

משחררים אלקטרון עם מטען  $-e$  מהלוח הטעון ב  $-\sigma_1$ . בהנחה שהאלקטרון מסוגל לעבור דרך הלוחות בלי לאבד אנרגיה, מה תהיה

מהירותו ביציאה מהמערכת? נתונים  $e, a, b, \sigma_1, \sigma_2$  ומסת האלקטרון  $m$  (כולם חיוביים). כמו כן נתון כי המרחקים בין הלוחות קטנים ביחס לגודל הלוחות וכן  $\sigma_1 < \sigma_2$ .



$$\sqrt{\frac{2e}{m\epsilon_0} [b(\sigma_2 - \sigma_1) + a\sigma_2]} \quad (\text{א})$$

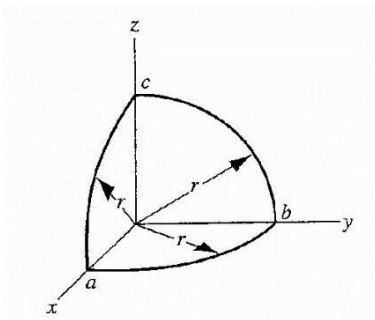
$$\sqrt{\frac{2e}{m\epsilon_0} a\sigma_1} \quad (\text{ב})$$

$$\sqrt{\frac{2e}{m\epsilon_0} a\sigma_2} \quad (\text{ג})$$

$$\sqrt{\frac{2e}{m\epsilon_0} [-b\sigma_1 + a\sigma_2]} \quad (\text{ד})$$

(ה) אף תשובה לא נכונה

4. חוט מוליך מכופף לשלושה חלקים מעגליים בעלי רדיוס  $r = 10.4 \text{ cm}$ , כפי שמתואר באיור. כל חלק של החוט מהווה רבע מעגל כאשר הקטע  $ab$  נמצא במישור  $xy$ ,  $bc$  נמצא במישור  $yz$  ו  $ca$  במישור  $zx$ . כמו כן נתון שדה מגנטי חיצוני  $\vec{B}(t) = B(t)\hat{x}$ . מצאו את בכא"מ המושרה הנוצר בחוט אם השדה המגנטי עולה בקצב של  $3.32 \text{ mT/s}$ .



$$14 \mu\text{V} \quad (\text{א})$$

$$28 \mu\text{V} \quad (\text{ב})$$

$$0.112 \text{ mV} \quad (\text{ג})$$

$$0.25 \text{ mV} \quad (\text{ד})$$

(ה) אף תשובה לא נכונה

5. נתונה טבעת במישור  $xy$  בעלת רדיוס  $R$  הטעונה בצפיפות מטען משתנה  $\lambda(\theta) = \lambda_0 \sin(2\theta)$ . השדה החשמלי בגובה  $z$  מעל מרכז הטבעת:

$$-\frac{4kR\lambda_0}{3(z^2+R^2)^{\frac{3}{2}}} \hat{y} \quad (\text{א})$$

$$\frac{4kR^2\lambda_0}{3(z^2+R^2)^{\frac{3}{2}}}\hat{x} \quad (\text{ב})$$

0 (ג)

$$-\frac{4kR^2\lambda_0}{3(z^2+R^2)^{\frac{3}{2}}}\hat{z} \quad (\text{ד})$$

ה) אף תשובה לא נכונה

6. נתונה התפלגות מטען נפחית של גליל אינסופי מלא  $\rho(r) = \rho_0 \left(1 - \frac{r}{a}\right)$ . רדיוס הגליל הוא  $a$ . מניעים את הגליל בכיוון המקביל לציר הגליל. הזרם הכולל הינו  $i$ . מהי מהירות נושאי המטען?

$$\frac{i}{\pi a^2 \rho_0} \quad (\text{א})$$

$$-\frac{3i}{2\pi a^2 \rho_0} \quad (\text{ב})$$

$$\frac{3i}{\pi a \rho_0} \quad (\text{ג})$$

$$\frac{3i}{\pi a^2 \rho_0} \quad (\text{ד})$$

ה) אף תשובה לא נכונה

7. מסובבים חישוק (טבעת דקה) בעל רדיוס  $R = 10 \text{ cm}$  העשוי מחומר

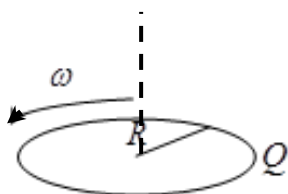
מבודד במהירות זוויתית קבועה  $\omega = 10^8 \text{ rad/sec}$  סביב ציר קבוע העובר במרכז החישוק ובניצב לו. החישוק טעון במטען כולל של  $Q = 10 \text{ mC}$  המפוזר לאורכו באופן אחיד. מהי עוצמת השדה המגנטי שנוצר במרכז החישוק (הכיוון למעלה הוא חיובי)?

0 (א)

10T (ב)

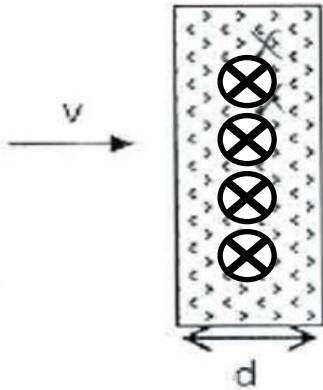
-10T (ג)

1T (ד)



ה) אף תשובה לא נכונה

8. אלקטרון נכנס לתוך אזור ברוב  $d$  בו שורר שדה מגנטי אחיד  $B$  בכיוון לתוך הדף. מהי המהירות המינימלית שבה יצליח האלקטרון לעבור את האזור בו יש שדה מגנטי?



(א)  $\frac{eBd}{m}$

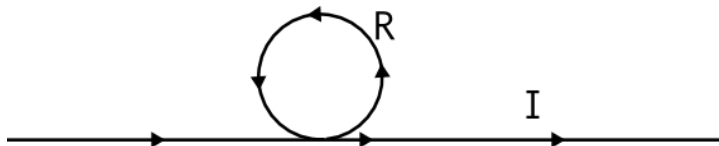
(ב)  $\frac{eB}{md}$

(ג)  $\frac{mB}{ed}$

(ד)  $\frac{mBd}{e}$

ה) אף תשובה לא נכונה

9. תייל ארוך מאוד אשר נושא זרם  $I$  מכופף ללולאה מעגלית עם רדיוס  $R$  כמתואר בשרטוט. מהו השדה המגנטי שנוצר במרכז הלולאה:



(א)  $\frac{\mu_0 I}{2R} \left(1 - \frac{1}{\pi}\right)$

(ב)  $\frac{\mu_0 I}{2\pi R}$

(ג)  $\frac{\mu_0 I}{2R} \left(2 + \frac{1}{\pi}\right)$

(ד)  $\frac{\mu_0 I}{2R} \left(1 + \frac{1}{\pi}\right)$

ה) אף תשובה לא נכונה

10. בתוך אזור גלילי בעל רדיוס  $R$  שורר שדה מגנטי אחיד המקביל לציר הסימטריה של הגליל. השדה המגנטי מחוץ לגליל הוא 0. נתון כי קצב שינוי השדה המגנטי בתוך הגליל הוא  $dB/dt$ . מהו השדה החשמלי המושרה שנוצר במרחק  $2R$  מציר הסימטריה של הגליל?

(א) 0

(ב)  $2R dB/dt$

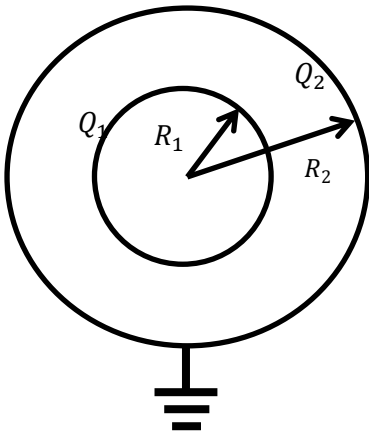
ג)  $\frac{R}{2} dB/dt$

ד)  $\frac{R}{4} dB/dt$

ה)  $dB/dt$

11. נתונות שתי קליפות כדוריות, מתכתיות, בעלות מרכז משותף. רדיוס הקליפה הפנימית הוא  $R_1 = 3\text{cm}$  והיא טעונה במטען כולל  $Q_1 = +8\text{C}$ , רדיוס הקליפה החיצונית הוא  $R_2 = 6\text{cm}$  והיא טעונה במטען כולל  $Q_2 = +10\text{C}$ .

מאריקים את הקליפה החיצונית לאדמה. מה כמות המטען שתזרום לאדמה בעקבות ההארקה?



א)  $+8\text{C}$

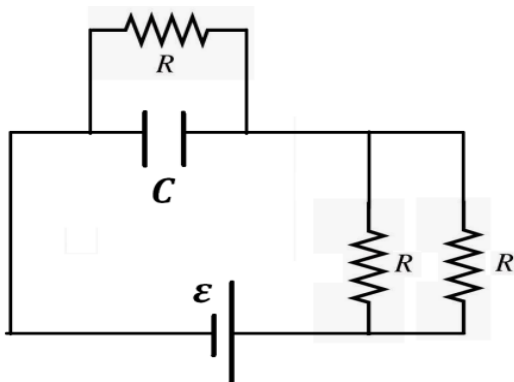
ב)  $-8\text{C}$

ג)  $+18\text{C}$

ד)  $-18\text{C}$

ה) אף תשובה לא נכונה

12. המעגל החשמלי המתואר בתרשים מכיל שלושה נגדים זהים, קבל וכא"מ. מהו קבוע הזמן  $\tau$  לטעינת הקבל?



א)  $\frac{RC}{3}$

ב)  $\frac{RC}{2}$

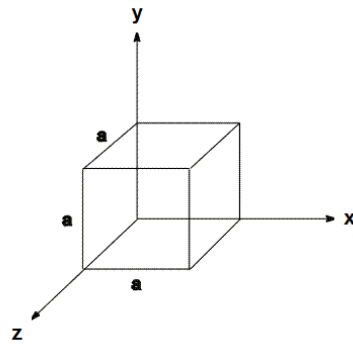
ג)  $2RC$

ד)  $3RC$

ה) אף תשובה לא נכונה

13. נתונה קובייה בעלת צלע  $a$  כאשר אחת הפינות מונחת בראשית הצירים והפאות מקבילות לצירים ומונחות ברביע החיובי. השדה החשמלי בכל

המרחב הוא בכיוון ציר  $x$ , וגודלו משתנה במרחב לפי  $|E| = \frac{E_0(x-\frac{a}{2})^2}{R^2}$ . מהו המטען הכללי הכלוא בתוך הקובייה?



(א)  $Q_{tot} = 0$

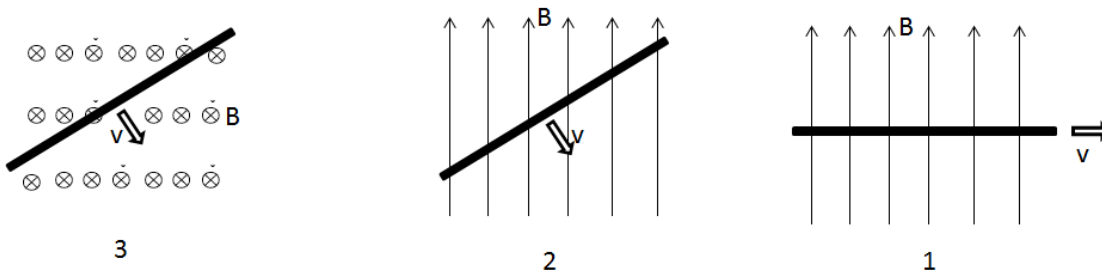
(ב)  $\epsilon_0 E_0 a^2$

(ג)  $\epsilon_0 2E_0 a^2$

(ד)  $\epsilon_0 4E_0 a^2$

(ה) אף תשובה לא נכונה

14. נתונים שלושה מצבים בהם נע מוט דק מוליך בתוך שדה מגנטי. באיזה מהמצבים נוצר כא"מ מושרה בין קצוות המוט (בכל המקרים, השדה המגנטי אחיד)?



(א) 1

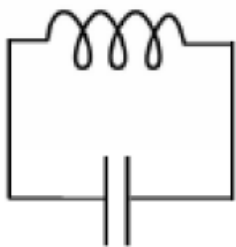
(ב) 2

(ג) 3

(ד) 1 ו 2

(ה) 2 ו 3

15. במעגל תנודות LC אידיאלי המתואר באיור  $L = 3 \text{ mH}$ ,  $C = 2.7 \mu\text{F}$  והמטען על הקבל הוא 0. מהו המטען המקסימאלי שיהיה על הקבל?



1.1  $\mu\text{C}$  (א)

1.9  $\mu\text{C}$  (ב)

180  $\mu\text{C}$  (ג)

4.3  $\mu\text{C}$  (ד)

72  $\mu\text{C}$  (ה)

**שאלה 16 (20 נקודות)**

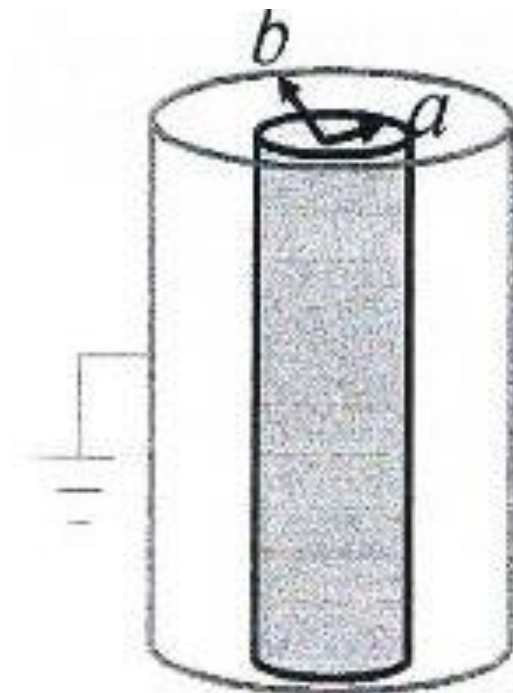
המערכת המתוארת באיור מורכבת מגליל אינסופי, מלא ומבודד ברדיוס  $a$  הטעון בצפיפות מטען נפחית  $\rho(r) = \rho_0 \frac{r^2}{a^2}$ . מחוץ לגליל המלא ישנה מעטפת מוליכה גלילית, אינסופית ברדיוס  $b$  אשר מחוברת להארקה. שני הגלילים משותפי ציר.

א) מהי צפיפות המטען האורכית (המטען ליחידת אורך בכיוון ציר הגליל) של הגליל המבודד? [5]

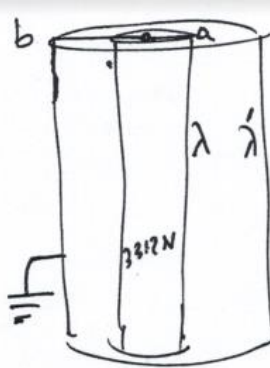
ב) מהי צפיפות המטען האורכית המושרית על המעטפת הגלילית המוארקת? [5]

ג) מהו השדה החשמלי בכל המרחב? (מחוץ למעטפת הגלילית, בין המעטפת והגליל ובתוך הגליל) [5]

ד) מהו הפוטנציאל החשמלי שהמערכת יוצרת בכל המרחב כנ"ל? [5]







$\rho = \rho_0 \frac{r^2}{a^2}$  (1)  $\bar{\rho} / \sigma$   
 $\lambda = \int_0^a 2\pi r dr (\rho_0 \frac{r^2}{a^2})$   
 $\lambda = \frac{2\pi\rho_0}{a^2} \int_0^a r^3 dr = \frac{2\pi\rho_0 a^4}{4a^2} = \frac{1}{2}\pi\rho_0 a^2$   
 $\lambda = \frac{1}{2}\pi\rho_0 a^2$

*אנכות המעטפת של המעטפת (C/m) של המעטפת*

השדה המגנטי (b < r) הוא אפס, כיון שיש סימטריה של המעטפת של המעטפת - המעטפת היא אפס.

$\lambda' = -\lambda = -\frac{1}{2}\pi\rho_0 a^2$  - *מפ*

$E = 0$   $b < r$  (2)  $\bar{\rho} / \sigma$

$\epsilon_0 E \int ds = \sum q$   $a < r < b$   $\bar{\rho} / \sigma$

$\epsilon_0 E 2\pi r l = \lambda l$   $E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{r}$

$0 < r < a$

$\epsilon_0 E 2\pi r l = \frac{2\pi\rho_0}{a^2} \left(\frac{r^4}{4}\right) l$

$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{2\pi\rho_0}{4a^2} r^3$   $E = \frac{\rho_0}{\epsilon_0 4a^2} r^3$   $0 < r < a$

$V = -\int_{\infty}^r \vec{E} \cdot d\vec{r} = 0$   $b < r$  (3)  $\bar{\rho} / \sigma$

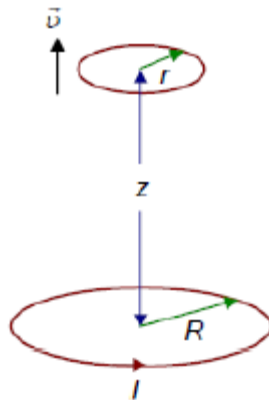
$V = -\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \int_a^b \frac{dr}{r} = -\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln\left(\frac{r}{a}\right)$   $a < r < b$   $\bar{\rho} / \sigma$

$V = -\int_{\infty}^r E dr - \int_a^r E dr - \int_{\infty}^a E dr$   $r < a$   $r$

$V = -\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \cdot \ln\left(\frac{a}{b}\right) - \frac{\rho_0}{4\epsilon_0 a^2} \frac{1}{4} (r^4 - a^4)$

**שאלה 17 (20 נקודות)**

נתונות שתי לולאות מעגליות. רדיוס הלולאה הגדולה  $R$  ורדיוס הלולאה הקטנה  $r$ . הלולאה הקטנה (העשויה מתייל בעל התנגדות סגולית ליחידת אורך  $\alpha$ ) נמצאת בגובה  $z$  מעל הלולאה הגדולה כך שצירי הלולאות מתלכדים, כמתואר באיור. בלולאה הגדולה זרם זרם  $I$ . מניעים את הלולאה העליונה מעלה במהירות  $v(t)$ . חשבו את :



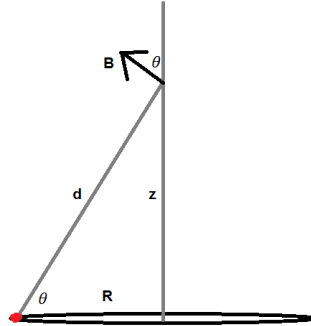
- א. השדה המגנטי שהלולאה הגדולה יוצרת בגובה  $z$  מעל מרכז הלולאה הגדולה. (7 נק)
- ב. השטף המגנטי שעובר דרך הלולאה הקטנה כפונקציה של  $z$ . תוכלו להניח כי  $z \gg R$ , ומכאן שהשדה המגנטי שיוצרת הלולאה הגדולה קבוע על פני מישורה של הלולאה הקטנה. (5 נק)
- ג. מהו הכא"מ המושרה הנוצר בלולאה הקטנה כפונקציה של  $z$  ו- $v$ ? (5 נק)
- ד. מה גודלו וכיוונו של הזרם המושרה שנוצר בלולאה הקטנה? (3 נק)

סעיף א

השדה המגנטי על ציר הסימטריה של לולאה נושאת זרם לפי ביו סבר:

$$B = \int \frac{\mu_0 i dl \times d}{4\pi d^3} = \int_0^{2\pi} \frac{\mu_0 i R d\phi}{4\pi d^2} = \frac{\mu_0 i R}{2d^2}$$

כל קטע תיל יוצר שדה מגנטי בגודל



השדה המגנטי האפקטיבי הוא בכיוון  $\hat{z}$  שאר הכיוונים מתבטלים מסימטריה. השדה האפקטיבי הוא:

$$B_z = B \cos \theta = \frac{\mu_0 i R}{2d^2} \frac{R}{d} = \frac{\mu_0 i R^2}{2(R^2 + z^2)^{3/2}}$$

סעיף ב

השטף דרך הלולאה הקטנה:

$$\Phi_B = B_z \pi r^2 = \frac{\mu_0 i R^2 \pi r^2}{2(R^2 + z^2)^{3/2}} \approx \frac{\mu_0 i R^2 \pi r^2}{2z^3}$$

סעיף ב

הכ"מ המושרה:

$$\begin{aligned} \epsilon &= -\frac{\partial \Phi_B}{\partial t} = -\frac{\mu_0 i R^2 \pi r^2}{2} \frac{\partial z}{\partial t} \left( -\frac{3z}{(R^2 + z^2)^{5/2}} \right) = \\ &= \frac{\mu_0 i R^2 \pi r^2}{2} v(t) \left( \frac{3z}{(R^2 + z^2)^{5/2}} \right) \approx \frac{\mu_0 i R^2 \pi r^2}{2} v(t) \frac{3}{z^4} \end{aligned}$$

סעיף ג

לפי חוק לנץ הלולאה הקטנה תיצור שדה מגנטי שישאף להתנגד לגידול בשטף המגנטי. במקרה זה הלולאה מתרחקת ולכן השטף דרכה יקטן והיא תרצה מנגד להגדיל אותו, כלומר ליצור שדה מגנטי בכיוון למעלה. בשביל ליצור שדה מגנטי בכיוון למעלה צריך לזרום בה זרם נגד כיוון השעון.