

סוג הבחינה: מבחן מתכונת
מבחן: מתכונת 1
מספר השאלון: 036371
שם התלמיד/ה: _____

פיזיקה

חשמל ומגנטיות - 5 יחידות לימוד

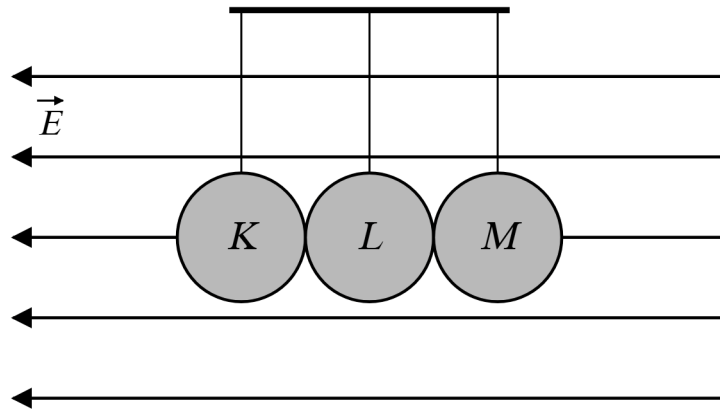
הוראות

- א. משך הבחינה: שעהיים.
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שש שאלות, ומהן יש לענות על שלוש שאלות בלבד. לכל שאלה - $\frac{1}{3}$ נקודות; $3 \times \frac{1}{3} = 100$ נקודות
- ג. חומר עזר מותר בשימוש: (1) מחשבון לא גרפי. אין להשתמש באפשרויות התכנות במחשבון שיש בו אפשרות תכנות. (2) נוסחאות ונתונים בפיזיקה (מצורפים).
- ד. הוראות מיוחדות: יש לענות על שלוש שאלות בלבד; אם תענו על יותר משלוש שאלות, ייבדקו רק שלוש התשובות הראשונות שבמחברת, ויש לציין באופן ברור את מספר השאלה שבחרתם ואת הסעיף. בשאלות חישוב יש להציג את הביטוי המתמטי כפי שהוא כתוב בדפי הנוסחאות, פיתוח מתמטי, הצבת הנתונים, ותוצאה כשבר עשרוני עם מספר מתאים של ספרות משמעותיות ויחידות; את הגרפים יש לסרטט בגודל של חצי עמוד לפחות. בחישובים יש להשתמש בערך 10 m/s^2 לגודל של g - תאוצת הנפילה החופשית.
- השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים, אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

בהצלחה!

השאלות

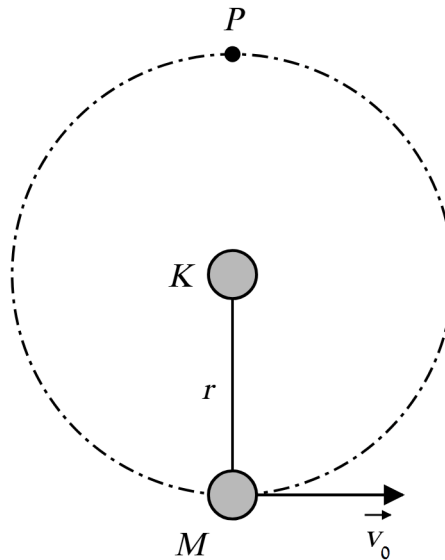
1. בין שני לוחות מתכת גדולים ומקבילים, הטעונים במטענים מנוגדים, שורר שדה חשמלי אחיד E המכוון שמאלה. תלמידים תלו שלושה כדורי מתכת קטנים וזהים K , L ו- M , שאינם טעונים, על חוטים מבודדים, והכניסו אותם לתחום השדה כך שהם נוגעים זה בזה לאורך קו ישר המקביל לקווי השדה (ראו תרשים 1). לאחר זמן-מה הם הרחיקו בבת אחת את שלושת הכדורים זה מזה בעזרת החוטים, ולאחר מכן הוציאו אותם מתחום השדה החשמלי.



תרשים 1

- א. עבור כל אחד מן הכדורים קבעו אם לאחר שהוציאו אותו מן השדה החשמלי הוא טעון במטען חשמלי חיובי, טעון במטען חשמלי שלילי או ניטרלי. נמקו את קביעותיכם. (6 נקודות)

התלמידים הסירו את הכדורים מן החוטים (בלי לשנות את מטענם). הם קיבעו את כדור K במרכזו של משטח אופקי חלק ומבודד, הניחו את כדור M על המשטח במרחק r מכדור K , והעניקו לכדור M מהירות התחלתית v_0 הניצבת לקו המחבר בין הכדורים. בעקבות זאת כדור M נע בתנועה מעגלית קצובה שמרכזה בכדור K . תרשים 2 הוא מבט מלמעלה על המשטח.



תרשים 2

ב. סרטטו תרשים של כל הכוחות הפועלים על כדור M בחולפו בנקודה P , ורשמו ליד כל כוח את שמו (או את האותיות המסמלות אותו).

(5 נקודות)

נתון: המרחק בין מרכזי הכדורים $r = 9 \text{ cm}$, המסה של כל כדור $m = 1 \text{ g}$, וגודל המהירות ההתחלתית שניתנה לכדור M הוא $v_0 = 0.1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

ג. חשבו את המטען של כדור M .

(6 נקודות)

ד. חשבו את השינוי שחל במספר האלקטרונים בכדור M בעקבות תהליך הטעינה המתואר בפתיח לשאלה.

(6 נקודות)

התלמידים החליפו את תפקידי הכדורים: הם קיבעו את כדור M במרכז המשטח, הציבו את כדור K במרחק r ממנו, והעניקו לו מהירות שגודלה v_0 , הניצבת לקו המחבר בין הכדורים, אך בכיוון ההפוך לכיוון המהירות שניתנה קודם לכדור M .

ה. קבעו אם תנועת כדור K זהה לתנועה שהייתה לכדור M קודם לכן. אם כן – נמקו את קביעתכם. אם לא – מהו השוני בין התנועות?

(6 נקודות)

התלמידים פרקו את המטען מן הכדורים, תלו אותם שוב וחזרו על תהליך הטעינה המתואר בפתיח לשאלה, אך הפעם הכניסו בין כדור L לכדור M יריעת פלסטיק דקה: K ו- L נוגעים זה בזה, ואילו M צמוד ליריעה ואינו נוגע ב- L .

ו. עבור כל אחד מן הכדורים K , L ו- M קבעו אם לאחר הוצאתו מן השדה החשמלי הוא טעון במטען חשמלי חיובי, טעון במטען חשמלי שלילי או ניטרלי. נמקו את קביעותיכם.

(4^{1/3} נקודות)

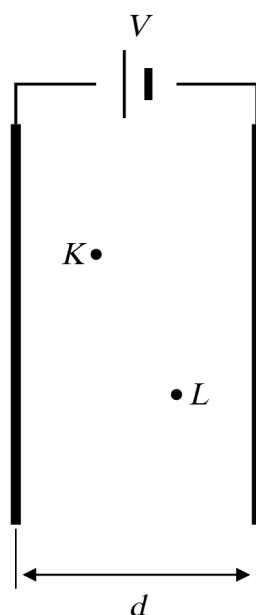
2. קבל לוחות שקיבולו C_1 מורכב משני לוחות מוליכים אנכיים דקים זהים, שהמרחק ביניהם $d = 20 \text{ mm}$.

בין הלוחות שורר ריק ($\epsilon_r = 1$).

בניסוי ראשון, הקבל מחובר למקור מתח V . במצב זה המטען על הלוח השמאלי הוא $Q = +1.8 \text{ nC}$.

במרחב בין הלוחות נמצאות שתי נקודות K ו- L , כמתואר בתרשים 1. המרחק האופקי בין הנקודות הוא 5 mm , והן נמצאות בגבהים שונים.

נתון כי הערך המוחלט של הפרש הפוטנציאלים בין הנקודות הוא 40 V .



א. (1) חשבו את הקיבול C_1 .

(2) חשבו את השטח של כל אחד מן הלוחות.

(6 נקודות)

אלקטרון עובר דרך חור קטן בלוח השמאלי ונכנס למרחב שבין הלוחות במהירות אופקית v_0 , לעבר הלוח הימני.

נתון: מטען האלקטרון $-e = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, מסת האלקטרון $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.

ב. חשבו מהי המהירות v_0 המינימלית שבעבורה יגיע האלקטרון ללוח הימני.

(6 נקודות)

ג. קבעו אם המהירות המינימלית שחישבתם בסעיף ב תגדל, תקטן או לא תשתנה בכל אחד משני המקרים (1)-(2) שלפניכם. נמקו את קביעותיכם.

(1) מרחיקים את לוחות הקבל זה מזה כשהקבל מחובר למקור המתח.

(2) מנתקים את הקבל ממקור המתח, ולאחר מכן מרחיקים את לוחות הקבל זה מזה.

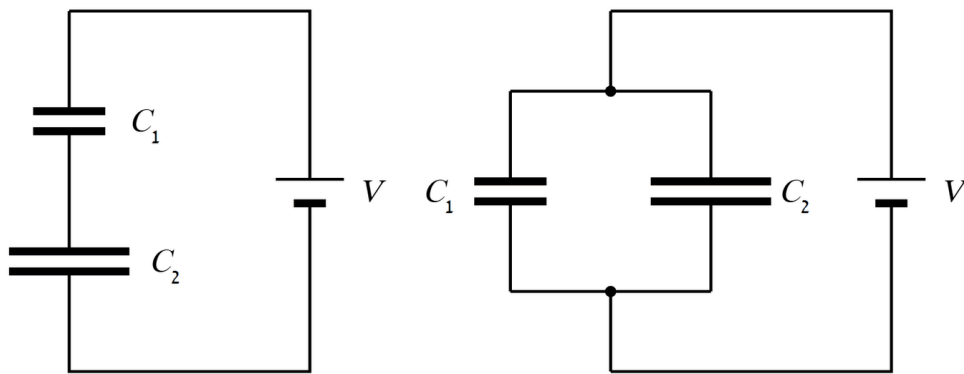
(8 נקודות)

בניסוי שני חיברו לקבל הנתון קבל נוסף C_2 , שהמרחק בין לוחותיו גם הוא d , אך שטח הלוחות שלו גדול פי 3 משטח לוחות הקבל C_1 . גם בין לוחות הקבל C_2 שורר ריק.

• בפעם הראשונה חיברו את הקבלים בטור (ראו תרשים 2 א).

• בפעם השנייה חיברו את הקבלים במקביל (ראו תרשים 2 ב).

בכל פעם הקבלים חוברו למקור המתח V שבניסוי הראשון, כשהם אינם טעונים.



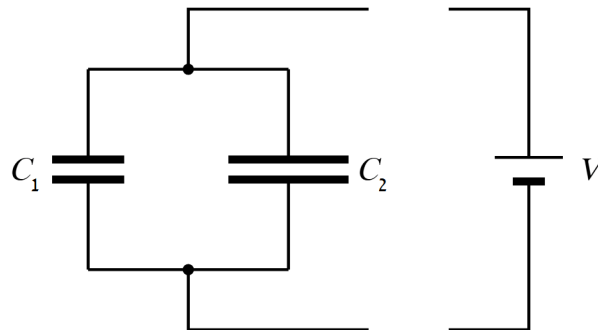
תרשים 2 א

תרשים 2 ב

ד. מצאו את המתח על הקבל C_1 בכל אחד מאופני החיבור.

(8 נקודות)

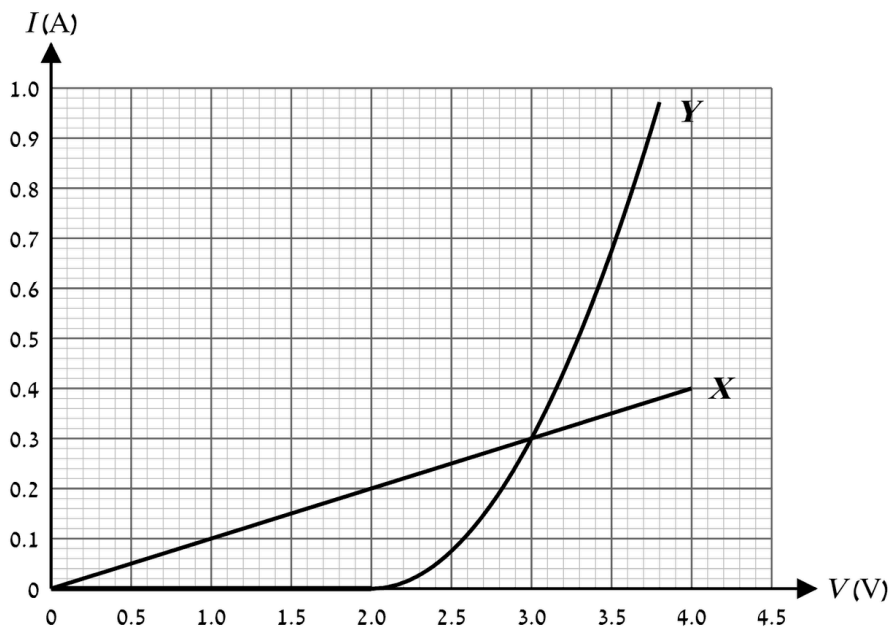
במערכת הקבלים המחוברים זה לזה במקביל (תרשים 2 ב), מנתקים את מקור המתח (ראו תרשים 3). לאחר מכן מנתקים את הקבל C_2 מן הקבל C_1 , ורק אז מרחיקים את לוחות הקבל C_2 זה מזה, עד שהמרחק ביניהם גדל פי 2.



תרשים 3

ה. קבעו אם גודל המטען Q על הקבל C_1 בסוף התהליך גדול מהמטען שהיה עליו כשהמקור היה מחובר (תרשים 2 ב), קטן ממנו או שווה לו. הסבירו את קביעתכם.
($5\frac{1}{3}$ נקודות)

3. נתונים שני רכיבים חשמליים: תיל מתכתי X ונורית Y . גרף הזרם כתלות במתח (גרף אופייני) של כל אחד משני הרכיבים מתואר בתרשים 1.



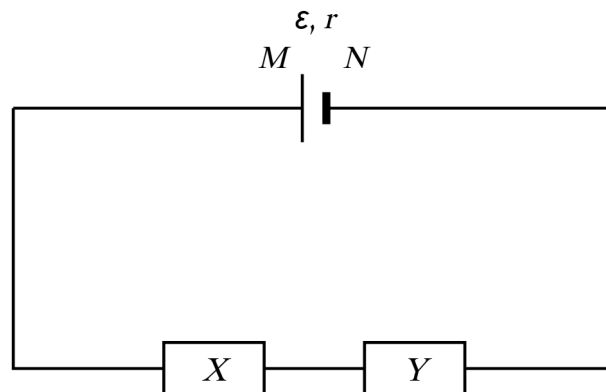
תרשים 1

ענו על הסעיפים שלפניכם באמצעות הגרף.

א. קבעו לאיזה מן הרכיבים X או Y יש התנגדות קבועה. נמקו את קביעתכם.
(5 נקודות)

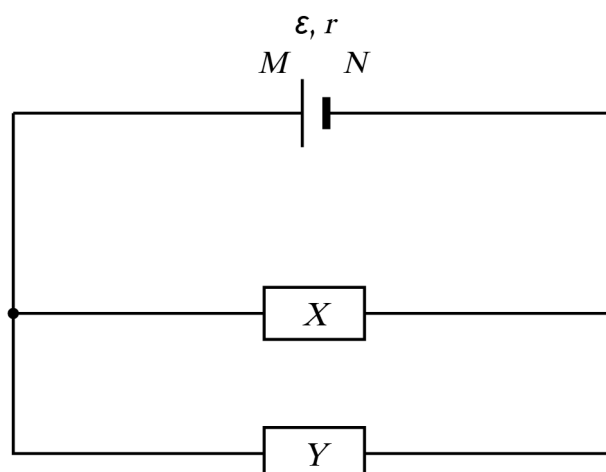
- התיל X מלופף על גליל מבודד. ממדי התיל: אורך $\ell = 5 \text{ m}$, שטח חתך $A = 0.25 \text{ mm}^2$.
- ב. חשבו את ההתנגדות הסגולית של התיל.
(7 נקודות)

תלמידים חיברו שני מעגלים שונים. בכל אחד מהם השתמשו ברכיבים X ו- Y , במקור מתח בעל כ"מ ε והתנגדות פנימית r , ובמכשירי מדידה (המכשירים אינם מוצגים בתרשימים).
המעגל הראשון מתואר בתרשים 2. התלמידים מדדו בוולטמטר אידיאלי את המתח על X ואת המתח על Y , ומצאו שהמתחים שווים.



תרשים 2

- ג. חשבו את מתח הדקי המקור V_{MN} .
(6 נקודות)
- המעגל השני מתואר בתרשים 3. התלמידים מדדו בוולטמטר אידיאלי את המתח על הנורית Y , ומצאו שהוא $V = 3.4 \text{ V}$.



תרשים 3

- ד. חשבו את הזרם העובר דרך מקור המתח במעגל זה.
(4 נקודות)

ה. חשבו את הכא"מ ε ואת ההתנגדות הפנימית r של מקור המתח.

(6 נקודות)

התלמידים חיברו שוב את המעגל הראשון (תרשים 2), ומדדו את המתח על הנורית Y בעזרת וולטמטר לא אידיאלי.

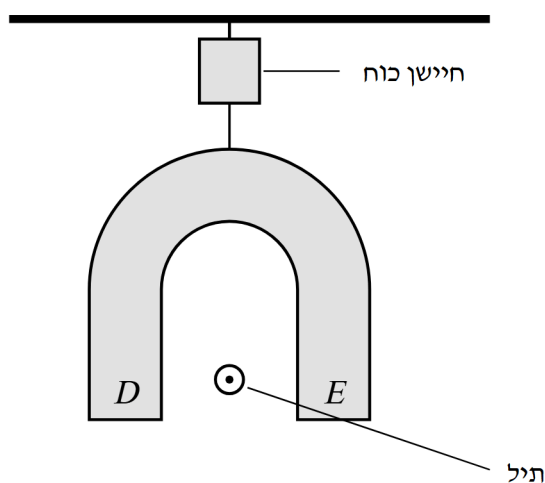
ו. קבעו אם המתח שנמדד במדידה זו גדול, קטן או שווה למתח שנמדד על הנורית בוולטמטר האידיאלי במעגל הראשון. נמקו את קביעתכם.

(5 $\frac{1}{3}$ נקודות)

4. התרשים שלפניכם מתאר ניסוי שערכה תלמידה. התלמידה תלתה חיישן כוח על מוט אופקי ואיפסה אותו. אחר כך תלתה על החיישן מגנט פרסה, שקוטביו פונים כלפי מטה. קוטבי המגנט מסומנים בתרשים באותיות D ו- E .

לבסוף העבירה התלמידה תיל מוליך ישר ואופקי בין קוטבי המגנט: התיל מוחזק במקומו על ידי מתקן (שאינו נראה בתרשים) ואינו נוגע במגנט, וכיוונו מאונך למישור התרשים - ולכן מאונך לקווי השדה המגנטי שבין הקטבים. התיל מחובר בטור למקור מתח ולמד-זרם (שאינם נראים בתרשים). הניחו כי השדה המגנטי בין הקטבים אחיד, וכי האורך של קטע התיל הנמצא בשדה המגנטי הוא $\ell = 0.05 \text{ m}$.

בתשובתיכם הזניחו את השפעות השדה המגנטי של כדור הארץ.



התלמידה העבירה בתיל זרמים בכמה עוצמות. בכל העברת זרם היא מדדה את עוצמת הזרם בתיל ואת הוריית חיישן הכוח.

תוצאות המדידות מוצגות בשורות 1, 2 בטבלה שלפניכם.

בסוף הניסוי החסירה התלמידה כל אחד מערכי הוריית החיישן שמדדה (שורה 2) מערך ההורייה שהתקבל בעוצמת זרם אפס. תוצאות החישובים האלה הם ערכי הכוח F (שורה 3 בטבלה).

10	8	6	4	2	0	$I \text{ (A)}$ – *1*
2.371	2.375	2.383	2.387	2.394	2.400	*2* הוריית חיישן הכוח (N)
0.029	0.025	0.017	0.013	0.006	0	*3* הכוח $F \text{ (N)}$

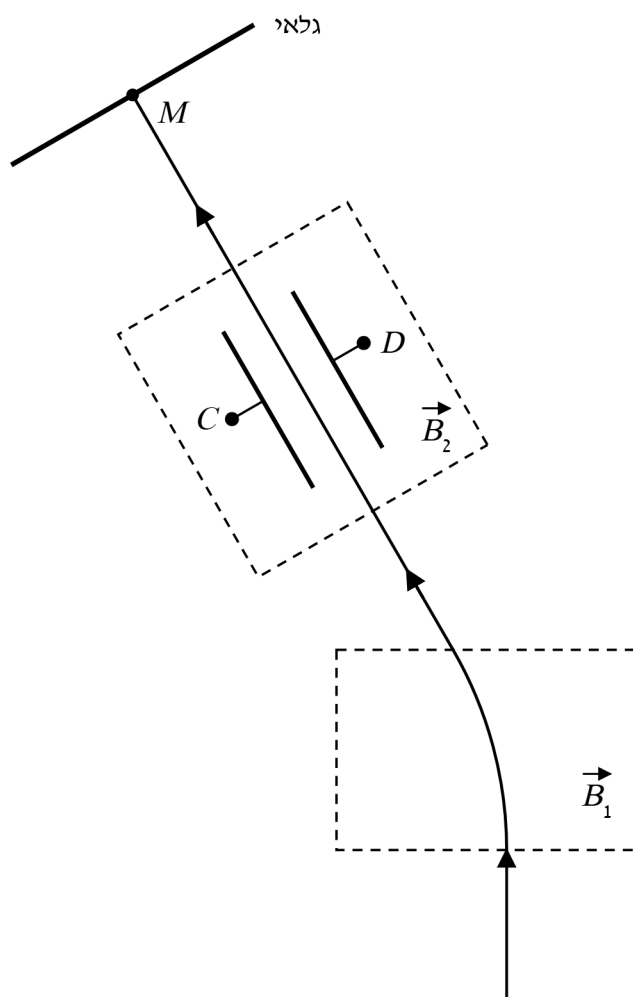
- א. חשבו את מסת המגנט על פי הנתונים שבטבלה.
(3 נקודות)
- ב. כאשר עוצמת הזרם הייתה 2 A , הזרם זרם בתיל החוצה מן הדף (אל המתבונן), כמתואר בתרשים.
האם במהלך הניסוי שינתה התלמידה את כיוון הזרם? **נמקו**.
(6 נקודות)
- ג. קבעו אם הקוטב D של המגנט הוא קוטב צפוני (N) או קוטב דרומי (S). **נמקו**.
(8 נקודות)
- ד. (1) סרטטו במחברתכם דיאגרמת פיזור של הכוח F (שורה 3 בטבלה), כפונקציה של עוצמת הזרם בתיל – I (שורה 1 בטבלה).
(2) הוסיפו לדיאגרמת הפיזור קו מגמה קווי (לינארי).
(10 נקודות)
- ה. חשבו את עוצמת השדה המגנטי בין קוטבי המגנט.
($6\frac{1}{3}$ נקודות)

5. במעבדה של מאיץ חלקיקים מכוונים אלומה של חלקיקי אלפא אל גלאי. בתרשים שלפניכם מתואר מסלול האלומה עד לפגיעתה בגלאי בנקודה M .

חלקיק אלפא הוא גרעין של אטום הליום: מטענו $q = +2e = 3.2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ומסתו $m = 6.64 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

בתחילת המסלול האלומה נכנסת במהירות שגודלה $v = 2.0 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ לאזור שבו שורר שדה מגנטי אחיד B_1 שעוצמתו 0.25 T וכיוונו ניצב למישור הדף. כיוון המהירות מאונך לכיוון השדה המגנטי. האלומה יוצאת מן האזור שבו שורר השדה המגנטי בזווית כלשהי ביחס לכיוון כניסתה (ראו תרשים).

לאחר מכן האלומה עוברת בין שני לוחות מתכת מקבילים C ו- D המחוברים לספק מתח. בין שני הלוחות שוררים שדה חשמלי אחיד E ושדה מגנטי אחיד B_2 . האלומה עוברת בין הלוחות בלי לשנות את כיוונה, והיא ממשיכה לנוע בקו ישר עד שהיא פוגעת בגלאי בנקודה M . משטח הגלאי ניצב לכיוון מסלול התנועה של האלומה ביציאתה מן השדה המגנטי B_1 . המערכת כולה נמצאת בריק. בשאלה כולה יש להזניח את כוח הכבידה.



א. (1) קבעו מהו הכיוון של השדה המגנטי B_1 - לתוך הדף או החוצה מן הדף.

(2) חשבו את רדיוס מסלול התנועה של חלקיקי האלפא באזור שבו שורר השדה B_1 .

(8 נקודות)

נתון: הפרש הפוטנציאלים בין הלוחות המקבילים C ו- D הוא $\Delta V = 1500 \text{ V}$, והמרחק בין הלוחות הוא $\Delta x = 3 \text{ cm}$.

כיוון השדה המגנטי B_2 זהה לכיוון השדה המגנטי B_1 .

ב. חשבו את הגודל של השדה החשמלי E בין שני הלוחות, וקבעו איזה מן הלוחות, C או D , נמצא בפוטנציאל הגבוה יותר.

(8 נקודות)

ג. חשבו את הגודל של השדה המגנטי B_2 .

(8 נקודות)

מפסיקים את פעולת השדה המגנטי B_2 ובעקבות זאת אלומת חלקיקי האלפא משנה את כיוון מסלולה. היא יוצאת מבין הלוחות בלי לפגוע בהם, ופוגעת בגלאי בנקודה אחרת ולא בנקודה M .

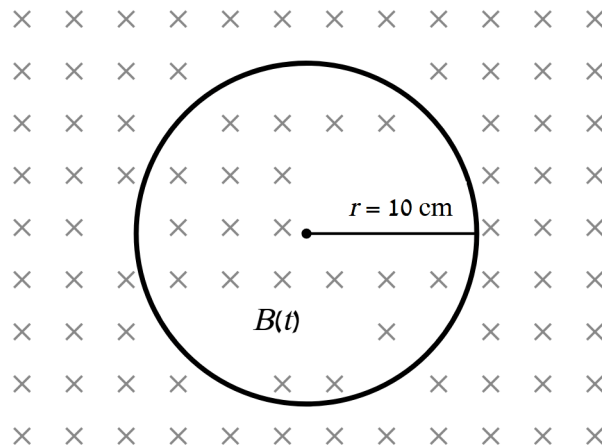
ד. קבעו אם כעת האנרגייה הקינטית של חלקיקי האלפא ברגע פגיעתם בגלאי קטנה מן האנרגייה הקינטית שלהם ברגע פגיעתם בגלאי בנקודה M , גדולה ממנה או שווה לה. נמקו את קביעתכם.

(5 נקודות)

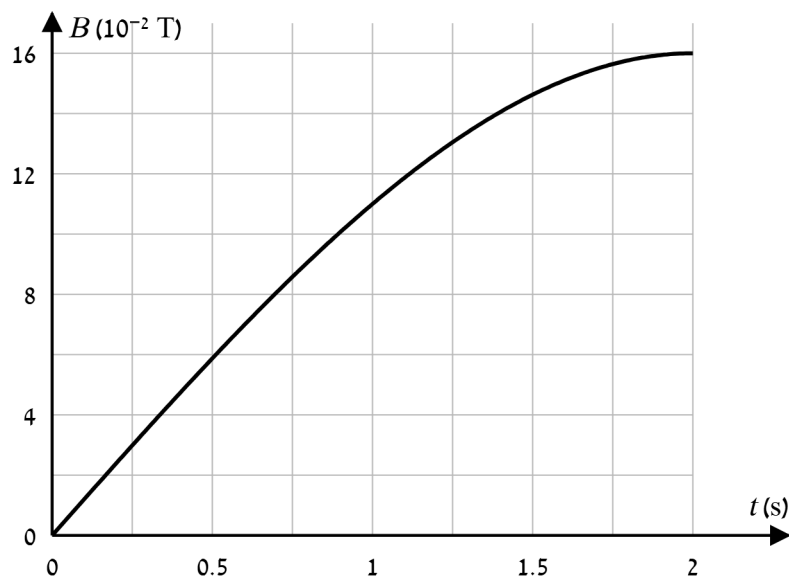
ה. קבעו אם לאחר הפסקת הפעולה של השדה המגנטי B_2 , זמן התנועה של חלקיקי האלפא מן הכניסה לאזור B_1 ועד הגלאי קטן מזמן התנועה כאשר השדה פעל, גדול ממנו או שווה לו. נמקו את קביעתכם.

($4\frac{1}{3}$ נקודות)

6. טבעת מעגלית שרדיוסה $r = 10 \text{ cm}$ עשויה מתיל של סגסוגת שהתנגדותה הסגולית $\rho = 5.0 \cdot 10^{-7} \Omega \text{m}$ ושטח החתך שלו 0.5 mm^2 . הטבעת מונחת בין קוטבי אלקטרומגנט, כך שבאזור הטבעת פועל שדה מגנטי אחיד, הניצב למישור הטבעת וכיוונו "אל תוך הדף" (ראו תרשים).



החל מרגע $t = 0$ מגבירים את הזרם בסלילי האלקטרומגנט, ועוצמת השדה גדלה. בגרף שלפניכם מוצגת עוצמת השדה המגנטי, B , כפונקציה של הזמן, t , מרגע $t = 0$ עד רגע $t = 2.0 \text{ s}$. הייצוג האלגברי של העקומה הוא $B = (12t - t^3) \cdot 10^{-2}$ (בטסלה, t בשניות).



- א. חשבו את התנגדות הטבעת.
(6 נקודות)
- ב. (1) הסבירו מדוע עבר זרם בטבעת בפרק הזמן $2 \text{ s} > t > 0$.
(2) תלמיד מדד את עוצמת הזרם בטבעת ברגע $t = 0.5 \text{ s}$ וברגע $t = 1.5 \text{ s}$. באיזו משתי המדידות הייתה עוצמת הזרם גדולה יותר? נמקו את תשובתכם.
(10 נקודות)

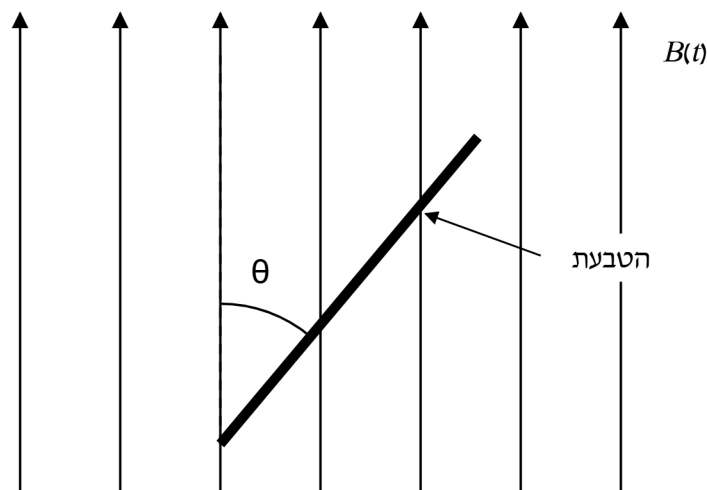
ג. קבעו את כיוון הזרם בטבעת (עם כיוון השעון או נגדו) בפרק הזמן $0 < t < 2\text{ s}$. נמקו את תשובתכם.

(6 נקודות)

ד. חשבו את עוצמת הזרם בטבעת ברגע $t = 1.0\text{ s}$.

(7 נקודות)

מטים את הטבעת כך שהזווית בין מישור הטבעת לבין קווי השדה המגנטי היא θ (ראו מבט מן הצד בתרשים). מפעילים את האלקטרומגנט פעם נוספת מן הרגע $t = 0$ לפי הגרף, וחוזרים על המדידות.



ה. קבעו אם ברגע $t = 1.0\text{ s}$ עוצמת הזרם בטבעת הנטויה גדולה מעוצמת הזרם שחישבתם בסעיף ד, קטנה ממנה או שווה לה.

($4\frac{1}{3}$ נקודות)

כל הבגרויות בפיזיקה עם פתרונות מלאים: www.guyai.co.il/bagrut/physics