

סוג הבחינה: מבחן מתכונת
מבחן: מתכונת 3
מספר השאלון: 036371
שם התלמיד/ה: _____

פיזיקה

חשמל ומגנטיות - 5 יחידות לימוד

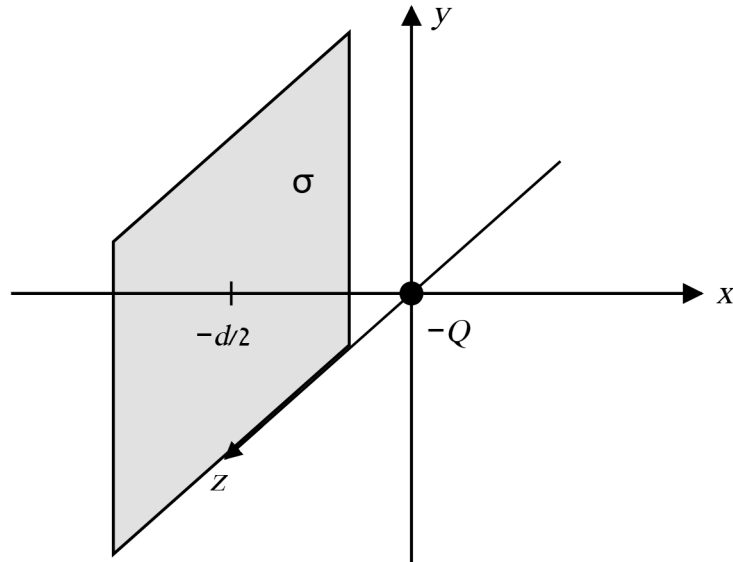
הוראות

- 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

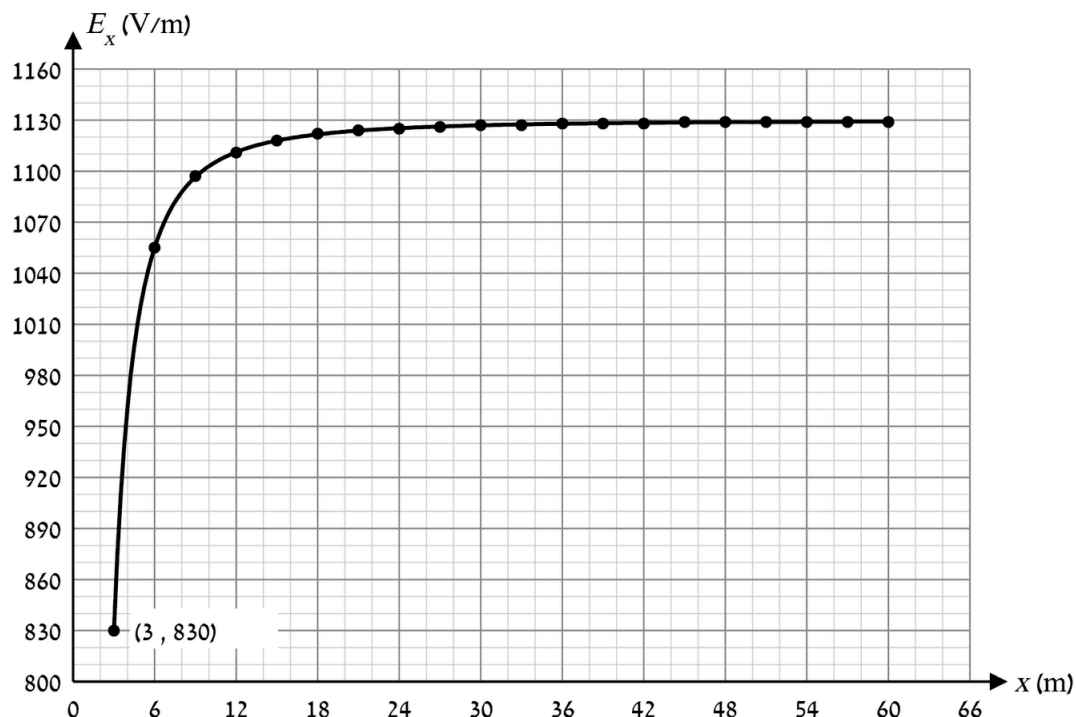
1. נתונה מערכת המורכבת מכדור קטן הטעון במטען שלילי $-Q$ (כאשר $Q > 0$), ומלוח מישורי גדול מאוד ("לוח אין-סופי") הטעון בצפיפות משטחית חיובית אחידה σ . הכדור מוחזק במנוחה בראשית הצירים, וממדיו זניחים (אפשר להתייחס אליו כאל מטען נקודתי). הלוח ממוקם בנקודה $x = -\frac{d}{2}$, בניצב לציר ה- x (הלוח מקביל למישור yz). המערכת מתוארת בתרשים שלפניכם.



המערכת נמצאת בתנאי ריק. ההשפעה של הכדור הטעון על צפיפות המטען המשטחית σ ניתנת להזנחה בשאלה כולה. בשאלה זו E_x הוא רכיב השדה החשמלי בכיוון ציר ה- x (חיובי כאשר השדה מכיוון החיובי של הציר).

א. בטאו את רכיב השדה החשמלי $E_x(x)$ לאורך ציר ה- x , עבור $x > 0$. השתמשו בפרמטרים σ , Q ובקבועים בסיסיים.
(6 נקודות)

לפניכם גרף המתאר את רכיב השדה החשמלי, E_x , בכמה נקודות לאורך ציר ה- x , החל בנקודה $x = d$.
נתון: $E_x(3) = 830 \frac{\text{V}}{\text{m}}$, $d = 3 \text{ m}$.



ב. (1) חשבו באמצעות הגרף את צפיפות המטען המשטחית, σ .

(2) חשבו את גודל המטען Q .

(9 נקודות)

משחררים ממנוחה חלקיק אלפא (מטענו חיובי) מן הנקודה $x = 2d$ שעל ציר ה- x . החלקיק נע לאורך ציר ה- x בכיוון החיובי.

ג. קבעו איזה מן ההיגדים 1-4 שלפניכם נכון, ונמקו את קביעתכם.

1. כשהחלקיק נמצא במרחק גדול מאוד מן המערכת - תאוצתו שואפת לאפס.

2. כשהחלקיק נמצא במרחק גדול מאוד מן המערכת - האנרגייה הקינטית שלו גדלה בקירוב באופן קווי עם הדרך שהוא עובר.

3. כשהחלקיק נמצא במרחק גדול מאוד מן המערכת - מהירותו קבועה בקירוב.

4. אי אפשר לדעת מהו סוג התנועה במרחק גדול בלי לדעת מהו גודל המטען של החלקיק.

(6 נקודות)

ד. חשבו את $V_{d,2d}$, הפרש הפוטנציאלים בין הנקודה $x = d$ לנקודה $x = 2d$ (שתי הנקודות נמצאות על ציר ה- x).

(7 נקודות)

ה. אילו הלוח הטעון היה ממוקם בנקודה $x = \frac{3d}{2}$ (במקום בנקודה $x = -\frac{d}{2}$), האם הפרש הפוטנציאלים $V_{d,2d}$ היה גדל, קטן או לא משתנה? נמקו את קביעתכם. (5^{1/3} נקודות)

2. שני כדורי מתכת קטנים, K ו- L , מונחים על מעמדים מבודדים. הרדיוס של כדור L גדול פי 2 מהרדיוס של כדור K .

המרחק בין הכדורים גדול מאוד ביחס לרדיוסים שלהם.

המטען של כדור K הוא $-6 \cdot 10^{-8} \text{ C}$.

מחברים את הכדורים זה לזה בתיל מוליך דק וארוך. לאחר החיבור השתנה המטען של כדור K , וכעת הוא $-1 \cdot 10^{-8} \text{ C}$.

הניחו שכל החלקיקים שעוברים בתיל הם אלקטרונים בלבד.

א. חשבו את מספר האלקטרונים שעברו בין הכדורים.

(8 נקודות)

ב. האם האלקטרונים עברו מכדור K לכדור L , או מכדור L לכדור K ? נמקו.

(7 נקודות)

ג. מהו המטען של כדור L לאחר החיבור בין הכדורים? הסבירו.

(8 נקודות)

ד. האם לפני החיבור בין הכדורים היה כדור L טעון? אם לא - נמקו; אם כן - חשבו את מטענו.

(5 נקודות)

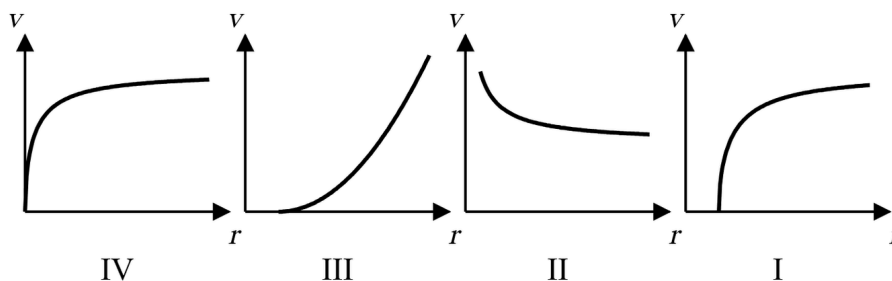
ה. מנתקים את הכדורים זה מזה ומניחים אותם על משטח אופקי וחלק, העשוי חומר מבודד.

משגרים את כדור K אל עבר כדור L , המוחזק קבוע במקומו.

לפניכם ארבעה גרפים. הניחו כי כדור K אינו פוגע בכדור L , וקבעו איזה מבין הגרפים I-

IV מתאר נכונה את גודל המהירות v של כדור K כפונקציה של המרחק r בין הכדורים.

נמקו את קביעתכם.

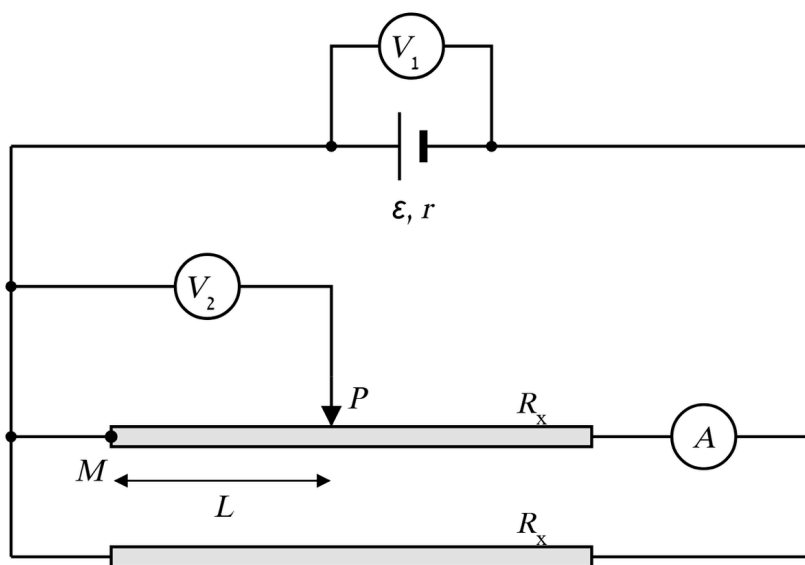


(5^{1/3} נקודות)

3. תלמיד בנה מכשיר לחיתוך קלקר ("חותך חוט חם") והרכיב את המעגל החשמלי המתואר בתרשים

1 מן הרכיבים האלה:

- סוללה שהכא"מ שלה $\varepsilon = 9\text{ V}$ והתנגדות הפנימית r .
- שני תילי קונסטנטן זהים, מתוחים ומקבילים, שהתנגדות כל אחד מהם R_x . לתילים התנגדות אחידה ליחידת אורך, λ (התנגדות הקונסטנטן כמעט אינה משתנה עם הטמפרטורה).
- מכשירי מדידה אידיאליים - מד-זרם A , מד-מתח V_1 ומד-מתח V_2 .
- מגע נייד P המחבר בין מד-מתח V_2 לתיל הקונסטנטן העליון.
- תילי חיבור שהתנגדותם זניחה.



תרשים 1

נתון: הוריית מד-הזרם במעגל (ראו תרשים 1) היא $I = 1.2\text{ A}$, והוריית מד-המתח V_1 היא $V_1 = 7.2\text{ V}$.

א. חשבו את ההתנגדות R_x של כל אחד מתילי הקונסטנטן. פרטו את שלבי הפתרון. (6 נקודות)

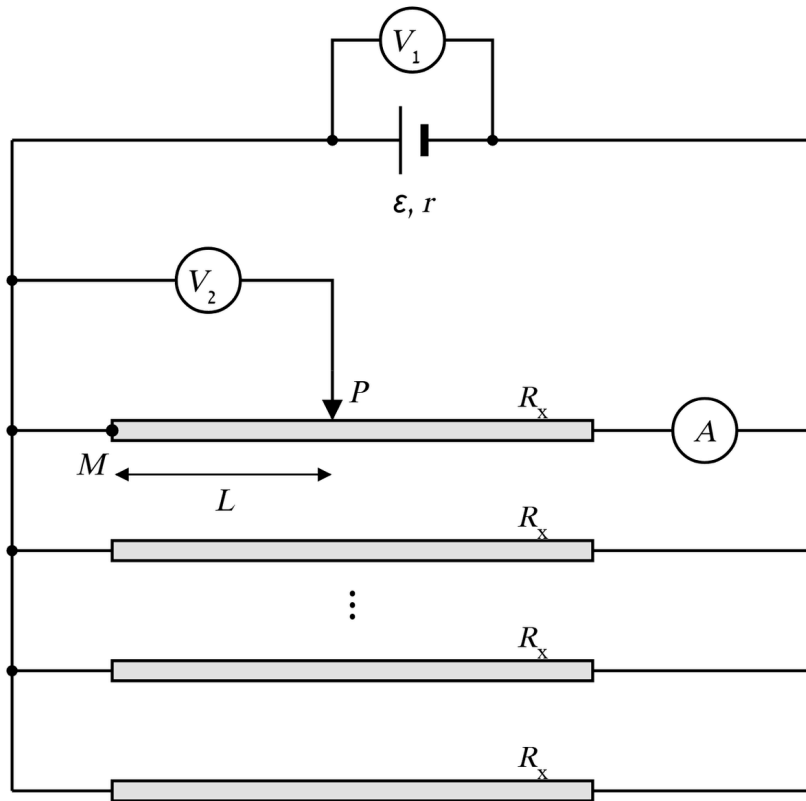
ב. חשבו את ההתנגדות הפנימית r של הסוללה. פרטו את שלבי הפתרון. (7 נקודות)

נקודה M שבתרשים היא הקצה השמאלי של תיל הקונסטנטן העליון. כאשר המגע הנייד P נמצא במרחק $L = 30\text{ cm}$ מימין לנקודה M , הוריית מד-המתח V_2 היא $V_2 = 3.6\text{ V}$.

ג. חשבו את λ (ההתנגדות ליחידת אורך של תיל הקונסטנטן). פרטו את שלבי הפתרון. (7 נקודות)

במקביל לשני התילים הקיימים במעגל הוסיף התלמיד כמה תילי קונסטנטן זהים לתילים הקיימים (ראו תרשים 2).

בשלב זה יש במעגל סך הכול n תילים זהים שההתנגדות של כל אחד מהם R_x .



תרשים 2

ד. פתחו ביטוי פרמטרי לזרם שמוֹרָה מד־הזרם A (במעגל שבתרשים 2) כתלות ב־ ε , R_x , r , n , בהתאם לצורך.

(8 נקודות)

ה. לפניכם היגדים 1-4 המתארים את השינויים בהוריות של מדי־המתח ככל שמספר התילים גדל (ככל ש־ n גדל).

קבעו מהו ההיגד הנכון, ונמקו את קביעתכם.

1. ההוריה של מד־מתח V_1 גדלה וההוריה של מד־מתח V_2 קטנה.

2. ההוריות של שני מדי־המתח קטנות.

3. ההוריות של שני מדי־המתח גדלות.

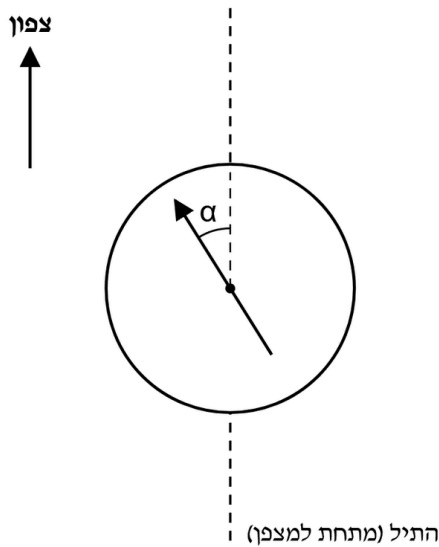
4. ההוריה של מד־מתח V_1 אינה משתנה (היא תמיד שווה ל־ ε) וההוריה של מד־מתח V_2 קטנה.

(5⅓ נקודות)

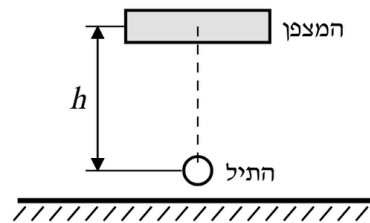
4. קבוצת תלמידים ערכה מדידות למציאת הרכיב האופקי $B_{E\parallel}$ של השדה המגנטי הארצי באזור מגוריהם.

הם מתחו על שולחן אופקי תיל מוליך ישר וארוך, תיל 1, בכיוון צפון-דרום, והניחו מצפן קטן מעל התיל, כך שמרכז המחט נמצא בדיוק מעל התיל בגובה $h = 2 \text{ cm}$ מעל ציר התיל (ראו תרשים 1ב). כשלא זרם זרם בתיל, המחט הצביעה צפונה, לאורך התיל.

תרשים 1א מתאר במבט מלמעלה את המצפן ואת סטיית מחט המצפן כאשר זרם I_1 כלשהו זורם בתיל.



תרשים 1א – מבט מלמעלה



תרשים 1ב – מבט מדרום

במהלך הניסוי סטה מחט המצפן בזווית α נגד כיוון השעון (במבט מלמעלה), כמתואר בתרשים 1א.

א. קבעו אם כיוון הזרם I_1 הזורם בתיל 1 הוא צפונה או דרומה. נמקו את קביעתכם. (4 נקודות)

ב. פתחו ביטוי של $\tan \alpha$ כפונקציה של הזרם I_1 ושל הפרמטרים $B_{E\parallel}$, h , μ_0 . (6 נקודות)

התלמידים שינו את עוצמת הזרם בתיל כמה פעמים, ובכל פעם מדדו את זווית הסטייה α . תוצאות המדידות מוצגות בטבלה שלפניכם.

I_1 (A)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
α°	18	31	44	51	58

כדי לחשב את $B_{E\parallel}$ סרטטו התלמידים גרף של משתנה חדש כפונקציה של I_1 כך שהתקבל גרף ליניארי.

ג. קבעו מהו המשתנה החדש, ומה הן היחידות שלו. העתיקו מן הטבלה למחברתכם את השורה של I_1 , הוסיפו מתחתיה שורה ורשמו בה את הערכים והיחידות של המשתנה החדש. (4 נקודות)

ד. (1) סרטטו במחברתכם דיאגרמת פיזור (נקודות במערכת צירים) של המשתנה החדש כפונקציה של I_1 .

(2) הוסיפו לדיאגרמת הפיזור את הישר המתאים לה ביותר (קו מגמה). (8 נקודות)

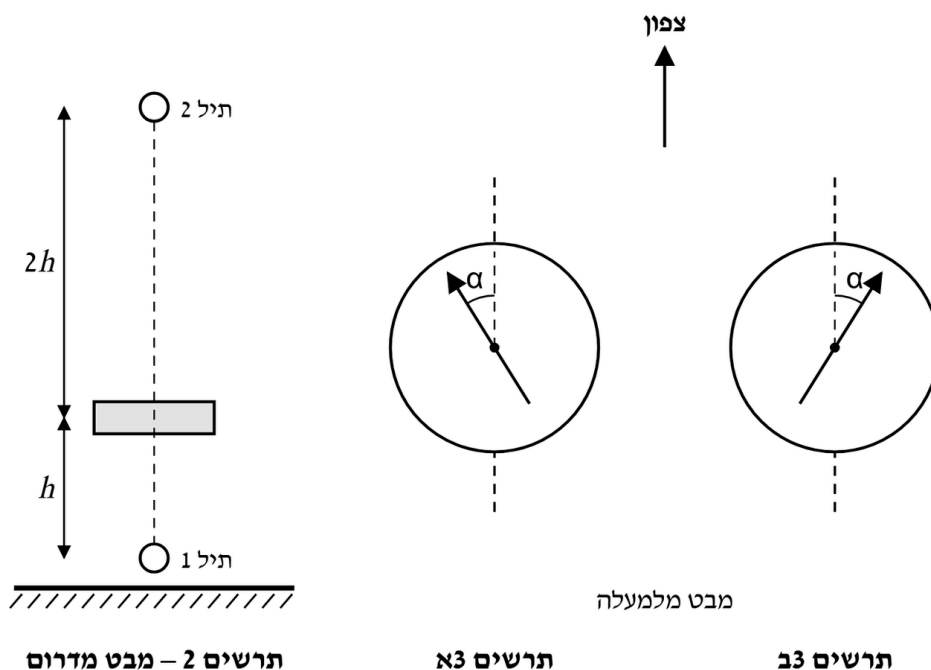
ה. חשבו את $B_{E\parallel}$. (7 נקודות)

התלמידים מתחו תיל מוליך ישר וארוך נוסף, תיל 2, מקביל לתיל 1, בדיוק מעל המצפן, בגובה $2h = 4 \text{ cm}$ מעל מרכז המחט (ראו תרשים 2).

התלמידים העבירו בתיל 1 זרם שעוצמתו $I_1 = 2 \text{ A}$.

כאשר בתיל 2 לא עבר זרם, סטתה מחט המצפן מן הכיוון צפון בזווית α נגד כיוון השעון (ראו תרשים 3א, במבט מלמעלה).

כאשר בתיל 2 עבר זרם שעוצמתו I_2 , סטתה מחט המצפן באותה זווית α עם כיוון השעון (ראו תרשים 3ב, במבט מלמעלה).

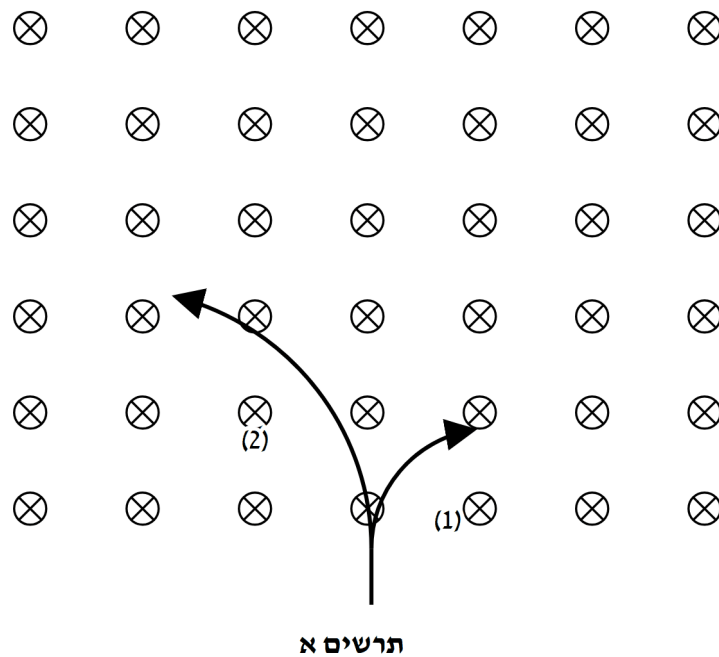


1. קבעו מהו כיוון הזרם בתיל 2 (צפונה או דרומה), ומהי עוצמתו, I_2 . נמקו את תשובותיכם. (4^{1/3} נקודות)

5. נתונים חלקיקים טעונים. הניחו שכוח הכובד הפועל עליהם זניח.
- עבור כל אחד מן המצבים המתוארים בסעיפים א-ב, קבעו אם הוא אפשרי או אינו אפשרי, ונמקו כל קביעה.
- א. חלקיק טעון נע בקו ישר במהירות קבועה באזור שבו שורר שדה מגנטי אחיד בלבד (שאינו אפס). (6 נקודות)
- ב. חלקיק טעון נע בקו ישר במהירות קבועה באזור שבו שוררים שדה חשמלי אחיד ושדה מגנטי אחיד (שניהם שונים מאפס), כאשר השדה החשמלי מקביל לכיוון מהירות החלקיק. (6 נקודות)

שני חלקיקים, (1) ו-(2), נכנסים במאונך לשדה מגנטי אחיד. השדה מאונך למישור הדף, וכיוונו "אל תוך הדף".

בתרשים א מוצגים חלקים מן המסלולים של שני החלקיקים בשדה.



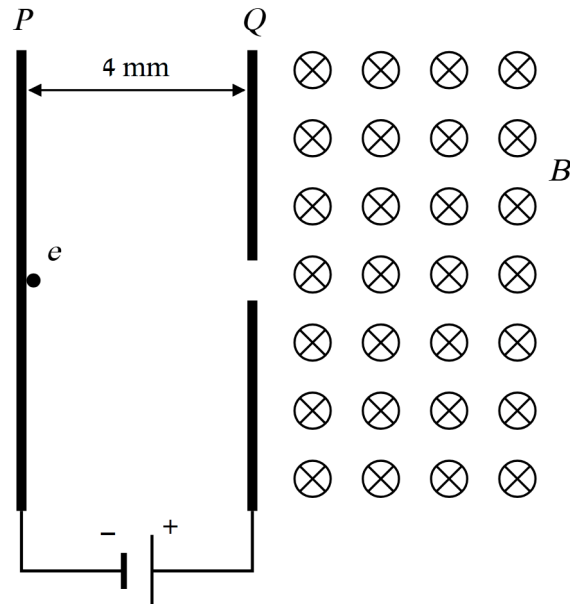
ג. קבעו איזה סוג מטען יש לכל אחד מן החלקיקים (1) ו-(2) - חיובי או שלילי. נמקו את קביעותיכם.

(6 נקודות)

ד. המטענים של שני החלקיקים שווים בגודלם, וזמני המחזור של תנועתם המעגלית בשדה שווים. הראו שמסות שני החלקיקים שוות.

(8 נקודות)

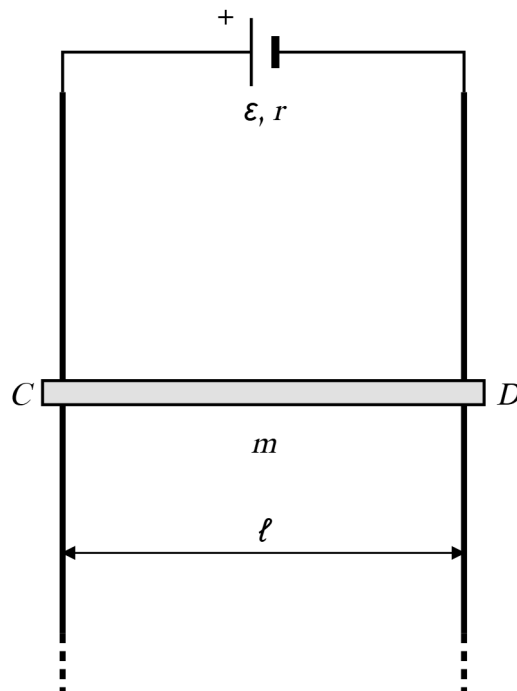
אלקטרון (מטענו $q = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$) משוחרר ממנוחה סמוך מאוד ללוח מוליך גדול P , המחובר להדק השלילי של מקור מתח. האלקטרון עובר דרך נקב בלוח מוליך גדול Q , המחובר להדק החיובי של המקור, ונכנס לאזור שבו שורר שדה מגנטי אחיד B , שכיוונו "אל תוך הדף" (ראו תרשים ב). המרחק בין הלוחות $d = 4 \text{ mm}$, והפרש הפוטנציאלים ביניהם $V = 2000 \text{ V}$.



תרשים ב

ה. סרטטו גרף של האנרגייה הקינטית של האלקטרון כפונקצייה של מרחקו האופקי מן הלוח P , עבור המרחקים שבין 0 ל- 8 mm . (הניחו שבמהלך תנועתו האלקטרון מגיע למרחק אופקי מן הלוח P הגדול מ- 8 mm .) מצאו את ערכי האנרגייה הקינטית של האלקטרון במרחקים 4 mm ו- 8 mm מן הלוח P , ורשמו אותם על הציר האנכי של הגרף. (7^{1/3} נקודות)

6. נתונה מסילה ארוכה מאוד העשויה משני פסים מוליכים אנכיים ומקבילים, הנמצאים במישור הדי. המרחק בין הפסים הוא ℓ . בין הקצוות העליונים של הפסים מחוברת סוללה בעלת כ"מ ε והתנגדות פנימית r (ההדק החיובי מסומן ב- $+$). מוט מוליך אופקי CD שמסתו m יכול להחליק לאורך הפסים, כשהוא נשאר אופקי ובמגע איתם. באזור קיים שדה מגנטי אחיד שגודלו B , הניצב למישור המסילה (למישור הדי). כל כוחות החיכוך, התנגדות האוויר וההתנגדויות של הפסים ושל המוט ניתנים להזנחה (ראו תרשים).



- משחררים את המוט CD ממנוחה, והמוט נשאר במקומו.
- א. קבעו את כיוון השדה המגנטי B (לתוך הדי או החוצה ממנו). נמקו את קביעתכם. (6 נקודות)
- ב. בטאו את מסת המוט m בעזרת נתוני השאלה (ε , r , ℓ , B) וקבועים פיזיקליים ידועים. (7 נקודות)
- מחליפים את הסוללה בנגד שהתנגדותו R . משחררים את המוט ממנוחה, והוא מתחיל ליפול.
- ג. הסבירו באופן מפורט את התהליך שגורם לזרם בנגד בזמן נפילת המוט. (8 נקודות)

לאחר זמן מה הגיע המוט למהירות קבועה.

נתון: $B = 0.6 \text{ T}$, $m = 0.03 \text{ kg}$, $\ell = 0.5 \text{ m}$, $R = 1.2 \Omega$.

ד. חשבו את גודל המהירות הקבועה של המוט.

(7 נקודות)

ה. קבעו את כיוון הזרם במוט CD בזמן הנפילה (מ- C ל- D או מ- D ל- C). נמקו את

קביעתכם.

(5^{1/3} נקודות)

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