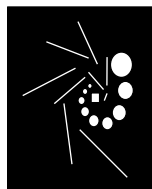


הקיפו את מספרי השאלות שפתרתם

6 5 4 3 2 1



חמד"י

בחינה בפיזיקה במתכונת בחינת הבגרות

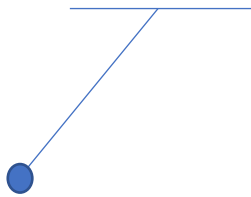
חשמל ומגנטיות

הוראות לנבחנים

- א. משך הבחינה: שעתיים וחצי.
 - ב. מבנה השאלון ומפתח הערכה:
 - בשאלון זה שש שאלות, ומהן עליכם לענות על שלוש שאלות בלבד.
 - לכל שאלה $33 \frac{1}{3}$ נקודות; $100 = 33 \frac{1}{3} \times 3$ נקודות.
 - ג. חומר עזר מותר בשימוש: (1) מחשבון
(2) נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה המצורף לשאלון.
 - ד. הוראות מיוחדות:
 - (1) ענו על מספר שאלות כפי שנתבקשתם. תשובות לשאלות נוספות לא ייבדקו.
התשובות ייבדקו לפי סדר הופעתן במחברות הבחינה.
 - (2) בפתרון שאלות שנדרש בהן חישוב, רשמו את הנוסחאות שאתם משתמשים בהן. כאשר אתם משתמשים בסימן שאינו מופיע בדפי הנוסחאות, כתבו במילים את פירוש הסימן. לפני שאתם מבצעים פעולות חישוב, הציבו את הערכים המתאימים בנוסחאות. רשמו את התוצאה שקבלתם ביחידות המתאימות.
אי רישום הנוסחה או אי ביצוע ההצבה או אי רישום היחידות עלולים להפחית נקודות מן הציין.
 - (3) כאשר אתם נדרשים להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, רשמו ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים, כגון תאוצת הנפילה החופשית g או המטען היסודי e.
 - (4) בחישוביכם השתמשו בערך של 10 מטר לשנייה בריבוע עבור תאוצת הנפילה החופשית, במידת הצורך.
 - (5) כתבו את תשובותיכם בעט. כתיבה בעיפרון או מחיקה בטיפקס לא יאפשרו ערעור. מותר להשתמש בעיפרון לסרטטים בלבד.
- כתבו במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונכם לכתוב כטיוטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה). רשמו "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

בהצלחה!

שאלה 1:

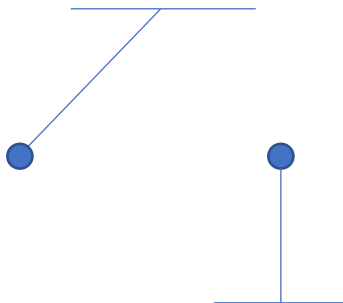


כדור מבודד קטן שמסתו m , הטעון בעודף מטען שלילי q , תלוי במנוחה על חוט שאורכו L , הקשור לתקרה (ראו איור). מפעילים שדה חשמלי אופקי אחיד וכתוצאה ממנו החוט עם הכדור נוטה הצידה בזווית של 45 מעלות (ראו איור).

- א. (1) בנקודה בה נמצא הכדור, בטאו באמצעות הפרמטרים הנתונים או חלק מהם, וקבועים פיזיקליים ידועים את עוצמתו של השדה החשמלי האופקי הדרוש להטיית הכדור בזווית זו. (2) מהו כיוון השדה? נמקו. (8 נקודות)

ב. במקום השדה החשמלי שמצאתם, מפעילים כעת שדה חשמלי בעל רכיב X (אופקי) שכיוונו ימינה ועוצמתו $2mg/q$, ורכיב Y שכיוונו כלפי מעלה ועוצמתו mg/q . מה תהיה זווית נטיית הכדור במקרה זה? הסבירו. (6 נקודות)

ג. מדביקים אל הכדור הראשון כדור קטן נוסף ניטרלי הזהה לו במסתו. השדה החשמלי הוא השדה שמצאתם בסעיף א'. מה תהיה זווית הנטייה של החוט עם שני הכדורים בקצהו? הסבירו. (5 נקודות)

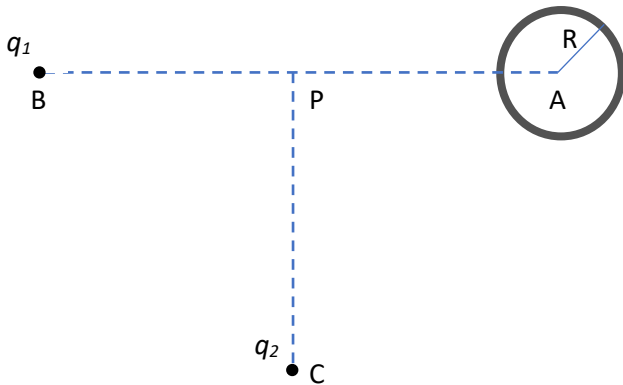


ד. עבור המצב המתואר בסעיף א', באיזה מרחק אופקי מהכדור (בגובה זהה) צריך להניח כדור שני בעל מטען חשמלי זהה לו (ראו איור) על מנת ליצור שדה חשמלי שיגרום לכדור התלוי לנטייה של 45 מעלות? (בטאו את המרחק באמצעות הפרמטרים הנתונים). (5 נקודות)

ה. מצמידים אל הכדור התלוי כדור זהה לו אך ניטרלי (לא טעון). בהשוואה לזווית הסטייה שמצאתם בסעיף ג', האם זווית הנטייה כעת קטנה / זהה / גדולה ממנה? נמקו. הניחו כי לפני הצמדת הכדור הניטרלי, מיקומי הכדורים הטעונים הם כפי שמתואר באיור. (4.33 נקודות)

ו. במצב המתואר בסעיף ד' ניתקו את הכדור התלוי הטעון ותלו במקומו כדור מוליך ניטרלי ברדיוס 1 ס"מ ומסה זהה. התלמיד שתלה את הכדור ניבא שהכדור יישאר תלוי במנוחה אנכית לרצפה. להפתעתו לא כך קרה. הסבירו את התופעה בעזרת שרטוט, וענו האם הכדור התלוי התקרב לכדור המקובע אנכית, או התרחק ממנו. נמקו שיקוליכם. (5 נקודות)

שאלה 2:



בניסוי מעבדה השתמשו בקליפה כדורית מבודדת בעלת רדיוס R בלתי ידוע, הטעונה במטען חשמלי חיובי Q שגודלו גם כן אינו ידוע. המטען מפוזר באופן אחיד על פני הקליפה. מדדו את הפוטנציאל החשמלי על פני הקליפה בהיעדר מטענים אחרים בסביבה. הפוטנציאל שנמדד היה: $V(R) = V_0$.

לאחר מכן הניחו חלקיק בעל מסה $m_1 = 1 \times 10^{-3} \text{ gr}$ וטעון במטען $q_1 = 2.5 \times 10^{-9} \text{ C}$, בנקודה B שמרחקה ממרכז הקליפה הוא $r_1 = 6R$ ומדדו את הכוח החשמלי שהקליפה מפעילה על החלקיק. הכוח שנמדד היה: $F_1 = 10^{-6} \text{ N}$.

א. (1) מהו השדה E_1 שיוצרת הקליפה הכדורית בנקודה B (גודל וכיוון)? פרטו חישוביכם ושיקוליכם.

(2) הראו שבין נתוני השאלה מתקיים הקשר הבא: $E_1 = \frac{V_0}{36R}$. (8 נקודות)

נתון: $V_0 = 900 \text{ V}$

ב. חשבו את ערכם של Q ו- R מנתוני השאלה. פרטו חישוביכם. (6 נקודות)

בנקודה C הציבו חלקיק נוסף, בעל מטען q_2 ומסה $m_2 = 1 \times 10^{-13} \text{ kg}$. הנקודה C נמצאת על ישר הניצב לקטע AB ומרחקה מנקודת האמצע P של הקטע AB הוא $CP = 4R$.

ג. כתוצאה מהוספת מטען זה הפוטנציאל בנקודה A התאפס (נקודה A נמצאת במרכז הקליפה הכדורית, כמתואר בשרטוט למטה).

(1) חשבו את q_2 . פרטו חישוביכם.

(2) תלמיד טען שכעת השדה החשמלי בנקודה A מתאפס גם כן.

האם התלמיד צדק? נמקו את תשובתכם. (8 נקודות)

ד. מביאים את החלקיק q_2 מנקודה רחוקה ("אינסוף") לנקודה C . האם עבודת הכוח החשמלי שנדרשה לכך חיובית, שלילית או אפס? נמקו ללא חישוב מספרי.

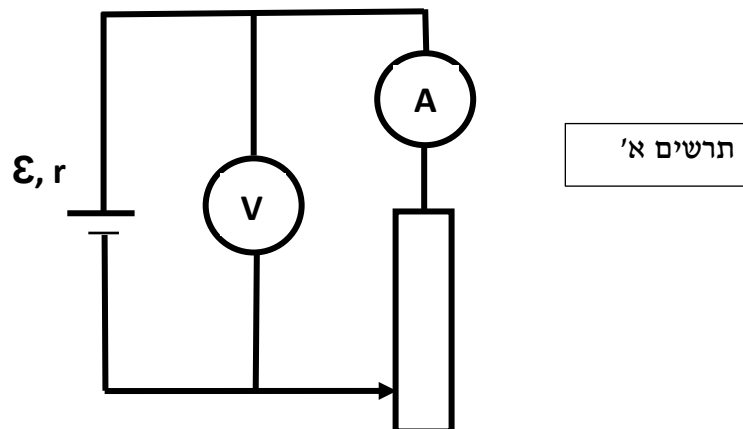
(5 נקודות)

ה. בניסוי אחר המטען q_1 שנמצא בנקודה B , משוגר במהירות 1 m/s וברגע

מסוים חולף בנקודה P . מצאו את גודל מהירותו בנקודה P . פרטו חישוביכם. (6.33 נקודות)

שאלה 3:

נתון מעגל המתואר בתרשים אי' הכלל: מקור מתח לא אידיאלי, נגד משתנה בעל הערך המקסימלי של $R_{\max}=9\Omega$ ומכשירי מדידה אידיאליים.



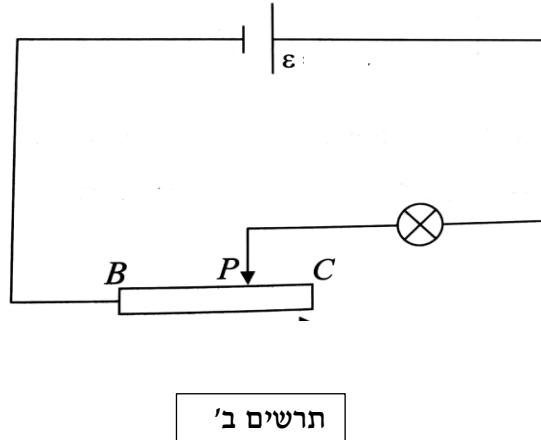
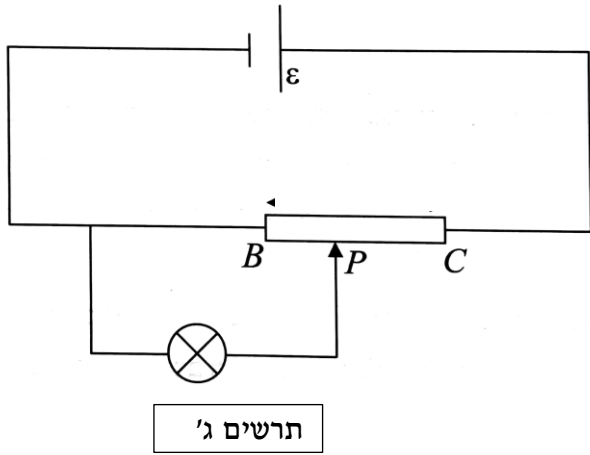
התלמיד שינה את התנגדות הנגד המשתנה מספר פעמים ובכל פעם מדד את המתח על הנגד המשתנה ואת הזרם במעגל. בעזרת נתונים אלה הוא חישב את התנגדות הנגד המשתנה בכל מדידה, ורשם אותה בטבלה, לצד הזרם המתאים לאותה מדידה:

8.2	5.8	3.8	2.1	0	$R(\Omega)$
0.9	1.3	1.6	2.6	4.9	$I(A)$

- א. הסבירו כיצד חישב התלמיד את גודל ההתנגדות R . (4 נקודות)
- ב. פתחו ביטוי המתאר את R כתלות ב- I ובגורמים פיזיקליים קבועים נוספים. פרטו שיקולכם. (5 נקודות)
- ג. במידת הצורך הגדירו משתנה חדש שיאפשר לשרטט גרף לינארי של R כתלות בנתוני השאלה, הוסיפו את ערכיו למחברת הבחינה, ושרטטו גרף זה. פרטו שיקולכם. (8 נקודות)
- ד. חשבו בעזרת הגרף והקשר שפיתחתם את:
(1) כא"מ הסוללה, פרטו שיקולכם.
(2) ההתנגדות הפנימית של מקור המתח. פרטו שיקולכם. (7 נקודות)

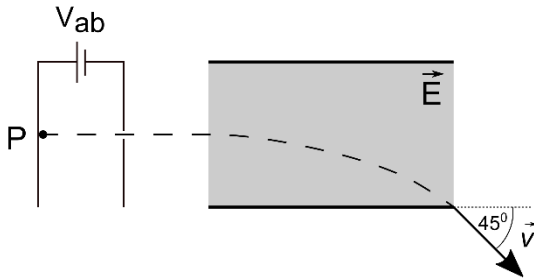
המשך בעמוד הבא ←

בחלק השני של הניסוי התלמיד בנה שני מעגלים שונים עם מקור מתח אידיאלי.
שני המעגלים מתוארים בתרשימים ב' + ג' :



- ה. (1) כיצד תשתנה עוצמת האור של הנורה אם נזיז את המגע הנייד P לכיוון הקצה C במעגל שבתרשים ב'? נמקו תשובתכם.
- (2) כיצד תשתנה עוצמת האור של הנורה אם נזיז את המגע הנייד P לכיוון הקצה C במעגל שבתרשים ג'? נמקו תשובתכם.
- ו. באיזה משני המעגלים החשמליים אפשר להקטין את עוצמת האור של הנורה עד שתכבה לחלוטין? עבור המעגל שבו בחרתם הסבירו כיצד ניתן לעשות זאת.
- (6 נקודות)
- (3.33 נקודות)

שאלה 4:



פרוטון מואץ בהפרש מתחים V_{ab} , ונכנס לאחר מכן בין 2 לוחות קבל אופקיים לאזור בו שורר שדה חשמלי אחיד וקבוע שגודלו וכיוונו אינם ידועים, כמתואר בשרטוט.

תנועתו של הפרוטון מוצגת בשרטוט, ולאחר ששהה בשדה זמן t_0 הוא יוצא בזווית 45° ביחס לכיוון תנועתו המקורי, כמתואר בשרטוט.

נתון כי מהירות הכניסה של הפרוטון היא $v = 10^5 \text{ m/s}$, והזמן בו שהה בשדה הוא $t_0 = 2 \cdot 10^{-8} \text{ sec}$.

(4 נקודות)

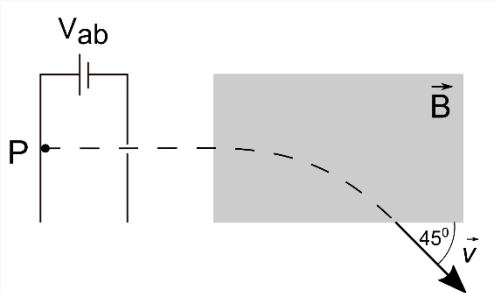
א. מהו המתח V_{ab} בו הואץ הפרוטון? פרטו חישוביכם.

ב. (1) הגדירו את המושג "שדה חשמלי"

(2) מה כיוונו של השדה החשמלי בו נע החלקיק? נמקו.

(10 נקודות)

(3) מהו גודלו של שדה חשמלי זה? פרטו חישוביכם ושיקוליכם.



(8 נקודות)

כעת, מנתקים ומסירים את לוחות הקבל, ויוצרים באותו אזור שדה מגנטי אחיד ניצב לדף, בגודל וכיוון לא ידועים. מסתבר שכשחוזרים על הניסוי במצב זה הפרוטון שוב יוצא מהאזור בו שורר השדה, בזווית 45° ביחס לכיוון כניסתו המקורי, כלפי מטה, לאחר אותו פרק זמן t_0 .

ג. (1) מה כיוונו של שדה מגנטי זה? הסבירו שיקוליכם.

(2) מה גודלו של השדה המגנטי? נמקו שיקוליכם וחישוביכם.

תלמיד שצפה בשני הניסויים הציע ניסוי חדש: לשגר את אותו פרוטון באותו מתח מאיץ לאזור בו יפעלו אותו שדה מגנטי שחושב בסעיף ג'2, ושדה חשמלי חדש. לטענתו ניתן בעזרת שני שינויים בשדה החשמלי לגרום לפרוטון לנוע ללא סטייה ולהמשיך בקו ישר.

ד. הסבירו מדוע צודק התלמיד. הסבירו אילו שני שינויים יש לבצע בשדה החשמלי,

ומדוע. לוו תשובתכם בנימוקים, ובמידת הצורך בחישובים מתאימים. (6 נקודות)

ה. חוזרים על הניסוי שהציע התלמיד בסעיף ד', רק הפעם עם אלקטרון שהואץ באמצעות

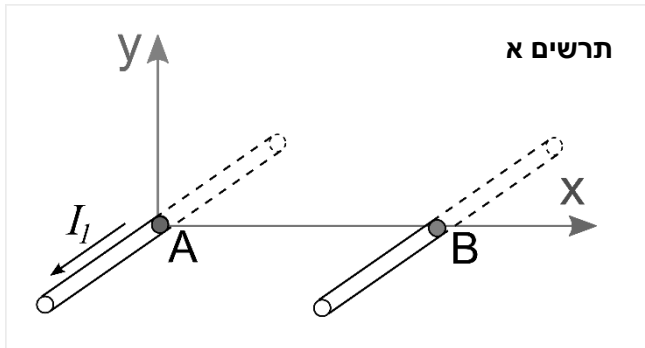
אותו מתח V_{ab} (בסימן הפוך כמובן), ואותם שדות מסעיף ד'. האם גם האלקטרון ימשיך

בקו ישר לאחר כניסתו לאזור בו שוררים השדות?

(5.33 נקודות)

נמקו (אין צורך בחישוב מספרי).

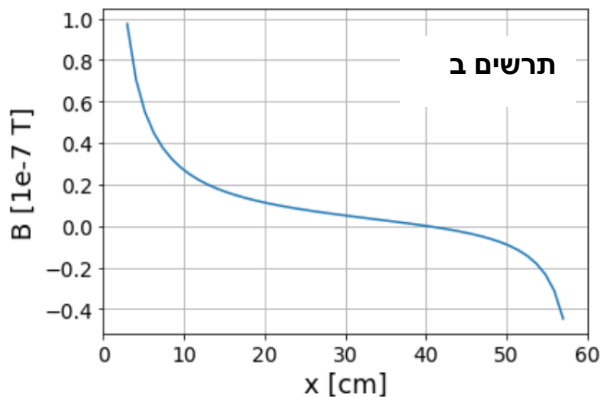
שאלה 5:



תרשים א

נתונים שני תילים אינסופיים העוברים במאונך דרך מישור XY . תיל 1 עובר בנקודה A שנמצאת בראשית ותיל 2 עובר בנקודה B הנמצאת 60 ס"מ מימין ל- A על ציר X . בתיל שעובר דרך ראשית הצירים זרם I_1 , כמתואר בשרטוט.

בתרשים ב' מוצג גרף של גודל השדה המגנטי השקול כפי שנמדד לאורך הישר AB המחבר בין שני התילים.



תרשים ב

א. נתון שהזרם בתיל 1 יוצא מהדף, כמתואר בשרטוט. מהו כיוון הזרם בתיל 2? נמקו. (5.33 נקודות)

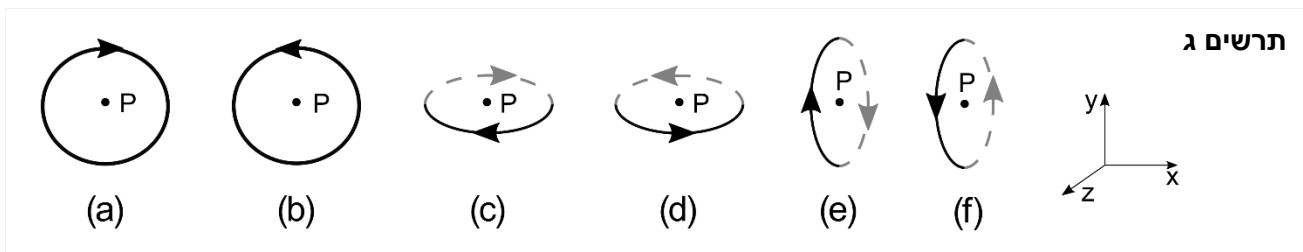
ב. תלמיד טען שהזרמים בתילים שווים בגודלם. האם הוא צדק? אם כן - כיצד ידע זאת? אם לא - חשבו את היחס בין הזרמים בתילים. נמקו שיקוליכם. (7 נקודות)

ג. נתון שהזרם בתיל 1 הוא 3 אמפר. מהו השדה המגנטי (גודל וכיוון) הנוצר בנקודה $P = (80 \text{ cm}, 0 \text{ cm})$? פרטו חישוביכם ושיקוליכם. (5 נקודות)

ד. מציבים מימין לתיל 2 סליל דק נושא זרם עם עשרה ליפופים שרדיוסו 5 ס"מ. מרכז הסליל נמצא בנקודה P .

(1) כיצד יש להציב את הסליל, ובאיזה כיוון יש להזרים בו זרם, על מנת לאפס את השדה המגנטי השקול בנקודה P ? בחרו את התרשים המתאים מבין ששת התרשימים המצורפים בתרשים ג' ונמקו את בחירתכם.

(2) מהו הזרם שיש להזרים בסליל על מנת לאפס את השדה? פרטו חישוביכם. (11 נקודות)



תרשים ג

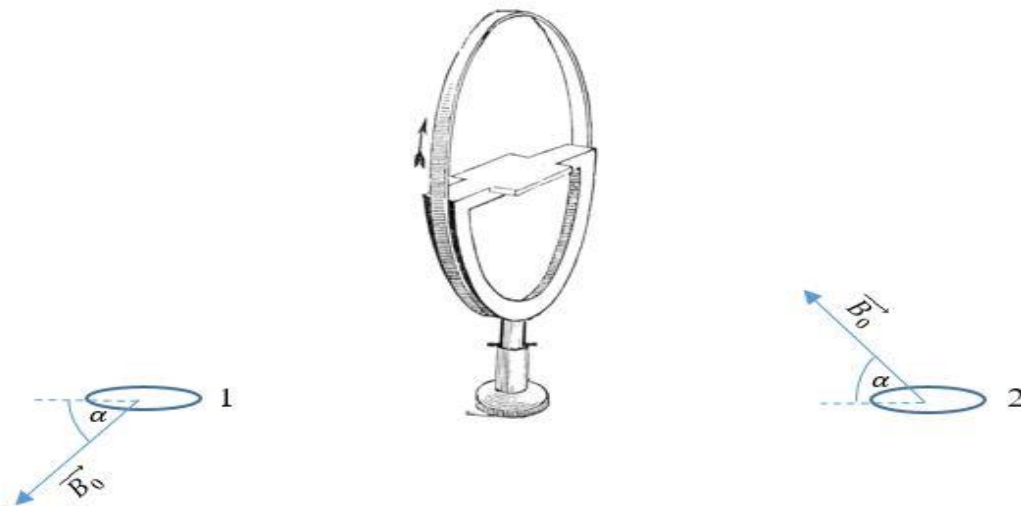
ה. מציבים את הסליל כך שכעת הוא נמצא במישור הדף (מישור XY), והזרם בו הוא נגד כיוון השעון (מצב (b) בתרשים ג'). פרוטון עובר בנקודה P , כך שברגע זה מהירותו ניצבת למישור הדף וכיוונה לתוך הדף. מהו כיוון הכוח המגנטי הפועל על הפרוטון ברגע מעברו בנקודה P ? נמקו ללא חישוב. (5 נקודות)

שאלה 6:

אלעד המגונדר הגיע לחמד"ע על מנת לבצע את הניסוי בגליונומטר טנגנטי. משום שהפריעו לו שתי הטבעות הדקות והמוליכות אותן ענד, הניח אותן ליד מערכת הניסוי. טבעת אחת הונחה מימין למערכת, ושניה משמאל, כמתואר בשרטוט.

רדיוס כל טבעת הוא $r = 0.5\text{cm}$, והתנגדותה החשמלית היא $R = 4\Omega$. הטבעות מוספרו כפי שמתואר באיור.

הטבעות רחוקות מהכריכה ושטחן הוא כזה, כך שאפשר להניח שהשדה המגנטי באזור של כל טבעת אחיד בכיוונו וגודלו. כיוון השדה המגנטי באזור כל טבעת, הוא בזווית $\alpha = 30^\circ$ ביחס לאופק, אך בכיוונים שונים, כפי שמתואר באיור.



עצמת השדה המגנטי כתלות בזמן, באזור בו נמצאת כל טבעת נתונה לפי הביטוי:

$$B(t) = 0.01 - 2t^2$$

נתון ששדה מגנטי זה קיים החל מרגע $t = 0$ ועד $t = 0.1\text{ sec}$.

- חשבו את השטף המגנטי בכל טבעת כתלות בזמן. פרטו חישוביכם ושיקוליכם. (5.33 נקודות)
- שרטטו גרף של הכא"מ המושרה בטבעת 1 כתלות בזמן. פרטו שיקוליכם וחישוביכם. (7 נקודות)
- מהי עצמת הזרם החשמלי בכל אחת מן הטבעות ב $t = 0.05\text{ s}$? פרטו חישוביכם. (5 נקודות)
- עבור צופה המביטה מלמעלה**, מהו כיוון הזרם בכל טבעת (נגד/עם כיוון השעון), ברגע $t = 0.05\text{ s}$? נמקו תשובתכם. (5 נקודות)
- האם קיים רגע בו כיוון השדה המגנטי בטבעת 1 משתנה? נמקו, ואם קיים רגע כזה מצאו אותו. (5 נקודות)
- האם קיים רגע בו כיוון הזרם בטבעת 1 משתנה? נמקו, ואם קיים רגע כזה מצאו אותו. (6 נקודות).