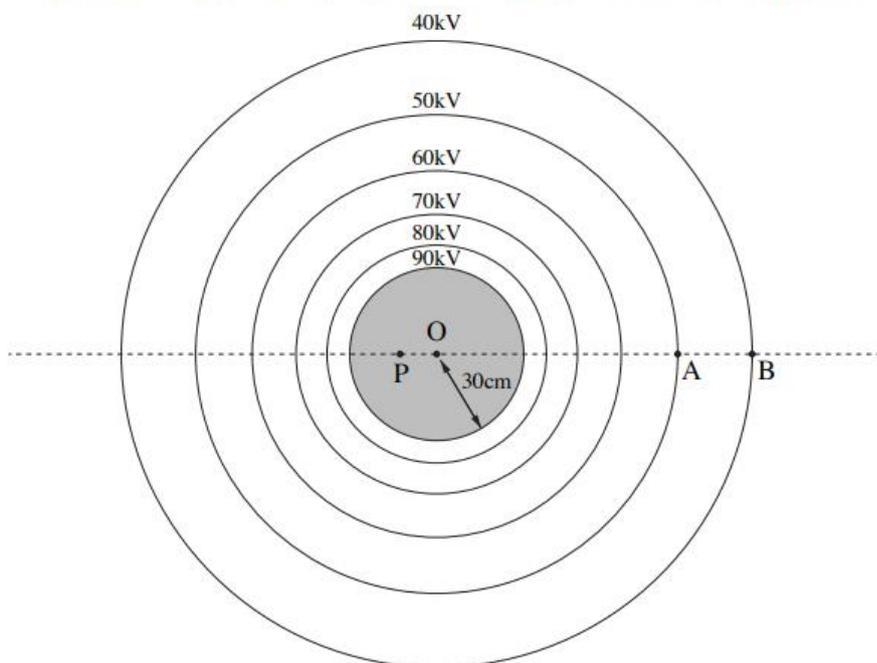


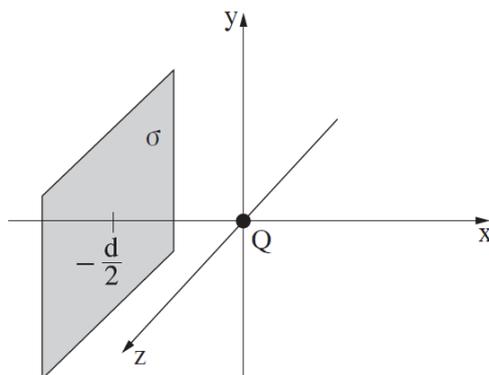
1. בתרשים שלפניכם מוצג כדור מוליך ("קליפה כדורית") הטעון במטען חיובי Q , וכמה קווים שווי פוטנציאל שעל כל אחד מהם רשום ערך הפוטנציאל המתאים לו.
 נתון: רדיוס הכדור הוא $R = 30\text{cm}$, והפוטנציאל על פניו הוא $90,000\text{V}$. הפוטנציאל באינסוף נבחר להיות אפס.
 בשאלה כולה יש להניח כי השפעת כוח הכבידה זניחה וכי התפלגות המטען על פני הכדור נשארת אחידה.



הנקודה O היא מרכז הכדור, הנקודה P נמצאת במרחק 12cm משמאל למרכז הכדור, הנקודה A נמצאת על הקו שערכו $50,000\text{V}$, והנקודה B נמצאת על הקו שערכו $40,000\text{V}$ (ראו תרשים).

- א. חשבו את המרחק AO. (9 נקודות)
 ב. חשבו את השדה החשמלי בנקודה A (גודל וכיוון). (7 נקודות)
 ג. (1) מהו גודל השדה החשמלי בנקודה P?
 (2) מהו הפוטנציאל בנקודה P?
 (5 נקודות)
- גוף קטן 1 שמסתו m_1 ומטענו q_1 מוחזק במנוחה בנקודה A. מעניקים לגוף מהירות שגודלה $v = 1.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ וכיוונה ימינה. במהלך התנועה של גוף 1 ימינה הוא חולף בנקודה B.
 נתון: $m_1 = 4 \cdot 10^{-4}\text{kg}$, $q_1 = -1.2 \cdot 10^{-8}\text{C}$.
 ד. חשבו את גודל המהירות של גוף 1 בנקודה B. (8 נקודות)
- גוף קטן 2 שמסתו m_2 ומטענו q_2 מוחזק במנוחה בנקודה A. מעניקים גם לגוף 2 מהירות שגודלה $v = 1.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ אך הפעם כיוונה שמאלה. במהלך התנועה של גוף 2 שמאלה הוא חולף בנקודה C (שאינה מסומנת בתרשים) במהירות שגודלה שווה לגודל המהירות שחישבתם בסעיף ד.
 נתון: $m_2 = m_1$, $q_2 = -q_1$.
 ה. קבעו אם המרחק AC שווה למרחק AB, קטן ממנו או גדול ממנו. נמקו את קביעתכם. (4 $\frac{1}{3}$ נקודות)

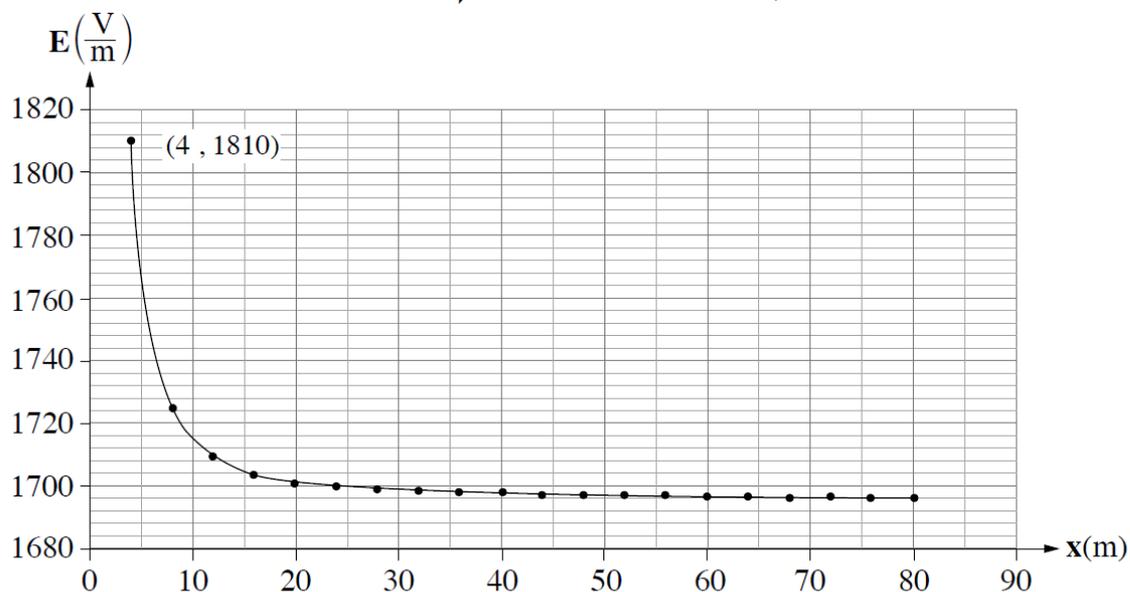
1. נתונה מערכת המורכבת ממטען נקודתי חיובי שמטענו Q , ומלוח מישורי גדול מאוד ("לוח אינסופי") הטעון בצפיפות משטחית חיובית אחידה σ . המטען הנקודתי מוחזק במנוחה בראשית הצירים, והלוח ממוקם בנקודה $x = -\frac{d}{2}$ בניצב לציר ה- x (הלוח מקביל למישור yz). המערכת מתוארת בתרשים שלפניכם.



המערכת נמצאת בתנאי ריק. ההשפעה של המטען הנקודתי על צפיפות המטען המשטחית σ ניתנת להזנחה בשאלה כולה.
 א. בטאו את עוצמת השדה החשמלי, $E(x)$, לאורך ציר ה- x , עבור $x > 0$. השתמשו בפרמטרים σ , Q , ובקבועים בסיסיים. (6 נקודות)

לפניכם גרף המתאר את עוצמת השדה החשמלי, E , בכמה נקודות לאורך ציר ה- x , החל בנקודה $x = d$. נתון: $E(4) = 1810 \frac{V}{m}$, $d = 4m$.

עוצמת השדה החשמלי לאורך ציר ה- x

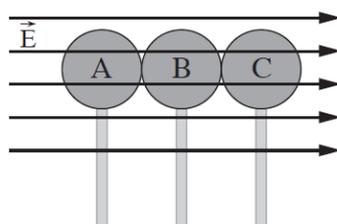


- ב. (1) חשבו באמצעות הגרף את צפיפות המטען המשטחית, σ .
 (2) חשבו את גודל המטען הנקודתי Q .
 (9 נקודות)

משחררים ממנוחה חלקיק שטעון במטען חיובי מנקודה הנמצאת על החלק החיובי של ציר ה- x . החלקיק נע לאורך ציר ה- x בכיוון החיובי.

- ג. קבעו איזה מן ההיגדים 1-4 שלפניכם נכון, ונמקו את קביעתכם. (6 נקודות)
1. כשהחלקיק נמצא במרחק גדול מאוד מן המערכת – תנועתו היא שווה תאוצה בקירוב.
 2. כשהחלקיק נמצא במרחק גדול מאוד מן המערכת – תנועתו היא שווה מהירות בקירוב.
 3. כשהחלקיק נמצא במרחק גדול מאוד מן המערכת – מהירותו מתאפסת.
 4. אי אפשר לדעת מהו סוג התנועה בלי לדעת מהי מסת החלקיק.
- 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 $x = \frac{d}{2}$, האם הפרש הפוטנציאלים בין הנקודה $x = d$ לנקודה $x = 2d$ היה גדל, קטן או לא משתנה? נמקו את קביעתכם. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

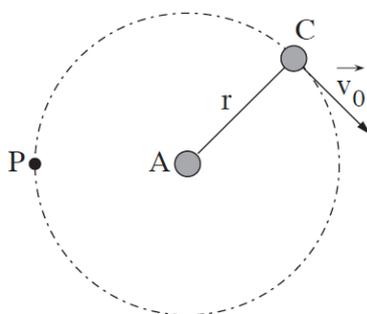
1. תלמידים טענו כדורים במטען חשמלי בתהליך המתואר לפניך. הם הכניסו שלושה כדורי מתכת זהים A, B ו- C שאינם טעונים לתחום שבו שורר שדה חשמלי אחיד \vec{E} . הכדורים הוחזקו באמצעות מקלות מבודדים לאורך קו ישר כך שהם נוגעים זה בזה, כמתואר בתרשים 1 שלפניך. לאחר זמן-מה הם הרחיקו בבת אחת את שלושת הכדורים זה מזה באמצעות המקלות, ולאחר מכן הוציאו אותם מתחום השדה החשמלי.



תרשים 1

א. עבור כל אחד מן הכדורים קבע אם לאחר שהוציאו אותו מן השדה החשמלי הוא טעון במטען חשמלי חיובי או טעון במטען חשמלי שלילי או אם הוא ניטרלי. נמק את קביעותיך. (6 נקודות)

התלמידים הפרידו את הכדורים מן המקלות (בלי לשנות את מטענם) וקבעו את כדור A למרכז של משטח אופקי חלק ומבודד. הם הניחו את כדור C על המשטח במרחק r מכדור A, והעניקו לכדור C מהירות התחלתית \vec{v}_0 . בעקבות זאת כדור C נע בתנועה קצובה לאורך מסלול מעגלי שבמרכזו כדור A (ראה תרשים 2).



תרשים 2

ב. סרטט תרשים של כל הכוחות הפועלים על הכדור C בחולפו בנקודה P, ורשום ליד כל כוח את שמו (או את האותיות המסמלות אותו). (5 נקודות)

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

נתון: המרחק בין הכדורים $r = 0.9\text{m}$, המסה של כל כדור היא $m = 0.01\text{kg}$. גודל המהירות ההתחלתית שניתנה

$$\text{לכדור C הוא } v_0 = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

ג. חשב את מטען הכדור C. (6 נקודות)

ד. חשב את השינוי שחל במספר האלקטרונים בכדור C בעקבות תהליך הטעינה המתואר בפתיח לשאלה.

(6 נקודות)

התלמידים החליפו בין הכדורים A ו-C: הם קיבעו את כדור C למרכז המשטח, והעניקו לכדור A מהירות התחלתית השווה (בגודלה ובכיוונה) למהירות \vec{v}_0 שניתנה לכדור C קודם לכן.

ה. קבע אם תנועת כדור A זהה לזו שהייתה לכדור C קודם לכן, אם כן – נמק את קביעתך. אם לא – מהו השינוי

בין התנועות? (6 נקודות)

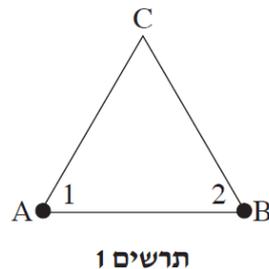
התלמידים פרקו את המטען מן הכדורים וחזרו על תהליך הטעינה המתואר בפתיח לשאלה, אך הפעם החליפו את

כדור המתכת האמצעי B בכדור D העשוי מחומר מבודד.

ו. עבור כל אחד מן הכדורים A, C ו-D קבע אם לאחר הוצאתו מן השדה החשמלי הוא טעון במטען חשמלי חיובי

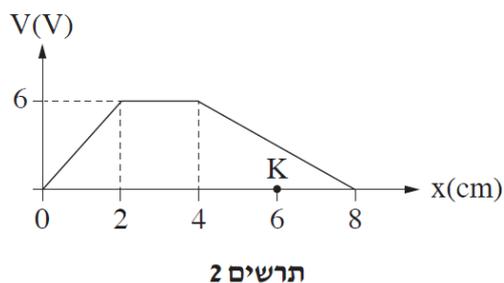
או טעון במטען חשמלי שלילי או אם הוא ניטרלי. נמק את קביעותיך. (4 $\frac{1}{3}$ נקודות)

2. נתונה מערכת ובה שני חלקיקים 1 ו-2 המוחזקים בהתאמה בקודקודים A ו-B של משולש שווה צלעות ABC (ראה תרשים 1). אורך כל צלע של המשולש הוא 0.6 m. החלקיקים טעונים במטענים שווים, שערכם $q_1 = q_2 = +40 \cdot 10^{-9} \text{ C}$.



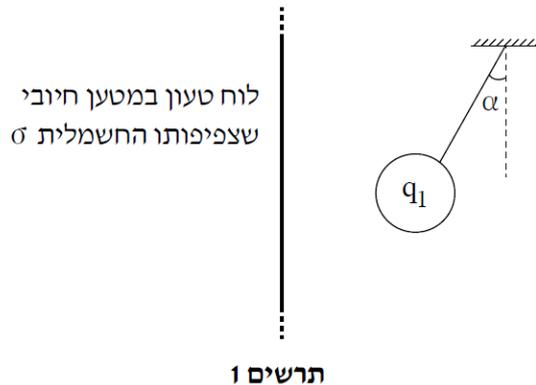
בשאלה זו רמת אפס של הפוטנציאל החשמלי נקבעה באינסוף ויש להזניח כוחות כבידה.

- א. חשב את השדה החשמלי השקול \vec{E} (גודל וכיוון) הנוצר בקודקוד C באמצעות שני המטענים. (7 נקודות)
- ב. חשב את הפוטנציאל החשמלי הכולל, V, הנוצר בקודקוד C באמצעות שני המטענים. (6 נקודות)
- ג. האם במערכת המטענים המוצגת בתרשים 1 קיימת נקודה שבה הפוטנציאל החשמלי שונה מאפס, והשדה החשמלי בה שווה לאפס? אם לא – נמק. אם כן – ציין את מיקומה של הנקודה. (4 נקודות)
- ד. במערכת אחרת נמדד הפוטנציאל החשמלי, V, לאורך ציר ה-x. בתרשים 2 מוצג גרף של V כפונקציה של x.



- ד. סרטט במחברתך גרף המתאר את השדה החשמלי כפונקציה של x, עבור התחום שבין $x = 0$ לבין $x = 8 \text{ cm}$. (7 נקודות)
- ה. משחררים ממנוחה חלקיק שמטענו $q_3 = -40 \mu\text{C}$ מנקודה K שעל ציר ה-x, ששיעורה $x_K = 6 \text{ cm}$ (ראה תרשים 2). החלקיק מתחיל לנוע על ציר ה-x בתאוצה שגודלה $2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.
- ה. קבע אם החלקיק q_3 נע בכיוון החיובי של ציר ה-x או בכיוון השלילי. נמק את קביעתך. (5 נקודות)
- ו. חשב את מסת החלקיק q_3 . (4 $\frac{1}{3}$ נקודות)

1. תלמיד ערך שני ניסויים. מערכת הניסוי הראשון הייתה מורכבת מכדור קטן מוליך הטעון במטען q_1 ולוח מוליך גדול הטעון במטען חשמלי חיובי שצפיפותו השטחית, σ , אחידה. התלמיד תלה את הכדור הטעון מול הלוח על חוט מבודד וקל. הכדור סטה לעבר הלוח, וכאשר הגיע למצב מנוחה נוצרה זווית α בין החוט ובין הכיוון האנכי, כמתואר בתרשים 1. יש להתייחס לכדור התלוי כגוף נקודתי. השפעת הכדור הטעון על צפיפות המטען החשמלי בלוח זניחה. נתון כי המסה של הכדור היא $m_1 = 1 \text{gr}$.



- א. סרטט את תרשים הכוחות הפועלים על הכדור התלוי. ליד כל כוח כתוב את שמו. (4 נקודות)
- במהלך הניסוי שינה התלמיד כמה פעמים את צפיפות המטען החשמלי, σ , ובכל פעם מדד את ערך הזווית α וחישב את ערך $\tan(\alpha)$.
- בטבלה שלפניך מוצגים ערכי צפיפות המטען החשמלי σ , ערכי הזווית α וערכי $\tan(\alpha)$.

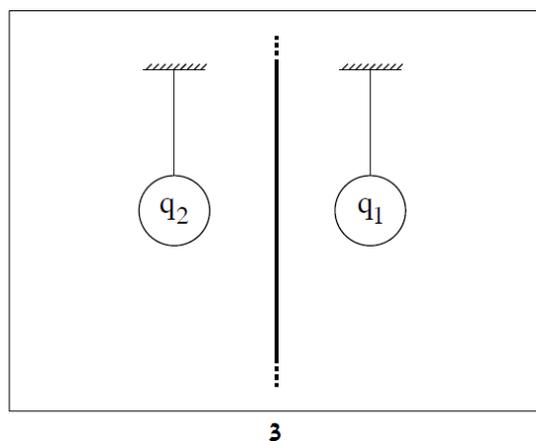
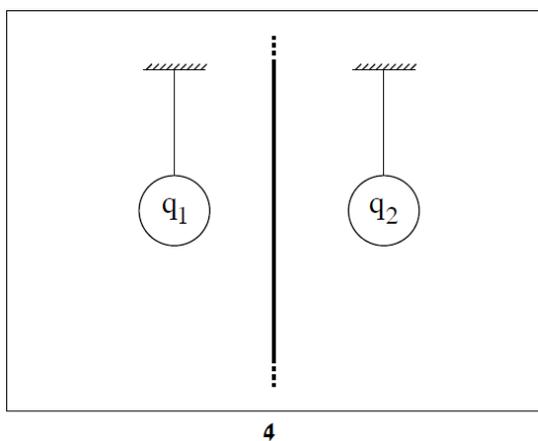
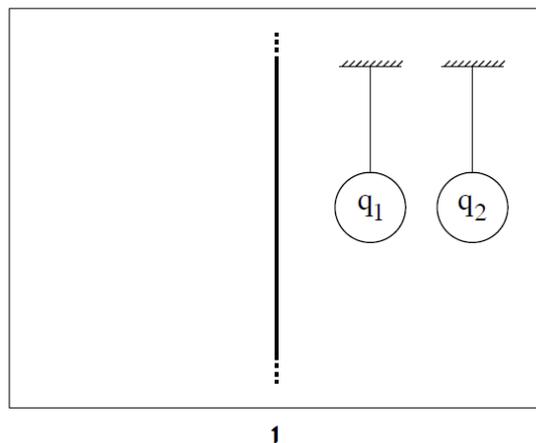
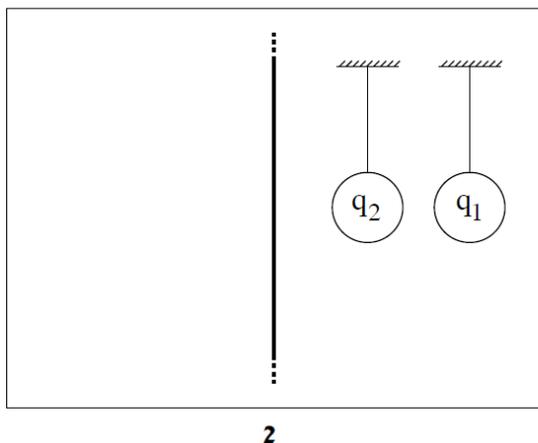
$\sigma \left[\frac{\text{C}}{\text{m}^2} 10^{-7} \right]$	1.50	2.25	3.25	4.00	5.00
$\alpha [^\circ]$	4	6	8	10	12
$\tan(\alpha)$	0.07	0.11	0.14	0.18	0.21

- ב. סרטט במחברתך גרף (דיאגרמת פיזור) של $\tan(\alpha)$ כפונקציה של צפיפות המטען החשמלי, σ , והוסף בו את קו המגמה. (7 נקודות)
- ג. חשב את השיפוע של קו המגמה שסרטטת. (5 נקודות)
- ד. פתח ביטוי של $\tan(\alpha)$ כפונקציה של σ . השתמש בקבועים: g , ϵ_0 , m_1 ו- q_1 . (6 נקודות)
- ה. (1) קבע את הסימן של המטען q_1 . נמק את קביעתך.
 (2) חשב, על פי הגרף שסרטטת, את גודלו של המטען q_1 . (6 נקודות)

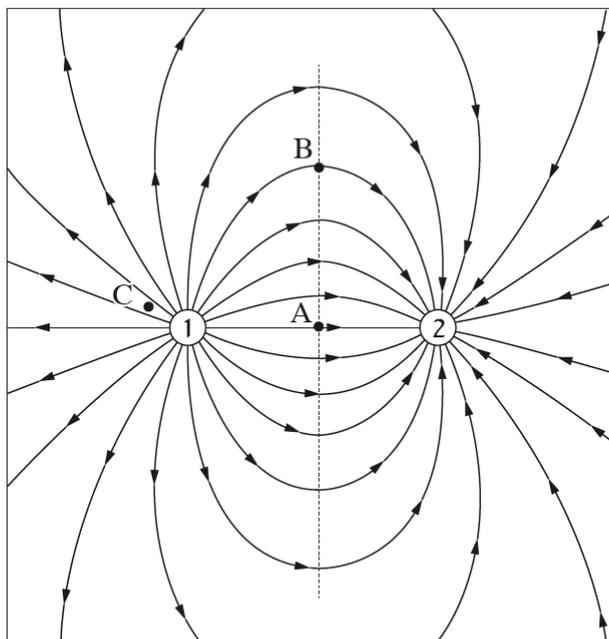
/המשך בעמוד 3/

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

בניסוי השני הוסיף התלמיד למערכת הניסוי כדור קטן מוליך הטעון במטען q_2 ותלה גם אותו על חוט מבודד וקל. נתון כי גודל המטען של שני הכדורים שווה, אך סימני מטעניהם הפוכים. בלי לשנות את ערכי צפיפות המטען החשמלי σ של הלוח, מיקם התלמיד גם את הכדור השני מול הלוח. כאשר שני הכדורים הגיעו למצב מנוחה היו החוטים מקבילים ללוח (בשני החוטים $\alpha = 0$). לפניך ארבעה תרשימים, 1-4, המתארים את מיקום הכדורים והלוח. קבע איזה מן התרשימים אפשרי. נמק את קביעתך. (5 $\frac{1}{3}$ נקודות)



1. לפניך איור של מערכת ובה שני מטענים חשמליים, מטען 1 ומטען 2, הנמצאים בריק, וקווי השדה החשמלי של המערכת. בשאלה זו האנרגייה הפוטנציאלית החשמלית באינ-סוף היא אפס.



א. הגדר את המושג "קו שדה חשמלי". (5 נקודות)

ב. על פי האיור, הסבר מדוע המטענים שווים בערכם המוחלט. (4 נקודות)

הנקודה A היא אמצע הקטע המחבר את שני המטענים.

ג. (1) האם עוצמת השדה של מערכת המטענים בנקודה A היא אפס? הסבר את תשובתך.

(2) האם הפוטנציאל החשמלי בנקודה A הוא אפס? הסבר את תשובתך.
(8 נקודות)

הנקודה B נמצאת על האנך האמצעי לקטע המחבר את שני המטענים.

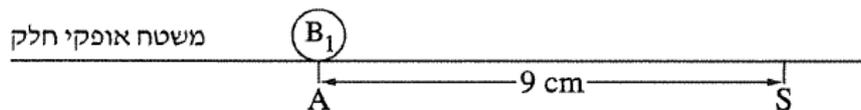
ד. אילו היו מציבים מטען נקודתי שלילי בנקודה B, מהו הכיוון של הכוח החשמלי שהיה פועל על המטען בנקודה זו? נמק את תשובתך. (4 $\frac{1}{3}$ נקודות)

ה. היכן עוצמת (גודל) השדה החשמלי גדולה יותר – בנקודה A או בנקודה C? נמק את תשובתך. (4 נקודות)

נתון: הערך המוחלט של כל אחד משני המטענים הוא 10^{-8} C , והמרחק ביניהם 6 ס"מ.

ו. חשב את האנרגייה הפוטנציאלית החשמלית של מערכת המטענים (ביחס לאינ-סוף). (8 נקודות)

1. כדור קטן B_1 מוחזק בנקודה A על משטח אופקי חלק. מסת הכדור m_1 ומטענו q_1 . נתון: בנקודה S על המשטח האופקי נמדד פוטנציאל חשמלי $V_s = -1000V$. המרחק בין הנקודות S ו-A הוא 9 cm (ראה תרשים).

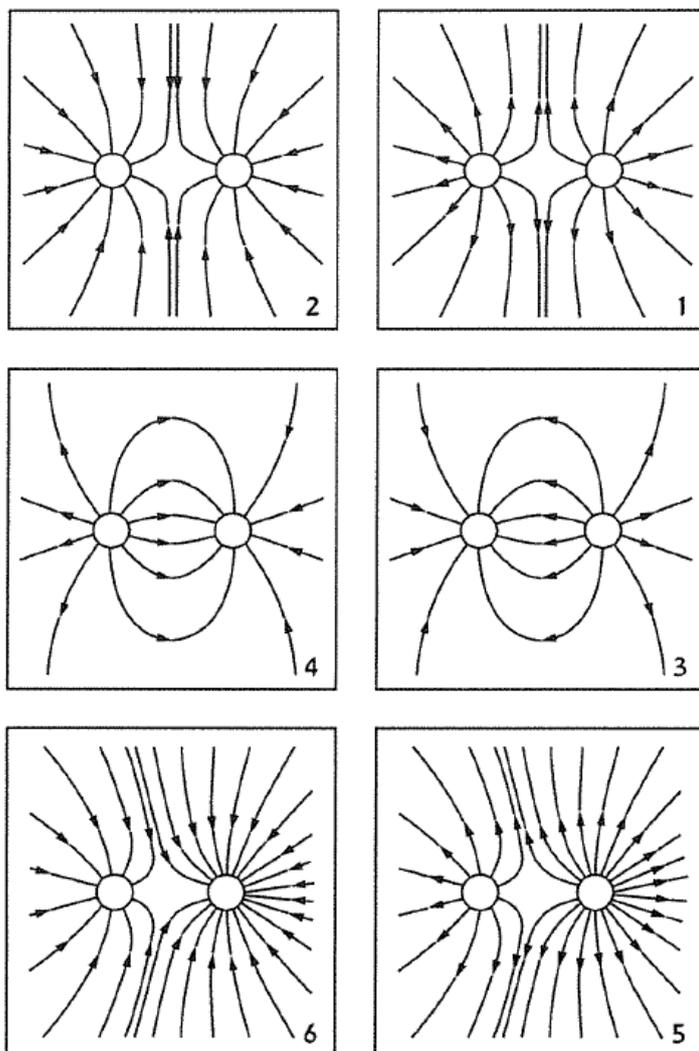


תרשים 1

- א. חשב את גודל המטען q_1 וקבע את סימנו. (6 נקודות)
- ב. חשב את גודל השדה החשמלי שהמטען יוצר בנקודה S. (5 נקודות)
- כדור קטן נוסף, B_2 , שמסתו m_2 ומטענו q_2 , מובא מן האינסוף אל הנקודה S ומוחזק בה. נתון: $q_2 = 2q_1$, $m_2 = 2m_1$.
- ג. חשב את העבודה שהושקעה בהבאת הכדור B_2 מן האינסוף לנקודה S (הזנח את כוח הכבידה). (7 נקודות)

המשך שאלה בדף הבא.

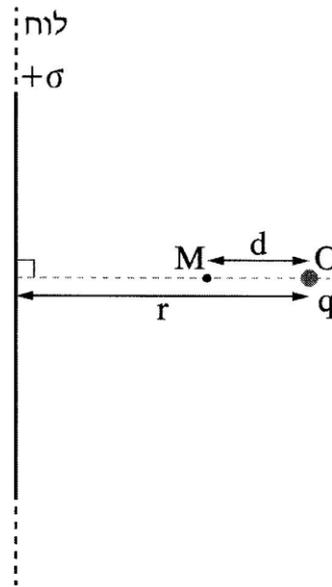
בתרשים 2 שלפניך מוצגים שישה איורים המתארים קווי שדה חשמלי שנוצר על ידי שני כדורים טעונים.



תרשים 2

- ד. קבע איזה מן האיורים 1-6 מתאר נכונה את השדה השקול שנוצר על ידי שני הכדורים הטעונים B_1 ו- B_2 כאשר הכדור השמאלי הוא B_1 והכדור הימני הוא B_2 . נמק את קביעתך. (7 נקודות)
- משחררים את שני הכדורים ומאפשרים להם לנוע על המשטח האופקי החלק. ברגע מסוים הכדור B_1 חולף בנקודה D והכדור B_2 חולף בנקודה H. הנקודות D ו- H אינן מסומנות בתרשים 1.
- ה. קבע אם גודל הכוח החשמלי הפועל על כדור B_1 בנקודה D קטן מגודל הכוח החשמלי הפועל על כדור B_2 בנקודה H, גדול ממנו או שווה לו. נמק את קביעתך. (5 נקודות)
- ו. קבע אם גודל המהירות של כדור B_1 בנקודה D קטן מגודל המהירות של כדור B_2 בנקודה H, גדול ממנו או שווה לו. אין צורך לנמק. ($3\frac{1}{3}$ נקודות)

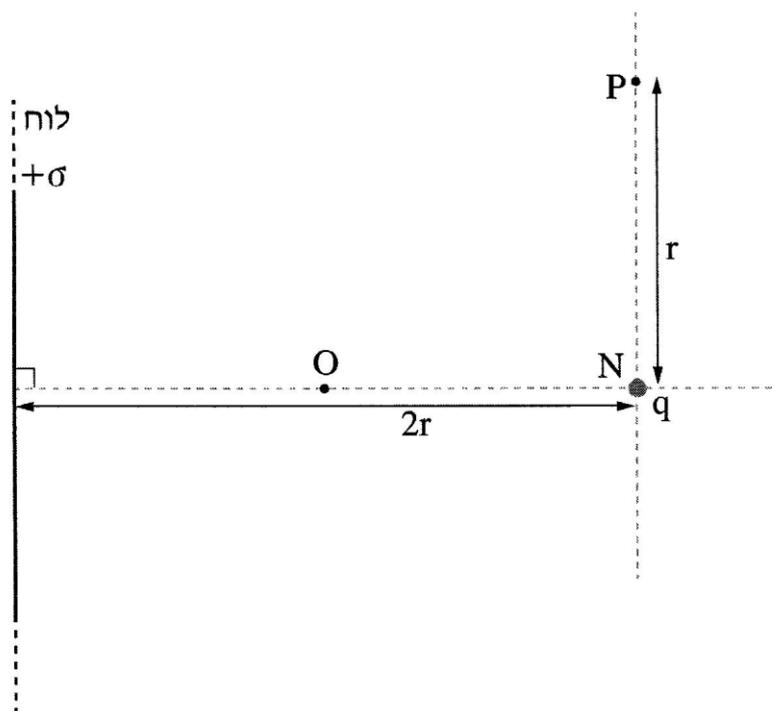
1. בתרשים 1 מוצג לוח אינרסופי דק הטעון בצפיפות מטען $+\sigma$. בנקודה O, הנמצאת במרחק r מימין ללוח, נמצא מטען נקודתי q. יש להזניח את כוח הכובד. נתון כי בנקודה M הנמצאת במרחק d משמאל לנקודה O, השדה החשמלי השקול מתאפס.



תרשים 1

- א. קבע מהו הסימן של המטען q. הסבר את קביעתך. (5 נקודות)
- ב. בטא את גודל המטען q באמצעות הפרמטרים σ ו- d . (8 נקודות)

בשלב שני מרחיקים את המטען q מן הנקודה O אל הנקודה N הנמצאת במרחק $2r$ מן הלוח האינסופי (ראה תרשים 2).



תרשים 2

במקרה זה השדה מתאפס במרחק s משמאל לנקודה N .

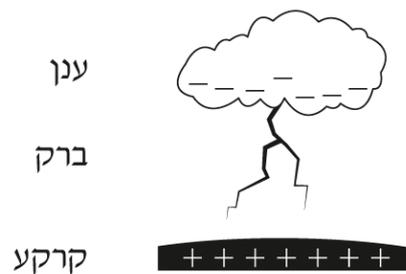
ג. קבע אם המרחק s גדול מן המרחק d (המסומן בתרשים 1), קטן ממנו או שווה לו. הסבר את קביעתך. (8 נקודות)

ד. בטא את העבודה הדרושה כדי להעביר את המטען q מן הנקודה O לנקודה N . בתשובתך השתמש בפרמטרים σ , ϵ_0 , q , r . (6 נקודות)

בשלב שלישי מעבירים את המטען q מן הנקודה N אל נקודה P הנמצאת במרחק r מן הנקודה N . הנקודות N ו- P נמצאות על קו מקביל ללוח האינסופי (ראה תרשים 2).

ה. קבע את גודל העבודה הדרושה כדי להעביר את המטען מ- N ל- P . הסבר את קביעתך. ($6\frac{1}{3}$ נקודות)

4. ברק הוא תופעת טבע מרשימה. זוהי התפרקות חשמלית פתאומית המתרחשת במקרים רבים בין ענן לבין הקרקע. לעתים בתוך כדי תנועת הענן נוצרת הפרדה של מטענים חשמליים עקב חיכוך של חלקיקי קרח. על פי רוב היונים החיוביים מצטברים בפסגת הענן והיונים השליליים – בבסיסו, ובמקביל מתרחשת הפרדת מטענים גם בקרקע שמתחת לענן (ראה איור). בשאלה זו נדון בענן מסוג זה.

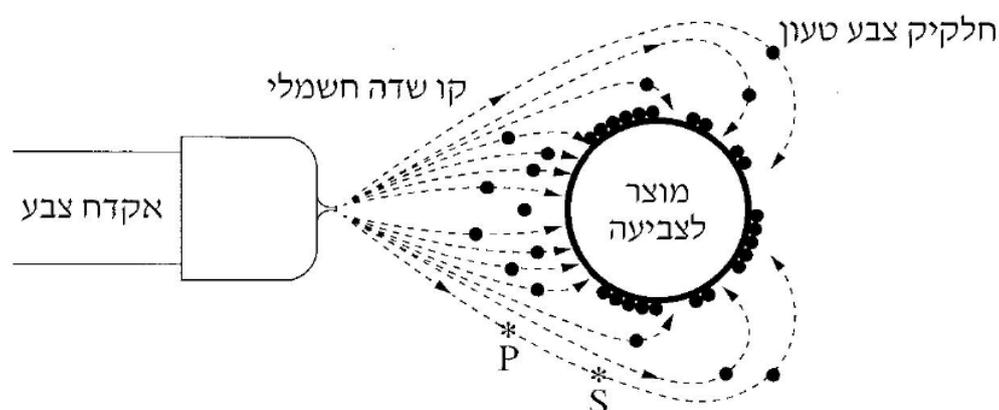


- א. הסבר מדוע הקרקע מתחת לענן נטענת במטען חיובי. (3 נקודות)
- נתייחס לאזור שבין הקרקע לבין בסיס הענן כאל אזור שנוצר בו שדה חשמלי אחיד.
- ב. תאר את קווי השדה האלקטרוסטטי ואת הקווים שווי הפוטנציאל באזור שבין הענן לקרקע. לווה את תשובתך בסרטוט סכמטי של קווים אלה. (4 נקודות)
- בטבלה שלפניך מוצגים הערכים של הפוטנציאל החשמלי בכמה גבהים (שים לב ליחידות). $y = 0$ בגובה הקרקע.

500	400	300	200	100	0	$y(\text{m})$
-101	-79.4	-60.8	-39	-20.6	0	$V(\text{kV})$

- ג. סרטט במחברתך גרף של הפוטנציאל החשמלי כפונקציה של הגובה. (5 נקודות)
- הקשר בין עוצמת שדה חשמלי אחיד ובין הפרש הפוטנציאלים שבין שתי נקודות שבתוכו, מוגדר כך: $E = -\frac{\Delta V}{\Delta x}$.
- ד. מצא באמצעות הגרף את עוצמת השדה החשמלי. (4 נקודות)
- נתון כי המרחק בין בסיס הענן המתואר לבין הקרקע $d = 500\text{m}$.
- ה. האם פרוטון שעזב את בסיס הענן במהירות $2 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ יצליח להגיע לקרקע? נמק. בחישובך הזנח את השינויים באנרגייה הפוטנציאלית הכובדית. (4 נקודות)

1. כדי לשמור על איכות הסביבה, במפעלי מתכת רבים צובעים כיום מוצרים בשיטת הצביעה האלקטרוסטטית במקום לצבוע בשיטות צביעה מסורתיות. במהלך הצביעה האלקטרוסטטית אקדח צביעה מתיז אבקת צבע, המורכבת מחלקיקים שנטענים במטען חשמלי במהלך ההתזה. חלקיקי הצבע ייצמדו למוצר שהוא גוף מתכתי טעון. בתרשים שלפניך מוצגת מערכת צביעה, ובה המוצר הנצבע הוא כדור מתכתי טעון. החצים שבתרשים מייצגים את הכיוון של קווי השדה החשמלי בסביבת העבודה. כוח הכובד זניח.



- א. הגדר את המושג: "קו שדה חשמלי". (6 $\frac{1}{3}$ נקודות)
- ב. היעזר בתרשים, וקבע אם המטען של חלקיקי הצבע חיובי או שלילי. נמק את קביעתך. (6 נקודות)

חלקיק צבע שמטענו $|q| = 5 \cdot 10^{-13} \text{C}$ נע לאורך קו השדה מנקודה P לנקודה S (ראה תרשים).

נתון: המרחק בין P ל-S הוא $d = 0.1 \text{m}$.

הפרש הפוטנציאלים בין הנקודות P ו-S הוא $|\Delta V| = 50 \text{kV}$.

ג. קבע לאיזו משתי הנקודות, P או S, יש פוטנציאל גבוה יותר. נמק את קביעתך. (7 נקודות)

ד. הנח שהשדה החשמלי באזור שבין שתי הנקודות P ו-S הוא שדה אחיד.

חשב את הכוח החשמלי שפועל על חלקיק הצבע הטעון שנע מנקודה P לנקודה S.

שים לב: הקשר בין עוצמת השדה החשמלי האחיד ובין הפרש הפוטנציאלים שבין

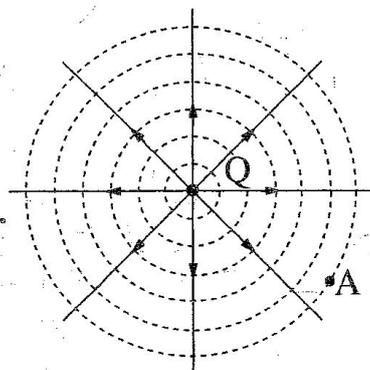
$$\text{שתי נקודות שבתוכו, מוגדר כך: } E = - \frac{\Delta V}{\Delta x}.$$

(7 נקודות)

ה. חשב את שינוי האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית של חלקיק הצבע בתנועתו מנקודה P

לנקודה S. (7 נקודות)

1. בתרשים 1 שלפניך מוצגים מסען נקודתי Q, כמה קווי שדה של השדה שנוצר סביבו וחתך של כמה משטחים שווי-פוטנציאל. (בשאלה זו הפוטנציאל באינסוף הוא אפס).

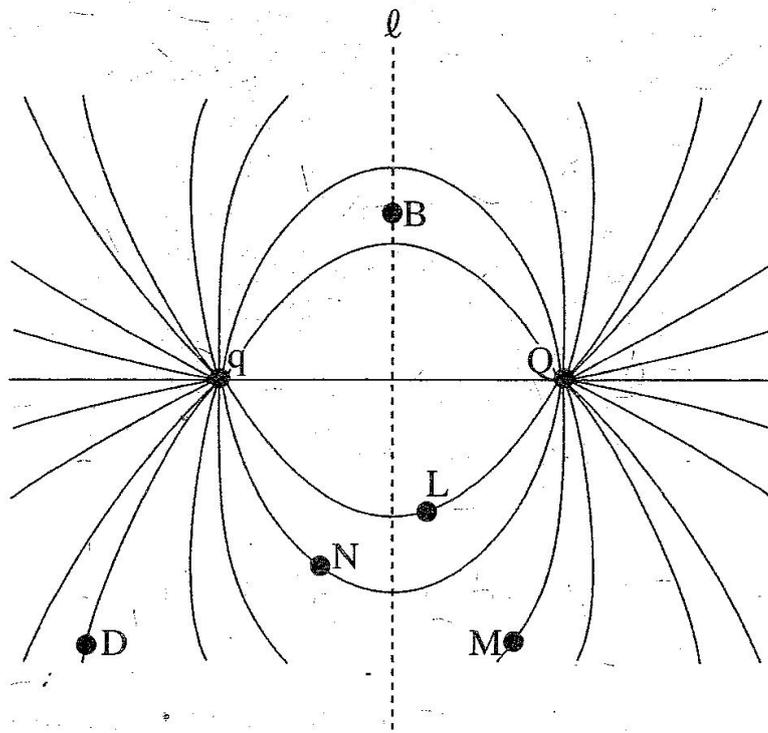


תרשים 1

- א. האם המטען Q חיובי או שלילי? נמק. (5 נקודות)
- ב. נתון: בנקודה A, הנמצאת במרחק $d = 10 \text{ cm}$ מן המטען Q (ראה תרשים 1), עוצמת השדה החשמלי היא $E = 100 \frac{\text{V}}{\text{m}}$.
חשב את הגודל של המטען Q. (5 נקודות)

מביאים מטען נקודתי נוסף, q , לנקודה הנמצאת משמאל למטען Q , ובקרבתו. בתרשים 2 שלפניך מוצגים שני המטענים הנקודתיים, Q ו- q , וכמה קווי שדה של השדה שנוצר על ידי שני המטענים.

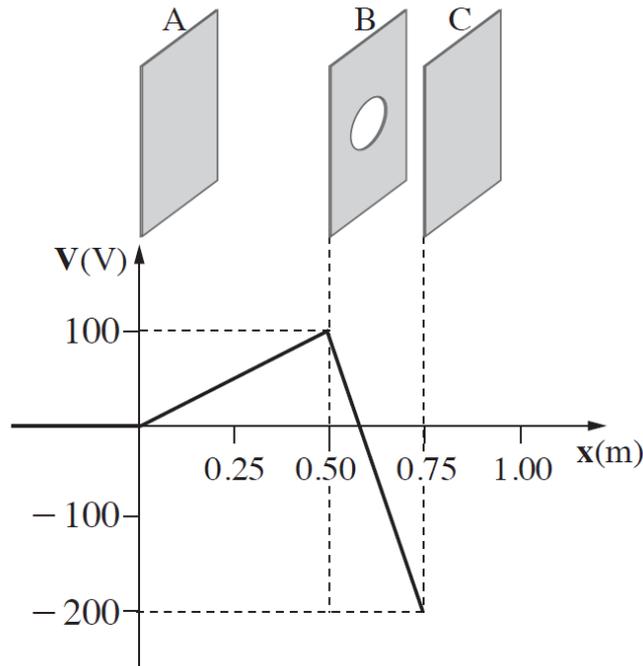
שים לב: בתרשים 2 לא מסומנים הכיוונים של קווי השדה, והתרשים סימטרי משני צדי הישר ℓ .



תרשים 2

- ג. קבע מהו המטען q (גודל וסימן). נמק. (8 נקודות)
- ד. נקודה B נמצאת במרחקים שווים משני המטענים הנקודתיים (ראה תרשים 2).
 (1) האם עוצמת השדה החשמלי בנקודה B שווה לאפס או שונה מאפס? נמק.
 (2) האם הפוטנציאל החשמלי בנקודה B שווה לאפס או שונה מאפס? נמק.
 (10 נקודות)
- ה. נקודות D, M, N, L ממוקמות על קווי השדה הנראים בתרשים 2. ידוע שכדי להעביר מטען מסוים מנקודה D לנקודה N במסלול $N \leftarrow M \leftarrow L \leftarrow D$ נדרש לעשות עבודה בשיעור $W = 15 \cdot 10^{-3} \text{ J}$.
 מהי העבודה הדרושה כדי להעביר אותו מטען מהנקודה N ישירות לנקודה D ? נמק.
 ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

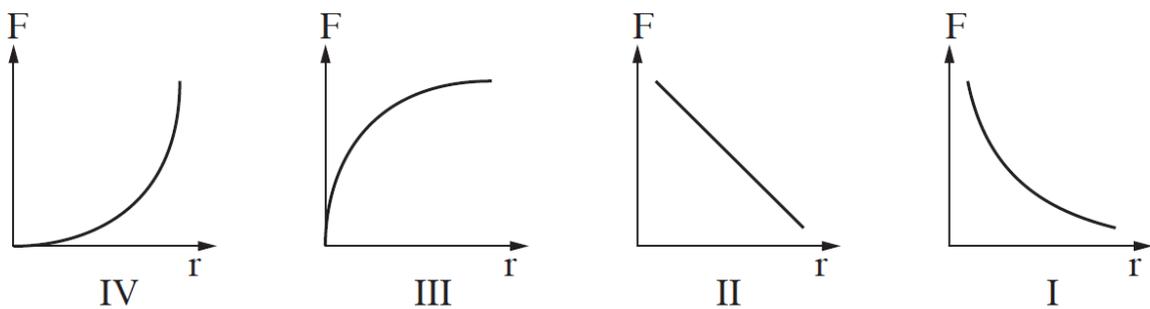
1. מערכות חשמליות רבות, לדוגמה מערכת להאצת חלקיקים, כוללות לוחות טעונים בדומה למערכת המוצגת לפניך.
 המערכת כוללת שלושה לוחות ארוכים מאוד וטעונים: A, B, C, המוצבים במקביל זה לזה במרחקים שונים, כמתואר באיור. במרכזו של לוח B יש חור קטן.
 הגרף שלפניך מתאר את הפוטנציאל החשמלי בין הלוחות.



- א. קבע את הכיוון של השדה החשמלי בין לוח A ללוח B, ואת הכיוון של השדה החשמלי בין לוח B ללוח C. נמק את קביעותיך. (6 נקודות)
- ב. חשב את עוצמת השדה החשמלי בין לוח A ללוח B (E_{AB}), ואת עוצמת השדה החשמלי בין לוח B ללוח C (E_{BC}). (7 $\frac{1}{3}$ נקודות)
- חלקיק טעון במטען שלילי משוחרר ממנוחה ממרכז לוח A.
- ג. הסבר מדוע תנועת החלקיק בין לוח A ללוח B היא תנועה שוות תאוצה (הזנח את כוח הכבידה הפועל על החלקיק). (6 נקודות)
- ד. חשב את המהירות המרבית (המקסימלית) של החלקיק בתנועתו בין לוח A ללוח B. נתון: מסת החלקיק $m = 8 \times 10^{-25}$ kg ומטען החלקיק $q = -6.4 \times 10^{-19}$ C. (8 נקודות)
- ה. החלקיק עובר לאזור שבין לוח B ללוח C דרך החור הקטן שבלוח B. האם החלקיק יגיע ללוח C? נמק. (6 נקודות)
- /המשך בעמוד 3/

אלקטרוסטטיקה - 2013

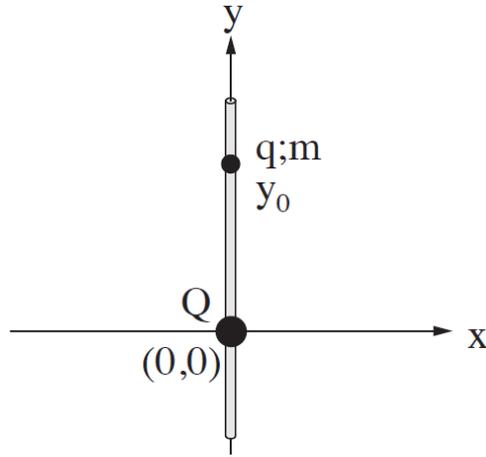
1. נתונים שני כדורים מוליכים קטנים, A ו-B. הרדיוס של כדור A כפול מהרדיוס של כדור B. המרחק בין הכדורים גדול מאוד ביחס לרדיוסים שלהם. המטען של כדור A הוא $+6 \cdot 10^{-8} \text{ C}$. חיברו את הכדורים זה לזה בעזרת תיל מוליך דק. לאחר החיבור בין הכדורים השתנה המטען של כדור A, וכעת הוא $+4 \cdot 10^{-8} \text{ C}$. הנח שכל החלקיקים שעוברים בתיל הם אלקטרונים בלבד.
- א. חשב את מספר האלקטרונים שעברו בין הכדורים. (8 נקודות)
- ב. האם האלקטרונים עברו מכדור A לכדור B, או מכדור B לכדור A? נמק. (7 נקודות)
- ג. מהו מטענו של כדור B לאחר החיבור בין הכדורים? הסבר. (8 נקודות)
- ד. האם לפני החיבור היה כדור B טעון? אם לא – נמק, אם כן – חשב את מטענו. (5 נקודות)
- ה. מנתקים את הכדורים זה מזה ומניחים אותם על משטח אופקי וחלק, העשוי חומר מבודד. משגרים את כדור A אל עבר כדור B הקבוע במקומו. לפניך ארבעה גרפים.



- קבע איזה מבין הגרפים I-IV מתאר נכונה את גודל הכוח החשמלי, F, הפועל על כדור A כפונקציה של המרחק r בין הכדורים. נמק את קביעתך. (5 $\frac{1}{3}$ נקודות)

אלקטרוסטטיקה - 2012

1. בתרשים א מוצגת מערכת צירים x ו- y . בראשית הצירים מוחזק במנוחה גוף קטן בעל מטען חשמלי חיובי Q . מוט דק וחלק, שעשוי מחומר מבודד, מוחזק בכיוון אנכי לאורך ציר ה- y .



תרשים א

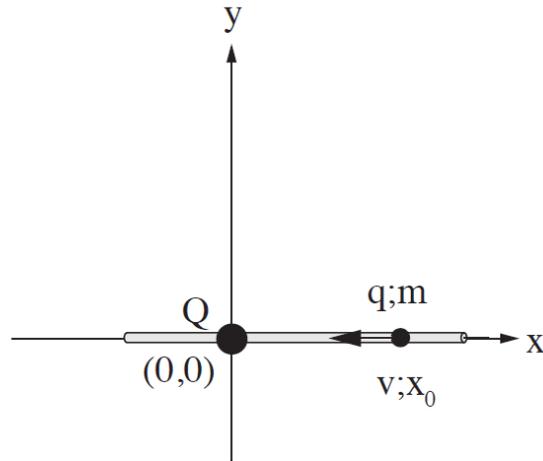
- משחילים חרוז קטן, בעל מטען חשמלי חיובי q ומסה m על המוט האנכי מעל המטען Q , ומביאים אותו לנקודה ששיעורה y_0 . לאחר שמרפים מהחרוז, הוא נשאר במנוחה.

- א. סרטט את תרשים הכוחות הפועלים על החרוז, ורשום ליד כל וקטור את שם הכוח. (5 נקודות)

- ב. בטא באמצעות Q , q ו- m את המרחק y_0 בין שני המטענים. ($\frac{1}{3}$ נקודות)

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

מחזיקים את המוט בכיוון אופקי לאורך ציר ה- x , כשהמטען Q נשאר בראשית הצירים. משחילים את החרוז על המוט מימין למטען Q , מעניקים לחרוז מהירות התחלתית שמאלה לכיוון המטען Q , ומשחררים אותו. (ראה תרשים ב).



תרשים ב

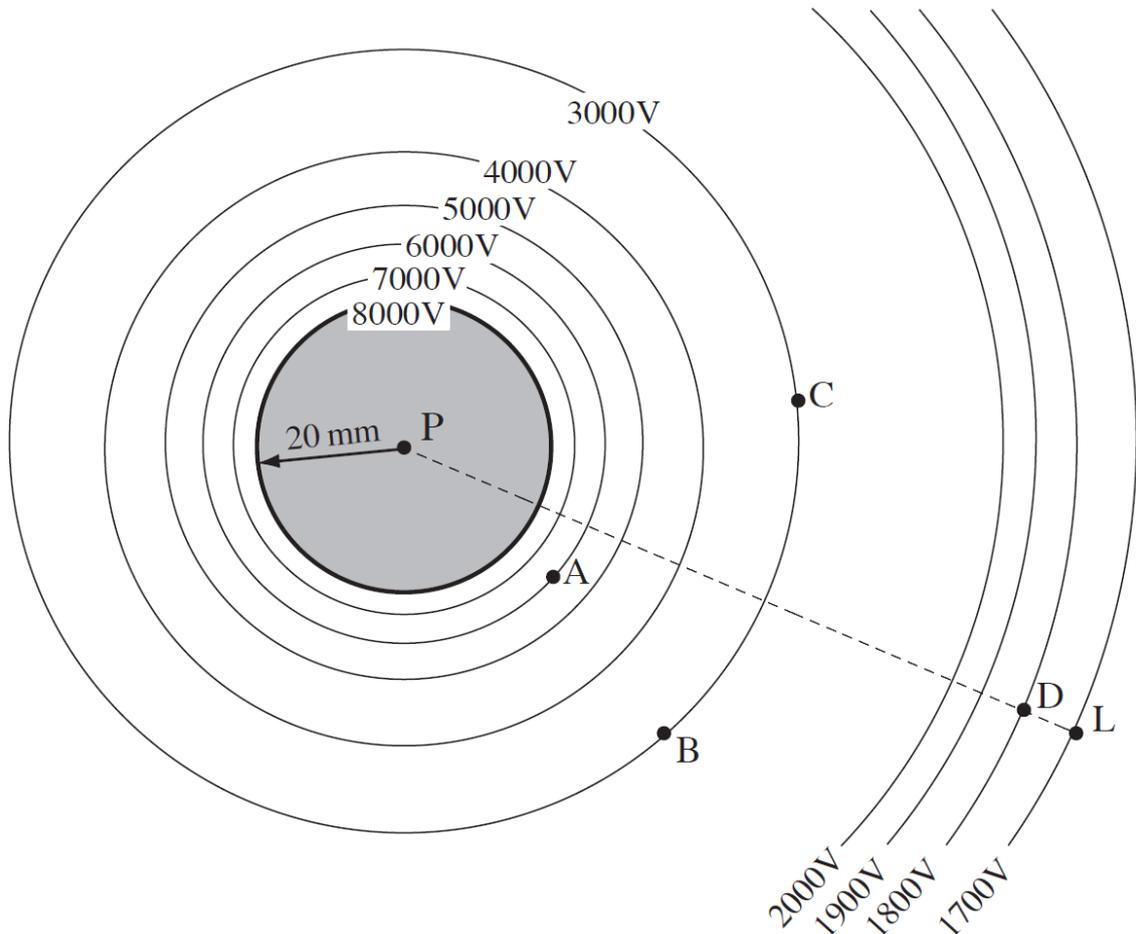
כאשר החרוז מגיע לנקודה ששיעורה x_0 , גודל מהירותו הוא v וכיוון המהירות שמאלה. **ג.** בטא באמצעות נתוני השאלה את האנרגיה הכוללת של החרוז כאשר הוא עובר בנקודה ששיעורה x_0 . (הנח שהאנרגיה הפוטנציאלית החשמלית ב"איך-סוף" היא אפס, ושהאנרגיה הפוטנציאלית הכבידתית לאורך ציר ה- x גם היא אפס.) (8 נקודות)

ד. בטא באמצעות נתוני השאלה את המרחק המינימלי, x_{\min} , מהמטען Q שאליו יגיע החרוז. (8 נקודות)

ה. כיצד משתנה כל אחד מן הגדלים — גודל המהירות וגודל התאוצה — בתנועת החרוז מ- x_0 ל- x_{\min} (גדל, קטן, נשאר קבוע)? נמק. (6 נקודות)

אלקטרוסטטיקה - 2011

1. בתרשים שלפניך מוצגים כדור מוליך טעון וכמה קווים שווי-פוטנציאל. רדיוס הכדור הוא 20 mm, והפוטנציאל על פניו הוא 8000V. ליד כל קו רשום הפוטנציאל המתאים לו. הפוטנציאל באין-סוף נבחר כאפס.



- א. (1) האם המטען על פני הכדור חיובי או שלילי? נמק.
(2) חשב את המטען על פני הכדור.
(9 נקודות)

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

ב. חשב את עבודת השדה החשמלי כאשר חלקיק נקודתי טעון במטען 8.0 nC מועבר מנקודה A לנקודה C באופן זה: $(8.0 \cdot 10^{-9} \text{ C})$ תחילה מ- A ל- B, ולאחר מכן מ- B ל- C. הסבר. (8 נקודות).

הנח שאפשר להתייחס אל השדה החשמלי בין הקווים 1700V ו- 1800V כאל שדה שגודלו קבוע.

ג. (1) חשב את עבודת השדה החשמלי כאשר חלקיק נקודתי שמטענו 1.0 nC מועבר מנקודה L לנקודה D.

(2) חשב את הגודל של הכוח החשמלי הפועל על החלקיק שמטענו 1.0 nC כאשר הוא מועבר מנקודה L לנקודה D.

(3) מצא את הגודל של השדה החשמלי בין הקווים 1700V ו- 1800V . (12 נקודות)

ד. איזו מבין האפשרויות (1)-(4) שלפניך מבטאת נכון את ערך הפוטנציאל החשמלי במרכז הכדור P? נמק את בחירתך. ($4\frac{1}{3}$ נקודות).

(1) 0

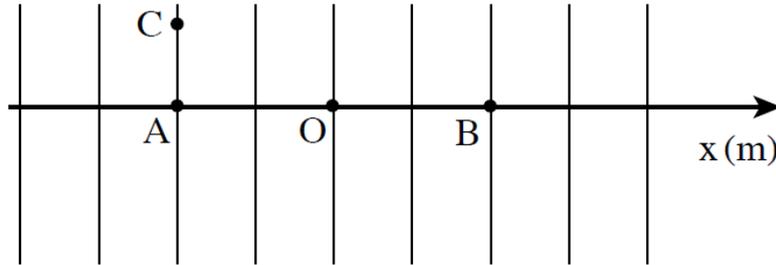
(2) 8000 V

(3) 9000 V

(4) אין-סוף

אלקטרוסטטיקה - 2010

1. התרשים שלפניך מתאר חתך של משטחים שווי פוטנציאל באזור שבו שורר שדה חשמלי אחיד.



נתונות שלוש נקודות, A, B, ו-C. נקודות A ו-B נמצאות על ציר ה-x שראשיתו בנקודה O (ראה תרשים).

$$\text{נתון: } x_A = -0.8 \text{ m}, \quad x_B = +0.8 \text{ m}, \quad x_C = -0.8 \text{ m}$$

הפוטנציאל החשמלי בנקודה A הוא $V_A = -0.45 \text{ V}$

והפוטנציאל החשמלי בנקודה B הוא $V_B = -0.90 \text{ V}$.

א. הפרש הפוטנציאלים בין נקודה M לנקודה N מוגדר כך: $V_M - V_N$.

חשב את הפרש הפוטנציאלים:

(1) בין נקודה B לנקודה A.

(2) בין נקודה C לנקודה A.

(3) בין נקודה B לנקודה C.

(10 נקודות)

הקשר בין עוצמת שדה חשמלי אחיד לבין הפרש הפוטנציאלים שבין שתי נקודות

$$\text{הנמצאות בתוכו מוגדר כך: } E = -\frac{\Delta V}{\Delta x}.$$

ב. (1) ציין את כיוון השדה החשמלי באזור המתואר. נמק.

(2) חשב את עוצמת השדה החשמלי באזור המתואר.

(10 נקודות)

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

ברגע $t = 0$ משחררים חלקיק טעון שהוחזק במנוחה בראשית הציר.

החלקיק נע בכיוון החיובי של ציר ה- x .

ג. קבע אם מטען החלקיק הוא חיובי או שלילי. נמק את קביעתך. (5 נקודות)

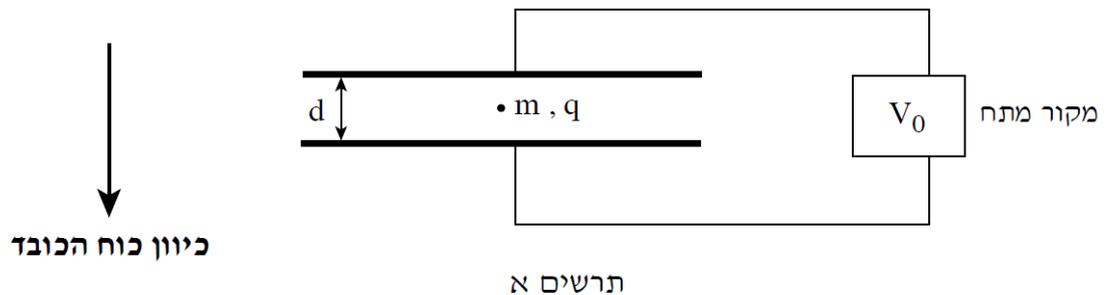
ד. נתון שגודל המטען של החלקיק $q = 2 \cdot 10^{-12} \text{C}$.

חשב את עבודת השדה על החלקיק במעבר מנקודה A לנקודה B. $(\frac{1}{3} \cdot 8 \text{ נקודות})$

אלקטרוסטטיקה - 2010

פיזיקה, קיץ תשי"ע, מס' 917521, 652 + נספח - 4 -

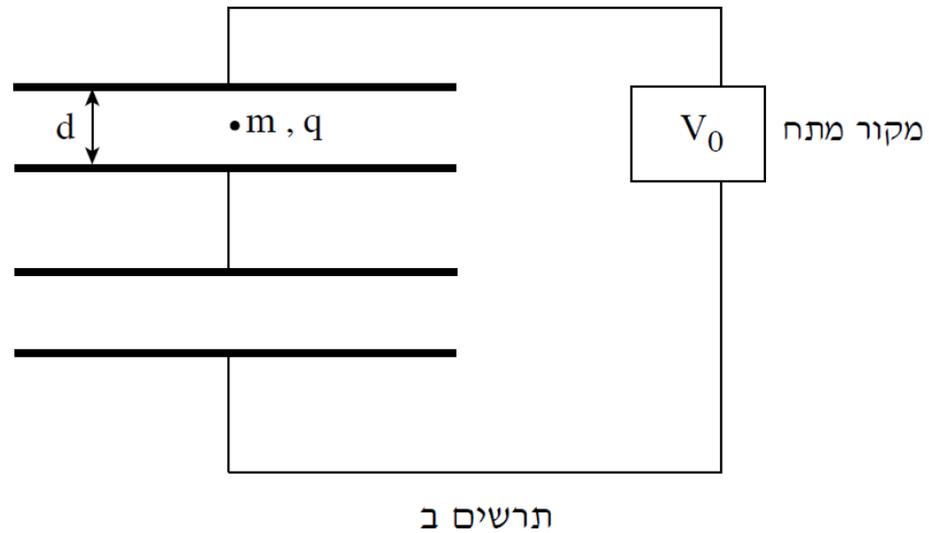
2. הפיזיקאי האמריקני ר' מיליקן ביצע ב-1908 סדרת ניסויים שבה התברר שקיים מטען חשמלי יסודי. כל הניסויים בסדרה התבססו על צפייה בטיפת שמן זעירה הנמצאת בין הלוחות של קבל טעון. באמצעות שינוי המתח בין לוחות הקבל, מיליקן שלט על תנועת הטיפה (למעלה או למטה). מבצעים סדרה של ניסויים דומים לאלה של מיליקן. הניסויים מתבצעים בריק. בכל ניסוי צופים בטיפת שמן זעירה בעלת מסה m ומטען חיובי q . במצב ההתחלתי הטיפה נמצאת במנוחה במרכז של קבל לוחות אופקי. המתח בין לוחות הקבל הוא V_0 והמרחק ביניהם הוא d (ראה תרשים א). ממדי לוחות הקבל גדולים מאוד ביחס למרחק d .



- א. קבע איזה מלוחות הקבל טעון במטען חיובי. נמק. (8 נקודות)
- ב. בניסוי ראשון מציבים את טיפת השמן, מבלי לשנות את מטענה, במקום קרוב יותר ללוח העליון ואז עוזבים אותה. כתוצאה מפעולה זו, האם הטיפה תנוע או תישאר במקומה? אם הטיפה תישאר במקומה, נמק מדוע. אם הטיפה תנוע, ציין לאיזה כיוון והסבר. (8 נקודות)
- ג. בניסוי שני שבים ומחזירים את המערכת למצב ההתחלתי, אך הפעם המתח בין לוחות הקבל הוא $2V_0$. כתוצאה מכך הטיפה עולה ופוגעת בלוח העליון כעבור 0.1 s.
- (1) סרטט תרשים של כל הכוחות הפועלים על הטיפה.
- (2) הראה כי הכוח השקול על הטיפה פועל כלפי מעלה, וגודל הכוח הוא mg .
- (3) חשב את המרחק d בין לוחות הקבל (שים לב: יש לתת תשובה מספרית).
- (9 נקודות)

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

- ד. בניסוי שלישי בונים מעגל שכולל שני קבלים המחוברים בטור למקור המתח V_0 . כל אחד מהקבלים זהה לקבל שבניסוי הראשון. במרכז של אחד הקבלים מציבים טיפת שמן שיש לה אותה מסה m ואותו מטען q כמו בניסוי הראשון (ראה תרשים ב).



- (1) קבע מהו המתח על כל אחד מהקבלים. הסבר את קביעתך.
- (2) האם טיפת השמן תנוע או תישאר במקומה?
 אם הטיפה תישאר במקומה, נמק מדוע. אם הטיפה תנוע, ציין לאיזה כיוון והסבר.
 ($8\frac{1}{3}$ נקודות)

אלקטרוסטטיקה - 2009

1. תלמיד ערך שלושה ניסויים באלקטרוסטטיקה.

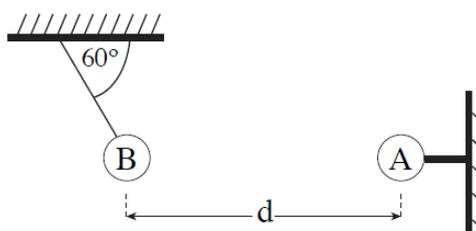
בניסוי הראשון השתמש התלמיד בשני כדורים מוליכים A ו-B.

כדור A טעון במטען חשמלי חיובי, ומוחזק במנוחה באמצעות מוט אופקי מבודד.

כדור B טעון במטען חשמלי שלילי, ותלוי בקצה חוט מבודד שקצהו האחר קשור לתקרה

(ראה תרשים א). מסת החוט ניתנת להזנחה.

מרכזי הכדורים נמצאים באותו גובה.



תרשים א

הערכים המוחלטים של מטעני הכדורים שווים זה לזה. כאשר שני הכדורים במצב מנוחה,

מרכזיהם נמצאים במרחק $d = 0.3 \text{ m}$ זה מזה. מסת הכדור B היא 10 gr , והחוט שהוא

תלוי עליו יוצר זווית של 60° עם התקרה.

הנח כי רדיוסי הכדורים קטנים מאוד ביחס למרחק בין הכדורים.

א. סרטט את תרשים הכוחות הפועלים על כדור B. ציין מי מפעיל את כל אחד

מהכוחות. (8 נקודות)

ב. חשב את המטען של כדור B. (10 נקודות)

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

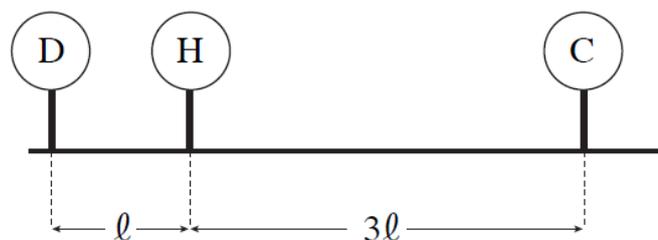
ג. בניסוי השני השתמש התלמיד בשני כדורים C ו-D בעלי מסות שוות. הכדורים טעונים במטענים חיוביים, כך שהמטען של כדור C גדול פי 3 מהמטען של כדור D.

כל אחד משני הכדורים תלוי על חוט מבודד באותו אורך, שמסתו זניחה. אחרי הטעינה התרחקו הכדורים זה מזה, והתייצבו במנוחה. האם הזוויות ששני החוטים יוצרים עם התקרה שוות זו לזו? נמק את תשובתך באמצעות סרטוט תרשים כוחות. (10 נקודות)

ד. בניסוי השלישי השתמש התלמיד בשני הכדורים C ו-D ובכדור נוסף H. הכדורים מוחזקים באמצעות מוטות מבודדים כמתואר בתרשים ב. שלושת הכדורים טעונים במטענים חיוביים.

$$\text{נתון: } q_C = 3q_D$$

מרכזי שלושת הכדורים נמצאים לאורך קו ישר, והמרחק בין מרכז כדור C לבין מרכז כדור H גדול פי 3 מהמרחק בין מרכז כדור D למרכז כדור H. האם שקול הכוחות החשמליים שהכדורים C ו-D מפעילים על כדור H שווה לאפס? נמק. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

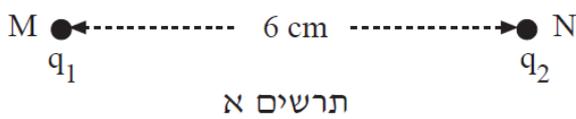


תרשים ב

אלקטרוסטטיקה - 2007

1. נתונה קליפה כדורית מוליכה שרדיוסה $R_1 = 8 \text{ cm}$. הקליפה טעונה במטען חשמלי חיובי $q = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$. נקודה A נמצאת במרחק $r_1 = 6 \text{ cm}$ ממרכז הקליפה, ונקודה B נמצאת במרחק $r_2 = 12 \text{ cm}$ ממרכז הקליפה. ערך הפוטנציאל החשמלי באינסוף נבחר כאפס.
- א. מצא את גודל השדה החשמלי בנקודה A. (4 נקודות)
- ב. מצא את הפוטנציאל החשמלי בנקודה A. (4 נקודות)
- ג. מצא את גודל השדה החשמלי בנקודה B. (4 נקודות)
- ד. מצא את הפוטנציאל החשמלי בנקודה B. (4 נקודות)
- מחברים את הקליפה הנתונה עם קליפה כדורית אחרת, באמצעות תיל מוליך ארוך מאוד ודק כך ששתי הקליפות רחוקות מאוד זו מזו (מרחק "אינסופי").
- לכל אחד משני המצבים המתוארים בסעיפים ה-ו, קבע אם בעקבות חיבור זה גודל השדה החשמלי בנקודה B יהיה גדול יותר מזה שמצאת בסעיף ג, קטן ממנו או שווה לו. נמק כל אחת מקביעותיך.
- ה. הקליפה האחרת אינה טעונה, ורדיוסה שווה לרדיוס של הקליפה הנתונה. $(8\frac{1}{3}$ נקודות)
- ו. הקליפה האחרת טעונה במטען חיובי $q = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$, ורדיוסה $R_2 = 16 \text{ cm}$. (9 נקודות)

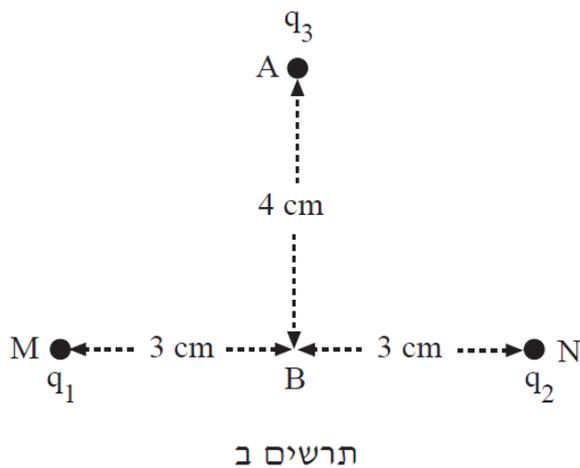
אלקטרוסטטיקה - 2006



1. בתרשים א מוצגים שני גופים נקודתיים טעונים, המוחזקים במנוחה בנקודות M ו-N. מטעני הגופים הם $q_1 = q_2 = +2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$, והמרחק בין הנקודות הוא 6 cm. הפוטנציאל באינסוף נבחר כאפס.

א. האם לאורך הקטע MN יש נקודה שבה השדה החשמלי מתאפס? נמק. (5 נקודות)

ב. האם לאורך הקטע MN יש נקודה שבה הפוטנציאל החשמלי מתאפס? נמק. (5 נקודות)



נקודה B היא אמצע הקטע MN. נקודה A נמצאת על האנך האמצעי לקטע MN, במרחק 4 cm מ-B. (ראה תרשים ב.)

מציבים בנקודה A גוף נקודתי שמטענו $q_3 = -3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ ומסתו $m = 2 \cdot 10^{-10} \text{ kg}$ ומחזיקים אותו במנוחה.

ג. חשב את האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית של הגוף שמטענו q_3 בהיותו בנקודה A. (10 נקודות)

משחררים ממנוחה את הגוף שמטענו q_3 הנמצא בנקודה A. הזנח את כוח הכובד הפועל עליו.

ד. (1) חשב את הגודל של מהירות הגוף בהגיעו לנקודה B. (5 נקודות)

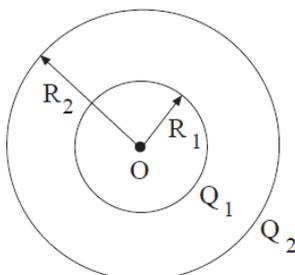
(2) תלמיד טוען שהמהירות הגדולה ביותר של הגוף לאורך מסלול תנועתו היא בהגיעו לנקודה B. האם טענתו נכונה? נמק. $(8 \frac{1}{3})$ נקודות

אלקטרוסטטיקה - 2005

1. נתון כדור מוליך מלא, שרדיוסו 4.5 cm .
- טוענים את הכדור עד לפוטנציאל של $1,000 \text{ V}$.
- א. חשב את מטען הכדור. (6 נקודות)
- ב. היכן נמצא המטען שחישבת – במרכז הכדור, בכל נפח הכדור או רק על פניו?
(5 נקודות)
- מציבים כדור מוליך חלול, שאינו טעון, במרחק גדול מאוד מהכדור המוליך המלא.
- רדיוס הכדור החלול הוא 9 cm . מחברים את שני הכדורים זה לזה בחוט מוליך ארוך ודק, ומחכים זמן ארוך מאוד.
- ג. חשב את פוטנציאל הכדור המלא במצב זה. (9 נקודות)
- מנתקים את החוט המחבר בין הכדורים, ומכניסים את הכדור המלא אל תוך הכדור החלול, כך שלשניהם מרכז משותף.
- ד. חשב את עוצמת השדה החשמלי בנקודה C, הנמצאת במרחק 6 cm מהמרכז המשותף. פרט בתשובתך איזה חלק מעוצמת השדה בנקודה זו יוצר כל אחד מהכדורים. (7 נקודות)
- ה. חשב את הפוטנציאל בנקודה C. ($6\frac{1}{3}$ נקודות)

אלקטרוסטטיקה - 2004

1. קליפה כדורית (כדור חלול) שרדיוסה R_1 נמצאת בתוך קליפה כדורית שרדיוסה R_2 , ולשתי הקליפות מרכז משותף O (ראה תרשים).
 הקליפה הפנימית טעונה במטען חשמלי חיובי Q_1 , והקליפה החיצונית טעונה במטען חשמלי חיובי Q_2 . שתי הקליפות עשויות מחומר מוליך.



א. בטא, באמצעות נתוני השאלה, את הגודל של השדה החשמלי הכולל

ששתי הקליפות יוצרות בכל אחת משלוש הנקודות (1)-(3):

- (1) הנקודה O . (4 נקודות)
- (2) נקודה הנמצאת מחוץ לקליפה הפנימית, אך קרובה אליה מאוד (מרחקה מ- O ייחשב ל- R_1). (4 נקודות)
- (3) נקודה הנמצאת מחוץ לקליפה החיצונית, אך קרובה אליה מאוד (מרחקה מ- O ייחשב ל- R_2). (4 נקודות)

ב. בטא, באמצעות נתוני השאלה, את הפוטנציאל החשמלי הכולל

ששתי הקליפות יוצרות בכל אחת משלוש הנקודות (1)-(3):

- (1) הנקודה O . (4 נקודות)
- (2) נקודה על פני הקליפה הפנימית. (4 נקודות)
- (3) נקודה על פני הקליפה החיצונית. (4 נקודות)

ג. על איזו משתי הקליפות הפוטנציאל החשמלי גדול יותר? נמק. (3 נקודות)

ד. מחברים את שתי הקליפות באמצעות תיל מוליך דק שהתנגדותו זניחה,

ולכן חלקיקים טעונים יכולים לעבור ביניהן.

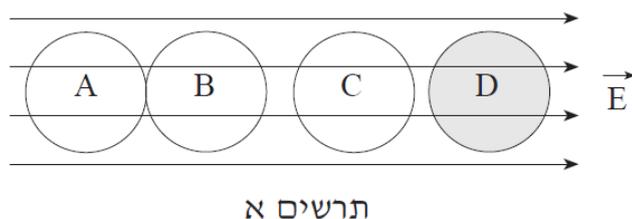
בטא, באמצעות נתוני השאלה, את המטען החשמלי על כל אחת משתי הקליפות

לאחר שנפסק הזרם בתיל. ($\frac{1}{3}$ נקודות)

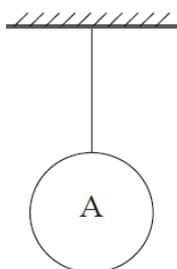
/המשך בעמוד 3/

אלקטרוסטטיקה - 2003

1. נתונים ארבעה כדורים לא טעונים, A, B, C, D. כל הכדורים זהים בגודלם. רק הכדורים A ו-B נוגעים זה בזה. הכדורים A, B ו-C עשויים מחומר מוליך, והכדור D עשוי מחומר מבודד. מפעילים על הכדורים שדה חשמלי אחיד \vec{E} , שעוצמתו 100 N/C וכיוונו ימינה, כמתואר בתרשים א.



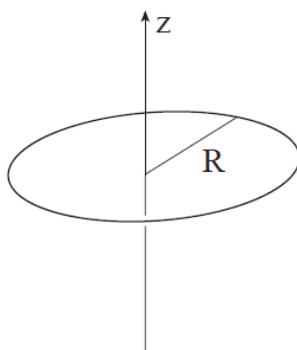
- א. קבע ל**כל אחד** מארבעת הכדורים אם הוא נטען, ואם כן – מהו הסימן של המטען. נמק את קביעותיך. (10 נקודות)



- ב. מוציאים את כדור A מהשדה החשמלי ותולים אותו על חוט מבודד מחוץ לשדה (תרשים ב). מוציאים מהשדה החשמלי גם את הכדורים B, C ו-D. תאר מה יקרה לכדור A כאשר יקרבו אליו בכל פעם את אחד הכדורים. האם כדור A יימשך, יידחה או יישאר במקומו? הנח כי מטען הכדורים לא השתנה. נמק את תשובותיך. (9 נקודות)
- ג. מקרבים את כדור B לכדור A. כדור A סוטה, ולאחר מכן הוא מתייצב כך שמרכזי הכדורים A ו-B הם באותו גובה, והמרחק ביניהם הוא 2 cm . במצב זה נוצרת זווית של 5° בין החוט לאנך. מסת הכדור A היא 5 gr . מהו הערך של המטען החשמלי על פני כל אחד משני הכדורים A ו-B? (14 $\frac{1}{3}$ נקודות)

אלקטרוסטטיקה - 2002

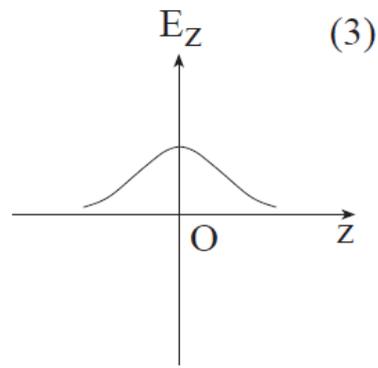
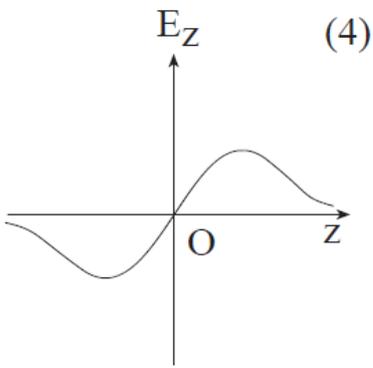
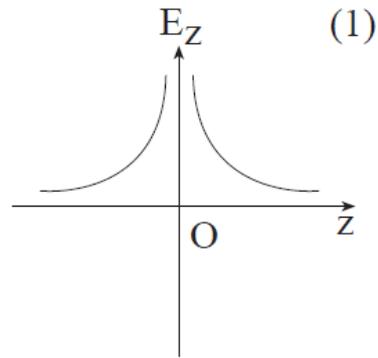
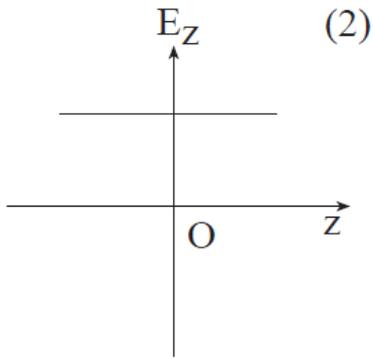
4. בתרשים שלפניך מתוארת טבעת מעגלית דקה שרדיוסה R , והיא טעונה באופן אחיד במטען חיובי Q .
- ציר z מוגדר כך: ראשיתו נמצאת במרכז הטבעת המעגלית, הוא מאונך למישור הטבעת, וכיוונו החיובי כלפי מעלה (כמתואר בתרשים).



- א. מהו הכיוון של השדה החשמלי שהטבעת יוצרת על ציר z , בכל הנקודות ששיעורן $z > 0$? נמק. (6 נקודות)
- ב. מהו הכיוון של השדה החשמלי שהטבעת יוצרת על ציר z , בכל הנקודות ששיעורן $z < 0$? נמק. (6 נקודות)
- ג. מהו הגודל של השדה החשמלי במרכז הטבעת? נמק. (7 נקודות)
- ד. מהו הגודל של השדה החשמלי שהטבעת יוצרת על ציר z , בנקודה הרחוקה מאוד מן הטבעת ("באין־סוף")? (לא נדרשת הוכחה מתמטית, אך תוכל להראות גם בדרך מתמטית). נמק. (6 נקודות)

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

ה. לפניך ארבעה גרפים (1)-(4).

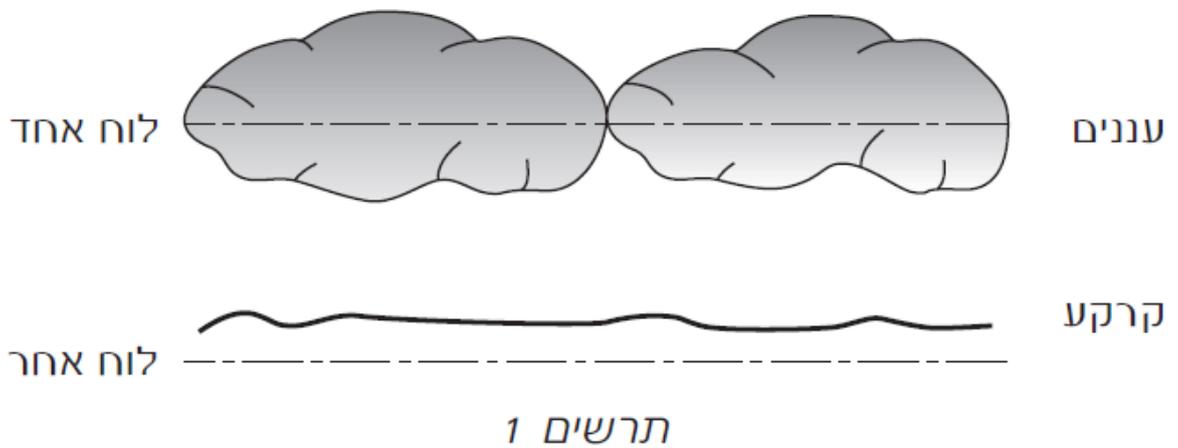


איזה מבין ארבעת הגרפים יכול לתאר את השדה החשמלי לאורך ציר z ,

כפונקציה של z ? נמק. $(\frac{1}{3} 8$ נקודות)

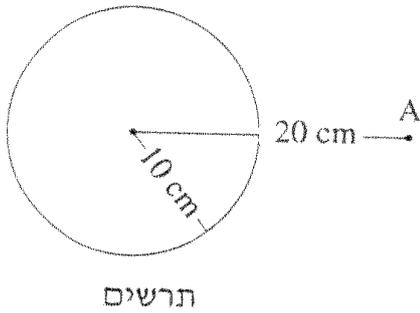
אלקטרוסטטיקה - 2000

1. בעת סופת רעמים נמצא כי בין שכבת העננים לקרקע נוצר שדה חשמלי אנכי שעוצמתו $3000 \frac{N}{C}$. אפשר לתאר את השדה על-פי מודל פשוט של קבל לוחות מקבילים, כמתואר בתרשים שלפניך:



- א. חשב את המתח הנוצר בין העננים לקרקע, אם הם נמצאים בגובה של 400 m מעל פני הקרקע. (4 נקודות)
- ב. כאשר נוצר ברק, עובר בין שכבת העננים לקרקע זרם ממוצע של 20,000 A במשך $10^{-3} s$. חשב את כמות המטען העוברת בין העננים לקרקע. (5 נקודות)
- ג. חשב את האנרגיה החשמלית המשתחררת על-ידי ברק זה בין העננים לקרקע. הנח כי כל מטען "הקבל" נפרק על-ידי הברק. (8 נקודות)
- ד. חשב את ההספק הנוצר במעבר הברק. (7 נקודות)

אלקטרוסטטיקה - 1997



1. אלקטרון משוחרר ממנוחה מנקודה A, הנמצאת

במרחק של 20 cm ממרכזה של קליפה כדורית

(כדור חלול) שרדיוסה 10 cm (ראה תרשים).

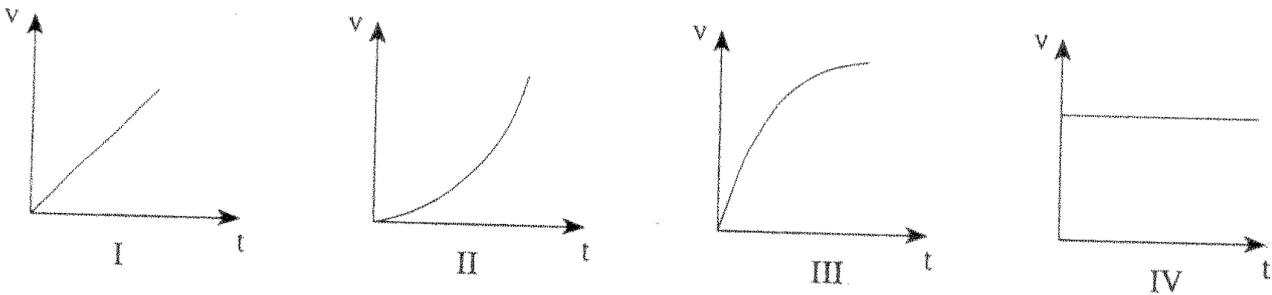
הקליפה הכדורית טעונה באופן אחיד במטען של 10^{-8} C.

א. באיזו מהירות יפגע האלקטרון בפני הקליפה? (13 נקודות)

ב. מה צריכה להיות עצמתו של שדה חשמלי אחיד, שבו אלקטרון שישוחרר ממנוחה יגיע

למהירות שחישבת בסעיף א, לאחר שיעבור אותו מרחק של 10 cm? (12 $\frac{1}{3}$ נקודות)

ג. לפניך ארבעה גרפים I - IV המתארים באופן סכמתי מהירות כפונקציה של זמן.



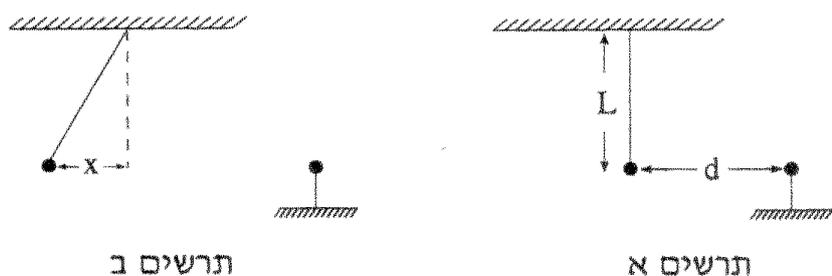
קבע איזה מהגרפים I - IV מתאר את מהירותו של:

(1) האלקטרון הנע כלפי הקליפה הכדורית (סעיף א). הסבר. (4 נקודות)

(2) האלקטרון הנע בשדה חשמלי אחיד (סעיף ב). הסבר. (4 נקודות)

אלקטרוסטטיקה - 1996

1. תלמיד הכין מערכת למדידת מטענים חשמליים. הוא לקח שני כדורים מוליכים קטנים זהים. את האחד הוא תלה בקצה חוט שאורכו L , ואת השני הצמיד לקצה של מוט. הוא התקין את המערכת כך ששני הכדורים היו באותו גובה ובמרחק d זה מזה (ראה תרשים א). החוט והמוט עשויים מחומר מבודד.

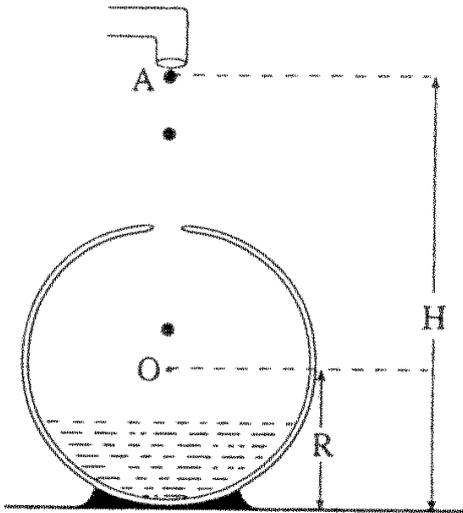


התלמיד טען את שני הכדורים באותו מטען q , וכתוצאה מכך סטה הכדור התלוי בשיעור x (ראה תרשים ב). התלמיד שינה את d כמה פעמים, ובכל פעם מדד את x . להלן תוצאות מדידותיו:

d (m)	x (m)	$r = d + x$	$\frac{1}{r^2}$
0.62	0.02		
0.47	0.03		
0.35	0.05		
0.24	0.08		
0.14	0.12		

- א. העתק את הטבלה למחברתך, והשלם אותה. סרטט גרף של x כפונקציה של $\frac{1}{r^2}$. (8 נקודות)
- ב. הראה כי כאשר $x \ll L$ (כך ששיעור עליית הכדור זניח), גודל כוח הדחייה החשמלי F הפועל בין שני הכדורים מקיים: $F = mg \frac{x}{L}$, כאשר m היא מסת הכדור התלוי. (8 נקודות)
- ג. בהסתמך על חוק קולון ועל סעיף ב, הסבר את צורת הגרף שקיבלת. (8 נקודות)
- ד. חשב את המטען q בהסתמך על הגרף שסרטטת, אם נתון כי: $L = 1\text{ m}$; $m = 10\text{ gr}$. (9 $\frac{1}{3}$ נקודות)

אלקטרוסטטיקה - 1995



בתרשים מתוארת קליפה כדורית מוליכה ומבודדת שבה פתח קטן. טיפות בעלות מטען חשמלי חיובי ניתקות מצינורית, נופלות לתוך הקליפה, וכל מטען עובר לקליפה. רדיוס הקליפה הוא R , ופתח הצינורית נמצא בגובה H מעל תחתית הקליפה.

א. לגבי הרגע שבו מטען הקליפה הוא Q , בטא עבור כל אחת מהנקודות A ו- O (ראה תרשים) את:

(1) השדה החשמלי (גודל וכיוון) הנוצר על-ידי הקליפה הטעונה (בלבד). (7 נקודות)

(2) הפוטנציאל החשמלי הנוצר על-ידי הקליפה הטעונה (בלבד).

הפוטנציאל באינסוף נבחר כ- 0 . (7 נקודות)

כל טיפה היא בעלת מסה m ומטען q , ועל הטיפות פועלים רק כוח הכובד והכוח האלקטרוסטטי. הזנח את הכוחות האלקטרוסטטיים שבין הטיפות.

ב. בטא באמצעות נתוני השאלה את המטען Q של הקליפה, שעבורו טיפה בנקודה A תהיה בשיווי-משקל. (12 נקודות)

ג. בטא באמצעות נתוני השאלה את העבודה שנעשתה נגד הכוחות החשמליים בטעינת הקליפה הכדורית למטען Q שבסעיף ב. (4 נקודות)

ד. מהו מקור האנרגיה לעבודה שבסעיף ג? (3 $\frac{1}{3}$ נקודות)

אלקטרוסטטיקה - 1994



תרשים א

1. שני מטענים $+q$ ו- $-q$ נמצאים על ציר ה- x ,

והמרחק ביניהם הוא d (ראה תרשים א).

א. האם קיימת נקודה לאורך ציר ה- x ,

(1) שבה השדה החשמלי מתאפס? הסבר. (6 נקודות)

(2) שבה הפוטנציאל החשמלי מתאפס? הסבר. (6 נקודות)

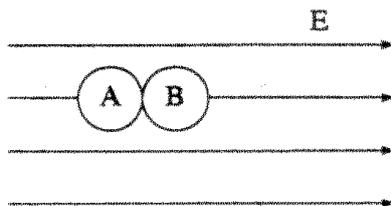
בתשובותיך התייחס לציר ה- x כולו – לקטע שבין שני המטענים ולתחום שמחוץ לקטע זה.

ב. מהי העבודה שיש לעשות, כדי להגדיל את המרחק בין שני המטענים ל- $2d$?

(בטא את תשובתך באמצעות נתוני השאלה.) (8 נקודות)

ג. (1) מכניסים שני כדורים מוליכים שאינם טעונים, A ו-B, הנוגעים זה בזה, לתוך

שדה חשמלי אחיד, כמתואר בתרשים ב.



תרשים ב

מפרידים את הכדורים זה מזה בתוך

השדה החשמלי. האם לאחר ההפרדה

הכדורים טעונים? אם לא – הסבר.

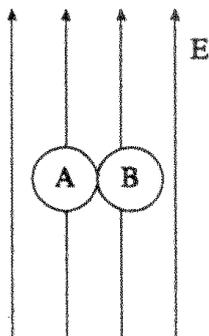
אם כן – מהו סימן המטען של כדור A,

ומהו סימן המטען של כדור B? הסבר.

(7 נקודות)

(2) ענה על סעיף (1), כאשר השדה החשמלי

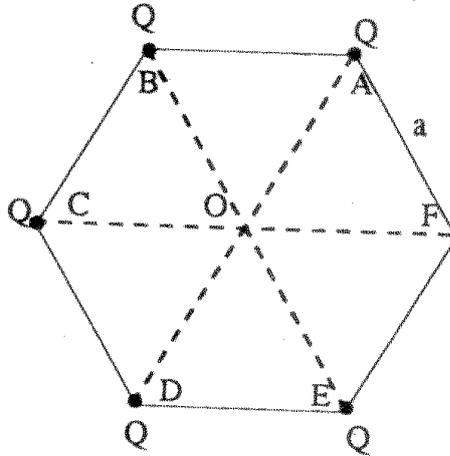
הוא בכיוון המתואר בתרשים ג. (6 $\frac{1}{3}$ נקודות)



תרשים ג

אלקטרוסטטיקה - 1993

1. בכל אחד מחמשת הקדקודים A, B, C, D, E של משושה משוכלל, שאורך צלעו a , נמצא מטען נקודתי חיובי Q . בקדקוד F אין מטען (ראה תרשים).

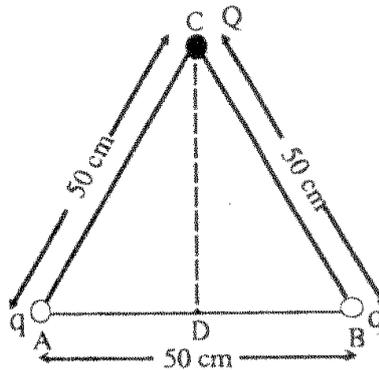


בטא את תשובותיך לשאלות באמצעות נתוני השאלה.

- א. מהו השדה החשמלי השקול (גודל וכיוון) במרכז הסימטריה O של המשושה? הסבר.
(8 נקודות)
- ב. מעבירים מטען נוסף Q ממקום רחוק מאוד ("אינסוף") אל הנקודה O . מהי העבודה שנעשתה נגד כוחות השדה החשמלי? (8 נקודות)
- ג. מעבירים את המטען הנוסף Q מהמרכז O לקדקוד השישי F (בכל אחד מקדקודי המשושה נמצא עתה מטען Q).
- (1) מהו השדה החשמלי בנקודה O ? נמק. (7 נקודות)
- (2) האם דרושה עבודה, כדי להביא מטען q מאינסוף אל מרכז המשושה? נמק. (5 נקודות)
- ד. בכל אחד משלושת הקדקודים A, C, E מחליפים את המטען Q במטען שלילי $-Q$. (בכל אחד משלושת הקדקודים האחרים נמצא מטען Q , ובנקודה O אין מטען). האם פעולה זו תגרום לשינוי בפוטנציאל החשמלי במרכז המשושה? הסבר.
(5 $\frac{1}{3}$ נקודות)

אלקטרוסטטיקה - 1991

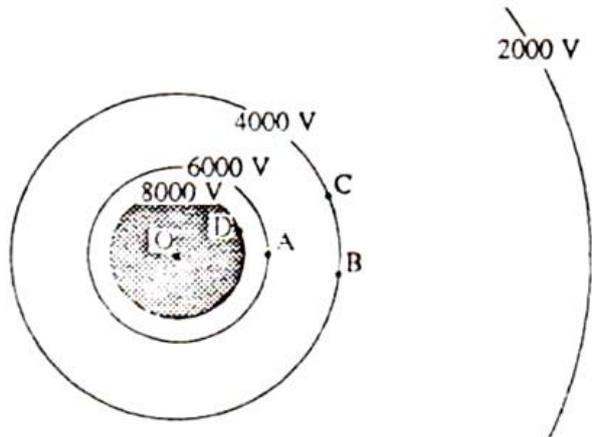
1. שני כדורים קטנים, שמטען כל אחד מהם הוא $q = +10^{-6} \text{C}$, קבועים בנקודות A ו B במרחק של 50 cm זה מזה. בנקודה C, הנמצאת במרחק של 50 cm מכל אחד מהמטענים האלה, נמצא כדור מוליך שמסתו 31 gr, והוא טעון במטען של $Q = -5 \cdot 10^{-6} \text{C}$. (ראה תרשים).



- משחררים את הכדור הנמצא בנקודה C.
- בהנחה שהכוחות היחידים הפועלים במערכת זו הם הכוחות החשמליים הפועלים בין הכדורים,
- א. חשב את גודלה ואת כיוונה של תאוצת הכדור ברגע בו שוחרר. (8 נקודות)
 - ב. תאר את תנועתו של הכדור. התייחס בתשובתך לנקודות הבאות: כיוון המהירות והתאוצה בכל שלב; האם הכדור מגדיל או מקטין את מהירותו; היכן (אם בכלל) המהירות גדולה ביותר, קטנה ביותר, מחליפה כיוון. (8 נקודות)
 - ג. חשב את הפוטנציאל בנקודה C ובנקודה D (נקודת האמצע בין A ל B), בהשפעת המטענים הקבועים בנקודות A ו B. (8 נקודות)
 - ד. מה גודל מהירותו של הכדור הנע כשהוא עובר בנקודה D? (9 $\frac{1}{3}$ נקודות)

אלקטרוסטטיקה - 1990

14. כדור מוליך שרדיוסו 20 mm נטען עד לפוטנציאל של 8000 V . בתרשים מסימנים מספר משטחים שוויו-פוטנציאל. הפוטנציאל במרחק אינסופי מהכדור הוא אפס. אין מטענים בקרבת הכדור.



היעזר בתרשים ומצא את:

- א. מטען הכדור. (2 נקודות)
- ב. עבודת השדה החשמלי כאשר מטען בן $+8 \mu\text{C}$ מועבר:
- (1) מהנקודה A ל B . (2 נקודות)
 - (2) מהנקודה B ל C . (2 נקודות)
 - (3) במסלול הסגור: $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$. (2 נקודות)
 - (4) ממרכז הכדור O לנקודה D שעל פני הכדור . (2 נקודות)
- ג. השדה החשמלי (גודל וכיוון):
- (1) בנקודה הנמצאת בתוך הכדור, במרחק 10 mm ממרכזו O . (1 נקודה)
 - (2) בנקודה B . (1 נקודה)

אלקטרוסטטיקה 1989



14. כדור מוליך שרדיוסו $r = 1 \text{ cm}$ ומסתו $m = 2 \cdot 10^{-3} \text{ gr}$ תלוי בקצה חוט העשוי מחומר מבודד. טוענים את הכדור על-ידי חיבורו למקור מתח $V = 3 \cdot 10^4 \text{ V}$, ולאחר הטעינה מנתקים אותו מהמקור. מביאים כדור מוליך שני, ניטרלי, שרדיוסו $R = 2 \text{ cm}$, במגע עם הכדור הטעון. לאחר המגע בין הכדורים מרחיקים אותם זה מזה (ראה תרשים).

- א. מהו המטען בכל אחד מהכדורים לאחר ניתוק המגע ביניהם? (14 נקודות)
- ב. היכן, ובאיזה מרחק מהכדור התלוי יש להציב את הכדור השני, כדי שהמתיחות בחוט, שעליו תלוי הכדור הראשון, תשווה לאפס? (14 נקודות)
- ג. בין שני הכדורים מכניסים לוח של חומר דיאלקטרי. האם יש להגדיל או להקטין את המרחק בין הכדורים כדי שהמתיחות בחוט תישאר אפס? נמק. (5 נקודות)

אלקטרוסטטיקה 1987

18. אלקטרון שמהירותו $v = 6 \times 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

- נכנס למרחב שבין שני לוחות מתכת מקבילים
אורך הלוחות תנו: $l = 15$ והמרחק ביניהם $d = 5\text{mm}$.
- 
- הלוחות מחוברים אל מקור מתח ישר.
ברגע הכניסה חולף האלקטרון סמוך לקצהו של אחד הלוחות (לוח A בתרשים).
- א. מה צריך להיות כיוונו של השדה החשמלי בין הלוחות, על מנת שהאלקטרון יסטה ממסלולו לכיוון הלוח B? נמק. (1 נקודה)
- ב. בין הלוחות שורר שדה חשמלי אחיד.
מהי צורת מסלול האלקטרון בשדה? נמק. (2 נקודות)
- ג. מהו המתח המרבי בין הלוחות, שבו יצא האלקטרון מתוך השדה מבלי לפגיע בלוח B? (5 נקודות)
- ד. האם תשובתך לסעיפים הקודמים היתה משתנה, אילו דובר בשאלה על פרוטון הנע באותה מהירות? נמק את תשובתך מבלי לחשב מחדש את המתח (4 נקודות)

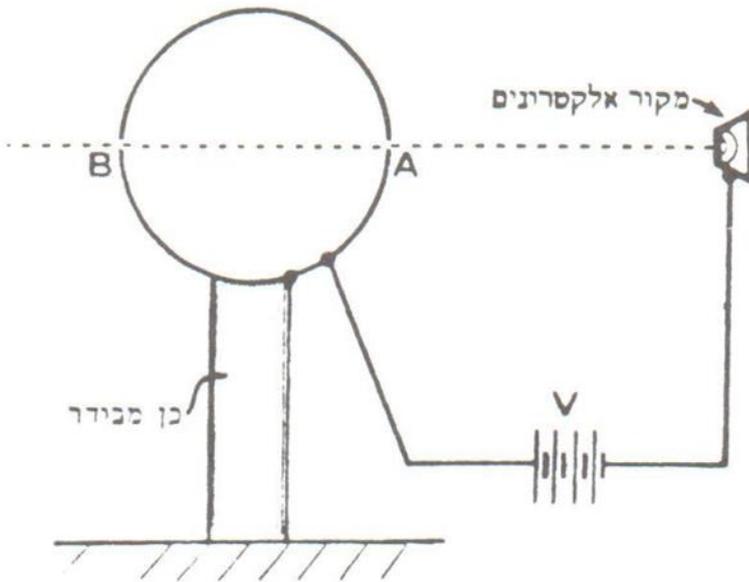
אלקטרוסטטיקה 1984

20. נתונים שני כדורי מתכת מבודדים ומרוחקים זה מזה. רדיוסו של הכדור האחד 20 ס"מ, והוא טעון חיובית ב- 6×10^{-8} קולון; רדיוסו של הכדור השני 10 ס"מ, והוא טעון שלילית ב- 2×10^{-8} קולון.
- חיברו את שני הכדורים על-ידי תיל מוליך דק וארוך, שקיבולו זניח, וכעבור דקות אחדות ניתקו אותם זה מזה.
- חשב:
- את המטען על כל כדור לאחר החיבור. (5 נקודות)
 - את האנרגיה ההתחלתית של המערכת. (4 נקודות)
 - את האנרגיה הסופית של המערכת. (3 נקודות)
 - בתנאי הבעיה, שני הכדורים מבודדים מסביבתם. איך יתכן, אפוא, שבסעיפים ב' וג' קיבלת תוצאות שונות? האין כאן סתירה לחוק שימור האנרגיה? נמקו (3 נקודות)

אלקטרוסטטיקה 1983

22. בניסוי לכיול של מכשיר למדידת מהירות אלקטרוניים, השתמשו במתקן הבא, שהוכנס כולו לריק:

בכדור מתכת חלול, העומד על כן מבודד, ורדיוסו 3 ס"מ, נקדחו שני נקבים קטנים A ו-B בשני קצותיו של קוטר. מקור אלקטרוניים (חוט להט), ממנו נפלטים אלקטרוניים במהירות זניחה, חובר להדק השלילי של מקור מתח V. ההדק החיובי של מקור המתח חובר לכדור המתכת. מקור האלקטרוניים מכוון באופן שהאלקטרוניים נעים ממנו בקו ישר אל הנקב A, נעים בחלל הכדור, ויוצאים דרך הנקב B. א. תאר במלים את תנועת



האלקטרוניים מרגע

עזיבתם את המקור

ועד צאתם דרך הנקב

B (מהירות קבועה,

מהירות משתנית,

תאוצה קבועה,

תאוצה משתנית).

(5 נקודות)

ב. באיזו מהירות

מגיע אלקטרון

לנקב A, ובאיזו

מהירות הוא

יוצא מהנקב B,

כאשר מתח המקור V הוא 100 וולט? (7 נקודות)

ג. כמה זמן נמשכת אז התנועה מהנקב A לנקב B? (3 נקודות)