

## יחידת הוראה מס' 10

**הנושא:** אלקטרוסטטיקה - כוחות חשמליים

**א. נושאי ההוראה:**

1. חוק קולון
2. חוק גאוס
3. שדה חשמלי

**ב. חומר קריאה:**

1. Sears & zemansky's, "UNIVERSITY PHYSICS" 10<sup>th</sup> edition 2000, pp. 669-730.

**ג. מילות מפתח:**

מטען חיובי/שלילי, קולון, כוח חשמלי, שדה חשמלי, מעטפת גאוס, שטף, קבוע דיאלקטרי יחסי.

**ד. שאלות רלוונטיות ממבחנים:**

שאלה 1	עמוד 2
שאלה 2, 1	עמוד 6
שאלה 5 (א, ב)	עמוד 11
שאלה 5 (רק שדה)	עמוד 14
שאלה 4א	עמוד 20
שאלה 3א	עמוד 22
שאלה 4א	עמוד 27

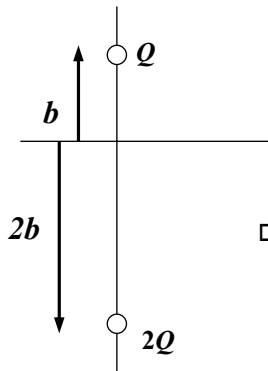
**ה. נתונים:**

$$1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} = e \text{ מטען האלקטרון}$$

$$9 \cdot 10^{-31} \text{ kg} = m_e \text{ מסת האלקטרון}$$

$$1.6 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = m_p \text{ מסת הפרוטון}$$

## שאלות ליחידת הוראה 10 – כוחות חשמליים



תרשים 10-1

1. בתרשים 10-1 הנתונים הם:  $Q=10^{-6}C, b=0.1m$ .

א. חשבו/י את הכוח שפועל על חלקיק  $Q$  (גודל וכיוון).

ב. מה הכוח שיפעל על חלקיק  $2Q$  אם יוחלף מטען  $Q$

במטען שלילי  $10^{-6}C$ ?

ג. מה הכוח שיפעל על מטען  $Q$  שלישי שיונח על ראשית הצירים

(לפי התנאים שבסעיף א')?

2. שני חלקיקים נקודתיים שמטענם  $q_1 = 2 \cdot 10^{-8} C$ ,

$q_2 = 1.2 \cdot 10^{-9} C$  נמצאים במרחק  $5cm$  אחד מהשני. היכן

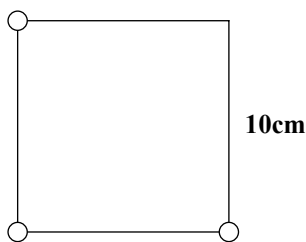
יש למקם גוף שלישי שטעון במטען כלשהו ע"מ שסך כל הכוחות הפועלים עליו יתאפס?

3. שני חלקיקים טעונים במטען  $Q = 10^{-9} C$  כל אחד, ונמצאים במרחק  $8cm$  אחד מהשני,

בתוך

תווך דיאלקטרי בעל מקדם  $K_d=4$ . מה הכוח השקול שיפעילו על חלקיק שלישי הממוקם

במרחק  $5cm$  מכל אחד מהם ומטענו  $q = 5 \cdot 10^{-11} C$ ?



תרשים 10-2

4. שלושה מטענים בעלי  $10^{-8}C$  כל אחד, ממוקמים על

שלוש פינות של ריבוע (תרשים 10-2).

א. מה הכוח השקול שיפעילו על חלקיק רביעי

שטעון  $10^{-9}C$  ונמצא על הפינה הרביעית?

ב. מה יהיה הכוח השקול אם המטען שבאלכסון

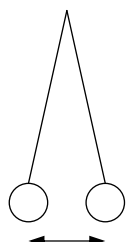
יוחלף למטען שלילי של  $10^{-8}C$ ?

5. בגרם אחד של מימן יש  $10^{23}$  אטומים (כל אחד מכיל פרוטון אחד ואלקטרון אחד). אם היינו

מרכזים את כל האלקטרונים בקוטב הצפוני של כדור-הארץ ואת כל הפרוטונים בקוטב

הדרומי (רדיוס כדור-הארץ כ-  $6000$  ק"מ), איזה כוח משיכה היה בניהם (כלומר איזה כוח

צריך ע"מ להחזיק אותם במקום)?



תרשים 10-3

6. שני כדורים זעירים שמסת כל אחד מהם  $10$  גרם,

תלויים מנקודה משותפת בשני חוטים דקים שאורכם  $60$  ס"מ,

טוענים כל כדור בנפרד והם מגיעים לשיווי משקל במרחק

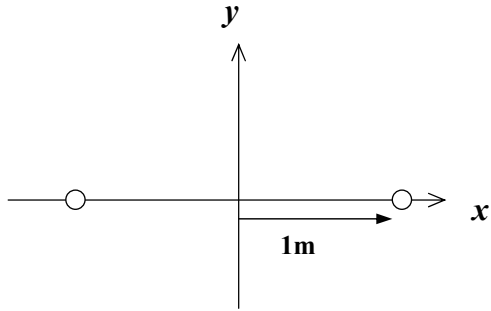
$10$  ס"מ אחד מהשני (תרשים 10-3). אם המטען שעל אחד

הכדורים הוא  $q_1 = 4 \cdot 10^{-5} C$  מה המטען על הכדור השני?

7. אלקטרון נע סביב פרוטון. נניח שהתנועה היא מעגלית במהירות אחידה וברדיוס  $R = 5.3 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ . **מה צריכה להיות מהירות האלקטרון** כדי שלא ייפול אל הפרוטון?

8. שדה חשמלי מאיץ אלקטרון בתאוצה של  $a = 10^8 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$  בכיוון ציר  $x$  חיובי. **מהי עוצמת**

**השדה וכיוונו?**



תרשים 10-4

9. שני מטענים שווים ( $q$ ) ממוקמים במרחק שווה (1m)

מציר ה- $y$  כמתואר בתרשים 10-4. בטא/י את

השדה בכל נקודה על ציר ה- $y$ :

א. אם שני המטענים שווי סימן.

ב. אם שני המטענים שוני סימן.

10. חלקיק שמסתו 2.5 גרם, מרחף ללא תנועה בשדה

שעוצמתו  $E = 10^5 \text{ N/C}$  כלפי מטה. **מה המטען של החלקיק?**

11. מה **השדה** שיוצרים המטענים בתרשים 10-2 (כל אחד  $10^{-8} \text{ C}$ ) בפינה הריקה של הריבוע?

12. אלקטרון משוחרר מהלוח השלילי של קבל לוחות במנוחה, ומגיע ללוח החיובי כעבור

$3 \cdot 10^{-8} \text{ sec}$ , נתון כי המרחק בין הלוחות הוא 9 מ"מ.

א. מה **עוצמת השדה החשמלי** בין הלוחות הקבל?

ב. מה **המהירות** בה פוגע האלקטרון בלוח החיובי?

13. בתרשים 10-5 מתואר קבל לוחות שמסיט אלקטרון ממסלולו ע"י הפעלת שדה במאונך

לכיוון התנועה המקורי. נתון כי: מהירות האלקטרון ההתחלתית היא  $v_0 = 10^8 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ , אורך

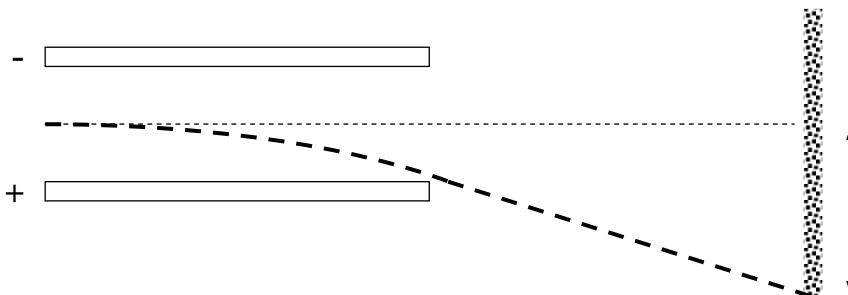
כל לוח  $10 \text{ cm}$ , המרחק בין הלוחות  $5 \text{ cm}$ .

א. מה **השדה המקסימלי** שיאפשר לאלקטרון לצאת מבין הלוחות (בלי שיפגע באחד

מהלוחות)?

ב. אם מציבים מסך במרחק  $10 \text{ cm}$  מקצה הלוחות (כמתואר בתרשים), **בכמה יסיט השדה**

המקסימלי את נקודת הפגיעה של האלקטרון בלוח (מהמרכז)?



תרשים 10-5

14. נתון כדור מבודד (רדיוס  $R$ ) טעון במטען  $Q$ , בטא/י את השדה  $E(r)$ :

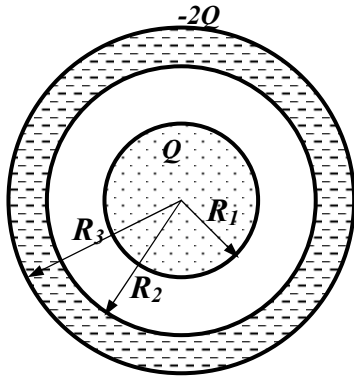
א. כאשר  $r < R$

ב. כאשר  $r > R$

15. מצא/י ע"פ חוק גאוס, את הביטוי לשדה החשמלי כפונקציה של המרחק:

א. בסביבת תיל טעון אינסופי

ב. בסביבת לוח טעון אינסופי



תרשים 10-6

16. נתונה מערכת המעטפות הבאה:

כדור ( $R_1$ ), מבודד וטעון במטען  $Q$ ,

ומעטפת ( $R_2, R_3$ ) מוליכה וטעונה

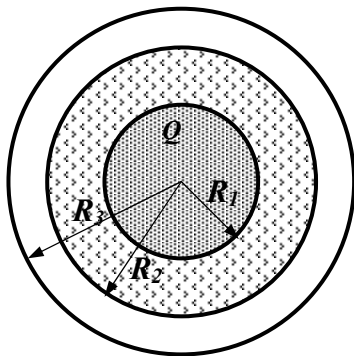
במטען  $-2Q$ , ובניהם ריק (תרשים 10-6)

בטא/י את השדה בכל נקודה לפי  $r$ .

17. נתונה מערכת המעטפות הבאה:

כדור ( $R_1$ ), מוליך וטעון במטען  $Q$ , ומעטפת ( $R_2, R_3$ ) מוליכה ולא טעונה, ובניהם ריק. בטא/י

את השדה בכל נקודה לפי  $r$ .



תרשים 10-7

18. נתונה מערכת המעטפות הבאה:

כדור ( $R_1$ ), מבודד וטעון במטען  $Q$ ,

ומעטפת ( $R_2, R_3$ ) מוליכה ולא טעונה

ובניהם תווך דיאלקטרי  $K_d$ . (תרשים 10-7).

בטא/י את השדה בכל נקודה לפי  $r$ .

19. נתונים שני לוחות זהים הטעונים במטענים

$Q$ , ו- $-Q$  (שווי גודל ושוני סימן). שטח כל לוח

נתון -  $A$ .

א. חשבי את השדה בין הלוחות, כשבניהם ריק.

ב. חשבי את השדה בין הלוחות, אם הוכנס בניהם חומר דיאלקטרי  $K_d$ . (תרשים 10-8).

ג. חשבי את צפיפות המטען על-פני החומר הדיאלקטרי (ניתן להיעזר במעטפת גאוס).



תרשים 10-8

## תשובות לשאלות יחידת הוראה מס' 10 – כוחות חשמליים

1. א.  $0.2N$  כלפי מעלה  
ב.  $0.2N$  כלפי מעלה  
ג.  $0.45N$  כלפי מטה

2. יש למקמו בהמשך הישר שבין המטענים (בצד של  $q_2$ ) במרחק  $1.622$  ס"מ.

$$\frac{2.16 \cdot 10^7 N}{A} \quad .3$$

4. א.  $1.723 \cdot 10^5 N$   
ב.  $8.228 \cdot 10^6 N$

$$16,000N \quad .5$$

$$Cq_2 \quad 2.32 \cdot 10^{10} \quad .6$$

$$v_e \quad 2.2 \cdot 10^6 \text{ m/sec} \quad .7$$

$$E \quad 5.625 \cdot 10^4 \text{ N/C} \quad .8$$

בכיוון  $x$  שלילי.

$$E \quad \frac{2k q y}{1 - y^2 \frac{3}{2}} \quad .9$$

$$E \quad \frac{2k q}{1 - y^2 \frac{3}{2}} \quad .10$$

$$2.5 \cdot 10^7 C \quad .11$$

$$17228 \text{ N/C} \quad .12$$

$$112.5 \text{ N/C} \quad .13$$

$$600,000 \text{ m/sec} \quad .14$$

$$E_{\max} \quad 281250 \text{ N/C} \quad .15$$

ב. 7.5 cm

14. א.  $E(r) = \frac{kQr}{R^3}$

ב.  $E(r) = \frac{kQ}{r^2}$

15. א.  $E(r) = \frac{2k}{r}$  (λ – צפיפות מטען ליח' אורך בתיל)

ב.  $E = 2\pi k$  (σ – צפיפות מטען ליח' שטח בלוח)

16. כאשר:  $r < R_1$   $E(r) = \frac{kQr}{R^3}$

כאשר:  $R_1 < r < R_2$   $E(r) = \frac{kQ}{r^2}$

כאשר:  $R_2 < r < R_3$   $E(r) = 0$

כאשר:  $R_3 < r$   $E(r) = \frac{kQ}{r^2}$

17. א.  $Q$  מטענים יהיו מפוזרים על פני מעטפת הכדור המוליך ( $R_1$ )

( $-Q$ ) מטענים יהיו מפוזרים על פני השטח הפנימי של המעטפת ( $R_2$ )

$Q$  מטענים יהיו מפוזרים על פני השטח החיצוני של המעטפת ( $R_3$ )

ב. כאשר:  $r < R_1$ , וגם כאשר  $R_2 < r < R_3$   $E(r) = 0$

כאשר:  $R_1 < r < R_2$ , וגם כאשר  $R_3 < r$   $E(r) = \frac{kQ}{r^2}$

18. התשובה זהה לתשובה 16, למעט כאשר  $R_1 < r < R_2$  ששם  $E(r) = \frac{kQ}{K_d r^2}$

19. א.  $E = 4\pi k$

ב.  $E = \frac{4\pi k}{K_d}$

ג.  $\frac{1}{K_d}$