

שם משפחה: \_\_\_\_\_ שם פרטי: \_\_\_\_\_ מס' ת.ז. זהות: \_\_\_\_\_

הוראות לנבחן:

1. הבחינה מכילה 5 שאלות, הכוללות 14 סעיפים. כל השאלות חובה ולכל הסעיפים משקל זהה.
2. בכל סעיף מספר תשובות, אשר אחת מהן (ורק אחת) נכונה.
3. את התשובה יש לסמן **בשלושה מקומות**:
  - א. לקבל אותה בחישוב מפורש, ולהקיף את התוצאה הסופית במלבן בביטוי בו התקבלה. לדוגמה:  $11a - 7a = 4a$
  - ב. להקיף אותה בדף השאלה. (בחישובים מספריים, סמן את התשובה הקרובה ביותר).
  - ג. לסמן X בטבלה שבעמוד זה, במקום המתאים.
4. עליך לבסס את תשובתך על חישוב או על נימוק קצר. תשובה סתמית ללא ביסוס מתאים לא תקבל! אין לסמן תשובה סתם ללא פתרון מפורש או הנמקה בגליון הבחינה. סימון המבוסס על חישוב מפורש או הנמקה – מזכה במלוא הנקודות אם הוא נכון, ואינו מוריד נקודות אם אינו נכון. סימון סתמי, **ללא פתרון או הנמקה**, יוריד נקודות.
5. אסור להשתמש בכל חומר עזר, למעט מחשבון כיס. דף נוסחאות מצורף לבחינה ואין לתלוש אותו מגוף הבחינה.
6. כתוב את כל פתרונך, **כולל טיוטה**, על דפי השאלות. אל תכתוב דבר מחוץ לדפי השאלות. יש להחזיר למשגיח את גליון הבחינה בשלמותו.
7. משך הבחינה 2.5 שעות.
8. **כל התשובות במבחן נתונות ביחידות MKS אלא אם נכתב במפורש אחרת.**
9. הנח שתאוצת הכובד על פני הארץ היא:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

סמן בטבלה שכאן את תשובותיך הסופיות (כלומר: סמן X במשבצת המתאימה). **ב ה צ ל ח ה!**

| 5 |    |     |    |   | 4  |   | 3  |   | 2   |    |   | 1  |   | שאלה |
|---|----|-----|----|---|----|---|----|---|-----|----|---|----|---|------|
| V | IV | III | II | I | II | I | II | I | III | II | I | II | I | סעיף |
| X |    |     |    |   | X  |   | X  |   |     |    | X |    |   | א    |
|   | X  |     |    |   |    | X |    |   | X   |    |   |    |   | ב    |
|   |    | X   |    |   |    |   |    |   |     | X  |   |    | X | ג    |
|   |    |     | X  |   |    |   |    | X |     |    |   |    |   | ד    |
|   |    |     |    | X |    |   |    |   |     |    |   | X  |   | ה    |

שם משפחה: \_\_\_\_\_ שם פרטי: \_\_\_\_\_ מס' ת.ז. זהות: \_\_\_\_\_

הוראות לנבחן:

1. הבחינה מכילה 5 שאלות, הכוללות 14 סעיפים. כל השאלות חובה ולכל הסעיפים משקל זהה.
2. בכל סעיף מספר תשובות, אשר אחת מהן (ורק אחת) נכונה.
3. את התשובה יש לסמן **בשלושה מקומות**:
  - א. לקבל אותה בחישוב מפורש, ולהקיף את התוצאה הסופית במלבן בביטוי בו התקבלה. לדוגמה:  $11a - 7a = 4a$
  - ב. להקיף אותה בדף השאלה. (בחישובים מספריים, סמן את התשובה הקרובה ביותר).
  - ג. לסמן X בטבלה שבעמוד זה, במקום המתאים.
4. עליך לבסס את תשובתך על חישוב או על נימוק קצר. תשובה סתמית ללא ביסוס מתאים לא תקבל! אין לסמן תשובה סתם ללא פתרון מפורש או הנמקה בגליון הבחינה. סימון המבוסס על חישוב מפורש או הנמקה – מזכה במלוא הנקודות אם הוא נכון, ואינו מוריד נקודות אם אינו נכון. סימון סתמי, **ללא פתרון או הנמקה**, יוריד נקודות.
5. אסור להשתמש בכל חומר עזר, למעט מחשבון כיס. דף נוסחאות מצורף לבחינה ואין לתלוש אותו מגוף הבחינה.
6. כתוב את כל פתרונך, **כולל טיוטה**, על דפי השאלות. אל תכתוב דבר מחוץ לדפי השאלות. יש להחזיר למשגיח את גליון הבחינה בשלמותו.
7. משך הבחינה 2.5 שעות.
8. **כל התשובות במבחן נתונות ביחידות MKS אלא אם נכתב במפורש אחרת.**
9. הנח שתאוצת הכובד על פני הארץ היא:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

סמן בטבלה שכאן את תשובותיך הסופיות (כלומר: סמן X במשבצת המתאימה). **ב ה צ ל ח ה!**

| 5 |    |     |    |   | 4  |   | 3  |   | 2   |    |   | 1  |   | שאלה  |
|---|----|-----|----|---|----|---|----|---|-----|----|---|----|---|-------|
| V | IV | III | II | I | II | I | II | I | III | II | I | II | I | סעיף  |
|   |    |     |    |   |    |   |    |   |     |    |   |    |   | תשובה |
|   |    |     |    |   |    |   |    |   |     |    |   |    |   | א     |
|   |    |     |    |   |    |   |    |   |     |    |   |    |   | ב     |
|   |    |     |    |   |    |   |    |   |     |    |   |    |   | ג     |
|   |    |     |    |   |    |   |    |   |     |    |   |    |   | ד     |
|   |    |     |    |   |    |   |    |   |     |    |   |    |   | ה     |

נוסחאות בפיזיקה - חשמל, מגנטיות

(מצורפות לבחינת הסיווג בפיזיקה, חלק ב')

| <u>מגנטיות (המשך)</u>   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| $B = \mu_0 i / (2\pi r)$  | שדה בקרבת תיל ישר אינסופי         |
| $B = N\mu_0 i / (2r)$   | שדה במרכז סליל מעגלי דק           |
| $B = \mu_0 i (N / l)$   | שדה בתוך סליל ארוך                |
| $B = (\mu_0 i / 4\pi r)(\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2)$                                 | שדה של תיל ישר ארוך               |
| $F = \mu_0 i_1 i_2 l / (2\pi d)$  | כוח בין 2 תילים ארוכים ומקבילים   |
| $\varepsilon = -Nd\phi / dt$  | כ"מ, חוק פאראדי (עבור N כריכות)   |
| $\varepsilon = v_{\perp} B_{\perp} l$   | כ"מ בין קצות מוליך הנע בשדה מגנטי |
|   | כ"מ זרם מושרים בכריכה מסתובבת     |
| $\varepsilon(t) = \varepsilon_{\max} \sin(\omega t)$ ; $\varepsilon_{\max} = NBS\omega$ |                                   |
| $i(t) = i_{\max} \sin(\omega t)$ ; $i_{\max} = \varepsilon_{\max} / R$                  |                                   |
| $\bar{P} = i_{\max} V_{\max} / 2$   | הספק חשמלי ממוצע בכריכה מסתובבת   |
| $i_{\text{eff}} = i_{\max} / \sqrt{2}$  | זרם יעיל בכריכה מסתובבת           |
| $\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$   | מומנט כוח על כריכת זרם בשדה מגנטי |
| $(\tau = \mu B \sin \alpha)$ ; $\mu = iS$   | מומנט מגנטי של הכריכה             |

**כל התשובות במבחן נתונות ביחידות MKS אלא אם נכתב במפורש אחרת.**

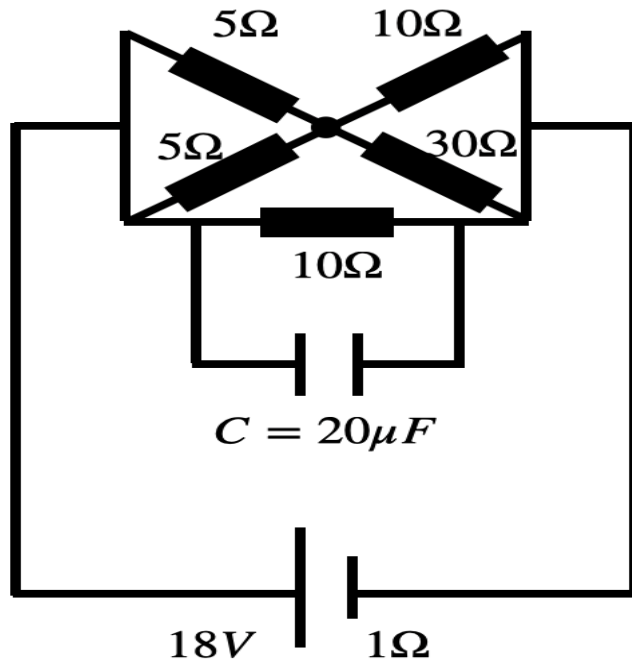
**בכל השאלות הנח שתאוצת הכובד על פני הארץ היא  $g = 10 \text{ m/s}^2$**

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| $x(t) = v_0 t + at^2 / 2$               | תנועה שוות תאוצה              |
| $x = (v_0 + v_t) t / 2$                 |                               |
| $v_t = v_0 + at$                        |                               |
| $v_t^2 = v_0^2 + 2ax$                   |                               |
| $\omega = 2\pi f = 2\pi / T$            | תנועה מעגלית                  |
| $v = \omega R$                          | מהירות משיקית ומהירות זוויתית |
| $a_c = v^2 / R = \omega^2 R$            | תאוצה מרכזית                  |
| $\vec{F} = -k\vec{x}$ ; $k = m\omega^2$ | תנועה הרמונית פשוטה           |
| $T = 2\pi / \omega = 2\pi \sqrt{m/k}$   | זמן מחזור                     |
| $f = 1/T$                               | תדירות וזמן מחזור             |

| <u>חשמל</u>   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ ; $k = 9 \cdot 10^9 [Nm^2 / C^2]$   | חוק קולון בריק                       |
| $k = 1 / (4\pi \varepsilon_0)$ ; $\varepsilon_0 = 8.842 \cdot 10^{-12} [C^2 / (Nm^2)]$  |                                      |
| $\vec{F} = q\vec{E}$  | כוח על מטען נקודתי q בשדה חשמלי      |
| $\sum (E_n dS) = q_{in} / \varepsilon_0$  | חוק גאוס                             |
| $E = kq / r^2$  | שדה חשמלי של מטען נקודתי q           |
| $V = kq / r$ ; $(V_{\infty} \equiv 0)$  | פוטנציאל של מטען נקודתי q            |
| $E = \sigma / 2\varepsilon_0$   | שדה חשמלי (בריק) של לוח אינסופי טעון |
| $E = \sigma / (\varepsilon_0 \varepsilon_r) = V / d$ ( $\varepsilon_r = 1$ בריק)  | שדה בין לוחות קבל (בריק)             |
| $W_{a \rightarrow b} = q(V_b - V_a)$  | עבודה חשמלית על מטען נקודתי          |
| $E = -dV / dr$  | קשר בין שדה ופוטנציאל חשמליים        |
| $C = Q / V$   | קיבול                                |
| $C = \varepsilon_r \varepsilon_0 A / d$ ( $\varepsilon_r = 1$ בריק)   | קיבול של קבל לוחות (בריק)            |
| $C = 4\pi \varepsilon_0 \varepsilon_r R r / (R - r)$  | קיבול של קבל כדורים                  |
| $C = 4\pi \varepsilon_0 \varepsilon_r R$  | קיבול של כדור מוליך בודד             |
| $C = C_1 + C_2 + \dots$   | חיבור קבלים במקביל                   |
| $1/C = 1/C_1 + 1/C_2 + \dots$   | חיבור קבלים בטור                     |
|   | האנרגיה האצורה בקבל טעון             |
| $U = QV / 2 = CV^2 / 2 = Q^2 / 2C$  |                                      |
| $i = dQ / dt$   | עצמת זרם חשמלי                       |
| $V = iR$  | חוק אוהם                             |
| $R = \rho l / S$  | התנגדות והתנגדות סגולית              |
| $P = iV$  | הספק חשמלי                           |
| $\sum i = 0$ ; $\sum \varepsilon = \sum (iR)$   | חוקי קירכהוף                         |
| $i(t) = i_0 e^{-t/\tau}$ ; $\tau = RC$  | זרם במעגל RC                         |
| $R = R_1 + R_2 + \dots$   | חיבור נגדים בטור                     |
| $1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots$   | חיבור נגדים במקביל                   |
|   | הפרש פוטנציאלים בין שתי נקודות       |
| $V_{a \rightarrow b} \equiv V_a - V_b = \sum (iR) - \sum \varepsilon$   |                                      |
| (i ו-ε חיוביים אם הם בכיוון ההתקדמות מ-a ל-b)   |                                      |
| <u>מגנטיות</u>  |                                      |
|   | כוח על מוליך נושא זרם בשדה מגנטי     |
| $\vec{F} = i\vec{L} \times \vec{B}$ ; $(F = iLB \sin \alpha)$   |                                      |
| $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$ ; $(F = qvB \sin \alpha)$   | כוח לורנץ                            |
| $d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{id\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$ ; $(dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i dl \sin \alpha}{r^2})$ | חוק ביוסבר                           |
| $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} [N / A^2]$  |                                      |
| $\sum (\vec{B} \cdot d\vec{l}) = \mu_0 I_{in}$  | חוק אמפר                             |

### שאלה מס' 1

המעגל החשמלי שבציור נמצא במצב יציב (זמן רב לאחר חיבורו).



### סעיף I

מהו מתח ההדקים (הפרש הפוטנציאלים) על פני מקור המתח ?

- א. 18    ב. 21    ג. 15    ד. 6    ה. 12

### פתרון:

$$R = 5 \quad ; \quad i = \frac{18}{5+1} = 3 \quad ; \quad V = V_0 - iR = 18 - 3 \cdot 1 = 15$$

### סעיף II

מהו ההספק המתפתח על הנגד של 30Ω ?

- א. 38.0    ב. 16.9    ג. 90.0    ד. 3.4    ה. 4.2

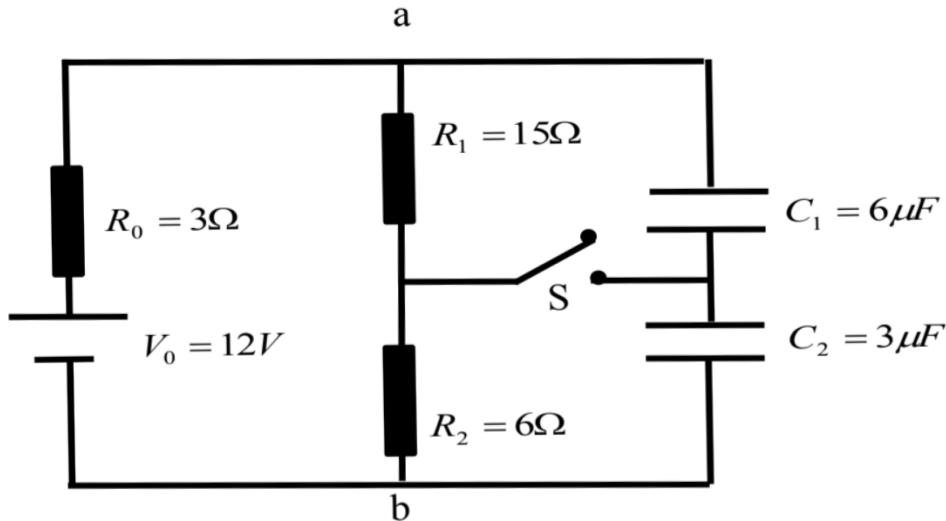
### פתרון:

$$i = \frac{18}{5+1} = 3 \quad ; \quad i_{30+10} = \frac{i}{2} = 1.5 \quad ; \quad i_{30} = 1.5 \cdot \frac{10}{30+10} = 0.375$$

$$P_{30} = i_{30}^2 \cdot 30 = 0.375^2 \cdot 30 = 4.219$$

## שאלה מס' 2

במעגל החשמלי שבציור ( $1\mu F = 10^{-6} F$ ), ההתנגדות הפנימית של מקור המתח  $V_0$  זניחה. המעגל נמצא במצב יציב (זמן רב לאחר חיבורו).



### סעיף I

כאשר המפסק S פתוח, מהו המטען של הקבל  $C_1$  ?

- א.  $21 \cdot 10^{-6}$     ב.  $24 \cdot 10^{-6}$     ג.  $9 \cdot 10^{-6}$     ד.  $47.25 \cdot 10^{-6}$     ה.  $31.50 \cdot 10^{-6}$

### פתרון:

$$V_a - V_b = 12 \cdot \frac{15 + 6}{15 + 6 + 3} = 12 \cdot \frac{21}{24} = 10.5$$

$$Q_{C_1} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} (V_a - V_b) = \frac{6 \cdot 3}{6 + 3} \cdot 10.5 = 21 \cdot 10^{-6}$$

### סעיף II

סוגרים את המפסק S ומחכים עד שהמערכת תתייצב, מה יהיה המטען של הקבל  $C_2$  ?

- א.  $21 \cdot 10^{-6}$     ב.  $24 \cdot 10^{-6}$     ג.  $9 \cdot 10^{-6}$     ד.  $47.25 \cdot 10^{-6}$     ה.  $31.50 \cdot 10^{-6}$

### פתרון:

$$V_{R_2} = 12 \cdot \frac{6}{6 + 15 + 3} = 3 \quad ; \quad Q_{C_2} = C_2 \cdot V_{R_2} = 3 \cdot 10^{-6} \cdot 3 = 9 \cdot 10^{-6}$$

### סעיף III

כאשר המפסק S סגור והמערכת מיוצבת, מהי האנרגיה החשמלית הכוללת האצורה בשני הקבלים  $C_1$  ו-  $C_2$  ?

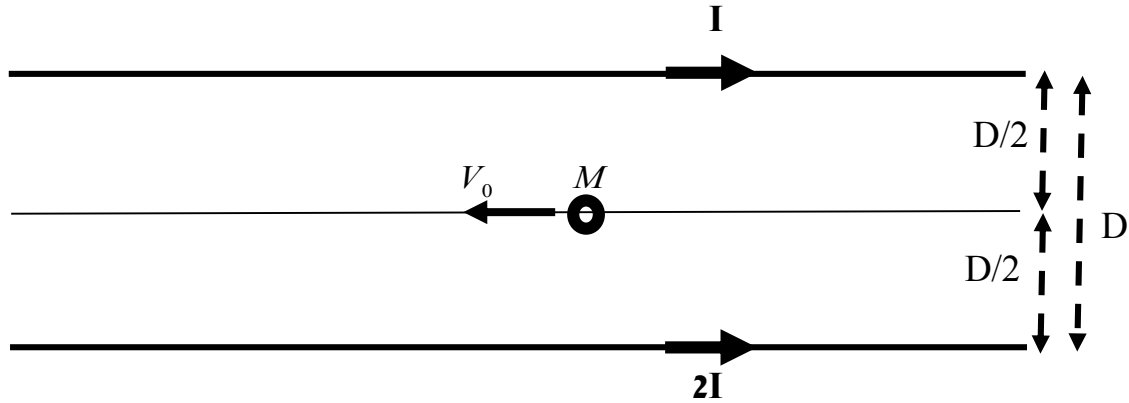
- א.  $110 \cdot 10^{-6}$     ב.  $182 \cdot 10^{-6}$     ג.  $992 \cdot 10^{-6}$     ד.  $331 \cdot 10^{-6}$     ה.  $662 \cdot 10^{-6}$

### פתרון:

$$W = \frac{C_1}{2} \cdot V_{R_1}^2 + \frac{C_2}{2} \cdot V_{R_{21}}^2 = \frac{6 \cdot 10^{-6}}{2} \cdot \left(12 \cdot \frac{15}{24}\right)^2 + \frac{3 \cdot 10^{-6}}{2} \cdot \left(12 \cdot \frac{6}{24}\right)^2 \\ = 168.75 \cdot 10^{-6} + 13.5 \cdot 10^{-6} = 182.25 \cdot 10^{-6}$$

### שאלה מס' 3

נתונים שני תילים מוליכים, ארוכים מאד, מקבילים, מרוחקים  $D = 4\text{ m}$  זה מזה, ונושאים זרמים  $I = 3\text{ A}$  ו-  $2I$  באותו כיוון כמוראה בציר. במישור התילים, מתוח חוט מבודד מקביל לתילים באמצע המרחק ביניהם. חרוז שמסתו  $M = 0.01\text{ kg}$  ומטענו  $q = 6 \cdot 10^{-9}\text{ Coul.}$  מושחל בחוט ונע במהירות קבועה  $v_0 = 8\text{ m/s}$  בכיוון הפוך לכיוון הזרמים.



### סעיף I

מה גודלו וכיוונו של הכוח המגנטי הפועל על החרוז ?  
א. אפס, כי החרוז נע במהירות קבועה.

- ב.  $2.88 \cdot 10^{-14}$  במישור הציור, בכיוון מהחרוז אל הזרם  $I$ .  
ג.  $2.88 \cdot 10^{-14}$  ניצב למישור הציור, בכיוון מהמישור אל הקורא.  
ד.  $1.44 \cdot 10^{-14}$  במישור הציור, בכיוון מהחרוז אל הזרם  $I$ .  
ה.  $0.77 \cdot 10^{-14}$  במישור הציור, בכיוון מהחרוז אל הזרם  $2I$ .

### פתרון:

$$F = qv_0B = qv_0 \frac{\mu_0(2I - I)}{2\pi \frac{D}{2}} = 6 \cdot 10^{-9} \cdot 8 \frac{4\pi \cdot 10^{-7}(2 \cdot 3 - 3)}{2\pi \frac{4}{2}} = 144 \cdot 10^{-16}$$

### סעיף II

מהו הכוח שהתילים מפעילים מפעילים אחד על יחידת אורך של השני ?

- א.  $9 \cdot 10^{-7}$  משיכה בין התילים.  
ב.  $9 \cdot 10^{-7}$  דחייה בין התילים.  
ג.  $18 \cdot 10^{-7}$  משיכה בין התילים.  
ד.  $4.5 \cdot 10^{-7}$  על  $I$  בניצב למישור הציור בכיוון אלינו, ועל  $2I$  בכיוון הפוך.  
ה.  $9 \cdot 10^{-7}$  על  $I$  בכיוון מטה, ו-  $18 \cdot 10^{-7}$  על  $2I$  בכיוון מעלה.

### פתרון:

$$\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot 2I}{2\pi D} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2 \cdot 3^2}{2\pi \cdot 4} = 9 \cdot 10^{-7}$$

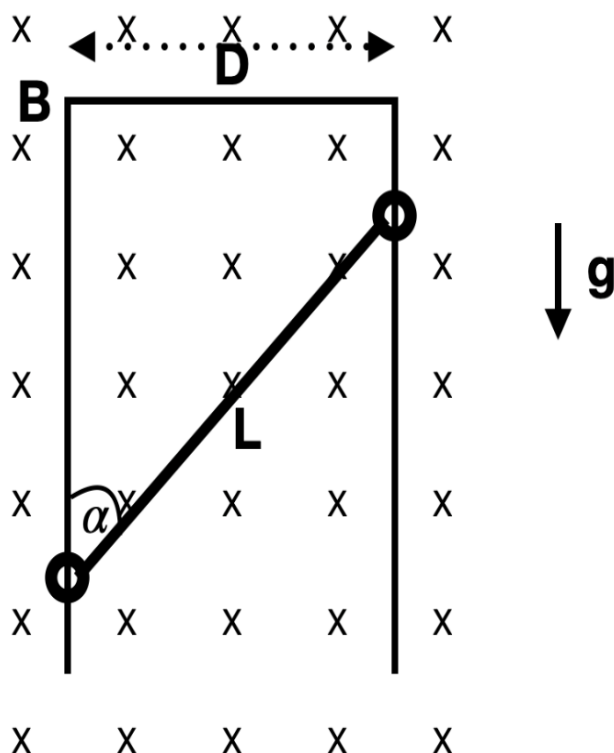
#### שאלה מס' 4

מסילה חלקה במישור אנכי מורכבת משני פסים מקבילים ארוכים, מרוחקים  $D = 2\text{ m}$  זה מזה, ומחוברים בקצותיהם העליונים בחוט מוליך. ההתנגדויות החשמליות של המסילה והמוליך המחובר בין חלקיה זניחות.

מוט מוליך שמסתו  $M = 5\text{ kg}$ , אורכו  $L = 4\text{ m}$  והתנגדותו  $R = 6\ \Omega$  מושחל בקצותיו על הפסים כך שהוא יוצר זווית  $\alpha = 30^\circ$  עם כיוון הפסים כמוראה בציור. המוט מתחיל להחליק מטה ממצב של מנוחה (אין חיכוך). המסילה נמצאת בתוך שדה מגנטי  $B = 0.6\text{ Tesla}$  הניצב למישורה וחודר לתוכו.

#### סעיף I

בהנחה שהמסילה ארוכה מאד, לאיזו מהירות מקסימלית  $v_{\max}$  יגיע המוט ?  
 א. 52      ב. 208      ג. 104      ד. 416      ה. 512



#### פתרון:

$$Mg = i(L \sin \alpha)B = \frac{B(L \sin \alpha)v}{R} \cdot (L \sin \alpha)B$$

$$v = \frac{MgR}{B^2(L \sin \alpha)^2} = \frac{5 \cdot 10 \cdot 6}{0.6^2 \cdot 2^2} = 208.333$$

#### סעיף II

מהי כמות האנרגיה החשמלית שהופכת לחום על המוט בכל שניה, כאשר הוא נע במהירותו המקסימלית? בטא את התשובה כתלות ב-  $v_{\max}$  שבסעיף הקודם.

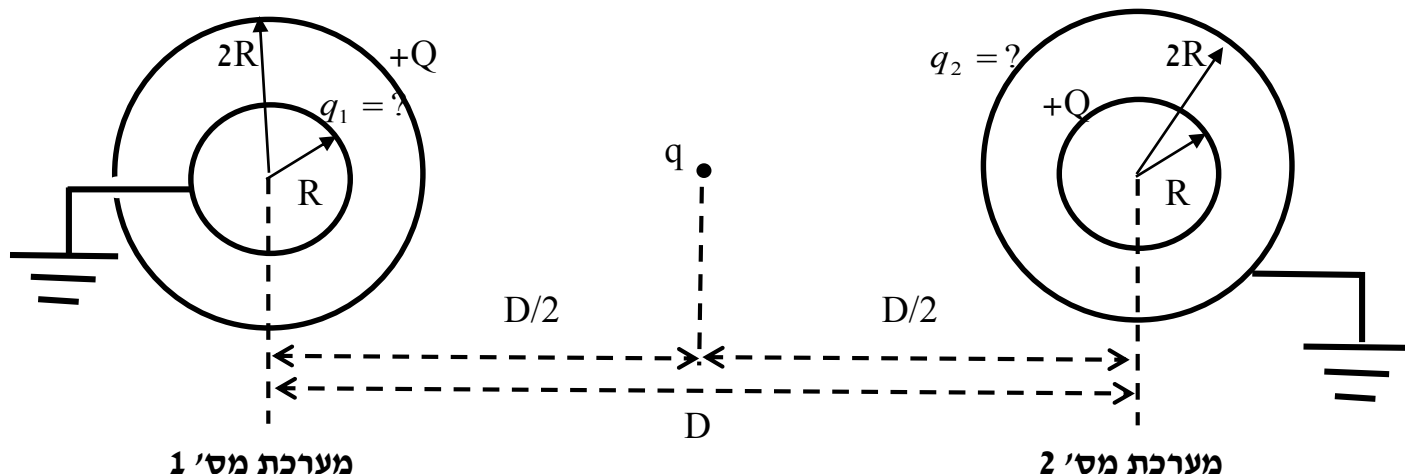
א.  $0.24 v_{\max}^2$       ב.  $25 v_{\max}$       ג.  $12 v_{\max}^2$       ד.  $0.5 v_{\max}^2$       ה.  $6.25 v_{\max}$

#### פתרון:

$$P = \frac{[B(L \sin \alpha)v]^2}{R} = \frac{B^2 D^2 v^2}{R} = \frac{0.6^2 \cdot 2^2}{6} v^2 = 0.24 v^2$$

## שאלה מס' 5

נתונות שתי מערכות זהות שהמרחק בין מרכזיהן הוא  $D = 4\text{ m}$ . כל אחת מהמערכות מורכבת משתי קליפות כדוריות דקות ומוליכות, בעלות מרכז משותף. רדיוס הקליפה הפנימית הוא  $R = 0.1\text{ m}$  וזה של החיצונית  $2R$  (ראה ציור). במערכת השמאלית (מערכת 1) הקליפה החיצונית טעונה במטען חיובי  $Q = +6 \cdot 10^{-9}\text{ Coul}$ . במערכת הימנית (מערכת 2) הקליפה הפנימית טעונה במטען  $+Q$ . הזנח את ההשפעה ההדדית של המערכות זו על זו ( $D \gg R$ ). מאריקים (מחברים לאדמה) את הקליפה החיצונית של מערכת 2, וכן את הקליפה הפנימית של מערכת 1 (בעזרת חוט מוליך העובר דרך חור קטן בקליפה החיצונית שלה מבלי ליצור מגע חשמלי איתה). הנח שפוטנציאל האדמה הוא אפס.



### סעיף I

מהו המטען  $q_2$  של הקליפה החיצונית (זו המוארקת) של מערכת 2 ?  
 א. 0      ב.  $-12 \cdot 10^{-9}$       ג.  $+12 \cdot 10^{-9}$       ד.  $-3 \cdot 10^{-9}$       ה.  $-6 \cdot 10^{-9}$

### פתרון:

$$V_{2R} = 0 = \frac{k(q_2 + Q)}{R} \Rightarrow q_2 = -Q = -6 \cdot 10^{-9}$$

### סעיף II

מהו המטען  $q_1$  של הקליפה הפנימית (זו המוארקת) של מערכת 1 ?  
 א. 0      ב.  $-12 \cdot 10^{-9}$       ג.  $+12 \cdot 10^{-9}$       ד.  $-3 \cdot 10^{-9}$       ה.  $-6 \cdot 10^{-9}$

### פתרון:

$$V_R = 0 = k \frac{Q}{2R} + k \frac{q_1}{R} \Rightarrow \frac{Q}{2} + q_1 = 0 \Rightarrow q_1 = -\frac{Q}{2} = -\frac{6 \cdot 10^{-9}}{2} = -3 \cdot 10^{-9}$$

### סעיף III

מהו הפרש הפוטנציאלים  $\Delta V = V_1 - V_2$  בין הקליפות החיצוניות של המערכות 1 ו-2 ?  
 בטא את התשובה כתלות במטענים  $q_1$  ו-  $q_2$  שהוגדרו בשני הסעיפים הקודמים.  
 א. 0

ב.  $810 + 45 \cdot 10^9 (q_1 - q_2)$       ג.  $270 + 45 \cdot 10^9 q_1$

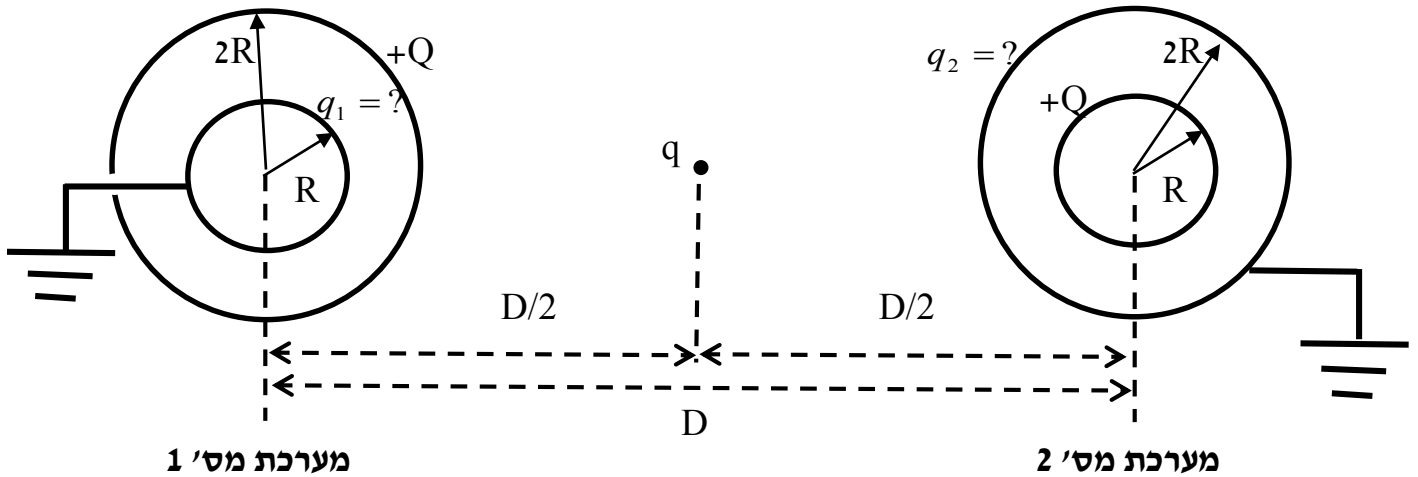
ד.  $270 + 45 \cdot 10^9 (q_1 - q_2)$       ה.  $810 + 45 \cdot 10^9 q_1$

### פתרון:

$$\Delta V = V_1 - V_2 = V_{1,2R} - 0 = k \frac{Q}{2R} + k \frac{q_1}{2R} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 6 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 0.1} + \frac{9 \cdot 10^9}{2 \cdot 0.1} q_1 = 270 + 45 \cdot 10^9 q_1$$



שאלה מס' 5 (המשך)



**IV סעיף**

- מהו הכוח החשמלי השקול הפועל על מטען קטן  $q = +10^{-12} \text{ Coul.}$  הנמצא בנקודת האמצע בין שתי המערכות? בטא את התשובה כתלות במטענים  $q_1$  ו-  $q_2$ .
- א. 0  
 ב.  $13.5 \cdot 10^{-12} + 2.25 \cdot 10^{-3} q_1$  ימינה  
 ג.  $2.25 \cdot 10^{-3} (q_1 - q_2)$  שמאלה  
 ד.  $13.5 \cdot 10^{-12} + 2.25 \cdot 10^{-3} (q_1 - q_2)$  ימינה  
 ה.  $13.5 \cdot 10^{-12} + 2.25 \cdot 10^{-3} (q_1 - q_2)$  שמאלה

**פתרון:**

המערכת הימנית לא מפעילה כוח על  $q$  כי  $q_2 = -Q$ . הכוח שמפעילה המערכת השמאלית על  $q$  הוא בכיוון ימינה וערכו:

$$F = \frac{kQq}{\left(\frac{D}{2}\right)^2} + \frac{kq_1q}{\left(\frac{D}{2}\right)^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 6 \cdot 10^{-9}}{\left(\frac{4}{2}\right)^2} \cdot 10^{-12} + \frac{9 \cdot 10^9 \cdot q_1}{\left(\frac{4}{2}\right)^2} \cdot 10^{-12}$$

$$= 13.5 \cdot 10^{-12} + 2.25 \cdot 10^{-3} q_1$$

**V סעיף**

- מהי האנרגיה החשמלית האצורה במערכת 2?
- א.  $0.81 \cdot 10^{-6}$     ב.  $3.24 \cdot 10^{-6}$     ג.  $0.41 \cdot 10^{-6}$     ד.  $16.2 \cdot 10^{-6}$     ה.  $2.43 \cdot 10^{-6}$

**פתרון:**

$$V = kQ \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{2R} \right) = \frac{kQ}{2R}$$

$$W = \frac{QV}{2} = \frac{kQ^2}{4R} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot (6 \cdot 10^{-9})^2}{4 \cdot 0.1} = 0.81 \cdot 10^{-6}$$