ש הכנה בפיזיקה בנושא חשמל בלבד (ללא מכניקה וללא מגנט

תוכן העניינים

1. מבוא למבנה החומר (ללא ספר)
2. הכוח החשמלי- חוק קולון 1
3. השדה החשמלי 5
4. חוק גאוס ברמה איכותית בלבד 9
5. חוק גאוס 12
6. תנועה בשדה חשמלי אחיד 15
7. מוליכים 17
8. חומרים דיאלקטריים 20
9. מתח, פוטנציאל ואנרגיה פוטנציאלית חשמלית 23
10. זרם מתח ותנגדות 39
11. אנרגיה והספק במעגל החשמלי 47
12. חיבור נגדים וחוקי קירכהוף 52
13. מכשירי מדידה 62
14. קבלים 63

קורס הכנה בפיזיקה בנושא חשמל בלבד (ללא מכניקה וללא מגנטיות)

פרק 1 - מבוא למבנה החומר

תוכן העניינים

1. מבוא למבנה החומר ..... (ללא ספר)

קורס הכנה בפיזיקה בנושא חשמל בלבד (ללא מכניקה וללא מגנטיות)

פרק 2 - הכוח החשמלי- חוק קולון

תוכן העניינים

1. חוק קולון 1
2. תרגילים 2

חוק קולון:

שאלות:

1) אלקטרון ופרוטון

אלקטרון ופרוטון נמצאים במרחק של 3A אחד מהשני.
מהו הכוח הפועל על כל אחד מהם? (גודל וכיוון).

2) שני מטענים על ציר ה-X

שני גופים טעונים במטענים: $q_1 = 0.2mc, q_2 = 0.3mc$.

מיקום הגוף הראשון הוא: $\vec{r}_1(3m,0)$ ומיקום הגוף השני הוא: $\vec{r}_1(8m,0)$.

א. חשב את הכוח החשמלי הפועל על כל גוף גודל וכיוון.

ב. מהי תאוצת כל גוף באותו הרגע אם מסותיהן הן: $m_1 = 3kg, m_2 = 8kg$.

3) שני מטענים במישור

שני גופים טעונים במטענים: $q_1 = 15\mu c, q_2 = -20\mu c$.

מיקום הגוף הראשון הוא: $\vec{r}_1(0,0)$ ומיקום הגוף השני הוא: $\vec{r}_1(5m,3m)$.

א. חשב את הכוח החשמלי הפועל על כל גוף גודל וכיוון.

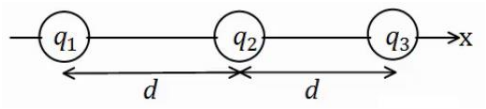
ב. מהי תאוצת כל גוף באותו הרגע אם מסותיהן הן: $m_1 = 3kg, m_2 = 8kg$.

4) 3 מטענים על ציר ה-X

שלושה מטענים מונחים על ציר ה- x במרווחים של $d = 10cm$ אחד מהשני.

גודל המטענים הוא: $q_1 = 2\mu c, q_2 = -10\mu c, q_3 = 5\mu c$.

מצא את הכוח הפועל על כל מטען גודל וכיוון.



תשובות סופיות:

1) $F = -2.56 \cdot 10^9 N$, כוח המשיכה.

2) א. שניהם נעים בכיוונים הפוכים, ב- $F = 21.6N$. ב. $a_1 = -7.2\frac{m}{sec^2}\hat{x}$, $a_2 = 2.7\frac{m}{sec^2}\hat{x}$

3) א. $|F_1| = |F_2| = 7.94 \cdot 10^{-2} N, \theta_1 = 30.96°, \theta_2 = 210.96°$ ב. $a_1 \approx 2.65 \cdot 10^{-2}\frac{m}{sec}$

4) $\sum \vec{F}_1 = 15.75N\hat{x}$, $\sum \vec{F}_2 = 27N\hat{x}$, $\sum \vec{F}_1 = 42.75N\hat{x}$

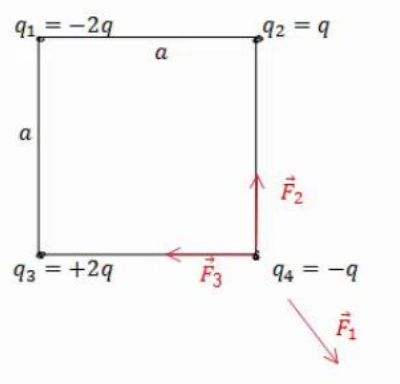
תרגילים:

שאלות:

1) מטען בפינת ריבוע

חשב את הכוח הפועל על המטען בפינה הימנית התחתונה של הריבוע.

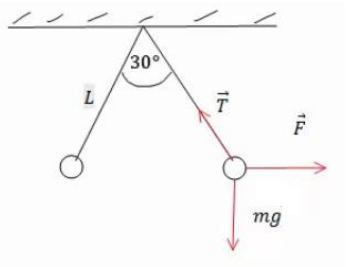
q ו- a נתונים.



2) שני כדורים תלויים

שני כדורים בעלי מסה m ומטען זהה תלויים מהתקרה ע"י חוטים בעלי אורך L, הזווית בין החוטים היא 30 מעלות.

מצא את מטען הכדורים.



3) מהירות זוויתית באטום המימן

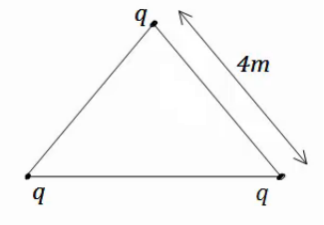
אטום המימן מורכב מפרוטון בגרעין ואלקטרון הסובב סביב הגרעין בתנועה מעגלית ברדיוס של 0.53 אנגסטרום.

מצא את המהירות הזוויתית של האלקטרון, אם ידוע כי מסת האלקטרון היא: $m_e=9.1\cdot10^{-31}kg$ ומטען האלקטרון והפרוטון הוא: $q_e=-1.6\cdot10^{-19}c=-q_p$.

4) מטענים בקודקודי משולש

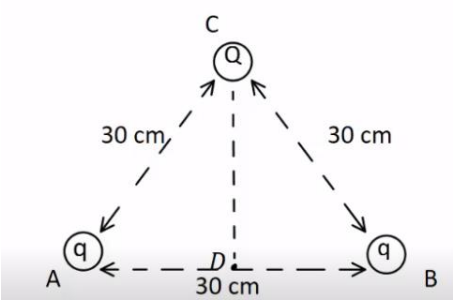
שלושה מטענים זהים נמצאים על קודקודיו של משולש שווה צלעות.

גודל כל מטען הוא $q=2\mu c$ ואורך צלע המשולש היא 4m.



מצא את הכוח שמרגיש כל מטען כתוצאה מהמטענים האחרים.

5) כוח על כדור בקצה משולש



שני כדורים קטנים, שמטען כל אחד מהם הוא: $q=10^{-5}c$, קבועים בנקודות A ו-B באויר.

המרחק בין הנקודות הוא $30cm$.

בנקודה C הנמצאת במרחק של $30cm$ מכל אחד מהמטענים האלה, נמצא כדור מוליך קטן שמסתו $20gr$ והוא טעון במטען של: $Q=-2\cdot10^{-5}c$.

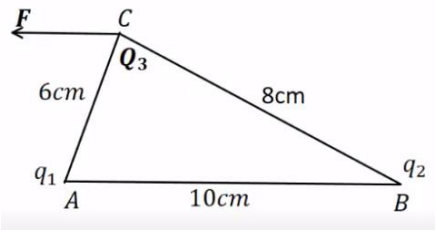
משחררים את הכדור הנמצא בנקודה C.

א. חשב את הגודל ואת הכיוון של הכוח על הכדור ברגע בו שוחרר.

ב. חשב את גודלה ואת כיוונה של תאוצת הכדור ברגע בו שוחרר.

ג. חשב את תאוצת הכדור בנקודה D.

6) נחש את סימן המטענים



שני מטענים נקודתיים ממוקמים בקודקודי משולש ישר זווית, בקצוות המיתר AB.

נתון כי: $Q_3=3\mu c$ $|q_1|=3\mu c$ והכוח השקול F הפועל על Q_3 פועל בכיוון אופקי שמאלה במקביל לצלע AB.

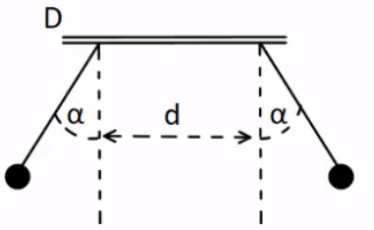
בהזנחת כוח הכובד:

א. מהם סימני המטענים q_1 ו- q_2? נמק.

ב. חשב את מטען q_2 אם הזווית $\measuredangle ACB$ היא זווית ישרה.

ג. מהו גודלו של הכוח השקול F?

7) שני מטענים תלויים



שני כדורים שמסתם זהות $m=8gr$ ומטען זהה q, תלויים באמצעות חוטים משתי נקודות שהמרחק ביניהם הוא $d=2cm$.

נתון: $\alpha=30°$ ו- $l=3cm$.

בטא את גודל המטען q באמצעות α , m , l , d וחשב את גודל המטען q.

תשובות סופיות:

1) $\sum F_y = \frac{kq^2}{a^2}\left(1-\frac{1}{\sqrt{2}}\right)$

2) $q = \sqrt{\frac{mg}{k}\tan(15)L^2\left(2-\sqrt{3}\right)}$

3) $\omega = \sqrt{17}\cdot 10^{16}\frac{1}{\sec}$

4) $\sum F = 3.897\cdot 10^{-3}N$

5) א. $34.6N$ ב. $a_y = 1,732\frac{m}{\sec^2}$ ג. $a = 0$

6) א. q_1: שלילי, q_2: חיובי. ב. $q_2 = 7.11\mu c$ ג. $\sum F_x = 37.5N$

7) $q = \sqrt{\frac{mg\tan\alpha}{k}}\left(d+2l\sin\alpha\right)$, $q \approx 5.2\cdot 10^{-8}c$

קורס הכנה בפיזיקה בנושא חשמל בלבד (ללא מכניקה וללא מגנטיות)

פרק 3 - השדה החשמלי

תוכן העניינים

1. שדה חשמלי של מטענים נקודתיים..... 5

שדה חשמלי של מטענים נקודתיים:

שאלות:

1) שדה בשתי נקודות

מטען q נמצא בראשית הצירים.

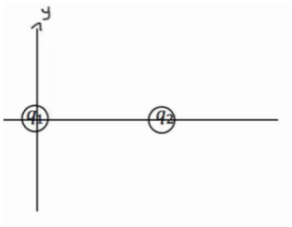
א. חשב את השדה בנקודות $(1m,3m),(0,2m)$, אם נתון ש- $q=5c$ (גודל וכיוון).

ב. חזור על סעיף א' אם $q=-7c$.

ג. מצא מה יהיה הכוח על מטען $q_2=3c$ המגיע לנקודה $(1m,3m)$ עבור סעיף א'.

ד. מצא מה יהיה הכוח על מטען $q_3=-4c$ המגיע לנקודה $(1m,3m)$ עבור סעיף א' ללא q_2.

2) חישוב שדה שקול בשלוש נקודות



מטען $q_1=5\mu c$ נמצא בראשית הצירים.

מטען $q_2=4\mu c$ נמצא במיקום $(3cm,0)$.

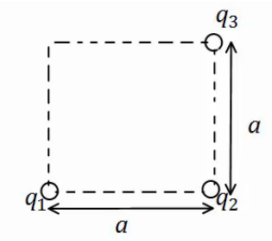
מצא את השדה בנקודות הבאות:

א. $(5cm,0)$.

ב. $(2cm,0)$.

ג. $(2cm,1cm)$.

3) חישוב שדה שקול בפינה של ריבוע



מטענים q_1 , q_2 , q_3 נמצאים בשלוש פינותיו של ריבוע בעל צלע a.

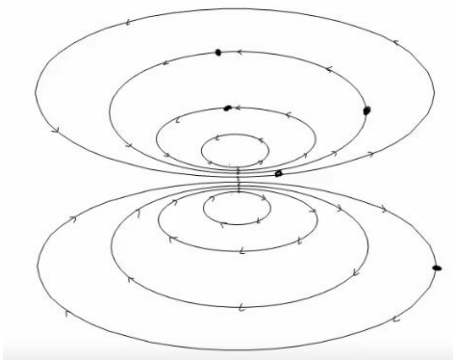
מהו השדה בפינה הרביעית?

a , q_3 , q_2 , q_1 נתונים.

4) קווי שדה

באיור הבא מתוארים קווי שדה במרחב.

צייר איכותית את וקטור השדה החשמלי בכל הנקודות המסומנות.



5) חלקיק על קו שדה

חלקיק מתחיל לנוע ממנוחה במרחב בו קיים שדה חשמלי.
האם החלקיק ימשיך לנוע לאורך קו השדה עליו היה בתחילת התנועה לעד?

6) יחידות של השדה

תלמיד טען שניתן לרשום את היחידות של השדה החשמלי גם כג׳אול לקולון למטר. האם התלמיד צודק?

7) קווי שדה חוצים זה את זה

תלמיד טען שקווי השדה של שני מטענים במרחב חוצים זה את זה? האם הדבר אפשרי? אם כן, אילו מטענים יקיימו טענה זו?

8) שדה מתאפס

בתוך אזור מבודד נמצאים שני מטענים במיקומים שונים. גודל המטענים זהה וסימנם אינו ידוע. קבעו האם המטענים בעלי סימן זהה או סימן הפוך אם ידוע שקיימת נקודה במרחב שבה השדה מתאפס. הניחו שאין עוד מטענים במרחב.

9) גוף מרגיש שדה

גוף קטן הנושא מטען של $-5\cdot10^{-9}\text{C}$ חשב בכוח חשמלי שגודלו $4\cdot10^{-8}\text{N}$ כלפי מטה. הניחו שכוח הכובד זניח.

א. מהו השדה החשמלי בנקודה בה נמצא הגוף?

ב. מסירים את הגוף ושמים במקומו פרוטון, מה יהיה הכוח על הפרוטון? הניחו שהשדה לא השתנה.

10) שדה מתאפס בין שני מטענים

שני מטענים $q_1=3\cdot10^{-9}\text{C}$ ו-$q_2=-5\cdot10^{-9}\text{C}$ מרוחקים 1.8m זה מזה.
באיזו נקודה מתאפס השדה החשמלי על הקו המחבר בין המטענים?

11) שדה בכמה נקודות

מטען $q_1=4\cdot10^{-6}\text{C}$ נמצא בראשית. מטען אחר של $q_2=-2\cdot10^{-9}\text{C}$ נמצא בנקודה $(1,2)$ במטרים.
חשבו את השדה השקול בנקודות הבאות:

א. $(0,2)$

ב. $(-1,-2)$

ג. $(-1,-4)$*

12) שני כדורים תלויים בשדה חיצוני

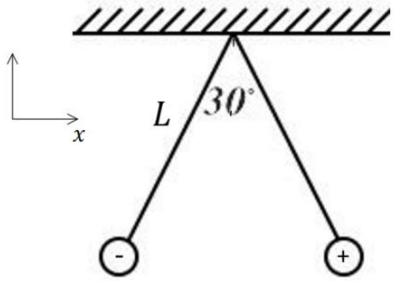
שני כדורים קטנים תלויים מהתקרה באמצעות חוטים זהים באורך: $L = 8cm$.

מסת הכדורים זהה ושווה ל- $4gr$, מטעני הכדורים הם: $6 \cdot 10^{-8} C$

ו- $-6 \cdot 10^{-8} C$, המטען החיובי על הכדור הימני באיור.

בכל המרחב יש שדה חשמלי אחיד בכיוון ציר x.

מה צריך להיות גודל השדה כך שהכדורים יהיו במצב שיווי משקל בזווית של 30 מעלות בינהם?



תשובות סופיות:

1) א. $\vec{E}=1.42\cdot10^{9}\hat{x}+4.27\cdot10^{9}\hat{y}$ ב. $\vec{E}=6.3\cdot10^{9}\hat{x}+15.75\cdot10^{9}\left(-\hat{y}\right)$

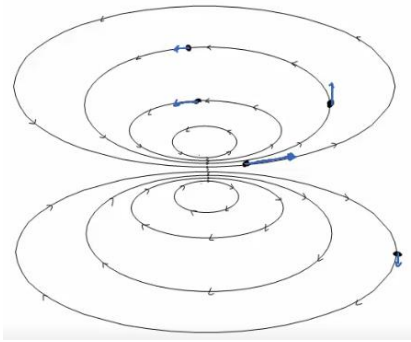
ג. $\vec{F}=4.26\cdot10^{9}\hat{x}+12.81\cdot10^{9}\hat{y}$ ד. $\vec{F}_3=-4\cdot\left(1.42\cdot10^{9}\hat{x}+4.27\cdot10^{9}\hat{y}\right)$

2) $E_{1_x}=8.05\cdot10^{7}$, $E_{1_y}=4.03\cdot10^{7}$, $E_{2_x}=-12.73\cdot10^{7}$, $E_{2_y}=12.73\cdot10^{7}$

$E_{T_x}=-4.68\cdot10^{7}$, $E_{T_y}=16.77\cdot10^{7}$

3) $E_{T_y}=\frac{kq_1}{a^2}+\frac{kq_2}{2a^2}\cdot\frac{1}{\sqrt{2}}$, $E_{T_x}=\frac{kq_3}{a^2}-\frac{kq_2}{2a^2}\cdot\frac{1}{\sqrt{2}}$

4)



5) לא.

6) כן.

7) לא.

8) זהה.

9) א. $8\frac{N}{C}$, למעלה. ב. $1.28\cdot10^{-18}N$, כלפי מעלה.

10) .

11) $x_2=-6.19$

12) א. $\vec{E}=18\hat{x}+9\hat{y}$ ב. $\vec{E}=-2.82\hat{x}-5.63\hat{y}\frac{N}{C}$

ג. $\vec{E}=-0.37\hat{x}-1.63\hat{y}$

13) $4.94\cdot10^{5}\frac{N}{C}$

קורס הכנה בפיזיקה בנושא חשמל בלבד (ללא מכניקה וללא מגנטיות)

פרק 4 - חוק גאוס ברמה איכותית בלבד

תוכן העניינים

1. הסבר 9

חוק גאוס:

רקע:

הקבוע הדיאלקטרי של הריק:

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85\frac{c^2}{N\cdot m^2}$$

ניתן לרשום את כל הנוסחאות עם k או עם ε_0 .

השדה של כדור וקליפה כדורית מחוץ לכדור או הקליפה הוא כמו של מטען נקודתי:

$$E = \frac{kQ}{r^2}$$

כאשר:

Q - הוא סך כל המטען

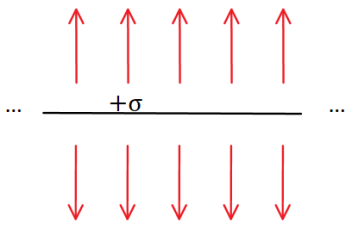
r - הוא המרחק ממרכז הקליפה/כדור

כיוון השדה הוא בכיוון הרדיאלי (כמו מטען נק')

בקליפה דקה ובכדור מוליך השדה בתוך הקליפה/כדור מוליך הוא אפס.

השדה של מישור אינסופי:

$$E = 2\pi k\sigma = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

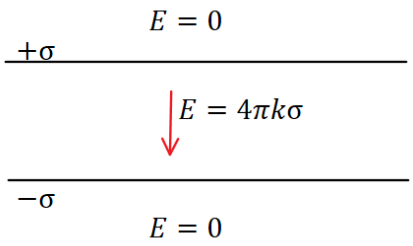


כאשר:

σ - היא צפיפות המטען ליחידת שטח במישור $(\sigma = \frac{Q}{S})$

כיוון השדה במאונך למישור (החוצה מהמישור עבור מטען חיובי וכלפי המישור עבור מטען שלילי)

השדה של שני מישורים אינסופיים עם צפיפות הפוכה הוא $4\pi k\sigma$ בין המישורים ואפס מחוץ



השדה של תיל אינסופי:

$$E = \frac{2k\lambda}{r}$$

כאשר:

λ - היא צפיפות המטען ליחידת אורך בתיל $(\lambda = \frac{Q}{L})$

r - הוא המרחק מהתיל

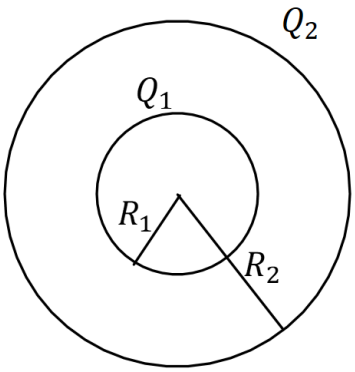
אותה הנוסחה גם עבור גליל מלא או קליפה גלילית אינסופיים מחוץ לגליל או לקליפה.

בקליפה גלילית דקה ובגליל מלא מוליך השדה בתוך הקליפה/גליל מוליך הוא אפס.

כיוון השדה הוא בכיוון הרדיאלי (גלילי)

שאלות:

1) שתי קליפות קונצנטריות

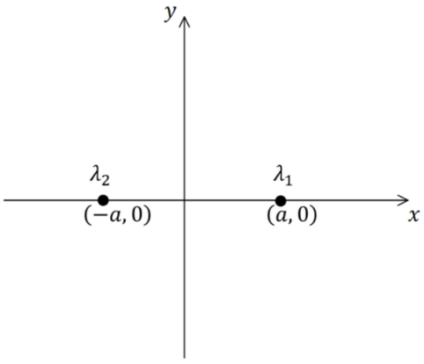


במערכת הבאה שתי קליפות (חלולות) בעלות מרכז משותף (קונצנטריות). רדיוס הקליפה הפנימית הוא $R_1 = 3cm$ והמטען עליה הוא $Q_1 = 2\mu C$,
רדיוס הקליפה החיצונית הוא $R_2 = 6cm$
והמטען עליה הוא $Q_2 = 5\mu C$.

א. חשבו את פונקציות השדה החשמלי בכל המרחב.
רמז: סופרפוזיציה.

ב. מה הכוח (גודל וכיוון) שירגיש מטען בגודל $Q_3 = 0.03\mu C$ הנמצא במרחק $r = 8cm$ ממרכז הכדור?

2) שני תיילים מקבילים



שני תיילים ארוכים מאוד טעונים בצפיפויות מטען זהות, $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda$, מונחים במקביל לציר z בנקודות $(a, 0)$ ו- $(-a, 0)$.

א. מצאו את השדה בנקודה כלשהיא על ציר הy.

ב. חזרו על סעיף א עבור $\lambda_1 = -\lambda_2 = \lambda$.

תשובות:

1) א.

$$E=\begin{cases}\dfrac{63\cdot10^{3}\ \dfrac{N\cdot m^{2}}{C}}{r^{2}} & 6cm<r\\ \dfrac{18\cdot10^{3}\ \dfrac{N\cdot m^{2}}{C}}{r^{2}} & 3cm<r<6cm\\ 0 & r<3cm\end{cases}$$

בכיוון רדיאלי.

ב. 0.295N בכיוון רדיאלי.

2) א. $\vec{E}=\dfrac{4k\lambda y}{y^{2}+a^{2}}\hat{y}$

ב. $\vec{E}=-\dfrac{4k\lambda y}{y^{2}+a^{2}}\hat{x}$

קורס הכנה בפיזיקה בנושא חשמל בלבד (ללא מכניקה וללא מגנטיות)

פרק 5 - חוק גאוס

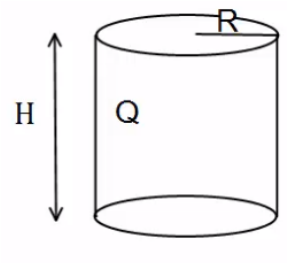
תוכן העניינים

1. צפיפות מטען 12
2. חוק גאוס 13
3. סיכום חוק גאוס ..... (ללא ספר)
4. תרגילים נוספים 14

צפיפות מטען:

שאלות:

1) גליל עם חור



גליל בעל רדיוס R וגובה H, טעון במטען Q המתפלג בצורה אחידה.
קודחים בגליל חור ברדיוס $r < R$, לכל אורכו.
מהו המטען שיצא מהגליל?
(נוסחה לנפח גליל: $\pi r^2 h$).

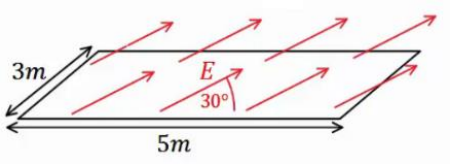
תשובות סופיות:

1) $q = \frac{Qr^2}{R^2}$

חוק גאוס:

שאלות:

1) שדה באלכסון



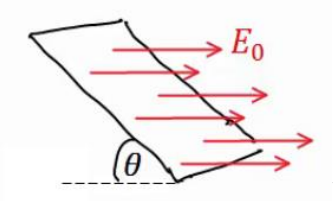
באיור הבא נתון כי השדה החשמלי על המשטח זהה בכל נקודה (שדה אחיד).

גודלו הוא $E = 2\frac{N}{c}$ והזווית בינו למשטח היא $30°$.

אורך המשטח הוא $5m$ ורוחבו הוא $3m$.

מצא מהו השטף דרך המשטח.

2) משטח באלכסון



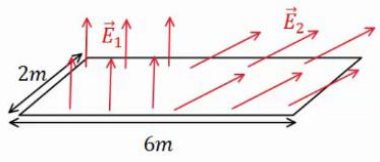
שדה חשמלי אחיד נמצא בכל המרחב בכיוון ציר ה- x,

גודלו הוא E_0.

מצא מה השטף דרך משטח המונח בזווית θ ביחס לציר ה- x.

אורך המשטח הוא a ורוחבו הוא b.

3) שדה מפוצל



באיור הבא נתון כי השדה החשמלי על המשטח,

בחציו השמאלי, הוא: $\vec{E}_1 = 2\frac{N}{c}\hat{y}$ (שדה אחיד).

בחציו הימני של המשטח, השדה הוא: $\vec{E}_2 = 7\frac{N}{c}\hat{x} + 3\frac{N}{c}\hat{y}$.

אורך המשטח הוא $6m$ ורוחבו הוא $2m$.

מצא מהו השטף דרך המשטח.

תשובות סופיות:

1) $\Phi_E = 15 \cdot \frac{m^2 N}{C}$

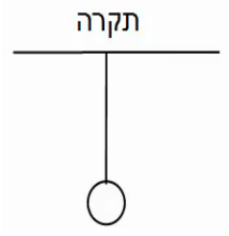
2) $\Phi_E = E_0 \sin\theta \cdot a \cdot b$

3) $\Phi_E = 30\frac{N \cdot m^2}{C}$

תרגילים נוספים:

שאלות:

1) מישור מתחת לכדור תלוי



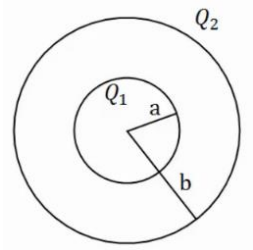
כדור בעל מסה $m=5kg$ ומטען $Q=20\mu c$ תלוי באמצעות חוט מהתקרה. מתחת לכדור ישנו מישור אינסופי בעל צפיפות מטען משטחית: $\sigma=-\frac{30\mu c}{m^3}$.

א. מצא את המתיחות בחוט.

ב. מצא את המתיחות בחוט אם $\sigma=+\frac{5\mu c}{m^3}$.

2) שתי קליפות כדוריות

במערכת הבאה שתי קליפות (חלולות) בעלות מרכז משותף (קונצנטריות). רדיוס הקליפה הפנימי הוא a והמטען עליה הוא Q_1, רדיוס הקליפה החיצונית הוא b והמטען עליה הוא Q_2.



א. חשב את פונקציית השדה החשמלי בכל המרחב.

ב. מה הכוח (גודל וכיוון) שירגיש מטען בגודל Q_3, הנמצא במרחק $3b$ ממרכז הכדור.

תשובות סופיות:

1) א. $T=83.93N$ ב. $T\approx 44.35N$

2) א. $E=\begin{cases}0 & r<a\\ \frac{kQ_1}{r^2} & a<r<b\\ \frac{k(Q_1+Q_2)}{r^2} & b<r\end{cases}$ ב. $\vec{F}=Q_3\frac{k(Q_1+Q_2)}{(3b)^2}$, כיוון: כלפי חוץ.

קורס הכנה בפיזיקה בנושא חשמל בלבד (ללא מכניקה וללא מגנטיות)

פרק 6 - תנועה בשדה חשמלי אחיד

תוכן העניינים

1. הסבר ותרגילים 15

הסבר ותרגילים:

שאלות:

1) מלוח אל לוח

שני לוחות ריבועיים נמצאים אחד מעל השני. אורך כל צלע היא 6 ס״מ, והמרחק בין הלוחות הוא 2 מ״מ. הלוחות טעונים בצפיפות מטען אחידה; המטען הכולל על הלוח התחתון הוא: $Q=6\cdot10^{-6}c$ והמטען הכולל על הלוח העליון זהה והפוך בסימנו.

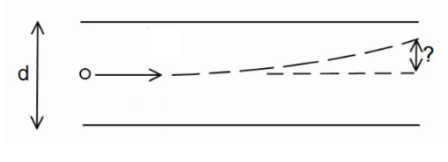
משחררים אלקטרון ממנוחה קרוב מאוד ומתחת ללוח העליון: $\begin{pmatrix} q_e=-1.6\cdot10^{-19}c \\ m_e=9.1\cdot10^{-31}kg \end{pmatrix}$.

א. כמה זמן ייקח לאלקטרון להגיע אל הלוח התחתון?

ב. מהי מהירותו בזמן פגיעתו בלוח?

ג. מהי האנרגיה הקינטית של האלקטרון באותו הרגע?

2) חישוב סטייה



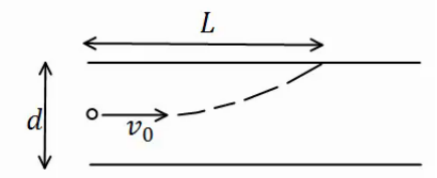
שני לוחות ריבועיים נמצאים אחד מעל השני. אורך הצלע של כל לוח היא 5 ס״מ והמרחק בין הלוחות הוא 2 מ״מ.
הלוחות טעונים בצפיפות מטען אחידה.
המטען הכולל על הלוח העליון הוא: $Q=3\cdot10^{-11}c$, והמטען הכולל על הלוח התחתון זהה והפוך בסימנו.

אלקטרון נע במהירות: $v_0=2\cdot10^7\frac{m}{sec}$ במקביל ללוחות: $\begin{pmatrix} q_e=-1.6\cdot10^{-19}c \\ m_e=9.1\cdot10^{-31}kg \end{pmatrix}$.

א. מצא את הסטייה של האלקטרון (כמה זז בציר ה- y) ברגע צאתו מן הלוחות.

ב. מהו כיוון מהירותו של האלקטרון בצאתו מן הלוחות?

3) מטען לא מזוהה



שני לוחות ריבועיים נמצאים אחד מעל השני. המרחק בין הלוחות הוא d ואורך הצלע של כל לוח גדולה בהרבה מהמרחק בין הלוחות.
הלוחות טעונים בצפיפות מטען אחידה, צפיפות המטען המשטחית על הלוח העליון היא σ והצפיפות על הלוח התחתון זהה והפוכה בסימנה. מטען לא מזוהה נכנס בדיוק במרכז בין הלוחות במהירות v_0 בכיוון מקביל ללוחות. המטען פוגע בלוח העליון במרחק L.

א. מצא את סימנו של המטען, בהנחה שהצפיפות הנתונה חיובית.

ב. מצא את היחס בין גודל המטען למסה שלו.

תשובות סופיות:

1) א. $t \approx 1.1 \cdot 10^{-10}\,\text{sec}$ ב. $v(t) = 3.65 \cdot 10^{7}\,\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ג. $E_k = 6.06 \cdot 10^{-16}\,\text{J}$

2) א. $y_x = 0.747\text{mm}$ ב. $\theta \approx 1.72°$

3) א. סימן המטען שלילי. ב. $\frac{q}{m} = \frac{dv_0^2}{4\pi k \sigma L^2}$

קורס הכנה בפיזיקה בנושא חשמל בלבד (ללא מכניקה וללא מגנטיות)

פרק 7 - מוליכים

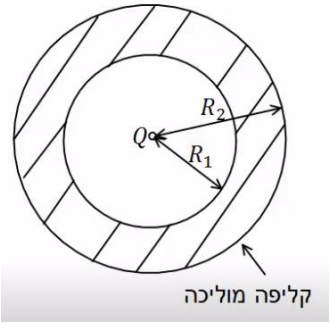
תוכן העניינים

1. הסבר על מוליכים ..... (ללא ספר)
2. תרגילים 17

תרגילים:

שאלות:

1) מטען נקודתי וקליפה עבה

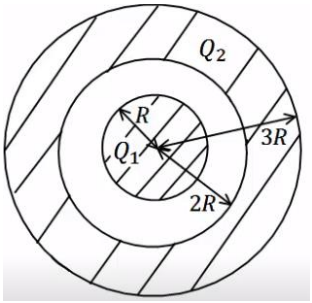


מטען נקודתי Q נמצא במרכזה של קליפה כדורית מוליכה ועבה. לקליפה רדיוס פנימי R_1 ורדיוס חיצוני R_2.

א. מצא את השדה בכל המרחב אם הקליפה ניטרלית.

ב. מהי התפלגות המטען על שפת הקליפה?

2) כדור מוליך וקליפה עבה טעונה



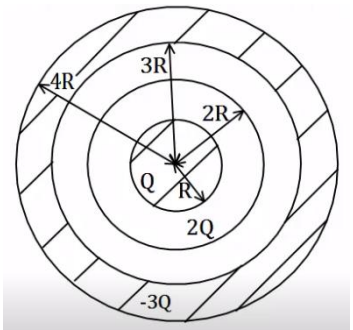
כדור מוליך ברדיוס R טעון במטען Q_1.
הכדור נמצא בתוך ובמרכזה של קליפה כדורית מוליכה עם רדיוס פנימי 2R ורדיוס חיצוני 3R.
הקליפה טעונה, וסך המטען על הקליפה הוא Q_2.

א. מצא את השדה החשמלי בכל המרחב.

ב. מהי התפלגות המטען על שפת הכדור ושפת הקליפה?

ג. מטען נקודתי q מונח ב- $r=1.5R$.
מהו הכוח הפועל על המטען אם ניתן להניח שההשפעה שלו על המערכת זניחה.

3) כדור מוליך קליפה דקה וקליפה עבה

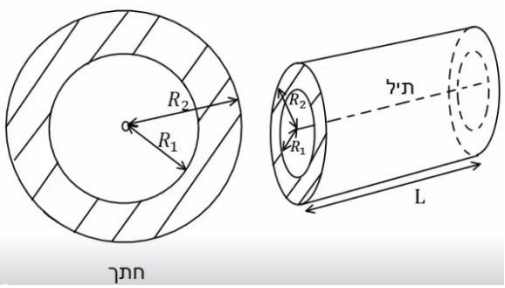


במערכת הבאה ישנו כדור מוליך ברדיוס R הטעון במטען Q. מסביב לכדור ישנה קליפה כדורית דקה ברדיוס 2R הטעונה במטען 2Q. את הכדור והקליפה מקיפה קליפה כדורית עבה ומוליכה בעלת רדיוס פנימי 3R ורדיוס חיצוני 4R הטעונה במטען כולל -3Q.
הכדורים והקליפות קוצנטריים (בעלי מרכז משותף).

א. מצא את השדה בכל המרחב.

ב. מצא את התפלגות המטען בכל המרחב.

4) תיל וקליפה גלילית עבה



במערכת הבאה ישנו תיל באורך L הטעון במטען כולל Q. התיל נמצא במרכזה של קליפה גלילית עבה ומוליכה בעלת רדיוס פנימי R_1 ורדיוס חיצוני R_2.

אורך הקליפה הוא L גם כן והיא ניטרלית. הנח שאורך התיל והקליפה גדול בהרבה מהרדיוסים.

א. מהי צפיפות המטען ליחידת אורך בתיל?

ב. מצא את השדה החשמלי בכל המרחב.

ג. מהי צפיפות המטען על שפת הקליפה?

תשובות סופיות:

1) א. $E=\begin{cases}\frac{kQ}{r^2} & r<R_1\\ 0 & R_1<r<R_2\\ \frac{kQ}{r^2} & R_2<r\end{cases}$

ב. $\sigma_1=\frac{q_1}{4\pi R_1}\ ,\ \sigma_2=\frac{q_2}{4\pi R_2}$

2) א. $E=\begin{cases}0 & r<R\\ \frac{kQ_1}{r^2} & R<r<2R\\ \frac{k\left(Q_1+Q_2\right)}{r^2} & 3R<r\end{cases}$

ב. $\sigma_1=\frac{Q_1}{4\pi R^2}\ ,\ \sigma_2=\frac{-Q_1}{4\pi 4R^2}\ ,\ \sigma_3=\frac{q_3}{4\pi\left(3R\right)^2}$

ג. $F=q\frac{kQ_1}{\left(1.5R\right)^2}$

3) א. $E=\begin{cases}0 & r<R\\ \frac{kQ}{r^2} & R<r<2R\\ \frac{k3Q}{r^2} & 2R<r<3R\\ 0 & 3R<r<4R\\ 0 & 4R<r\end{cases}$

ב. $\sigma_1=\frac{Q}{4\pi R^2}\ ,\ \sigma_2=\frac{Q}{8\pi R^2}\ ,\ \sigma_3=\frac{-3Q}{4\pi 9R^2}$

4) א. $\lambda=\frac{Q}{L}$

ב. $E=\begin{cases}\frac{2k\lambda}{r} & r<R_1\\ 0 & R_1<r<R_2\\ \frac{2k\lambda}{r} & R_2<r\end{cases}$

ג. $\sigma_1=-\frac{\lambda}{2\pi R_1}$

קורס הכנה בפיזיקה בנושא חשמל בלבד (ללא מכניקה וללא מגנטיות)

פרק 8 - חומרים דיאלקטריים

תוכן העניינים

1. הסברים ותרגילים 20

הסברים ותרגילים:

רקע:

חומר דיאלקטרי הוא חומר מבודד (בפשטות, במקרים יותר מורכבים אפשר לדבר גם על חומרים דיאלקטרים מוליכים)

בחומר דיאלקטרי יש דיפולים, כאשר החומר נמצא בשדה חשמלי הדיפולים מתיישרים בכיוון השדה ויוצרים שדה נגדי.

השדה השקול בתוך החומר (בהנחה שהחומר אחיד ובעל סימטריה):

$$\vec{E}_T = \frac{\vec{E}_0}{\varepsilon_r}$$

$\vec{E}_T$ - השדה השקול בתוך החומר, זה השדה שמרגיש מטען בתוך החומר.

$\vec{E}_0$ - שדה שנוצר מהמטען חיצוני (ולא מהדיפולים של החומר).

ε_r - מקדם דיאלקטרי יחסי, קבוע חסר יחידות שתלוי בסוג החומר וקיים בטבלאות.

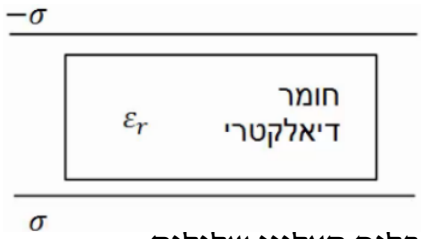
לפעמים נתון המקדם הדיאלקטרי (הלא יחסי) והקשר הוא:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r$$

כאשר $\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85\frac{c^2}{N\cdot m^2}$ הוא המקדם הדיאלקטרי של הריק

שאלות:

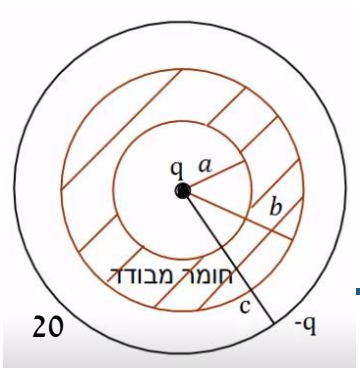
1) חומר דיאלקטרי בין שני לוחות



חומר דיאלקטרי בעל מקדם $\varepsilon_r = 2$ מוכנס בין שני לוחות גדולים מאוד, הטעונים בצפיפות מטען משטחית: $\sigma = 3\cdot 10^{-3}\frac{\text{c}}{\text{m}^2}$.

מהו השדה החשמלי בתוך החומר, אם הצפיפות בלוח העליון שלילית ובתחתון חיובית.

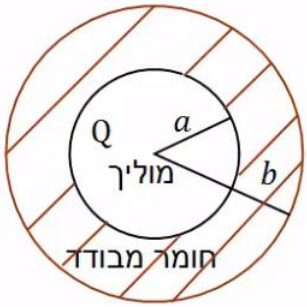
2) מטען נקודתי בתוך מעטפת דיאלקטרית



מטען נקודתי $q = 2\cdot 10^{-6}\text{c}$ מוקף במעטפת כדורית מבודדת בעלת רדיוס פנימי $a = 5\text{c.m}$ ורדיוס חיצוני $b = 8\text{c.m}$. המקדם הדיאלקטרי של המעטפת המבודדת הוא: $\varepsilon_r = 3$. את כל המערכת עוטפת

קליפה מוליכה דקה ברדיוס $c=10c.m$ הטעונה במטען $-q=-2\cdot10^{-6}c$.
מהו השדה החשמלי בכל המרחב אם הקליפה המבודדת אינה טעונה?

3) כדור מוליך בתוך מעטפת דיאלקטרית



כדור מוליך ברדיוס a טעון במטען Q.
הכדור מוקף במעטפת עבה העשויה חומר דיאלקטרי בעל מקדם ε_r. הרדיוס הפנימי של המעטפת הדיאלקטרית צמוד לרדיוס הכדור a והרדיוס החיצוני שווה ל- b.
הבא את השדה החשמלי בכל המרחב באמצעות הפרמטרים של הבעיה.

תשובות סופיות:

1) $E=1.7\cdot10^{8}\frac{N}{C}$

2)
$$E=\begin{cases}\frac{kq}{r^2} & r<a\\ \frac{kq}{\varepsilon_r r^2} & a<r<b\\ \frac{kq}{r^2} & b<r<c\\ 0 & c<r\end{cases}$$

3)
$$E=\begin{cases}0 & r<a\\ \frac{kQ}{\varepsilon_r^{\,2}} & a<r<b\\ \frac{kQ}{r^2} & b<r\end{cases}$$

קורס הכנה בפיזיקה בנושא חשמל בלבד (ללא מכניקה וללא מגנטיות)

פרק 9 - מתח, פוטנציאל ואנרגיה פוטנציאלית חשמלית

תוכן העניינים

1. עבודה ואנרגיה של הכוח החשמלי 23
2. פוטנציאל ומתח 25
3. פוטנציאל במוליכים 29
4. תרגילים נוספים 31

עבודה ואנרגיה של הכוח החשמלי:

שאלות:

1) עבודה להביא מטען מהאינסוף

מהי העבודה הדרושה להביא מטען $Q_1 = 2\cdot10^{-6}c$ מהאינסוף למרחק $r = 50cm$ ממטען $Q_2 = 3\cdot10^{-6}c$ המקובע במקום?

2) מטען מגיע עם מהירות מהאינסוף

מטען $Q_1 = 4\cdot10^{-5}c$ בעל מסה $m = 10^{-3}kg$ נע מהאינסוף במהירות $v_0 = 20\frac{m}{sec}$ כלפי מטען $Q_2 = 5\cdot10^{-5}c$ המקובע למקום.

א. מהו המרחק בו ייעצר רגעית המטען?

ב. מהי מהירות המטען כאשר מרחקו $100m$?

3) עבודה להרחיק שני מטענים

חשב את העבודה הדרושה להרחיק שני מטענים: $Q_1 = 3\cdot10^{-6}c$, $Q_2 = -4\cdot10^{-6}c$ ממרחק $r_1 = 20cm$ למרחק $r_2 = 40cm$.

בדוק האם הסימן הגיוני.

4) עבודה להכניס מטען לתוך קליפה טעונה

חשב את העבודה הדרושה להביא מטען של $Q_1 = 3\cdot10^{-5}c$ לתוך קליפה כדורית ברדיוס $R = 0.8m$ הטעונה בצפיפות מטען משטחית $\sigma = 2\cdot10^{-3}\frac{c}{m^2}$.

5) עבודה של לוח אינסופי

מטען $Q = 2\cdot10^{-6}C$ נמצא במרחק $d = 30c.m$ מלוח אינסופי הטעון בצפיפות מטען ליחידת שטח $\sigma = 5\cdot10^{-3}\frac{c}{m^2}$.

חשב את העבודה הדרושה להביא את המטען אל הלוח.

6) מטען זז בין שני לוחות

שני לוחות גדולים מאוד טעונים בצפיפויות מטען משטחיות הפוכות $\sigma = \pm 3\cdot 10^{-3}\frac{c}{m^2}$.

המרחק בין הלוחות הוא $d = 5cm$.

מצא את העבודה הדרושה להעביר מטען של $Q = 2\cdot 10^{-6}c$ מהלוח השלילי אל הלוח החיובי. הזנח את השפעת המטען על השדה של הלוחות.

תשובות סופיות:

1) $W = 108\cdot 10^{-3}J$

2) א. $r = 90m$ ב. $v_F \approx 6.32\frac{m}{sec}$

3) $W = 0.27J$, כן.

4) $W = 5.43\cdot 10^{3} - 0$

5) $W = 170J$

6) $W = 33.9J$

פוטנציאל ומתח:

שאלות:

1) פוטנציאל שיוצר מטען בשתי נקודות

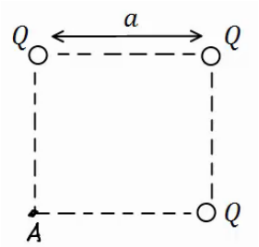
חשב את הפוטנציאל שיוצר המטען $Q_1 = 2\cdot10^{-6}c$ במרחק $r_1 = 0.8m$

ובמרחק $r_2 = 0.3m$ מהמטען.

מהי העבודה הדרושה להזיז את המטען $Q_2 = 5\cdot10^{-6}c$ מהמרחק הראשון למרחק השני?

2) 3 מטענים בפינות של ריבוע

בשלוש פינות של ריבוע מקובעים שלושה מטענים זהים $Q = 2\cdot10^{-5}c$.



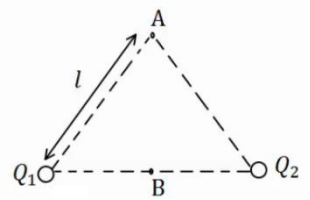
אורך צלע הריבוע היא $a = 3cm$.

א. חשב את הפוטנציאל בפינה הרביעית של הריבוע.

ב. חשב את הפוטנציאל במרכז הריבוע.

ג. חשב את העבודה הדרושה להזיז את המטען $q = 3\cdot10^{-6}c$ ממרכז הריבוע לקצה הריבוע.

3) שני מטענים על משולש שווה צלעות



שני מטענים זהים $Q_1 = Q_2 = 10^{-6}c$ נמצאים על קדקודיו של משולש שווה צלעות בעל אורך צלע $l = 5cm$.

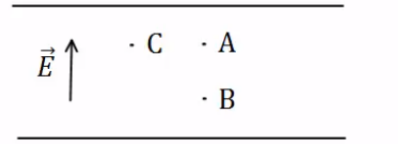
א. מצא את המתח בין הנקודה A הנמצאת בקודקוד השלישי של המשולש לבין הנקודה B הנמצאת באמצע הצלע המחברת את שני המטענים.

ב. חשב את העבודה הדרושה להביא מטען של $q = 5\cdot10^{-6}c$ מהקדקוד אל אמצע הצלע.

4) פוטנציאל בין לוחות

שני לוחות גדולים מאוד טעונים במטענים בעלי סימן הפוך.

ידוע כי כיוון השדה בין הלוחות הוא מהלוח התחתון ללוח העליון.



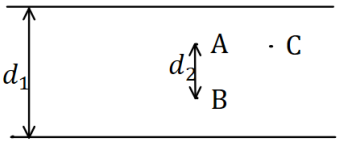
א. איזה מהלוחות טעון במטען חיובי ואיזה במטען שלילי?

ב. איזה מהלוחות נמצא בפוטנציאל יותר גבוה?

ג. איזו מהנקודות A ו-B נמצאת בפוטנציאל יותר גבוה?

ד. איזה מהנקודות A ו-C, הנמצאות באותו גובה, נמצאת בפוטנציאל גבוה יותר?

5) מתח בין לוחות



שני לוחות גדולים מאוד נמצאים במרחק $d_1 = 40cm$ זה מזה. המתח בין הלוחות הוא $\Delta V = 20V$ וידוע כי הלוח העליון נמצא בפוטנציאל גבוה יותר.

א. איזה מהלוחות טעון במטען חיובי ואיזה במטען שלילי?

ב. מהו השדה בין הלוחות (גודל וכיוון)?

ג. מהו המתח V_{BA} אם ידוע שהמרחק בין הנקודות A ו Bהוא $d_2 = 5cm$?

ד. מהי העבודה הדרושה להזיז מטען $Q = 2 \cdot 10^{-6} c$ מ-A ל-B?

ה. מהי העבודה הדרושה להזיז מטען $Q = 2 \cdot 10^{-6} c$ מ-A ל-C - הנמצאת באותו הגובה של A?

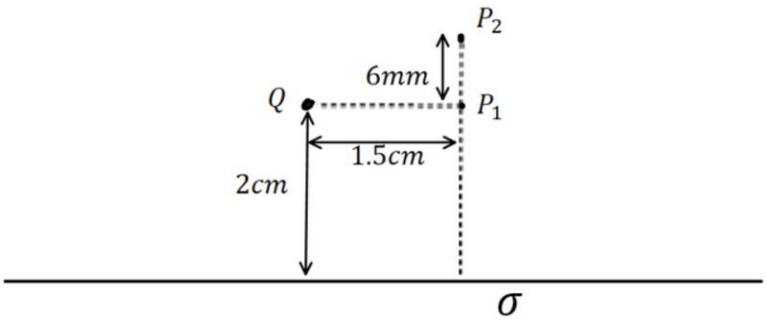
6) פוטנציאל של לוח ומטען נקודתי

מטען נקודתי $Q = 3\mu C$ נמצא בגובה $2cm$ מעל לוח אינסופי הטעון בצפיפות אחידה: $\sigma = 8 \cdot 10^{-4} \frac{C}{m^2}$.

א. מצאו את הפוטנציאל בנקודות שבאיור (הניחו שהפוטנציאל של הלוח הוא אפס על הלוח).

ב. מהי העבודה הדרושה להזיז מטען: $q = 10^{-10} C$ מ- P_1 ל- P_2.

הניחו שהמטען Q והלוח אינם משנים את מיקומם.



7) חישוב שדה ותנועה בין 3 לוחות

שלושה לוחות גדולים מאוד נמצאים אחד אחרי השני ומקביל כפי שמתואר באיור 1. הלוחות טעונים בצפיפויות מטען (אחידות) שונות.
הפוטנציאל כתלות במיקום נתון באיור 2 .

א. חשבו את השדה החשמלי בתחומים:

$0 < x < 15\ cm$ ו- $-15cm < x < 25cm$

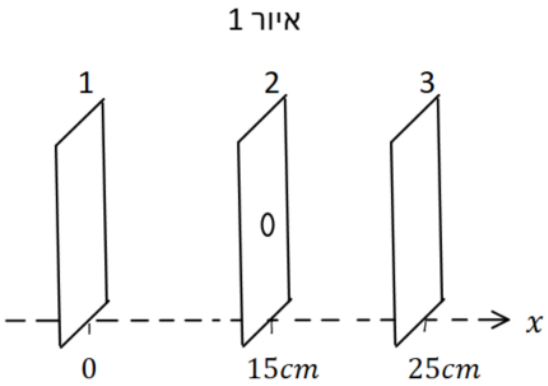
נתון כי צפיפות המטען המשטחית של לוח 1 היא: $\sigma_1 = 2 \cdot 10^{-8}\ {}^{C}/_{m^2}$
וכי צפיפות המטען המשטחית של לוח 3 חיובית.

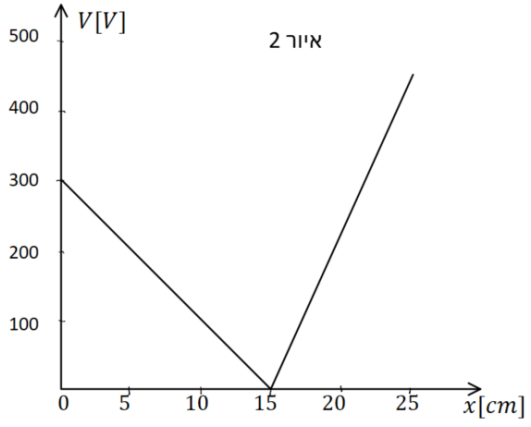
ב. חשבו את σ_2 ו- σ_3.

חלקיק קטן בעל מסה $5 \cdot 10^{-16}kg$ שמטענו q אינו ידוע משוחרר ממנוחה בסמוך ומימין ללוח 1. החלקיק נע לעבר לוח 2 ועובר דרך חור קטן בלוח במהירות: $3 \cdot 10^{6}\ {}^{m}/_{s}$.

ג. מהו מטען החלקיק (כולל הסימן)?

ד. האם החלקיק יגיע ללוח 3? אם כן, מהי תהיה מהירותו? אם לא, היכן ייעצר?





תשובות סופיות:

1) $W = 18.75 \cdot 10^{-2}\,J$

2) א. $V_A = 16.24 \cdot 10^{6}\,V$ ב. $V_B = 25.46 \cdot 10^{6}\,V$

ג. $W = -27.65J$

3) א. $V_{BA} = 3.6 \cdot 10^{5}\,V$ ב. $W_{A\to B} = 1.8J$

4) א. הלוח הטעון במטען חיובי נמצא למטה, והשלילי למעלה.

ב. התחתון. ג. B ד. הפוטנציאל שווה.

5) א. הלוח הטעון במטען חיובי נמצא למעלה, והשלילי למטה.

ב. $E = 50\frac{N}{m}$ ג. $-2.5V$ ד. $-5 \cdot 10^{-6}\,J$ ה. 0

6) א. $V(P_1) = 8.95 \cdot 10^{5}\,V, V(P_2) = 4.90 \cdot 10^{5}\,V$ ב. $-4.05 \cdot 10^{5} J$

7) א.
$$E = \begin{cases} 2000\frac{V}{m} & 0 < x < 15 \\ -4500\frac{V}{m} & 15 < x < 25 \end{cases}$$

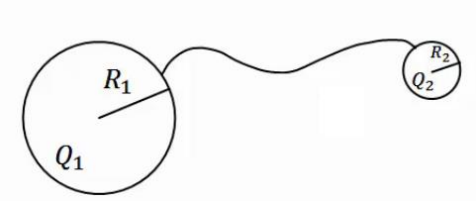
ב. $\sigma_2 = -5.75 \cdot 10^{-8\frac{C}{m^2}}$, $\sigma_3 = 4.21 \cdot 10^{-8\frac{C}{m^2}}$ ג. $q = 7.5\mu C$

ד. לא ב- $x \approx 22_{cm}$

פוטנציאל במוליכים:

שאלות:

1) שני כדורים מוליכים מחוברים



שני כדורים מוליכים בעלי רדיוסים R_1 , R_2 נמצאים במרחק גדול מאוד אחד מהשני.
הכדורים טעונים במטענים Q_1 , Q_2 בהתאמה.
מחברים את הכדורים באמצעות חוט מוליך.
מה היה המטען על כל כדור לאחר זמן רב?

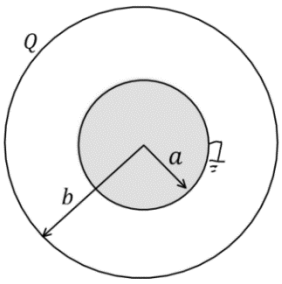
2) מטען נקודתי במרכז קליפה מוארקת

מטען נקודתי Q נמצא במרכזה של קליפה (חלולה) כדורית דקה ומוליה ברדיוס R.
מהו המטען על הקליפה אם ידוע שהיא מוארקת?

3) כדור בתוך קליפה

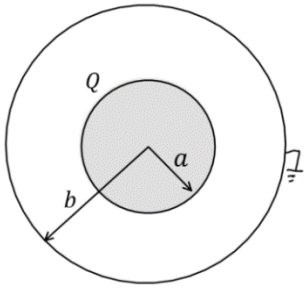
קליפה כדורית מוליכה ודקה בעלת רדיוס b טעונה במטען Q.
במרכז הקליפה נמצא כדור מוליך בעל רדיוס a המוארק לאדמה.

א. מהו המטען על הכדור?



כעת הכדור טעון במטען Q (ואינו מוארק), והקליפה החיצונית מוארקת.

ב. מהו מטענה של הקליפה המוארקת?



תשובות סופיות:

1) $q_1' = (Q_2 + Q_1)\frac{R_1}{R_1 + R_2}$, $q_2' = (Q_2 + Q_1)\frac{R_2}{R_1 + R_2}$

2) $q = Q$

3) א. $-\frac{a}{b}Q$ ב. $-Q$

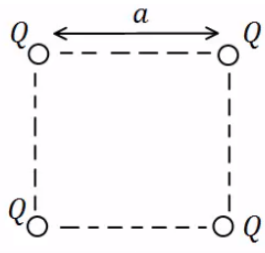
תרגילים נוספים:

שאלות:

1) אנרגיה חשמלית של מערכת

מצא את האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית של שני מטענים זהים: $Q_1 = Q_2 = 3\cdot10^{-6}\text{c}$ הנמצאים במרחק 80 ס״מ זה מזה.

2) מטענים בפינות ריבוע



בארבעת הפינות של ריבוע בעל צלע $a = 0.5\text{m}$ ישנם מטענים זהים שגודלם הוא: $Q = 2\cdot10^{-7}\text{c}$.

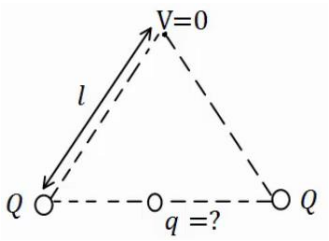
א. מהי העבודה הדרושה לבניית המערכת?

ב. מהו הפוטנציאל בנקודה הנמצאת באמצע אחת מצלעות הריבוע?

ג. מהי העבודה הדרושה להבאת מטען $q = 3\cdot10^{-8}\text{c}$ לנקודה מסעיף ב׳?

ד. מהי האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית של המערכת לאחר סעיף ג׳?

3) מטען שמאפס פוטנציאל בקודקוד



בשני קודקודיו של משולש שווה צלעות נמצאים מטענים זהים שגודלם הוא: $Q = 2\cdot10^{-5}\text{c}$.

מטען נוסף, q, מונח במרכז הצלע שביניהם.

אורך הצלע של המשולש הוא: $l = 20\text{cm}$.

א. מצא את גודלו של המטען q כך שהפוטנציאל בקודקוד השלישי יתאפס.

ב. חזור על סעיף א׳ אם המטען q נמצא במרכזה של צלע אחרת במשולש.

4) פוטנציאל בנקודה מסוימת

בנקודה מסוימת קיים פוטנציאל של 15V.

א. מהי העבודה להביא מטען שגודלו $1c$ מהאינסוף לנקודה זו?

ב. מהי העבודה הדרושה להביא מטען של $Q = 2\cdot10^{-6}c$ לנקודה זו?

ג. מהי העבודה הדרושה להביא מטען של $Q = -3\cdot10^{-6}\text{c}$ מפוטנציאל של $V = 5\text{V}$ לנקודה זו?

ד. מהי העבודה הדרושה להביא מטען של $Q = 2\cdot10^{-6}\text{c}$ מנקודה זו לפוטנציאל של 10V?

5) עבודה לא תלויה במסלול

מטען נקודתי $Q_1 = 10^{-5}c$ ממוקם בראשית הצירים.

מטען נקודתי נוסף $Q_2 = 2\cdot10^{-5}c$ ממוקם ב-$(0.8m, 0)$.

א. מצא את הפוטנציאל בנקודות: $C(0.8m, 1m)$, $B(1.5m, 1m)$, $A(1.5m, 0)$.

ב. מהי העבודה הדרושה להעביר את המטען $q = 3\cdot10^{-6}c$ מנקודה A ל-B?

ג. מהי העבודה הדרושה להעביר את אותו המטען מנקודה B אל נקודה C?

ד. מהי העבודה הדרושה להעביר את אותו המטען מנקודה A לנקודה C, דרך הקו הישר בין הנקודות?

6) אלקטרון מואץ בהפרש פוטנציאלים

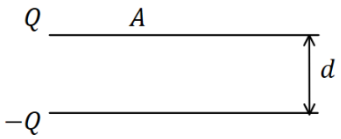
אלקטרון מואץ בהפרש פוטנציאלים של $300V$.
האלקטרון מתחיל תנועתו ממנוחה.

א. מהו ההפרש בין האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית של האלקטרון בתחילת התנועה לסוף התנועה, ביחידות של אלקטרון וולט וביחידות של ג'אול?

ב. מהי מהירות האלקטרון בסוף התהליך?

$m_e = 9.11\cdot10^{-31}kg$, $q_e = -1.6\cdot10^{-19}c$.

7) פרוטון נע בין לוחות



שני לוחות גדולים בעלי שטח $A = 2m^2$ נמצאים במרחק $d = 10cm$ אחד מהשני.
טוענים את אחד הלוחות במטען $Q = 6\cdot10^{-3}c$,
ואת הלוח השני במטען זהה והפוך בסימנו.

א. חשב את צפיפות המטען ליחידת שטח על כל לוח.

ב. מהו השדה בין הלוחות?

ג. מהו המתח בין הלוחות?

ד. פרוטון משוחרר ממנוחה קרוב מאוד ללוח החיובי.
מהי מהירות הפרוטון בהגיעו ללוח השלילי?

$m_p = 1.67\cdot10^{-27}kg$, $q_p = 1.6\cdot10^{-19}c$

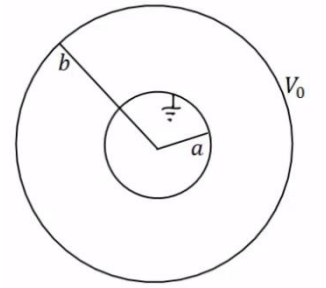
8) פוטנציאל של כדור מוליך

כדור מוליך שרדיוסו $R = 20cm$ טעון במטען $Q = 3\cdot10^{-6}c$.

א. מהו השדה החשמלי במרחק $r_1 = 25cm$ ובמרחק $r_2 = 15cm$ ממרכז הכדור?

ב. מהו הפוטנציאל באותם מרחקים?

9) מטענים על קליפות



במערכת הבאה ישנם שתי קליפות כדוריות מוליכות, דקות, ברדיוסים a , b. הקליפה החיצונית מוחזקת במתח V_0 והקליפה הפנימית מוארקת.
השתמש בפוטנציאל של קליפה כדורית בודדת ובעקרון הסופרפוזיציה וחשב את המטען על כל קליפה.

10) מתח בין שני כדורים מוליכים

שני כדורים מוליכים, בעלי רדיוסים: $R_1 = 1m$ ו- $R_2 = 1.4m$,
טעונים במטענים: $Q_1 = 2\cdot10^{-6}c$ ו- $Q_2 = 6\cdot10^{-6}c$.

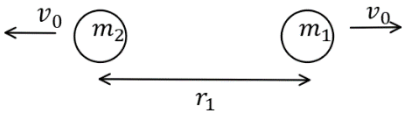
א. מהו הפרש הפוטנציאלים בין שפות הכדורים, אם הם מרוחקים מאוד זה מזה.
ב. מהו הפרש הפוטנציאלים בין שתי הנקודות הכי קרובות של הכדורים, אם המרחק בין מרכזיהם הוא $d = 5m$.
הנח שהתפלגות המטען על כל כדור עדיין אחידה.

11) שני מטענים מתרחקים

שני גופים בעלי מסות $m_1 = 20gr$ ו- $m_2 = 60gr$ ומטענים ו- $Q_2 = 6\cdot10^{-6}c$
נמצאים במרחק $r_1 = 80cm$ זה מזה, ובמנוחה.

א. מה תהיה מהירות הגופים כאשר המרחק ביניהם הוא $r_2 = 1.2m$?
ב. מה תהיה מהירות הגופים לאחר זמן רב מאוד?

12) שני מטענים מתרחקים ומתקרבים



שני גופים בעלי מסות $m_1 = 25gr$ ו- $m_2 = 50gr$
ומטענים $Q_1 = 4\cdot10^{-6}c$ ו- $Q_2 = -5\cdot10^{-6}c$ נמצאים במרחק $r_1 = 1m$ זה מזה.
לגופים מהירות התחלתית כך שאחד מתרחק מהשני.
גודל המהירות ההתחלתית של שני הגופים הוא $v_0 = 5\frac{m}{sec}$.

א. מה תהיה מהירות הגופים כאשר המרחק ביניהם הוא $r_2 = 5m$?
ב. מהו v_0 המינימאלי עבורו הגופים לא יפגשו לעולם?
ג. כעת נניח כי v_0 שווה לחצי מהערך שחישבת בסעיף ב'.
מהו המרחק המקסימאלי אליו יגיעו הגופים?
ד. מצא את מהירות הגופים כאשר $r_3 = 0.5m$.

13) 1000 טיפות שמן

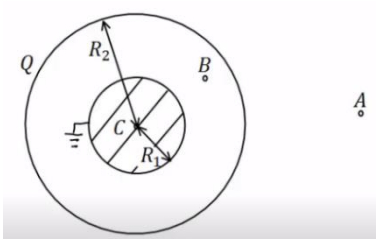
1000 טיפות שמן זהות טעונות במטען זהה ונמצאות בפוטנציאל זהה v_1.

הטיפות מתחברות לטיפה אחת גדולה. מהו הפוטנציאל של הטיפה הגדולה (v_1 נתון)?

רמז: ניתן להתייחס לכל טיפה ככדור מוליך.

14) כדור מוליך מוארק בתוך קליפה כדורית

כדור מוליך ברדיוס $R_1 = 5c.m.$ נמצא בתוך ובמרכזה של קליפה כדורית דקה.



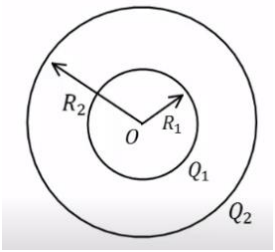
רדיוס הקליפה הוא: $R_2 = 10c.m.$ והמטען עליה הוא: $Q = 3\cdot10^{-7}c$. מאריקים את הכדור.

א. מצא את המטען על שפת הכדור.

ב. מהו הפוטנציאל בנקודות: $r_C = 0$, $r_B = 7c.m.$, $r_A = 20c.m.$?

ג. מהי העבודה הדרושה להזיז את המטען $Q = 10^{-10}c$ מ-r_A ל-r_C?

15) שתי קליפות קוצנטריות מחוברות בחוט



קליפה כדורית (כדור חלול) שהרדיוס שלה R_1 נמצאת בתוך קליפה כדורית שהרדיוס שלה 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 ששתי הקליפות יוצרות בכל אחת מהנקודות הבאות:

i. הנקודה O.

ii. נקודה הנמצאת מחוץ לקליפה הפנימית, אך קרובה אליה מאוד, מרחקה מ-O ייחשב ל-$-R_1$.

iii. נקודה הנמצאת מחוץ לקליפה החיצונית, אך קרובה אליה מאוד, מרחקה מ-O ייחשב ל-R_2.

ב. בטא באמצעות נתוני השאלה, את הפוטנציאל החשמלי הכולל ששתי הקליפות יוצרות בכל אחת משלוש הנקודות הבאות:

i. הנקודה O.

ii. נקודה על פני הקליפה הפנימית.

iii. נקודה על פני הקליפה החיצונית.

ג. 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.

16) כדור טעון מבודד מול מישור טעון מבודד*

כדור בעל רדיוס $R=3m$, מבודד מבחינה חשמלית, טעון על פניו בצפיפות מטען אחידה: $\sigma_1=5\cdot10^{-9}\frac{C}{m^2}$. במרחק $d=6m$ ממרכז הכדור נמצא משטח מישורי גדול מבודד, הטעון בצפיפות מטען אחידה: $\sigma_2=15\cdot10^{-9}\frac{C}{m^2}$.

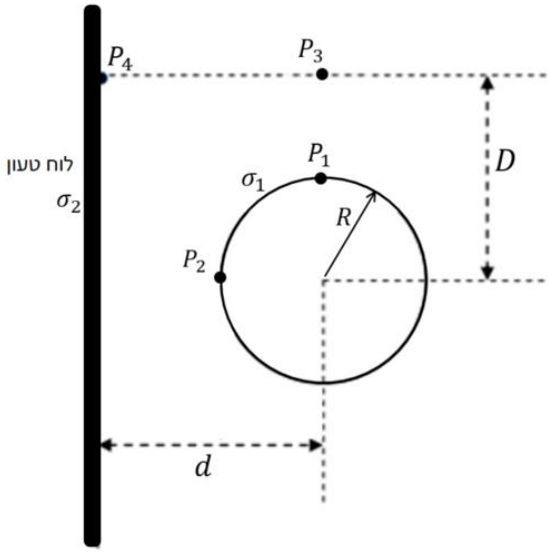
הנקודות P_1 ו-P_2 שבציור נמצאות מחוץ לכדור, אך קרוב מאד לשפתו. הישר המחבר את הנקודות P_3 ו-P_4 ניצב למשטח ומרוחק $D=4m$ ממרכז הכדור. P_4 היא נקודה מימין למשטח, אך מאוד קרובה אליו. הנקודות P_1 ו-P_3 נמצאות בדיוק מעל מרכז הכדור. לעזרתכם: שטח פנים של כדור בעל רדיוס R נתון ע"י $4\pi R^2$.

א. מה ערכו של השדה החשמלי השקול בנקודה P_2?

ב. מהו הפרש הפוטנציאלים בין הנקודות P_1 ו-P_2 בהתאמה?

ג. מטען קטן: $q=10^{-9}C$ נמצא בנקודה P_3.
מהו ערכו של הכוח החשמלי הפועל על המטען בנקודה זו?

ד. מהי העבודה הדרושה, כדי להעביר את q מהנקודה P_3 לנקודה P_1?



17) כדור בתוך קליפה מוליכה עבה**

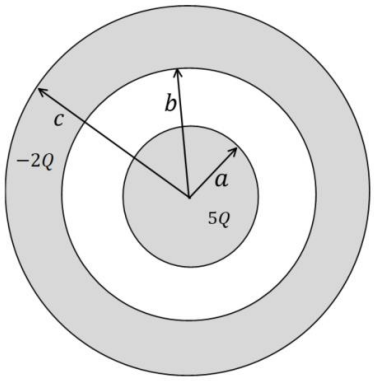
כדור מוליך בעל רדיוס a טעון במטען חיובי 5Q ונמצא בתוך קליפה כדורית מוליכה בעלת רדיוס פנימי b ורדיוס חיצוני c, הטעונה במטען $-2Q$.

לכדור ולקליפה הכדורית יש מרכז משותף.

א. מהו המטען על השפה הפנימית ($r=b$) והחיצונית ($r=c$) של הקליפה הכדורית?

ב. מהו הפוטנציאל החשמלי על השפה הפנימית ($r=b$) והחיצונית ($r=c$) של הקליפה הכדורית? הניחו שהפוטנציאל באינסוף הוא אפס.

ג. מהו הפוטנציאל החשמלי במרכז הכדור ($r=0$)?



תשובות סופיות:

1) $U \approx 0.101J$

2) א. $W \approx 3.9 \cdot 10^{-3} J$ ב. $V_A = 20.84 \cdot 10^3 V$ ג. $W \approx 6.25 \cdot 10^{-4} J$

ד. $W = 4.53 \cdot 10^{-3} J$

3) א. $q = -3.46 \cdot 10^{-5} c$ ב. $q = -2 \cdot 10^{-5} c$

4) א. $W = 15J$ ב. $W = 3 \cdot 10^{-7} J$ ג. $W = -3 \cdot 10^{-5} J$

ד. $W = -10^{-5} J$

5) א. $V_A = 3.17 \cdot 10^5 V$, $V_B \approx 1.97 \cdot 10^5 V$, $V_C = 2.5 \cdot 10^5 V$

ב. $W_{AB} = -3.6 \cdot 10^{-1} J$ ג. $W_{B \to C} = 1.59 \cdot 10^{-1} J$ ד. $W_{AC} = -2.01 \cdot 10^{-1} J$

6) א. $\Delta U = -300eV \ / = 4.8 \cdot 10^{-17} J$ ב. $V_F \approx 1.02 \cdot 10^7 \frac{m}{sec}$

7) א. $\sigma = 3 \cdot 10^{-6} \frac{c}{m^2}$ ב. $E \approx 3.39 \cdot 10^5 \frac{N}{C}$ ג. $V = 3.39 \cdot 10^4 V$

ד. $v = 2.55 \cdot 10^6 \frac{m}{sec}$

8) א. $E(r_1) = 4.32 \cdot 10^5 \frac{N}{C}$, $E(r_2) = 0$

ב. $V(r_1) = 1.08 \cdot 10^5 V$, $V(r_2) = 1.35 \cdot 10^5 V$

9) $q_1 = \frac{bv_0}{k} \cdot \frac{a}{(a-b)}$, $q_2 = -\frac{bv_0}{ka\left(\frac{1}{b} - \frac{1}{a}\right)}$

10) א. $V_{21} \approx 2.06 \cdot 10^4 V$ ב. $V_{ba} = 7.6 \cdot 10^3 V$

11) א. $u_1 \approx -1.84 \frac{m}{sec}$, $u_2 = 0.612 \frac{m}{sec}$ ב. $u_1 = -3.18 \frac{m}{sec}$, $u_2 = 1.06 \frac{m}{sec}$

12) א. $u_1 = 4.62 \frac{m}{sec}$, $u_2 = -4.81 \frac{m}{sec}$ / $u_1 = -7.96 \frac{m}{sec}$, $u_2 = 1.48 \frac{m}{sec}$

ב. $v_{0_{min}} \approx 2.18 \frac{m}{sec}$ ג. $r_{max} = 1.29m$ ד. $u_1 = -3.79 \frac{m}{sec}$, $u_2 = 1.35 \frac{m}{sec}$

13) $V_{1000} = 100 V_1$

14) א. $q = -1.5 \cdot 10^{-7} c$ ב. $V_A = 6.75 \cdot 10^3 V$, $V_B \approx 7.71 \cdot 10^3 V$, $V_C = 0$

ג. $W_{A \to C} = -6.75 \cdot 10^{-7} J$

15) א. i. $E_T = 0$ ii. $E_T = \frac{kQ_1}{R_1^2}$ iii. $E_T = \frac{k(Q_1 + Q_2)}{R_2^2}$

ב. i. $V_T = \frac{kQ_1}{R_1} + \frac{kQ_2}{R_2}$ ii. $V_T(R_1) = \frac{kQ_1}{R_1} + \frac{kQ_2}{R_2}$ iii. $V_T(R_2) = \frac{k(Q_1 + Q_2)}{R_2}$

ג. $q_1' = 0$, $q_2' = Q_1 + Q_2$

16) א. $90\cdot\pi\frac{N}{C}\hat{x}$ ב. $810\pi\text{V}$

ג. $270\cdot\pi\cdot10^{-9}N\hat{x}+101\cdot\pi\cdot10^{-9}N\hat{y}$ ד. $-3.375\cdot10^{-6}\,\text{J}$

17) א. $q(r=b)=-5Q\ ,\ q(r=c)=3Q$ ב. $V(b)=V(c)=\frac{3KQ}{c}$

ג. $\frac{5KQ}{a}-\frac{5KQ}{b}+\frac{3KQ}{c}$

קורס הכנה בפיזיקה בנושא חשמל בלבד (ללא מכניקה וללא מגנטיות)

פרק 10 - זרם מתח ותנגדות

תוכן העניינים

1. הזרם החשמלי 39
2. המתח החשמלי וחוק אוהם 41
3. התנגדות 42
4. כאמ ומתח הדקים 44
5. סיכום הפרק ..... (ללא ספר)
6. תרגילים 45

הזרם החשמלי:

שאלות:

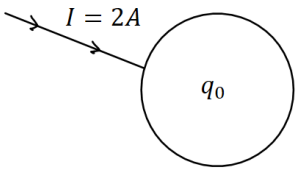
1) פלאפון מחובר למטען

פלאפון המחובר למטען נטען בזרם קבוע של 1 אמפר במשך שעה אחת.

א. מהי כמות המטען שעברה בחוט?

ב. מהו מספר האלקטרונים שעברו בחוט?

2) זרם לתוך כדור מוליך



כדור מוליך טעון במטען של $q_0 = 5c$.

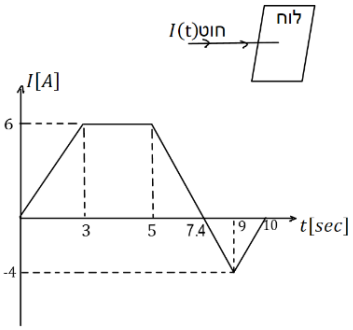
מחברים את הכדור לחוט מוליך והחוט מעביר זרם של 2 אמפר לתוך הכדור.

א. רשום נוסחה המתארת את המטען על הכדור כתלות בזמן.

ב. צייר גרף של המטען על הכדור כתלות בזמן.

ג. צייר גרף של הזרם כתלות בזמן.

3) חוט מחובר ללוח



חוט מוליך מחובר ללוח מוליך שאינו טעון ב-$t = 0$.

בחוט מתחיל לזרום זרם והתלות של הזרם בזמן נתונה לפי הגרף הבא:

א. מהו המטען הכולל בלוח אחרי עשר שניות?

ב. מהו המטען על הלוח אחרי 5 שניות?

4) זרם בנורת להט

הזרם העובר בנורת להט ביתית הוא בערך 1 אמפר.

נניח כי חוטי החשמל בבית עשויים נחושת בקוטר של 0.2 ס"מ.

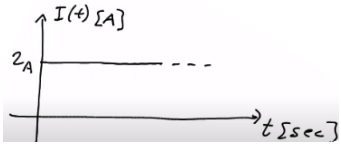
מספר האלקטרונים החופשיים ליחידת נפח בנחושת הוא: $8.5 \cdot 10^{22} \frac{1}{cm^3}$.

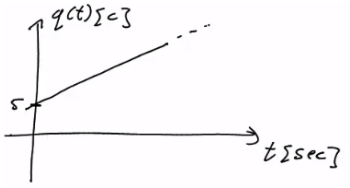
מצא מהי מהירות האלקטרונים בחוטים.

תשובות סופיות:

1) א. $\Delta q = 3600c$ ב. $N_e = 2.25 \cdot 10^{22}$

2) א. $q(t) = 5 + 2 \cdot t$ ב. ג.





3) א. $\Delta q = 23c$ ב. $q(t=5) = 21c$

4) $v_d = 2.341 \cdot 10^{-5} \frac{m}{sec}$

המתח החשמלי וחוק אוהם:

שאלות:

1) חוק אוהם

על מוליך מסוים הופעל מתח של 5 וולט.
כתוצאה מכך נוצר זרם במוליך של 10mA.

א. מהי ההתנגדות של המוליך?

ב. נניח כי התנגדות המוליך קבועה.
מה יהיה הזרם במוליך אם יופעל עליו מתח של 10 וולט?

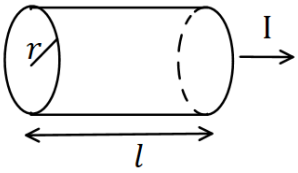
תשובות סופיות:

1) א. $R = 500\Omega$ ב. $I = 20mA$

התנגדות:

שאלות:

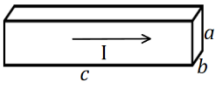
1) נגד גלילי



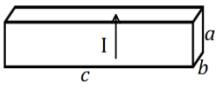
חשב את ההתנגדות של נגד בצורת גליל באורך $l=1m$ ורדיוס בסיס של $r=2mm$. הנגד עשוי מנחושת בעלת התנגדות סגולית $\rho=1.72\cdot10^{-8}\Omega\cdot m$ (הזרם זורם לאורך ציר הסימטריה של הגליל).

2) נגד בצורת תיבה

א)



ב)

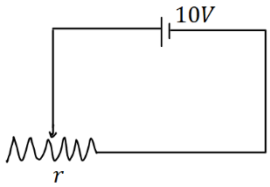


מוליך בנוי בצורת תיבה עם צלעות שאורכן a,b,c.
התייחס לגודל הצלעות ולהתנגדות הסגולית ρ כנתונים.
חשב את התנגדות המוליך בכל אחד מהמקרים הבאים.
שים לב: בכל מקרה הזרם זורם במוליך בכיוון אחר!

3) נגד

מקור מתח בעל מתח של 10 וולט מחובר דרך חוטים אידיאליים (בעלי התנגדות זניחה) לנגד בעל התנגדות $R=2\Omega$.
צייר איור של המעגל וחשב את הזרם בנגד.

4) נגד משתנה



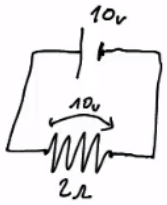
במעגל הבא ישנו מקור מתח בעל מתח של 10 וולט.
המקור מחובר לנגד משתנה בעל התנגדות ליחידת אורך $r=50\frac{\Omega}{m}$.
מה צריך להיות אורך הנגד על מנת שהזרם במעגל יהיה 2A?

תשובות סופיות:

1) $R = 0.00137\Omega$

2) א. $R = \rho \cdot \frac{c}{a \cdot b}$ ב. $R = \rho \cdot \frac{a}{b \cdot c}$

3) $I = 5A$,



4) $x = 10cm$

כאם ומתח הדקים:

שאלות:

1) כאם ומתח הדקים

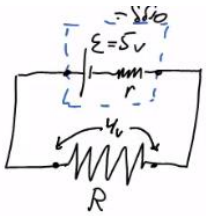
סוללה מייצרת כא"מ של $5V$. לסוללה התנגדות פנימית של $r = 2\Omega$.
מחברים את הסוללה לנגד חיצוני R שהתנגדותו אינה ידועה.
נתון כי הזרם בכל רכיב במעגל זהה ושווה ל- $I = 0.5A$.

א. שרטט תרשים המתאר את המעגל.

ב. חשב את מתח ההדקים שמספקת הסוללה.

ג. מהי ההתנגדות של הנגד?

תשובות סופיות:

1) א. 

ב. $V = 4V$

ג. $R = 8\Omega$

תרגילים:

שאלות:

1) תרגיל 1

מהו הזרם במוליך אם עובר בו מטען של 50 קולון ב 10 שניות?

2) תרגיל 2

כמה אלקטרונים עוברים במוליך בשניה אחת אם זורם בו זרם קבוע של 2 אמפר?

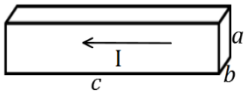
3) תרגיל 3

מהי ההתנגדות של גליל ניקל בעל התנגדות סגולית של $\rho = 7.8 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$,
שאורכו 20 ס"מ ורדיוסו 3 מ"מ?

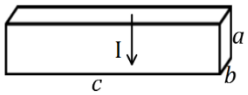
4) תרגיל 4

תיבה בעלת צלעות: $a = 3mm, b = 2mm, c = 4cm$
עשויה מחומר בעל התנגדות סגולית $\rho = 10^{-8} \Omega \cdot m$.
מצא את התנגדות התיבה בשני המקרים הבאים:

א)



ב)



5) תרגיל 5

בנגד גלילי בעל שטח חתך $A = 2mm^2$ זורם זרם של $I = 20mA$.
צפיפות האלקטרונים החופשיים בנגד היא: $n = 8.5 \cdot 10^{28} \frac{1}{m^3}$.
מהי מהירות האלקטרונים בנגד?

6) תרגיל 6

נגד בעל שטח חתך $A = 2cm^2$ ואורך $l = 4cm$ עשוי מחומר בעל התנגדות סגולית $\rho = 10^{-2} \Omega \cdot m$. מחברים את הנגד באמצעות חוטים בעלי התנגדות זניחה למקור מתח אידיאלי של $5V$.

א. מהו הזרם בנגד?

ב. מהי מהירות המטענים בנגד, אם מספר האלקטרונים החופשיים הוא: $n = 8.5 \cdot 10^{28} \frac{1}{m^3}$?

7) תרגיל 7

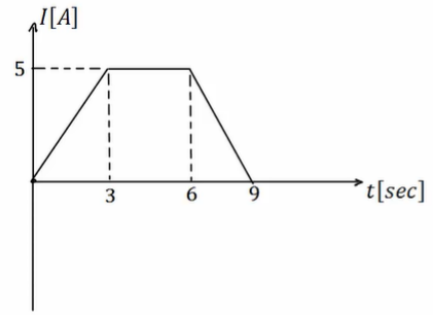
סוללה בעלת מתח $6V$ מחוברת לנגד משתנה.
כאשר אורך הנגד הוא $l=6cm$ הזרם במעגל הוא $1A$.
מהי ההתנגדות ליחידת אורך של הנגד?

8) תרגיל 8

סוללה עם כא"מ של $4V$ מחוברת למעגל חשמלי.
במעגל זורם זרם $I=0.5A$.
ההתנגדות הפנימית של הסוללה היא $r=0.5\Omega$.
מהו מתח ההדקים של הסוללה?

9) תרגיל 9

בגרף הבא נתון הזרם במוליך כתלות בזמן.
כמה מטען עבר במוליך?



תשובות סופיות:

1) $I=5A$

2) $N=1.25\cdot10^{19}$

3) $R=5.51\cdot10^{-4}\Omega$

4) א. $R\approx6.67\cdot10^{-5}\Omega$ ב. $R=3.75\cdot10^{-7}\Omega$

5) $v_d=7.35\cdot10^{-7}\frac{m}{sec}$

6) א. $I=2.5A$ ב. $v_d\approx9.19\cdot10^{-7}\frac{m}{sec}$

7) $r=100\frac{\Omega}{m}$

8) $V=3.75V$

9) $\Delta q=30c$

קורס הכנה בפיזיקה בנושא חשמל בלבד (ללא מכניקה וללא מגנטיות)

פרק 11 - אנרגיה והספק במעגל החשמלי

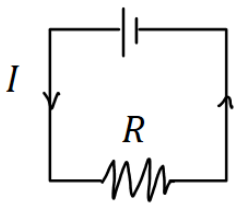
תוכן העניינים

1. עבודה ואנרגיה ברכיבים חשמליים 47
2. הספק חשמלי 48
3. תרגילים נוספים 50

עבודה ואנרגיה ברכיבים חשמליים:

שאלות:

1) חישובי עבודה ואנרגיה בנגד



בנגד בעל התנגדות $R = 30\Omega$ זורם זרם $I = 0.3A$.

א. כמה מטען עובר בנגד במשך 3 שניות?

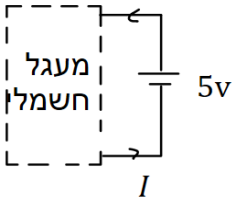
ב. מהו המתח על הנגד?

ג. מהי העבודה שמתבצעת על המטען?

ד. כמה חום נוצר בנגד במשך הזמן הנתון?

ה. כמה אנרגיה איבדה הסוללה במשך הזמן הנתון?

2) חישובי עבודה של סוללה



סוללה מחוברת למעגל חשמלי כלשהו.

המתח בסוללה הוא $V = 5\ Volt$

והזרם במעגל (וגם בסוללה) הוא $I = 0.4A$.

א. כמה מטען עובר דרך הסוללה במשך 2 שניות?

ב. כמה עבודה ביצעה הסוללה במשך הזמן הנתון?

תשובות סופיות:

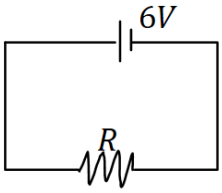
1) א. $\Delta q = 0.9c$ ב. $V = 9V$ ג. $W = 8.1J$ ד. $Q = 8.1J$ ה. $W = 8.1J$

2) א. $\Delta q = 0.8c$ ב. $W = 4J$

הספק חשמלי:

שאלות:

1) הספק של מקור ושל נגד

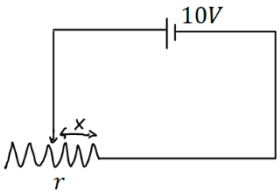


במעגל הבא מקור מתח של 6 וולט מחובר לנגד שהתנגדותו $R = 12\Omega$.

א. מהו ההספק של מקור המתח?

ב. מהו ההספק של הנגד וכמה חום נוצר בנגד כל שניה?

2) הספק בנגד משתנה



במעגל הבא סוללה בעלת מתח של 10 וולט מחוברת לנגד משתנה שהתנגדותו ליחידת אורך היא $r = 100\frac{\Omega}{m}$.

א. מהו ההספק של הנגד כאשר אורכו 5 ס״מ?

ב. מהו ההספק בנגד כאשר אורכו 10 ס״מ?

ג. מהו ההספק בנגד כפונקציה של האורך?

3) נורה במתח אחר

נורה שההספק שלה הוא 100W במתח של 220V חוברה למתח של 110V .
הנח שהתנגדות הנורה קבועה וחשב מה ההספק של הנורה במתח החדש.

4) כמה עולה להפעיל מזגן כל הלילה

מזגן של 1.5 כוח סוס פועל בהספק מרבי.

א. מהי כמות האנרגיה שצורך המזגן בשעה אחת ביחידות של קוט״ש (קילו וואט שעה), כאשר היחס : $1hp = 746Watt$?

ב. תעריף חברת החשמל לצריכת ביתית הוא בערך חצי שקל לקוט״ש.
כמה עולה להפעיל את המזגן כל הלילה (8שעות)?

5) חום שנוצר בנגד

בנגד של 10 אוהם זורם זרם של 0.5 אמפר במשך 4 דקות.
כמה חום נוצר במשך הזמן שבו זרם זרם בנגד?

תשובות סופיות:

1) א. $\rho = 3W$ ב. $\rho = 3W$

2) א. $\rho = 20W$ ב. $\rho = 10W$ ג. $\rho = \frac{1}{x}$

3) $\rho = 25W$

4) א. $W = 1.119kWhr$ ב. 4 ₪.

5) $Q = 600J$

תרגילים נוספים:

שאלות:

1) תרגיל 1

מקור מתח אידיאלי בעל מתח של 5V מחובר לנגד בעל התנגדות של 10 אוהם.

א. מהו הזרם בנגד?

ב. מהו ההספק בנגד?

ג. כמה חום מיוצר בנגד בעשר שניות?

2) תרגיל 2

על נורה רשום 60W/220V.

א. מהי התנגדות הנורה?

ב. מהי כמות המטען שעברה בנורה במשך דקה אחת?

ג. מהו הספק הנורה במתח של 110V בהנחה שההתנגדות שלה לא משתנה.

3) תרגיל 3

למזגן שני מצבי קירור, במצב הראשון הספקו 1000W ובמצב השני הספקו 1500W. מצא את היחס בין ההתנגדויות בשני המצבים.

4) תרגיל 4

נורה של 60W דולקת במשך שעה כל יום.

מהי צריכת האנרגיה של הנורה במשך חודש ביחידות של kWh?

תשובות סופיות:

1) א. $I=0.5A$ ב. $\rho=2.5W$ ג. $Q=25j \ / \ \approx 5.9cal.$

2) א. $R=807\Omega$ ב. $\Delta q\approx 16.4c$ ג. $\rho\approx 15W$

3) $\frac{R_1}{R_2}=\frac{\rho_2}{\rho_1}=1.5$

4) $E=1.8kWh$

קורס הכנה בפיזיקה בנושא חשמל בלבד (ללא מכניקה וללא מגנטיות)

פרק 12 - חיבור נגדים וחוקי קירכהוף

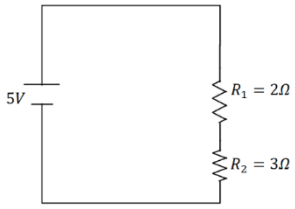
תוכן העניינים

1. חיבור נגדים במעגל 52
2. חוקי קירכהוף 55
3. תרגילים נוספים 56
4. מקור מתח לא אידיאלי 58
5. טעינה ופריקה של קבל ..... (ללא ספר)
6. נצילות במעגל החשמלי 60

חיבור נגדים במעגל

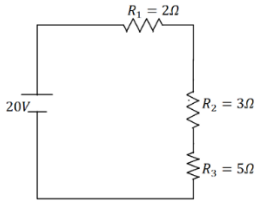
שאלות

1) דוגמה 1



חשב את הזרם במעגל הבא וחשב את ערך הפוטנציאל בין הנגדים (הנח שההדק השלילי נמצא בפוטנציאל אפס).

2) דוגמה 2



חשב את הזרם במעגל הבא ומצא את המתח על כל נגד.

3) דוגמה 3

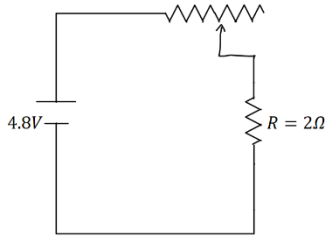
סוללה עם כא"מ של $3V$ והתנגדות פנימית $r = 2\Omega$ מחוברת לנגד $R = 10\Omega$.

א. סרטט איור של המעגל.

ב. מהו הזרם במעגל?

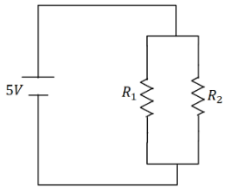
ג. מהו מתח ההדקים של הסוללה?

4) דוגמה 4



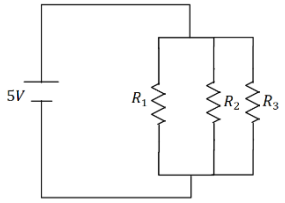
במעגל הבא ישנו מקור מתח אידיאלי (ללא התנגדות פנימית) המחובר לנגד רגיל ונגד משתנה.
אורך הנגד המשתנה הוא 20 ס"מ והתנגדותו ליחידת אורך היא: $r = 2\frac{\Omega}{m}$.
מהו הזרם במעגל ומהו המתח על כל נגד?

5) דוגמה 5



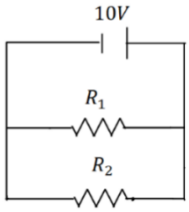
במעגל הבא: $R_1 = 6\Omega$, $R_2 = 2\Omega$ מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.

6) דוגמה 6



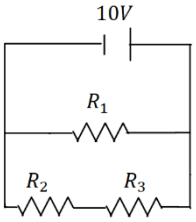
במעגל הבא: $R_1 = 1\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $R_3 = 4\Omega$ מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.

7) דוגמה 7



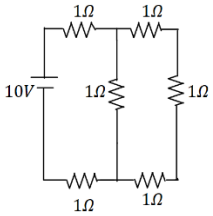
במעגל הבא: $R_1 = 5\Omega$, $R_2 = 3\Omega$ מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.

8) דוגמה 8



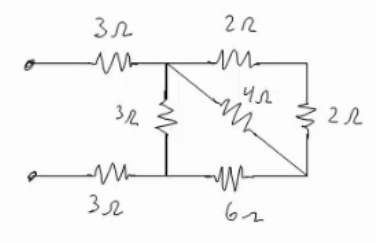
במעגל הבא: $R_1 = 4\Omega$, $R_2 = 3\Omega$, $R_3 = 1\Omega$ מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.

9) דוגמה 9



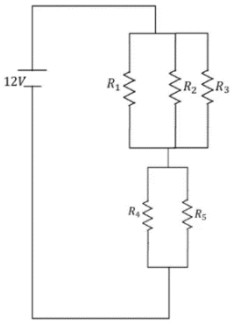
מצא את כל הזרמים במעגל הבא:

10) דוגמה 10



חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל הבא בין שני ההדקים.

11) חישוב הספק מעגל



נתון המעגל הבא $R_3 = R_2 = R_1 = 6\Omega,\quad R_5 = R_4 = 8\Omega$.

א. מצאו את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.

ב. חשבו את הספק המעגל והראו כי הוא שווה להספק הסוללה.

ג. מוסיפים נגד כלשהו המחובר בטור לסוללה.

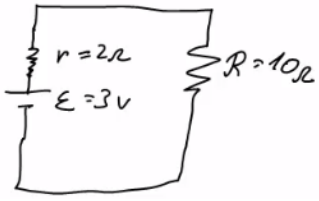
האם ההספק של המעגל יקטן, יגדל או לא ישתנה?

תשובות סופיות

1) $I=1A\ ,\ V_3=3V$

2) $I=2A\ ,\ V_1=4V\ ,\ V_2=6V\ ,\ V_3=10V$

3) א. ב. $I=0.25A$ ג. $V=2.5V$



4) $I=2A\ ,V_r=0.8V\ ,\ V_R=4V$

5) $I=\frac{10}{3}A\ ,\ V_1=\frac{5}{6}A\ ,\ V_2=\frac{5}{2}A$

6) $I=24.5A\ ,\ I_1=14A\ ,\ I_2=7A\ ,\ I_3=3.5A$

7) $I=5.33A\ ,\ I_1=2A\ ,\ I_2=\frac{10}{3}A$

8) $I=5A\ ,\ I_1=2.5A\ ,\ I_2=2.5A$

9) $I=\frac{40}{11}A\ ,\ I_1=\frac{10}{11}A\ ,\ I_2=\frac{30}{11}A$

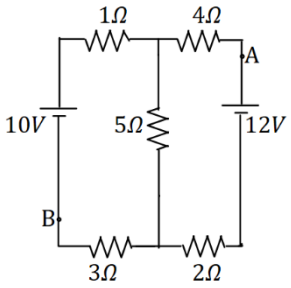
10) $R_T=\frac{66+24}{11}$

11) א. $I_T=2A,\ I_1=I_2=I_3=\frac{2}{3}A,\ I_4=I_5=1A$ ב. $24w$ ג. יקטן.

חוקי קירכהוף:

שאלות:

1) קירכהוף תרגיל 1

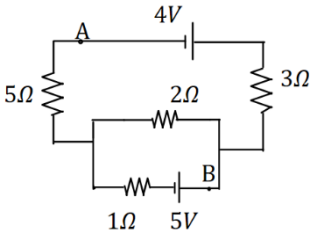


במעגל הבא התנגדות הנגדים ומתח המקורות נתונים באיור.

א. מצא את הזרמים במעגל.

ב. מצא את V_{AB} באמצעות שני מסלולים שונים.

2) קירכהוף תרגיל 2

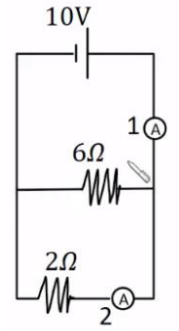


במעגל הבא התנגדות הנגדים ומתח המקורות נתונים באיור.

א. מצא את הזרמים במעגל.

ב. מצא את V_{AB}.

3) דוגמה



מה יראה כל אמפרמטר במעגל הבא בהנחה שהם אידיאליים?

תשובות סופיות:

1) א. $I_1 = 0.67A\ ,\ I_2 \approx 1.46A\ ,\ I_3 \approx 0.79A$ ב. $V_{AB} = 12.49V$

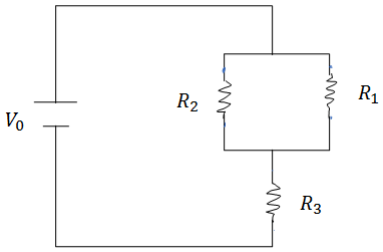
2) א. $I_1 = 0.08A\ ,\ I_2 \approx 1.69A\ ,\ I_3 \approx -1.61A$ ב. $V_{AB} = -3.79V$

3) $A_1 = \frac{20}{3}A\ ,\ A_2 = 5A$

תרגילים נוספים:

שאלות:

1) תרגיל 1



במעגל הבא נתונים ההתנגדות של כל נגד ומתח המקור: $V_0 = 31V$, $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 3\Omega$, $R_3 = 5\Omega$.

א. מצא את ההתנגדות השקולה של המעגל.

ב. מצא את הזרם העובר בסוללה.
חשב את הזרם והמתח על כל אחד מהנגדים.

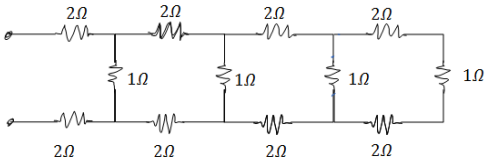
2) תרגיל 2

נתונים שלושה נגדים זהים עם התנגדות ידועה R.
מצא את כל האפשרויות השונות לחבר את הנגדים.
מצא את ההתנגדות השקולה של כל אפשרות.

3) תרגיל 3

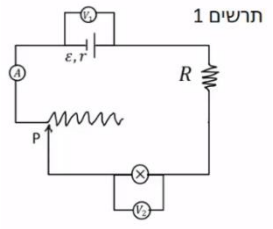
חשב את הזרם והמתח בכל נגד במעגל הבא:

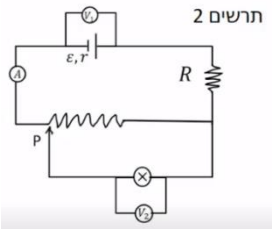
4) תרגיל 4



מצא את ההתנגדות השקולה של המעגל בין שני ההדקים:

5) תרגיל 5





במעגל הבא (תרשים 1) כל מכשירי המדידה אידיאליים $\varepsilon = 5V$, $R = 2\Omega$, התנגדות הנגד המשתנה היא 8 אוהם. כאשר הגררה P נמצאת בנקודה הכי שמאלית של הנגד המשתנה מדידת האמפרמטר היא 0.2A והוולטמטר $V_1 = 4V$.

א. מהי ההתנגדות הפנימית של הסוללה ומהי התנגדות הנורה?

ב. מהי נצילות המעגל במצב הנתון?

ג. משנים את מיקום הגררה בצורה רציפה, האם הנצילות תגדל/תקטן/לא תשתנה?

מחברים את הקצה השני של הנגד המשתנה כפי שנראה בתרשים 2 כאשר הגררה נשארת בקצה השמאלי של הנגד.

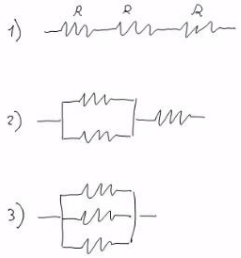
ד. האם הספק הסוללה גדל/קטן או לא השתנה? נמק ללא חישוב.

ה. באיזה מעגל הנורה מאירה בעוצה חזקה יותר? הסבר ללא חישוב.

תשובות סופיות:

1) א. $R_T=\frac{31}{5}\Omega$ ב. $V_3=25V\ ,\ V_{1,2}=6V\ ,\ I_1=3A\ ,\ I_2=2A$

2) $R_{T_1}=3R\ ,\ R_{T_2}=\frac{3}{2}R\ ,\ R_{T_3}=\frac{R}{3}$,



3) $I_1=2A\ ,\ I_2=4A\ ,\ I_3=9A\ ,\ V_1=2V\ ,\ V_2=8V\ ,\ V_3=27V$

4) $R_T=\frac{169}{204}+4$

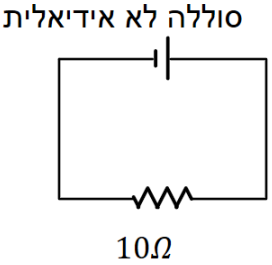
5) א. התנגדות פנימית: $r=5\Omega$, התנגדות הנורה: $R=18\Omega$

ב. $n=72\%$ ג. תקטן. ד. גדל. ה. ראה סרטון.

מקור מתח לא אידיאלי:

שאלות:

1) דוגמה 1



המעגל הבא מורכב מסוללה לא אידיאלית המחוברת לנגד של 10 אוהם. ההתנגדות הפנימית של הסוללה היא 1 אוהם. במעגל זורם זרם של 2 אמפר.

א. מהו הכא"מ של הסוללה?

ב. מהו מתח ההדקים שמספקת הסוללה במעגל?

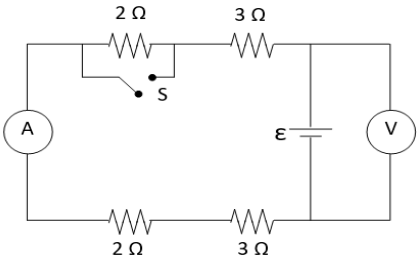
2) דוגמה 2

מחברים סוללה לא אידיאלית לנגד של 10 אוהם ומודדים את הזרם במעגל. המדידה מראה כי הזרם הוא 2 אמפר. לאחר מכן מנתקים את הסוללה מהנגד ומחברים אותה לנגד של 6 אוהם.
מודדים שוב את הזרם במעגל ורואים כי הזרם השתנה ל-3 אמפר.

א. מצא את הכא"מ וההתנגדות הפנימית של הסוללה.

ב. מצא את מתח ההדקים של הסוללה בכל אחד מהחיבורים.

3) מעגל עם סוללה לא אידיאלית



המעגל שבתרשים מכיל ארבעה נגדים, מד מתח ומד זרם אידיאלים, סוללה (לא אידיאלית) ומפסק. קריאת האמפרמטר נרשמה פעמיים, כאשר המפסק פתוח וכאשר המפסק סגור.
אחת הקריאות הייתה 1.5A והאחרת הייתה 1.8A.

א. האם הזרם הגבוה יותר נמדד כאשר המפסק היה פתוח או כאשר הוא היה סגור? נמק/י!

ב. מה הוראת מד המתח בשני מצבי המפסק? פרט/י חישוביך!

ג. חשב/י את הכא"מ ואת ההתנגדות הפנימית של הסוללה

ד. מה היו מראים אותם שני מכשירי מדידה אילו היו מחברים את מד המתח במקום מד הזרם ולהפך? נמק!

תשובות סופיות:

1) א. $\varepsilon = 22V$ ב. $V = 20V$

2) א. $\varepsilon = 24V$, $r = 2\Omega$ ב. $V_2 = 18V$, $V_1 = 20V$

3) א. ככל שההתנגדות השקולה נמוכה יותר, הזרם יהיה גבוה יותר.
לכן, הזרם הגבוה יהיה כאשר המפסק סגור.

ב. סגור: $V_{AB} = 14.4V$, פתוח: $V_{AB} = 15V$. ג. $\varepsilon = 18V$, $r = 2\Omega$

ד. האמפרמטר: $I = 9A$, הוולטמטר: $V = 0$.

נצילות במעגל החשמלי:

שאלות:

1) דוגמה נצילות

במעגל הבא נתונה התנגדות הנגד, התנגדות הנורה והמתח של הסוללה: $V=5V\ ,R_1=3\Omega\ ,R_2=5\Omega$

א. מהו הזרם בנורה ומהו הזרם בסוללה?

ב. מהו ההספק המתפתח בנורה ומהו ההספק של הסוללה?

ג. מהי הנצילות של המעגל?

ד. מהו אחוז ההספק שהולך לאיבוד במעגל?

2) מנוע של משאבה

מנוע של משאבה עובד במתח של 220V ובזרם של 10A.

א. מהי כמות המים שניתן לשאוב במשך דקה מבאר בעומק 30m?
הנח שהנצילות של המנוע היא 100 אחוז.

ב. חזור על סעיף א' אם נצילות המנוע היא 40 אחוז.

3) מנוע של מכונית

למנוע של מכונית יש הספק מרבי של 100 כוח סוס.
המכונית מתחילה לנסוע ממנוחה ומסתה 1 טון.

א. מהי המהירות המרבית אליה יכולה להגיע המכונית לאחר 10 שניות?
הנח שנצילות המנוע היא 100 אחוז ומצא את התשובה בקמ"ש.

ב. חזור על סעיף א' אם נצילות המנוע היא 30 אחוז.

ג. חזור על סעיף א' וב' ובדוק כמה חום נוצר במשך 10 השניות, ביחידות של קלוריות.

תשובות סופיות:

1) א. בנורה: $I=1A$, בסוללה: $I=\frac{8}{3}A$.

ב. בנורה: $\rho=5W$, בסוללה: $\rho=\frac{40}{3}W$.

ג. $\eta=37.5\%$ ד. 62.5%

2) א. $V=440Litter$ ב. $V=176Litter$

3) א. $v\approx139\frac{km}{hr}$ ב. $v=76.2\frac{km}{hr}$ ג. $Q=124,333cal.$

קורס הכנה בפיזיקה בנושא חשמל בלבד (ללא מכניקה וללא מגנטיות)

פרק 13 - מכשירי מדידה

תוכן העניינים

1. גלוונומטר 62
2. גשר ווינסטון ..... (ללא ספר)

גלוונומטר:

שאלות:

1) דוגמה 1

אמפרמטר מורכב מגלוונומטר בעל התנגדות של 60 אוהם ומיצד בעל התנגדות של 3 אוהם.

א. מהי התנגדות האמפרמטר?

ב. מהו הזרם המקסימאלי אותו יכול למדוד האמפרמטר אם הזרם המקסימאלי אותו יכול למדוד הגלוונומטר הוא 2mA ?

2) דוגמה 2

גלוונומטר מסוגל למדוד זרם מקסימלי של 5mA .
התנגדות הגלוונומטר היא 20 אוהם. התנגדות המיצד היא 0.5 אוהם.

א. מהו הזרם המקסימאלי הניתן למדידה באמפרמטר?

ב. מה צריכה להיות התנגדות המיצד על מנת שהזרם המקסימלי הנמדד באמפרמטר יהיה 505mA ?

3) דוגמה 3

נתון גלוונומטר שהתנגדותו 50 אוהם והזרם המקסימאלי בו הוא 2mA .
איזה נגד יש לחבר לגלוונומטר בטור כדי להפוך אותו לוולטמטר היכול למדוד מתח מקסימאלי של 5V ?

תשובות סופיות:

1) א. $R_T \approx 2.86\Omega$ ב. $I_{max} = 42A$

2) א. $I_{max} = 205mA$ ב. $R_S = 0.2\Omega$

3) $R_S = 2450\Omega$

קורס הכנה בפיזיקה בנושא חשמל בלבד (ללא מכניקה וללא מגנטיות)

פרק 14 - קבלים

תוכן העניינים

1. הרצאות ותרגילים 63
2. תרגילים נוספים 73

הרצאות ותרגילים:

רקע:

קבל הוא רכיב חשמלי היכול לאגור מטען
קיבול הוא היחס בין המטען על הקבל לבין המתח בו הוא נמצא
הנוסחה הבסיסית של קבל:

$$C = \frac{Q}{V}$$

C - הקיבול של הרכיב
V - המתח בין שני החלקים
Q - המטען על הלוח החיובי

יחידות הקיבול הן Farad

$$1 \cdot \text{Farad} = \frac{1 \cdot \text{Coulomb}}{1 \cdot \text{Volt}}$$

סוגי קבלים נפוצים- קבל לוחות, קבל כדורי וקבל גלילי. בדר״כ נעסוק בקבלים עם שני לוחות (קבל לוחות)

הקיבול של קבל לוחות: $C = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$

A - שטח כל לוח. d - המרחק בין הלוחות.

תכונת הקיבול - הקיבול תלוי רק במבנה הגיאומטרי (אף פעם לא יהיה תלוי במטען על הקבל או במתח שנופל עליו) לכן הוא תמיד קבוע במעגל.

סימון הקבל במעגל הוא

כאשר מחברים קבל למקור הוא מתחיל לאגור מטען , תהליך זה נקרא טעינה.
התהליך נפסק כאשר המתח בקבל שווה והפוך למתח המופעל עליו, ברגע זה כבר לא יזרום זרם דרך הקבל.
לכן נהוג לומר ש**לאחר שעבר זמן רב הקבל מתנהג כמו נתק** במעגל .

חיבור קבלים במקביל:

תנאי- המתח על הקבלים שווה וזהה למתח על הקבל השקול
נוסחה לקבל השקול:

$$C_T = C_1 + C_2$$

המטען על הקבל השקול שווה לסכום המטענים על כל הקבלים.

חיבור קבלים בטור:
תנאי: המטען על כל הקבלים זהה
נוסחה לקבל השקול:

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

המתח על הקבל השקול שווה לסכום המתחים של כל הקבלים

אנרגיה האגורה בקבל:

$$U_c = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$$

העבודה שמבצעת הסוללה לטעינת קבל:

$$W = QV = 2U_c$$

חומרים דיאלקטרים בקבל:
הכנסת חומר דיאלקטרי לקבל מקטינה את השדה והמתח בקבל ולכן מגדילה את הקיבול

נוסחה לקבל המלא בחומר דיאלקטרי אחיד:

$$C' = \varepsilon_r C_0$$

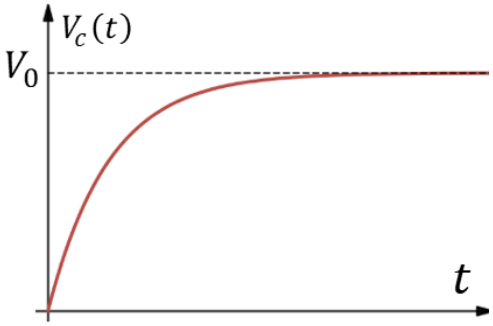
במידה והקבל אינו מלא בחומר אחיד , ניתן לפצל אותו לקבלים חלקיים, לחשב את הקיבול של כל אחד ולחבר חזר לפי החוקים של חיבור קבלים בטור או במקביל.

טעינה של קבל:
המתח והמטען כתלות בזמן במהלך הטעינה

$$V_c(t) = V_0(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

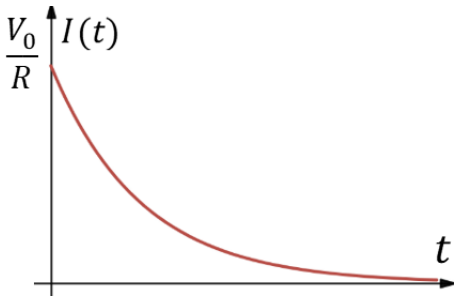
$$q_c(t) = CV_0(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

V_0 - המתח של הסוללה
R - התנגדות המעגל



הזרם כתלות בזמן:

$$I(t)=\frac{V_0}{R}e^{-\frac{t}{RC}}$$



פריקה של קבל:

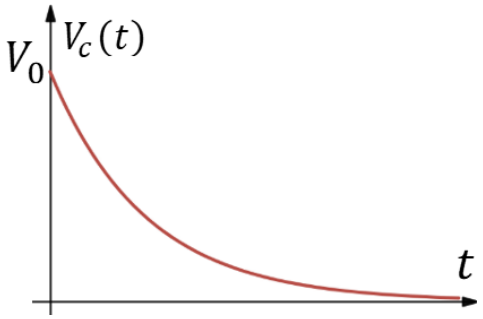
המתח והמטען כתלות בזמן במהלך הטעינה

$$V_c(t)=V_0e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$q_c(t)=CV_0e^{-\frac{t}{RC}}$$

V_0 - המתח ההתחלתי (המטען ההתחלתי $Q_0=CV_0$)

הזרם כתלות בזמן זהה לטעינה

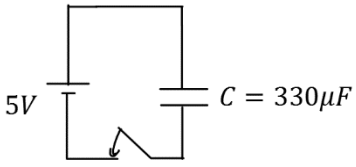


זמן אופייני $\tau=RC$ נהוג להגיד שלאחר זמן של 5τ הקבל טעון/פרוק לגמרי

שאלות:

1) קבל ומקור דוגמה בסיסית

קבל בעל קיבול $C=330\mu F$ מחובר לסוללה במתח $V=5V$. סוגרים את המפסק במעגל ומחכים זמן רב.



א. מה יהיה הזרם במעגל?

ב. מה יהיה המתח בין לוחות הקבל?

ג. מה יהיה המטען על הלוחות? ציין איפה יהיה המטען החיובי ואיפה השלילי.

ד. חזור על הסעיפים במקרה שבו מחובר גם נגד בטור במעגל

2) מוציאים מטען מהקבל

קבל טעון במטען של $5\mu c$. מד מתח שמחובר לקבל מראה קריאה של 3 וולט.

א. מצא את הקיבול של הקבל.

כעת מוציאים $2\mu c$ מהמטען על הקבל (ו- $-2\mu c$ מהצד השלילי).

ב. מה יראה מד המתח?

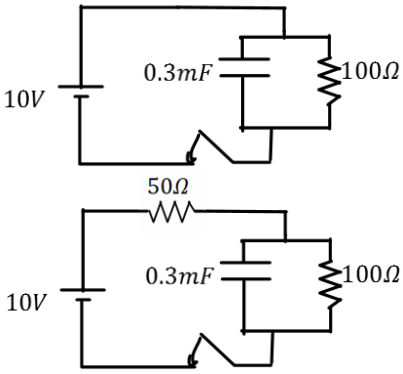
3) קבל במקביל לנגד

במעגל הבא סוגרים את המפסק ומחכים זמן רב.

א. מצא את המתח והמטען על הקבל .

ב. האם יזרום זרם במעגל?
אם כן, מצא את גודלו וכיוונו.

ג. חזור על הסעיפים עבור המקרה בו יש נגד נוסף במערכת (ראה תרשים).



4) חישוב קיבול של קבל לוחות

קבל לוחות מורכב מלוחות זהים בעלי שטח 2cm^2 ומרחק בין הלוחות 0.3mm.

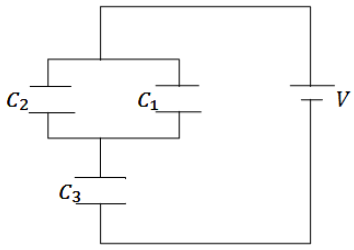
א. חשב את הקיבול של הקבל.

ב. מה יהיה המטען על הקבל אם נחבר אותו למקור מתח $V = 3V$ (לאחר זמן רב)?

5) חיבור במקביל ובטור

במעגל הבא נתון מתח הסוללה $V = 3V$ והקיבול של כל קבל: $C_1 = 2\mu F$, $C_2 = 3\mu F$, $C_3 = 5\mu F$.

מצא את המטען על כל קבל.



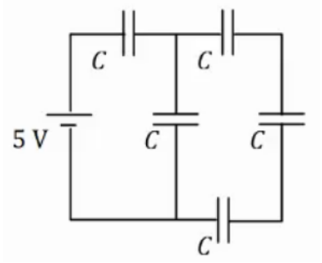
6) חיבור 5 קבלים

במעגל הבא לכל הקבלים קיבול זהה $C = 200\mu F$.

המתח של הסוללה הוא $V = 5V$.

א. מצא את הקיבול השקול של המעגל.

ב. מצא את המתח והמטען על כל קבל זמן רב לאחר סגירת המעגל.



7) מרחיקים לוחות בקבל

קבל לוחות מורכב מלוחות זהים בעלי שטח $3cm^3$ ומרחק בין הלוחות $0.4mm$.

א. חשב את הקיבול של הקבל

ב. מה יהיה המטען על הקבל אם נחבר אותו למקור מתח $V = 3V$ (לאחר זמן רב).

כעת מנתקים את הקבל ממקור המתח ומגדלים את המרחק בין הלוחות פי 2.

ג. מצא את הקיבול החדש.

ד. מצא את המטען והמתח על הקבל החדש.

ה. חזור על סעיפים ג' ו-ד', אם היינו מרחיקים את הלוחות מבלי לנתק את מקור המתח.

8) אנרגיה של קבל לוחות

קבל לוחות מורכב מלוחות זהים בעלי שטח $5cm^2$ ומרחק בין הלוחות $2mm$.

א. חשב את הקיבול של הקבל.

מחברים את הקבל לסוללה במתח 4 וולט.

ב. מהי האנרגיה האגורה בקבל לאחר זמן רב?

9) מקרבים את הלוחות

קבל לוחות מורכב מלוחות זהים בעלי שטח $6cm^2$ ומרחק בין הלוחות $3mm$.

א. חשב את הקיבול של הקבל.

מחברים את הקבל לסוללה במתח 5 וולט.

ב. מהי האנרגיה האגורה בקבל לאחר זמן רב?

מקרבים את לוחות הקבל למרחק $1mm$.

ג. מצא את האנרגיה החדשה אם הקבל מחובר לסוללה במשך כל התהליך. רשום גם את שינוי האנרגיה בקבל.

ד. חזור על ג' עבור המקרה שבו מנתקים את הקבל מהסוללה לפני שמקרבים את הלוחות.

10) מכניסים חומר לקבל בשתי דרכים

קבל בעל קיבול של $5\mu F$ מחובר למקור מתח של $12V$.

א. חשב את המטען, המתח והאנרגיה האגורה בקבל זמן רב לאחר החיבור למקור.

מכניסים לקבל חומר דיאלקטרי בעל מקדם דיאלקטרי $\varepsilon_r = 1.2$ הממלא את כל הרווח בין לוחות הקבל.

ב. בהנחה שהקבל מחובר למקור בכל התהליך.
חשב את המתח המטען והאנרגיה בקבל לאחר זמן רב.

ג. חשב את השינוי במטען ובאנרגיה בעקבות הכנסת החומר.

ד. חזור על סעיף ב' אם מנתקים את הקבל מהמקור לפני שמכניסים את החומר הדיאלקטרי.

11) מכניסים ומוציאים חומר מקבל

קבל בעל קיבול של $8\mu F$ מחובר למקור מתח של $12V$.

א. חשב את המטען, המתח והאנרגיה האגורה בקבל זמן רב לאחר החיבור למקור.

מכניסים לקבל חומר דיאלקטרי בעל מקדם דיאלקטרי $\varepsilon_r = 1.4$ הממלא את כל הרווח בין לוחות הקבל.

ב. בהנחה שהקבל מחובר למקור בכל התהליך.

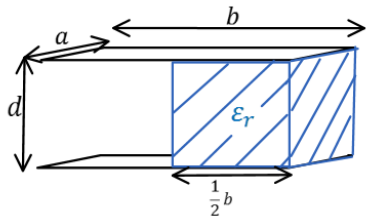
חשב את המתח המטען והאנרגיה בקבל לאחר זמן רב.

כעת מנתקים את הקבל מהמקור ומוציאים את החומר הדיאלקטרי.

ג. מה יהיה המתח המטען והאנרגיה בקבל לאחר זמן רב?

ד. חשב את שינוי האנרגיה בכל שלב בתהליך.

12) קבל עם חצי ימין מלא



קבל לוחות מורכב משני לוחות בעלי שטח $A = a \times b$,

ומרחק d בין הלוחות. $a = 3cm$, $b = 4cm$, $d = 2mm$.

א. מצא את הקיבול של הקבל.

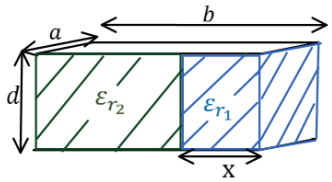
ממלאים את חציו הימיני של הקבל בחומר דיאלקטרי בעל מקדם $\varepsilon_r = 3$ וחציו השמאלי נשאר ריק (ראה איור).

ב. מצא את הקיבול החדש של הקבל.

ג. מחברים את הקבל למקור מתח $V_0 = 5V$.

כמה מטען יהיה על כל לוח ומה תהיה האנרגיה של הקבל?

13) קבל עם חלק ימין שונה מחלק שמאל



קבל לוחות מורכב משני לוחות בעלי שטח $A = a \times b$,

ומרחק d בין הלוחות. $a = 5cm$, $b = 6cm$, $d = 1mm$.

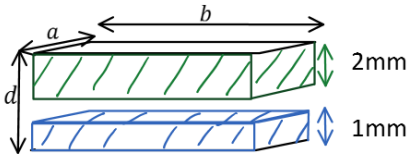
ממלאים את חלק של הקבל ברוחב $x = 1cm$ בחומר דיאלקטרי בעל מקדם $\varepsilon_{r_1} = 4$, ואת החלק הנותר בחומר דיאלקטרי בעל מקדם $\varepsilon_{r_2} = 2$ (ראה איור).

א. מצא את הקיבול החדש של הקבל.

ב. מחברים את הקבל למקור מתח $V_0 = 5V$.

כמה מטען יהיה על כל לוח ומה תהיה האנרגיה של הקבל?

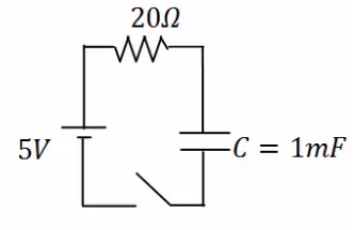
14) קבל עם שלושה חלקים אחד מעל השני



קבל לוחות מורכב משני לוחות בעלי שטח $A = a \times b$, ומרחק d בין הלוחות. $a = 5\text{cm},\ b = 6\text{cm},\ d = 4\text{mm}$.
ממלאים חלק של הקבל בגובה 1mm ולכל הרוחב בחומר דיאלקטרי בעל מקדם $\varepsilon_{r_1} = 4$.
את החלק מגובה 2mm ועד הלוח העליון ממלאים בחומר דיאלקטרי בעל מקדם $\varepsilon_{r_2} = 2$ (ראה איור).

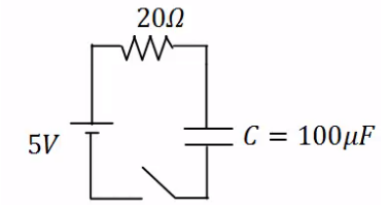
א. מצא את הקיבול החדש של הקבל.
ב. מחברים את הקבל למקור מתח $V_0 = 5\text{V}$.
כמה מטען יהיה על כל לוח ומה תהיה האנרגיה של הקבל?

15) טעינה



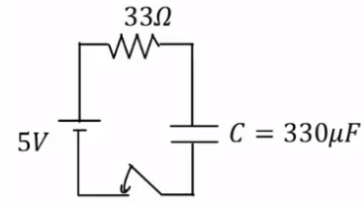
במעגל הבא הקיבול של הקבל הוא: $C = 1\text{mF}$,
התנגדות הנגד היא: $R = 20\Omega$ ומתח המקור
הוא: $V_0 = 5\text{V}$. סוגרים את המפסק ב-$t = 0$.
א. מהו המטען על הקבל לאחר 0.01 שניות?
ב. המתח על הקבל באותו הרגע?
ג. מהם המטען והמתח על הקבל לאחר 0.1 שניות?

16) זמן אופייני



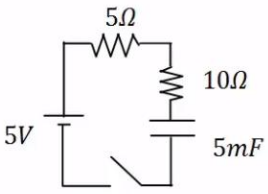
במעגל הבא הקיבול של הקבל הוא: $C = 100\mu\text{F}$,
התנגדות הנגד היא: $R = 100\Omega$ ומתח המקור
הוא: $V_0 = 5\text{V}$. סוגרים את המפסק ב-$t = 0$.
מהו המטען והמתח על הקבל לאחר 0.3 שניות?

17) חישוב זרם



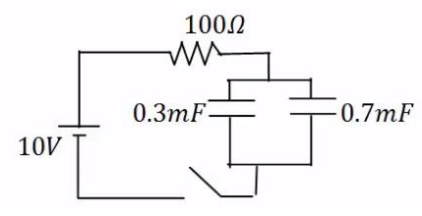
במעגל הבא הקיבול של הקבל הוא: $C = 330\mu\text{F}$,
התנגדות הנגד היא: $R = 33\Omega$ ומתח המקור
הוא: $V_0 = 5\text{V}$. סוגרים את המפסק ב-$t = 0$.
א. מהו הזרם במעגל ב-$t = 0.005\,\text{sec}$?
ב. מהו ההספק בנגד באותו הרגע?

18) שני נגדים



במעגל הבא סוגרים את המפסק ב-$t = 0$.
א. מהו הזמן האופייני במעגל?
ב. מצא את המתח והזרם בקבל בזמנים: $t = 0.01\ ,\ 0.6\,\text{sec}$.

19) שני קבלים

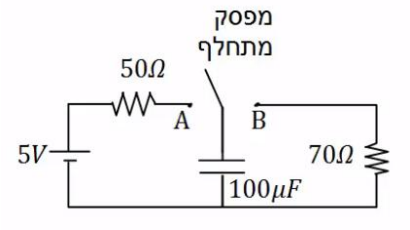


במעגל הבא סוגרים את המפסק ב- $t=0$.

א. מהו הזמן האופייני במעגל?

ב. מצא את המתח והמטען בכל קבל בזמנים: $t=0.2\ ,\ 0.8\sec$.

20) דוגמה מסכמת



במעגל הבא מחברים את המפסק המתחלף לנקודה A ומחכים זמן רב.

א. רשום את המתח על הקבל כתלות בזמן.
מהו "זמן רב"?

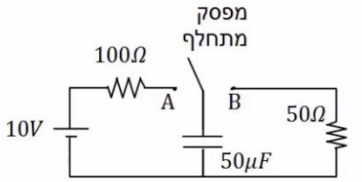
לאחר מכן מעבירים את המפסק לנקודה B.

ב. רשום שוב את המתח על הקבל כתלות בזמן.

21) מתג מתחלף

במעגל הבא מחברים ב- $t=0$ את המפסק המתחלף לנקודה A.

ב- $t=0.01$ מעבירים את המפסק לנקודה B.



א. רשום את המתח על הקבל כתלות בזמן.

ב. מה המטען על הקבל ב- $t=0.02$?

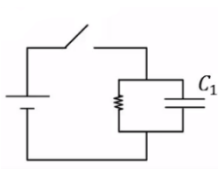
ג. רשום את הזרם כתלות בזמן.

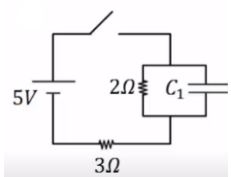
ד. צייר גרפים עבור המתח והזרם כתלות בזמן.

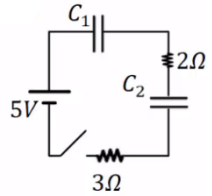
22) מציאת זרם במספר מעגלים

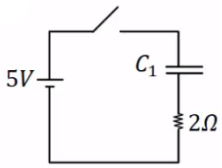
מצא את הזרם, בכל נגד, במעגלים הבאים. ברגע סגירת המתג הנח שהקבלים אינם טעונים לפני הסגירה של המתג וכי הסוללה והחוטים אידיאלים.

א. ב. ג. ד.









23) קבלים במעגל בהתחלה ולאחר זמן רב

נתוני הרכיבים במעגל הבא הם:

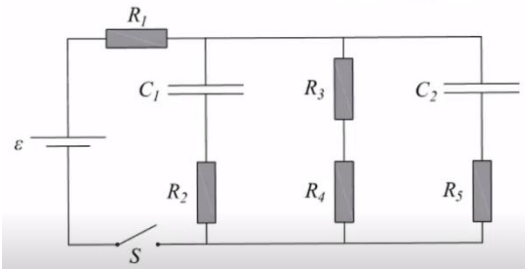
$R_1 = 4\Omega \ , R_2 = 3\Omega \ , R_3 = 2\Omega \ , R_4 = 1\Omega \ , R_5 = 6\Omega \ , \varepsilon = 24V \ , C_1 = 2\mu F \ , C_2 = 4\mu F$

לפני סגירת המפסק הקבלים אינם טעונים.

א. מהו הזרם דרך כל אחד מהנגדים במעגל ברגע סגירת המפסק?

ב. מהו הזרם דרך כל אחד מהנגדים במעגל זמן רב לאחר סגירת המפסק?

ג. מהו המטען על כל אחד מהקבלים זמן רב לאחר סגירת המפסק?



תשובות סופיות:

1) א. $I = 0$ ב. $|V_c| = 5V$ ג. $1.65mc$ ד. ללא שינוי.

2) א. $1.67\mu F$ ב. $1.8V$

3) א. $V_c = V_0 = 10V, Q = 3mc$ ב. $I = 0.1A$

ג. $I = 0.067A \ , V_c = 6.7 \ , \ Q = 2.01mc$

4) א. $C \approx 5.9 \cdot 10^{-12} F$ ב. $Q = 17.7pC$

5) $q_1 = 3\mu C \ , \ q_2 = 4.5\mu C \ , \ q_3 = 7.5\mu C$

6) א. $C_{T_1} = \frac{C}{3} \ , \ C_{T_2} = \frac{4C}{3} \ , C_T = 114\mu F$

ב. $q_1 = q_T = 571\mu c \ , q_2 = q_3 = q_4 = q_{T_1} = 143\mu c$

$V_1 = 2.86V \ , \ V_5 = 2.14V \ , \ V_2 = V_3 = V_4 = 0.715V$

7) א. $C = 6.64pF$ ב. $Q = 19.9pc$ ג. $C' = 3.32pF$ ד. $Q' = 19.9pc \ , V' = 6V$

ה. (ג) $C' = 3.32pF$ (ד) $V' = 3V \ , Q' = 9.96pc$

8) א. $C = 2.21pF$ ב. $U_c = 17.68 \cdot 10^{-12} J$

9) א. $C = 1.77pF$ ב. $U_c = 22.13pJ$ ג. $U_c' = 66.375 \ , \ \Delta U = 44.245pJ$

ד. $U_c' \approx 7.38pJ \ , \ \Delta U = -14.76pJ$

10) א. $V_c = 12V \ , Q = 60\mu c \ , U_c = 3.6 \cdot 10^{-4} J$ ב. $C' = 6\mu F \ , \ U_c' = 432\mu J \ , Q' = 72\mu c$

ג. $\Delta Q = 12\mu c \ , \Delta U = 72\mu J$ ד. $V' = 10V \ , U_c = 300\mu J$

11) א. $V_c = 12V \ , Q = 96\mu F \ , U_c = 576\mu J$ ב. $V_c' = 12V \ , Q' = 134.4\mu F \ , U_c' = 806.4\mu J$

ג. $V_c'' = 16.8V \ , Q'' = 134.4\mu F \ , U_c'' \approx 1129\mu J$

ד. במעבר מסעיף א' ל-ב': $\Delta U = 230.4\mu J$, במעבר מסעיף ב' ל-ג': $\Delta U \approx 323\mu J$

12) א. $C=5.31\text{pF}$ ב. $C_T=10.62\text{pF}$ ג. $U_c=132.75\text{pJ}$

13) א. $C_T=61.95\text{pF}$ ב. $Q=309.75\text{pc}\ ,\ U_c=1548.75\text{pJ}$

14) א. $C_T 11.8\text{pF}$ ב. $q=59\cdot10^{-9}\text{c}\ ,\ U_c=1.475\cdot10^{-7}\text{J}$

15) א. $q_C(t)\approx1.97\cdot10^{-3}\text{C}$ ב. $V_C=1.97\text{V}$

ג. $q_C(t=0.1)=4.97\cdot10^{-3}\text{C}\ ,\ V_C=4.97\text{V}$

16) $q_C=5\cdot10^{-4}\text{C}\ ,\ V_C=V_0=5\text{V}$

17) א. $I(0.005)\approx0.096\text{A}$ ב. $P\approx0.305\text{W}$

18) א. $\tau=0.075\,\text{sec}$

ב. $V_C(t=0.01)=0.624\text{V}\ ,\ I(t=0.01)\approx0.292\text{A}\ ,\ V_C(t=\infty)=5\text{V}\ ,\ I(t=\infty)=0$

19) א. $\tau=0.1\text{sec}$

ב. $V_T(t=0.2)=8.65\text{V}\ ,\ q_1(t=0.2)=2.60\cdot10^{-3}\text{C}\ ,\ q_2(t=0.2)=6.01\cdot10^{-3}\text{C}$

20) א. $V_C(t)=5\text{V}\left(1-e^{-\frac{t}{5\cdot10^{-3}}}\right)$ ב. $V_C(t)=5\cdot e^{-\frac{t^*}{7\cdot10^{-3}}}$

21) א.
$$V_C(t)=\begin{cases}10\left(1-e^{-\frac{t}{0.005}}\right) & 0<t<0.01\\ 8.65\cdot e^{-\frac{t-0.01}{0.0025}} & 0.01<t\end{cases}$$

ב. $q_C(t=0.02)\approx7.92\cdot10^{-6}\text{C}$

ג.
$$I(t)=\begin{cases}\frac{10}{100}\cdot e^{-\frac{t}{0.005}} & 0<t<0.01\\ \frac{8.65}{50}\cdot e^{-\frac{t-0.01}{0.0025}} & 0.1<t\end{cases}$$

ד. ראה סרטון.

22) א. $I(t=0)=2.5\text{A}$ ב. $I=1\text{A}$ ג. $I=\frac{5}{3}\text{A}$ ד. $I(t=0)=\infty$

23) א. $I_T=I_1\approx4.62\text{A}\ ,\ I_2\approx1.85\text{A}\ ,\ I_{3,4}=1.85\text{A}\ ,\ I_5\approx0.92\text{A}$

ב. $I_{1,3,4}=3.43\text{A}\ ,\ I_{2,5}=0$

ג. $q_1\approx20.58\cdot10^{-6}\text{C}\ ,\ q_2\approx41.16\cdot10^{-6}\text{C}$

תרגילים נוספים:

שאלות:

תרגילים ברמה א':

1) תרגיל 1 - מציאת מטען

מה המטען המצטבר על קבל של $C=30\mu F$ לאחר זמן רב, אם נחבר אותו למתח של $10V$?

2) תרגיל 2 - קבל לוחות

קבל לוחות מורכב משני לוחות בעלי שטח $A=4cm^2$, שביניהם מרחק של $d=1mm$.

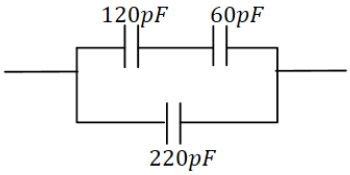
א. מה הקיבול של הקבל אם המרווח בין הלוחות ריק?

ב. מה הקיבול של הקבל אם המרווח בין הלוחות מלא בחומר דיאלקטרי אחיד בעל מקדם $\varepsilon_r=2.5$?

ג. מצא את המטען על הקבל, עבור כל אחד מהמקרים בסעיפים הקודמים, אם מחברים את הקבל למקור מתח של $5V$.

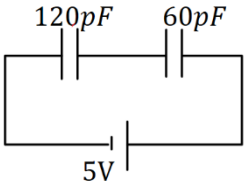
3) תרגיל 3 - חיבור קבלים

מצא את הקיבול השקול של החיבור הבא.



4) תרגיל 4 - חיבור קבלים

מה המטען והמתח על כל קבל במערכת הבאה (זמן רב לאחר חיבור הסוללה)?
ציין איפה המטען החיובי והיכן המטען השלילי בכל קבל.

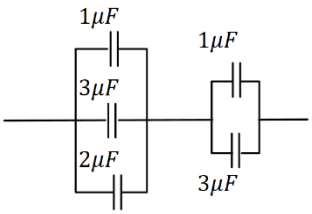


5) תרגיל 5 - חיבור קבלים

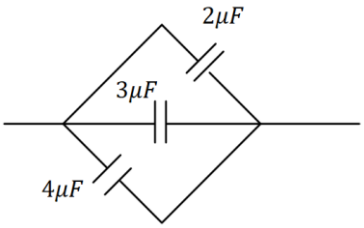
נתונה מערכת הקבלים הבאה:

א. מצא את הקיבול השקול בין שני הקצוות של החוט.

ב. מצא את המתח והמטען על כל קבל אם מחברים את הקצוות למקור מתח של $10V$.



6) תרגיל 6 - יהלום

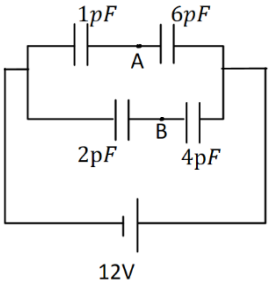


נתונה מערכת הקבלים הבאה:

א. מצא את הקיבול השקול במקרה הבא.

ב. מצא את המתח והמטען על כל קבל אם מחברים את הקצוות למקור מתח של 10V.

7) תרגיל 7 - חיבור קבלים ומציאת מתח

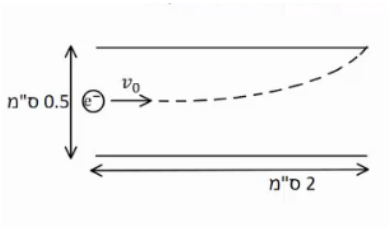


במעגל הבא נתון הקיבול של כל קבל ומתח הסוללה:

א. מצא את המתח על כל קבל והמטען על כל קבל. סמן על כל קבל היכן המטען החיובי.

ב. מהו V_{AB} המתח בין הנקודות A ל-B?

8) תרגיל 8 - אלקטרון נכנס לקבל לוחות



קבל לוחות מורכב משני לוחות ריבועיים בעלי אורך צלע של 2 ס"מ ומרחק בין הלוחות של 0.5 ס"מ. אלקטרון נכנס במרכז הלוחות עם מהירות, המקבילה ללוחות, שגודלה $v_0 = 10^7 \frac{m}{sec}$ (ראה איור).

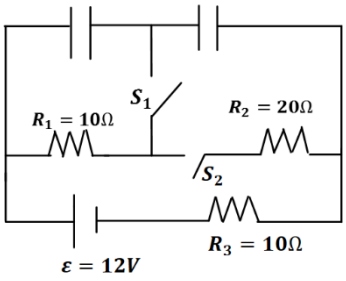
האלקטרון פוגע בדיוק בקצה הלוח העליון.

א. חשב את השדה בין הלוחות (גודל וכיוון).

ב. חשב את המתח אליו מחובר הקבל.

תרגילים ברמה ב':

9) תרגיל 1 - מעגלים חשמליים



ענה על הסעיפים הבאים עבור המעגל שבציור, זמן רב לאחר סגירת או פתיחת המתגים.

א. מהו המתח והמטען על כל קבל, כאשר שני המפסקים פתוחים?

ב. סוגרים את S_1. S_2 פתוח.
מהו המתח והמטען של כל קבל?

ג. סוגרים את S_2 ופותחים את S_1. מהו המתח על כל קבל?

ד. הפעם שניהם סגורים. מהו המתח והמטען על כל קבל?

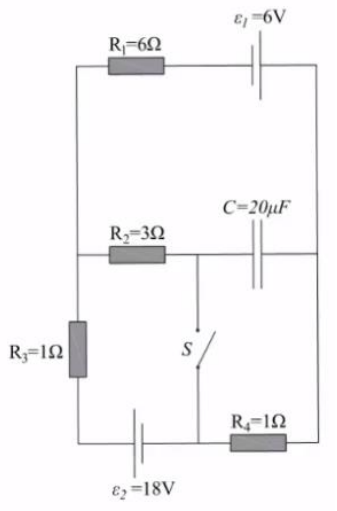
10) תרגיל 2 - מעגלים חשמליים

שני קבלים, האחד של $10\mu F$ והשני של $15\mu F$, חוברו בנפרד למקורות מתח של $6V$ ו-$8V$, בהתאמה. לאחר מכן נותקו ממקורות המתח וחוברו זה לזה.

א. מה יהיה המתח והמטען הסופי על כל קבל, אם הקבלים חוברו כאשר הדקים שווי סימן מחוברים זה לזה?

ב. ללא קשר לסעיף א', מה יהיה המתח והמטען הסופי על כל קבל, אם הקבלים חוברו כאשר הדקים שוני סימן מחוברים זה לזה.

11) תרגיל 3 - מעגלים חשמליים



נתון המעגל החשמלי המופיע בתרשים.
ההתנגדויות הפנימיות של מקורות המתח זניחות.
כאשר המפסק S פתוח והמעגל במצבו היציב:

א. מהו הזרם החשמלי העובר דרך כל אחד מהנגדים?

ב. מהו המטען על לוחות הקבל?

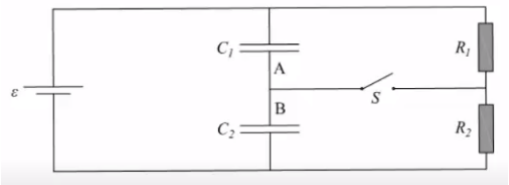
ג. מהו גודל המתח בין הדקי המפסק הפתוח?

סוגרים את המפסק S ומחכים להתייצבות המערכת.

ד. מהו הזרם החשמלי העובר דרך כל אחד מהנגדים?

ה. מהו המטען על לוחות הקבל?

12) תרגיל 4 - מעגלים חשמליים



נתונים שני קבלי לוחות C_1 ו-C_2, ששטח כל לוח הוא $0.02m^2$. המרחק בין לוחות קבל C_1 הוא $1mm$ והמרחק בין לוחות קבל C_2 הוא $3mm$.

א. חשבו את הקיבול של כל אחד מהקבלים.

חיברו את שני הקבלים למעגל הנתון בשרטוט.

נתון: $R_1=5\Omega$, $R_2=10\Omega$, $V,\varepsilon=12$.

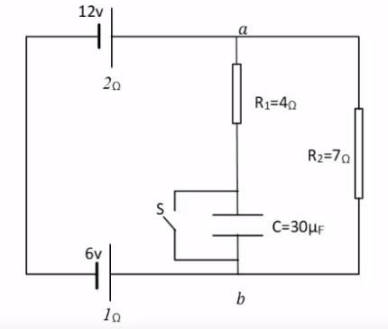
פתור את כל הסעיפים לאחר זמן רב.

ב. מהו הזרם דרך כל אחד מהנגדים כאשר המספר S פתוח?

ג. כאשר המפסק S סגור, מהו הזרם דרך כל אחד מהנגדים?

ד. מהו סכום המטען שהצטבר על שני הלוחות A ו-B?

13) תרגיל 5 - מעגלים חשמליים (עם מקור לא אידיאלי)



נתון המעגל החשמלי שבאיור, לכל מקור יש התנגדות פנימית המצוינת מתחת לסימון המקור. כאשר המפסק סגור.

א. מהם הזרמים (גודל וכיוון) שעוברים בנגדים?

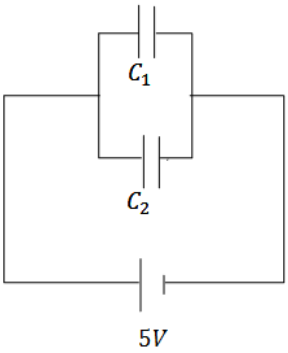
ב. מהו המתח בין הנקודות a ו- b?

כעת פותחים את המפסק ומחכים זמן רב.

ג. מהם הזרמים (גודל וכיוון) שעוברים בנגדים?

ד. מהו המטען על לוחות הקבל, וכמה אנרגיה אגורה בו?

14) תרגיל 6 - שני קבלים טעונים מחוברים לקבל שלישי



במעגל הבא קיבול הקבלים הוא: $C_1 = 3\mu F$, $C_2 = 2\mu F$,
והמתח בסוללה הוא $5V$.
לאחר שהקבלים נטענים מנתקים את המקור
ומחליפים אותו בקבל של $C_3 = 5\mu F$.
מצא את המטען המתח והאנרגיה של הקבל החדש,
לאחר שהמערכת מתייצבת.

15) תרגיל 7 - מרחיקים לוחות בקבל לוחות

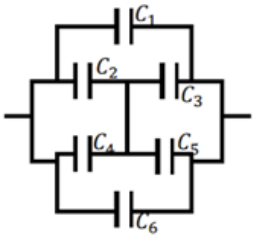
קבל לוחות בעל אורך צלע $a = 2cm$ ומרחק בין הלוחות $d = 1mm$, נטען ע"י סוללה במתח $3V$. אחרי שהקבל נטען במלואו מנתקים את הסוללה ומרחיקים את הלוחות למרחק $3d$.

א. מצא את הפרש הפוטנציאל החדש על הקבל.

ב. מצא את האנרגיה ההתחלתית והסופית האגורה בקבל.

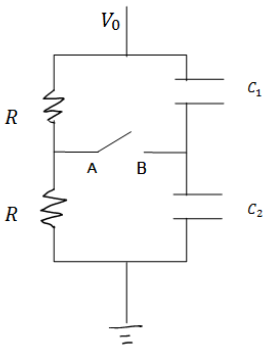
ג. מצא את העבודה הנדרשת ע"מ להרחיק את הלוחות ע"י הגדרת העבודה.

16) תרגיל 8 - חיבור קונפיגורציית קבלים



נתונה מערכת קבלים המחוברים על פי השרטוט.
מצא את הקיבול השקול של המערכת.

17) תרגיל 9 - קבלים עם מפסק



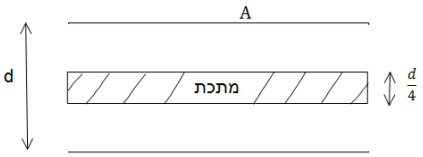
במעגל הבא מחזיקים את הקצה העליון בפוטנציאל קבוע, ונתון V_0 הקצה התחתון מוארק.
נתון: הקיבול של כל קבל, ההתנגדות הזהה של הנגדים.

א. מצא את המתח (הפרש הפוטנציאלים) בין הנקודה A לנקודה B.

ב. סוגרים את המפסק AB. כמה מטען עבר דרך המפסק עד שהמערכת התייצבה?

18) תרגיל 10 - קבל עם פיסת מתכת

קבל לוחות מחובר למקור מתח V. שטח כל לוח בקבל הוא A, והמרחק בין הלוחות הוא d $\left(d \ll \sqrt{A}\right)$.

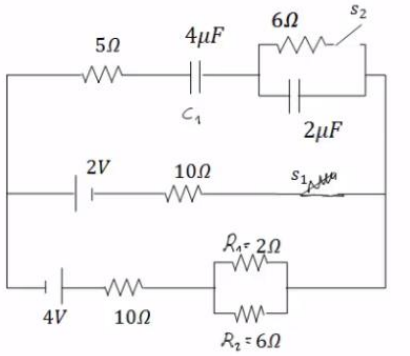


א. מצא את המטען על הקבל, את השדה בתוך הקבל ואת האנרגיה של המערכת.

ב. כעת מכניסים לקבל פיסת מתכת בעובי $\frac{d}{4}$ עם שטח A ממרכז הקבל. חזור על סעיף א.

ג. כעת מוציאים את המתכת, מחכים שהקבל יטען שוב ומנתקים את מקור המתח. לאחר הניתוק מכניסים את המתכת חזרה פעם שניה. חזור על סעיף א' (סעיף ב' אינו משפיע על סעיף ג').

19) תרגיל 11



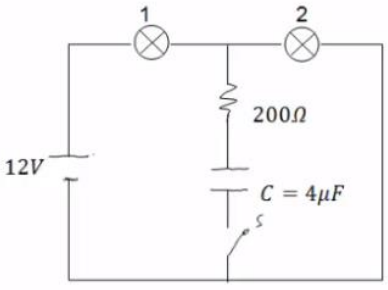
חשב את כל הזרמים במעגל ואת המטען על כל קבל במצב היציב כאשר המפסקים במצב הבא:

א. S_1 פתוח ו-S_2 סגור.

ב. S_2 פתוח ו-S_1 סגור.

ג. שני המפסקים סגורים.

20) תרגיל 12 - שתי נורות



במעגל הבא הספק נורה מס' 1 במתח של $10V$ הוא $0.5W$. ההספק של נורה מס' 2 באותו המתח הוא $0.4W$. התנגדות הנגד היא 200Ω.

א. חשב את התנגדות המתח וההספק החשמלי של כל נורה כאשר המפסק פתוח.

ב. חשב את המתח על הקבל אם המפסק סגור והמערכת התייצבה.

תשובות סופיות:

1) $Q = 0.3mF$

2) א. $C = 3.54pF$ ב. $C' = 8.85pF$ ג. $Q_A = 17.7pc\ ,\ Q_B = 44.25pc$

3) $C_T = 260pF$

4) $Q_1 = Q_2 = 200pc\ ,\ V_{C_1} = 1.67V\ ,\ V_{C_2} = 3.33V$

5) א. $C_T = 2.4\mu F$

ב. $V_{4,5} = 6V\ ,\ V_{1,2,3} = 4V\ ,\ Q_1 = 4\mu C\ ,\ Q_2 = 12\mu C\ ,\ Q_3 = 8\mu C\ ,\ Q_4 = 6\mu C\ ,\ Q_5 = 18\mu C$

6) א. $C_T = 9\mu F$ ב. $V_T = 10V\ ,\ Q_1 = 20\mu C\ ,\ Q_2 = 30\mu C\ ,\ Q_3 = 40\mu C$

7) א. $Q_{1,2} = 10.29\mu C\ ,\ Q_{3,4} = 16\mu C\ ,\ V_1 = 10.29V\ ,\ V_2 = 1.71V\ ,\ V_3 = 8V\ ,\ V_4 = 4V$

ב. $V_{AB} = -2.28V$

8) א. $\vec{E} \approx -7.12 \cdot 10^3 \frac{N}{C} \hat{y}$ ב. $V \approx 35.5V$

9) א. $Q_1 = Q_2 = 24\mu C\ ,\ V_1 = 8V\ ,\ V_2 = 4V$ ב. $V_{C_2} = 0\ ,\ V_{C_1} = 12V\ ,\ Q_1 = 36\mu C$

ג. $Q_{1,2} = 18\mu C\ ,\ V_1 = 6V\ ,\ V_2 = 3V$

ד. $V_{C_1} = 6V\ ,\ Q_{C_1} = 18\mu C\ ,\ V_{C_2} = 3V\ ,\ Q_2 = 18\mu C$

10) א. $q_2 = 108\mu C\ ,\ q_1 = 72\mu C\ ,\ V_1 = V_2 = 10.8V$ ב. $q_2 = 36\mu C\ ,\ q_1 = 24\mu C\ ,\ V_1 = V_2 = 2.4V$

11) א. $I = 3A$ ב. $q_C = 240\mu C$ ג. $|V_S| = 15V$

ד. $I_1 = 2.52A\ ,\ I_2 = -3.87A\ ,\ I_3 = 6.39A$ ה. $q = 40.4\mu C$

12) א. $C_1 = 1.77 \cdot 10^{-10} F\ ,\ C_2 = 0.59 \cdot 10^{-10} F$ ב. $I = 0.8A$ ג. $I = 0.8A$

ד. $q_1 = 7.08 \cdot 10^{-10} C\ ,\ q_2 = 4.72 \cdot 10^{-10} C$

13) א. $I_1 = 0.689A\ ,\ I_2 = 0.393A$ ב. $V_{ab} = 2.756V$

ג. כלפי מטה, $I_1 = 0\ ,\ I = 0.6A$ ד. $q = 1.26 \cdot 10^{-4} C$

14) $q'_3 = 12.5\mu C\ ,\ V'_3 = 2.5V\ ,\ U = 15.625J$

15) א. $V' = 9V$ ב. $U_{C_i} = 15.93 \cdot 10^{-12} J\ ,\ U_{C_F} = 47.79 \cdot 10^{-12} J$

ג. $|W| = 31.86 \cdot 10^{-12} J$

16) $C_T = C_1 + C_6 + C_{2,3,4,5}$

17) א. $V_{AB} = \frac{V_0}{2} - \frac{V_0 C_2}{C_1 + C_2}$ ב. $q_1 = \frac{C_1 V_0}{2}\ ,\ q_2 = \frac{C_2 V_0}{2}\ ,\ \Delta q = \frac{V_0}{2}(C_2 - C_1)$

18) א. $q = CV = \frac{\varepsilon_0 A}{d} V$, $E = \frac{V}{d}$, $U = \frac{1}{2}\frac{\varepsilon_0 A}{d} V$

ב. $q_1 = q_2 = \frac{4\varepsilon_0 AV}{3d}$, $E_1 = E_2 = \frac{4V}{3d}$, $U = \frac{1}{2} C_T V^2 = \frac{2\varepsilon_0 A}{3d} V^2$

ג. $E_1 = E_2 = \frac{V}{d}$, $U = \frac{3\varepsilon_0 AV^2}{8d}$

19) א. $16\mu F$ ב. $\frac{12}{43} A$ ג. $\frac{136}{129}\mu C$

20) א. $R_1 = 200\Omega$, $R_2 = 250\Omega$, $V_1 = 5.34V$, $V_2 = 6.68V$, $P_1 = 0.143W$, $P_2 = 0.178W$

ב. $V_C = 6.68V$