

תוכן העניינים:

2	פרק 1
2	מבוא לחשמל והגדרות יסודיות
2	סרטון - מבוא לחשמל:
2	הגדרות יסודיות:
3	סרטון - סוגי חומרים בטבע:
4	סרטון - יחידות מדידה וחישובי שטחים ונפחים:
5	נוסחאות יסודיות:
5	תרגילים:
8	תשובות סופיות:
10	סרטון - זרם, מתח והתנגדות:
10	זרם חשמלי:
10	צפיפות זרם חשמלי:
10	חישוב מספר אלקטרונים:
10	מתח חשמלי:
11	התנגדות ומוליכות חשמלית:
11	התנגדויות של חומרים שונים:
11	תלות ההתנגדות וההתנגדות הסגולית בטמפרטורה:
13	תרגילים:
16	תשובות סופיות:
17	סרטון - חוק אוהם:
17	חוק אוהם:
18	תרגילים:
20	תשובות סופיות:
21	סרטון - הספק ואנרגיה חשמליים:
21	אנרגיה חשמלית:
21	הספק חשמלי:
21	נצילות:
22	תרגילים:
23	תשובות סופיות:
24	סרטון - המעגל החשמלי – סימונים ומוסכמות:
24	סימונים בסיסיים:
25	תרגילים:
28	תשובות סופיות:

פרק 1

מבוא לחשמל והגדרות יסודיות

סרטון - מבוא לחשמל:

ישנם 3 כוחות מרכזיים בטבע:

1. כוח המשיכה.
2. הכוח החשמלי.
3. הכוח המגנטי.

במסגרת קורס זה נתמקד בכוחות החשמליים והמגנטיים הקיימים במעגלים חשמליים.

הגדרות יסודיות:

מטען חשמלי:

תכונה פיזיקאלית של החומר הגורמת לאינטראקציה חשמלית עם מטענים אחרים. מטען חשמלי יכול להיות חיובי או שלילי. גוף הטעון במטען חיובי הוא גוף המורכב מיונים חיוביים (שיחרר ממנו אלקטרונים לסביבה). גוף הטעון במטען שלילי הוא גוף המורכב מיונים שליליים (קיבל אלקטרונים מהסביבה). מטען מסמנים באות Q ויחידותיו הן קולון (c), כגון: $Q = 2c$.

מטען אלקטרון ופרוטון: $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} c$, $q_p = +1.6 \cdot 10^{-19} c$.

שדה חשמלי:

כוח חשמלי ליחידת מטען הפועל על גוף במרחב. שדה חשמלי פועל על גופים הטעונים במטען חשמלי במצב סטטי ובזמן תנועה.

שדה חשמלי מסומן באות E ויחידותיו: $\frac{N}{c}$.

כוח חשמלי:

כוח שמרגיש גוף הטעון במטען q בתווך בו שורר שדה חשמלי E .
כוח חשמלי נתון בנוסחה: $F = qE$. יחידות הכוח הן ניוטונים (N).

תנועת מטענים ביחס לשדה חשמלי:

מטענים חיוביים ינועו עם כיוון השדה החשמלי ומטענים שליליים ינועו נגד כיוון השדה החשמלי.

שדה מגנטי:

תכונה מרחבית המפעילה כוחות מגנטיים על גופים הטעונים במטען חשמלי בתנועה.
שדה מגנטי מסומן באות B ויחידותיו הן טסלה (T).

כוח מגנטי:

כוח שמרגיש גוף הטעון במטען q ונע במהירות v בתוך תווך שבו שורר שדה מגנטי B כאשר הזווית שבין כיוון השדה לתנועת הגוף היא α .
את הכוח המגנטי ניתן לחשב ע"י: $F_M = qBv \cdot \sin \alpha$.

סרטון - סוגי חומרים בטבע:

בטבע ישנם כ-118 חומרי יסוד קרויים יסודות ומהם ניתן ליצור, ע"י תרכובות וכדומה, כל חומר שקיים במציאות שלנו. תכונות החומרים המרכזיות על פרטים ניתן למצוא בטבלה הנקראת הטבלה המחזורית. במסגרת לימודי החשמל נתעניין בחלוקה של החומרים ל-3 סוגים:

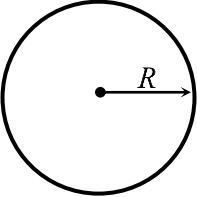
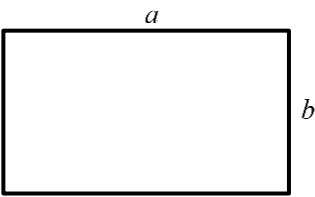
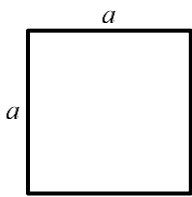
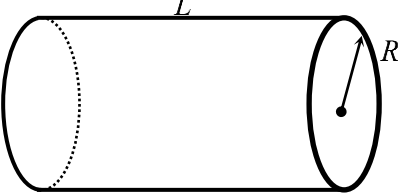
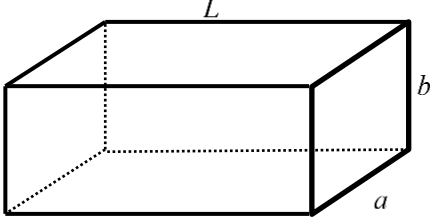
1. חומרים מוליכים - מספר גדול של אלקטרונים חופשיים.
2. חומרים מבודדים - מספר קטן של אלקטרונים חופשיים.
3. חומרים המוליכים למחצה - מתנהג כמוליך וכמבודד לפי תנאים משתנים.

סרטון - יחידות מדידה וחישובי שטחים ונפחים:

טבלת האותיות והסימונים לסדרי הגודל המקובלים:

תחילית	שם לועזי	סימון	גודל	ערך המכפלה
טֶרָה	Tera	<i>T</i>	10^{12}	1,000,000,000,000
גִּיגָה	Giga	<i>G</i>	10^9	1,000,000,000
מֶגָה	Mega	<i>M</i>	10^6	1,000,000
קִילוֹ	Kilo	<i>k</i>	10^3	1,000
דֶּקָה	Deca	<i>da</i>	10^1	10
גודל מקורי	Unit		1	1
דְּצִי	Deci	<i>d</i>	10^{-1}	0.1
סֶנְטִי	Centi	<i>c</i>	10^{-2}	0.01
מִילִי	Mili	<i>m</i>	10^{-3}	0.001
מִיקְרוֹ	Micro	μ	10^{-6}	0.000001
נָנוֹ	Nano	<i>n</i>	10^{-9}	0.000000001
פִּיקוֹ	Pico	<i>p</i>	10^{-12}	0.000000000001
פֶּמְטוֹ	Femto	<i>f</i>	10^{-15}	0.000000000000001

נוסחאות יסודיות:

<p>שטח עיגול:</p>  <p>$S = \pi R^2$</p>	<p>שטח מלבן:</p>  <p>$S = ab$</p>	<p>שטח ריבוע:</p>  <p>$S = a^2$</p>
<p>נפח גליל:</p>  <p>$V = \pi R^2 L$</p>		<p>נפח תיבה:</p>  <p>$V = abL$</p>

תרגילים:

1) כתוב את הגדלים הבאים במטרים בלבד (m):

- | | | |
|----------------|-----------------|-----------------|
| א. $5km$ | ב. $7.6km$ | ג. $8.751km$ |
| ד. $6.4Mm$ | ה. $45cm$ | ו. $7cm$ |
| ז. $542mm$ | ח. $89mm$ | ט. $6mm$ |
| י. $0.28mm$ | יא. $3\mu m$ | יב. $90\mu m$ |
| יג. $470\mu m$ | יד. $1080\mu m$ | טו. $4870\mu m$ |
| יז. $3nm$ | יז. $325nm$ | יח. $7600nm$ |

(2) פשט את הגדלים הבאים ע"י כתיבה עם סדר הגודל המתאים :

א. $4000m$	ב. $5600m$	ג. $7225m$
ד. $8,700,000m$	ה. $0.5m$	ו. $0.06m$
ז. $0.003m$	ח. $0.892m$	ט. $0.404m$
י. $0.00047m$	יא. $0.000069m$	יב. $0.00000004m$

(3) כתוב את הגדלים הבאים במטר ריבועי (m^2) עם סדר הגודל המתאים :

א. $4km^2$	ב. $5.77km^2$	ג. $450cm^2$
ד. $80cm^2$	ה. $51cm^2$	ו. $320mm^2$
ז. $90mm^2$	ח. $6mm^2$	ט. $1mm^2$

(4) כתוב את הגדלים הבאים במטר מעוקב (m^3) עם סדר הגודל המתאים :

א. $3500cm^3$	ב. $240cm^3$	ג. $6cm^3$
ד. $4773mm^3$	ה. $68mm^3$	ו. $2mm^3$
ז. $641\mu m^3$	ח. $54nm^3$	ט. $7km^3$

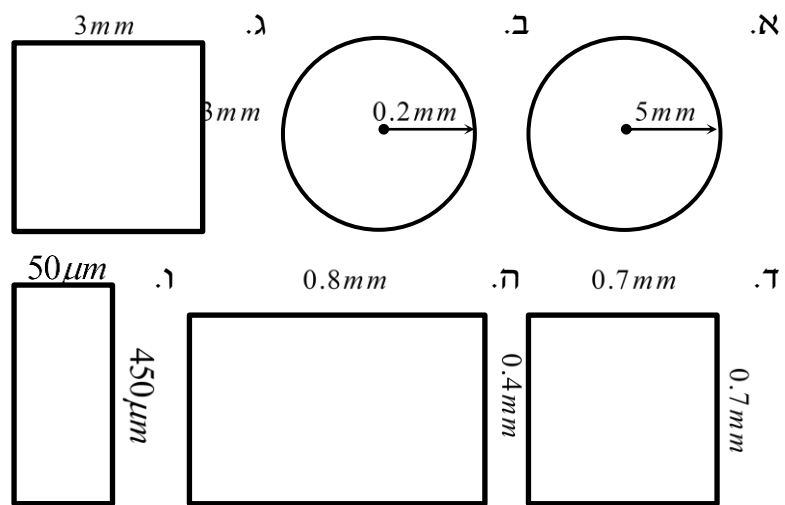
(5) כתוב בגרמים (g) את הגדלים הבאים עם סדר הגודל המתאים :

א. $3kg$	ב. $65.2kg$	ג. $370kg$
ד. $670mg$	ה. $50mg$	ו. $4.2mg$
ז. $6\mu g$	ח. $352\mu g$	ט. $7841\mu g$

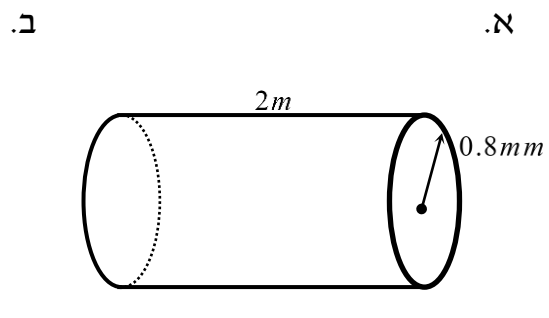
6) ענה על השאלות הבאות:

- א. כמה ליטרים יש בנפח של 540mL ?
 ב. כמה ליטרים יש בנפח של 6525mL ?
 ג. כמה מילי-ליטר (mL) יש ב- 0.4L ?
 ד. כמה מילי-ליטר (mL) יש ב- 3.2L ?

7) חשב את השטחים של הצורות הבאות:



8) חשב את הנפחים של הצורות הבאות:



תשובות סופיות:

(1) להלן הגדלים :

א. $5000m$	ב. $7600m$	ג. $8751m$
ד. $6,400,000m$	ה. $0.45m$	ו. $0.07m$
ז. $0.542m$	ח. $0.089m$	ט. $0.006m$
י. $0.00028m$	יא. $0.000003m$	יב. $0.00009m$
יג. $0.00047m$	יד. $0.00108m$	טו. $0.00487m$
טז. $0.000000003m$	יז. $0.000000325m$	יח. $0.0000076m$

(2) להלן הגדלים :

א. $4km$	ב. $5.6km$	ג. $7.225km$
ד. $8.7Mm$	ה. $50cm$	ו. $6cm$
ז. $3mm$	ח. $892mm$	ט. $404mm$
י. $470\mu m$	יא. $69\mu m$	יב. $40nm$

(3) להלן הגדלים :

א. $4 \cdot 10^6 m^2$	ב. $5.77 \cdot 10^6 m^2$	ג. $0.045 m^2$
ד. $8 \cdot 10^{-3} m^2$	ה. $51 \cdot 10^{-4} m^2$	ו. $32 \cdot 10^{-5} m^2$
ז. $9 \cdot 10^{-5} m^2$	ח. $6 \cdot 10^{-6} m^2$	ט. $10^{-6} m^2$

(4) להלן הגדלים :

א. $3.5 \cdot 10^{-3} m^3$	ב. $2.4 \cdot 10^{-4} m^3$	ג. $6 \cdot 10^{-6} m^3$
ד. $4.773 \cdot 10^{-6} m^3$	ה. $6.8 \cdot 10^{-8} m^3$	ו. $2 \cdot 10^{-9} m^3$
ז. $6.41 \cdot 10^{-16} m^3$	ח. $5.4 \cdot 10^{-26} m^3$	ט. $7 \cdot 10^9 m^3$

5) להלן הגדלים :

- | | | |
|------------------------|---------------------------|----------------------------|
| א. $3 \cdot 10^3 g$ | ב. $6.52 \cdot 10^4 g$ | ג. $3.7 \cdot 10^5 g$ |
| ד. $0.67 g$ | ה. $0.05 g$ | ו. $0.0042 g$ |
| ז. $6 \cdot 10^{-6} g$ | ח. $3.52 \cdot 10^{-4} g$ | ט. $7.841 \cdot 10^{-3} g$ |

- 6) א. $0.54L$ ב. $6.525L$ ג. $400mL$ ד. $3200mL$
- 7) א. $25\pi \cdot 10^{-6} m^2$ ב. $40\pi \cdot 10^{-9} m^2$ ג. $9 \cdot 10^{-6} m^2$ ד. $4.9 \cdot 10^{-7} m^2$
- ה. $3.2 \cdot 10^{-7} m^2$ ו. $2.25 \cdot 10^{-8} m^2$
- 8) א. $1.28\pi \cdot 10^{-6} m^3$ ב. $1.104 \cdot 10^{-7} m^3$

סרטון - זרם, מתח והתנגדות:

זרם חשמלי:

כמות המטענים העוברים בחומר, דרך חתך ששטחו A בפרק זמן T : $I = \frac{Q}{T}$.

קשרים בין יחידות: $[I] = A = \frac{C}{\text{sec}}$.

צפיפות זרם חשמלי:

צפיפות הזרם מוגדרת בתור סך הזרם I ליחידת שטח A : $J = \frac{I}{A}$.

קשרים בין יחידות: $[J] = \frac{A}{\text{mm}^2} = 10^{-6} \frac{A}{\text{m}^2}$.

חישוב מספר אלקטרונים:

מספר האלקטרונים העוברים במטען כולל של Q הוא: $N = \frac{Q}{q_e}$

כאשר: $q_e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ הוא מטען האלקטרון.

מתח חשמלי:

מתח חשמלי הוא הפרש פוטנציאלים: $U = v_2 - v_1$.

יחידות: $[U] = \text{V}$.

התנגדות ומוליכות חשמלית:

מוליכות חשמלית מתוארת כמידת הקלות שבה חומר מאפשר לתנועת מטענים חופשיים דרכו. המוליכות מציינת את היחס שבין הזרם למתח החשמלי על פני

$$. [G] = \overline{\sigma} = s : \text{יחידות: } G = \frac{I}{U}$$

ההתנגדות החשמלית של חומר מוגדרת בתור היכולת של חומר להתנגד לתנועת מטענים חופשיים דרכו והיא שווה ליחס שבין המתח לזרם שעל פני החומר: $R = \frac{U}{I}$.

$$. [R] = \Omega : \text{קשרים בין יחידות:}$$

$$. RG = 1 : \text{קשר בין מוליכות להתנגדות:}$$

התנגדויות של חומרים שונים:

התנגדותו של חומר באורך L עם שטח חתך A ובעל התנגדות סגולית ρ תחושב

$$. [L] = m, [A] = m^2, [\rho] = \Omega m : \text{כאשר } R = \rho \frac{L}{A}$$

טבלת התנגדות סגולית של חומרים שונים:

התנגדות סגולית בטמפרטורת החדר ($20^{\circ}C - 25^{\circ}C$) ביחידות $\frac{\Omega mm^2}{m}$	סוג החומר
0.064	אבץ
0.027	אלומיניום
0.12	ברזל
0.028	זהב
0.055	טונגסטן
0.016	כסף
1	כרום-ניקל
0.018	נחושת
0.078	ניקל
0.22	עופרת
0.075	פליז
0.5	קונסטנטן

$$. \frac{\Omega mm^2}{m} = 10^{-6} \Omega m : \text{קשרים בין מעברי יחידות:}$$

תלות ההתנגדות וההתנגדות הסגולית בטמפרטורה:

ההתנגדות הסגולית בטמפרטורה T של חומר בעל מקדם טמפרטורה α והתנגדות סגולית בטמפרטורת החדר, $T_0 = 20^\circ\text{C}$, של $\rho(0)$ היא: $\rho(T) = \rho(0)(1 + \alpha(T - T_0))$.

ההתנגדות של חומר באורך L עם שטח חתך A ובעל התנגדות סגולית $\rho(T)$ בטמפרטורה השונה מטמפרטורת החדר יחושב ע"י: $R(T) = R(0)(1 + \alpha(T - T_0))$: כאשר $R(0)$ היא התנגדות החומר בטמפרטורת החדר.

תרגילים:

- (1) מצא את המטען העובר בתיל במשך 3 שניות אם ידוע כי סך הזרם הנמדד הוא $I = 12mA$.
- (2) מצא את סך המטען שעובר בתיל במשך שעה אם ידוע כי הזרם הנמדד הוא $I = 6\mu A$.
- (3) צרכן צורך מטען כולל של $12kC$ במשך 8 שעות. מה הזרם שיקבל הצרכן?
- (4) צרכן צורך מטען כולל של $480kC$ במשך יממה שלמה (24 שעות). מה תהיה עוצמת הזרם?
- (5) מהי צפיפות הזרם של מוליך בעל שטח חתך אחיד של $1mm^2$ אם ידוע כי הזרם הכולל שעבר בו הוא $5mA$.
- (6) חשב את צפיפות הזרם שעובר דרך מוליך בעל שטח חתך אחיד של $4.5mm^2$ אם ידוע כי במשך חצי דקה עבר בו מטען כולל של $3 \cdot 10^{-4} C$.
- (7) צפיפות הזרם של מוליך כלשהו היא $4 \cdot 10^{-3} \frac{A}{cm^2}$. מצא את שטח החתך של מוליך זה אם ידוע כי במשך דקה עבר בו מטען של $24\mu C$.
- (8) כמה אלקטרונים עוברים דרך תיל מוליך שזורם בו זרם של $20mA$ במשך 4 שניות?
- (9) כמה אלקטרונים דרושים כדי להעביר זרם של $3A$ דרך תיל מוליך במשך שעה?

(10) כמות של N אלקטרונים עוברים דרך תיל מוליך במשך 15 דקות. צפיפות הזרם שנמדדה היא $3 \frac{A}{mm^2}$ ושטח החתך של המוליך הוא ריבוע בעל אורך צלע של $2mm$. מצא את N .

(11) חשב את ההתנגדות של תיל גילי מאלומיניום בעל רדיוס של $0.5mm$ באורך של $3m$.

(12) חשב את ההתנגדות של תיל נחושת ריבועי בעל צלע של $4mm$ באורך של $15m$.

(13) חשב את ההתנגדות של תיל כסף מלבני בעל שטח חתך של $2mm \times 6mm$ ובאורך כולל של $65cm$.

(14) נתון תיל מתכתי מיקרוסקופי העשוי נחושת בעל שטח חתך מעגלי בקוטר של $0.2\mu m$ ובאורך כולל של 5 מטרים. מהי התנגדותו ומוליכותו של תיל זה?

(15) מה צריך להיות שטח החתך של תיל ריבועי מאלומיניום אם רוצים לקבל התנגדות כוללת של 10Ω עבור אורך כולל של $4m$?

(16) באיזה אורך צריך להיות תיל כסף גילי בעל רדיוס של $3mm$ כדי לקבל מוליכות כוללת של $20ms$?

(17) מצא את ההתנגדות הסגולית של נחושת עבור הטמפרטורות ומקדמי הטמפרטורות הבאים:

א. $\alpha = 3.2 \cdot 10^{-3} C^{-1}$, $T = 300^{\circ}C$

ב. $\alpha = 3.2 \cdot 10^{-3} C^{-1}$, $T = 650^{\circ}C$

ג. $\alpha = 5.5 \cdot 10^{-3} C^{-1}$, $T = 120^{\circ}C$

ד. $\alpha = 5.5 \cdot 10^{-3} C^{-1}$, $T = 875^{\circ}C$

(18) מצא באיזה טמפרטורה ההתנגדות הסגולית של חומר בעל $\alpha = 4 \cdot 10^{-3} C^{-1}$ תגדל פי 3.

(19) חשב את ההתנגדות של תיל מוליך בטמפרטורה של $200^{\circ}C$ אם ידוע כי ההתנגדות שלו בטמפרטורת החדר היא 40Ω וכי מקדם הטמפרטורה שלו הוא $4.5 \cdot 10^{-3} C^{-1}$.

(20) חשב את ההתנגדות של מוליך ריבועי העשוי מניקל בעל אורך צלע של $1mm$ ובאורך כולל של $8m$ בטמפרטורה של $250^{\circ}C$. נתון: $\alpha = 5 \cdot 10^{-3} C^{-1}$.

תשובות סופיות:

(1) $.36mC$

(2) $.21.6mC$

(3) $.0.416A$

(4) $.5.55A$

(5) $.5k \frac{A}{m^2}$

(6) $.2.22 \frac{A}{m^2}$

(7) $.10^{-8} m^2$

(8) $5 \cdot 10^{17}$ אלקטרונים.

(9) $6.75 \cdot 10^{22}$ אלקטרונים.

(10) $. N = 6.75 \cdot 10^{22}$

(11) $.0.103\Omega$

(12) $.0.016\Omega$

(13) $.6.66m\Omega$

(14) $. R = 2.86M\Omega , G = 0.35\mu s$

(15) $. A = 1.08 \cdot 10^{-8} m^2$

(16) $. L = 88.357km$

(17) $. \rho(650^\circ) = 0.054\mu\Omega m$. ב , $\rho(300^\circ) = 0.034\mu\Omega m$. א

$. \rho(875^\circ) = 0.1\mu\Omega m$. ד , $\rho(120^\circ) = 0.028\mu\Omega m$. ג

(18) $.520^\circ C$

(19) $.72.4\Omega$

(20) $.1.34\Omega$

סרטון - חוק אוהם:

חוק אוהם:

עבור חומר מסוים, הנמצא בין שתי נקודות פוטנציאל שונות במרחב היוצרות מתח U לאורכו ובו זורם זרם I , ההתנגדות שלו מוגדרת בתור היחס שבין

$$\text{המתח לזרם: } R = \frac{U}{I}.$$

$$\text{צורות הכתיבה של חוק אוהם: } U = IR, \quad I = \frac{U}{R}, \quad R = \frac{U}{I}.$$

הערות:

1. נגד הוא רכיב פאסיבי, כלומר רכיב שמגיב ביחס ישיר למתח המורגש עליו והזרם שעובר דרכו.
2. החוטים במעגל החשמלי הם אידיאליים, ז"א ללא התנגדות: $R = 0\Omega$.
3. מתח בין שתי נקודות יחושב: $U_{AB} = v_B - v_A$ ולכן: $U_{AB} = -U_{BA}$.

תרגילים:

- (1) על נגד נופל מתח של $20V$ וזורם בו זרם של $4A$. מהי התנגדותו?
- (2) נגד מוחזק בקצה אחד שלו בפוטנציאל של $4V$ ובקצהו השני בפוטנציאל של $28V$. ידוע כי התנגדותו היא 500Ω . מה הזרם העובר דרכו?
- (3) דרך נגד זורם זרם של $16mA$ והמתח הנמדד עליו הוא $80V$. מהי מוליכות הנגד?
- (4) בציוד האחד של נגד בעל התנגדות של $1k\Omega$ נמדד פוטנציאל של $5V$. המטען הכולל העובר דרך נגד זה במשך 3 שעות הוא $4.32C$. מהו הפוטנציאל בציוד השני של הנגד?
- (5) על תיל נחושת באורך של 3 מטרים נמדד מתח של $0.2V$. מה צריך להיות שטח החתך של התיל בכדי שיעבור בו זרם של $2mA$?
- (6) דרך נגד עם התנגדות סגולית של $2 \frac{\Omega mm^2}{m}$ עובר זרם בצפיפות של $3 \frac{A}{mm^2}$ במשך חצי שעה. הפוטנציאל בקצה אחד של הנגד הוא $3V$ ואורכו הוא 2.3 מטרים. ידוע כי סך המטען שעבר דרך נגד זה הוא $54C$.
 - א. מה הזרם שעובר בנגד?
 - ב. מהו שטח החתך של הנגד?
 - ג. מהי התנגדותו?
 - ד. באיזה פוטנציאל מוחזק הקצה השני של הנגד?

7) חוט המשמש כנגד עם התנגדות סגולית של $4.5\Omega m$ בטמפרטורת החדר, נמצא בתווך שבו הטמפרטורה היא $170^{\circ}C$. ידוע כי שטח החתך של החוט הוא $8.8cm^2$ וכי מקדם הטמפרטורה שלו הוא: $\alpha = 4.26 \cdot 10^{-3} C^{-1}$. הזרם שנמדד דרך חוט זה הוא $2A$ במשך 24 שעות.

- א. מצא את ההתנגדות הסגולית של חוט זה בטמפרטורה הנוכחית.
- ב. מצא את סך כל המטען שעובר דרך חוט זה.
- ג. כמה אלקטרונים עוברים דרך החוט בשה"כ?
- ד. מהי צפיפות הזרם?
- ה. מצא באיזה אורך צריך להיות החוט כדי שמוליכותו תהיה $5ms$ בטמפרטורה הנתונה.
- ו. אם קצה אחד של חוט מוחזק בפוטנציאל של $4.5v$, באיזה פוטנציאל יש להחזיק את הקצה השני עבור חוט באורך של $3mm$?

8) נגד מחובר במעגל כך שזורם דרכו זרם מנקודה A לנקודה B. בטבלה שלפניך מתוארים תוצאות מדידות שונות. מלא את החלקים החסרים:

מקרה	התנגדות חשמלית	מוליכות חשמלית	זרם חשמלי	פוטנציאל בנקודה A	פוטנציאל בנקודה B	הפרש פוטנציאלים U_{AB}
1		$0.1s$		$30v$		$20v$
2	2Ω		$2A$		$3v$	
3			$1A$	$10v$		$6v$
4		$0.05s$			$0v$	$12v$
5			$5A$	$50v$		$70v$

תשובות סופיות:

- (1) 5Ω
- (2) $48mA$
- (3) $0.2ms$
- (4) $4.6V$ או $5.4V$ תלוי בכיוון הזרם.
- (5) $5.4 \cdot 10^{-8} m^2$
- (6) א. $30mA$ ב. $0.01mm^2$ ג. 460Ω ד. $10.8V$ או $-16.8V$.
- (7) א. $\rho(170^\circ) = 7.375\Omega m$ ב. $172.8kC$ ג. $1.08 \cdot 10^{24}$ אלקטרונים.
- ד. $2.27k \frac{A}{m^2}$ ה. $23.8mm$ ו. $54.7875V$ או $-45.7875V$ תלוי בכיוון הזרם.
- (8) להלן הטבלה המלאה:

מקרה	התנגדות חשמלית	מוליכות חשמלית	זרם חשמלי	פוטנציאל בנקודה A	פוטנציאל בנקודה B	הפרש פוטנציאלים U_{AB}
1	10Ω	$0.1s$	$2A$	$30V$	$10V$	$20V$
2	2Ω	$0.5s$	$2A$	$7V$	$3V$	$4V$
3	6Ω	$0.166s$	$1A$	$10V$	$4V$	$6V$
4	20Ω	$0.05s$	$0.6A$	$12V$	$0V$	$12V$
5	14Ω	$71.42ms$	$5A$	$50V$	$-20V$	$70V$

סרטון - הספק ואנרגיה חשמליים:

אנרגיה חשמלית:

אנרגיה חשמלית האגורה במטען q השרוי במתח U_{AB} היא: $E = q \cdot U_{AB}$.
קשרים בין יחידות: $[E] = J = C \cdot v$.

הספק חשמלי:

הספק של גוף מוגדר בתור האנרגיה ליחידת זמן של הגוף: $P = \frac{E}{T}$.
הספק החשמלי של רכיב עם זרם I השרוי במתח U_{AB} שהתנגדותו R יחושב באופן

$$\text{הבא: } P = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

$$\text{קשרים בין יחידות: } [P] = w = \frac{J}{\text{sec}}$$

הערה:

כוח סוס אחד שווה ל-746w.

נצילות:

היחס שבין האנרגיה המנוצלת במערכת, E_{Consumer} , לבין האנרגיה המושקעת

$$\text{בה, } E_{\text{Total}} \text{ מוגדר בתור נצילות המערכת ויחושב: } \eta = \frac{E_{\text{Consumer}}}{E_{\text{Total}}}$$

$$\text{ניתן גם לחשב נצילות גם לפי יחס ההספקים הנייל: } \eta = \frac{P_{\text{Consumer}}}{P_{\text{Total}}}$$

הנצילות היא גודל שברי חסר יחידות.

תרגילים:

- 1) על נגד שהתנגדותו $5k\Omega$ נמדד הספק של $45mw$.
- מה הזרם העובר דרך הנגד?
 - מהו מפל המתח שעל פני הנגד?
 - כמה אנרגיה הושקעה בנגד במשך שעה אחת?
- 2) על תיל כסף באורך של $5km$ נמדד מתח של $15v$.
- ידוע כי שטח החתך של התיל הוא $16mm^2$.
 - חשב את הספק התיל.
 - חשב את האנרגיה המושקעת בתיל במשך 3 שעות עבודה.
- 3) על תיל נחושת באורך של $200m$ ושטח חתך של $0.36mm^2$ זרם זרם של $5A$.
- חשב את הספק התיל.
 - חשב את כמות המטען שעברה בתיל במשך שתיים.
- 4) על נגד מסוים נמדד בציודו האחד פוטנציאל של $40v$ ומציודו האחר פוטנציאל של $20v$.
- חשב את ערכו של הנגד על מנת לקבל הספק של $200w$.
 - חשב את עוצמת הזרם בנגד עבור הספק זה.
 - חשב את האנרגיה שיש להשקיע בנגד על מנת שיזרום דרכו זרם של $4A$ למשך שתיים.
 - מה צריך להיות ערכו של פיוז שיש לחבר לנגד אם ידוע כי הספקו המקסימלי הוא $450w$?
- 5) על קומקום חשמלי ביתי לחימום מים רשום $230v/2000w$ (משמעות הדבר היא שהקומקום מיועד לעבוד במתח של $230v$ וצורך הספק מהרשת של $2000w$).
- חשב את התנגדות גוף החימום של הקומקום.
 - מהו ההספק שצורך הקומקום מהרשת אם מתח הרשת הוא $115v$?
 - גוף החימום של הקומקום התקלקל. לרשות הטכנאי שבא לתקן אותו היה גוף חימום שרשום עליו $115v/2000w$. האם לדעתך מותר לטכנאי להתקין את גוף החימום שברשותו בקומקום? נמק את תשובתך בעזרת חישוב מתאים אם ידוע כי כבל ההזנה של הקומקום והמבטח שבלוח החשמל ממנו ניזון הקומקום מיועדים לזרם נקוב של $16A$ (כלומר אסור שהזרם שיצרוך הקומקום יעלה מעל לערך זה).
- 6) בבית שמוזן ממתח רשת החשמל של $220v$ מחוברים ומופעלים המכשירים הבאים:

- i. מחשב שזורמים דרכו $1.5A$ אשר עבד במשך 4 וחצי שעות.
- ii. מזגן של 2.5 כ"ס עבד במשך 3 שעות ורבע.
- iii. 4 נורות שכל אחת מהן צורכת $75w$ דלקו במשך שעתיים וחצי.
- iv. מערכת קולנוע ביתית בעלת התנגדות כוללת של 150Ω עבדה במשך שעה.

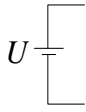

מהי עלות האנרגיה הכללית של המכשירים כאשר ידוע כי העלות הכספית של כל יחידת kWh היא 50 אגורות?

תשובות סופיות:

- (1) א. $3mA$ ב. $15v$ ג. $162J$
- (2) א. $45w$ ב. $486kJ$
- (3) א. $250w$ ב. $36kC$
- (4) א. 2Ω ב. $10A$ ג. $230.4kJ$ ד. פיוז של $15A$.
- (5) א. 26.45Ω ב. $500w$ ג. אסור להתקין כי הזרם יהיה $17.39A > 16A$.
- (6) $W_1 = 1.485kwH$, $W_2 = 6.061kwH$, $W_3 = 0.75kwH$, $W_4 = 0.322kwH$ העלות הכללית תהיה 4.309 ₪.

סרטון - המעגל החשמלי – סימונים ומוסכמות:

סימונים בסיסיים:

מקור מתח	נגד
	

$$\text{חיבור נגדים בטור: } R_T = \sum_{i=1}^N R_i = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_N$$

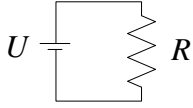
הערה:

מקור המתח קרוי גם כא"מ (כוח אלקטרו-מניע) ומסמנים אותו באות E.

מוסכמות:

1. הזרם במעגל מוגדרת בתור תנועת מטענים חיוביים והולך מהפוטנציאל הגבוה לפוטנציאל הנמוך.
2. הזרם במקור המתח הולך מהפוטנציאל הנמוך לגבוה – דרך הקו המקביל הקצר כלפי הקו הארוך.
3. נקודת הפוטנציאל של הקו הקטן של מקור המתח תהיה 0v וביחס אליה ימדדו כל נקודות הפוטנציאל במעגל.
4. החוטים במעגלים החשמליים שנעסוק בהם הם אידיאליים ולכן הפוטנציאל לאורך חוטים אלו לא ישתנה.

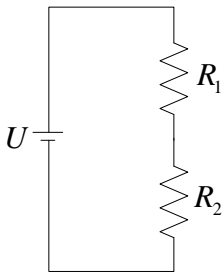
תרגילים:



1) לפניך המעגל החשמלי הבא :

נתון : $U = 10\text{v}$, $R = 500\Omega$.

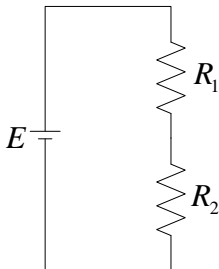
- מה הזרם במעגל?
- מה הוא ההספק על הנגד?
- כמה אנרגיה צריך מקור המתח לספק כדי להפעיל את המעגל למשך שעה?



2) לפניך המעגל הבא :

נתון : $U = 18\text{v}$, $R_1 = 1\text{k}\Omega$, $R_2 = 5\text{k}\Omega$.

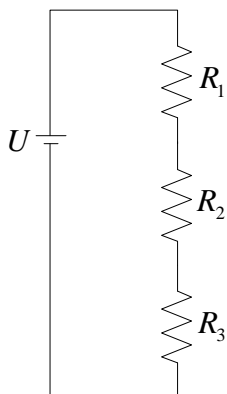
- מהי ההתנגדות השקולה של המעגל?
- מצא את הזרם במעגל.
- חשב את מפל המתח שעל פני כל נגד.
- מה הוא ההספק של כל נגד?
- בהנחה שהנגד R_1 הוא העומס במעגל, מהי נצילות המעגל?



3) לפניך המעגל הבא :

נתון : $E = 7\text{v}$, $R_1 = 3\text{k}\Omega$, $R_2 = 4\text{k}\Omega$.

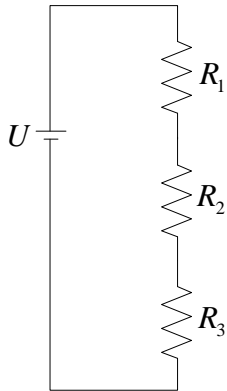
- מהי ההתנגדות השקולה של המעגל?
- מצא את הזרם במעגל.
- חשב את מפל המתח שעל פני כל נגד.
- מה הוא ההספק של כל נגד?
- בהנחה שהנגד R_1 הוא העומס במעגל, מהי נצילות המעגל?



4) לפניך המעגל הבא :

נתון : $U = 28\text{v}$, $R_1 = 5\text{k}\Omega$, $R_2 = 8\text{k}\Omega$, $R_3 = 1\text{k}\Omega$.

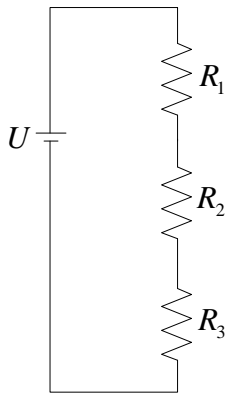
- מצא את ההתנגדות השקולה של המעגל.
- מה הזרם במעגל?
- מצא את מפל המתח שעל פני כל נגד.
- מה הוא ההספק על כל נגד?
- בהנחה שהנגד R_3 הוא העומס במעגל, מהי נצילות המעגל?



5) לפניך המעגל הבא :

נתון כי : $U = 4.5v$, $R_1 = R_2 = R_3 = 1k\Omega$.

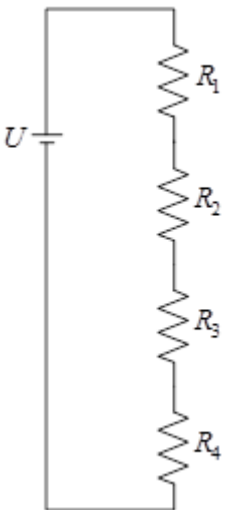
- א. מהי ההתנגדות השקולה במעגל?
- ב. מה הזרם במעגל?
- ג. הראה כי מפלי המתח שעל כל נגד שווים.
- ד. הראה כי ההספקים שעל פני כל נגד זהים.
- ה. חשב את נצילות המעגל עבור עומס R_3 .
- ו. האם הנצילות תשתנה במעגל זה אם העומס יהיה R_2 במקום R_3 ? נמק.



6) לפניך המעגל הבא :

נתון : $U = 36v$, $R_1 = R_2 = R_3 = R$.

- א. הבע באמצעות R את הגדלים הבאים :
 - (1) ההתנגדות השקולה של המעגל.
 - (2) הזרם במעגל.
- ב. מהו מפל המתח שעל פני כל נגד במעגל?
- ג. נתון כי ההספק שעל פני אחד הנגדים הוא $36mw$. מצא את R .

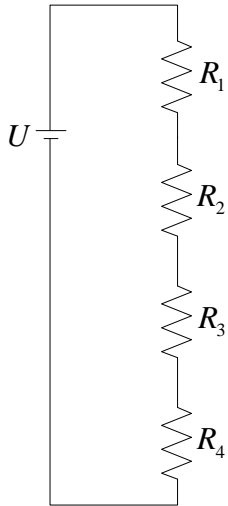


7) לפניך המעגל הבא :

נתון : $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$.

הזרם במעגל הוא $600mA$.

- א. הבע באמצעות R את הגדלים הבאים :
 - (1) ההתנגדות השקולה של המעגל.
 - (2) המתח של מקור המתח.
 - (3) מפל המתח שעל פני כל נגד במעגל.
- ב. ידוע כי מאזן ההספק של המעגל הוא $2.88kw$. מצא את R .



8) לפניך המעגל הבא :

נתון : $R_1 = R$, $R_2 = 2R$, $R_3 = 4R$, $R_4 = 9R$.
הזרם במעגל הוא $2A$.

א. הבע באמצעות R את הגדלים הבאים :

(1) ההתנגדות השקולה של המעגל.

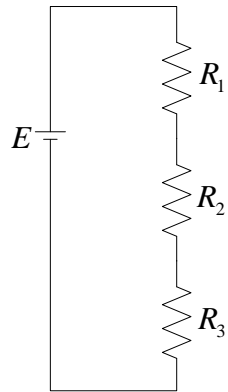
(2) המתח של מקור המתח.

(3) מפל המתח שעל פני כל נגד במעגל.

ב. הראה כי נצילות המעגל כאשר הנגד R_3 הוא

העומס היא 25% .

ג. מצא את R אם ידוע כי מאזן ההספק הוא $160kw$.



9) לפניך המעגל הבא :

נתון כי : $R_1 = 3k\Omega$, $E = 25v$.

הנגדים R_2 ו- R_3 אינם ידועים.

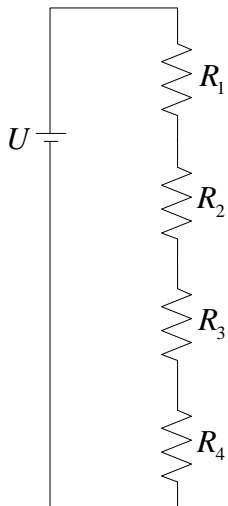
ידוע כי מפלי המתח שעל הנגדים R_2 ו- R_3 זהים.

א. כתוב את מפלי המתח שעל הנגדים R_2 ו- R_3 .

והראה כי : $R_2 = R_3$.

ב. מצא את R_2 ו- R_3 אם ידוע כי מאזן ההספק

של המעגל הוא $125mw$.



10) לפניך המעגל הבא :

נתון כי : $R_1 = R_2 = R_A$, $R_3 = R_4 = R_B$, $U = 32v$.

הערכים R_A ו- R_B אינם ידועים.

ידוע כי סך מפל המתח שעל הנגדים R_1, R_2

גדול פי 4 מסך מפל המתח שעל הנגדים R_3, R_4 .

א. הראה כי : $R_A = 4R_B$.

ב. ידוע כי הזרם במעגל הוא $0.5mA$.

מצא את R_A ו- R_B .

ג. מצא את ההספקים שעל פני הנגדים R_1 ו- R_3 .

ד. הוכח כי נצילות המעגל כאשר הנגד R_4

הוא העומס היא 10% .

תשובות סופיות:

- (1) א. $20mA$. ב. $0.2W$. ג. $720J$.
- (2) א. $R_T = 6k\Omega$. ב. $3mA$. ג. $U_{R_1} = 3V$, $U_{R_2} = 15V$. ד. $P_{R_1} = 9mW$, $P_{R_2} = 45mW$. ה. 16.66% .
- (3) א. $R_T = 7k\Omega$. ב. $1mA$. ג. $U_{R_1} = 3V$, $U_{R_2} = 4V$. ד. $P_{R_1} = 3W$, $P_{R_2} = 4W$. ה. 42.82% .
- (4) א. $R_T = 14k\Omega$. ב. $2mA$. ג. $U_{R_1} = 10V$, $U_{R_2} = 16V$, $U_{R_3} = 2V$. ד. $P_{R_1} = 20mW$, $P_{R_2} = 32mW$, $P_{R_3} = 4mW$. ה. 7.14% .
- (5) א. $R_T = 3k\Omega$. ב. $1.5mA$. ג. 33.33% . ד. לא מכיוון שכל הנגדים זהים .
- (6) א. $3R$ (1) . ב. $\frac{12}{R}$ (2) . ג. $R = 4k\Omega$. ד. $12V$.
- (7) א. $4R$ (1) . ב. $2.4R$ (2) . ג. $0.6R$ (3) . ד. $R = 2k\Omega$.
- (8) א. $16R$ (1) . ב. $32R$ (2) . ג. $U_{R_1} = 2R$, $U_{R_2} = 4R$, $U_{R_3} = 8R$, $U_{R_4} = 18R$ (3) . ד. $R = 2.5k\Omega$.
- (9) א. $R_2 = R_3 = 1k\Omega$. ב. $R = 2.5k\Omega$.
- (10) א. $R_A = 25.6k\Omega$, $R_B = 6.4k\Omega$. ב. $P_{R_1} = 6.4mW$, $P_{R_3} = 1.6mW$. ג. $R = 2.5k\Omega$.