

מגמה הנדסה יישומית

מודולה 1 כיתה י'

חוברת לתלמיד בנושא: תורת חשמל

מחברים:

אירנה אוצ'יטל

רפי אמסלם

עורכת:

ד"ר אמונה אבו-יונס עלי

ייעוץ מדעי ופדגוגי:

ד"ר משה גרינהולץ

מפמ"ר המגמה:

שלומי אחנין

סמל מגמה: 1150

עדכון: אוגוסט 2025

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך

מרכז המורים הארצי למקצועות הטכנולוגיים, מור-טק

הפרויקט מבוצע על ידי מוסד הטכניון עפ"י מכרז 11.2020/22

הפרויקט מבוצע עבור המזכירות הפדגוגית, משרד החינוך

החוברת יצאה לאור במימון האגף למדעים במזכירות הפדגוגית ומינהלת מל"מ המרכז הישראלי לחינוך מדעי טכנולוגי.

אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לתרגם, לאחסן במאגר מידע, לשדר או לקלוט בכל דרך או אמצעי אלקטרוני, אופטי או מכני או אחר כל חלק שהוא מהחומר שבחוברת זו. שימוש מסחרי מכל סוג שהוא בחומר הכלול בחוברת זו אסור בהחלט אלא ברשות מפורשת בכתב מהמוציא לאור.

תוכן עניינים

1.....	הנחיות לתלמיד – תורת החשמל
3.....	פרק 1: מבוא לחשמל (2 שעות)
4.....	פרק 2: מטענים חשמליים ושדה חשמלי (5 שעות)
7.....	פרק 3: מתחים וזרמים חשמליים (7 שעות)
12.....	פרק 4: התנגדות חשמלית (4 שעות לימוד)
18.....	פרק 5: מעגל טורי, מקבילי ומעורב (11 שעות)
23.....	פרק 6: הספק במעגל חשמלי (3 שעות)
30.....	פרק 7: מעגל דו-חוגי (5 שעות)
32.....	פרק 8: מכשירי מדידה חשמליים (3 שעות)
33.....	מאגר שאלות לתרגול

הנחיות לתלמיד – תורת החשמל

1. מטרת החוברת

חוברת זו מיועדת ללמד אותך את יסודות תורת החשמל, שלב אחר שלב. הטקסט כתוב בלשון זכר לצורך הנוחות, אך מתייחס באותה מידה לתלמידות ולתלמידים. החוברת כוללת הסברים תיאורטיים, דוגמאות פתורות, תרגולים עם פתרונות, ומשימות מעשיות. המטרה: לא רק לזכור נוסחאות אלא להבין את העקרונות החשמליים ולדעת ליישם אותם בפתרון בעיות.

2. מבנה הלמידה המומלץ

שלב 1: קריאה ראשונית.
קרא בעיון את ההסבר התיאורטי וסמן מילים או רעיונות לא מובנים.
שלב 2: הדוגמאות המובנות
עצור ונסה לפתור את הדוגמה לפני שתעיין בפתרון המלא.
שלב 3: תרגול עצמי
פתור את התרגילים לבד, מבלי להסתכל על הפתרון. לאחר מכן בדוק עצמך והבן את הטעויות.
שלב 4: סיכום
רשום סיכום של מושגים, נוסחאות ודגשים חשובים.

3. טיפים חשובים להצלחה

למד את המושגים הבסיסיים: מתח, זרם, התנגדות, הספק, עבודה.
יש לשלוט בנוסחאות: חשוב להבין את משמעות הסימנים והיחידות, לא רק להציב.
עבוד בצורה מסודרת: מחברת מסודרת עוזרת לעקוב אחרי ההיגיון שלך.
השתמש בסכמות וציורים: הם מסייעים להבין את מבנה הבעיה.
שאל שאלות כשמשווא לא ברורה: אל תשאיר סימני שאלה פתוחים.

נושאים שדורשים תשומת לב מיוחדת

חוק אוהם: חשוב להבין את הקשר בין V , I , R ולא רק להציב בנוסחה.
מעגלים טוריים ומקביליים: לדעת לזהות את סוג המעגל ולחשב התנגדות שקולה.
הספק ויעילות: להבין את ההבדל בין הספק מושקע להספק מנוצל.
אנרגיה ועבודה: מתי מתבצעת עבודה וכיצד היא מתקשרת לחשמל.
שימוש ביחידות: להבחין בין mA ל-A ו בין mV ל-V.

4. כלים נוספים להצלחה

שימוש בסימולטורים כמו PhET או Tinkercad Circuits.
צפייה בסרטונים ביוטיוב המסבירים את הנושאים הנלמדים.
פתרון מבחני עבר לתרגול.

5. משפט סיכום לתלמיד

חשמל הוא שפה וכשמבינים אותה, אפשר "לקרוא" כל מעגל ולפתור כל בעיה.
עבוד בצורה מסודרת, הבן כל שלב, ואל תמהר ההצלחה תגיע!

פרק 1: מבוא לחשמל (2 שעות)

מטרות

-הכרת מושגי היסוד של חשמל (מתח, זרם, הספק) בהקשר לחיי היום-יום.
-זיהוי שימושי חשמל בסביבה הקרובה.

היסטוריה של החשמל

ההבנה האנושית בחשמל התחילה מתצפיות בברקים וחשמל סטטי. בהמשך התפתחו ניסויים של פרנקלין, גלואני, וולטה ואחרים שהובילו להמצאת הסוללה והמעגלים החשמליים. שאלה – רמת בסיס: איזה אירוע נחשב לפריצת דרך בהפקת חשמל לצרכים מעשיים? פתרון: המצאת הסוללה ע"י וולטה – איפשרה יצירת זרם חשמלי קבוע.

מקורות חשמל טבעיים ואלקטרוניים

מקורות טבעיים: ברק, חשמל סטטי, תאים ביולוגיים.
מקורות מלאכותיים: תחנות כוח, סוללות, אנרגיה סולרית.
שאלה – רמת ביניים: מה ההבדל בין הפקת חשמל בתחנת כוח לבין סוללה?
פתרון: תחנת כוח מייצרת חשמל ע"י השראה מגנטית; סוללה - תגובה כימית פנימית.

שימושי חשמל בסביבה הטכנולוגית

חשמל נמצא בכל תחום: בבית – תאורה, חימום, טעינה; בתעשייה – מנועים, חיישנים, רובוטים.
שאלה – רמת בסיס: אילו שני תחומים עושים שימוש יומיומי בחשמל?
פתרון: בית ותעשייה.

פרק 2: מטענים חשמליים ושדה חשמלי (5 שעות)

מטרות

-הבנת מושג המטען החשמלי.

-הבנת חוק קולון והשפעתו על מטענים חשמליים.

מבנה האטום ותכונות של מטען חשמלי

החומר מורכב מאטומים שבתוכם פרוטונים (חיוביים), נויטרונים (נטרלים) ואלקטרונים (שליליים).
 אלקטרונים יכולים לעבור בין גופים ולהוביל לטעינה.

שאלה – רמת בסיס: גוף ניטרלי איבד שני אלקטרונים. מה סוג המטען שלו כעת?

פתרון: איבד שליליים $\leftarrow$ נשאר עודף חיובי $\leftarrow$ טעון חיובית.

חוק קולון והשפעתו

הכוח בין שני מטענים:

$$F = \frac{k \times (q_1 \times q_2)}{r^2} \quad \text{כאשר } k \approx 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$$

שאלה – רמת ביניים: מה הכוח בין שני מטענים של $3\mu\text{C}$ כל אחד, במרחק 0.3 מטר?

פתרון:

$$F = \frac{9 \times 10^9 \times (3 \times 10^{-6}) \times (3 \times 10^{-6})}{0.09} = 0.9 \text{ N}$$

שדה חשמלי והשפעתו על תנועת מטענים

$$E = k \frac{q}{r^2} \quad \text{או} \quad E = \frac{F}{q}$$

מטען בשדה יחוש כוח בכיוון השדה.

שאלה – רמת בסיס: מהו השדה החשמלי במרחק 0.2m ממטען של $1\mu\text{C}$?

פתרון:

$$E = 9 \times 10^9 \frac{1 \times 10^{-6}}{0.04} = 2.25 \times 10^5 \text{ V/m}$$

חישוב שדה חשמלי על ציר בין שני מטענים

שדה מכל מטען מחושב בנפרד ומחברים וקטורית.

שאלה – רמת ביניים:

$$q_1 = 2\mu\text{C}, q_2 = 1\mu\text{C}, x_1=0\text{cm}, x_2=4\text{cm}$$

פתרון:

$$E_1 = \frac{9 \times 10^9 \cdot 2 \times 10^{-6}}{0.0004} = \frac{18 \times 10^3}{0.0004} = 4.5 \times 10^6 \text{ V/m}$$

$$E_2 = \frac{k \cdot q}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \cdot 1 \times 10^{-6}}{0.0004} = \frac{9 \times 10^3}{0.0004} = 2.25 \times 10^6 \text{ V/m}$$

$$E_{\text{total}} = E_1 - E_2 = 2.25 \times 10^6 \text{ V/m}$$

השפעת שדה חשמלי על מטען שלישי

כוח כולל :

$$F_{\text{total}} = F_1 - F_2, \text{ לפי חוק קולון.}$$

שאלה – רמת מתקדמים:

שני מטענים חיוביים ($3\mu\text{C}, 2\mu\text{C}$) במרחק 10 ס"מ. מטען $1\mu\text{C}$ – באמצע. מה הכוח עליו?

פתרון:

$$F_1 = \frac{k \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \cdot 3 \times 10^{-6} \cdot 1 \times 10^{-6}}{0.0025} = \frac{27 \times 10^{-3}}{0.0025} = 1.08 \text{ N}$$

$$F_2 = \frac{k \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \cdot 2 \times 10^{-6} \cdot 1 \times 10^{-6}}{0.0025} = \frac{18 \times 10^{-3}}{0.0025} = 0.72 \text{ N}$$

$$F_{\text{total}} = 1.08 - 0.72 = 0.36 \text{ N}$$

חישוב שדה חשמלי מנקודת שוויון

בין מטענים שווי ערך וניגודי סימן קיימת נקודה בה השדות מבטלים זה את זה.

שאלה – רמת ביניים:

$$q_1 = 3\mu\text{C}, q_2 = -3\mu\text{C}, x_1 = 0\text{cm}, x_2 = 6\text{cm}$$

היכן נקודת השוויון?

פתרון:

$$E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{k \cdot q_1}{x^2} = \frac{k \cdot |q_2|}{(x + 6)^2}$$

$$\frac{3}{x^2} = \frac{3}{(x + 6)^2}$$

$$x^2 = (x + 6)^2 \Rightarrow x = -3 \text{ cm}$$

פרק 3: מתחים וזרמים חשמליים (7 שעות)

רקע תיאורטי קצר

הרקע התיאורטי לפרק 3 מתמקד בהכרת המושגים: זרם חשמלי, פוטנציאל חשמלי, מתח חשמלי, מוליך ומבודד חשמלי, וכן קצר ונתק.

הערה חשובה: ההסברים המפורטים למושגים הבאים והדוגמאות עם הפתרונות אינם מופיעים במפורש במקורות שסופקו, אלא נכתבו על בסיס הנושאים המפורטים בתוכנית הלימודים בפרק זה.

פוטנציאל חשמלי ומתח חשמלי (Potential and Voltage)

פוטנציאל חשמלי הוא גודל המבטא את האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית ליחידת מטען בנקודה מסוימת במרחב. ניתן לחשוב עליו כ"גובה" חשמלי. מטענים חשמליים נוטים לנוע מנקודה בעלת פוטנציאל גבוה לנקודה בעלת פוטנציאל נמוך.

מתח חשמלי או (הפרש פוטנציאלים) הוא ההבדל בפוטנציאל החשמלי בין שתי נקודות במעגל או בשדה חשמלי. מתח מוגדר כעבודה הנדרשת כדי להזיז יחידת מטען מנקודה אחת לאחרת. יחידת המידה של המתח היא וולט (V). מתח הוא הכוח המניע (הכוח האלקטרו-מניע, כ.א.מ.) הגורם לזרם חשמלי לזרום במעגל.

תא חשמלי (Electric Cell)

תא חשמלי, או סוללה, הוא רכיב המספק הפרש פוטנציאלים קבוע במעגל חשמלי. הוא ממיר אנרגיה כימית לאנרגיה חשמלית, ובכך יוצר "שיפוע פוטנציאלים" המאפשר לזרם לזרום.

זרם חשמלי (Electric Current)

זרם חשמלי הוא תנועה מכוונת של מטענים חשמליים, לרוב אלקטרונים, דרך חומר מוליך. יחידת המידה של הזרם היא אמפר (A) והיא מבטאת את כמות המטען העוברת בנקודה נתונה בזמן נתון (קולון לשנייה) מידע חיצוני. כיוון הזרם המוסכם (זרם קונבנציונלי) הוא מכיוון הפוטנציאל הגבוה לנמוך, כלומר מן הפלוס למינוס מחוץ למקור.

מוליכים ומבודדים (Conductors and Insulators)

מוליך חשמלי הוא חומר שדרכו מטענים חשמליים (כמו אלקטרונים חופשיים) יכולים לנוע בקלות יחסית. מתכות רבות, כגון נחושת ואלומיניום, הן מוליכים טובים מידע חיצוני.

מבודד חשמלי הוא חומר המונע או מגביל מאוד את תנועת המטענים החשמליים דרכו. פלסטיק, גומי וזכוכית הם דוגמאות למבודדים טובים.

קצר ונתק (Short Circuit and Open Circuit)

קצר (Short Circuit) מתרחש כאשר נוצר נתיב בעל התנגדות נמוכה מאוד, כמעט אפסית, בין שתי נקודות במעגל שאמורות להיות במתח גבוה זו ביחס לזו.

במצב זה, זרם עצום עלול לזרום דרך הנתיב הקצר, מה שעלול לגרום להתחממות יתר, נזק למעגל ואף שריפה.

נתק (Open Circuit) מתרחש כאשר ישנה הפסקה בנתיב המוליך של המעגל, ומונעת בכך זרימת זרם חשמלי.

במצב נתק, הזרם במעגל הוא אפס, אך עדיין יכול להיות הפרש מתח בין קצוות הנתק.

דוגמאות ברמות קושי שונות ופתרונות מפורטים

להלן מספר דוגמאות שיעזרו בהבנת החומר, ברמות קושי שונות.

הערה חשובה: דוגמאות אלו ופתרונותיהן אינם מופיעים במקורות שסופקו, אלא נוצרו לצורך המחשה והתרגול של הנושאים הנלמדים בפרק זה. ייתכן שתמצאו לאמת מידע זה באופן עצמאי.

דוגמא 1: זיהוי סוג חומר (רמת קושי: קל)

שאלה: לרשותך החומרים הבאים: חוט נחושת, פיסת עץ יבשה, מים מזוקקים, גרפיט (עופרת של עיפרון) וחוט גומי. סווג את החומרים למוליכים חשמליים ולמבודדים חשמליים.

פתרון מפורט:

1. הבנת המושגים: עלינו לזכור כי מוליך חשמלי מאפשר למטענים לנוע בחופשיות דרכו, ואילו

מבודד חשמלי מונע או מגביל מאוד תנועת מטענים.

2. ניתוח החומרים:

- חוט נחושת: נחושת היא מתכת. מתכות ידועות בכך שיש להן אלקטרונים חופשיים רבים המאפשרים זרימת זרם. לכן, חוט נחושת הוא מוליך חשמלי.
- פיסת עץ יבשה: עץ יבש הוא חומר שאינו מכיל אלקטרונים חופשיים רבים ואינו מאפשר זרימת זרם בקלות. לכן, פיסת עץ יבשה היא מבודד חשמלי.

- מים מזוקקים: מים מזוקקים הם מים טהורים ללא יונים או מלחים. ללא יונים, תנועת המטענים מוגבלת מאוד. לכן, מים מזוקקים הם מבודד חשמלי (חשוב לציין שמי ברז, המכילים מלחים ויונים, הם מוליכים טובים יחסית).
- גרפיט (עופרת של עיפרון): גרפיט הוא צורה אלטרופית של פחמן, והוא חומר ייחודי המוליך חשמל היטב עקב המבנה השכבתי שלו המאפשר תנועת אלקטרונים. לכן, גרפיט הוא מוליך חשמלי.
- חוט גומי: גומי הוא פולימר בעל מבנה מולקולרי שאינו מאפשר תנועה קלה של אלקטרונים. הוא משמש רבות לבידוד כבלי חשמל. לכן, חוט גומי הוא מבודד חשמלי.

3. סיכום:

- מוליכים חשמליים: חוט נחושת, גרפיט.
- מבודדים חשמליים: פיסת עץ יבשה, מים מזוקקים, חוט גומי.

דוגמא 2: חישוב זרם ומטען (רמת קושי: בינוני)

שאלה: נתון כי 60 קולון של מטען חשמלי עוברים דרך נקודה מסוימת בחוט מוליך במשך 5 שניות א. מהו הזרם החשמלי העובר בחוט?

ב. כמה זמן ייקח ל-180 קולון של מטען לעבור באותה נקודה אם הזרם נשאר קבוע?

פתרון מפורט:

1. הבנת המושגים והנוסחאות:

זרם חשמלי (I) מוגדר ככמות המטען (Q) העוברת בנקודה מסוימת ליחידת זמן (t)

$$I = Q / t$$

הנוסחה היא:

יחידות: I – אמפר (A), Q – קולון (C), t – שניות (s)

2. סעיף א' - חישוב הזרם:

$$Q = 60 \text{ C}, t = 5 \text{ s}$$

$$I = Q / t. \text{ נשתמש בנוסחה}$$

$$I = 60 \text{ C} / 5 \text{ s} = 12 \text{ (A) אמפר}$$

3. סעיף ב' - חישוב הזמן:

נתונים, $Q = 180 \text{ C}$, והזרם (I) שחישבנו בסעיף א' הוא $A 12$ (הזרם נשאר קבוע).

$$I = Q / t \text{ ונחלץ ממנה } t = Q / I$$

$$t = 180 \text{ C} / 12 \text{ A} = 15 \text{ s}$$

4. סיכום:

א. הזרם החשמלי העובר בחוט הוא 12 A אמפר.

ב. ייקח 15 s שניות ל- 180 C קולון של מטען לעבור באותה נקודה.

דוגמא 3: ניתוח מעגל פתוח וקצר (רמת קושי: קשה / קונספטואלי)

שאלה: נתון מעגל חשמלי פשוט המורכב ממקור מתח (סוללה), נורה ומפסק המחוברים בטור

א. תאר מה קורה לזרם ולמתח על הנורה כאשר המפסק פתוח (נתק). הסבר מדוע הנורה אינה דולקת.

ב. תאר מה קורה לזרם ולמתח על הנורה אם בטעות נוצר קצר בין הדקי הנורה (כלומר, חוט מוליך בעל התנגדות אפסית מחובר במקביל לנורה). הסבר מה עלולות להיות ההשלכות.

פתרון מפורט:

1. הבנת המושגים:

נתק (Open Circuit) הפסקה בנתיב המוליך, מונעת זרימת זרם.

קצר (Short Circuit) נתיב בעל התנגדות נמוכה מאוד, מאפשר זרימת זרם גבוה

נורה: צרכן במעגל, זקוק לזרם שיעבור דרכה כדי לדלוך.

2. סעיף א' - מפסק פתוח (נתק):

תיאור: כאשר המפסק פתוח, נוצר נתק במעגל החשמלי. הדרך שבה האלקטרונים יכולים לזרום מהסוללה דרך הנורה ובחזרה לסוללה נחסמת.

זרם: בגלל הנתק, הזרם החשמלי במעגל הוא אפס ($I=0$). אין תנועה מכוונת של מטענים. מתח על הנורה: למרות שאין זרם, עדיין קיים מתח על הנורה. המתח על הנורה יהיה שווה

למתח על המקור (הסוללה) מכיוון שהנורה והמפסק הפתוח יוצרים סדרה שעל פניה מופיע כל מתח הסוללה. בנקודה אחת במעגל, לפני הנתק, קיים פוטנציאל גבוה, ואחרי הנתק, פוטנציאל נמוך (אך המתח "נופל" על הנתק עצמו).

הסבר מדוע הנורה אינה דולקת: הנורה זקוקה לזרם חשמלי שיעבור דרכה כדי שהחוט הלהט שבתוכה יתחמם ויפיק אור. מכיוון שבמצב נתק אין זרם כלל, הנורה אינה דולקת.

3. סעיף ב' - קצר בין הדקי הנורה:

תיאור: חיבור חוט בעל התנגדות אפסית במקביל לנורה יוצר "שביל עוקף" לזרם החשמלי. הזרם תמיד יעדיף את הנתיב בעל ההתנגדות הנמוכה ביותר.

מתח על הנורה: מכיוון שחוט הקצר בעל התנגדות אפסית, על פי חוק אוהם (שאותו נלמד לעומק בפרק 5, הפרש הפוטנציאלים) (המתח) על חוט הקצר יהיה אפס, $V = I * R$, ואם $R=0$, אז $V=0$ מכיוון שהחוט הקצר מחובר במקביל לנורה, המתח על הנורה יהיה גם הוא אפס ($V=0$).

זרם: רוב הזרם (או כולו, בהתנגדות אפסית מוחלטת) יעדיף לזרום דרך נתיב הקצר במקום דרך הנורה. הזרם הכולל מהסוללה יכול לעלות באופן דרמטי (להיות זרם קצר) מכיוון שההתנגדות הכוללת של המעגל ירדה משמעותית (נתיב הקצר עוקף את ההתנגדות הנורה).

השלכות:

הנורה אינה דולקת: כיוון שאין עליה מתח (או מתח זניח), ואין זרם משמעותי העובר דרכה, הנורה אינה דולקת.

חימום יתר ונזק: זרם הקצר הגבוה העובר דרך הסוללה והחוטנים הנותרים במעגל עלול לגרום להתחממות יתר של הרכיבים, מה שעלול להוביל לנזק לסוללה, להתכת החוטנים, ואף לשריפה.

ריקון מהיר של הסוללה: הסוללה תתרוקן במהירות רבה עקב הדרישה לזרם גבוה.

פרק 4: התנגדות חשמלית (4 שעות לימוד)

יעדים עיקריים

- הכרת מושג ההתנגדות הסגולית.
- הכרת הגורמים הגאומטריים המשפיעים על התנגדות חשמלית.

רקע תיאורטי קצר

התנגדות חשמלית (Resisitance) היא תכונה של חומר להתנגד למעבר זרם חשמלי דרכו. לכל חומר יש יכולת שונה להוליך חשמל, והתנגדותו נמדדת ביחידות אוהם (Ω). התנגדות זו תלויה במספר גורמים:

1. סוג החומר התנגדות סגולית (Resistivity): לכל חומר יש התנגדות סגולית אופיינית משלו, המסומלת באות יוונית ρ (חומרים מוליכים (כמו נחושת) בעלי התנגדות סגולית נמוכה, בעוד חומרים מבודדים (כמו גומי) בעלי התנגדות סגולית גבוהה).
2. אורך המוליך (L): ככל שהמוליך ארוך יותר, כך עולה התנגדותו. הזרם צריך לעבור דרך יותר "מכשולים" אטומיים.
3. שטח החתך של המוליך (A): ככל ששטח החתך של המוליך גדול יותר (כלומר, הוא עבה יותר), כך יורדת התנגדותו. שטח חתך גדול יותר מאפשר ליותר אלקטרונים לעבור בו זמנית, בדומה למספר נתיבים בכביש.
4. טמפרטורה (T): במרבית המתכות, עלייה בטמפרטורה גורמת לעלייה בהתנגדות, מכיוון שתנועת החלקיקים עולה, וזה מגביר את הסיכוי להתנגשויות המפריעות לזרימת האלקטרונים.

נוסחה המרכזית לחישוב התנגדות מוליך, המקשרת בין גורמים אלו, היא:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

כאשר:

- R - היא ההתנגדות באוהם (Ω)
- ρ - היא ההתנגדות הסגולית באוהם-מטר ($\Omega \cdot m$)
- L - הוא אורך המוליך במטרים (m)
- A - הוא שטח החתך של המוליך במטרים רבועים (m^2)

דוגמאות ותרגילים

נציג כעת מספר דוגמאות ברמות קושי שונות, יחד עם פתרונות מפורטים.

דוגמה 1: חישוב התנגדות ישרה (רמת קושי: קלה)

שאלה: חשב את ההתנגדות של חוט נחושת באורך 10 מטר, בעל שטח חתך של 1 מ"מ².

התנגדותה הסגולית של נחושת היא $1.68 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$

פתרון מפורט:

שלב 1: איסוף הנתונים והמרת יחידות (במידת הצורך):

• אורך המוליך $L = 10 \text{ m}$

• שטח חתך המוליך $A = 1 \text{ מ"מ}^2$, עלינו להמיר מ"מ² למטרים רבועים (m²)

$1 \text{ מ"מ}^2 = 10^{-3} \text{ מטר}^2$, ולכן $1 \text{ מ"מ}^2 = (10^{-3} \text{ מ}')^2 = 10^{-6} \text{ מ"מ}^2$.

לכן $A = 1 \times 10^{-6} \text{ מ"מ}^2$.

• התנגדות סגולית $\rho = 1.68 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$

שלב 2: שימוש בנוסחת ההתנגדות. הנוסחה לחישוב התנגדות היא:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A}$$

שלב 3: הצבת הערכים וחישוב:

$$R = 1.68 \times 10^{-8} \cdot \frac{10}{1 \times 10^{-6}} \Omega$$

$$R = (1.68 \times 10^{-8}) \cdot (10 \div 10^{-6}) \Omega$$

$$R = (1.68 \times 10^{-8}) \cdot (10^7) \Omega$$

$$R = 1.68 \times 10^{-1} \Omega$$

$$R = 0.168 \Omega$$

תשובה: התנגדות חוט הנחושת היא 0.168 אוהם (Ω)

דוגמה 2: מציאת שטח חתך נדרש (רמת קושי: בינונית)

שאלה: רוצים לייצר נגד מחוט ניקל-כרום (ניכרום) באורך 50 ס"מ, כך שהתנגדותו תהיה 20 אוהם. התנגדותה הסגולית של ניכרום היא $1.1 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$. מה צריך להיות שטח החתך של החוט ב- m^2 ?

פתרון מפורט:

שלב 1: איסוף הנתונים והמרת יחידות. נתונים לנו:

- התנגדות רצויה $R = 20 \Omega$
- אורך המוליך $L = 50$ ס"מ, 0.5 מטר.
- התנגדות סגולית $\rho = 1.1 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$
- הלא ידוע הוא שטח החתך A

שלב 2: ארגון הנוסחה לחישוב A נתחיל מהנוסחה המוכרת:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A}$$

נבודד את A מהנוסחה:

$$A \cdot R = \rho \cdot L$$

$$A = \frac{\rho \cdot L}{R}$$

שלב 3: הצבת הערכים וחישוב. נציב את הנתונים בנוסחה המאורגנת:

$$A = \frac{1.1 \times 10^{-6} \cdot 0.5}{20} = \frac{0.55 \times 10^{-6}}{20} = 0.0275 \times 10^{-6} = 2.75 \times 10^{-8} \text{ m}^2$$

שלב 4: המרת שטח החתך חזרה ל-מ"מ² (במידת הצורך). התוצאה היא במטרים רבועים, והשאלה מבקשת ב-מ"מ². נזכור ש-1 מ"ר = 10⁶ מ"מ².

$$A = \frac{1.1 \times 10^{-6} \cdot 0.5}{20} = \frac{0.55 \times 10^{-6}}{20} = 0.0275 \times 10^{-6} = 2.75 \times 10^{-8} \text{ m}^2$$

תשובה: שטח החתך הנדרש של החוט הוא 0.0275 מ"מ².

דוגמה 3: השפעת שינוי ממדים (רמת קושי: גבוהה)

שאלה: נתון חוט מוליך בעל התנגדות R מה תהיה ההתנגדות של חוט מאותו חומר, שאורכו כפול וקוטרו קטן פי חצי?

פתרון מפורט:

שלב 1: הגדרת המצב ההתחלתי

נניח שהאורך ההתחלתי הוא L_0 הקוטר ההתחלתי הוא d_0 ושטח החתך ההתחלתי הוא A_0 , שטח החתך של חוט הוא שטח מעגל:

$$A_0 = \pi \cdot (d_0/2)^2 = \pi \cdot d_0^2/4$$

ההתנגדות ההתחלתית היא:

$$R_0 = \rho \cdot \frac{L_0}{A_0} = \rho \cdot \frac{L_0}{\frac{\pi \cdot d_0^2}{4}} = \frac{4 \cdot \rho \cdot L_0}{\pi \cdot d_0^2}$$

שלב 2: הגדרת המצב החדש

• אורך חדש: $L_1 = 2 \cdot L_0$: אורך כפול.

• קוטר חדש: $d_1 = d_0 / 2$: קוטר קטן פי חצי.

• שטח חתך חדש:

$$A_1 = \pi \cdot \left(\frac{d_1}{2}\right)^2 = \pi \cdot \left(\frac{\frac{d_0}{2}}{2}\right)^2 = \pi \cdot \left(\frac{d_0}{4}\right)^2 = \frac{\pi \cdot d_0^2}{16}$$

שלב 3: חישוב ההתנגדות החדשה (R_1)

נציב את L_1 ו- A_1 בנוסחת ההתנגדות:

$$R_1 = \rho \cdot \frac{L_1}{A_1} = \rho \cdot \frac{2L_0}{\frac{\pi d_0^2}{16}} = \rho \cdot 2L_0 \cdot \frac{16}{\pi d_0^2} = \frac{32\rho L_0}{\pi d_0^2}$$

שלב 4: השוואה בין ההתנגדות החדשה לישנה

נשווה את R_1 ל R_0 נזכור ש $R_0 = (4 \cdot \rho \cdot L_0) / (\pi \cdot d_0^2)$ נחלק את R_1 ב R_0

$$R_1 / R_0 = [(32 \cdot \rho \cdot L_0) / (\pi \cdot d_0^2)] / [(4 \cdot \rho \cdot L_0) / (\pi \cdot d_0^2)]$$

ניתן לבטל את הביטוי $(\rho \cdot L_0) / (\pi \cdot d_0^2)$ משני האגפים:

$$\frac{R_1}{R_0} = \frac{32}{4} = 8 \Rightarrow R_1 = 8 \cdot R_0$$

תשובה: ההתנגדות של החוט החדש תהיה גדולה פי 8 מההתנגדות ההתחלתית.

פרק 5: מעגל טורי, מקבילי ומעורב (11 שעות)

רקע תיאורטי: מושגים וחוקים בסיסיים בחשמל

תוכנית הלימודים בנושא חשמל נועדה להקנות לתלמידים ידע בסיסי בתורת החשמל, תוך שילוב בין הוראה עיונית לעבודה מעשית. התוכנית כוללת נושאים מרכזיים כגון מטענים חשמליים, זרם חשמלי, חוק אוהם, ומעגלים חשמליים. המעגלים החשמליים הנלמדים כוללים מעגלים טוריים, מקביליים ומעורבים.

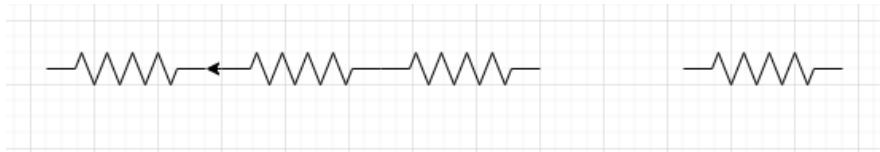
להלן מושגי היסוד והחוקים המרכזיים:

- חוק אוהם (Ohm's Law): הנוסחה המרכזית המתארת את הקשר בין מתח (V) , זרם (I) והתנגדות (R) היא $V = I * R$

חוק אוהם מתאר גם הפרש פוטנציאלים בין שתי נקודות במעגל. $V_A - V_B = I * R$:

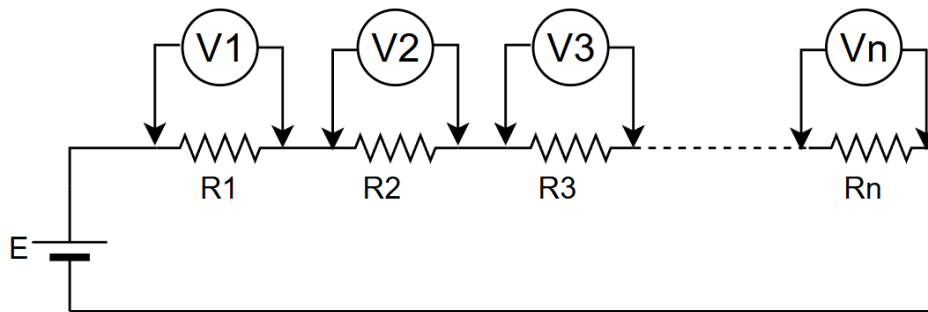
- מעגל טורי (Series Circuit)
- במעגל טורי, ההתנגדות הכוללת (השקולה) היא סכום ההתנגדויות של כל הנגדים:

$$R_{total} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$



- המתח הכולל הוא סכום מפלי המתח על פני כל נגד (חוק קירכהוף למתחים):

$$V_{total} = V_1 + V_2 + \dots + V_n$$

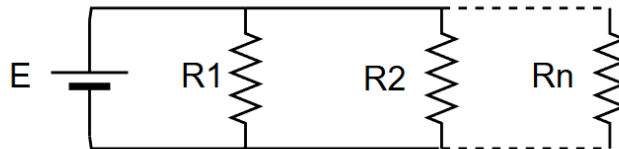


- מעגל מקבילי (Parallel Circuit)
- במעגל מקבילי, הזרם הכולל הוא סכום הזרמים העוברים בכל ענף מקבילי

$$I_{\text{total}} = I_1 + I_2 + \dots + I_n \quad (\text{חוק קירכהוף לזרמים})$$

- ההתנגדות הכוללת (השקולה) מחושבת לפי הנוסחה

$$1/R_{\text{total}} = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_n$$



- עבור שני נגדים במקביל, קיימת נוסחה מקוצרת [לא מצוין במפורש בנוסחאות המקור, אך נגזר מהנוסחה הכללית] $R_{\text{total}} = (R_1 * R_2) / (R_1 + R_2)$

מעגל מעורב (Mixed Circuit): מעגל המשלב נגדים בחיבור טורי ובחיבור מקבילי. פתרון מעגלים אלו כולל חישוב התנגדויות במעגלים שונים ופתרון מעגלים חשמליים בסיסיים, תוך שימוש בחוקי קירכהוף לזרמים ולמתחים.

דוגמאות ופתרונות מפורטים

דוגמא 1: מעגל טורי

מעגל הכולל מקור מתח ושני נגדים המחוברים בטור $R_1 = 4\Omega$ $R_2 = 8\Omega$

מתח המקור $V_{total} = 12V$

פתרון מפורט – מעגל טורי עם שני נגדים

נתונים:

מקור מתח כולל $V_{total} = 12V$

נגד ראשון $R_1 = 4\Omega$

נגד שני $R_2 = 8\Omega$

שלב 1: חישוב ההתנגדות השקולה

במעגל טורי סכום ההתנגדויות הוא:

$$R_{total} = R_1 + R_2 = 4\Omega + 8\Omega = 12\Omega$$

שלב 2: חישוב הזרם הכולל במעגל

נשתמש בחוק אוהם:

$$I = V_{total} / R_{total} = 12V / 12\Omega = 1A$$

שלב 3: חישוב המתח על כל נגד

הזרם במעגל טורי זהה בכל הרכיבים. לכן:

$$V_1 = I \times R_1 = 1A \times 4\Omega = 4V$$

$$V_2 = I \times R_2 = 1A \times 8\Omega = 8V$$

שלב 4: בדיקת חוק המתחים

$$V_1 + V_2 = 4V + 8V = 12V = V_{total}$$

✓ החוק מתקיים – הפתרון תקין.

תוצאה סופית:

זרם כולל במעגל $1A$:

מתח על R_1 $4V$ -

מתח על R_2 $8V$ -

דוגמא 2: מעגל מקבילי

פתרון מפורט – מעגל מקבילי עם שני נגדים

נתונים:

מקור מתח כולל $24V$ V_{total} -

נגד ראשון $R_1 = 6\Omega$ -

נגד שני $R_2 = 12\Omega$ -

חיבור מקבילי

שלב 1: חישוב התנגדות שקולה במקביל

נשתמש בנוסחה לחיבור מקבילי:

$$1 / R_{total} = 1 / R_1 + 1 / R_2$$

$$1 / R_{total} = 1/6 + 1/12 = 3/12 = 1/4$$

$$\rightarrow R_{total} = 4\Omega$$

שלב 2: חישוב הזרם הכולל במעגל

$$I_{total} = V_{total} / R_{total} = 24V / 4\Omega = 6A$$

שלב 3: חישוב הזרם בכל ענף

במעגל מקבילי המתח על כל נגד שווה ל- $24V$

$$I_1 = V / R_1 = 24 / 6 = 4A$$

$$I_2 = V / R_2 = 24 / 12 = 2A$$

שלב 4: בדיקת סגירת מעגל

$$I_{\text{total}} = I_1 + I_2 = 4A + 2A = 6A$$

✓ החוק מתקיים – הפתרון תקין.

תוצאה סופית:

-התנגדות שקולה 4Ω

-זרם כולל $6A$

-זרם דרך $R_1 = 4A$

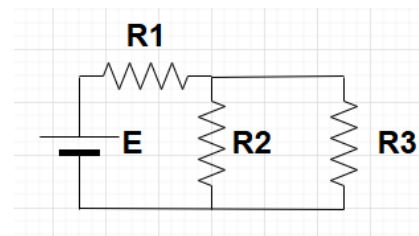
-זרם דרך $R_2 = 2A$

-מתח על כל אחד מהנגדים $24V$

דוגמא 3: מעגל מעורב

פתרון מפורט – מעגל מעורב: נגד בטור עם שני נגדים מקבילים

מעגל הכולל מקור מתח ונגדים בחיבור מעורב.



R_1 בטור לשני נגדים R_2 ו- R_3 המחוברים במקביל.

נתונים:

$$- R_1 = 5\Omega$$

$$- R_2 = 10\Omega$$

$$- R_3 = 15\Omega$$

$$- V_{\text{total}} = 30V$$

שלב 1: חישוב התנגדות שקולה של R_2 ו- R_3

נשתמש בנוסחה לחיבור מקבילי:

$$1 / R_{\text{parallel}} = 1 / R_2 + 1 / R_3 = 1/10 + 1/15$$

$$= (3 + 2) / 30 = 5 / 30 \rightarrow R_{\text{parallel}} = 30 / 5 = 6\Omega$$

שלב 2: חישוב ההתנגדות השקולה הכוללת

$$R_{\text{total}} = R_1 + R_{\text{parallel}} = 5\Omega + 6\Omega = 11\Omega$$

שלב 3: חישוב הזרם הכולל במעגל

$$I_{\text{total}} = V_{\text{total}} / R_{\text{total}} = 30V / 11\Omega \approx 2.73A$$

שלב 4: חישוב המתח על R_1 ועל החלק המקבילי

$$V_1 = I \times R_1 = 2.73A \times 5\Omega \approx 13.65V$$

$$V_{\text{parallel}} = V_{\text{total}} - V_1 = 30V - 13.65V \approx 16.35V$$

שלב 5: חישוב הזרם בכל ענף מקבילי

$$I_2 = V_{\text{parallel}} / R_2 = 16.35 / 10 \approx 1.64A$$

$$I_3 = V_{\text{parallel}} / R_3 = 16.35 / 15 \approx 1.09A$$

שלב 6: בדיקת סגירת מעגל

$$I_{\text{total}} \approx I_2 + I_3 = 1.64 + 1.09 \approx 2.73A \checkmark$$

תוצאה סופית:

-התנגדות שקולה = 11Ω

-זרם כולל במעגל $\approx 2.73A$

-מתח על $R_1 \approx 13.65V$

-מתח על R_2 ו- $R_3 \approx 16.35V$

-זרם דרך $R_2 \approx 1.64A$

-זרם דרך $R_3 \approx 1.09A$

פרק 6: הספק במעגל חשמלי (3 שעות)

יעדים

- הכרת מושג ההספק.
- הבנת חוק שימור אנרגיה או מאזן ההספקים.

האנרגיה החשמלית ויתרונותיה

רקע תיאורטי

אנרגיה חשמלית היא היכולת של זרם חשמלי לבצע עבודה. אנרגיה זו נפוצה מאוד בזכות האפשרות להולכה למרחק, שליטה מדויקת וניקיון יחסי.

נוסחה:

$$E = P \cdot t$$

דוגמה 1

שאלה: מכשיר צורך 1000W במשך שעתיים. כמה אנרגיה הוא צורך?

פתרון:

$$E = 1000 \cdot 2$$

$$E = 2000\text{Wh} = 2\text{kWh}$$

דוגמה 2

שאלה: מנוע צורך 200W במשך 10 דקות. כמה אנרגיה הוא צורך?

פתרון:

$$t = 10 / 60 = 1/6$$

$$E = 200 \cdot (1/6)$$

$$E = 33.33\text{Wh}$$

דוגמה 3

שאלה: מחשב צורך 300W במשך 5 שעות. כמה אנרגיה נצרכה?

פתרון:

$$E = 300 \cdot 5$$

$$E = 1500\text{Wh} = 1.5\text{kWh}$$

הספק חשמלי – יחידת ההספק

רקע תיאורטי:

הספק מייצג את קצב צריכת האנרגיה החשמלית.

נוסחאות נפוצות:

$$P = V \cdot I$$

$$P = I^2 \cdot R$$

$$P = V^2 / R$$

דוגמה 1

שאלה: נורה מחוברת ל-6V וזורם בה זרם של 0.5A מה ההספק?

פתרון:

$$P = 6 \cdot 0.5$$

$$P = 3\text{W}$$

דוגמה 2

שאלה: נגד של 60Ω מחובר ל-120V מה ההספק?

פתרון:

$$P = 120^2 / 60$$

$$P = 240\text{W}$$

דוגמה 3

שאלה: נגד של 10Ω זורם בו זרם של 3A מה ההספק?

פתרון:

$$P = 3^2 \cdot 10$$

$$P = 90W$$

הספקים, מקורות מתח וצרכנים

רקע תיאורטי:

במערכת חשמלית:

-מקורות מספקים הספק (זרם יוצא מהפלוס)

-צרכנים צורכים הספק (זרם נכנס לפלוס)

דוגמה 1

שאלה: מקור של 12V מחובר בטור ל- $R_1 = 2\Omega$ ולנגד $R_2 = 4\Omega$ מהו ההספק שכל אחד

מהנגדים צורך?

פתרון:

$$R = R_1 + R_2 = 2 + 4 = 6\Omega$$

$$I = V/R = 12 / 6 = 2A$$

$$P_{R1} = I^2 \cdot R = 2^2 \cdot 2 = 8W$$

$$P_{R2} = I^2 \cdot R = 2^2 \cdot 4 = 16W$$

$$P_{R1} = 8W, P_{R2} = 16W$$

דוגמה 2

שאלה: מקור 12V מחובר במקביל לשני נגדים $R_1 = 6\Omega$, $R_2 = 3\Omega$

פתרון:

$$I_1 = 12 / 6 = 2$$

$$I_2 = 12 / 3 = 4$$

$$P_1 = 12 \cdot 2$$

$$P_2 = 12 \cdot 4$$

$$72W \text{ סה"כ } P_1 = 24W, P_2 = 48W$$

דוגמה 3

שאלה: מקור 9V מחובר בטור ל- $R = 3\Omega$ מהו ההספק שהמקור נותן?

פתרון:

$$I = 9 / 3 = 3$$

$$P = 9 \cdot 3$$

$$P = 27W$$

חוק שימור האנרגיה – הספק המקורות = הספק הצרכנים

רקע תיאורטי:

במערכת סגורה מתקיים: סכום ההספקים מהמקורות שווה לסכום ההספקים בצרכנים.

דוגמה 1

שאלה: מקור 18V עם שני נגדיים בטור 3Ω ו- 6Ω

פתרון:

$$R = 3 + 6 = 9$$

$$I = 18 / 9 = 2$$

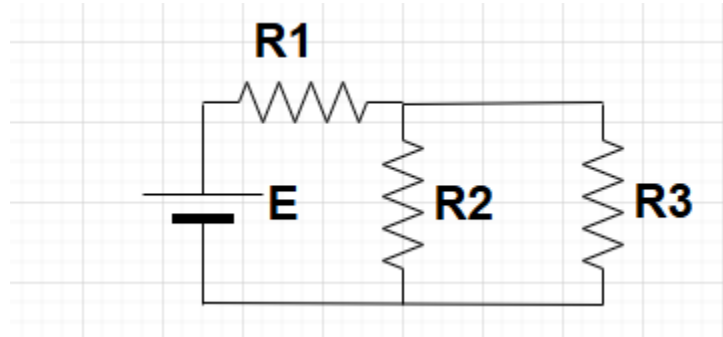
$$P_1 = 2^2 \cdot 3$$

$$P_2 = 2^2 \cdot 6$$

$$36W \text{ סה"כ } P_1 = 12W, P_2 = 24W$$

דוגמה 2

שאלה: מקור מתח של $24V$ ונגד $R_1 = 4\Omega$ בטור עם שני נגדיים במקביל $R_2 = R_3 = 8\Omega$
פתרון:



$$R_{\text{parallel}} = 1/R_2 + 1/R_3 \quad 1 / (1/8 + 1/8) = 4$$

$$R_{\text{total}} = R_{\text{parallel}} + R_1 \quad 4 + 4 = 8\Omega$$

$$I = V / \text{total} = 24 / 8 = 3A$$

$$P_1 = I^2 * \text{parallel} = 3^2 * 4 = 36W$$

$$P_2 = I^2 * R_1 = 3^2 * 4 = 36W$$

$$P_2 = \left(\frac{3}{2}\right)^2 * 8 = 18W$$

$$3 P_2 = 2 P_1$$

$$72W \text{ סה"כ} \quad P_1 = 36W, P_2 = 18W, P_3 = 18W$$

או

$$p = I^2 * R = 3^2 * 8 = 72W$$

28

דוגמה 3

שאלה: במעגל יש מקור מתח של 10V ושני נגדיים בטור 2,3 ohm האם מתקיים חוק שימור האנרגיה? במילים אחרות האם האנרגיה של המקור זהה לאנרגיה של הצרכנים.

פתרון:

$$R = 2 + 3 = 5$$

$$I = 10 / 5 = 2$$

$$P_1 = 2^2 * 2 = 8W$$

$$P_2 = 2^2 * 3 = 12W$$

$$P_1 = 8W, P_2 = 12W \text{ סכ"ה } 20W$$

פרק 7: מעגל דו-חוגי (5 שעות)

פרק זה עוסק בפתרון מעגלים חשמליים מורכבים בעלי שני חוגים או יותר. המעגלים כוללים זרמים נפרדים וחפיפה דרך רכיבים משותפים. בפרק יתואר ניתוח הזרמים בעזרת שיטת זרמי חוגים. חוג חשמל הוא מסלול סגור במעגל שבו זורם זרם. במעגלים עם מספר חוגים, כל חוג עשוי לכלול מקור מתח, נגד ורכיבים משותפים עם חוגים אחרים.

דוגמה 1 – רמת בסיס

שאלה: במעגל יש שני חוגים נפרדים, כל אחד עם סוללה ונגד. האם כל זרם ניתן לחישוב בנפרד

פתרון מפורט – חישוב זרמים בשני חוגים נפרדים

שלב 1 הבנת מבנה המעגל

המעגל כולל שני חוגים שאין ביניהם רכיבים משותפים – כלומר אין נגדים או מקורות משותפים בין החוגים.

שלב 2 עקרון אי-השפעה בין חוגים מנותקים

כאשר אין קשר חשמלי בין החוגים, אין השפעה של חוג אחד על השני – כל חוג ניתן לנתח כאילו היה מעגל עצמאי.

שלב 3 שימוש בחוק אוהם בכל חוג בנפרד

לפי חוק אוהם ניתן לחשב את הזרם בכל חוג בעזרת הנוסחה:

$$I = V / R$$

נסמן:

$$I_1 = V_1 / R_1 \text{ חוג 1}$$

$$I_2 = V_2 / R_2 \text{ חוג 2}$$

שלב 4 דוגמה מספרית

נניח:

$$V_1 = 12V, R_1 = 6\Omega \rightarrow I_1 = 12 / 6 = 2A$$

$$V_2 = 9V, R_2 = 3\Omega \rightarrow I_2 = 9 / 3 = 3A$$

מסקנה:

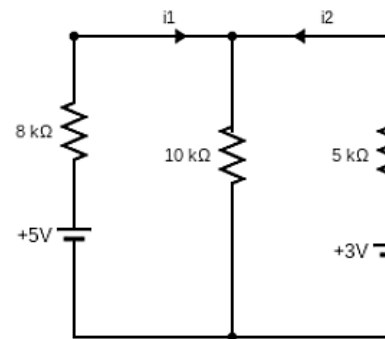
כן, ניתן לחשב כל זרם בנפרד כאשר החוגים מנותקים. אין תלות בין הזרמים.

שיטת זרמי חוגים

בשיטה זו נגדיר זרם עצמאי לכל חוג וננישם את חוק המתחים של קירכהוף על כל חוג כאשר יש נגדים משותפים, מחשבים את הזרם דרכם כהפרש בין הזרמים של החוגים.

דוגמה 2 – רמת ביניים

שאלה: במעגל הבא



פתרון :

$$(1) \quad -5 + 8K \cdot I_1 + 10K \cdot (I_1 + I_2) = 0$$

$$\Rightarrow 18K \cdot I_1 + 10K \cdot I_2 = 5$$

$$(2) \quad -3 + 5K \cdot I_2 + 10K \cdot (I_1 + I_2) = 0$$

$$\Rightarrow 10K \cdot I_1 + 15K \cdot I_2 = 3$$

$$18I_1 + 10I_2 = 5$$

$$10I_1 + 15I_2 = 3$$

$$I_2 = \frac{2}{85} \text{ mA} \approx 0.02353 \text{ mA},$$

$$I_1 = \frac{9}{34} \text{ mA} \approx 0.2647 \text{ mA}.$$

31

פרק 8: מכשירי מדידה חשמליים (3 שעות)

יעדים

- הבנת שימושים בסיסיים במכשירי מדידה.
- קריאה נכונה של נתונים ממכשירי מדידה.

רב-מודד ושימושי

רב-מודד הוא מכשיר מדידה משולב למדידת מתח, זרם והתנגדות. קיימים מודלים דיגיטליים ואנלוגיים.

דוגמה 1 - רמת בסיס

שאלה: חיברת סוללה 1.5V לרב-מודד (DCV) והתקבלה קריאה של 1.38V, האם הסוללה תקינה?

פתרון: הקריאה מצביעה על סוללה חלשה אך תקינה לשימוש בסיסי.

דוגמה 2 - (רמת בסיס)

שאלה: הרב-מודד מוגדר לטווח של 200V AC לא התקבלה קריאה, מה הבעיה?

פתרון: הטווח נמוך מדי, יש לעבור לטווח גדול יותר.

דוגמה 3 רמת ביניים

שאלה: הרב-מודד במצב מדידת התנגדות מראה '1' מה הסיבה?

פתרון: משמעו ערך מחוץ לטווח או שאין חיבור.

דוגמה 4 רמת מתקדמים

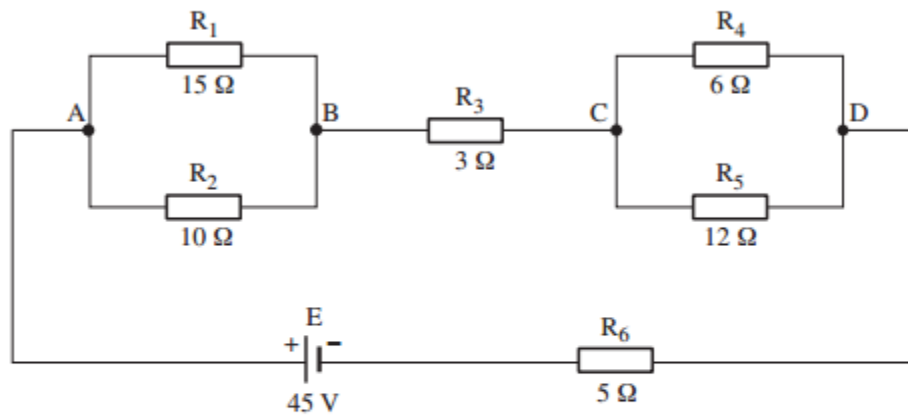
שאלה: במדידת זרם נמדד ערך 0.002 אמפר. כמה זה במיליאמפר?

$$0.002 \text{ A} = 2 \text{ mA}$$

מאגר שאלות לתרגול

שאלה 1

באיור לשאלה 1 נתון מעגל חשמלי.

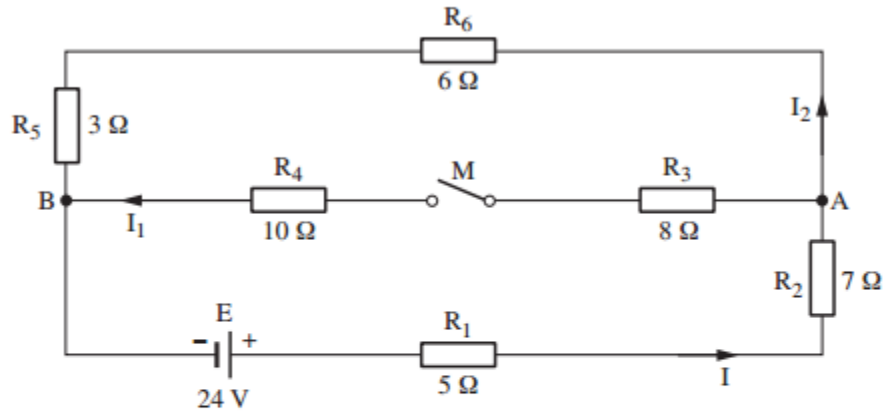


איור לשאלה 1

- חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל.
- חשב את הזרם העובר בנגד R_3 ואת הזרם העובר בנגד R_2 .
- חשב את המתח בין הנקודות C ו-D במעגל.

שאלה 2

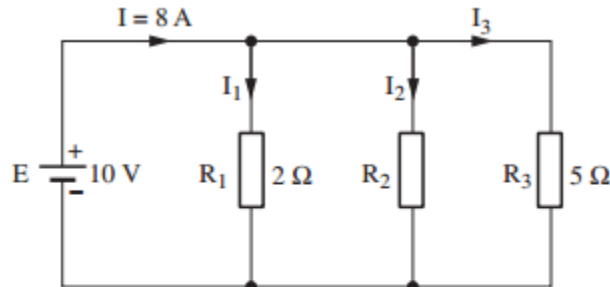
באיור לשאלה 2 נתון מעגל חשמלי.



איור לשאלה 2

- א. חשב את הזרם I במעגל כאשר המפסק M פתוח.
 סוגרים את המפסק M .
- ב. חשב את הזרם I במעגל.
- ג. חשב את הזרם I_1 במעגל.
- ד. הראה, בעזרת חישובים מתאימים, כי חוק הזרמים של קירכהוף מתקיים בצומת A .

שאלה 3



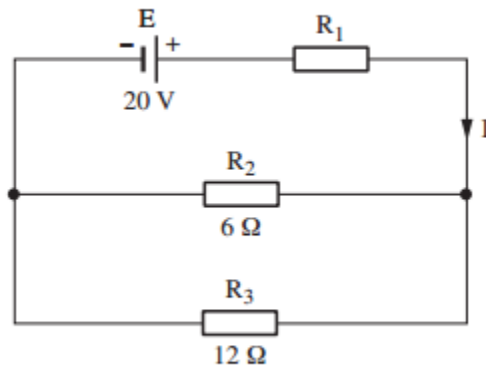
איור לשאלה 2

חשב את:

- הזרם I_1 והזרם I_3 .
- התנגדות הנגד R_2 .
- ההתנגדות השקולה של המעגל.

שאלה 4

באיור לשאלה 2 נתון מעגל חשמלי. הזרם הכולל במעגל הוא $I = 2\text{ A}$.



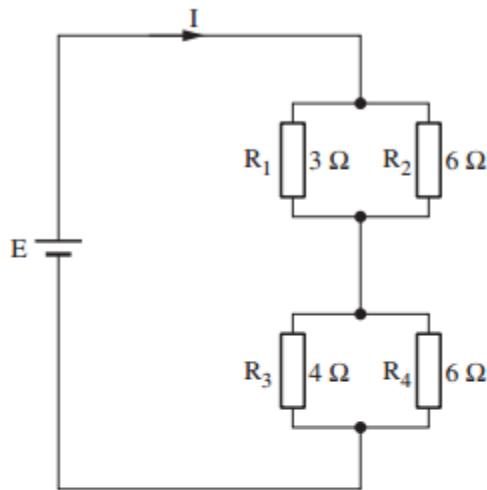
איור לשאלה 2

חשב את:

- ההתנגדות של הנגד R_1 .
- הזרם דרך הנגד R_2 .
- ההספק של הנגד R_3 .

שאלה 5

באיור לשאלה 1 נתון מעגל חשמלי. הזרם הכולל במעגל הוא $I = 4 \text{ A}$.



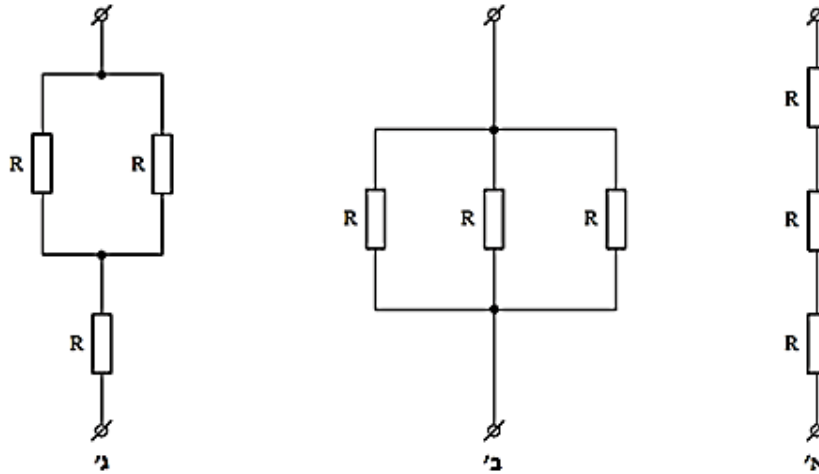
איור לשאלה 1

חשב את:

- א. ההתנגדות השקולה של המעגל
- ב. מתח המקור E
- ג. ההספק הכולל שצורכים הנגדים במעגל
- ד. הזרם בנגד R_4

שאלה מס 6

תנור בישול מחובר למקור מתח של 230V . גוף החימום של התנור כולל שלושה נגדים זהים. ההתנגדות של כל אחד מהם היא 30Ω . באיור לשאלה 6 מתוארות שלוש צורות שונות חיבור שונות של הנגדים (א, ב, ג). המאפשרות לקבל שלוש דרגות חום שונות בתנור

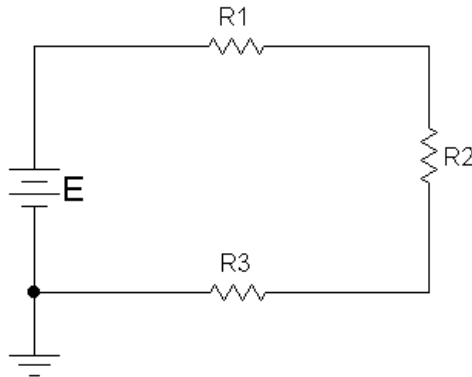


איור לשאלה 6

- חשב את ההתנגדות השקולה של כל אחד מס' לשאלה 6 וזמנים באותיות א', ב' ו'ג'.
- חשב את הזרם הנצרך עלידי התנור בכל אחד מן המקרים א', ב' ו'ג'.

שאלה 7

נתון המעגל הבא:

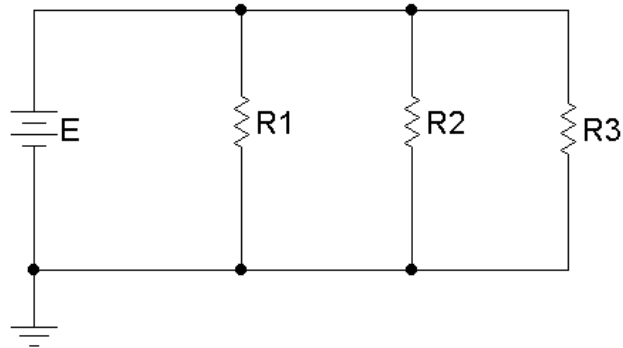


א. חשב את הזרם שזורם במעגל.

ב. חשב את ההתנגדות הכללית.

שאלה 8

נתון המעגל הבא:



$$R1 = 40\Omega$$

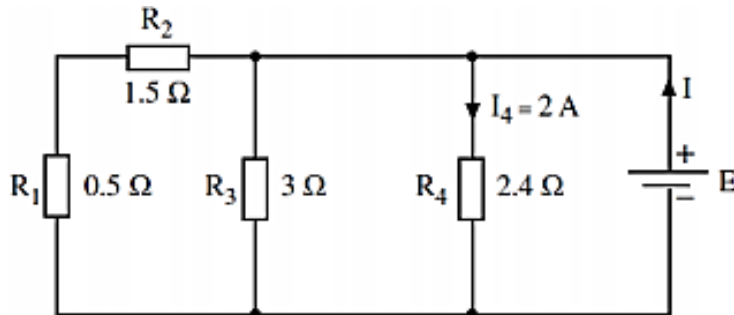
$$R2 = 80\Omega$$

$$R3 = 80\Omega$$

$$E = 10v$$

- א. חשב את ההתנגדות השקולה R_T .
- ב. חשב את הזרם שזורם במעגל.
- ג. חשב מפל המתח על הנגד $R2$.
- ד. חשב את הזרם שזורם דרך $R1$.

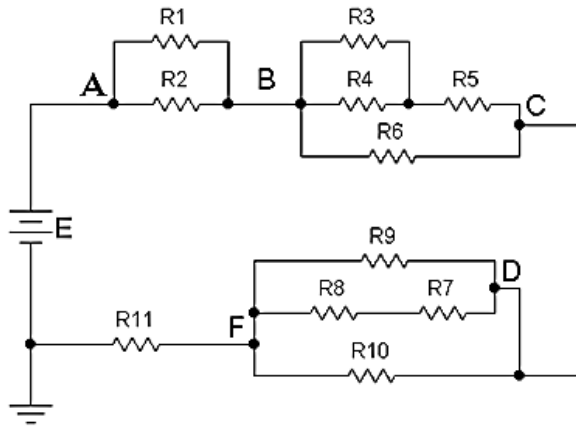
שאלה 9



איור לשאלה 1

- א. חשב את מתח המקור E .
- ב. חשב את הזרם בכל אחד מהנגדים.
- ג. חשב את הזרם הכולל I במעגל.
- ד. חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל.

שאלה 10



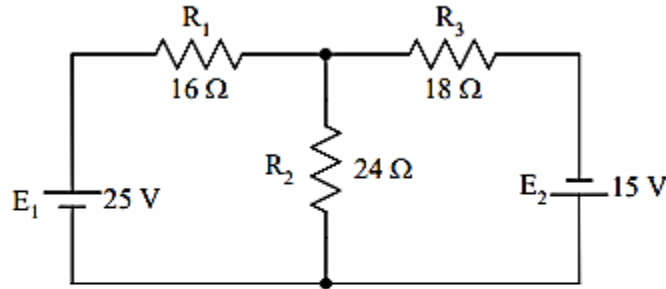
$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 1000\Omega$
$R_5 = 500\Omega$
$R_6 = 1K\Omega$
$R_7 = R_8 = 500\Omega$
$R_9 = R_{10} = 2K\Omega$
$R_{11} = 1500\Omega$
$E = 9V$

חשב:

- חשב את ההתנגדות השקולה R_T .
- חשב את המתחים U_{bc} .
- חשב את המתחים U_{fd} .

שאלה 11

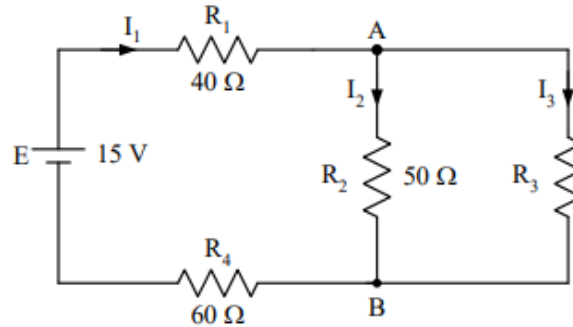
באיור לשאלה, נתון תרשים של מעגל חשמלי הכולל מקורות מתח אידיאליים.



- א. חשב את המתח על הנגד R_3
- ב. חשב את הזרם בנגד R_2
- ג. בחר חוג אחד מתוך המעגל, והדגם את חוק המתחים של קירכהוף

שאלה 12

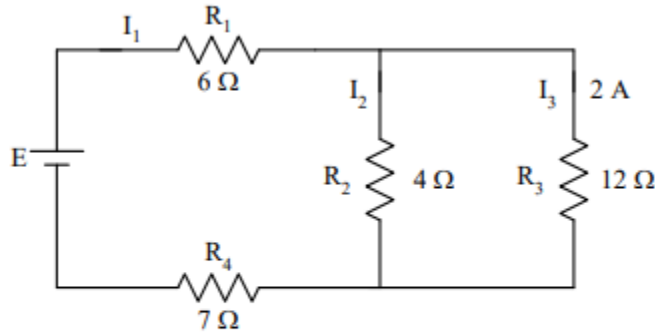
באיור לשאלה, נתון תרשים של מעגל חשמלי, שבו נמדד מתח $5V$ על-פני הנגד R_1 .



- חשב את המתח בין הנקודות $A - B$.
- חשב את הזרם I_3 .
- הראה על-ידי חישוב, כי ההספק הכולל של מקורות המתח שווה לסכום ההספקים הנצרכים על-ידי הנגדים במעגל.

שאלה 13

באיור לשאלה, נתון תרשים של מעגל חשמלי.



א. חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל.

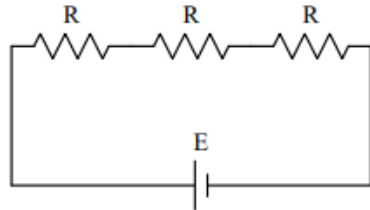
ב. חשב את הזרם I_1

ג. חשב את מתח המקור האידיאלי E.

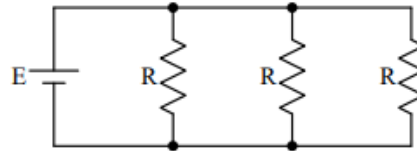
שאלה 14

באיור לשאלה, נתונים ארבעה תרשימי מעגלים.

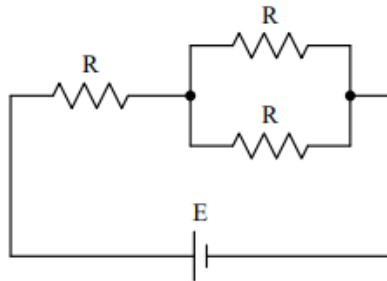
בכל המעגלים, ההתנגדויות זהות ושוות ל- 120Ω , ומתח המקור שווה ל- $30V$.



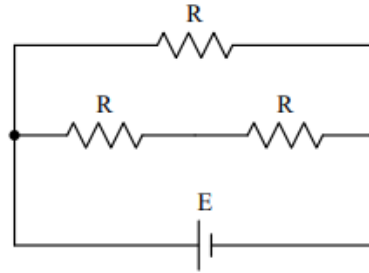
מעגל ב'



מעגל א'



מעגל ד'

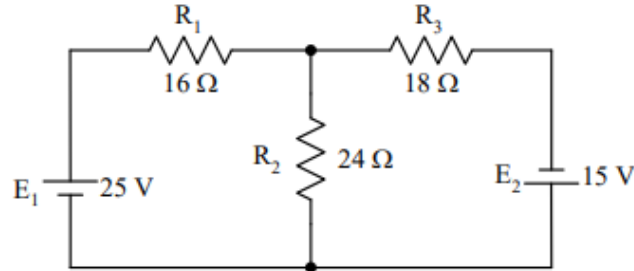


מעגל ג'

- באיזה מבין המעגלים כל הנגדים צורכים את אותו ההספק. נמק את תשובתך.
- חשב את ההתנגדות השקולה בכל אחד מן המעגלים.
- מצא, איזה מבין המעגלים הבאים, צורך את ההספק הגבוה ביותר, וחשב את ערכו.

שאלה 15

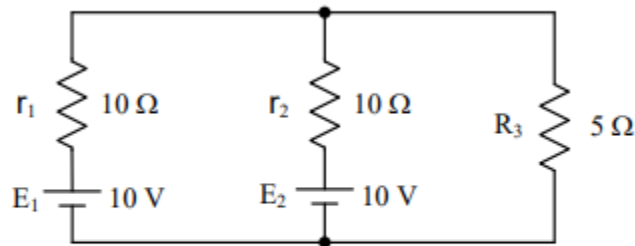
באיור לשאלה, נתון תרשים של מעגל חשמלי הכולל מקורות מתח אידיאליים.



- חשב את המתח על הנגד R_3 .
- חשב את הזרם בנגד R_2 .
- בחר חוג אחד מתוך המעגל, והדגם את חוק המתחים של קירכהוף.

שאלה 16

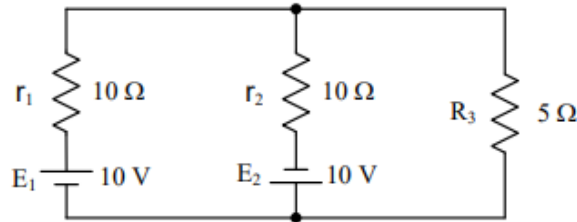
באיור לשאלה, נתון תרשים של מעגל חשמלי.



- חשב את המתח על הנגד R_3 .
- חשב את הזרם דרך כל אחד ממקורות המתח.

שאלה 17

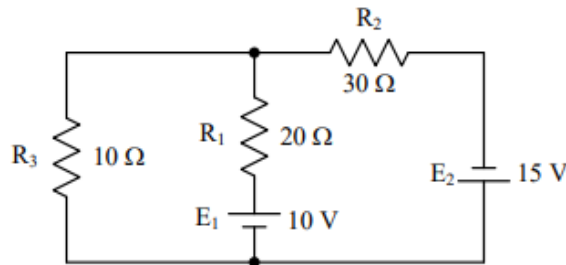
באיור לשאלה, נתון תרשים של מעגל חשמלי.



- חשב את המתח על הנגד R_3 .
- חשב את הזרם דרך כל אחד ממקורות המתח.

שאלה 18

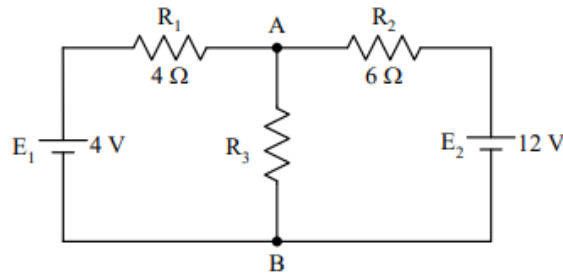
באיור לשאלה, נתון תרשים של מעגל חשמלי.



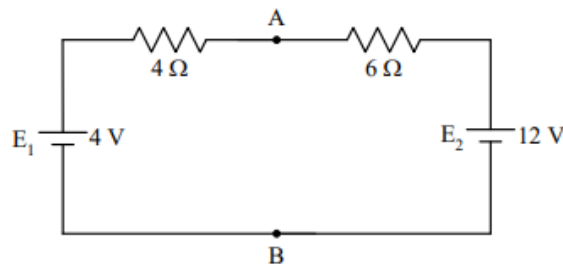
- חשב את המתח על הנגד R_1 .
- חשב את הזרם בנגד R_3 .

שאלה 19

באיור לשאלה, נתון תרשים של מעגל חשמלי.
 במעגל זה, נמדד מתח של $3.6V$ בין הנקודות $A-B$.



- חשב את הזרם בנגד R_1 , וציין את כיוונו.
- (1) חשב את הזרם בנגד R_3 , וציין את כיוונו.
 (2) חשב את הנגד R_3
- כעת, מנתקים את הנגד R_3 , כמתואר באיור.



חשב את המתח בין הנקודות $A-B$ במצב זה.