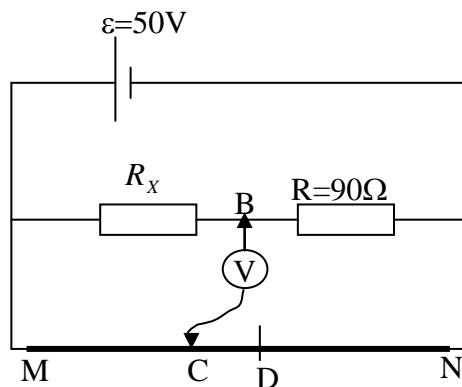


מעגלי זרם – תרגילי חזרה

שאלה ראשונה

בתרשים שלפניכם מתואר מעגל חשמלי, הכולל מקור מתח שהכא"מ שלו $\varepsilon = 50V$ והתנגדות הפנימית זניחה, ותיל מוליך אחיד MN באורך 50 ס"מ שהתנגדותו 100Ω . המעגל כולל גם נגד R שהתנגדותו 90Ω , נגד R_x שהתנגדותו אינה ידועה וגם וולטמטר אידיאלי. הוולטמטר מחובר לתיל MN באמצעות תיל מוליך, כך שאפשר להזיז את נקודת המגע ביניהם.

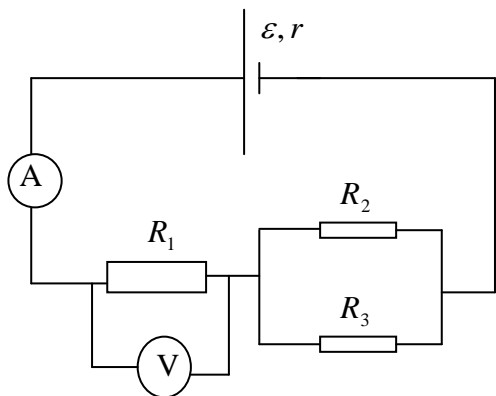


תלמידה חיברה את הוולטמטר בין הנקודות B ו-C, ומצאה שכאשר נקודות המגע מרוחקת מרחק של $MC = 20\text{cm}$ הוולטמטר מראה הפרש פוטנציאלים של 0.

- מהו הפרש הפוטנציאלים על הנגד R ? (5 נק')
- מהי עוצמת הזרם העובר בנגד R ? (2 נק')
- מצאו את התנגדות הנגד R_x . (3 נק')
- שרטטו גרף של המתח V , שיראה הוולטמטר, כפונקציה של המרחק x שבין נקודת המגע לנקודה M. (7 נק')
- התלמידה העבירה את נקודת המגע מהנקודה C לנקודה D, הנמצאת באמצע התיל MN. מהי קריאת המתח בוולטמטר? הסבירו. (3 נק')

שאלה שנייה

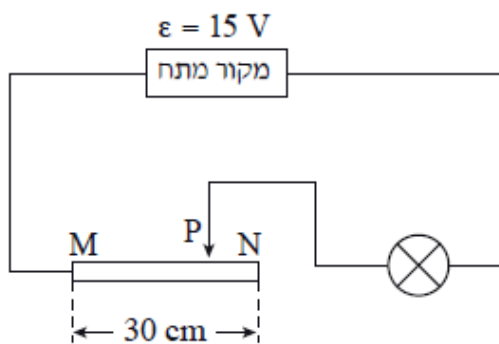
בתרשים שלפניכם/ מתואר מעגל חשמלי. למקור מתח כא"מ של $\varepsilon = 12V$ והתנגדותו הפנימית $r = 1\Omega$. במעגל שלושה נגדים, שהתנגדותם $R_1 = 5\Omega$, $R_2 = 3\Omega$, $R_3 = 6\Omega$ ושני מכשירי המדידה אידיאליים.



- חשבו את ההתנגדות השקולה של כל המעגל. (4 נק')
- חשבו את הזרם שהאמפרמטר מראה. (3 נק')
- חשבו את הזרם דרך הנגדים R_2 ו- R_3 . (5 נק')
- חשבו את המתח שהוולטמטר מראה. (3 נק')
- אם יקטינו התנגדותו של הנגד R_2 , האם עוצמת הזרם שיראה האמפרמטר תהיה גדולה יותר, קטנה יותר, או לא תשתנה? הסבירו. (5 נק')

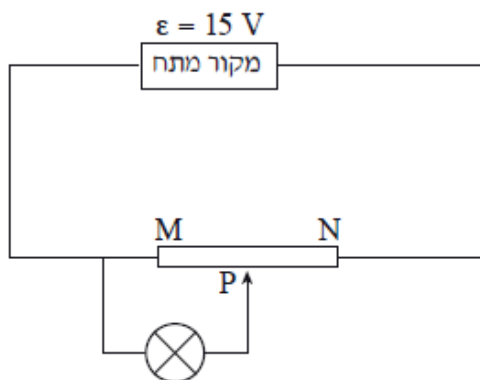
שאלה פיזית (בארות 2009)

- ביקשו מנורית ואיתן לבנות מעגל חשמלי שיאפשר שינוי של עוצמת הזרם דרך נורה (ועל ידי כך שינוי עוצמת האור שהנורה פולטת). כל אחד מהם בנה את המעגל החשמלי מהרכיבים האלה:
- מקור מתח שהכא"מ שלו $\varepsilon = 15 V$ והתנגדותו הפנימית ניתנת להזנחה
 - נורה שרשום עליה $12 V$; $24 W$
 - נגד משתנה אחיד, MN, שהתנגדותו המרבית 12Ω ואורכו 30 cm
- איתן בנה את המעגל החשמלי המתואר בתרשים א.



תרשים א

- חשב את המרחק בין הקצה M של הנגד המשתנה ובין המגע הנייד P, כאשר הנורה מאירה באורה המלא.
- איתן הזיז את המגע הנייד P לכיוון קצה N (ביחס למצב המתואר בסעיף א). איך תשפיע ההזזה על עוצמת האור של הנורה? נמק את תשובתך. נורית בנתה את המעגל החשמלי המתואר בתרשים ב.

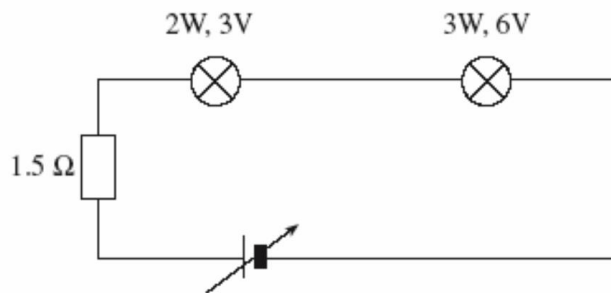


תרשים ב

- ג. נורית הציבה את המגע הנייד P באמצע הנגד המשתנה (ראה תרשים ב). איזה משלושת המצבים i-iii המתוארים להלן יתרחש?
- הנורה תאיר באורה המלא.
 - הנורה תאיר בעוצמת אור נמוכה מאורה המלא.
 - הזרם דרך הנורה יהיה גבוה מהזרם המתאים לעוצמת האור המלא, והנורה עלולה "להשרף". נמק את קביעתך.
- ד. באיזה משני המעגלים החשמליים - זה המתואר בתרשים א או זה המתואר בתרשים ב - אפשר להקטין ברציפות את עוצמת האור של הנורה עד שתכבה לחלוטין? הסבר.
- ה. שני המעגלים החשמליים מופעלים כך שבכל אחד מהם הנורה מאירה באורה המלא. איזה משני המעגלים החשמליים חסכוני יותר (כלומר באיזה משני המעגלים החשמליים ההספק של מקור המתח קטן יותר)? נמק. תוכל לענות על סעיף זה במילים, בלי חישוב.

אגה רביצית (בכרות 2000)

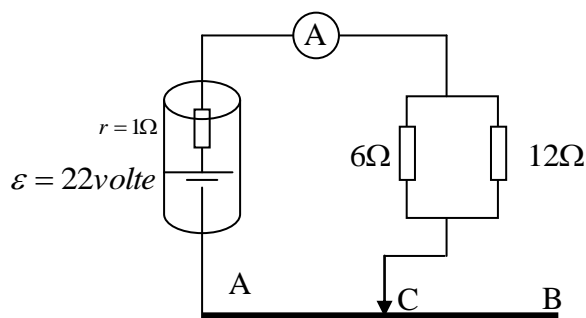
- ד. התלמיד הגיע למסקנה כי אם יחבר נגד במקביל לאחת הנורות, יוכל להגדיל את מתח הספק, וכך תגדל גם עוצמת האור עד שבכל נורה יתפתח ההספק הרשום עליה. היכן יש לחבר את הנגד? **הסבר**. ($8\frac{1}{3}$ נקודות)
- תלמיד קיבל שתי נורות חשמליות שעל האחת כתוב: 2W, 3V ועל האחרת כתובת: 3W, 6V. א. חשב את הזרם המקסימלי שיכול לעבור דרך כל אחת מהנורות. (6 נקודות)
- ב. התלמיד חיבר את הנורות בטור לספק, שהמתח שלו ניתן לשינוי, ולנגד של 1.5Ω . (ראה תרשים).



- התנגדות התילים במעגל זניחה. המתח של הספק נקבע כך שהנורות מפיקות את עוצמת האור המקסימלית האפשרית בחיבור זה בלי לחרוג מהגבלת המתח (וההספק) על כל אחת מהן. רק באחת הנורות מתפתח ההספק שרשום עלה. באיזו נורה מתפתח הספק קטן מן הרשום עליה? **הסבר**. (9 נקודות)
- ג. חשב את המתח בין ההדקים של הספק במצב המתואר בסעיף ב. (10 נקודות)

שאלה חמישית

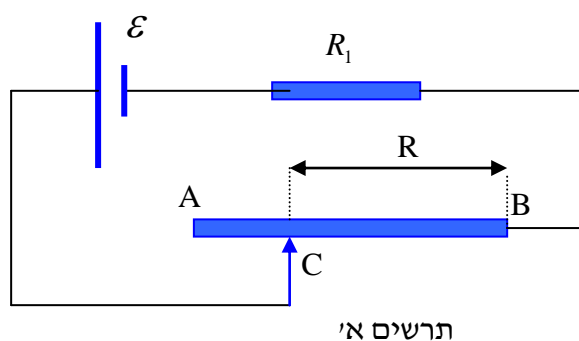
בתרשים שלפניך מתואר מעגל חשמלי שערכי הנגדים והמקור נתונים. מחברים למעגל אמפרמטר אידיאלי. במעגל קיים חוט AB שהתנגדותו הכוללת 12Ω , ואורכו 2 מטר, שטח חתכו 4mm^2 . ניתן לשנות את הנגדות הנגד ע"י הזזת המגע הנייד C.



- א. חשבו את התנגדות הכוללת של המעגל כאשר המגע הנייד C נמצא באמצע הקטע AB. (4 נק')
- ב. חשבו את הזרם במעגל במקרה זה. (3 נק')
- ג. מה יקרה לזרם במידה ונזיז את המגע הנייד ימינה? נמקו. (4 נק')
- ד. האם בהזזת המגע הנייד ימינה מתח ההדקים של הסוללה קטן, גדל או לא ישתנה? נמקו. (4 נק')
- ה. חשבו את ההתנגדות הסגולית של חוט AB. (5 נק')
- ו. מה ההספק המופק ע"י הסוללה? (5 נק')

שאלה שישית

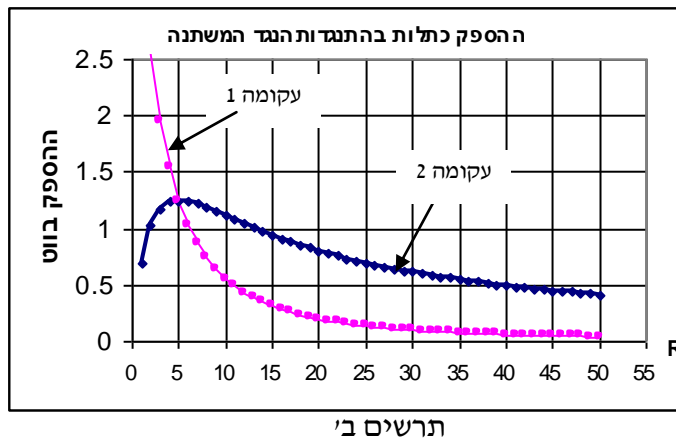
תלמיד בנה את המעגל החשמלי המוצג בתרשים א, הכולל מקור מתח שהכא"מ שלו ε והתנגדות הפנימית ניתנת להזנחה, נגד שהתנגדותו R_1 , נגד משתנה AB ומגע נייד C. התנגדותו של החלק CB (הנגד המשתנה) מסומנת ב-R בתרשים א'. התלמיד הסיט את המגע הנייד C לנקודות שונות לאורך הנגד המשתנה AB, ובכל פעם מדד את ההתנגדות R.



א. העתיקו את תרשים א' והוסיפו לו מד זרם (או מדי זרם) ומד מתח (או מדי מתח), כך שבעזרת הנתונים שנמדדים באמצעותם אפשר יהיה לחשב את ההספק בנגד שהתנגדותו R_1 , ואת ההספק בקטע CB של הנגד המשתנה R. (4 נק')

ב. הוכיחו כי ההספק P בקטע CB של הנגד המשתנה נתון ע"י הקשר $P = \frac{\varepsilon^2 R}{(R + R_1)^2}$. (7 נק')

על פי תוצאות המדידה שרטט התלמיד שתי עקומות: עקומה 1, ו עקומה 2 (כמראה בתרשים ב'). אחת העקומות מתארת את ההספק בנגד שהתנגדותו R_1 כפונקציה של R, והעקומה האחרת מתארת את ההספק בקטע CB של הנגד המשתנה כפונקציה של R.



- ג. איזו עקומה מתארת את ההספק בנגד שהתנגדותו R_1 ואיזו עקומה מתארת את ההספק בקטע CB של הנגד המשתנה? נמקו. (5 נק')
- ד. מצאו את R_1 בעזרת שעורי נקודת החיתוך של עקומה 1 ועקומה 2. (4 נק')
- ה. חשבו את הכא"מ ε של מקור המתח. (5 נק')

פתרונות

אלף ראשונה

א. המתח על הקטע MC שווה ל- $\frac{2}{5}$ מהמתח על החוט MN. המתח על כל החוט שווה ל- 50 לכן וולט לכן

המתח MC שווה ל- 20 וולט המתח על CN שווה ל- 30 וולט. המתח על R שווה ל- 30 וולט. R מחובר לקטע החוט CN במקביל.

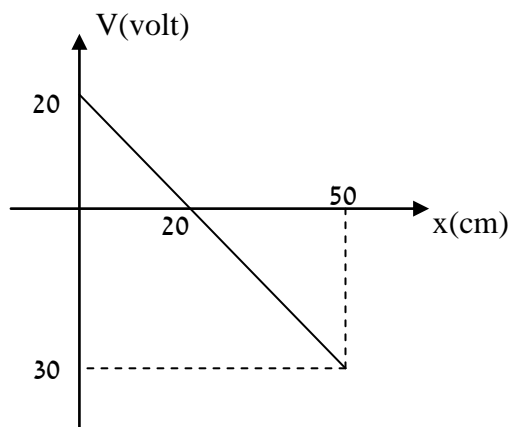
ב. עוצמת הזרם העובר ב- R שווה ל-

$$I_1 = \frac{V_{CN}}{R} = \frac{30}{90} = \frac{1}{3} A$$

ג. המתח על הנגד R_x שווה למתח על החוט MC (חיבור מקבילי) לכן ההתנגדות של הנגד שווה ל-

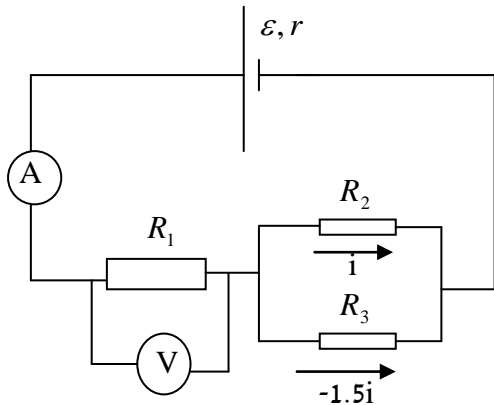
$$R_x = \frac{V_{MC}}{I_1} = 20 \div \frac{1}{3} = 60 \Omega$$

ד. נקודת המגע בנקודה C שווה ל- 0 נקודה M נמצאת במתח גבוה יותר ב- 20 וולט ונקודה N נמצאת 30 וולט נמוך יותר.



א. הפוטנציאל של הנקודה B שווה ל- 20 וולט. הפוטנציאל של הנקודה C שווה ל- 25 וולט לכן מד המתח מראה מתח של -5 volt

אזהרת פנייה



א. מציאת ההתנגדות השקולה של המעגל:
 התנגדות הנגדים R_2 ו- R_3 :

$$\frac{1}{R_{2,3}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{3} = \frac{1}{2}$$

$$R_{2,3} = 2\Omega$$

$$R_T = R_{2,3} + R_1 + r = 2 + 5 + 1$$

$$R_T = 8\Omega$$

ב. הזרם שמוראה האמפרמטר:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_T} = \frac{12}{8} = 1.5A$$

ג. נחשב את הזרם על הנגדים R_2 ו- R_3 . המתח במקביל שווה לכן נקבל:

$$I \cdot R_2 = (1.5 - I) \cdot R_3$$

$$3I = (1.5 - i) \cdot 6$$

$$9I = 9$$

$$I = 1A$$

הזרם על הנגד R_2 שווה ל- $1A$ ועל הנגד R_3 שווה ל- $0.5A$.

ד. הוולטמטר מראה את המתח על נגד R_1 . הזרם דרכו שווה ל- $1.5A$. לכן המתח הנופל על הנגד שווה למתח על הוולטמטר מכיוון שהם מחוברים במקביל והוא מורה על מתח של:

$$V = I \cdot R_1 = 1.5 \cdot 5 =$$

$$V = 7.5V$$

ה. במידה ונקטין את התנגדותו של R_2 ההתנגדות של שני הנגדים המחברים במקביל תקטן והתנגדות הכוללת של המעגל תקטן גם היא, לכן הזרם במעגל יגדל והזרם שמורה האמפרמטר הוא הזרם במעגל.

עוצמל הזרם לרל הנורה הל מלללל מעוצמל הזרם במעגל (כל הלנגלללל שווה להלנגלללל של הנגד R_2 המחובר אליה במקביל), כלומר עוצמל הזרם לרל הנורה: $I_L = \frac{5}{3} A$; $2 = \frac{5}{6} A$.
 עוצמל הזרם המרבי לרל הנורה, לפל סעלל א, הל 2A. המסקנה הל שהנורה תליר בעוצמל אור נמוכה מלורה המלל. הלשובל הנכונה הל ll.

ד. **במעגל המתואר בתרשים ב.** כדי שהנורה תככה לחלוטין, המתח עליה לרל להיות 0. בחיבור א אי-אפשר להגיע למצב זה במללללל הזול המגע הנלד, אלל רק אם מנתקים אותו. לכן אי-אפשר להגיע לכיבוי מוחלט בלופן רלל. בתרשים ב אפשר להגיע למצב זה במללללל הזול המגע הנלד בלופן רלל מ-N ל-M. כשהמגע הנלד נקודה M, הנורה ככילה.

ה. **מעגל א חסכוני יותר.** ככל שזרם לרל מקור מתח נמוך יותר, המעגל חסכוני יותר. במעגל א הזרם לרל הסוללה שווה לזרם לרל הנורה. במעגל ב הזרם לרל הסוללה גדול יותר מהזרם לרל הנורה.

א. הזרם המרבי שכול לזרם לרל הנורה

$$P = IV$$

$$I = \frac{P}{V}; I = \frac{24}{12} = 2A$$

במצב של זרם מרבי, המתח על הנגד המשתנה הוא

$$V = \epsilon - V_1 = 15 - 12 = 3V$$

הללנגלללל של הנגד המשתנה, במצב זה

$$R_1 = \frac{V}{I} = \frac{3}{2} = 1.5 \Omega$$

הללנגלללל ליחלדל אורך של הנגד המשתנה

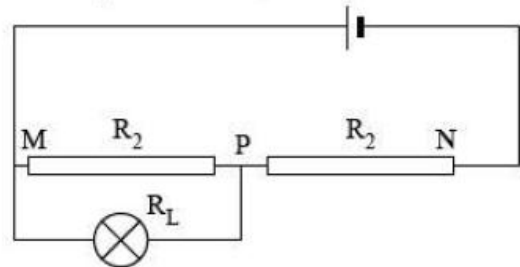
$$\lambda = \frac{R}{L} = \frac{12}{30} = 0.4 \frac{\Omega}{cm}$$

לכן הלורך של הקטע MP של הנגד המשתנה:

$$\ell = \frac{R_1}{\lambda} = \frac{1.5}{0.4} = 3.75 cm$$

ב. **עוצמל האור שהנורה פולטת תקטן.** הסבר: הזול המגע הנלד מגללה אל חלק הנגד המחובר במעגל, ולכן גדלה גם הללנגלללל המחוברת במעגל ועוצמל הזרם תקטן. זה גורם להקטנת עוצמל האור שהנורה פולטת.

ג. **יתרחש מצב ll.** הסבר: כשנקודת המגע נמצאת במרכז הנגד המשתנה, המעגל נראה כך:



הללנגלללל R_L של הנורה:

$$R_L = \frac{V}{I} = \frac{12}{2} = 6 \Omega$$

$$R_2 = \frac{1}{2} R_{MN} = 6 \Omega$$

חשוב הללנגלללל השקולה של המעגל:

$$R_T = \frac{R_L \cdot R_2}{R_L + R_2} + R_2 = \frac{6 \cdot 6}{6 + 6} + 6$$

$$R_T = 9 \Omega$$

עוצמל הזרם במעגל:

$$I = \frac{\epsilon}{R_T} = \frac{15}{9} = \frac{5}{3} A$$

$$P = VI \Rightarrow I = \frac{P}{V} \quad \text{א.}$$

הזרם המקסימלי דרך הנורה 2W, 3V

$$I = \frac{2}{3} \approx 0.67 \text{ A}$$

הזרם המקסימלי דרך הנורה 3W, 6V

$$I = \frac{3}{6} \approx 0.5 \text{ A}$$

ב. אם אין חריגה מההספק הרשום, סימן שהזרם במעגל היה 0.5 A. מכאן שבנורה שרשום עליה 2W, 3V, התפתח הספק שקטן מהרשום עליה.

$$P = \frac{V^2}{R} \quad \text{ג.}$$

לכן התנגדות הנורה של 2W היא:

$$R_1 = \frac{V^2}{P} = \frac{3^2}{2} = 4.5 \Omega$$

התנגדות הנורה של 3W היא:

$$R_2 = \frac{V^2}{P} = \frac{6^2}{3} = 12 \Omega$$

המתח בקצות הנורה של 2W במעגל החשמלי המתואר:

$$V_1 = IR_1 = 0.5 \cdot 4.5 = 2.25 \text{ V}$$

המתח בקצות הנורה של 3W במעגל החשמלי המתואר:

$$V_2 = IR_2 = 0.5 \cdot 12 = 6 \text{ V}$$

(למעשה החישוב של V_2 אינו נדרש).

המתח בקצות הנורה:

$$V_3 = IR = 0.5 \cdot 1.5 = 0.75 \text{ V}$$

מתח ההדקים:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = 2.25 + 6 + 0.75$$

$$\boxed{V = 9 \text{ V}}$$

ד. יש לחבר את הנגד במקביל לנורה שרשום עליה 3W, 6V כי אז ניתן להזרים במעגל זרם של 0.67 A.

זרם זה יגרום לנורה שרשום עליה 2W, 3V להאיר באורה המלא.

מאחר שנורה, שרשום עליה 3W, 6V, מחוברת במקביל לנגד, הזרם יכול להתחלק בין הנגד לנורה כך שדרך הנורה יעבור 0.5 A, וגם היא תאיר באורה המלא.

אזנה חמישית

א. ההתנגדות השקולה כאשר המגע C מחובר לאמצע החוט:

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{12} + \frac{1}{6} \implies R' = 4\Omega$$

$$R_T = 4 + 6 + 1 = 11\Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_T} = \frac{22}{11} = 2A \quad \text{ב.}$$

ג. בהזזת המגע ימינה נגדיל את ההתנגדות של המעגל לכן הזרם במעגל יקטן.

ד. מתח ההדקים יגדל מכיוון שהזרם קטן והמתח הנופל על הנגד הפנימי קטן לכן מתח ההדקים גדל. ניתן

$$\text{להסביר בדרך נוספת ע"י שימוש בנוסחה } V = \varepsilon - ir.$$

ה. ההתנגדות הסגולית:

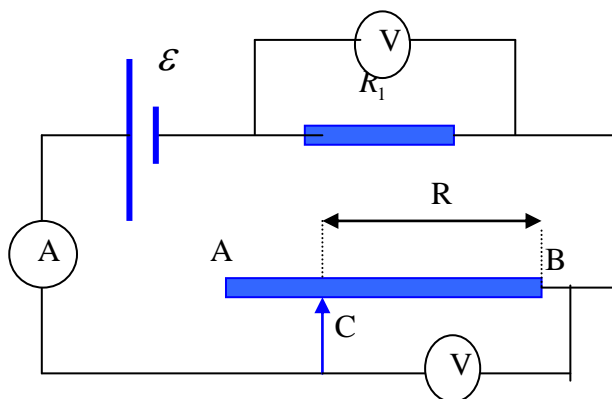
$$R = \frac{\rho L}{A} \implies \rho = \frac{RA}{L} = \frac{12 \cdot 4 \cdot 10^{-6}}{2} = \rho = 2.4 \cdot 10^{-5} \Omega \cdot m$$

ו. הספק המופק ע"י הסוללה:

$$P = \varepsilon \cdot I = 22 \cdot 2 = 44W$$

אזנה שישית

א. יש לחבר על כל נגד וולט מטר במקביל, ואמפר מטר בטור. ראה תרשים:



ב. ההתנגדות המעגל: $R_T = R + R_1$. הזרם במעגל $I = \frac{\varepsilon}{R + R_1}$.

הספק על הנגד המשתנה:

$$P = I^2 \cdot R = \frac{\varepsilon^2 R}{(R + R_1)^2}$$

ג. עקומה 1 שייכת לנגד המשתנה הפונקציה שפותחה בסעיף הקודם היא פונקציה בעלת מקסימום מקומי לעומת זאת לגבי הנגד הקבוע R_1 הזרם הולך וקטן לכן ההספק על הנגד R_1 ילך ויקטן לכן עקומה 2 שייכת לנגד הקבוע.

ד. ההספק על הנגד הקבוע שווה ל- $P = I^2 \cdot R = \frac{\varepsilon^2 R_1}{(R + R_1)^2}$ נשווה את המשוואות ונקבל:

$$P = I^2 \cdot R = \frac{\varepsilon^2 R_1}{(R + R_1)^2} = \frac{\varepsilon^2 R}{(R + R_1)^2}$$

$$R_1 = R$$

על פי הגרף ההתנגדות המשתנה שווה ל- 5 אוהם לכן: $R_1 = R = 5\Omega$

ה. והספק שווה ל- 1.25 ווט. נציב את התנגדות הנגדים ואת ההספק ונקבל את הכא"מ.

$$P = I^2 \cdot R = \frac{\varepsilon^2 R_1}{(R + R_1)^2}$$

$$1.25 = \frac{\varepsilon^2 \cdot 5}{(5 + 5)^2}$$

$$\varepsilon = 5V$$