

תרגול 7 בפיסיקה ב' לביולוגים

התנגדות - ההתנגדות של נגד תלוייה בהתנגדות הסגולית של החומר ממנו מורכב הנגד המסומנת ב- ρ ובמימדיו הגאומטריים לפי:

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

כאשר A הוא שטח הנגד, l הוא אורך הנגד ו- ρ היא ההתנגדות הסגולית של החומר. התנגדות נמדדת באוהם $[\Omega]$.

חוק אוהם - הקשר בין המתח V ההתנגדות R והזרם I על קבל ניתן על ידי הנוסחה:

$$R = \frac{V}{I}$$

זרם חשמלי - זרם חשמלי הוא תנועה מכוונת (בכיוון מסויים) של מטענים חשמליים. כיוון הזרם מוגדר להיות הכיוון שבו נעים מטענים חיוביים (מבחינות היסטוריות) כלומר כיוון הזרם החשמלי הוא מכיוון גבוהה לנמוך. כמות הזרם החשמלי היא כמות המטען החשמלי העובר במוליך ביחידת זמן:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

הזרם החשמלי נמדד ביחידות של אמפר $[A]$. 1 אמפר הוא הזרם הזורם במוליך כאשר מטען של 1 קולון עובר בו במשך שניה.

הקשר בין הזרם ובין מהירות התנועה (מהירות הסחיפה) של מטענים חשמליים הוא:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = nqSv$$

כאשר n הוא מספר המטענים ביחידת נפח, q הוא המטען, S הוא שטח החתך של המוליך ו- v היא מהירות הסחיפה.

הספק חשמלי (חוק ג'אול) - כאשר מטען עובר דרך גוף בעל התנגדות הוא מאבד אנרגיה (פוטנציאלית) העוברת לנגד עצמו (בדרך כללהאנרגיה הנכנסת לנגד נפלטת חום). כמות האנרגיה שמתקבלת (נפלטת) ביחידת זמן נקראת הספק.

הספק חשמלי ניתן לפי הנוסחה:

$$P = \frac{E_p}{t} = \frac{Uq}{t} = UI \Rightarrow P = UI$$

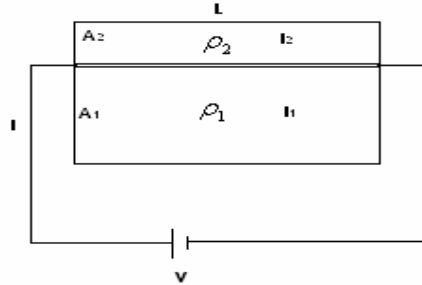
כלומר כמות האנרגיה העוברת לנגד ביחידת זמן שווה למכפלת המתח עליו בזרם העובר דרכו. אם נשתמש בחוק אוהם נוכל לכתוב:

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

ההספק נמדד בוואט $[W]$ כאשר זרם בנגד זרם של 1 אמפר ונפול עליו מתח של 1 וולט ההספק שהנגד מקבל הוא 1 וואט.

תרגילים:

1) נתונות 2 שכבות מוליכות בעלות התנגדויות סגוליות ρ_1 ו- ρ_2 , שטחי חתך A_1 ו- A_2 ואורך L .
השכבות מוברות לאותו המתח V . מהי ההתנגדות השקולה של 2 השכבות (בהנחה שאין זרם משכבה אחת לשנייה)? מהו היחס בין הזרמים של ככל אחד מהנגדים? מהו היחס בין הזרמים בכל אחד מהנגדים לבין הזרם הכולל בנגד השקול?



פתרון:

אנו יודעים כי המתח על 2 הנגדים זהה ולכן לפי חוק אוהם:

$$V = V_1 = V_2 \Rightarrow I_1 R_1 = I_2 R_2 \Rightarrow I_1 \cdot \rho_1 \frac{A_1}{L} = I_2 \cdot \rho_2 \frac{A_2}{L}$$

ולכן היחס בין הזרמים הוא:

$$I_1 R_1 = I_2 R_2 \Rightarrow I_1 = \frac{R_2}{R_1} I_2$$

הזרם הכולל העובר במערכת הוא:

$$I = I_1 + I_2 = \frac{R_2}{R_1} I_2 + I_2 = \frac{R_2 + R_1}{R_1} I_2$$

אנו מעוניינים למצוא את הנגד השקול למערכת הנגדים שלנו ולשם כך נשתמש בחוק אוהם כאשר אנו יודעים שדרך הנגד השקול עובר זרם I כאשר יש עליו מתח V כלומר:

$$R_{eq} = \frac{V}{I} = \frac{R_2 I_2}{\frac{R_2 + R_1}{R_1} I_2} = \frac{R_2 R_1}{R_2 + R_1}$$

הזרם בכל אחד מהנגדים ביחס לזרם הכולל הוא:

$$I = I_1 + I_2 = \frac{R_2}{R_1} I_2 + I_2 = \frac{R_2 + R_1}{R_1} I_2 \Rightarrow I_2 = \frac{R_1}{R_2 + R_1} I$$

ולכן הזרם בנגד 1 הוא:

$$I_1 = I - I_2 = \frac{R_2 + R_1}{R_1} I_2 - I_2 = \frac{R_2}{R_1} I_2 = \frac{R_2}{R_2 + R_1} I$$

יש לשים לב כי הזרם בכל אחד מהנגדים ביחס לזרם הראשי הוא כיחס ההתנגדות של הנגד דרכו הוא עובר ביחס להתנגדות הכללית.

למעשה מצאנו כאן נוסחה לנגד השקול עבור מערכת של 2 נגדים המחוברים במקביל:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

עבור מערכת של N נגדים המחוברים במקביל הנוסחה היא:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N}$$

תרגיל 1:

מזי מהירות המטענים במוליך מנחושת בעל שטח חתך של 1 מילימטר בריבוע הנושא זרם של 200 [A] אם מספר האלקטרונים החופשיים בנחושת ל- 1 m^3 הוא $8.5 \cdot 10^{28}$?

פתרון:

נשתמש בנוסחה: $I = nqSv \Rightarrow v = \frac{I}{nqS}$ ונציב את הנתונים:

$$v = \frac{I}{nqS} = \frac{200}{8.5 \cdot 10^{28} \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{-6}} = 0.0147 \left[\frac{\text{m}}{\text{sec}} \right]$$

לשים לב שהמטען ניקח בערך מוזלט. המהירות המתקבלת נמוכה ביותר.

תרגיל 2:

נגד של 50 אוהם נמצא בהפרש פוטנציאליים של 24 וולט.

- מהי כמות המטען העוברת בנגד בשניה?
- מהי כמות האנרגיה שהנגד מקבל מהמעגל כל שניה?
- מהו ההספק ההופך לחום בנגד?

פתרון:

א. לפי חוק אוהם:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{24}{50} = 0.48 [A]$$

ומאחר ואנו יודעים כי $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ אזי:

$$\Delta q = I \cdot \Delta t = 0.48 \cdot 1 = 0.48 [C]$$

ב. האנרגיה שהנגד לוקח מהמעגל בכל שניה היא כמות המטען עוברת ביחידת הזמן המדוברת (במקרה זה שניה) כפול כמות הפרש הפוטנציאליים שדרכו הם עוברים, במקרה שלנו:

$$E_p = qU = 0.48 \cdot 24 = 11.52 [J]$$

ג. ההספק שהופך לנגד בחום הוא כמות האנרגיה שהנגד מקבל מהמעגל. נוכיח זאת חישובית:

$$P = \frac{E_p}{t} = \frac{Uq}{t} = \frac{24 \cdot 0.48}{1} = 11.52 [W]$$

$$P = UI = 24 \cdot 0.48 = 11.52 [W]$$

$$P = I^2 R = (0.48)^2 \cdot 50 = 11.52$$

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{(24)^2}{50} = 11.52 [W]$$