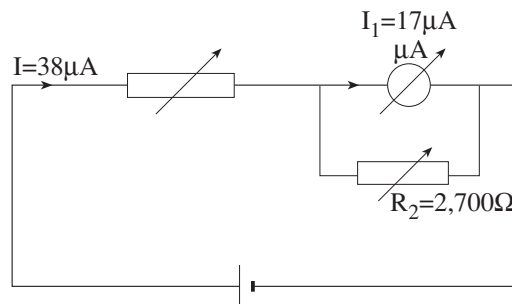


## חקר 21: שינוי תחום מדידה של מיקרו-אמפרמטר תוצאות של מדידות, ותשובות לשאלות

1. כאשר התנגדות תיבת הנגדים הורדה ל-  $33 \text{ k}\Omega$  הוריית המיקרו-אמפרמטר עלתה ל-  $I = 38 \mu\text{A}$ .
2. ג. כאשר התנגדות תיבת הנגדים המחוברת במקביל למיקרו-אמפרמטר היתה  $R_2 = 2,700 \Omega$ , הוריית המילי-אמפרמטר היתה  $I_1 = 17 \mu\text{A}$ .
3. התנגדות תיבת הנגדים גדולה מאוד ביחס להתנגדות המיקרו-אמפרמטר המחובר אליה בטור. ההתנגדות השקולה של המיקרו-אמפרמטר עם תיבת הנגדים המחוברת אליו במקביל קטנה מהתנגדות המיקרו-אמפרמטר. הוספת תיבת הנגדים במקביל למיקרו-אמפרמטר גורמת להגדלה מסוימת בעוצמת הזרם, אך התוספת אינה משמעותית, ובקירוב ניתנת להזנחה.
4. א. המעגל החשמלי מתואר בתרשים 3.



תרשים 3

- ב. נסמן באות  $R_A$  את התנגדות המיקרו-אמפרמטר, ובאות  $I_2$  את הזרם העובר בתיבת הנגדים המחוברת במקביל למיקרו-אמפרמטר.

$$I_2 \approx I - I_1 = 38 \mu\text{A} - 17 \mu\text{A} = 21 \mu\text{A}$$

$$\frac{R_A}{R_2} = \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow \frac{R_A}{2700} = \frac{21}{17} \Rightarrow R_A = 3350 \Omega$$

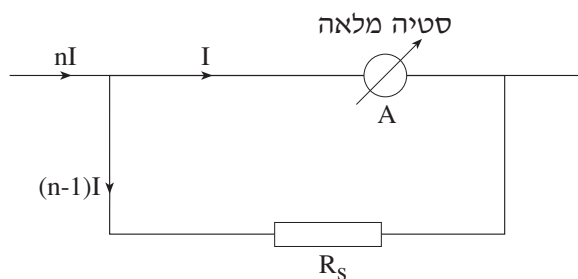
- ד. כדי שמד-זרם לא ישנה במידה משמעותית את הזרם שאותו הוא נועד למדוד, התנגדותו צריכה להיות קטנה מאוד ביחס להתנגדות רכיבים

אחרים המחוברים במעגל החשמלי. התנגדות המיקרו-אמפרמטר היא אמנם 3,350 אום. אולם משתמשים בו כאשר מדובר בזרמים מאוד נמוכים, של מיקרו-אמפרים. זרמים כה נמוכים מתקבלים לרוב במעגלים חשמליים שבהם ההתנגדות של הרכיבים גדולה מאוד, ואז התנגדות המיקרו-אמפרמטר קטנה ביחס להתנגדות רכיבים אלה.

5. סטייה מלאה של מחוג מד-הזרם מתקבלת כאשר מעבירים דרכו זרם שעוצמתו  $I$ , כמתואר בתרשים 4א. נניח עתה כי מחברים למד-הזרם נגד במקביל (מיצד) שהתנגדותו  $R_s$ , ומעבירים דרך מערכת מד-הזרם והמיצד זרם שעוצמתו  $nI$ , כך שדרך מד-הזרם עובר זרם  $I$ , הוא מראה סטייה מלאה, כמתואר בתרשים 4ב.



תרשים 4א



תרשים 4ב

נראה שהתנגדותו  $R_s$  צריכה להיות מבוטאת על-ידי קשר (1). ברור שדרך המיצד צריך לעבור זרם שעוצמתו  $(n-1)I$  (על-פי כלל הצומת). יחס הזרמים העוברים במד-הזרם ובמיצד צריך להיות הפוך ליחס התנגדויותיהם, כלומר:

$$\frac{R_A}{R_s} = \frac{(n-1)I}{I}$$

$$R_s = \frac{R_A}{n-1} \quad \text{מכאן:}$$

$$6. \quad R_s = \frac{R_A}{n-1} = \frac{3335}{1000-1} \approx 3.3 \Omega \quad \text{אום. כלומר יש לחבר מיצד שהתנגדותו 3.3}$$

7. א. השתמשנו בתיל שהתנגדותו 20 אום למטר, והצמדנו מצבטי תנין לקטע מן התיל שאורכו 16.5 ס"מ.

9. כאשר הוריית המילי-אמפרמטר היתה למשל 23 mA, הוריית המיקרו-אמפרמטר היתה  $20 \mu A$ , והדבר אומר, שעל-פי המיקרו-אמפרמטר עם המיצד, הזרם במעגל החשמלי הוא 20mA. תוצאה זו שווה בקירוב להוריית המילי-אמפרמטר.  
10. א. התנגדות המיקרו-אמפרמטר היא  $3350 \Omega$ . חיברנו אליה במקביל התנגדות בת  $3.3 \Omega$ . לכן ההתנגדות השקולה:

$$\cdot R_T = \frac{R_A \cdot R_s}{R_A + R_s} = \frac{3350 \cdot 3.3}{3350 + 3.3} \approx 3.3 \Omega$$

ב. במיקרו-אמפרמטר משתמשים בזרמים נמוכים מאוד (מיקרו-אמפרים). זרמים כה נמוכים עוברים במעגל חשמלי שבו ההתנגדות היא גדולה מאוד, לכן התנגדות המיקרו-אמפרמטר, למרות שהיא שווה ל-3,350 אום, תהיה קטנה ביחס להתנגדות זו.

התנגדות המילי-אמפרמטר נועדה למדוד זרמים גדולים יותר, שעוברים במעגלים בהם ההתנגדות אינה גדולה מאוד, והתנגדות של 3.3 אום תהיה קטנה ביחס אליהם.

11. כי ללא קשר להתנגדות תיבת הנגדים, לאחר החיבור שלה במקביל למיקרו-אמפרמטר, יעבור דרך המיקרו-אמפרמטר זרם **קטן** מאשר לפני חיבור תיבת הנגדים.