



המרכז הארצי למורי הפיזיקה

שם הניסוי: כא"מ, מתח הדקים והתנגדות פנימית

ניסוי מספר 2240

רמה א'

תיאור הניסוי

בניסוי זה נעמוד על הקשר שבין מתח ההדקים של סוללה והזרם החשמלי העובר דרכה. נבנה מעגל חשמלי טורי הכולל מקור מתח קבוע (מומלץ סוללה), נגד משתנה, מד מתח ומד זרם. בעזרת הגררה נשנה את התנגדות הנגד המשתנה מספר פעמים ובאמצעות מכשירי המדידה נמדוד את הזרם במעגל ואת מתח ההדקים של הסוללה. נבנה טבלה ובה עמודה של זרם ועמודה של מתח הדקים. נרשום את תוצאות המדידה של הזרם ושל המתח בטבלה ונשרטט גרף של מתח ההדקים כפונקציה של הזרם.

מטרת הניסוי

מציאת הקשר בין מתח ההדקים של סוללה לבין הזרם החשמלי העובר דרכה (במעגל טורי, הזרם במעגל הוא הזרם העובר דרך הסוללה).

מה מודדים בצורה ישירה?

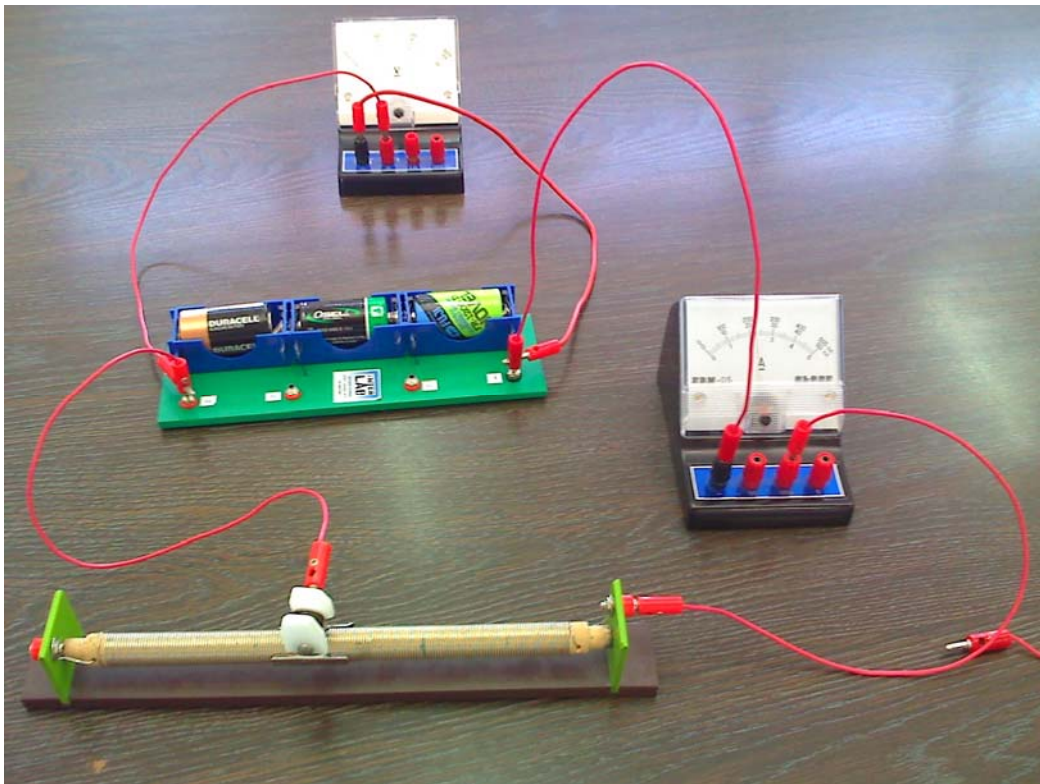
ננתק את גררת הנגד המשתנה ונקרא את הוראת הוולטמטר שהיא הכא"מ של הסוללה. נחבר את הגררה במצב של התנגדות מירבית ונמדוד את הזרם ואת מתח ההדקים במעגל בעזרת האמפרמטר. נקטין בהדרגה את התנגדות הנגד המשתנה ונרשום את ערכי הזרם ומתח ההדקים במצבים שונים.

מה מחשבים?

נשרטט גרף של מתח ההדקים כתלות בזרם וממנו נחשב את הכא"מ של הסוללה ואת התנגדותה הפנימית. מנקודת החיתוך של הגרף בציר מתח ההדקים נקבל את הכא"מ של הסוללה ומשיפוע הגרף את ההתנגדות הפנימית של הסוללה.

המרכז הארצי למורי הפיזיקה

צילום המערכת



הערה: בצילום מחוברות שלוש סוללות. את הניסוי הבסיסי יש לבצע עם סוללה אחת בלבד.
הסוללות הנוספות הן לביצוע ניסויי המשך.

המרכז הארצי למורי הפיזיקה

פירוט חלקי המערכת והמלצות טכניות

הרכיב	תמונת הרכיב	הוראות הפעלה והמלצות טכניות
בית סוללות+סוללות		מתקן שמאפשר להשתמש בסוללות ולחבר אותן בקלות
נגד משתנה		תייל מלופף שההתנגדות שלו 16 אוהם. ע"י שינוי מיקום הגררה אנו משנים את אורך הנגד הפעיל במעגל ובכך משנים את ההתנגדות שלו.
תיילים מוליכים		תיילים שהתנגדותם קטנה מאוד, בעזרתם ניתן לחבר בין רכיבי המערכת

המרכז הארצי למורי הפיזיקה

<p>מכשיר למדידת זרם. מחברים אותו בטור לענף שבו רוצים למדוד את הזרם. יש לשים לב לתחומי המדידה שלו שהם שלושה תחומים ולמדוד בתחום הקטן ביותר האפשרי. בתמונה מופיע אמפרמטר אנלוגי, אך ניתן להשתמש גם באמפרמטר דיגיטאלי.</p>		<p>אמפרמטר</p>
<p>מכשיר למדידת מתח. מחברים אותו במקביל לרכיב שאת המתח עליו רוצים למדוד, יש לו שלושה תחומי מדידה. מומלץ לחבר אותו לתחום המדידה הקטן ביותר האפשרי. בתמונה מופיע וולטמטר אנלוגי, אך ניתן להשתמש גם בוולטמטר דיגיטאלי.</p>		<p>וולטמטר</p>

הוראות להרכבת המערכת

- להכניס סוללה טרייה שרשום עליה 1.5V לבית הסוללות.
- בעזרת התילים המוליכים לחבר את הקצה השלילי של הסוללה לקוטב השלילי של האמפרמטר ואת הקוטב החיובי של האמפרמטר לחבר לקצה של הנגד המשתנה. את הגררה



המרכז הארצי למורי הפיזיקה

- הנמצאת על הנגד המשתנה לחבר לקצה החיובי של הסוללה. (חיבור כזה של הנגד המשתנה הוא חיבור ריאוסטטי).
- ג. אם משתמשים במד זרם אנלוגי, יש לחבר את האמפרמטר לתחום של 0-5A, לבדוק את קריאת האמפרמטר. אם יש זרם אז המעגל תקין. אם מד הזרם זז מעט מידי, יש לשנות את תחום המדידה ל 0-500mA. להיזהר שהמחוג לא יצא מחוץ לסקלה כדי לא לחבל במכשיר המדידה.
- ד. אם המחוג של מד הזרם האנלוגי סוטה בכוון השלילי, יש לשנות את כוון הזרם במעגל ע"י החלפת המיקום של התיילים המחוברים לבית הסוללות.
- ה. לחבר את הוולטמטר במקביל לסוללה ולדאוג לקוטביות כך שמינוס יחובר למינוס ופלוס יחובר לפלוס. כמו כן יש לבחור תחום לא גדול בהרבה מהכא"מ של סוללה טריה (1.5 וולט). באמפרמטר אנלוגי לבחור תחום של 0-3V.
- ו. אם מחוג הוולטמטר האנלוגי סוטה בכוון שלילי, צריך להחליף בין התיילים המחוברים לסוללה.
- ז. במקרה שאין זרם במעגל, כדאי לבצע אחת או יותר מן הפעולות הבאות: לבדוק את המגעים של תיילי החיבור, לסובב את הסוללה במקומה, לשפשף את המתכת שמחברת את הסוללה לבית הסוללות.

המרכז הארצי למורי הפיזיקה

רמה ב'

הפיזיקה עליה מתבסס הניסוי

מתח הדקים - זהו הפרש הפוטנציאלים בין הדקי הסוללה. בדרך כלל מסמנים ב V_{ab} ויחידותיו הן וולט (V).

התנגדות פנימית של סוללה - סימונה בדרך כלל r , יחידותיה הן אוהם (Ω).
לסוללה התנגדות פנימית שהיא חלק ממנה. התנגדות זו גורמת לבזבז פנימי של חלק מן האנרגיה שהסוללה מפיקה.

זרם חשמלי - זרם חשמלי מוגדר ככמות המטען העוברת בשטח החתך של חומר מוליך מסוים ביחידת זמן. סימונו הוא I , ויחידותיו הן אמפר (A).

כא"מ של סוללה - כא"מ זוהי האנרגיה ליחידת מטען שהסוללה מספקת, כלומר הכא"מ זו העבודה שמבצעת הסוללה בהעבירה יחידת מטען מההדק השלילי שלה להדק החיובי שלה.

פירוש המילה כא"מ הוא: כמות אנרגיה ליחידת מטען. סימונו הוא \mathcal{E} , ויחידותיו הן וולט (V).
תפקידה של הסוללה, שהיא מקור המתח, הוא לדאוג שיעברו מטענים לאורך המעגל החשמלי, והיא משמשת כמקור אנרגיה.

חוק אום - ההתנגדות החשמלית של מוליך מתכתי, שווה ליחס בין המתח בין קצותיו והזרם הזורם דרכו.

$$R = \frac{V}{I} = \text{קבוע}$$

R - התנגדות בין שתי הנקודות במעגל.

I - זרם חשמלי בין שתי הנקודות במעגל.

V - מתח חשמלי בין שתי הנקודות במעגל.

מתח הדקים - האנרגיה שמשחררת יחידת מטען במעגל החיצוני.

מפל המתח הפנימי בסוללה - האנרגיה שיחידת מטען משחררת בצורת חום בתוך הסוללה= Ir .



המרכז הארצי למורי הפיזיקה

חוק שימור האנרגיה מחייב שהקשר בין: כא"מ, מתח הדקים וההתנגדות הפנימית של הסוללה נתון ע"י:

$$V_{ab} = \varepsilon - Ir$$

הגרף של מתח ההדקים כפונקציה של הזרם הוא קו ישר עם שיפוע שלילי. גודל השיפוע הוא ההתנגדות הפנימית של הסוללה ונקודת החיתוך בציר המתח שווה לכא"מ.

המלצות לניסוי המשך

לחזור על ביצוע הניסוי כאשר משתמשים במקום בסוללה אחת, בשתי סוללות מחוברות בטור. אפשר לחזור על ביצוע הניסוי גם עם שלוש סוללות מחוברות בטור.



המרכז הארצי למורי הפיזיקה

מדידה, עיבוד התוצאות וניתוחן

- א. מדידה ראשונה, לנתק את הגררה של הנגד המשתנה ולרשום את קריאת האמפרמטר במקרה זה. לרשום את ערך המתח שמוודד הוולטמטר (ערך זה הוא הכא"מ כי במקרה זה הזרם במעגל שווה לאפס ואז מתח ההדקים שווה לכא"מ של הסוללה).
- ב. להחזיר את הגררה לקצה הרחוק של הנגד המשתנה (כך שכל הנגד הינו חלק מן המעגל החשמלי) ולרשום את קריאות האמפרמטר והוולטמטר. להיזיז את הגררה כמה פעמים ובכל פעם לרשום את קריאת מכשירי המדידה. כדאי להקפיד שקפיצות המתח יהיו בקירוב קבועות.
- ג. לרשום את תוצאות המדידות בטבלה מתאימה. לרשום בראש כל טור בטבלה את היחידות של הערכים הנמדדים. אם הזרם נמדד ביחידות של מיליאמפר יש להפוך אותן ליחידות של אמפר.
- ד. לבנות גרף של מתח ההדקים של הסוללה כפונקציה של הזרם העובר דרכה.
- ה. לחשב את ההתנגדות הפנימית של הסוללה. שימו לב ששיפוע הגרף הוא שלילי והוא שווה למינוס ההתנגדות הפנימית של מקור המתח (הסוללה).
- ו. להמשיך את הגרף שהתקבל עד שיחתוך את ציר המתח ולרשום את ערך נקודת החיתוך. ערך זה שווה לכא"מ של הסוללה. להשוות את הערך הזה לערך שהתקבל כאשר ניתקנו את הגררה ומדדנו את הכא"מ באופן ישיר.

המלצות דיקטיות

- א. בניסוי זה התלמידים נוטים לחשוב שהקשר שמצאו בין המתח לבין הזרם סותר את חוק אוהם כי לפי התוצאות שמתקבלות יוצא שהמתח יורד כאשר הזרם עולה וזה לכאורה סותר את חוק אוהם, אבל יש לשים לב שכאן לא משתמשים בנגד קבוע אלא בנגד משתנה כך שגם הזרם ההתנגדות והמתח משתנים ולכן חוק אוהם תקף גם במקרה זה.
- ב. התלמיד יבדוק בתחילת הניסוי ובסוף הניסוי ע"י נגיעה בסוללה האם היא התחממה ועל מה זה מעיד (זה מעיד על כך שלסוללה יש התנגדות פנימית ולכן חלק מהאנרגיה שלה מבזבזת בסוללה עצמה והיא מתחממת).
- ג. יש לדאוג לא להגיע לזרמים גדולים מאוד שקרובים לזרמי קצר.
- ד. כא"מ של סוללה יכול להשתנות במהלך הניסוי, לכן יש לבצע את המדידות בזריזות יחסית.