**חוק אום – אופיינים של תיל מתכתי ושל נורת להט**

מגישה: שירה בנישטי

* **מטרות הניסוי:**
* מציאת הקשר שבין עוצמת הזרם והמתח בין קצותיהם של תיל מתכתי ושל נורת להט באמצעות בניית מעגל המאפשר את מדידות הזרם והמתח. הקשר יימצא באמצעות הסקת המסקנות מגרף הזרם כפונקציה של המתח.
* אישור קיומו או אי קיומו של חוק אום באמצעות תוצאות הניסוי ומסקנותיו.
* חקירת הגורמים המשפיעים על התנגדות החומר.
* **התיאוריה שבבסיס הניסוי:**
* חומר אשר בו מספר רב של אלקטרונים חופשיים (אלקטרונים אשר אינם קשורים לגרעין) נקרא מוליך, וחומר שבו אין אלקטרונים חופשיים או מספרם זניח נקרא מבודד. במתכת האלקטרונים הם המטענים החופשיים, ולכן תנועת המטענים תהיה תמיד תנועה של מטענים שלילים.
* אופיין - גרף של הזרם כפונקציה של המתח או גרף של המתח כפונקציה של הזרם.
* חיבור **פוטנציומטרי** הוא חיבור של נגד משתנה במקביל, ותפקידו לשמש כמחלק מתח. חיבור **ריאוסטטי** הוא חיבור של נגד משתנה בטור, ותפקידו לשנות זרם במעגל.
* התנגדות התיל או הנגד תלויה בין היתר גם בטמפרטורה שלו. כאשר זורם זרם בתיל, הטמפרטורה עולה באופן הדרגתי וההתנגדות משתנה.
* חוק אום:



V [v] – המתח על המוליך
I [A] – הזורם שזורם דרך המוליך

 R [Ω] – יכולת המוליך למנוע מעבר זרם דרכו / היחס שבין המתח והזרם במוליך. ככל
שההתנגדות המוליך גדולה יותר, כך הזרם העובר דרכו קטן יותר וההפך.

המתח הפועל בקצותיו של נגד משתנה הוא ביחס ישר לעוצמת הזרם שעוברת דרכו. כלומר הקשר בין המתח והזרם הוא קשר ליניארי, ולכן שיפוע גרף המתח כפונקציה של הזרם הוא R. כאשר הקשר הפוך, כלומר הגרף הוא גרף הזרם כפונקציה של המתח, שיפוע הגרף הוא $\frac{1}{R}$ .

* התנגדות של תיל:



[m] - אורך התיל

$ρ[\frac{Ω×(mm)^{2}}{m}]$ - ההתנגדות הסגולית של המוליך (תלות המוליך בסוג החומר)

$A[\left(mm\right)^{2}]$ - שטח החתך של המוליך

ככל שאורך המוליך L יהיה גדול יותר, ההתנגדות תהיה גדולה יותר. ככל ששטח החתך של המוליך יהיה גדול יותר, ההתנגדות תהיה קטנה יותר.

* הסבר היחידות של ההתנגדות הסגולית $ρ$ :

****

 **רשימת ציוד:**

* מקור מתח.
* וולטמטר.
* אמפרמטר.
* נגד משתנה.
* סרגל התנגדות.
* נורה.
* תיילים.
* **תיאור מהלך הניסוי:**

הניסוי מחולק לשלושה שלבים:

1. בשלב הראשון נבנה את המערכת הבאה:

S

M

T

 נגד משתנה המשמש כפוטנציומטר

תיל מתכתי

* הזזת המגע הנייד M לכיוון הקצה הימני T מגדילה את המתח על התיל המתכתי, ולכן עוצמת הזרם דרך התיל תגדל (יחס ישר). בעת הזזת המגע הנייד M לכיוון הקצה השמאלי S המתח קטן, ולכן עוצמת הזרם דרך התיל המתכתי קטנה.
* ההזזות של המגע M מגדילות או מקטינות את המתח, בהתאם לכיוון, על פי חוק מחלק המתח.

נשנה את המתח על התיל המתכתי באמצעות הנגד המשתנה המשמש כפוטנציומטר ונמדוד את עוצמת הזרם בהתאם, ע"י הוריית האמפרמטר שהתנגדותו שואפת לאפס. את המדידות נציג בגרף האופיין של התיל המתכתי. משיפוע הגרף נוכל לדעת מהי התנגדות התיל, ועל ידי התנגדות זו נחשב את ההתנגדות הסגולית של החומר ממנו עשוי התיל.

* **הצגת תוצאות הניסוי:**

|  |  |
| --- | --- |
| **מתח וולט (V)** | **זרם אמפר (A)** |
| 0.04 | 0.01 |
| 0.19 | 0.06 |
| 0.44 | 0.14 |
| 0.7 | 0.26 |
| 1.06 | 0.28 |
| 1.2 | 0.35 |
| 1.53 | 0.45 |
| 1.65 | 0.49 |
| 1.72 | 0.51 |
| 1.99 | 0.59 |
| 2.19 | 0.65 |
| 2.46 | 0.72 |
| 2.97 | 0.86 |

* **עיבוד תוצאות הניסוי:**

ניתן לראות כי הגרף של הזרם הזורם דרך התיל המתכתי כפונקציה של המתח על התיל הוא בעל קשר ליניארי ששיפועו קבוע והוא שווה 0.2885.

על פי חוק אוהם, שיפוע הגרף שווה ל $\frac{1}{R}$ ומכאן שהתנגדות התיל, על פי הניסוי היא $.R=3.4662\left[Ω\right]$



P=RxA/L=3.4662X((0.25)^2)Xπ

= 1.36 Ω x mm^2

m

0.5

* **אחוז השגיאה:**

ההתנגדות הסגולית שצריכה לצאת:

*P=1.1*

**

23.63%

2. בשלב השני של הניסוי נבדוק את תלות ההתנגדות של המוליך בממדיו. נתבסס על הקשר שבין אורך המוליך להתנגדותו. המטרה בניסוי היא הוכחה שהקשר ליניארי ומציאת ההתנגדות הסגולית באמצעות קשר זה.

נזיז את אחד ממגעיו של הוולטמטר לאורך התיל ונמדוד את המתח שהוולטמטר מורה על כל אורך מסוים. בשינוי אורך התיל L ישתנה המתח, אך הזרם יישאר קבוע. לאחר מכן נשרטט גרף של המתח כפונקציה של אורך התיל ונעבד את התוצאות.

S

M

T

 נגד משתנה המשמש כפוטנציומטר



\* נקודה M קבועה ואחד ממגעי מד המתח זז.

* **הצגת תוצאות הניסוי:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **אורך התיל במטרים (cm) L** | **אורך התיל במטרים (m) L** | **מתח בוולט V** |
| 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0.05 | 0.2 |
| 10 | 0.1 | 0.5 |
| 15 | 0.15 | 0.68 |
| 20 | 0.2 | 0.96 |
| 25 | 0.25 | 1.21 |
| 30 | 0.3 | 1.5 |
| 35 | 0.35 | 1.74 |
| 40 | 0.4 | 1.96 |
| 45 | 0.45 | 2.23 |
| 50 | 0.5 | 2.32 |

\* בטבלה מוצגים אורך התיל והמתח עליו.

* **עיבוד תוצאות הניסוי:**

\* הזרם I קבוע, משנים את אורך התיל L, ולכן המתח שמוצג בוולטמטר משתנה.
\* ניתן לראות כי הגרף הוא ליניארי.

על ידי חוק אום נפתח:



זוהי משוואת הגרף הליניארי ושיפועו שווה ל $\frac{ρ×I}{A}$ . על פי הגרף השיפוע שווה 4.8655 .

שטח החתך של המוליך הוא $0.1963 [mm]^{2}$*, הזרם קבוע וגודלו* 0.8A *וכעת ניתן למצוא את ההתנגדות הסגולית של המוליך.*

*בעזרת שיפוע הגרף והביטויים המתמטיים שפיתחנו ניתן לחשב את ההתנגדות הסגולית של החומר והיא:*

**

1.194

* ***אחוז השגיאה:***

**

8.56

*3. בשלב השלישי נחליף את התיל המתכתי בנורת להט* *ונמדוד את הזרם שזורם דרכה והמתח עליה. נמדוד את הזרם שזורם דרך הנורה בצורה הדרגתית. מהמדידות נבנה את האופיין של הנורה.*

S

M

T

 נגד משתנה המשמש כפוטנציומטר

* **הצגת תוצאות הניסוי:**

|  |  |
| --- | --- |
| ***זרם באמפר*** | ***מתח בוולט*** |
| *0* | *0* |
| *0.04* | *0.06* |
| *0.08* | *0.19* |
| *0.1* | *0.57* |
| *0.12* | *0.81* |
| *0.14* | *1.18* |
| *0.16* | *1.63* |
| *0.18* | *2.15* |
| *0.2* | *2.38* |
| *0.22* | *2.85* |
| *0.24* | *3.56* |
| *0.27* | *4.24* |

* **עיבוד תוצאות הניסוי:**

*ניתן לראות כי הגרף מתחלק לחלק ליניארי וחלק שצורתו פרבולה, ומכאן שהתנגדות הנורה אינה קבועה (עבור כל נקודה ונקודה בגרף השיפוע משתנה). דבר זה קורה בגלל שינויי הטמפרטורה בנורה.*

*שיפוע גרף זה שווה ל* $\frac{I}{V}= \frac{1}{R}$ *(חוק אום). ניתן לראות שככל שהמתח על הנורה גדל, שיפוע הגרף קטן, כלומר*  R *הולך וגדל. כאשר נופל על הנורה יותר מתח, היא יותר חמה, ולכן ניתן להסיק שככל שהטמפרטורה בנורה גבוהה יותר, כך התנגדותה גדולה יותר.*

*\* לגרף זה אין קירוב ליניארי מכיוון החוסר בשיפוע קבוע, דבר שנגרם מתוצאה משינויי הטמפרטורה המובילים לשינויי ההתנגדות.*

*\* ככל שהטמפרטורה נמוכה, כך האלקטרונים נעים לאט יותר וההפך. ככל שהאלקטרונים נעים לאט יותר, הם פחות מתנגשים במוליך וההתנגדות נמוכה יותר וההפך. כאשר האלקטרונים נעים מהר יותר בטמפרטורה גבוהה, קשה יותר להוליך אותם לכיוון אחד כי הם נעים בכיוונים אקראיים- כלומר קשה יותר להזרים זרם ולכן ההתנגדות של הנורה גדלה.*

***מסקנה מהשלב השלישי:***

*כאשר מוליך מתחמם התנגדותו עולה. ניתן להסביר זאת בצורה פיזיקאלית ע"י הסבר תנועת האלקטרונים החופשיים הנעים במוליך: כאשר המוליך חם, האלקטרונים נעים בצורה מהירה יותר לכל הכיוונים, ודרושה אנרגיה גדולה יותר (הפרש פוטנציאלים, מתח חשמלי) על מנת לגרום להם לנוע בכיוון אחד מוגדר. ניתן לראות הבדל בין התחממות התיל להתחממות הנורה. התיל יחסית לא מתחמם והתנגדותו קבועה, והנורה מתחממת בהתחלה והתנגדותה משתנה.*

**תשובות לשאלות בנושא: אופייניים של תיל מתכתי ושל נורת להט**

**א. הסבר את עקרון הפעולה של החיבור הפוטנציומטרי.**

חיבור פוטנציומטרי הוא חיבור של הנגד המשתנה, כך שהוא יוכל לשלוט על המתח שנופל על המעגל הפנימי וכתוצאה מכך ע"י חיבור במקביל לשלוט גם על המתח שנופל על הנגד שמחובר אליו במקביל באופן אחיד, עד למתח של אפס. (בחיבור במקביל המתחים שווים).

כדי לקיים חיבור זה תחילה נחבר את הנגד המשתנה לכא"מ משני קצוותיו (בחיבור מקבילי) מכאן שאנו מפילים את כל המתח על הנגד המשתנה, לאחר מכן נחבר צד אחד של הנגד המשתנה עם הנגד שאנו רוצים לשלוט עליו ואת צידו השני מחבר ע"י תנין הניתן להזזה (בחיבור מקבילי), מכן שהזרם שיפול על הנגד המשתנה יפול על הנגד שאנו רוצים לשלוט עליו.

**ב. באילו גורמים תלויה התנגדותו של נגד מתכתי? כיצד תוכל לבדוק זאת בניסוי?**

התנגדותו של נגד מתכתי תלויה ב:

* אורך הנגד.
* שטח החתך של הנגד.
* התנגדות סגולית = סוג החומר ממנו עשוי הנגד.
* טמפרטורה.

כיצד נבדוק זאת?

* אורך הנגד- תחילה ניצור מצב בו הזרם שיעבור דרך הנגד המתכתי יהיה קבוע. לאחר מכן נרכיב מעגל בו בוולטמטר מחובר לנגד בצורה שנוכל לשלוט על אורך הנגד וכל פעם נמדוד את המתח שנופל על הנגד = הוריית הוולטמטר. מכיוון שהזרם קבוע, לפי חוק אום יהיה יחס ישיר בין המתח להתנגדות מכאן נוכל להוכיח שהתנגדותו של הנגד מתכתי תלויה באורכו. (במצב זה שטח חתך הנגד וסוג הנגד (התנגדות סגולית) חייבות להיות קבועות)
* שטח חתך של הנגד- נעשה דבר זהה לאורך הנגד, אך כעת שטח חתך הנגד ישתנה ואורכו יישאר קבוע.
* התנגדות סגולית- תחילה ניצור מצב שבו הזרם שיעבור דרך הנגד המתכתי יהיה קבוע. לאחר מכן נכין סוגים שונים של נגדים בעלי אותו אורך ואותו שטח חתך (התנגדויות סגוליות שונות). לאחר מכן נחבר כל פעם מחדש נגד אחר למעגל ונמדוד את המתח שנופל על הנגד. מכיוון שהזרם קבוע, לפי חוק אום יהיה יחס ישיר בין המתח להתנגדות מכן נוכל להוכיח שהתנגדותו של הנגד המתכתי תלויה בהתנגדות הסגולית.
* טמפרטורה- נחבר את הנגד ישירות לכא"מ ונפיל עליו מתח קבוע, נחמם את הנגד ונבדוק את הזרם שעובר דרכו ע"י הוריית האמפרמטר. כאשר כל שאר הנתונים קבועים (אורך, שטח החתך, התנגדות סגולית) והמתח נוכל להסיק שהשינוי בטמפ' הוא זה שמשנה את הזרם. מכיוון שהמתח קבוע, לפי חוק אום ישנו יחס הפוך בין ההתנגדות לזרם ומכן נוכל להוכיח שהתנגדותו של נגד מתכתי תלויה בטמפרטורה שלו.

**ג. הסבר את עקרון הפעולה של הוולטמטר והאמפרמטר. כיצד מתבצע שינוי תחומי המדידה במכשירים אלה?**

האמפרמטר – מודד את הזרם שעובר דרכו. האמפרמטר יחובר בטור למקום שבו אנחנו רוצים למדוד את הזרם, והתנגדותו תהיה קטנה ככל האפשר כדי שישפיע כמה שפחות על המעגל (אם התנגדותו תהיה גדולה, מתח יתבזבז עליו). כדי להגדיל את תחום המדידה של האמפרמטר אנחנו בעצם מנסים להגדיל את הזרם שעובר במעגל (על ידי הקטנת ההתנגדות הכוללת), אך להקטין את כמות הזרם שעובר דרך האמפרמטר כדי שלא יישרף.

הוולטמטר מודד את המתח בין נקודות מסוימות. את הוולטמטר נחבר במקביל כי המתח בחיבור מקביל הוא שווה. התנגדותו של הוולטמטר צריכה להיות מקסימלית כדי שזרם מינימלי יעבור דרכו וכך המעגל הפנימי יושפע פחות מהוולטמטר. כדי להגדיל את תחום מדידתו של הוולטמטר אנחנו צריכים שיעבור דרך הוולטמטר פחות זרם, זאת נעשה על ידי חיבור נגדים בטור לוולטמטר.

**ד. האם לצורך ביצוע הניסוי אפשר לחבר את מכשירי המדידה בצורה שונה מזו שבתרשים? הסבר!**

ניסוי זה אפשר לחבר את המכשירים בצורה שונה מפני שכאשר מחברים אמפרמטר ווולטמטר למעגל ביחד יש שתי דרכים לחבר אותם, דרך אחת שבה האמפרמטר יראה תוצאה מדוייקת יותר כפי שעשינו בניסוי זה:

S

M

T

האמפרמטר מחובר ישירות לתיל ולכן כל הזרם שעובר בתיל יעבור בו, ואילו הוולטמטר מחובר כך שהוא בודק את המתח על האמפרמטר והתיל ביחד במקום על התיל בלבד. מכיוון שהאמפרמטר לא אידיאלי המתח שימדוד הוולטמטר לא יהיה המתח הנופל על התיל בלבד.
הדרך השניה לחבר את המעגל היא כך:

S

M

T

בצורה זאת הוולטמטר מודד את המתח הנופל אך ורק על התיל, אך האמפרמטר אינו מודד אך ורק את הזרם העובר בתיל אלא את סכום הזרמים של הזרם העובר בתיל עם הזרם העובר בוולטמטר.

**ה. הסבר, בהסתמך על הניסויים שביצעת עם נורת הלהט, מהו הקשר בין ההתנגדות של תיל מתכתי ובין הטמפרטורה שלו. האם ניתן למצוא רמז לקשר זה גם בניסוי סרגל ההתנגדות?**

ניתן לראות שככל שהטמפרטורה גבוהה יותר, כך גדלה ההתנגדות של הנגד (במקרה זה נורה). זאת משום שהשיפוע של האופיין של הנורה הלך וקטן ככל שהמתח על הנורה היה גדול יותר (הנורה דלקה באור גדול יותר – החום שהיא הפיצה היה גדול יותר). מכיוון שהשיפוע סימל את ההופכי להתנגדות הנורה, ניתן להסיק שהתנגדות הנורה גדלה ככל שהטמפרטורה שלה גדלה.
בניסוי עם סרגל ההתנגדות ניתן לשים לב שהסרגל מתחמם ככל שהמתח בו גדול יותר, אך השפעת הטמפרטורה על התנגדות הסרגל הייתה די זניחה וזאת משום שעליית הטמפרטורה בסרגל ההתנגדות הייתה מזערית ולא השפיעה כמעט כלל על השינוי בהתנגדות. לעומת זאת, נורת להט היא לוהטת ומגיעה למעלות גבוהות מאוד, ולכן הטמפרטורה שלה אינה זניחה כמו בתיל והיא משנה משמעותית את ההתנגדות.

**