



היחס e/m בין מטען האלקטרון למסתו

ציוד

- נורה e/m וסלילי הלמהולץ
- 2 ספקי למתח גבוה מתכווננים ($0-6000V$)
- ספק מתח נמוך DC מתכוונן PSP2010
- 6 תילים ארוכים ותיל אחד קצר

מטרות הניסוי

- לקבוע את היחס e/m בין מטען האלקטרון למסתו- קבוע פיסיקלי של הטבע.
- לחקור את תנועת אלקטרונים בשדות אלקטרומגנטיים.

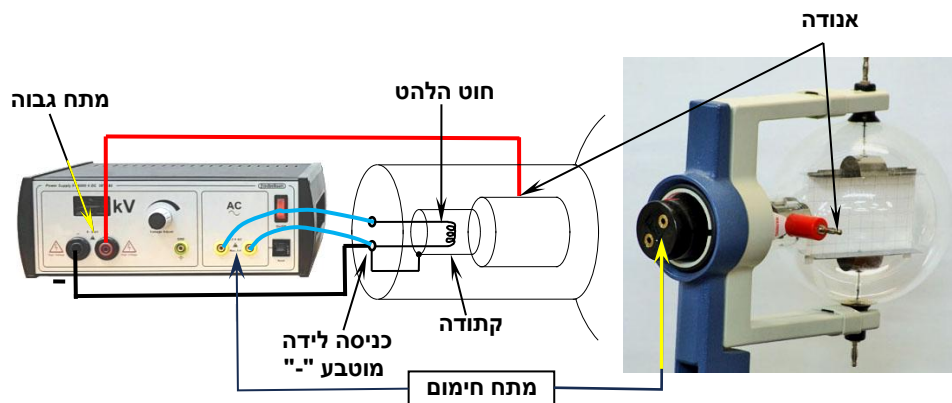
שאלות הכנה

1. הגדירו את הגדלים הפיסיקליים הבאים וציינו מהן יחידותיהם:
 - עוצמת השדה החשמלי,
 - פוטנציאל, מתח,
2. הוכיחו שצורת מסלול תנועתם של חלקיקים טעונים בשדה מגנטי אחיד היא מעגל או עקומה בורגית.
3. מהו האפקט התרמוני?

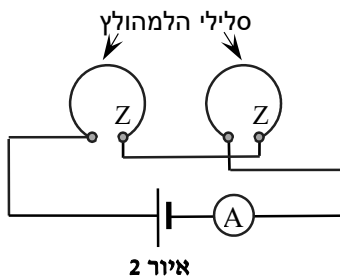
הכנת המערכת לניסוי

אזהרה: בניסוי זה אתם תשתמשו בספק מתח גבוה שדורש זהירות יתרה.

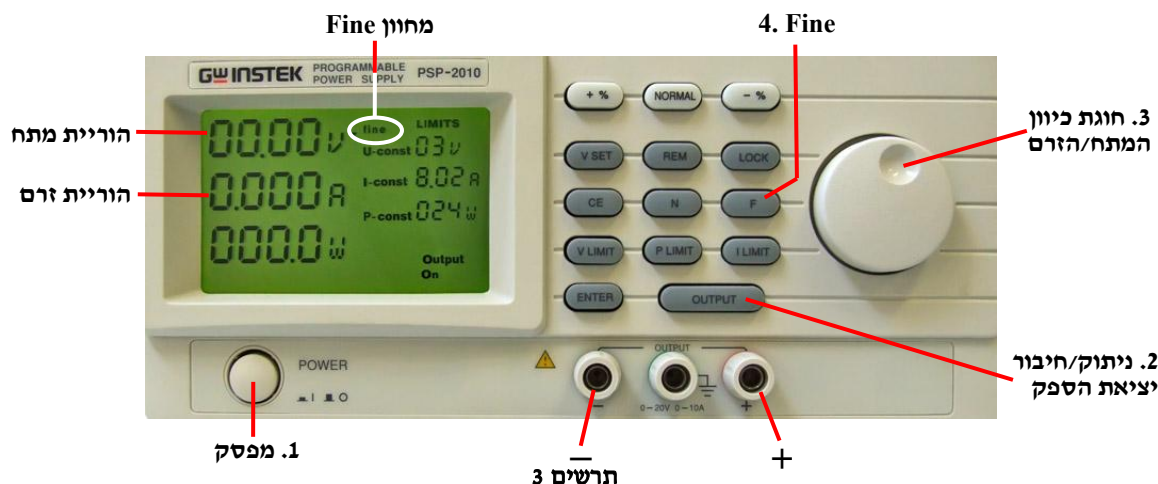
1. **וודאו שהספק למתח גבוה כבוי וכוון למתח 0-** (אחרת יש לסובב את בורר המתח Voltage Adjust נגד כיוון שעון עד הסוף).
1. הרכיבו מעגל חשמלי של הנורה בהתאם לאיור 1:
 - א. חברו את יציאת מתח החימום AC של ספק המתח הגבוה לבסיס הנורה.
 - ב. חברו את ההדק השלילי של הספק לקתודה (כניסה בבסיס הנורה לידה מוטבע "-"). כניסה זו משותפת לקתודה ולחוט הלהט, לכן יש לתקוע את פלאג התיל מההדק השלילי של הספק אל תוך הפלאג שכבר חובר לבסיס הנורה (ראו סעיף (א)).
 - ג. חברו את ההדק החיובי של יציאת המתח הגבוה לאנודה של הנורה.



איור 1



2. חברו את סלילי הלמהולץ לספק מתח נמוך (איור 2).
3. הפעילו את ספק המתח הנמוך (כפתור (1) באיור 3) וכוונו אותו למתח 0 באמצעות סיבוב החוגה (3) נגד כיוון השעון.
4. שינוי המתח בספק אינו רציף, וכך גם סיבוב החוגה (3) שמתבצע בקפיצות. כל קפיצת החוגה גורמת לשינוי קבוע במתח היציאה של ספק המתח. לחצו על כפתור 4 (Fine) לקביעת קפיצות מתח קטנות.



עיקרון הניסוי

רדיוס העקמומיות של מסלול חלקיקים טעונים בתוך שדה מגנטי תלוי במטענם הסגולי (q/m), במהירות תנועתו בתוך השדה ובעוצמת השדה המגנטי. בניסוי זה נשנה את מהירות האלקטרונים בעזרת המתח המאפיין, ונשנה בהתאם את עוצמת השדה המגנטי - בעזרת שינוי הזרם בסלילי הלמהולץ, כך שרדיוס העקמומיות של מסלול האלקטרונים יישאר קבוע.

את עוצמת השדה המגנטי במרחב בין סלילי הלמהולץ ניתן לחשב בעזרת הנוסחה $B = k \cdot I$. הערך המספרי של מקדם k מודפס על מסגרת של אחד הסלילים המסופקים בערכת הניסוי.

בכל המדידות משנים את המתח המאפיין ואת עוצמת הזרם בסלילים, כך שאלומת האלקטרונים תעבור דרך אותה נקודה ששיעוריה (x, y) . את רדיוס המסלול ניתן לחשב לפי הביטוי:

$$r = (x^2 + y^2)/2y$$

ביצוע הניסוי

1. הפעילו את ספק מתח הגבוה והמתינו כדקה לחימום הקתודה.
2. כוונו את המתח המאפיין V_A לכ- 2kV.
3. הפעילו את היציאה של ספק המתח הנמוך (לחצו על כפתור (2) Output - איור 3).
4. הגדילו את הזרם דרך סלילי הלמהולץ באמצעות חוגה (3) (איור 3) עד שמסלול האלקטרונים יעבור דרך הנקודה (10 cm, 2 cm) על מסך הנורה. רשמו בטבלה את ערך המתח המאפיין, V_A , ואת הזרם בסלילי הלמהולץ $I_B^{(1)}$ (הוריית זרם מופיעה על הצג של ספק המתח הנמוך).
5. נתקו את ספק המתח הנמוך מסלילי הלמהולץ באמצעות כפתור Output, הפכו את חיבור הסלילים לספק (את התקע שחבור ל-"+" , העבירו ל-"-") וכוונו את עוצמת הזרם בסלילים כך שקרן אלקטרונים תעבור דרך נקודה (10 cm, 2 cm) בצד הנגדי של מסך הנורה. רשמו בטבלה את הזרם $I_B^{(2)}$.
6. חישבו את הממוצע, $\bar{I}_B$ (A), של הזרמים $I_B^{(1)}$, $I_B^{(2)}$ ורשמו אותו בשורה המתאימה בטבלה.
7. נתקו שוב את הסלילים מהספק ושנו את הקוטביות של חיבור הסלילים בחזרה. חזרו 10 פעמים נוספות על סעיפים 4-6, כאשר בכל פעם אתם מגדילים את המתח המאפיין ב- 200V. אין לעבור על מתח מאפיין של 4.5 kV - זה עלול לגרום לנזק תמידי לנורה האלקטרונית!

V_A (V)											
$I_B^{(1)}$ (A)											
$I_B^{(2)}$ (A)											
$\bar{I}_B$ (A)											
$B = K \cdot \bar{I}_B$ (T)											

בסיום המדידות

- החזירו את המתח בשני הספקים ל-0 וכבו אותם!
- נתקו את הספקים מרשת החשמל,
- פירקו את שני המעגלים,
- סדרו את הציוד כפי שקיבלתם אותו לפני תחילת הניסוי והחזירו אותו לעגלה.

עיבוד תוצאות המדידות

1. חישוב את הערכים של עוצמת השדה המגנטי עבור הזרמים השונים ורשמו אותם בשורה החמישית של הטבלה הנ"ל.
2. בניסוי זה האלקטרונים עברו דרך הנקודה (2 cm, 10 cm). לפי כך, חישוב את רדיוס העקמומיות r של המסלול.
3. בנו את גרף הפיזור $B^2(V_A)$ בגיליון Excel, על פי נתוני הטבלה. הציגו את קו המגמה של הגרף ואת משוואת הקו. לקבלת תוצאה מדויקת יותר, יש להגדיל את מספר הספרות מימין לנקודה העשרונית ל-2 ספרות. לשם כך יש לפעול באופן הבא:
 - מקליקים על המשוואה במקש הימני של העכבר ובתפריט הנפתח בוחרים "עיצוב תווית קו מגמה" ("Format trendline label")
 - בתיבה משולבת ברשימת "קטגוריה" בוחרים תצוגה "מדעי" ("Scientific") ובשדה מתחת לקטגוריה מגדירים 2 מקומות עשרוניים (Decimal places).
4. פיתחו ביטוי עבור הקשר הפיזיקלי המתואר בגרף שבניתם.
5. מה מייצג שיפוע הגרף? מהם יחידות השיפוע?
6. חישובו בעזרת שיפוע הגרף את היחס בין מטען האלקטרון למסתו - $|e/m|$.
7. האם התוצאה שקיבלת תואמת את הערכים הידועים: $m = 9.11 \cdot 10^{-31}$ kg, $|e| = 1.6 \cdot 10^{-19}$ C? חישובו את הסטייה היחסית.
8. מהם לדעתכם מקורות השגיאה בניסוי?

שאלות סיכום

1. מדוע עיבוד התוצאות נותן רק את הערך המוחלט של e/m ?
2. בניסוי השתמשתם בקשר $r = (x^2 + y^2)/2y$. שרטטו את מסלול החלקיקים והוכיחו קשר זה.
3. הסבירו את שיטת האצת האלקטרונים בנורה ואת שיטת יצירת השדה החשמלי והשדה המגנטי בנורה.
4. היכן לאורך מסלול התנועה של האלקטרונים בנורה קיימות תאוצות? מה הכוחות הגורמים לתאוצות אלה? מהי השפעתן של התאוצות על תנועת האלקטרונים?
5. הסבירו את תהליך שחרור אלקטרונים בנורה והיווצרות אלומת האלקטרונים.
6. באיזו שיטה נוספת ניתן לשחרר אלקטרונים ממתכת?
7. איך אפשר להגדיל את הסחת האלקטרונים במערכת הניסוי?
8. מה יקרה אם נהפוך את קוטביות החיבור של כל אחד מקורות המתח?