

מדידת היחס בין מטען האלקטרון למסתו

א. מטרת הניסוי

- (1) להכיר את פעולת שפופרת האלקטרונים הכדורית.
- (2) לחקור את המסלול המעגלי של האלקטרונים בשדה מגנטי.
- (3) למדוד את היחס e/m עבור האלקטרונים.

ב. רקע תיאורטי

כאשר אלקטרונים נכנסים במהירות v בניצב לשדה מגנטי אחיד B , הם מבצעים תנועה מעגלית קצובה כפי שמתואר באיור 1. ניתן להראות שרדיוס המסלול המעגלי של האלקטרונים נתון על ידי הביטוי הבא:

$$(1) \quad R = \frac{m_e v}{eB}$$

כאשר $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ הוא מטען האלקטרון (בערך מוחלט) ו- $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ היא מסת האלקטרון.

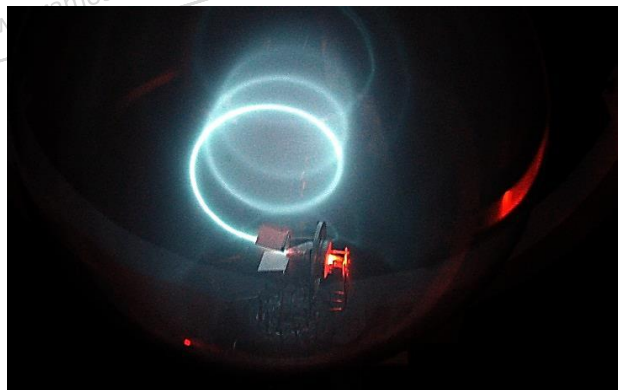
המהירות v של האלקטרון מתקבלת על ידי האצת האלקטרון במפל מתח V בהתקן הנקרא תוחת אלקטרונים. כך שהאלקטרון מואץ בתוחת מלוח שלילי (בעל פוטנציאל נמוך) אל הלוח החיובי (בעל פוטנציאל גבוה). ניתן להראות שהמהירות שבה האלקטרונים יוצאים מתוחת האלקטרונים נתונה על ידי הביטוי הבא:

$$(2) \quad v = \sqrt{\frac{2eV}{m_e}}$$

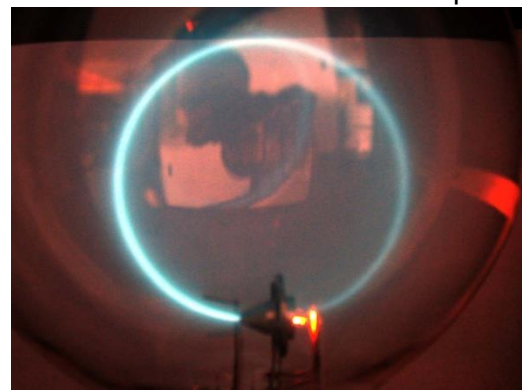
כאשר V הוא הפרש הפוטנציאלים בין הלוח החיובי ללוח השלילי. אם נציב את v מקשר (2) בקשר (1), נקבל:

$$(3) \quad R = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2m_e V}{e}}$$

אם מהירות האלקטרונים אינה ניצבת לקווי השדה המגנטי האחיד אלא יוצרת זווית איתם, מסלול האלקטרונים יהיה בורגי באיור 2.



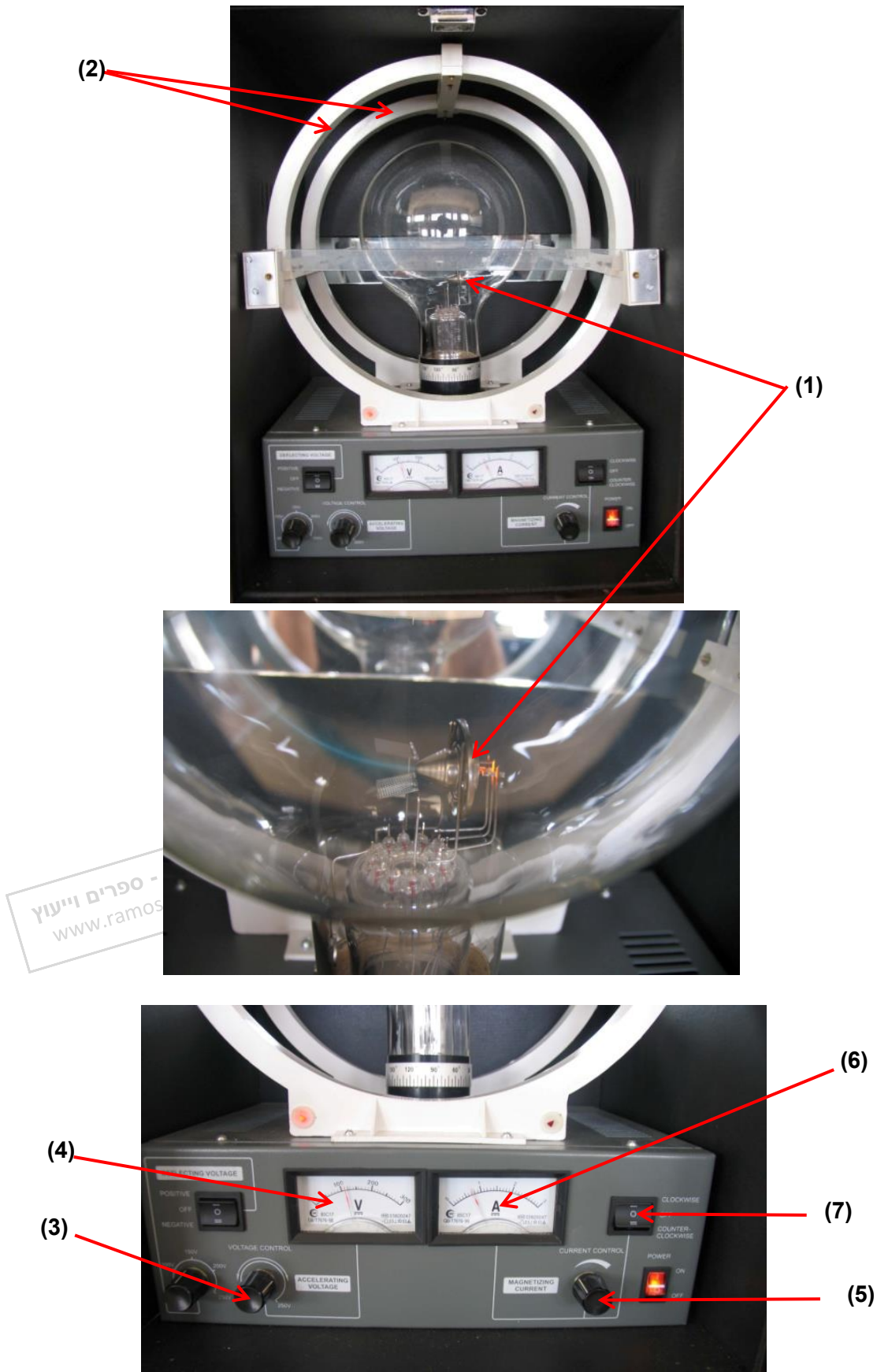
איור 2



איור 1

ג. מכשור וציוד

בניסוי זה משתמשים בשפופרת קרינת קתודה שהיא כדורית כפי שמתואר באיור 3. שפופרת זו מורכבת מכדור זכוכית שבתוכו גז בצפיפות נמוכה. השפופרת כוללת את החלקים הבאים (החלקים ממוספרים באיור 3 לפי המספרים בהסבר להלן):



איור 3

- 1) תותח אלקטרוניים: התותח מורכב מקתודה ואנודה. הקתודה מחוברת להדק השלילי של הספק והאנודה להדק החיובי שלו, כך שבין האנודה והקתודה נוצר הפרש פוטנציאליים V . הקתודה מחוברת לגוף חימום הגורם לפליטת אלקטרוניים תרמיים. אלקטרוניים אלה מואצים לעבר האנודה כתוצאה ממפל המתח. כשהאלקטרוניים מגיעים אל האנודה, חלק מהם עובר אותה דרך חור קטן הנמצא במרכז, במהירות הנתונה על ידי משוואה (2).
- 2) מסביב לכדור הזכוכית נמצאים שני סלילים דקים ומקבילים. בשני סלילים אלה זרם זרם גבוה שיוצר שדה מגנטי אחיד באזור השפופרת. ניתן לשלוט בעוצמת הזרם בסלילים ובכך ניתן לשלוט בעוצמת השדה המגנטי. נתון שהקשר בין עוצמת הזרם בסלילים ועוצמת השדה המגנטי הנוצר ביניהם הוא: $B = 10^{-3} I$.
- 3) כפתור המאפשר שליטה במתח ההאצה V שבין הקתודה לאנודה.
- 4) מד מתח, המראה את גודל מתח ההאצה.
- 5) כפתור המאפשר לשלוט בעוצמת הזרם שבסלילים.
- 6) מד זרם, המראה את עוצמת הזרם שבסלילים.
- 7) לחצן המאשר להפוך את כיוון הזרם שבסלילים ובכך מאפשר להפוך את כיוון השדה המגנטי שבין הסלילים.

ד. הניסוי (ביצוע המדידות)

- 1) חבר את השפופרת לחשמל וחכה עד שהקתודה מתחממת.
- 2) קבע, באמצעות הכפתור 5, את עוצמת הזרם בסלילים, ורשום את גודלו של זרם זה (הגודל שמופיע בצג 6). באמצעות זרם זה ניתן לחשב את עוצמת השדה המגנטי שבין הסלילים וזאת באמצעות הקשר $B = 10^{-3} I$.
- 3) העלה בהדרגה את מתח ההאצה של האלקטרוניים (על ידי הכפתור 3), וכוון את האלומה (על ידי סיבוב השפופרת) כך שהאלומה ניצבת לקווי השדה המגנטי שבין הסלילים. במצב זה תראה מסלול מעגלי עבור האלקטרוניים בתנועתם בתוך השפופרת כפי שופע באיור 1.
- 4) העלה בהדרגה את מתח ההאצה של האלקטרוניים. כתוצאה מכך יגדל רדיוס המסלול המעגלי של האלקטרוניים (בגלל שמהירותם גדלה).
- 5) הכן טבלה, הכוללת שתי עמודות. בעמודה הראשונה רשום את מתח ההאצה V ובשנייה את רדיוס מסלול האלקטרוניים R . שנה את V מספר פעמים ובכל פעם מדוד את R המתקבל. את קוטר המסלול המעגלי ניתן למדוד באמצעות סרגל המקובע בחזית השפופרת.

ה. עיבוד וניתוח המדידות

- 1) הכן, על סמך הטבלה שקיבלת, טבלה חדשה המתארת את R^2 כפונקציה של V .
- 2) שרטט, על סמך הטבלה שהכנת, גרף המתאר את R^2 כפונקציה של V .
- 3) חשב את שיפוע הגרף וחשב באמצעותו את הגודל e/m_e .
- 4) השווה בין הגודל שקיבלת עבור היחס e/m_e ובין ערכו התיאורטי וחשב את אחוז השגיאה.
- 5) הסבר את השגיאה במדידה אם קיימת.

ו. שאלות הכנה

- (1) חשב את היחס e/m_e (כולל יחידות).
- (2) הוכח את הקשרים (1), (2) ו-(3).
- (3) מצא ביטוי לזמן המחזור של האלקטרונים בתנועתם המעגלית הקצובה בשדה המגנטי האחיד. בטא את תשובתך באמצעות הגדלים: e , m_e ו- B .
- (4) הסבר מדוע בעיבוד התוצאות משרטטים גרף המתאר את R^2 כפונקציה של V ולא R כפונקציה של V .
- (5) הסבר מדוע גודל מהירות האלקטרונים אינו משתנה במהלך תנועתם בשדה המגנטי.