

מקום למחיקת נבחן

פיזיקה – שאלון חקר

לנבחנים ברמת חמש יחידות לימוד

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: שעתיים.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה אחת-עשרה שאלות. עליך לענות על כל השאלות 1–9, ועל שאלה אחת מבין השאלות 10–11. סה"כ – 100 נקודות.

ג. חומר עזר מותר לשימוש: מחשבון וסרגל.

ד. הוראות מיוחדות:

1. מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים בלבד.
2. שאלון זה משמש כמחברת בחינה, ויש להכניס אותו לעטיפה.
3. עמודים 12–13 משמשים לטיוטה.
4. הדבק מדבקת נבחן במקום המיועד לכך בדף השער ובעטיפת המחברת.

בשאלון זה 13 עמודים ונספח.


ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר, אך מכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.


בהצלחה!

ניסוי: מדידת הקבוע של פלאנק באמצעות דיודות פולטות אור

לפניך תיאור של ניסוי שבו מדדו את הקבוע של פלאנק, h , באמצעות דיודות פולטות אור.

רקע תאורטי

דיודה היא התקן חשמלי בעל שני הדקים, אשר מוליך זרם חשמלי רק בכיוון אחד (ואינו מעביר זרם חשמלי בכיוון הנגדי). הסמל של דיודה הוא . כיוון החץ מסמל את כיוון מעבר הזרם (לדוגמה, בסמל המופיע לעיל – משמאל לימין ולא מימין לשמאל).

קיימים מספר סוגים של דיודות. אחד הסוגים הוא דיודה פולטת אור (LED – Light Emitting Diode). הסמל של דיודה זו הוא . בניסוי הזה משתמשים בדיודות פולטות אור. מחברים מקור מתח אל דיודה פולטת אור כך שהיא תוכל להוליך זרם חשמלי. אם המתח נמוך מערך סף מסוים, שנכנה אותו "מתח סף" ונסמן אותו ב- V_0 , לא תפלוט הדיודה אור. ואולם אם מגדילים את המתח מעל לערך זה, תפלוט הדיודה אור (קרינה אלקטרומגנטית בתחום הנראה).

דיודות הפולטות קרינה אלקטרומגנטית בתדירויות שונות מאופיינות במתחי סף שונים. קיימות גם דיודות הפולטות קרינה אלקטרומגנטית בתחום שאינו נראה, למשל בתחום הקרינה התת־אדומה.

כאשר דיודה מופעלת בדיוק במתח הסף שלה, נפלטים ממנה פוטונים בתהליך שבו האנרגיה של אלקטרון אחד מן הזרם העובר דרך הדיודה מומרת במלואה באנרגיה של פוטון יחיד שנפלט מן הדיודה. לפיכך, מתקיים הקשר:

$$eV_0 = hf$$

כאשר:

e – הערך המוחלט של מטען האלקטרון: $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

V_0 – מתח הסף בין הדקי הדיודה

f – תדירות הפוטון הנפלט מן הדיודה

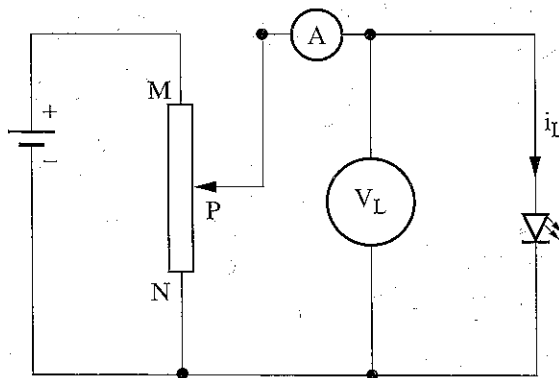
h – קבוע פלאנק

רשימת הציוד בניסוי:

- סוללה של 9 וולט
- מד-מתח ספרתי
- מד-זרם
- דיודה הפולטת אור סגול
- דיודה הפולטת אור כחול
- דיודה הפולטת אור ירוק
- דיודה הפולטת אור אדום
- דיודה הפולטת קרינה תת-אדומה

חלק ראשון: מציאת מתחי הסף של דיודות פולטות אור

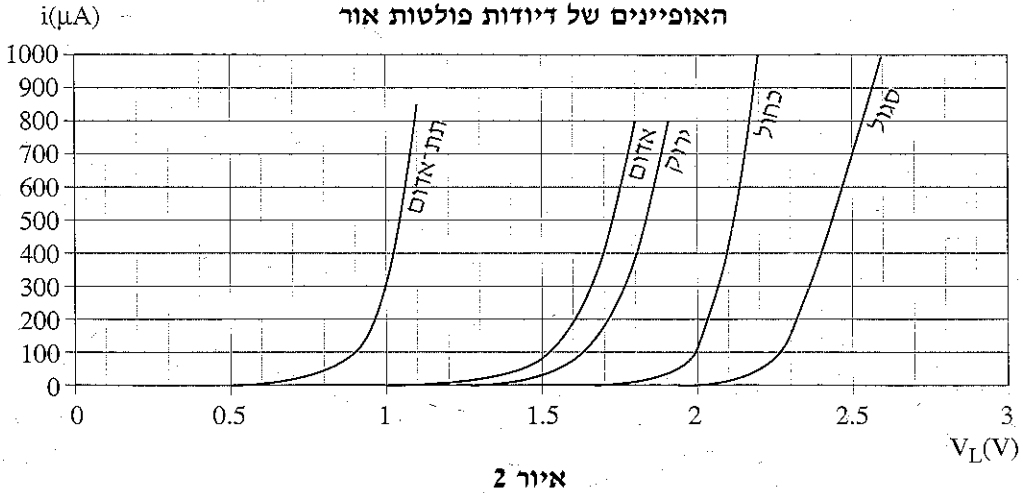
את מתחי הסף של הדיודות הפולטות קרינה אלקטרומגנטית אפשר למצוא על סמך האופייניים של הדיודות. אופיין של התקן חשמלי הוא גרף המציג את הזרם העובר דרך ההתקן, כפונקציה של המתח בין קצותיו. בדיודה פולטת קרינה, במתחים נמוכים עוצמת הזרם היא אפס או שווה בקירוב לאפס. החל ממתח הסף, חלה עלייה חדה בעוצמת הזרם כפונקציה של המתח בין הדקי הדיודה, והיא מתחילה לפלוט קרינה. כדי לקבל את האופיין של דיודה, בנו מעגל חשמלי (איור 1) המאפשר לשנות באמצעות נגד משתנה את המתח, V_L , שבין קצות הדיודה.



איור 1

בעזרת המעגל הזה נמדדו ערכי המתח, V_L , על הדיודה, וערכי הזרם, i_L , הזורם בה. באיור 2 מסורטטים חמישה אופייניים של הדיודות המופיעות ברשימת הציוד:

האופייניים של דיודות פולטות אור



איור 2

1. (15 נק') היעזר באופייניים שבאיור ומצא את מתח הסף של כל אחת מהדיודות. מתח הסף הוא המתח שבו שיפוע הגרף משתנה בצורה הניכרת ביותר. בכל אחת מהדיודות, שהאופייניים שלהן מתוארים באיור 2, הזרם המתאים למתח הסף הוא בקירוב $100 \mu A$. רשום את מתחי הסף שמצאת בטבלה 1.

מתח הסף V_0 [וולט]	תדירות הקרינה f []	אורך הגל λ $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ [ננו-מטר]	הדיודה
		405	אור סגול
		475	אור כחול
		525	אור ירוק
		625	אור אדום
		940	קרינה תת-אדומה

טבלה 1: תוצאות של מדידות וחישובים

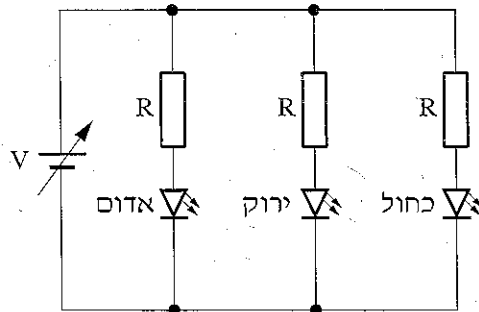
2. (10 נק') חשב ורשום בטבלה 1 את תדירות הקרינה, f , המתאימה לכל אורך גל. בראש העמודה רשום את יחידת התדירות.

5. (10 נק') חשב את שיפוע הישר. פרט את חישוביך.

6. (15 נק') 10 נק') א. חשב את קבוע פלאנק, h , בעזרת השיפוע שחישבת בשאלה 5.

7. (5 נק') ב. בכמה אחוזים שונה התוצאה שקיבלת מהערך הידוע של קבוע פלאנק?

7. (6 נק') באיור 3 מתואר מעגל חשמלי הכולל מקור מתח משתנה, V , שלושה נגדים זהים, R , דיודה הפולטת אור כחול, דיודה הפולטת אור ירוק ודיודה הפולטת אור אדום. דיודות אלה זהות לדיודות שברשימת הציוד.



איור 3

המשך בעמוד 7

מעלים את מתח המקור החל מאפס. באיזה סדר "תידלקנה" שלוש הדיודות?
נמק את תשובתך.

8. (6 נק') אם רוצים לאפס את המתח על הדיודה שבאיור 1, לאיזה קצה של הפוטנציומטר יש להזיז את המגע הנייד, P – לעבר הקצה M או לעבר הקצה N? נמק את תשובתך.

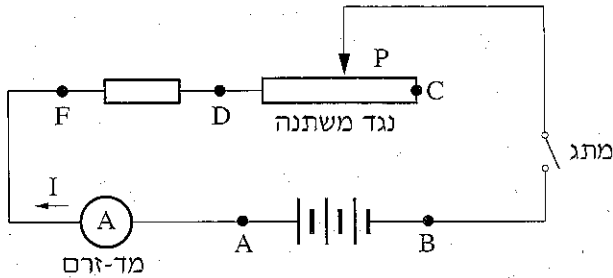
9. (6 נק') האם היה אפשר לבצע את הניסוי למציאת קבוע פלאנק אילו במעגל שבאיור 1 היו מחברים את הסוללה בקוטביות הפוכה לזו המתוארת באיור? נמק את תשובתך.

ענה על אחת מבין השאלות 10–11 (לכל שאלה – 10 נקודות).

שאלות אלה קשורות לניסויים המופיעים ברשימת ניסויי החובה שבחוזר המפמ"ר.

10. (10 נק') הניסוי: כא"מ מתח ההדקים והתנגדות פנימית

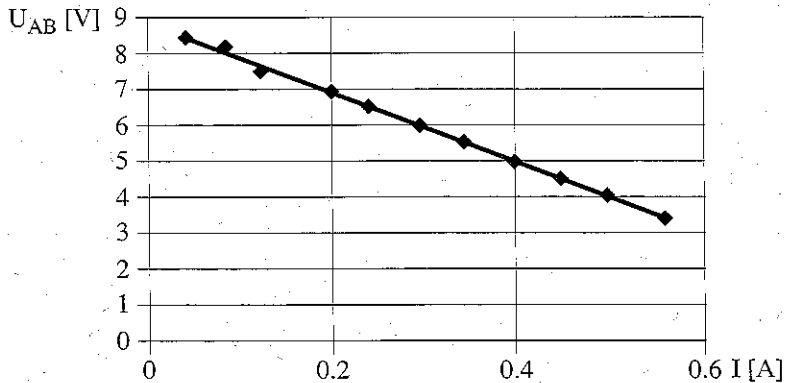
באיור 4 מתואר מעגל חשמלי למדידת מתח ההדקים, U_{AB} , כפונקציה של עוצמת הזרם במעגל.



איור 4

הגרף שהתקבל על סמך תוצאות המדידות מתואר באיור 5.

מתח ההדקים כפונקציה של עוצמת הזרם



איור 5

א. מהו הכא"מ של מקור המתח? נמק את תשובתך. (3 נק')

ב. חשב את ההתנגדות הפנימית של מקור המתח. נמק את תשובתך. (4 נק')

ג. במהלך הניסוי מדד התלמיד ערכי U_{AB} וערכי זרם I . כאשר הזיז את המגע הנייד, P , מצא שערכי הזרם גדלים וערכי U_{AB} קטנים. האם במהלך הניסוי הזיז התלמיד את המגע הנייד, P , לכיוון הנקודה C או לכיוון הנקודה D (ראה איור 4)? נמק את תשובתך. (3 נק')

11. הניסוי: האפקט הפוטואלקטרי (10 נק')

א. כאשר התא הפוטואלקטרי מחובר למעגל החשמלי לשם מדידת מתח העצירה, איזו מהאלקטרודות מחוברת לפוטנציאל הגבוה? נמק את תשובתך.

ב. הגרף של מתח העצירה כפונקציה של תדירות הקרינה הוא קו ישר שחותך את הציר האופקי (ציר התדירויות) בתדירות מסוימת. הסבר מדוע היא נקראת "תדירות הסף".

ג. מה היה הזרם בין הדקי התא הפוטואלקטרי כאשר המתח שמדדת על-ידי הוולטמטר היה מתח העצירה? נמק את תשובתך.