



## האפקט הפוטואלקטרי

### מבוא:

### התיאוריה הקוונטית של פלאנק:

בשלהי המאה ה-19 סברו פיסיקאים רבים כי מצאו הסברים לרוב העקרונות החשובים ביקום וגילו את כל חוקי הטבע. אך ככל שהמחקר המדעי התקדם, גבר הקושי לתת הסברים מניחים את הדעת לתופעות של חוסר עקביות שהופיעו במספר תחומי מחקר. בשנת 1901 פרסם פלאנק את חוק הקרינה שלו, ובו הוא טען שלכל מתנד (תדר), או כל מערכת פיסיקאלית התואמת למתנד, יש מספר שלם של ערכי אנרגיה (מספר שלם של פוטונים). פליטה כזו תאמה את התפלגות העומה שהוא מדד. עוד טען פלאנק, כי פליטה ובליעה של קרינה קשורה ישירות במעברים בין שתי רמות אנרגיה שונות של הגוף הפולט. האנרגיה שהמתנד הרוויח או הפסיד, בעצם נבלעת או נפלטת ע"י המתנד בצורת מנת אנרגיית קרינה (קוואנט), וגודל מנה זו נתון במשוואת אנרגיית הפוטון:

$$E = h \cdot \nu$$

כאשר  $E$  היא אנרגיית הפוטון,  $\nu$  - תדר הקרינה, ו-  $h$  זהו קבוע יסודי בטבע אשר ידוע בשמו "קבוע פלאנק". קבוע פלאנק התגלה כבעל משמעות רבה, הרבה מעבר לכך שהוא מקשר בין תדר האור והאנרגיה שלו, והפך לאבן יסוד במכאניקה הקוונטית של העולם המיקרוסקופי התת-אטומי. בשנת 1918, קיבל פלאנק פרס נובל בעבור הצגת התיאוריה הקוונטית של האור.

### האפקט הפוטו-אלקטרי:

בפליטה פוטו-אלקטרית, נפלטים אלקטרונים מחומר מסוים כתוצאה מכך שאור פוגע בו. לפי תורת הגלים הקלאסית, ככל שעוצמת האור הפוגע גדלה, תגדל גם המשרעת (ולכן גם האנרגיה) של הגל, ודבר זה יגרום לכך שהפוטו-אלקטרונים שיפלטו יהיו יותר אנרגטיים. לעומתה, המודל הקוונטי החדש קובע שהפוטו-אלקטרונים שיפלטו יהיו יותר אנרגטיים דווקא אם התדר של האור הפוגע יהיה גבוה יותר, ללא קשר לעוצמתו, וכן שהגדלת העוצמה תגדיל רק את מספר הפוטו-אלקטרונים שיפלטו (כלומר - את הזרם הפוטו-אלקטרי). בתחילת המאה ה-20 מצאו כמה חוקרים שהאנרגיה הקינטית של הפוטו-אלקטרונים תלויה באורך הגל (הצבע), של האור הפוגע ולא תלויה בעוצמתו, בעוד שגודל הזרם החשמלי, או מספר הפוטו-אלקטרונים אכן תלוי בעוצמה, בדיוק כפי שצופה המודל הקוונטי. איינשטיין היה



זה אשר יישם את תיאורית פלאנק והסביר בעזרתה את האפקט הפוטו-אלקטרי במונחים של המודל הקוונטי. הוא השתמש במשוואתו הידועה אשר בעבורה גם קיבל את פרס נובל בשנת

$$E = h \cdot \nu = KE_{\max} + W_0 \quad 1921$$

כאשר  $KE_{\max}$  היא האנרגיה הקינטית של הפוטו-אלקטרונים הנפליטים, ו-  $W_0$  היא האנרגיה הדרושה בכדי "לעקור" אותם מפני השטח של החומר (פונקצית העבודה).  $E$  זוהי האנרגיה המסופקת ע"י מנת האור הידועה בשם "פוטון".

### ניסוי $h/e$ :

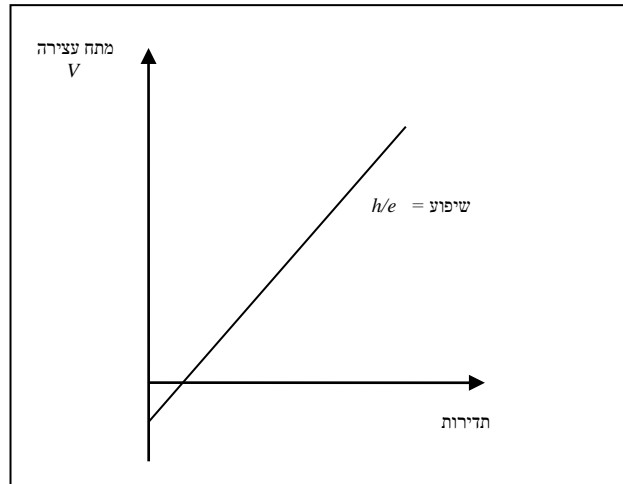
פוטון אור בעל אנרגיה  $h\nu$  פוגע באלקטרון אשר בקטודה שבשפופרת וואקום. האלקטרון משתמש באנרגיה המינימאלית  $W_0$  הדרושה לו בכדי לעזוב את הקטודה, ונשאר עם אנרגיה מקסימאלית  $KE_{\max}$  בצורת אנרגיה קינטית. לרוב, האלקטרון הנפלט מגיע לאנודה שבשפופרת וניתן למדוד אותו כזרם פוטו-אלקטרי, אך אם נספק מתח הפוך  $V$  בין האנודה והקטודה, (מתח העצירה) נוכל לעצור זרם פוטו-אלקטרי זה. לפיכך, ניתן לקבוע את  $KE_{\max}$  ע"י מדידת מתח העצירה  $V$  המינימאלי הדרוש בכדי לעצור לגמרי את הזרם הפוטו-אלקטרי. הקשר בין האנרגיה הקינטית לבין מתח העצירה נתון במשוואה

$$KE_{\max} = Ve$$

$$h\nu = Ve + W_0 \quad \text{- ולפי משוואת אינשטיין -}$$

$$V = (h/e)\nu - (W_0/e) \quad \text{- ופיתרון עבור } V \text{ יתן -}$$

את הגרף המתאר את  $V$  כנגד  $\nu$  ניתן לראות באיור 1. נקודת החיתוך של  $V$  עם ציר ה- $y$  היא  $-W_0/e$ , והשיפוע הוא  $h/e$ . לפי התוצאות הניסיוניות עבור היחס  $h/e$ , ולפי הערך הידוע למטען האלקטרון  $e = 1.602 \times 10^{-19} C$ , ניתן לקבוע את קבוע פלאנק  $h$ .



איור 1