

קרינה אלקטרומגנטית – צורה של העברת אנרגיה שבה שדה חשמלי ומגנטי נעים כגלים דרך תווך.

גל מורכב מ- crests – פסגות, הנקודות הגבוהות ביותר של הגל מעל הקו המרכזי, ומ- troughs, הנקודות הנמוכות ביותר של הגל מהקו המרכזי שלו. המרחק בין שתי פסגות של גל נקרא אורך הגל ומסומן ע"י האות λ .

תדירות היא כמות הפסגות אשר עוברות בנקודה מסוימת ביחס לזמן נתון. תדירות מסומנת ע"י האות ν (ני).

מהירות הקרינה האלקטרומגנטית הינה המהירות הקבועה בוואקום אשר מכונה מהירות האור ומסומנת ע"י האות c .

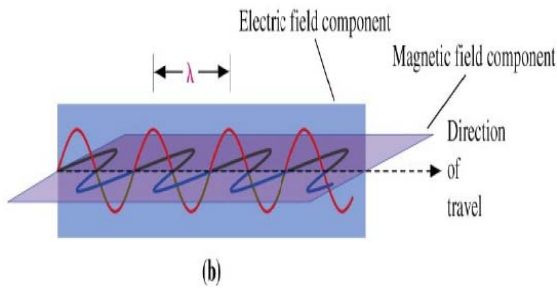
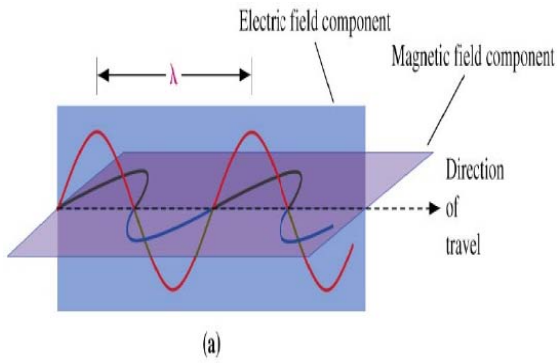
$$c = 3 * 10^8 \{m/s\}$$

אורך גל-

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \{m\}$$

תדירות –

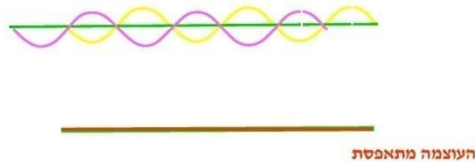
$$\nu = \frac{c}{\lambda} \left\{ \frac{1}{sec} \right\} \{hertz\}$$



התאבכות

התאבכות הורסת

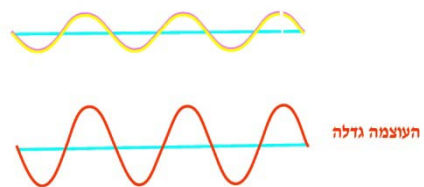
הפרש פאזה של 180°



התאבכות

התאבכות בונה

הפרש פאזה של 0°



נאמר כי כאשר שני גלים מתלכדים בפסגותיהם מתרחשת התאבכות בונה. כלומר, עוצמת הגל גדלה.

כאשר שני גלים מתלכדים והאחד נמצא בפסגה והשני בחלקו התחתון מתרחשת התאבכות הורסת וכתוצאה עוצמת הגל מתאפסת.

אורך הגל של קרינה אלקטרומגנטית הינו קצר יותר עבור תדירות גבוהה, ולעומת זאת אורך הגל הינו ארוך יותר בעבור תדירות נמוכה יותר.

נכתב ע"י דניאל זימלר ורותם ירמנוק

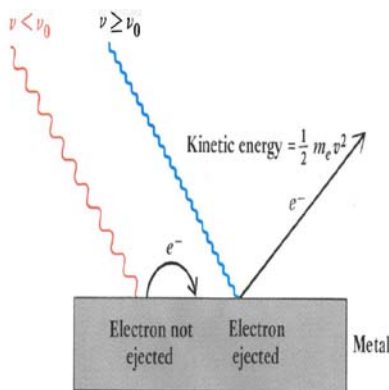
האפקט הפוטואלקטרי:

עפ"י פלנק האנרגיה של קרינה אלקטרומגנטית מבוטאת באמצעות:

$$E = h * \nu = h * \frac{c}{\lambda} \{joul\}$$

$$h = 6.62607 \times 10^{-34} \{j * sec\} = 6.62607 \times 10^{-27} \{erg * sec\}$$

האנרגיה של קרינה אלקטרומגנטית הינה פרופורציונאלית לתדירות של הקרינה. כלומר, ככל שתדירותה של הקרינה האלקטרומגנטית גדולה יותר כך עוצמת האנרגיה שלה גדולה יותר.



האפקט הפוטואלקטרי הינו אפקט פיזיקלי שבו נפלטים אלקטרונים מפני מתכת כאשר פוגעת בה קרינה אלקטרומגנטית ונבלעת בה.

פליטת האלקטרו תתרחש בתנאי אחד:

- אלקטרון יפלט מהמתכת בעת הפגיעה של הקרינה האלקטרומגנטית במידה ותדירותה של הקרינה הפוגעת יהיה גבוה יותר מתדירות הסף (המסומנת עי האות ν_0) של המתכת. כלומר, עבור כל מתכת קיימת תדירות סף המייחדת אותה, קרינה אלקטרומגנטית אשר תפגע במתכת ולה תדירות נמוכה יותר מתדירות הסף של המתכת לא יגרום לפליטת אלקטרונים ממנה.

כאשר תנאי זה מתקיים כלומר, $\nu > \nu_0$, נבחין במספר תכונות:

1. מספר האלקטרונים הנפלטים תלוי בעוצמת הקרינה הפוגעת (מספר הפוטונים ולא באנרגיית הקרינה).
2. האנרגיה הקינטית של האלקטרונים הנפלטים תלויה באנרגיית הקרינה הפוגעת (ולא בעוצמתה).

רעיון כי האור נישא במנות בדידות, כלומר באמצעות "חלקיקים", התפתח ע"י התורה של איינשטיין וזה קרא להם פוטונים.

איינשטיין נתן פירוש לנוסחה של פלנק, כאשר קבע כי אנרגיית פוטון אחד הינה $E_{photon} = h * \nu$. כאמור ניתן לומר מהנוסחה כי האנרגיה של פוטון אחד הינה פרופורציונאלית לתדירות של הקרינה.

עפ"י המודל של האפקט הפוטואלקטרי אנרגיה של פוטון $h * \nu$, פוגעת במשטח אשר לו קשור האלקטרון וזה סופג את אנרגיה שלו. על-מנת שאלקטרון יוכל להשתחרר מהמשטח על אנרגיית הפוטון הפוגע להיות גדולה יותר מאשר אנרגיית הקשר של האלקטרון.

על-מנת שאלקטרון יוכל להשתחרר מהמשטח בו הוא מחובר עליו לעשות זאת באמצעות אנרגיה אותו סופג מפגיעתו של פוטון אחד בחומר. אלקטרון אינו יכול לצבור אנרגיה ממספר פגיעות של פוטונים על מנת להתגבר על אנרגיית הסף הדרושה לשחרורו.

נוכל לסכם ולומר כי אנרגיית הסף הינה האנרגיה הנמוכה ביותר הדרושה לביצוע האפקט הפוטואלקטרי כלומר, שחרורו של אלקטרון, וכל אנרגיה נוספת/עודפת משמשת את האלקטרונים כאנרגיה קינטית עפ"י חוק שימור האנרגיה:

$$E = E_0 + E_K$$

אנרגיית הקרינה האלקטרומגנטית
↑
אנרגיית הסף הדרושה לשחרור אלקטרון.

$$\frac{1}{2} mu^2 = \text{האנרגיה הקינטית של הפוטואלקטרונים}$$

עפ"י המשוואה נוכל לפתח:

$$E_K = hv - hv_0 = \frac{1}{2} mu^2$$

מודל האטום של בוהר:

מטפל באטום מימן או באטומים דמויי מימן (מטען חיובי בגרעין ואלקטרון אחד סביבו).

הבעיות שניצבו בפני בוהר:

1. אלקטרונים ניחים הטעונים שלילית עפ"י חוקי הפיזיקה הקלאסית אמורים היו להימשך אל הגרעין הטעון חיובי (פרוטונים). כתוצאה על-מנת למנוע זאת האלקטרונים נעים בצורה מעגלית סביב הגרעין.
2. התנועה המעגלית סביב הגרעין אמורה לפלוט אנרגיה וכתוצאה תיווצר תנועה ספירלית מאיבוד האנרגיה של האלקטרונים שתוביל בסופו של דבר לקריסתם לגרעין.

עקרונות היסוד של המודל

1. האלקטרונים אינם יכולים לנוע בכל מסלול מעגלי סביב הגרעין, אלא רק באלו בהם התנע הזוויתי של האלקטרונים הוא כפולה שלמה של קבוע פלנק (לכל תנע זוויתי נתון יש מסלול יחיד שמקיים שיווי משקל בין הכוח הצנטריפוגלי לכוח קולון):

$$L = n * \frac{h}{2\pi}$$



אורביטל

2. האלקטרונים נעים בתנועה מעגלית סביב הגרעין. קרינה אלקטרומגנטית איננה נפלטת כאשר האלקטרון נע במסלול קבוע ועל-כן אינם קורסים לגרעין.
3. האנרגיה של אלקטרון ברמה מסוימת נקבעת עפ"י שווי משקל בין הכוח הצנטריפטלי (המתקבל מתנועתו המעגלית) לבין כוח המשיכה הקולוני בין מטען האלקטרון הטעון שלילי ומטען הגרעין הטעון חיובי.

4. האלקטרון יכול לעבור בין מסלולים מותרים. בתהליך המעבר נקלטת או נפלטת קוונטה של קרינה אלקטרומגנטית - פוטון. הקרינה נקלטת עבור מעבר למסלול בו האנרגיה גדולה מהאנרגיה במסלול הנוכחי, ונפלטת עבור מעבר למסלול בו האנרגיה קטנה יותר.

אנרגיית הפוטון שנבלע או נפלט (בהתאם לתהליך) שווה בדיוק להפרש בין רמות האנרגיה שמעורבות בתהליך כלומר, שבניהן התרחש המעבר.

עפ"י המודל של בוהר רמות האנרגיה (אורביטלים) המותרות של האלקטרון ממוספרות $n = 1, 2, 3, 4, \dots$ מספרים אלו נקראים מספרים קוונטים, כאשר רמת האנרגיה, $n = 1$, נקראת מצב היסוד, וכל רמה אחרת הגדולה ממנה כלומר, $n = 2, 3, 4, \dots$, נקראים מצבים מעורערים.

התיאוריה של בוהר מאפשרת לחשב את הרדיוס של האורביטלים הללו בעבור אטום המימן או אטומים הדומים לו (כאמור, אטומים בעלי אלקטרון אחד בלבד) עפ"י הנוסחה הבאה:

$$r_n = \frac{n^2}{Z} * a_0$$

מספר הרמה $n = 1, 2, 3, \dots$

$$a_0 = 0.5292nm \cong 0.5 \text{ \AA}$$

מס' הפרוטונים בגרעין האטום Z

כמו כן בעזרת התיאוריה נוכל לחשב את מהירות האלקטרון בכל אורביטל וכן את האנרגיה שלה.

כאשר האלקטרון נמצא מחוץ להשפעתו של הגרעין ($n = \infty$) האנרגיה שלו $E_\infty = 0$.

כאשר אלקטרון חופשי נמשך לגרעין ומתקבע באורביטל מסוים n האנרגיה של האלקטרון הופכת להיות שלילית ונקבעת עפ"י משוואת אנרגיית הרמה ה- n :

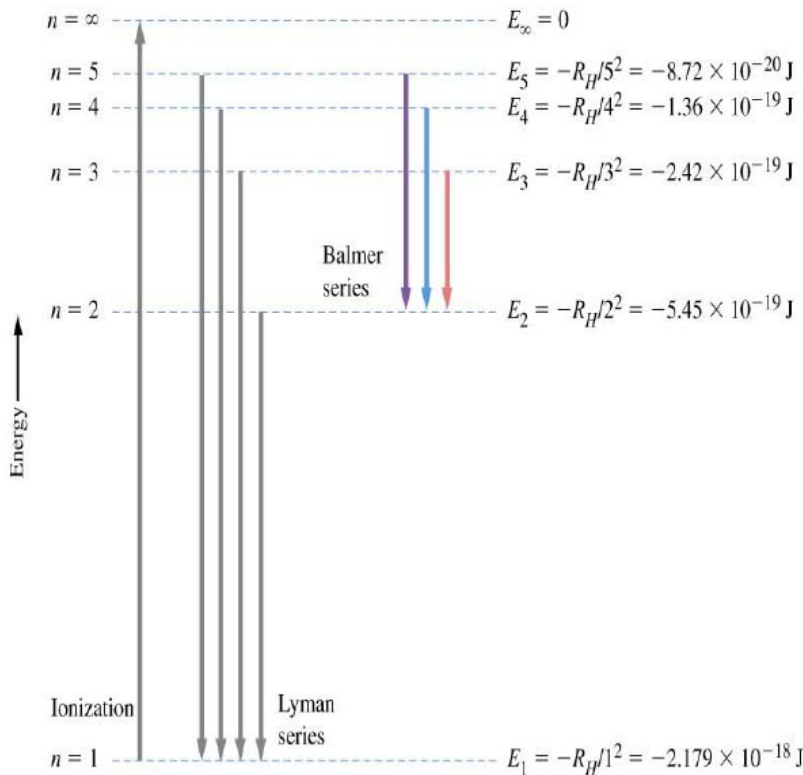
כאשר: $n = 1, 2, 3, \dots$ מספר הרמה Z מס' הפרוטונים בגרעין האטום

$$E_n = -R_H * \frac{Z^2}{n^2}$$

R_H - קבוע רידנברג.

$$\begin{aligned} R_H &= 2.18 \times 10^{-18} \{j\text{aule}\} = 2.18 \times 10^{-11} \{e\text{rg}\} = 109678 \left\{ \frac{1}{\text{cm}} \right\} \\ &= 3.29 \times 10^{15} \left\{ \frac{1}{\text{sec}} \right\} = 13.6 e \end{aligned}$$

בעזרת הנוסחה בעמוד קודם נוכל לחשב את כמות האנרגיה של הרמות המותרות, האורביטלים, באטום המימן ודומיו.



במצב היסוד של אטום המימן האלקטרון נמצא באורביטל הקרוב ביותר לגרעין כלומר, $n = 1$, זוהי רמת האנרגיה הנמוכה ביותר.

כאשר אלקטרון מקבל קוונטום של אנרגיה הוא עובר לרמת אנרגיה גבוהה יותר, אורביטל גבוהה יותר ($n = 2, 3, \dots$), במצב זה האלקטרון נמצא במצב מעורער.

כאשר אלקטרון עובר מאורביטל גבוהה יותר לאורביטל נמוך יותר (או להפך), כמות ייחודית של אנרגיה נפלטת וזו שווה בדיוק להפרש בין רמות האנרגיות של שני האורביטלים המעורבים בתהליך.

מהמשוואה המתוארת בע"מ קודם נוכל לפתח משוואה (משוואת רידנברג) אשר תתאר את הפרש האנרגיה בין שני אורביטלים שונים בו ימצא האלקטרון, כאשר n_f מתאר את האורביטל הסופי ואילו n_i את המצב ההתחלתי שלו.

$$\Delta E = E_f - E_i = R_H * Z^2 \left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right) = 2.18 \times 10^{-18} \{j\} * Z^2 \left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right)$$

כאשר:

R_H - הינו קבוע רידנברג.

Z - מציין את מספר הפרוטונים בגרעין.

אנרגיית הפוטון בין אם נספגת או נפלטת מחושבת עפ"י משוואת פלנק, כלומר:

$$\Delta E = E_{\text{photon}} = h\nu$$

אנרגיית יוניזציה:

המודל של בוהר מסביר את התופעה שנקראת יוניזציה, הפיכת אטום ליון. זהו מקרה מיוחד שבו האנרגיה של הפוטון המגיבה עם אטום מספיק גדולה על-מנת לשחרר ממנו אלקטרון אחד.

ניתן לחשב את האנרגיה הדרושה ליוניזציה עפ"י משוואת רידנברג כאשר במקרה זה:

$$n_f = \infty$$

כלומר עפ"י המשוואה:

$$\Delta E = R_H * Z^2 \left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right) = R_H * Z^2 \left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{\infty} \right) = R_H * Z^2 \left(\frac{1}{n_i^2} \right)$$

אורך גל דה-ברולי:

אורך גל דה – ברולי ניתן לחישוב עפ"י המשוואה הבאה:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m_e * v}$$

p – תנע

m_e – מסת האלקטרון

V – מהירות האלקטרון

התנע הזוויתי:

$$m * v * r = \frac{n * h}{2\pi}$$