

מודלים של האטום והגרעין

קרינה וחומר - כרך ג



עדי רוזן

תוכן העניינים

פרק א: עובדות אודות החומר	217
פרק ב: מודלים קלאסיים של האטום	219
פרק ג: מודל האטום של בוהר	221
פרק ד: הדואליות של חלקיקים חומריים	235
פרק ה: מבנה הגרעין	238
פרק ו: אנרגיית קשר גרעינית	241
פרק ז: רדיואקטיביות	244
פרק ח: תגובות גרעיניות	255
מבחנים	262

פרק א - עובדות אודות החומר

1. א. הגז הקלוש כולל גם יונים חיוביים (אחרת לא ייוצרו קרני קתודה). כאשר מפעילים מתח גבוה בין קצות השפופרת - היונים החיוביים מואצים לעבר הקתודה, פוגעים בה וכתוצאה מכך נעקרים אלקטרונים. זרם אלקטרונים אלה הוא קרני הקתודה.

חלק מהאלקטרונים הנעקרים פוגעים באטומי הגז, מייננים אותם והופכים אותם ליונים חיוביים. גם יונים אלה מואצים לעבר הקתודה, ועוקרים ממנה עוד אלקטרונים.
ב. כאשר מרוקנים את השפופרת מהגז אין יונים שיואצו לעבר הקתודה ויעקרו ממנה אלקטרונים.

2. נכתוב את נוסחת עבודה-אנרגיה עבור האצת האלקטרונים מהקתודה לאנודה. נסתמך על כך שהאלקטרונים יצאו מהקתודה עם אנרגיה קינטית אפסית:

$$(1) \quad eV = \frac{mv^2}{2}$$

החוק השני של ניוטון לגבי תנועת האלקטרונים בשדה המגנטי:

$$(2) \quad Bev = \frac{mv^2}{r}$$

מקשרים (1) ו-(2) נקבל:

$$(3) \quad \frac{e}{m} = \frac{2V}{B^2 r^2}$$

נציב ערכים מספריים בקשר (3) ונקבל:

$$\frac{e}{m} = \frac{2 \cdot 2600}{(0.98 \cdot 10^{-3})^2 \cdot (0.17)^2} = 1.87 \cdot 10^{11} \frac{C}{kg}$$

$$\frac{e}{m} = 1.75882 \cdot 10^{11} \frac{C}{kg} \quad \text{על פי ערכי } e \text{ ו-} m \text{ הידועים כיום:}$$

3. 1. על ידי הטלת קרינה על המתכת (אפקט פוטואלקטרי) - פוטואלקטרונים.

2. כתוצאה מפגיעת קרני תעלה בקתודה של שפופרת התפרקות.

3. כתוצאה מחימום המתכת (קתודת להט) - תרמואלקטרונים.

4. א. זרם הרוויה מתקבל כאשר מספר האלקטרונים המגיעים לאנודה בכל שנייה שווה למספר האלקטרונים הנפלטים בכל שנייה מהקתודה.

ב. במתחים נמוכים "ענן" האלקטרונים נע לאט, לכן חלק מהאלקטרונים הנפלטים מן הקתודה נידחים על ידו, וחוזרים לקתודה.

ג. בטמפרטורה גבוהה של הקתודה נפלטים ממנה בכל שנייה יותר אלקטרונים מאשר בטמפרטורה נמוכה יותר.

ד. בתא פוטואלקטרי, כמו בדיודת ריק, זרם הרוויה מתקבל כאשר מספר האלקטרונים הנפלטים מהפולט ביחידת זמן שווה למספר האלקטרונים המגיעים ביחידת זמן לקולט.

ה. אפשר להגדיל את זרם הרוויה באפקט הפוטואלקטרי על ידי הגדלת עוצמת ההארה של הפולט (למשל על ידי קירוב מקור האור לפולט).

5. נוסחת בלמר המורחבת:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$R_H = 1.096776 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$$

סדרת לימן מתאימה ל- $m = 1$ (ראה בספר לתלמיד, טבלה 1 בפרק ב). הקו הספקטרי הראשון מתאים ל- $n = 2$ (המספר הטבעי הראשון אחרי m), לכן:

$$\frac{1}{\lambda_1} = 1.096776 \cdot 10^7 \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right)$$

$$\lambda_1 = 121.6 \cdot 10^{-9} \text{ m} = \mathbf{121.6 \text{ nm}}$$

הקו הספקטרי האחרון מתאים ל- $n = \infty$, לכן:

$$\frac{1}{\lambda_\infty} = 1.096776 \cdot 10^7 \left(\frac{1}{1^2} - 0 \right)$$

$$\lambda_\infty = 91.2 \cdot 10^{-9} \text{ m} = \mathbf{91.2 \text{ nm}}$$

6. הנתון שפלט את הקרינה נמצא במצב צבירה של **גז** (אדי נתרן), והעדות לכך היא שהספקטרום הוא בדיד ולא רציף.

7. דוגמה להשערה: אטמוספירת הארץ היא זו שבולעת את אורכי הגל שחסרים בספקטרום אור השמש.

בחינת השערה: אפשר לבחון את הספקטרום של אור השמש ממקום שנמצא מעל לאטמוספירה.

השערה אחרת: אטמוספירת השמש היא זו שבולעת את אורכי הגל שחסרים בספקטרום השמש.

8. אטום קריפטון כבד יותר, כי הטבלה המחזורית בנויה בסדר עולה של המשקל האטומי.

9. נחשב את הנפח V , של המדגם:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{55.847}{7.87} \approx 7.1 \text{ cm}^3$$

נחשב את הנפח "שתופס" אטום אחד:

$$V_1 = \frac{V}{N_A} = \frac{7.1}{6.02 \cdot 10^{23}} = 1.18 \cdot 10^{-23} \text{ cm}^3$$

אם האטום הוא כדור שנפחו $1.18 \cdot 10^{-23} \text{ cm}^3$, אז רדיוסו, r , מקיים:

$$V_1 = \frac{4}{3} \pi r^3 \Rightarrow r = \sqrt[3]{\frac{3V_1}{4\pi}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 1.18 \cdot 10^{-23}}{4\pi}}$$

$$r \approx 1.4 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$$

לכן קוטר אטום ברזל הוא בערך $\mathbf{2.8 \cdot 10^{-10} \text{ m}}$.

הערה: החישוב לעיל הוא מקורב, כי אם לאטום צורה כדורית, ונניח אף שכל האטומים "ארוזים" כך שהם נוגעים זה בזה, אז סכום הנפחים של האטומים אינו שווה לנפח המדגם, אלא קטן ממנו, כי בין האטומים (שצורתם כדורית) יש תחומים ששייכים לנפח הכולל V , אך אינם שייכים לאטומים.