

פרק ה - מבנה הגרעין

1. הכוח המגנטי הפועל על יון הנע לאורך קו ישר בבורר מהירויות, שווה בגודלו לכוח החשמלי הפועל עליו:

$$(1) \quad F_B = F_E \Rightarrow Bev = eE \Rightarrow Bv = E$$

$$(2) \quad E = \frac{V}{d} \quad \text{גודל השדה החשמלי בין לוחות טעונים:}$$

נציב את (2) ב-(1) ונקבל:

$$Bv = \frac{V}{d} \Rightarrow V = Bvd = 0.5 \cdot 5 \cdot 10^6 \cdot 10^{-3} = \mathbf{2,500 \text{ V}}$$

2. הכוחות החשמלי והמגנטי הפועלים על יונים הנעים בבורר מהירויות במהירות v שווים בגודלם:

$$(1) \quad Bqv = qE$$

על יונים שמהירותם גדולה מ- v (המופיע בקשר (1)) הכוח החשמלי שווה לזה הפועל על יונים שמהירותם v , אך הכוח המגנטי גדול יותר. לכן יונים שמהירותם גדולה מ- v ייסחפו בכיוון מנוגד לכיוון השדה החשמלי, כלומר לעבר **הלוח החיובי** של זוג הלוחות.

3. לשני איזוטופים של אותו יסוד אותו מספר פרוטונים בגרעינים (לכן אותם מספרי אלקטרונים), אך מספרי הנייטרונים בגרעינים שונים.

4. א. גרעין ${}^{238}_{92}\text{U}$ מורכב מ-92 פרוטונים ומ-146 = 238 - 92 נייטרונים.
ב. יש באטום 92 אלקטרונים.

5. האפשרות הנכונה היא (2).

6. האטומים שסמליהם ${}^1_1\text{X}$ ו- ${}^3_1\text{Y}$ מסמנים איזוטופים של אותו יסוד, כי יש להם אותו מספר פרוטונים בגרעין (פרוטון אחד).

7. בתנועת יונים בשדה מגנטי מתקיים, על פי החוק השני של ניוטון:

$$Bqv = \frac{mv^2}{r}$$

$$(1) \quad v = \frac{Bqr}{m} \quad \text{לכן:}$$

$$(2) \quad qV = \frac{mv^2}{2} \quad \text{בשלב האצת היונים:}$$

$$qV = \frac{m \cdot B^2 q^2 r^2}{2m^2} \Rightarrow V = \frac{B^2 q r^2}{2m} \quad \text{נציב את (1) ב-(2) ונקבל:}$$

$$V = \frac{(0.3)^2 \cdot (1.6 \cdot 10^{-19}) \cdot (0.05)^2}{2 \cdot 8.021936 \cdot 1.66 \cdot 10^{-27}} \approx \mathbf{1350 \text{ V}}$$

$$Bqv = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow r = \frac{mv}{qB} \quad 8. \text{ במסלול מעגלי:}$$

נסמן r_1 - רדיוס המסלול של ליתיום-6, ו- r_2 - רדיוס המסלול של ליתיום-7.

$$\frac{r_2}{r_1} = \frac{m_2}{m_1} = \frac{7.015454}{6.014572} \approx 1.166$$

כלומר ליון ליתיום-7 רדיוס מסלול גדול פי 1.166 מזה של יון ליתיום-6.

9. בשלב ההאצה, עבודת השדה החשמלי על יון שווה לשינוי באנרגיה הקינטית:

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

החוק השני של ניוטון עבור תנועת יון בשדה המגנטי:

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

$$(3) \quad r = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2Vm}{e}} \quad \text{מ- (1) ו- (2) נקבל:}$$

נסמן: m_1 ו- m_2 - מסות יוני האיזוטופים $^{10}_5\text{B}$ ו- $^{11}_5\text{B}$ בהתאמה.

r_1 ו- r_2 - רדיוסי המסלולים המעגליים של האיזוטופים $^{10}_5\text{B}$ ו- $^{11}_5\text{B}$ בהתאמה.

$$(4) \quad r_1 = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2Vm_1}{e}} \quad \text{על פי (3):}$$

$$(5) \quad r_2 = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2Vm_2}{e}}$$

מ- (4) ו- (5) נקבל:

$$r_2 - r_1 = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2V}{e}} (\sqrt{m_2} - \sqrt{m_1})$$

נציב ערכים:

$$r_2 - r_1 = \frac{1}{0.2} \sqrt{\frac{2 \cdot 3000}{1.6 \cdot 10^{-19}}} (\sqrt{11.008756 \cdot 1.66 \cdot 10^{-27}} - \sqrt{10.012388 \cdot 1.66 \cdot 10^{-27}})$$

$$r_2 - r_1 = 6.1 \text{ mm}$$

$$2r_2 - 2r_1 = 12.2 \text{ mm}$$

המרחק בין שתי נקודות הפגיעה הוא:

10. כאשר חלקיק ה- α מתקרב אל אטום הזהב, אך נמצא עדיין מחוץ לאטום, אפשר לחשב את השדה החשמלי שאטום מפעיל על חלקיק ה- α כאילו כל מטען האטום מרוכז במרכז האטום. השדה הזה שווה לאפס, כי המטען הכולל של האטום שווה לאפס.

כאשר חלקיק ה- α חוצה את האלקטרונים, ונכנס לתוך תחום האטום - השדה הכולל של האלקטרונים בתוך האטום שווה לאפס, כי אפשר לראות את האלקטרונים כמטען חשמלי הנמצא על שפת כדור מוליך. בתנועתו בתוך תחום האטום, על חלקיק ה- α פועל כוח דחייה שמקורו בגרעין האטום. כח זה מקטין את מהירות חלקיק ה- α , עד שהוא נעצר רגעית במרחק r מן הגרעין.

מבחינה אנרגטית, כאשר חלקיק ה- α היה רחוק מאטום הזהב, האנרגיה שלו היתה קינטית, ובעצירה הרגעית האנרגיה הומרה כולה לפוטנציאלית חשמלית. לכן:

$$E_k = k \frac{q_\alpha \cdot q_{Au}}{r} \Rightarrow r = k \frac{q_\alpha \cdot q_{Au}}{E_k}$$

$$r = 9 \cdot 10^9 \frac{(2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}) \cdot (79 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19})}{7 \cdot 10^6 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}}$$

$$r = 32.5 \cdot 10^{-15} \text{ m} = 32.5 \text{ fm}$$

פתרון המשוואה:

11. א.

ב. כן, יש לאיזוטופים אותו מספר פרוטונים בגרעין, לכן גם אותו מספר אלקטרונים (8 אלקטרונים).

ג. כן, כי לכל האיזוטופים אותו מספר פרוטונים בגרעין (8 פרוטונים).

ד. נחשב את מסת המדגם, M , ביחידה u :

מסה אטומית (u)	שכיחות יחסית (%)	האיזוטופ
15.994915	99.76	$^{16}_8\text{O}$
16.999131	0.04	$^{17}_8\text{O}$
17.99916	0.2	$^{18}_8\text{O}$

$$M = \frac{10^{27} \cdot 99.76 \cdot 15.994915 + 10^{27} \cdot 0.04 \cdot 16.999131 + 10^{27} \cdot 0.2 \cdot 17.99916}{100}$$

$$M = 10^{27} \cdot 15.999325 \text{ u}$$

עתה נבטא את המסה ביחידה kg :

$$M = 10^{27} \cdot 15.999325 \cdot 1.6605402 \cdot 10^{-27} \approx \mathbf{26.5675 \text{ kg}}$$

12. אטום מורכב מגרעין ומאלקטרונים הנעים סביבו. כדי שאלקטרונים "יוחזקו" על ידי גרעין, הגרעין צריך לכלול לפחות פרוטון אחד, לכן אינו יכול להיות מורכב מנייטרונים בלבד.

13. נוכחות נייטרונים בגרעין האטום תורמת ליציבות הגרעין, כי בין הנייטרונים לבין עצמם פועלים כוחות משיכה גרעיניים, כמו גם בין פרוטונים לבין עצמם ובין פרוטונים לבין נייטרונים. אבל בניגוד לפרוטונים, לא פועלים בין נייטרונים כוחות דחייה חשמליים.

14. על פי חוק קולון:

$$F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{(1.6 \cdot 10^{-19}) \cdot (1.6 \cdot 10^{-19})}{(2 \cdot 10^{-15})^2}$$

$$\mathbf{F = 57.6 \text{ N}}$$