

פרק ו - אנרגיית קשר גרעינית

1. א. (1) האנרגיה (האטומית) של אטום מימן ברמת היסוד היא -13.6 eV .

(2) אנרגיית הקשר (האטומית) של אטום מימן (אנרגיית היינון), E_B , היא:

$$E_B = 0 - (-13.6) = +13.6 \text{ eV}$$

ב. אם רמת האפס של האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית אינה נבחרת באינסוף אזי:

(1) האנרגיה האטומית תהיה שונה מ- -13.6 eV , כי היא מורכבת מאנרגיה קינטית ומאנרגיה פוטנציאלית

חשמלית, והאנרגיה הפוטנציאלית החשמלית תלויה בבחירה של מיקום רמת האפס.

(2) אנרגיית הקשר תשאר $+13.6 \text{ eV}$; השינוי בבחירת מיקום רמת האפס של האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית

משפיע על האנרגיה האטומית ועל האנרגיה באינסוף, אך **הפרש** האנרגיות אינו משתנה.

2. האפשרות הנכונה היא (1).

3. א. אנרגיית מערכת הארץ והלוויין:

$$E = -\frac{GMm}{2r} = -\frac{6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24} \cdot 500}{2(6.4 \cdot 10^6 + 0.3 \cdot 10^6)} = -1.5 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

ב. אנרגיית הקשר:

$$E_B = 0 - E = 0 - (-1.5 \cdot 10^{10}) = +1.5 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

4. משפט א אינו נכון; אנרגיית הקשר של מערכת הוא גודל קבוע, ואילו האנרגיה של המערכת תלויה במיקום רמת האפס.

משפט ב אינו נכון; כאשר משנים את מיקום רמת האפס - אנרגיית המערכת משתנה וכן האנרגיה במצב הלא קשור, אולם הפרש האנרגיה אינו משתנה.

משפט ג נכון

משפט ד אינו נכון; אנרגיית הקשר תמיד חיובית, כי נדרשת עבודה חיובית להביא את המערכת ממצב קשור למצב שאינו קשור.

5. א. גדולה

ב. גדולה

6. המשפט הנכון הוא (3).

7. גרף (2).

8. נחשב את מסת הגרעין של האטום ${}^2_1\text{H}$:

$$m({}^2_1\text{H}) = M({}^2_1\text{H}) - m_e$$

$$m({}_1^2\text{H}) = 2.014101 - 0.000549 = 2.013552 \text{ u}$$

נחשב את השינוי במסה כאשר מפרקים גרעין ${}_1^2\text{H}$ למרכיביו:

$$\Delta m = m_p + m_n - m({}_1^2\text{H}) = 1.007276 + 1.008665 - 2.013552$$

$$\Delta m = 0.002389 \text{ u}$$

נחשב את האנרגיה השקולה לגידול זה במסה:

$$\Delta E (\text{MeV}) = \Delta m (\text{u}) \cdot 931.4943261 = 0.002389 \cdot 931.4943261 = 2.225340 \text{ MeV}$$

$$\frac{E_B}{A} = \frac{64.751253}{10} = 6.475125 \text{ MeV} \quad \text{9. אנרגיית קשר ממוצעת לנוקלאון בור-10:}$$

$$\frac{E_B}{A} = \frac{76.205850}{11} = 6.927805 \text{ MeV} \quad \text{אנרגיית קשר ממוצעת לנוקלאון בור-11:}$$

$$E_B = 7.976240 \cdot 16 = 127.619841 \text{ MeV} \quad \text{10. חמצן-16:}$$

$$E_B = 7.767137 \cdot 18 = 139.808467 \text{ MeV} \quad \text{חמצן-18:}$$

11. א. נחשב את מסת הגרעין ${}_6^{12}\text{C}$ (מסת האטום היא 12 u):

$$m({}_6^{12}\text{C}) = 12 - 6m_e = 12 - 6 \cdot 0.000549 = 11.99671 \text{ u}$$

נחשב את הגידול במסה כאשר מפרקים גרעין ${}_6^{12}\text{C}$ למרכיביו:

$$\Delta m = 6m_p + 6m_n - m({}_6^{12}\text{C}) = 6 \cdot 1.007276 + 6 \cdot 1.008665 - 11.99671$$

$$\Delta m = 0.098936 \text{ u}$$

נחשב את האנרגיה השקולה לגידול זה במסה:

$$E_B (\text{MeV}) = \Delta m (\text{u}) \cdot 931.4943261 \frac{\text{MeV}}{\text{u}} = 0.098936 \cdot 931.4943261 = 92.15832 \text{ MeV}$$

המשמעות של ערך זה: יש להשקיע אנרגיה בת 92 MeV כדי לפרק גרעין ${}_6^{12}\text{C}$ ל-12 מרכיביו.

ב. אנרגיית הקשר הממוצעת לנוקלאון:

$$\frac{E_B}{A} = \frac{92.15832}{12} \approx 7.68 \text{ MeV}$$

המשמעות של ערך זה: נדרשת אנרגיה בת 7.68 MeV בממוצע כדי לעקור נוקלאון אחד מהגרעין ${}_6^{12}\text{C}$.

12. נחשב את מסת הגרעין של ${}_2^4\text{He}$:

$$m({}_2^4\text{He}) = 4.00260 - 2 \cdot m_e = 4.00260 - 2 \cdot 0.000549 = 4.001502 \text{ u}$$

נחשב את השינוי במסה כאשר מפרקים גרעין ${}_2^4\text{He}$ למרכיביו:

$$\Delta m = 2m_p + 2m_n - m({}_2^4\text{He}) = 2 \cdot 1.007276 + 2 \cdot 1.008665 - 4.001502$$

$$\Delta m = 0.03038 \text{ u}$$

נחשב את האנרגיה השקולה לגידול זה במסה:

$$E_B \text{ (MeV)} = \Delta m \text{ (u)} \cdot 931.4943261 = 0.03038 \cdot 931.4943261 = 28.298798 \text{ MeV}$$

אנרגיית קשר ממוצעת לנוקלאון:

$$\frac{E_B}{A} = \frac{28.298798}{4} = 7.074700 \text{ MeV}$$

13. א. נחשב את מסת הגרעין של $^{40}_{20}\text{Ca}$:

$$m(^{40}_{20}\text{Ca}) = 39.962591 - 20 \cdot m_e = 39.962591 - 20 \cdot 0.000549 = 39.95161 \text{ u}$$

נחשב את השינוי במסה כתוצאה מפרוק גרעין $^{40}_{20}\text{Ca}$ למרכיביו:

$$\Delta m = 20m_p + 20m_n - m(^{40}_{20}\text{Ca})$$

נחשב את האנרגיה השקולה לגידול זה במסה:

$$\Delta m = 20 \cdot 1.007276 + 20 \cdot 1.008665 - 39.95161 = 0.36721 \text{ u}$$

$$E_B \text{ (MeV)} = \Delta m \text{ (u)} \cdot 931.4943261 = 0.36721 \cdot 931.4943261 = \mathbf{342.05403 \text{ MeV}}$$

ב. נחשב את מסת הגרעין $^{235}_{92}\text{U}$:

$$m(^{235}_{92}\text{U}) = 235.043924 - 92 \cdot m_e = 235.043924 - 92 \cdot 0.000549 = 234.993416 \text{ u}$$

נחשב את השינוי במסה כתוצאה מפרוק גרעין $^{235}_{92}\text{U}$ למרכיביו:

$$\Delta m = 92m_p + 143m_n - m(^{235}_{92}\text{U}) = 92 \cdot 1.007276 + 143 \cdot 1.008665 - 234.993416$$

$$\Delta m = 1.915071 \text{ u}$$

נחשב את האנרגיה השקולה לגידול זה במסה:

$$\Delta E \text{ (MeV)} = \Delta m \text{ (u)} \cdot 931.4943261 = 1.915071 \cdot 931.4943261 = 1,783.877771 \text{ MeV}$$

ג. נחשב את אנרגיית הקשר הממוצעת לנוקלאון של גרעין $^{40}_{20}\text{Ca}$:

$$\frac{E_B}{A} = \frac{342.05403}{40} \approx 8.55 \text{ MeV}$$

נחשב את אנרגיית הקשר הממוצעת לנוקלאון של גרעין $^{235}_{92}\text{U}$:

$$\frac{E_B}{A} = \frac{1,783.877771}{235} = 7.59 \text{ MeV}$$

גרעין $^{40}_{20}\text{Ca}$ יציב יותר, כי אנרגיית הקשר הממוצעת שלו לנוקלאון גדולה יותר.