

Tổng hợp kiến thức: Năng lượng ion hóa và xu hướng biến đổi trong bảng tuần hoàn

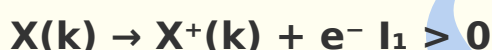
Năng lượng ion hóa là một đại lượng quan trọng trong hóa học, giúp chúng ta hiểu rõ hơn về khả năng nhường electron của một nguyên tử, từ đó dự đoán tính kim loại, tính phi kim và khả năng phản ứng của các nguyên tố.

1. Khái niệm Năng lượng ion hóa (I)

1.1. Năng lượng ion hóa thứ nhất (I_1)

- **Định nghĩa:** Năng lượng ion hóa thứ nhất (I_1) của một nguyên tử là năng lượng tối thiểu cần thiết để tách electron thứ nhất ra khỏi nguyên tử ở trạng thái cơ bản, trong pha khí.

- **Công thức tổng quát:**



Trong đó $X(k)$ là nguyên tử ở trạng thái khí, $X^+(k)$ là ion dương tương ứng.

- **Giải thích:**

- Quá trình này luôn cần cung cấp năng lượng, do đó giá trị năng lượng ion hóa luôn dương ($I > 0$).
- Đơn vị thường dùng là kJ/mol hoặc eV/nguyên tử ($1 \text{ eV} \approx 96.5 \text{ kJ/mol}$).

- Giá trị I_1 càng nhỏ, nguyên tử càng dễ nhường electron, tính kim loại càng mạnh. Ngược lại, I_1 càng lớn, nguyên tử càng khó nhường electron, tính phi kim càng mạnh.

• **Ví dụ minh họa:**

1. **Nguyên tử Sodium (Na):** Na có cấu hình electron $[\text{Ne}]3s^1$. Để tách electron $3s^1$ ra khỏi Na, cần một năng lượng là 496 kJ/mol.



2. **Nguyên tử Magnesium (Mg):** Mg có cấu hình electron $[\text{Ne}]3s^2$. Năng lượng cần để tách electron đầu tiên là 738 kJ/mol.



1.2. Năng lượng ion hóa thứ n (I_n)

- **Định nghĩa:** Năng lượng ion hóa thứ n (I_n) là năng lượng cần thiết để tách electron thứ n ra khỏi ion có điện tích $(n-1)+$ ở trạng thái khí.

- **Công thức tổng quát:**



- **Giải thích:**

- Sau khi mất đi một electron, ion dương được tạo thành có số proton không đổi nhưng số electron giảm đi. Lực hút của hạt nhân lên các electron còn lại mạnh hơn, do đó việc tách electron tiếp theo sẽ khó khăn hơn.
- Vì vậy, ta luôn có quy luật: $I_1 \ I_2 \ I_3 \ \dots \ I_n$.

- Sự chênh lệch giữa các giá trị I liên tiếp có thể rất lớn, đặc biệt khi electron bị tách ra thuộc lớp electron bên trong, đã bão hòa (cấu hình bền của khí hiếm).

• **Ví dụ minh họa:**

1. **Nguyên tử Aluminium (Al):** $Z=13$, cấu hình $[\text{Ne}]3s^23p^1$.

- $\text{Al}(\text{k}) \rightarrow \text{Al}^+(\text{k}) + \text{e}^- \quad I_1 = 578 \text{ kJ/mol}$ (tách e ở 3p)
- $\text{Al}^+(\text{k}) \rightarrow \text{Al}^{2+}(\text{k}) + \text{e}^- \quad I_2 = 1817 \text{ kJ/mol}$ (tách e ở 3s)
- $\text{Al}^{3+}(\text{k}) \rightarrow \text{Al}^{4+}(\text{k}) + \text{e}^- \quad I_3 = 2745 \text{ kJ/mol}$ (tách e còn lại ở 3s)
- $\text{Al}^{3+}(\text{k}) \rightarrow \text{Al}^{4+}(\text{k}) + \text{e}^- \quad I_4 = 11577 \text{ kJ/mol}$ (tách e ở lớp thứ 2, cấu hình Ne)

Nhận xét: Giá trị I_4 lớn hơn rất nhiều so với I_3 . Điều này cho thấy Al dễ dàng nhường 3 electron hóa trị để tạo ion Al^{3+} , nhưng rất khó để nhường electron thứ tư.

2. **Nguyên tử Magnesium (Mg):** $Z=12$, cấu hình $[\text{Ne}]3s^2$.

- $\text{Mg}(\text{k}) \rightarrow \text{Mg}^+(\text{k}) + \text{e}^- \quad I_1 = 738 \text{ kJ/mol}$
- $\text{Mg}^+(\text{k}) \rightarrow \text{Mg}^{2+}(\text{k}) + \text{e}^- \quad I_2 = 1451 \text{ kJ/mol}$
- $\text{Mg}^{2+}(\text{k}) \rightarrow \text{Mg}^{3+}(\text{k}) + \text{e}^- \quad I_3 = 7733 \text{ kJ/mol}$

Nhận xét: $I_3 \gg I_2$. Điều này giải thích tại sao trong các hợp chất, Mg thường có số oxi hóa +2 (tạo ion Mg^{2+}).

2. Các yếu tố ảnh hưởng đến Năng lượng ion hóa

Năng lượng ion hóa phụ thuộc chủ yếu vào lực hút giữa hạt nhân và electron lớp ngoài cùng. Các yếu tố sau đây ảnh hưởng đến lực hút này:

- **Điện tích hạt nhân (Z):** Khi Z tăng, lực hút của hạt nhân lên các electron (bao gồm cả electron ngoài cùng) tăng lên. Do đó, cần nhiều năng lượng hơn để tách electron.

Kết luận: Z càng lớn, I càng lớn (khi xét các yếu tố khác không đổi).

- **Bán kính nguyên tử (r):** Khi bán kính nguyên tử tăng, khoảng cách từ electron ngoài cùng đến hạt nhân tăng. Lực hút của hạt nhân lên electron này giảm đi. Do đó, cần ít năng lượng hơn để tách electron.

Kết luận: r càng lớn, I càng nhỏ.

- **Hiệu ứng chắn của các electron lớp trong:** Các electron ở lớp trong tạo ra một "lớp chắn" giữa hạt nhân và electron ngoài cùng, làm giảm lực hút hiệu dụng của hạt nhân. Càng nhiều lớp electron bên trong, hiệu ứng chắn càng mạnh, lực hút càng yếu.

Kết luận: Hiệu ứng chắn càng mạnh, I càng nhỏ.

- **Cấu hình electron:** Các nguyên tử có cấu hình electron bão hòa (ns^2) hoặc bán bão hòa (np^3 , nd^5) có độ bền cao hơn. Do đó, năng lượng ion hóa của chúng thường cao hơn so với các nguyên tử lân cận trong cùng chu kỳ.

Ví dụ: I_1 của Nitrogen ($2p^3$) lớn hơn I_1 của Oxygen ($2p^4$), I_1 của Beryllium ($2s^2$) lớn hơn I_1 của Boron ($2s^2 2p^1$).

3. Quy luật biến đổi Năng lượng ion hóa trong Bảng tuần hoàn

Sự biến đổi của các yếu tố trên dẫn đến quy luật biến đổi tuần hoàn của năng lượng ion hóa (chủ yếu xét I_1) trong bảng tuần hoàn.

VIDOCU.COM

Quy luật	Trong một chu kì (từ trái sang phải)	Trong một nhóm A (từ trên xuống dưới)

Xu hướng chung	Tăng dần	Giảm dần
Giải thích	• Điện tích hạt nhân (Z) tăng dần. • Số lớp electron không đổi. • Bán kính nguyên tử giảm dần. • Lực hút của hạt nhân lên electron ngoài cùng tăng mạnh. • => Cần nhiều năng lượng hơn để tách electron.	• Điện tích hạt nhân (Z) tăng dần. • Số lớp electron tăng dần. • Bán kính nguyên tử tăng nhanh. • Hiệu ứng chắn của electron lớp trong tăng mạnh. • => Lực hút của hạt nhân lên electron ngoài cùng giảm. • => Cần ít năng lượng hơn để tách electron.
Ví dụ	Chu kì 2: I_1 (kJ/mol) Li(520) B(801) Be(900) C(1086) O(1314) N(1402) F(1681) Ne(2081). <i>Lưu ý ngoại lệ: $I_1(Be) > I_1(B)$ và $I_1(N) > I_1(O)$ do cấu hình electron bền.</i>	Nhóm IA: I_1 (kJ/mol) Li(520) > Na(496) > K(419) > Rb(403) > Cs(376).

4. Ý nghĩa của Năng lượng ion hóa

1. So sánh tính kim loại - phi kim:

- **I_1 thấp:** Nguyên tử dễ nhường electron, thể hiện tính kim loại mạnh (ví dụ: các kim loại kiềm, kiềm thổ).
- **I_1 cao:** Nguyên tử khó nhường electron, thể hiện tính phi kim mạnh (ví dụ: các halogen, khí hiếm).

2. Dự đoán hóa trị và số oxi hóa phổ biến:

- Sự chênh lệch lớn giữa hai giá trị năng lượng ion hóa liên tiếp (I_n và I_{n+1}) cho thấy nguyên tử có xu hướng nhường n electron để đạt cấu hình bền vững. Từ đó, có thể dự đoán hóa trị và số oxi hóa đặc trưng của nguyên tố đó là $+n$.
- **Ví dụ 1: Sodium (Na)** có $I_1 = 496$ kJ/mol và $I_2 = 4562$ kJ/mol. Vì $I_2 \gg I_1$, Na rất dễ nhường 1 electron nhưng rất khó nhường electron thứ hai. Do đó, Na có xu hướng tạo ion Na^+ và có số oxi hóa đặc trưng là $+1$.
- **Ví dụ 2: Calcium (Ca)** có $I_1 = 590$, $I_2 = 1145$, $I_3 = 4912$ kJ/mol. Vì $I_3 \gg I_2$, Ca dễ dàng nhường 2 electron nhưng rất khó nhường electron thứ ba. Do đó, Ca có xu hướng tạo ion Ca^{2+} và có số oxi hóa đặc trưng là $+2$.

5. Bài tập ví dụ

Bài tập 1: Sắp xếp

Đề bài: Sắp xếp các nguyên tố sau theo chiều tăng dần năng lượng ion hóa thứ nhất: K ($Z=19$), Na ($Z=11$), Mg ($Z=12$), Al ($Z=13$).

Phân tích và giải:

1. Xác định vị trí trong bảng tuần hoàn:

- Na ($Z=11$): Chu kì 3, nhóm IA.
- Mg ($Z=12$): Chu kì 3, nhóm IIA.
- Al ($Z=13$): Chu kì 3, nhóm IIIA.
- K ($Z=19$): Chu kì 4, nhóm IA.

2. Áp dụng quy luật biến đổi:

- **So sánh Na và K:** Cùng nhóm IA, Na ở trên K. Theo quy luật trong một nhóm, I_1 giảm dần từ trên xuống. Vậy $I_1(\text{Na}) > I_1(\text{K})$.
- **So sánh Na, Mg, Al:** Cùng chu kì 3. Theo quy luật trong một chu kì, I_1 có xu hướng tăng dần. Vậy $I_1(\text{Na}) < I_1(\text{Mg})$ và $I_1(\text{Al})$. Lưu ý $I_1(\text{Mg}) > I_1(\text{Al})$ do Mg có cấu hình electron bão hòa ($3s^2$). Do đó, thứ tự là: $I_1(\text{Na}) < I_1(\text{Al}) < I_1(\text{Mg})$.

3. Tổng hợp kết quả:

Kết hợp hai phân tích trên, ta có K là nguyên tố có I_1 nhỏ nhất.

Đáp án: Thứ tự tăng dần năng lượng ion hóa thứ nhất là: K Na Al Mg.

Bài tập 2: Dự đoán nguyên tố

Đề bài: Năng lượng ion hóa của nguyên tố X (ở chu kì 3) được cho như sau: $I_1 = 786$, $I_2 = 1577$, $I_3 = 3232$, $I_4 = 4356$, $I_5 = 16091$ (kJ/mol). Xác định X thuộc nhóm nào trong bảng tuần hoàn?

Phân tích và giải:

1. Tìm bước nhảy năng lượng đột ngột:

- $I_2 / I_1 \approx 2.0$
- $I_3 / I_2 \approx 2.05$
- $I_4 / I_3 \approx 1.35$
- **$I_5 / I_4 \approx 3.7$**

Ta thấy có một bước nhảy vọt rất lớn giữa I_4 và I_5 . Điều này chứng tỏ electron thứ năm bị tách ra từ một lớp electron bên trong, đã có cấu hình bền vững.

2. Kết luận:

Nguyên tử X có khả năng nhường 4 electron ở lớp ngoài cùng. Vậy X có 4 electron hóa trị. Do X thuộc chu kì 3, nên X thuộc nhóm IVA.

Đáp án: X là Silicon (Si).