

TỔNG HỢP KIẾN THỨC: PHẢN ỨNG HẠT NHÂN VÀ CÁC ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN

Phản ứng hạt nhân là một trong những nội dung quan trọng nhất của chương trình Vật lý hạt nhân lớp 12. Nền tảng để hiểu và giải các bài toán về phản ứng hạt nhân chính là việc nắm vững các định luật bảo toàn, đặc biệt là định luật bảo toàn số khối và điện tích.

1. Phản ứng hạt nhân là gì?

Phản ứng hạt nhân là mọi quá trình dẫn đến sự biến đổi của hạt nhân nguyên tử. Quá trình này khác hoàn toàn với phản ứng hóa học (chỉ có sự thay đổi ở lớp vỏ electron, còn hạt nhân được bảo toàn).

- **Đặc điểm:** Làm thay đổi hạt nhân, có thể biến đổi nguyên tố này thành nguyên tố khác.
- **Phân loại:** Có hai loại chính là phản ứng hạt nhân tự phát (phóng xạ) và phản ứng hạt nhân kích thích (do tương tác với các hạt khác).

2. Phương trình tổng quát của phản ứng hạt nhân

Một phản ứng hạt nhân tổng quát có thể được biểu diễn dưới dạng phương trình:

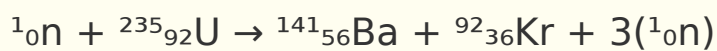
Phương trình tổng quát



Trong đó:

- **X₁, X₂**: là các hạt nhân tương tác (hạt ban đầu).
- **X₃, X₄**: là các hạt nhân sản phẩm (hạt tạo thành).
- **A**: là số khối (tổng số proton và neutron).
- **Z**: là điện tích hạt nhân (số proton).

Ví dụ: Phản ứng phân hạch Urani-235 khi bị một neutron bắn phá:



3. Các định luật bảo toàn trong phản ứng hạt nhân

Trong một phản ứng hạt nhân, có bốn định luật bảo toàn cơ bản luôn được tuân thủ:

1. Định luật bảo toàn số khối (số nucleon).
2. Định luật bảo toàn điện tích.
3. Định luật bảo toàn năng lượng toàn phần (bao gồm cả năng lượng nghỉ).
4. Định luật bảo toàn động lượng.

Trong phạm vi chuyên đề này, chúng ta tập trung vào hai định luật đầu tiên, là công cụ cơ bản nhất để xác định các hạt trong phản ứng.

3.1. Định luật bảo toàn số khối (số Nucleon)

a. Nội dung định luật

Tổng số khối của các hạt trước phản ứng bằng tổng số khối của các hạt sau phản ứng.

b. Công thức

Dựa trên phương trình tổng quát, ta có:

$$A_1 + A_2 = A_3 + A_4$$

c. Giải thích

Định luật này cho thấy tổng số nucleon (proton và neutron) không thay đổi trong suốt quá trình phản ứng. Các nucleon chỉ được sắp xếp lại để tạo thành các hạt nhân mới.

d. Ví dụ minh họa

• Ví dụ 1: Phân rã alpha của Poloni-210

Phương trình: $^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow ^{206}_{82}\text{Pb} + ^4_2\text{He}$

Kiểm tra bảo toàn số khối: **210 = 206 + 4**. (Đúng)

• Ví dụ 2: Phản ứng nhiệt hạch

Phương trình: $^2_1\text{H} + ^3_1\text{H} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^1_0\text{n}$

Kiểm tra bảo toàn số khối: **2 + 3 = 4 + 1** (tức là $5 = 5$). (Đúng)

• Ví dụ 3: Rutherford thực hiện phản ứng hạt nhân nhân tạo đầu tiên

Ông dùng hạt alpha bắn vào hạt nhân Nitơ:

Phương trình: $^4_2\text{He} + ^{14}_7\text{N} \rightarrow ^{17}_8\text{O} + ^1_1\text{p}$

Kiểm tra bảo toàn số khối: **4 + 14 = 17 + 1** (tức là $18 = 18$). (Đúng)

3.2. Định luật bảo toàn điện tích

a. Nội dung định luật

Tổng điện tích của các hạt trước phản ứng bằng tổng điện tích của các hạt sau phản ứng.

b. Công thức

Dựa trên phương trình tổng quát, ta có:

$$Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$$

c. Giải thích

Định luật này thể hiện sự bảo toàn của tổng số proton. Mặc dù một neutron có thể biến thành một proton (trong phân rã beta trừ) hoặc ngược lại, tổng điện tích của hệ luôn không đổi.

d. Ví dụ minh họa

• Ví dụ 1: Phân rã beta trừ của Cacbon-14

Phương trình: $^{14}_6\text{C} \rightarrow ^{14}_7\text{N} + ^0_{-1}\text{e} + \bar{\nu}_e$ (hạt anti-neutrino không có điện tích)

Kiểm tra bảo toàn điện tích: $6 = 7 + (-1)$. (Đúng)

• Ví dụ 2: Phân rã beta cộng (positron)

Phương trình: $^{22}_{11}\text{Na} \rightarrow ^{22}_{10}\text{Ne} + ^0_{+1}\text{e} + \nu_e$ (hạt neutrino)

Kiểm tra bảo toàn điện tích: $11 = 10 + 1$. (Đúng)

• Ví dụ 3: Phản ứng phân hạch Urani-235 (đã nêu ở trên)

Phương trình: $^1_0\text{n} + ^{235}_{92}\text{U} \rightarrow ^{141}_{56}\text{Ba} + ^{92}_{36}\text{Kr} + 3(^1_0\text{n})$

Kiểm tra bảo toàn điện tích: $0 + 92 = 56 + 36 + 3 \cdot 0$ (tức là $92 = 92$).

(Đúng)

4. Ứng dụng giải bài tập xác định hạt nhân

Kết hợp hai định luật bảo toàn số khối và điện tích là phương pháp cơ bản để xác định một hạt chưa biết trong phương trình phản ứng.

Phương pháp chung:

1. Viết phương trình phản ứng, ký hiệu hạt chưa biết là A_ZX .
2. Áp dụng định luật bảo toàn số khối để tìm A.
3. Áp dụng định luật bảo toàn điện tích để tìm Z.
4. Dựa vào A và Z để xác định tên hạt X (tham khảo bảng các hạt cơ bản).

Bài tập ví dụ

Bài tập 1: Trong phản ứng: ${}^{27}_{13}\text{Al} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{30}_{15}\text{P} + X$. Hạt X là hạt gì?

Giải:

- Phương trình phản ứng: ${}^{27}_{13}\text{Al} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{30}_{15}\text{P} + {}^A_ZX$
- Áp dụng bảo toàn số khối: $27 + 4 = 30 + A \Rightarrow A = 1$.
- Áp dụng bảo toàn điện tích: $13 + 2 = 15 + Z \Rightarrow Z = 0$.
- Hạt có $A = 1$ và $Z = 0$ là hạt neutron (1_0n). Vậy X là neutron.

Bài tập 2: Hạt nhân Triti (${}^3_1\text{T}$) sau một lần phóng xạ beta trừ (β^-) sẽ tạo thành hạt nhân con. Xác định hạt nhân con đó.

Giải:

- Phóng xạ β^- là quá trình phát ra một electron (${}^0_{-1}\text{e}$).
- Phương trình phản ứng: ${}^3_1\text{T} \rightarrow {}^A_Z\text{X} + {}^0_{-1}\text{e}$
- Áp dụng bảo toàn số khối: $3 = A + 0 \Rightarrow A = 3$.
- Áp dụng bảo toàn điện tích: $1 = Z + (-1) \Rightarrow Z = 2$.
- Hạt nhân có $A = 3$ và $Z = 2$ là hạt nhân Heli-3 (${}^3_2\text{He}$). Vậy hạt nhân con là ${}^3_2\text{He}$.

5. Bảng tổng kết các hạt cơ bản thường gặp

Để giải bài tập nhanh chóng, học sinh cần ghi nhớ ký hiệu, số khối và điện tích của các hạt cơ bản sau:

Tên hạt	Ký hiệu	Số khối (A)	Điện tích (Z)
Proton	${}^1_1\text{p}$ (hoặc ${}^1_1\text{H}$)	1	1
Neutron	${}^1_0\text{n}$	1	0
Electron (tia beta trừ)	${}^0_{-1}\text{e}$ (hoặc β^-)	0	-1
Positron (tia beta cộng)	${}^0_{+1}\text{e}$ (hoặc β^+)	0	1
Hạt Alpha (hạt nhân Heli)	${}^4_2\text{He}$ (hoặc α)	4	2
Hạt Deuteron (hạt nhân Deuterium)	${}^2_1\text{D}$ (hoặc ${}^2_1\text{H}$)	2	1
Photon (tia gamma)	γ	0	0

6. Kết luận

Định luật bảo toàn số khối và định luật bảo toàn điện tích là hai nguyên tắc bất di bất dịch trong mọi phản ứng hạt nhân. Việc hiểu rõ và vận dụng thành thạo hai định luật này không chỉ giúp giải quyết các bài toán xác định hạt mà còn là tiền đề để tiếp cận các dạng bài phức tạp hơn liên quan đến năng lượng và động lượng trong phản ứng hạt nhân.