

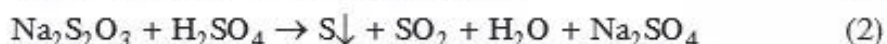
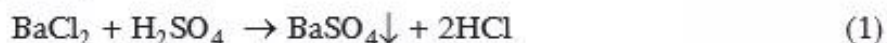
Bài 49 TỐC ĐỘ PHẢN ỨNG HOÁ HỌC

- Biết tốc độ phản ứng hoá học và chất xúc tác là gì.
- Hiểu các yếu tố ảnh hưởng đến tốc độ phản ứng hoá học.

I - KHÁI NIỆM VỀ TỐC ĐỘ PHẢN ỨNG HOÁ HỌC

1. Thí nghiệm

Chuẩn bị ba dung dịch BaCl_2 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3^{(*)}$ và H_2SO_4 có cùng nồng độ là 0,1 mol/l để thực hiện hai phản ứng sau :



a) Đổ 25 ml dung dịch H_2SO_4 vào cốc đựng 25 ml dung dịch BaCl_2 , ta thấy xuất hiện ngay kết tủa trắng của BaSO_4 .

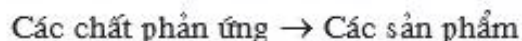
b) Đổ 25 ml dung dịch H_2SO_4 vào cốc khác đựng 25 ml dung dịch $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, một lát sau mới thấy màu trắng đục của S xuất hiện.

Từ hai thí nghiệm trên ta thấy rằng, phản ứng (1) xảy ra nhanh hơn phản ứng (2).

Nói chung, các phản ứng hoá học khác nhau xảy ra nhanh, chậm rất khác nhau. Để đánh giá mức độ xảy ra nhanh hay chậm của các phản ứng hoá học, người ta đưa ra khái niệm tốc độ phản ứng hoá học, gọi tắt là *tốc độ phản ứng*.

2. Tốc độ phản ứng

Mọi phản ứng hoá học đều có thể biểu diễn bằng phương trình tổng quát sau :



Trong quá trình diễn biến của phản ứng, nồng độ các chất phản ứng giảm dần, đồng thời nồng độ các sản phẩm tăng dần. Phản ứng xảy ra càng nhanh thì trong một đơn vị thời gian nồng độ các chất phản ứng giảm và nồng độ các sản phẩm tăng

(*) Natri thiosunfat

càng nhiều. Như vậy, có thể dùng độ biến thiên nồng độ theo thời gian của một chất bất kì trong phản ứng làm thước đo tốc độ phản ứng.

Tốc độ phản ứng là độ biến thiên nồng độ của một trong các chất phản ứng hoặc sản phẩm trong một đơn vị thời gian.

Nồng độ thường được tính bằng mol/l, còn đơn vị thời gian có thể là giây (s), phút (ph), giờ (h),...

Tốc độ phản ứng được xác định bằng thực nghiệm.

3. Tốc độ trung bình của phản ứng

Xét phản ứng : $A \rightarrow B$

Ở thời điểm t_1 , nồng độ chất A (chất phản ứng) là C_1 mol/l. Ở thời điểm t_2 , nồng độ chất A là C_2 mol/l ($C_2 < C_1$ vì trong quá trình diễn ra phản ứng nồng độ chất A giảm dần).

Tốc độ của phản ứng tính theo chất A trong khoảng thời gian từ t_1 đến t_2 được xác định như sau :

$$\bar{v} = + \frac{C_1 - C_2}{t_2 - t_1} = - \frac{C_2 - C_1}{t_2 - t_1} = - \frac{\Delta C}{\Delta t}$$

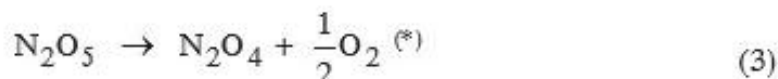
Nếu tốc độ được tính theo sản phẩm B thì :

Ở thời điểm t_1 , nồng độ chất B là C'_1 mol/l. Ở thời điểm t_2 nồng độ chất B là C'_2 mol/l ($C'_2 > C'_1$ vì nồng độ chất B tăng theo thời gian diễn ra phản ứng). Ta có :

$$\bar{v} = + \frac{C'_2 - C'_1}{t_2 - t_1} = + \frac{\Delta C}{\Delta t}$$

Trong đó, \bar{v} là *tốc độ trung bình* của phản ứng trong khoảng thời gian từ t_1 đến t_2 .

Thí dụ, xét phản ứng phân huỷ N_2O_5 trong dung môi CCl_4 ở $45^\circ C$:



Bằng cách đo thể tích oxi thoát ra, ta có thể tính được nồng độ N_2O_5 ở từng thời điểm diễn biến của phản ứng. Từ đó lập được bảng 7.1.

(*) Trong hoá học có những trường hợp phải dùng hệ số tỉ lượng là phân số và hiểu là số mol chất

Bảng 7.1**Sự phân huỷ của N_2O_5 trong dung môi CCl_4 ở $45^\circ C$**

Thời gian, s	Δt , s	Nồng độ N_2O_5 , mol/l	$-\Delta C$, mol/l	\bar{v} , mol/(l.s)
0		2,33		
184	184	2,08	0,25	$1,36 \cdot 10^{-3}$
319	135	1,91	0,17	$1,26 \cdot 10^{-3}$
526	207	1,67	0,24	$1,16 \cdot 10^{-3}$
867	341	1,36	0,31	$9,1 \cdot 10^{-4}$

Từ các số liệu trong bảng 7.1, ta thấy tốc độ trung bình của phản ứng giảm dần theo thời gian, ứng với sự giảm dần của nồng độ chất phản ứng (N_2O_5), do đó người ta thường xác định tốc độ ở từng thời điểm, được gọi là tốc độ tức thời (v).

Ghi chú : Hệ số tỉ lượng các chất trong phương trình hoá học của một phản ứng thường khác nhau, do đó để quy tốc độ của một phản ứng về cùng một giá trị, trong công thức tính tốc độ phản ứng cần chia thêm cho hệ số tỉ lượng của chất được lấy để tính tốc độ. Chẳng hạn, đối với phản ứng (3) đã đưa ra ở trên, công thức tính tốc độ trung bình theo oxi như sau : $\bar{v} = + \frac{\Delta C}{0,5\Delta t}$

Thí dụ, sau 184 giây đầu tiên, nồng độ oxi tạo thành theo phản ứng (3) bằng một nửa nồng độ N_2O_5 đã phản ứng, nghĩa là bằng $\frac{0,25}{2} = 0,125 \text{ mol/l}$ (xem bảng 7.1).

Tốc độ trung bình của phản ứng trong khoảng 184 giây đầu tiên tính theo oxi là :

$$\bar{v} = + \frac{0,125}{0,5 \times 184} = 1,36 \cdot 10^{-3} \text{ mol / (l.s)}$$

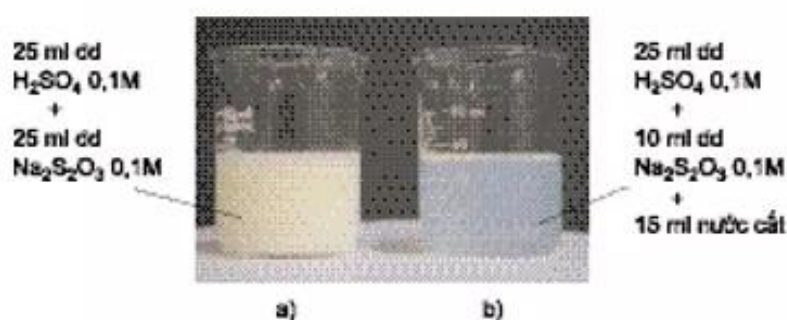
II - CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN TỐC ĐỘ PHẢN ỨNG

1. Ảnh hưởng của nồng độ

Thí nghiệm 1 : Thực hiện phản ứng (2) với các nồng độ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ khác nhau (hình 7.1).

Chuẩn bị hai cốc sau : Cốc (a) đựng 25 ml dung dịch $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1M, cốc (b) đựng 10 ml dung dịch $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1M, thêm vào cốc (b) 15 ml nước cất để pha loãng dung dịch.

Đổ đồng thời vào mỗi cốc 25 ml dung dịch H_2SO_4 0,1M. Dùng đũa thủy tinh khuấy nhẹ dung dịch trong cả hai cốc.



Hình 7.1. Thí nghiệm ảnh hưởng của nồng độ đến tốc độ phản ứng

So sánh thời gian xuất hiện màu trắng đục^(*) của lưu huỳnh trong hai cốc, ta thấy lưu huỳnh xuất hiện trong cốc (a) sớm hơn, nghĩa là tốc độ phản ứng trong cốc (a) lớn hơn.

Giải thích. Điều kiện để các chất phản ứng với nhau (thí dụ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ và H_2SO_4) là chúng phải va chạm vào nhau, tần số va chạm (số va chạm trong một đơn vị thời gian) càng lớn thì tốc độ phản ứng càng lớn. Khi nồng độ các chất phản ứng tăng, tần số va chạm tăng, nên tốc độ phản ứng tăng. Tuy nhiên, không phải mọi va chạm đều gây ra phản ứng, chỉ có những va chạm có hiệu quả mới xảy ra phản ứng. Tỷ số giữa số va chạm có hiệu quả và số va chạm chung phụ thuộc vào bản chất các chất phản ứng, nên các phản ứng khác nhau có tốc độ phản ứng không giống nhau.

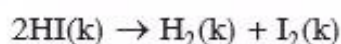
Kết luận : Khi tăng nồng độ chất phản ứng, tốc độ phản ứng tăng.

(*) Lưu huỳnh tạo thành nhiều sẽ có màu vàng nhạt

2. Ảnh hưởng của áp suất

Áp suất ảnh hưởng đến tốc độ phản ứng có chất khí. Khi tăng áp suất, nồng độ chất khí tăng theo, nên ảnh hưởng của áp suất đến tốc độ phản ứng giống như ảnh hưởng của nồng độ.

Thí dụ, xét phản ứng sau được thực hiện ở nhiệt độ 302°C :



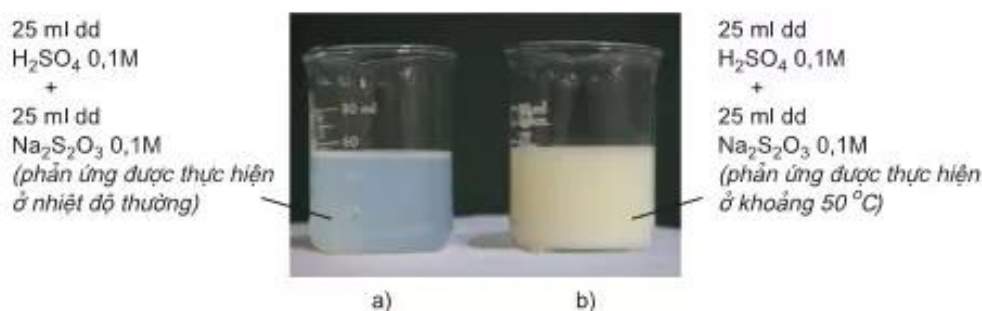
Khi áp suất của HI là 1 atm, tốc độ phản ứng đo được là $1,22 \cdot 10^{-8} \text{ mol}/(\text{l.s})$.

Khi áp suất của HI là 2 atm, tốc độ phản ứng là $4,88 \cdot 10^{-8} \text{ mol}/(\text{l.s})$.

Kết luận : Đối với phản ứng có chất khí, khi tăng áp suất, tốc độ phản ứng tăng.

3. Ảnh hưởng của nhiệt độ

Thí nghiệm 2 : Thực hiện phản ứng (2) ở hai nhiệt độ khác nhau (hình 7.2).



Hình 7.2. Thí nghiệm ảnh hưởng của nhiệt độ đến tốc độ phản ứng

Để thực hiện phản ứng trong cốc (b), cần đun nóng trước hai dung dịch $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ và H_2SO_4 . Phản ứng được thực hiện giống như ở thí nghiệm ảnh hưởng của nồng độ. Kết quả là lưu huỳnh xuất hiện trong cốc (b) sớm hơn, nghĩa là ở nhiệt độ cao tốc độ phản ứng lớn hơn ở nhiệt độ thấp.

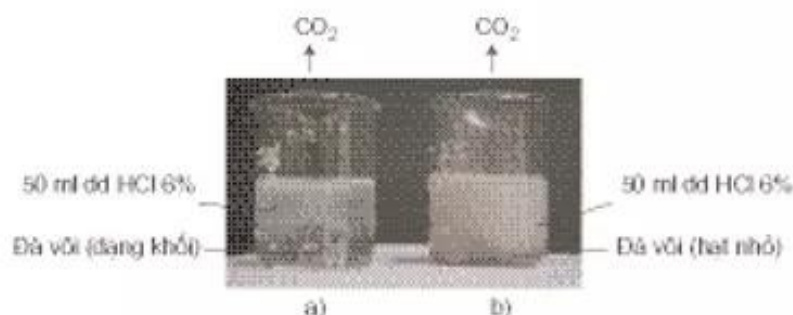
Giải thích : Khi tăng nhiệt độ phản ứng dẫn đến hai hệ quả sau :

- Tốc độ chuyển động của các phân tử tăng, dẫn đến tần số va chạm giữa các phân tử chất phản ứng tăng.
- Tần số va chạm có hiệu quả giữa các phân tử chất phản ứng tăng nhanh. Đây là yếu tố chính làm cho tốc độ phản ứng tăng nhanh khi tăng nhiệt độ.

Kết luận : Khi tăng nhiệt độ, tốc độ phản ứng tăng.

4. Ảnh hưởng của diện tích tiếp xúc

Thí nghiệm 3 : Cho hai mẫu đá vôi (CaCO_3) có khối lượng bằng nhau, trong đó một mẫu có kích thước hạt nhỏ hơn mẫu còn lại, cùng tác dụng với hai thể tích bằng nhau của dung dịch HCl dư cùng nồng độ (hình 7.3).



Hình 7.3. Thí nghiệm ảnh hưởng của diện tích tiếp xúc các chất phản ứng đến tốc độ phản ứng

Phản ứng xảy ra như sau : $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

Ta thấy thời gian để CaCO_3 phản ứng hết trong cốc (b) ít hơn trong cốc (a).

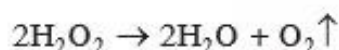
Giải thích : Chất rắn với kích thước hạt nhỏ (đá vôi hạt nhỏ) có tổng diện tích bề mặt tiếp xúc với chất phản ứng (HCl) lớn hơn so với chất rắn có kích thước hạt lớn hơn (đá vôi dạng khối) cùng khối lượng, nên có tốc độ phản ứng lớn hơn.

Kết luận : Khi tăng diện tích tiếp xúc các chất phản ứng, tốc độ phản ứng tăng.

5. Ảnh hưởng của chất xúc tác

Chất xúc tác là chất làm tăng tốc độ phản ứng(^{*}), nhưng còn lại sau khi phản ứng kết thúc.

Thí dụ, H_2O_2 phân huỷ chậm trong dung dịch ở nhiệt độ thường theo phản ứng sau :



Nếu cho vào dung dịch này một ít bột MnO_2 , bọt oxi sẽ thoát ra rất mạnh. Khi phản ứng kết thúc, MnO_2 vẫn còn nguyên vẹn. Vậy MnO_2 là chất xúc tác cho phản ứng phân huỷ H_2O_2 .

Ngoài các yếu tố trên, môi trường xảy ra phản ứng, tốc độ khuấy trộn, tác dụng của các tia bức xạ, ... cũng ảnh hưởng lớn đến tốc độ phản ứng.

(^{*}) Chất làm giảm tốc độ phản ứng được gọi là chất ức chế phản ứng.

III - Ý NGHĨA THỰC TIỄN CỦA TỐC ĐỘ PHẢN ỨNG

Các yếu tố ảnh hưởng đến tốc độ phản ứng được vận dụng nhiều trong đời sống và sản xuất. Thí dụ, nhiệt độ của ngọn lửa axetilen cháy trong oxi cao hơn nhiều so với cháy trong không khí, tạo nhiệt độ hàn cao hơn. Thực phẩm nấu trong nồi áp suất chóng chín hơn so với khi nấu ở áp suất thường. Các chất đốt rắn như than, củi có kích thước nhỏ hơn sẽ cháy nhanh hơn. Để tăng tốc độ tổng hợp NH_3 từ N_2 và H_2 người ta phải dùng chất xúc tác, tăng nhiệt độ và thực hiện ở áp suất cao.

BÀI TẬP

- Ý nào sau đây là đúng ?
 - Bất cứ phản ứng nào cũng chỉ vận dụng được một trong các yếu tố ảnh hưởng đến tốc độ phản ứng để tăng tốc độ phản ứng.
 - Bất cứ phản ứng nào cũng phải vận dụng đủ các yếu tố ảnh hưởng đến tốc độ phản ứng mới tăng được tốc độ phản ứng.
 - Tùy theo phản ứng mà vận dụng một, một số hay tất cả các yếu tố ảnh hưởng đến tốc độ phản ứng để tăng tốc độ phản ứng.
 - Bất cứ phản ứng nào cũng cần chất xúc tác để tăng tốc độ phản ứng.
- Yếu tố nào dưới đây *không* ảnh hưởng đến tốc độ của phản ứng một chiều sau ?
$$2\text{KClO}_3(r) \rightarrow 2\text{KCl}(r) + 3\text{O}_2(k)$$
 - Nhiệt độ.
 - Chất xúc tác.
 - Áp suất.
 - Kích thước của các tinh thể KClO_3 .
- Tìm một số thí dụ cho mỗi loại phản ứng nhanh và chậm mà em quan sát được trong cuộc sống và trong phòng thí nghiệm.
- Tốc độ phản ứng là gì ?
- Hãy cho biết các yếu tố ảnh hưởng đến tốc độ phản ứng và ảnh hưởng như thế nào ? Giải thích (nếu có thể).
- Hãy cho biết người ta lợi dụng yếu tố nào để tăng tốc độ phản ứng trong các trường hợp sau :
 - Dùng không khí nén, nóng thổi vào lò cao để đốt cháy than cốc (trong sản xuất gang).
 - Nung đá vôi ở nhiệt độ cao để sản xuất vôi sống.
 - Nghiền nguyên liệu trước khi đưa vào lò nung để sản xuất clanhke (trong sản xuất xi măng).

7. Cho 6 g kẽm hạt vào một cốc đựng dung dịch H_2SO_4 4M (dư) ở nhiệt độ thường. Nếu giữ nguyên các điều kiện khác, chỉ biến đổi một trong các điều kiện sau đây thì tốc độ phản ứng ban đầu biến đổi như thế nào (tăng lên, giảm xuống hay không đổi) ?
- Thay 6 g kẽm hạt bằng 6 g kẽm bột.
 - Thay dung dịch H_2SO_4 4M bằng dung dịch H_2SO_4 2M.
 - Thực hiện phản ứng ở nhiệt độ cao hơn (khoảng 50°C).
 - Dùng thể tích dung dịch H_2SO_4 4M gấp đôi ban đầu.
8. Giải thích tại sao nhiệt độ của ngọn lửa axetilen cháy trong oxi cao hơn nhiều so với cháy trong không khí.
- 9*. Hai mẫu đá vôi hình cầu có cùng thể tích là $10,00 \text{ cm}^3$ (thể tích hình cầu $V = \frac{4}{3}\pi r^3$, r là bán kính của hình cầu).
- Tính diện tích mặt cầu của mỗi mẫu đá đó (diện tích mặt cầu $S = 4\pi r^2$).
 - Nếu chia một mẫu đá trên thành 8 quả cầu bằng nhau, mỗi quả cầu có thể tích là $1,25 \text{ cm}^3$. So sánh tổng diện tích mặt cầu của 8 quả cầu đó với diện tích mặt cầu của mẫu đá $10,00 \text{ cm}^3$.
- Cho mỗi mẫu đá trên (một mẫu với thể tích $10,00 \text{ cm}^3$, mẫu kia gồm 8 quả cầu nhỏ) vào mỗi cốc đều chứa dung dịch HCl cùng thể tích, cùng nồng độ. Hỏi tốc độ phản ứng trong cốc nào lớn hơn ? Giải thích.