Chân trời sáng tạo

CAO CỰ GIÁC (Chủ biên)
ĐẶNG THỊ THUẬN AN – NGUYỄN ĐÌNH ĐỘ
NGUYỄN XUÂN HỒNG QUÂN – PHẠM NGỌC TUẤN

HOÁ HỌC

11

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

Sách giáo khoa lớp 11 – Môn: Hoá học đã được thẩm định bởi Hội đồng thẩm định quốc gia *(theo Quyết định số 2026/QĐ-BGDĐT ngày 21 tháng 7 năm 2022 của Bộ trưởng Bộ Giáo dục và Đào tạo)*

Các thành viên hội đồng:
Triệu Thị Nguyệt (Chủ tịch), Phạm Văn Hoan (Phó Chủ tịch), Đoàn Cảnh Giang (Thư kí)
Hà Minh Tú, Thái Hoài Minh, Đặng Thị Thu Huyền, Mai Thị Thao,
Trịnh Văn Hoan, Trần Thanh Tuấn.

CAO CỰ GIÁC (Chủ biên)
ĐẶNG THỊ THUẬN AN – NGUYỄN ĐÌNH ĐỘ
NGUYỄN XUÂN HỒNG QUÂN – PHẠM NGỌC TUẤN

HOÁ HỌC

11

Chân trời sáng tạo

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG SÁCH

Trong mỗi bài học gồm các nội dung sau:

MỞ ĐẦU

- Khởi động, đặt vấn đề, gợi mở và tạo hứng thú vào bài học

HÌNH THÀNH KIẾN THỨC MỚI

- Hoạt động hình thành kiến thức mới
- Thảo luận
- Tóm tắt kiến thức trọng tâm

LUYỆN TẬP

- Củng cố kiến thức và rèn luyện kĩ năng đã học

VẬN DỤNG

- Vận dụng kiến thức và kĩ năng đã học vào thực tiễn

MỞ RỘNG

- Giới thiệu thêm kiến thức và ứng dụng liên quan đến bài học, giúp các em tự học ở nhà

CÁC KÍ HIỆU VIẾT TẮT TRONG SÁCH

Kí hiệu	Tiếng Anh	Tiếng Việt
asmt		ánh sáng mặt trời
xt		xúc tác
↑, ↓		sản phẩm khí, sản phẩm rắn không tan trong dung dịch (kết tủa)
(*s*)	solid	chất rắn
(*l*)	liquid	chất lỏng
(*g*)	gas	chất khí (hơi)
(*aq*)	aqueous	chất tan trong nước (dung dịch)
E_b	bond energy	năng lượng liên kết
đkc	standard ambient temperature and pressure (SATP)	điều kiện chuẩn về nhiệt độ và áp suất (298 K, 1 bar)
ΔH	enthalpy change	biến thiên enthalpy
$\Delta_f H^o_{298}$	standard enthalpy of formation at 298 K	enthalpy tạo thành chuẩn ở 298 K
$\Delta_r H^o_{298}$	standard enthalpy change of reaction at 298 K	biến thiên enthalpy chuẩn của phản ứng ở 298 K

Hãy bảo quản, giữ gìn sách giáo khoa để dành tặng các em học sinh lớp sau!

LỜI NÓI ĐẦU

Các em học sinh thân mến!

Từ lâu, hoá học được mệnh danh là "khoa học trung tâm của các ngành khoa học" vì có nhiều ngành khoa học như vật lí, sinh học, y học, khoa học Trái Đất, … đều lấy hoá học làm nền tảng cho sự phát triển. Hoá học cũng là cơ sở phát triển cho nhiều ngành công nghiệp khác như vật liệu, luyện kim, điện tử, dược phẩm, … Trong cuộc sống hằng ngày, hoá học hiện diện ở khắp mọi nơi. Từ lương thực – thực phẩm, đồ dùng thiết yếu trong gia đình, dụng cụ học tập, thuốc chữa bệnh, nguyên liệu sản xuất, … đến hương thơm quyến rũ của nước hoa, mĩ phẩm, … đều là những sản phẩm của hoá học.

Sách giáo khoa **Hoá học 11** gồm 6 chương mang đến cho các em những hiểu biết về cân bằng hoá học; đơn chất nitrogen, sulfur và hợp chất của chúng; đại cương hoá học hữu cơ; hydrocarbon; dẫn xuất halogen – alcohol – phenol; hợp chất carbonyl – carboxylic acid. Mỗi chương được chia thành một số bài học, mỗi bài học gồm một chuỗi các hoạt động nhằm hình thành năng lực hoá học cho các em. Để học tập đạt kết quả tốt, các em cần tích cực, chủ động thực hiện các hoạt động sau:

Hoạt động *Mở đầu* bài học đưa ra câu hỏi, tình huống, vấn đề, … của thực tiễn với mục đích định hướng, gợi mở các em huy động kiến thức và kinh nghiệm để bắt nhịp một cách hứng thú vào bài học.

Hoạt động *Hình thành kiến thức mới* là chuỗi hoạt động quan trọng mà ở đó các em cần tích cực quan sát các hình ảnh minh hoạ, thực hiện thí nghiệm, thảo luận, phán đoán khoa học, … để hình thành và lĩnh hội kiến thức mới của bài học.

Các hoạt động *Luyện tập*, *Vận dụng* giúp các em ôn tập kiến thức, rèn luyện kĩ năng của bài học và sử dụng chúng để giải quyết các vấn đề thực tiễn liên quan đến hoá học.

Hoạt động *Mở rộng* giúp các em tìm hiểu thêm kiến thức hoặc ứng dụng liên quan đến bài học.

Cuối mỗi bài học là một số bài tập nhằm tạo điều kiện cho các em tự kiểm tra và đánh giá kết quả học tập của mình.

Bảng *Giải thích thuật ngữ* cuối sách giúp các em tra cứu nhanh các thuật ngữ khoa học liên quan đến bài học.

Đây là cuốn sách thuộc bộ sách giáo khoa **Chân trời sáng tạo** của Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam. Sách được biên soạn theo định hướng phát triển phẩm chất và năng lực người học, giúp các em không ngừng sáng tạo trước thế giới tự nhiên rộng lớn, đồng thời tạo cơ hội cho các em vận dụng kiến thức vào cuộc sống hằng ngày.

Các tác giả hi vọng cuốn sách giáo khoa **Hoá học 11** sẽ là người bạn đồng hành hữu ích cùng các em khám phá thế giới tự nhiên, phát triển nhận thức, tư duy logic và năng lực vận dụng kiến thức vào thực tiễn.

CÁC TÁC GIẢ

Chân trời sáng tạo

MỤC LỤC

Hướng dẫn sử dụng sách 2
Lời nói đầu 3

Chương 1. CÂN BẰNG HOÁ HỌC 5
Bài 1. Khái niệm về cân bằng hoá học 5
Bài 2. Cân bằng trong dung dịch nước 12

Chương 2. NITROGEN VÀ SULFUR 20
Bài 3. Đơn chất nitrogen 20
Bài 4. Ammonia và một số hợp chất ammonium 24
Bài 5. Một số hợp chất với oxygen của nitrogen 30
Bài 6. Sulfur và sulfur dioxide 35
Bài 7. Sulfuric acid và muối sulfate 40

Chương 3. ĐẠI CƯƠNG HOÁ HỌC HỮU CƠ 46
Bài 8. Hợp chất hữu cơ và hoá học hữu cơ 46
Bài 9. Phương pháp tách và tinh chế hợp chất hữu cơ 52
Bài 10. Công thức phân tử hợp chất hữu cơ 57
Bài 11. Cấu tạo hoá học hợp chất hữu cơ 61

Chương 4. HYDROCARBON 66
Bài 12. Alkane 66
Bài 13. Hydrocarbon không no 74
Bài 14. Arene (Hydrocarbon thơm) 85

Chương 5. DẪN XUẤT HALOGEN – ALCOHOL – PHENOL 92
Bài 15. Dẫn xuất halogen 92
Bài 16. Alcohol 99
Bài 17. Phenol 108

Chương 6. HỢP CHẤT CARBONYL (ALDEHYDE – KETONE) – CARBOXYLIC ACID 115
Bài 18. Hợp chất carbonyl 115
Bài 19. Carboxylic acid 124

Giải thích thuật ngữ 133

Chương 1

CÂN BẰNG HOÁ HỌC

Bài 1 KHÁI NIỆM VỀ CÂN BẰNG HOÁ HỌC

MỤC TIÊU

- Trình bày được khái niệm phản ứng thuận nghịch và trạng thái cân bằng của phản ứng thuận nghịch.
- Viết được biểu thức hằng số cân bằng (K_c) của phản ứng thuận nghịch.
- Thực hiện được thí nghiệm nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ tới chuyển dịch cân bằng:
  (1) Phản ứng: $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$
  (2) Phản ứng thuỷ phân sodium acetate.
- Vận dụng được nguyên lí chuyển dịch cân bằng Le Chatelier (Lơ Sa-tơ-li-ê) để giải thích ảnh hưởng của nhiệt độ, nồng độ, áp suất đến cân bằng hoá học.

Trong các phản ứng hoá học, có một loại phản ứng trong đó các chất sản phẩm có khả năng phản ứng để tạo thành các chất đầu. Do vậy, phản ứng xảy ra không hoàn toàn và thường có hiệu suất không cao. Phản ứng tổng hợp ammonia từ nitrogen và hydrogen thuộc loại phản ứng này. Các phản ứng này được gọi là phản ứng gì? Để tăng hiệu suất của chúng, cần điều chỉnh những điều kiện phản ứng như nhiệt độ, áp suất, nồng độ, ... như thế nào?

▲ Phân xưởng dây chuyền sản xuất ammonia trong công nghiệp

1 PHẢN ỨNG MỘT CHIỀU, PHẢN ỨNG THUẬN NGHỊCH VÀ CÂN BẰNG HOÁ HỌC

Tìm hiểu khái niệm phản ứng một chiều

Trong phòng thí nghiệm, người ta thường điều chế khí oxygen bằng cách đun nóng tinh thể $KMnO_4$ (thuốc tím) tạo thành K_2MnO_4, MnO_2 và O_2. Cũng trong điều kiện đó, K_2MnO_4, MnO_2 và O_2 không thể phản ứng được với nhau tạo lại $KMnO_4$.

$$2KMnO_4 \xrightarrow{t^o} K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2\uparrow$$

1 Dựa vào phương trình hoá học của phản ứng điều chế khí oxygen từ $KMnO_4$, em hãy cho biết phản ứng có xảy ra theo chiều ngược lại được không.

Trong điều kiện xác định, phản ứng chỉ xảy ra theo chiều từ chất tham gia tạo thành sản phẩm mà sản phẩm không thể tác dụng với nhau để tạo lại chất ban đầu, gọi là phản ứng một chiều. Trong phương trình hoá học của phản ứng một chiều, người ta dùng kí hiệu mũi tên (→) chỉ chiều phản ứng.

Viết phương trình hoá học của một số phản ứng một chiều mà em biết.

Tìm hiểu khái niệm phản ứng thuận nghịch

Ở điều kiện thường, Cl_2 phản ứng với H_2O tạo thành HCl và HClO, đồng thời HCl và HClO sinh ra cũng tác dụng được với nhau tạo lại Cl_2 và H_2O.

$$Cl_2(g) + H_2O(l) \rightleftharpoons HCl(aq) + HClO(aq)$$

Trong cùng điều kiện xác định, phản ứng xảy ra theo hai chiều trái ngược nhau được gọi là phản ứng thuận nghịch. Trong phương trình hoá học của phản ứng thuận nghịch người ta dùng kí hiệu hai nửa mũi tên ngược chiều ($\rightleftharpoons$): chiều từ trái sang phải là *chiều thuận*, chiều từ phải sang trái là *chiều nghịch*.

2 Phản ứng Cl_2 tác dụng với H_2O có đặc điểm gì khác với phản ứng nhiệt phân thuốc tím?

Trên thực tế có các phản ứng sau:

$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$ (1)

$2H_2O \xrightarrow{\text{điện phân}} 2H_2 + O_2$ (2)

Vậy có thể viết

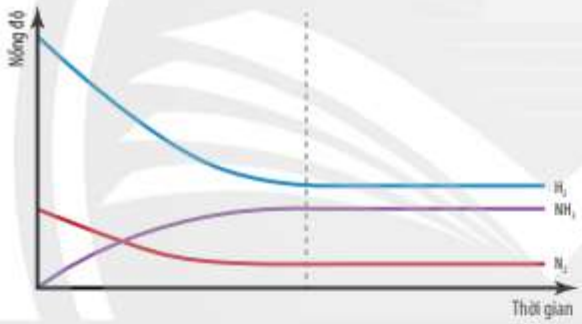
$2H_2 + O_2 \rightleftharpoons 2H_2O$

được không? Tại sao?

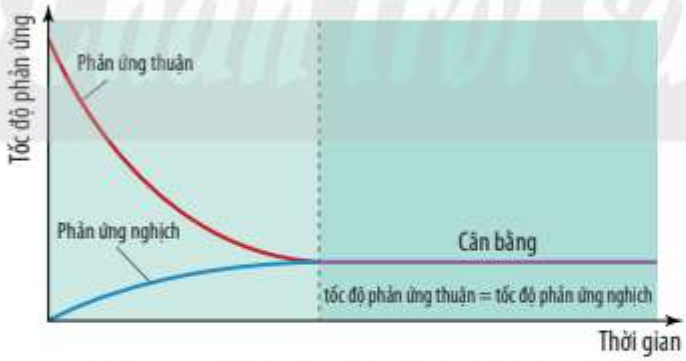
Tìm hiểu khái niệm trạng thái cân bằng của phản ứng thuận nghịch

Cho phản ứng thuận nghịch sau:

$$N_2(g) + 3H_2(g) \xrightleftharpoons{t^o, xt, p} 2NH_3(g)$$



▲ **Hình 1.1. Đồ thị biểu diễn nồng độ các chất trong phản ứng theo thời gian**



▲ **Hình 1.2. Đồ thị biểu diễn tốc độ phản ứng thuận và phản ứng nghịch theo thời gian**

Trạng thái cân bằng của phản ứng thuận nghịch là trạng thái mà tại đó tốc độ phản ứng thuận bằng tốc độ phản ứng nghịch.

3 Quan sát Hình 1.1, nhận xét sự biến thiên nồng độ của các chất trong hệ phản ứng theo thời gian (với điều kiện nhiệt độ không đổi).

4 Quan sát Hình 1.2, nhận xét về tốc độ của phản ứng thuận và tốc độ của phản ứng nghịch theo thời gian trong điều kiện nhiệt độ không đổi. Nồng độ các chất trong phản ứng thay đổi như thế nào?

CHÚ Ý

Cân bằng hoá học là một cân bằng động, vì tại trạng thái cân bằng, phản ứng thuận và phản ứng nghịch vẫn xảy ra, nhưng với tốc độ bằng nhau nên không nhận thấy sự thay đổi thành phần của hệ.

2 HẰNG SỐ CÂN BẰNG CỦA PHẢN ỨNG THUẬN NGHỊCH

Tìm hiểu hằng số cân bằng của phản ứng thuận nghịch

Xét hệ cân bằng sau: $2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$

(nâu đỏ) (không màu)

Bảng 1.1. Dữ liệu thực nghiệm về nồng độ các khí trước và sau khi hệ đạt trạng thái cân bằng ở 25 °C

Thí nghiệm	Nồng độ ban đầu, mol/L		Nồng độ ở trạng thái cân bằng, mol/L	
	C_{NO_2}	$C_{N_2O_4}$	$[NO_2]$	$[N_2O_4]$
1	0,0000	0,6700	0,0547	0,6430
2	0,0500	0,4460	0,0457	0,4480
3	0,0300	0,5000	0,0475	0,4910
4	0,0400	0,6000	0,0523	0,5940
5	0,2000	0,0000	0,0204	0,0898

Tổng quát, nếu có phản ứng thuận nghịch sau:

$$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$$

Khi phản ứng ở trạng thái cân bằng, ta có:

$$K_C = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$$

Trong đó [A], [B], [C] và [D] là nồng độ mol các chất A, B, C và D ở trạng thái cân bằng; a, b, c và d là hệ số tỉ lượng các chất trong phương trình hoá học. Chất rắn không xuất hiện trong biểu thức hằng số cân bằng.

Trong phản ứng thuận nghịch, hằng số cân bằng K_C của phản ứng xác định chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ.

Trong phản ứng thuận nghịch thì hằng số cân bằng K_C là một đại lượng có ý nghĩa quan trọng, nó cho biết mức độ xảy ra của một phản ứng.

5 Sử dụng dữ liệu Bảng 1.1, hãy tính giá trị của biểu thức $\frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2}$ trong 5 thí nghiệm. Nhận xét giá trị thu được từ các thí nghiệm khác nhau.

6 Viết các biểu thức tính tốc độ phản ứng thuận và tốc độ phản ứng nghịch của phản ứng thuận nghịch sau, biết phản ứng thuận và phản ứng nghịch đều là phản ứng đơn giản:

$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$

Lập tỉ lệ giữa hằng số tốc độ phản ứng thuận và hằng số tốc độ phản ứng nghịch ở trạng thái cân bằng.

Cho hệ cân bằng sau:

$2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$

Viết biểu thức tính hằng số cân bằng K_C của phản ứng trên.

3 SỰ CHUYỂN DỊCH CÂN BẰNG HOÁ HỌC

Thí nghiệm nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ tới chuyển dịch cân bằng hoá học

Thí nghiệm 1. Nghiên cứu sự chuyển dịch cân bằng của phản ứng

$$2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$$

(nâu đỏ) (không màu)

Dụng cụ: bình cầu, cốc thuỷ tinh.

Hoá chất: ba bình chứa khí NO_2 có màu giống nhau, nước nóng (khoảng 60 °C – 80 °C), nước đá.

7 Nêu hiện tượng xảy ra trong Thí nghiệm 1, từ đó cho biết chiều chuyển dịch cân bằng của phản ứng trong bình 2 và bình 3.

Tiến hành:

Bình 1: Để đối chứng; Bình 2: Ngâm vào cốc nước đá; Bình 3: Ngâm vào cốc nước nóng.

Thí nghiệm 2. Nghiên cứu sự chuyển dịch cân bằng của phản ứng thuỷ phân sodium acetate

$$CH_3COONa(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3COOH(aq) + NaOH(aq)$$

Dụng cụ: bình tam giác, cốc thuỷ tinh 100 mL, đũa thuỷ tinh, đèn cồn, lưới và kiềng đun.

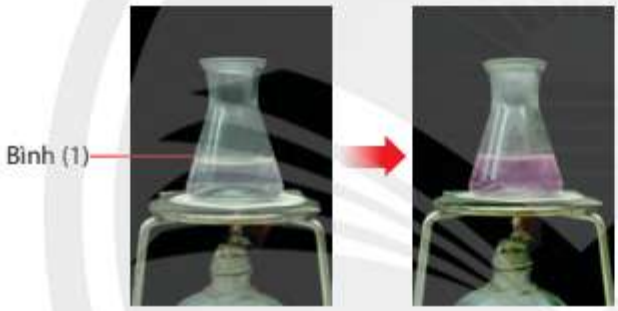
Hoá chất: sodium acetate (CH_3COONa) rắn, dung dịch phenolphthalein, nước cất.

Tiến hành:

Bước 1: Cho khoảng 10 gam CH_3COONa và 50 mL nước cất vào cốc thuỷ tinh 100 mL. Dùng đũa thuỷ tinh khuấy đều. Nhỏ vài giọt phenolphthalein vào, lắc đều. Chia dung dịch vào 2 bình tam giác.

Bước 2: Đun nhẹ bình (1) trong vài phút (Hình 1.3), bình (2) dùng để so sánh.

8 Nhận xét hiện tượng xảy ra trong Thí nghiệm 2.



▲ **Hình 1.3. Thí nghiệm nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ đến sự chuyển dịch cân bằng của phản ứng thuỷ phân sodium acetate**

9 Khi đun nóng, phản ứng trong bình (1) chuyển dịch theo chiều nào?

Sự chuyển dịch cân bằng hoá học là sự dịch chuyển từ trạng thái cân bằng này sang trạng thái cân bằng khác.

4 CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN CÂN BẰNG HOÁ HỌC

Những yếu tố làm chuyển dịch cân bằng thường là nồng độ, áp suất và nhiệt độ. Chúng được gọi là các yếu tố ảnh hưởng đến cân bằng hoá học.

Nguyên lí Le Chatelier: *Một phản ứng thuận nghịch đang ở trạng thái cân bằng khi chịu một tác động từ bên ngoài như biến đổi nồng độ, áp suất, nhiệt độ thì cân bằng sẽ chuyển dịch theo chiều làm giảm tác động đó.*

Tìm hiểu ảnh hưởng của nhiệt độ đến cân bằng hoá học

Xét phản ứng: $2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$ (1) $\Delta_r H^o_{298} = -58$ kJ

(nâu đỏ) (không màu)

Khi hỗn hợp khí trên đang ở trạng thái cân bằng, nếu đun nóng hỗn hợp khí bằng cách ngâm bình vào nước nóng, màu nâu đỏ của hỗn hợp khí đậm lên. Nếu làm lạnh bằng cách ngâm bình đựng hỗn hợp khí vào nước đá, màu của hỗn hợp nhạt đi.

Khi tăng nhiệt độ, cân bằng chuyển dịch theo chiều phản ứng thu nhiệt, nghĩa là chiều làm giảm tác động của việc tăng nhiệt độ. Ngược lại, khi giảm nhiệt độ, cân bằng chuyển dịch theo chiều phản ứng toả nhiệt, chiều làm giảm tác động của việc giảm nhiệt độ.

10 Cho biết chiều nào của phản ứng (1) là chiều thu nhiệt và chiều nào là chiều toả nhiệt.

11 Từ hiện tượng ở Thí nghiệm 1, cho biết khi làm lạnh bình (2) và làm nóng bình (3) thì cân bằng trong mỗi bình chuyển dịch theo chiều toả nhiệt hay thu nhiệt.

Người ta thường sản xuất vôi bằng phản ứng nhiệt phân calcium carbonate theo phương trình nhiệt hoá học sau:

$$CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g) \quad \Delta_r H^o_{298} = 178,1 \text{ kJ}$$

Để nâng cao hiệu suất phản ứng sản xuất vôi, cần điều chỉnh nhiệt độ như thế nào? Giải thích.

Tìm hiểu ảnh hưởng của áp suất đến cân bằng hoá học

Xét hệ cân bằng: $2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$ (2) $K_C = \frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2}$

(nâu đỏ) (không màu)

Thực hiện hệ phản ứng này trong xilanh kín có pit-tông ở nhiệt độ thường và không đổi. Khi hệ đạt trạng thái cân bằng, nếu tăng áp suất của hệ bằng cách đẩy pit-tông để thể tích của hệ giảm, lúc này màu nâu đỏ nhạt dần, ta nói cân bằng chuyển dịch theo chiều thuận (Hình 1.4).

12 Khi đẩy hoặc kéo pit-tông thì số mol khí của hệ (2) thay đổi như thế nào?

Ngược lại, nếu làm giảm áp suất của hệ cân bằng trên bằng cách kéo pit-tông ra để thể tích của hệ tăng lên, cân bằng sẽ chuyển dịch theo chiều nghịch, màu nâu đậm dần.

(a) (b)

▲ **Hình 1.4. Phản ứng $2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$ ở áp suất khác nhau**

Phản ứng tổng hợp ammonia:

$N_2(g) + 3H_2(g) \xrightleftharpoons{t^o, xt, p} 2NH_3(g)$.

Để thu được NH_3 với hiệu suất cao, cần điều chỉnh áp suất như thế nào?

• Khi hệ đang ở trạng thái cân bằng, nếu tăng hoặc giảm áp suất của hệ, cân bằng chuyển dịch theo chiều làm giảm hoặc tăng áp suất của hệ.

• Khi hệ cân bằng có tổng hệ số tỉ lượng của các chất khí ở hai vế của phương trình hoá học bằng nhau hoặc trong hệ không có chất khí, việc tăng hoặc giảm áp suất không làm chuyển dịch cân bằng của hệ.

Tìm hiểu ảnh hưởng của nồng độ đến cân bằng hoá học

Xét hệ cân bằng sau trong bình kín ở nhiệt độ cao không đổi:

$$C(s) + CO_2(g) \rightleftharpoons 2CO(g) \quad K_C = \frac{[CO]^2}{[CO_2]}$$

Khi thổi thêm khí CO_2 vào hệ cân bằng thì nồng độ CO_2 tăng lên làm cân bằng thay đổi. Ở nhiệt độ xác định, giá trị K_C không đổi, do đó lượng CO_2 phải giảm bớt và lượng CO phải tăng lên, nghĩa là CO_2 phải phản ứng thêm với C tạo ra CO, hay nói cách khác là cân bằng dịch chuyển từ trái sang phải (theo chiều thuận) cho đến khi hệ đạt trạng thái cân bằng mới. Hiện tượng sẽ xảy ra tương tự nếu giảm nồng độ CO khi hệ đang ở trạng thái cân bằng.

Nếu trong hệ cân bằng có chất rắn thì việc thêm hoặc bớt lượng chất rắn hầu như không ảnh hưởng đến trạng thái cân bằng của hệ, nghĩa là cân bằng không chuyển dịch.

Khi tăng hoặc giảm nồng độ một chất trong cân bằng thì cân bằng chuyển dịch theo chiều làm giảm tác động của việc tăng hoặc giảm nồng độ của chất đó, nghĩa là cân bằng sẽ chuyển dịch tương ứng theo chiều làm giảm hoặc tăng nồng độ của chất đó.

13 Hãy cho biết cân bằng chuyển dịch theo chiều nào khi thêm một lượng khí CO vào hệ cân bằng:

$C(s) + CO_2(g) \rightleftharpoons 2CO(g)$

CHÚ Ý

Chất xúc tác không làm thay đổi nồng độ các chất trong hệ cân bằng và cũng không làm thay đổi hằng số cân bằng nên không làm chuyển dịch cân bằng. Chất xúc tác có tác dụng làm tăng tốc độ phản ứng thuận và phản ứng nghịch nên làm cho hệ nhanh chóng đạt trạng thái cân bằng.

Trong các hang động đá vôi thường xảy ra hiện tượng hình thành thạch nhũ và xâm thực của nước mưa vào đá vôi theo phương trình hoá học sau:

$$CaCO_3(s) + H_2O(l) + CO_2(aq) \rightleftharpoons Ca(HCO_3)_2(aq)$$

Hãy giải thích các quá trình này.

BÀI TẬP

1. Hằng số cân bằng K_C của một phản ứng thuận nghịch phụ thuộc vào yếu tố nào sau đây?

A. Nồng độ. B. Nhiệt độ. C. Áp suất. D. Chất xúc tác.

2. Yếu tố nào sau đây luôn luôn **không** làm dịch chuyển cân bằng của hệ phản ứng?

A. Nhiệt độ. B. Áp suất. C. Nồng độ. D. Chất xúc tác.

3. Viết biểu thức tính K_C cho các phản ứng sau:

(1) $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$

(2) $Cu_2O(s) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightleftharpoons 2CuO(s)$

4. Xét các hệ cân bằng sau trong một bình kín:

a) $C(s) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g) + H_2(g)$ $\Delta_r H^o_{298} = 131$ kJ

b) $CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2(g)$ $\Delta_r H^o_{298} = -41$ kJ

Các cân bằng trên dịch chuyển theo chiều nào khi thay đổi một trong các điều kiện sau?

(1) Tăng nhiệt độ.

(2) Thêm lượng hơi nước vào hệ.

(3) Thêm khí H_2 vào hệ.

(4) Tăng áp suất chung bằng cách nén cho thể tích của hệ giảm xuống.

(5) Dùng chất xúc tác.

5. Cho phản ứng sau: $COCl_2(g) \rightleftharpoons CO(g) + Cl_2(g)$ $K_C = 8{,}2 \times 10^{-2}$ (900 K)

Ở trạng thái cân bằng, nếu nồng độ CO và Cl_2 đều bằng 0,15 M thì nồng độ $COCl_2$ là bao nhiêu?

Chân trời sáng tạo

Bài 2

CÂN BẰNG TRONG DUNG DỊCH NƯỚC

MỤC TIÊU

- Nêu được khái niệm sự điện li, chất điện li, chất không điện li.
- Trình bày được thuyết Brønsted – Lowry (Bron-stêt – Lau-ri) về acid – base.
- Nêu được khái niệm và ý nghĩa của pH trong thực tiễn (liên hệ giá trị pH ở các bộ phận trong cơ thể với sức khoẻ con người, pH của đất, nước tới sự phát triển của động thực vật, ...).
- Viết được biểu thức tính pH và biết cách sử dụng các chất chỉ thị để xác định pH (môi trường acid, base, trung tính) bằng các chất chỉ thị phổ biến như giấy chỉ thị màu, quỳ tím, phenolphthalein, ...
- Nêu được nguyên tắc xác định nồng độ acid, base mạnh bằng phương pháp chuẩn độ.
- Thực hiện được thí nghiệm chuẩn độ acid – base: Chuẩn độ dung dịch base mạnh (sodium hydroxide) bằng dung dịch acid mạnh (hydrochloric acid).
- Trình bày được ý nghĩa thực tiễn cân bằng trong dung dịch nước của ion Al^{3+}, Fe^{3+} và CO_3^{2-}.

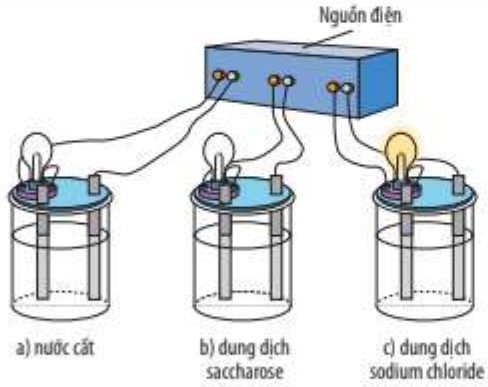
Các hợp chất acid và base có vai trò rất quan trọng trong đời sống của con người. Acid, base là gì? Làm cách nào có thể xác định nồng độ của dung dịch acid, base?

▲ Máy đo pH

Chân trời sáng tạo

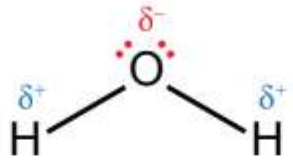
1 SỰ ĐIỆN LI, CHẤT ĐIỆN LI, CHẤT KHÔNG ĐIỆN LI

Tìm hiểu hiện tượng điện li



▲ **Hình 2.1. Mô phỏng thí nghiệm khảo sát tính dẫn điện của nước cất và một số dung dịch**

1 Quan sát Hình 2.1, nhận xét hiện tượng xảy ra khi thực hiện thí nghiệm. So sánh tính dẫn điện của nước cất và các dung dịch.



▲ **Hình 2.2. Cấu tạo của phân tử nước**

H_2O là phân tử có cực. Khi cho NaCl tinh thể vào nước, xảy ra quá trình tương tác giữa các phân tử nước có cực và các ion của muối, kết hợp với sự chuyển động hỗn loạn không ngừng của các phân tử nước làm cho các ion Na^+ và Cl^- của muối tách dần khỏi tinh thể và hoà tan vào nước, gọi là quá trình điện li hay sự điện li. NaCl được gọi là chất điện li, tan vào nước tạo ra ion và thu được dung dịch dẫn điện, gọi là dung dịch chất điện li.

Sự điện li của NaCl trong nước có thể được biểu diễn bằng phương trình điện li như sau:

$$NaCl + (n + m)H_2O \rightarrow Na^+ \cdot nH_2O + Cl^- \cdot mH_2O$$

Để đơn giản, người ta thường viết:

$$NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$$

2 Hãy cho biết nguyên nhân vì sao dung dịch NaCl có tính dẫn điện.

CHÚ Ý

Trong dung dịch, chất điện li phân li thành các ion. Phương trình ion cho biết bản chất của phản ứng xảy ra trong dung dịch điện li. Ví dụ một số phương trình ion:

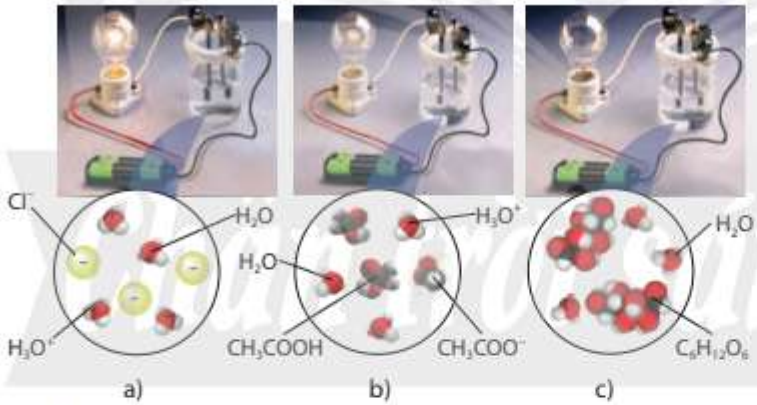
$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$

$H^+ + HCO_3^- \rightarrow CO_2\uparrow + H_2O$

$Ba^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow BaSO_4\downarrow$

Quá trình phân li các chất trong nước tạo thành các ion được gọi là sự điện li.

Tìm hiểu sự phân loại các chất điện li



▲ **Hình 2.3. Mô phỏng thí nghiệm tính dẫn điện của dung dịch hydrochloric acid (a), acetic acid (b), glucose (c)**

3 Quan sát Hình 2.3, nhận xét về độ sáng của bóng đèn ở các thí nghiệm. Biết rằng nồng độ mol của các dung dịch là bằng nhau, cho biết dung dịch nào dẫn điện mạnh, dẫn điện yếu và không dẫn điện.

Phương trình điện li HCl trong nước:

$$HCl \rightarrow H^+ + Cl^- \qquad (1)$$

Chất điện li mạnh bao gồm acid mạnh, base mạnh và hầu hết các muối tan. Trong phương trình điện li của chất điện li mạnh, người ta dùng một mũi tên chỉ chiều của quá trình điện li.

4 Từ phương trình (1) và (2), nhận xét về mức độ phân li của HCl và CH_3COOH trong nước.

Phương trình điện li CH_3COOH trong nước:

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+ \qquad (2)$$

Chất điện li yếu bao gồm các acid yếu, base yếu. Trong phương trình điện li của chất điện li yếu, người ta dùng hai nửa mũi tên ngược chiều nhau.

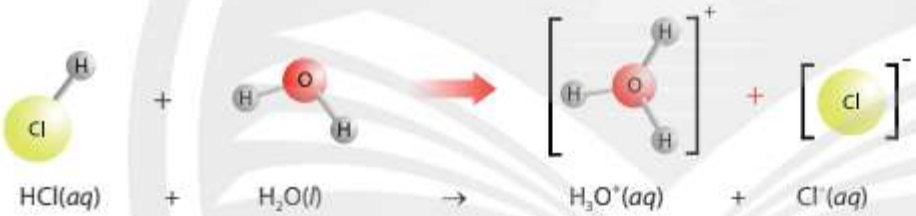
- Chất điện li mạnh là chất khi tan trong nước, các phân tử hoà tan đều phân li thành ion.
- Chất điện li yếu là chất khi tan trong nước chỉ có một số phân tử hoà tan phân li thành ion, phần còn lại vẫn tồn tại dưới dạng phân tử trong dung dịch.
- Chất không điện li là chất khi hoà tan vào trong nước, các phân tử không phân li thành ion.

5 Nếu nhỏ thêm vài giọt dung dịch NaOH hoặc CH_3COONa vào dung dịch CH_3COOH thì cân bằng (2) chuyển dịch theo chiều nào?

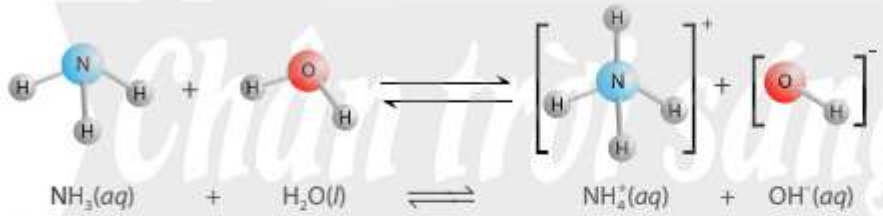
Viết phương trình điện li (nếu có) của các chất sau khi hoà tan vào nước: HNO_3, $Ca(OH)_2$ và $BaCl_2$.

2 THUYẾT BRØNSTED – LOWRY VỀ ACID – BASE

Tìm hiểu thuyết Brønsted – Lowry về acid – base



▲ **Hình 2.4. Sơ đồ minh hoạ quá trình tương tác của HCl và nước trong dung dịch**



▲ **Hình 2.5. Sơ đồ minh hoạ quá trình tương tác giữa NH_3 và nước trong dung dịch**

6 Quan sát Hình 2.4 và Hình 2.5, cho biết chất nào nhận H^+, chất nào cho H^+.

7 Nhận xét về vai trò acid – base của phân tử H_2O trong các cân bằng ở Hình 2.4, Hình 2.5 và cân bằng của ion HCO_3^- trong nước.

Trong dung dịch $NaHCO_3$ có các cân bằng sau:

$$HCO_3^- + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + CO_3^{2-}$$

$$HCO_3^- + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 + OH^-$$

Ion HCO_3^- trong nước vừa có thể cho proton (H^+), vừa có thể nhận proton nên gọi là chất lưỡng tính.

Cho phương trình

(1) $CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + CH_3COO^-$

(2) $CO_3^{2-} + H_2O \rightleftharpoons HCO_3^- + OH^-$

Cho biết chất nào là acid, chất nào là base theo thuyết Brønsted – Lowry.

Thuyết Brønsted – Lowry: *Acid là chất cho proton (H^+), base là chất nhận proton.* Acid và base có thể là phân tử hoặc ion.

3 KHÁI NIỆM pH. CHẤT CHỈ THỊ ACID – BASE

Tìm hiểu khái niệm pH

Nước là chất điện li yếu: $H_2O + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$

hay viết đơn giản: $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$

Tích số nồng độ các ion H^+ và OH^- trong nước nguyên chất hoặc trong dung dịch nước có nồng độ chất tan không quá cao ở mỗi nhiệt độ là một hằng số, gọi là tích số ion của nước, kí hiệu K_w:

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

Ở 25 °C, $K_w = [H^+][OH^-] = 10^{-14}$.

Nước có môi trường trung tính nên có thể hiểu môi trường trung tính là môi trường trong đó $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$ M.

Khi thêm acid vào nước, nồng độ H^+ tăng nên nồng độ OH^- phải giảm do tích số ion của nước không đổi. Như vậy, môi trường acid là môi trường trong đó $[H^+] > [OH^-]$ hay $[H^+] > 10^{-7}$ M.

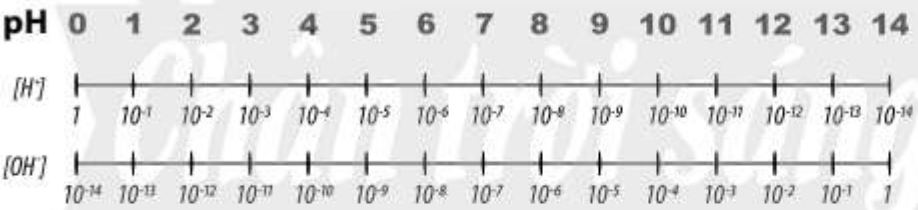
Khi hoà tan base vào nước, nồng độ OH^- tăng nên nồng độ H^+ phải giảm. Môi trường kiềm là môi trường trong đó $[H^+] < [OH^-]$ hay $[H^+] < 10^{-7}$ M.

Độ acid và độ kiềm của dung dịch có thể được đánh giá bằng nồng độ H^+ hoặc quy về một giá trị gọi là pH với quy ước như sau:

$$pH = -\lg[H^+]$$

Nếu $[H^+] = 10^{-a}$ M thì pH = a

Trong đó, $[H^+]$ là nồng độ mol của ion H^+ trong dung dịch.



▲ **Hình 2.6. Thang pH**

- pH là chỉ số đánh giá độ acid hay độ base của một dung dịch.
- Thang pH thường dùng có giá trị từ 1 đến 14.

8 Tính pH của dung dịch có nồng độ H^+ là 10^{-2} M.

9 Tính pH của dung dịch có nồng độ OH^- là 10^{-4} M.

10 Quan sát Hình 2.6, cho biết khoảng giá trị nào trong thang pH tương ứng với môi trường của dung dịch là acid, base hay trung tính.

a) Pha 500 mL dung dịch HCl 0,2 M vào 500 mL nước. Tính pH của dung dịch thu được.
b) Tính khối lượng NaOH cần để pha 100 mL dung dịch NaOH có pH = 12.

Tìm hiểu ý nghĩa của pH trong thực tiễn

▲ **Hình 2.7. pH trong hệ tiêu hoá của con người**

Độ pH là một trong những yếu tố rất quan trọng để đánh giá các tiêu chí liên quan đến môi trường cũng như sức khoẻ của con người.

Trong cơ thể người, độ pH ở các cơ quan khác nhau có giá trị khác nhau. Giá trị này là một trong những yếu tố rất quan trọng phản ánh sức khoẻ của con người. Do đó, mỗi người cần duy trì được chế độ ăn để cơ thể có pH phù hợp, duy trì được sức khoẻ tốt.

11 Quan sát Hình 2.7, cho biết khoảng pH thấp nhất và cao nhất ở các cơ quan trong hệ tiêu hoá của con người.

Độ pH trong đất được dùng làm cơ sở cho việc sử dụng đất, sử dụng phân bón một cách hợp lí và hiệu quả nhằm bảo vệ chất lượng môi trường đất và phòng tránh ô nhiễm nguồn nước.

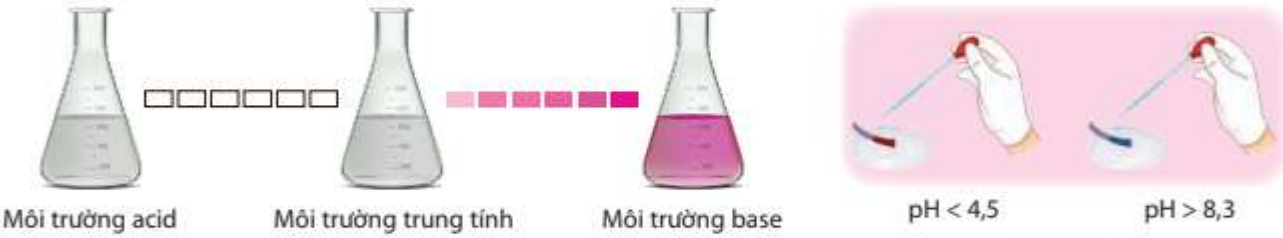
Quy chuẩn kĩ thuật quốc gia về chất lượng nước sạch sử dụng cho mục đích sinh hoạt được Bộ Y tế quy định mức giới hạn các thông số chất lượng đối với nước, trong đó ngưỡng giới hạn cho phép đối với độ pH trong khoảng 6,0 – 8,5. Quy chuẩn này cũng áp dụng cho nước hồ bơi.

Đất chua là đất có độ pH dưới 6,5. Để cải thiện đất trồng bị chua, người nông dân có thể bổ sung chất nào trong các chất sau vào đất: CaO, P_2O_5? Giải thích.

Tìm hiểu chất chỉ thị acid–base

(a) Giấy chỉ thị pH vạn năng

12 Quan sát Hình 2.8, trình bày sự chuyển đổi màu sắc của các chất chỉ thị acid – base trong các dung dịch có độ pH khác nhau.



(b) Dung dịch phenolphthalein

(c) Quỳ tím

▲ **Hình 2.8. Sự thay đổi màu trong các môi trường đối với giấy pH (a), dung dịch phenolphthalein (b), giấy quỳ tím (c)**

Người ta có thể dùng máy đo pH để xác định giá trị pH của một dung dịch.

Chất chỉ thị acid – base là chất có màu sắc biến đổi theo giá trị pH của dung dịch.

4 CHUẨN ĐỘ ACID – BASE

Tìm hiểu phương pháp chuẩn độ acid – base

Nguyên tắc: Chuẩn độ acid – base là phương pháp được sử dụng để xác định nồng độ dung dịch acid hoặc dung dịch base bằng dung dịch base hoặc dung dịch acid đã biết chính xác nồng độ (gọi là dung dịch chuẩn). Trong phương pháp này, người ta sử dụng dung dịch acid đã biết nồng độ làm dung dịch chuẩn để xác định nồng độ dung dịch base hoặc dùng dung dịch base đã biết nồng độ làm dung dịch chuẩn để xác định nồng độ dung dịch acid.

Khi chuẩn độ, người ta thêm từ từ dung dịch đựng trong burette vào dung dịch đựng trong bình tam giác. Thời điểm mà hai chất tác dụng vừa đủ với nhau gọi là điểm tương đương. Để nhận biết điểm tương đương, người ta thường dùng những chất chỉ thị acid – base gây ra sự đổi màu ở khoảng pH gần với điểm tương đương.

13 Hãy nêu vai trò của chất chỉ thị trong phương pháp chuẩn độ acid – base.

14 Quan sát Hình 2.9, giải thích vì sao cần lắc nhẹ dung dịch trong bình tam giác trong khi thực hiện thao tác chuẩn độ.

▲ Hình 2.9. Thao tác chuẩn độ

Thao tác khi chuẩn độ: Tay thuận cầm bình tam giác, lắc nhẹ dung dịch trong bình, tay không thuận điều khiển khoá burette để thêm từ từ từng giọt dung dịch trên burette vào bình tam giác (Hình 2.9).

Thí nghiệm. Chuẩn độ dung dịch base mạnh bằng dung dịch chuẩn acid mạnh

Dụng cụ: bộ giá đỡ, burette 25 mL, pipette 10 mL, cốc thuỷ tinh, bình tam giác 50 mL, ống hút nhỏ giọt.

Hoá chất: dung dịch HCl 0,10 M, dung dịch NaOH cần xác định nồng độ, dung dịch phenolphthalein.

15 Viết phương trình hoá học của phản ứng xảy ra trong thí nghiệm chuẩn độ dung dịch NaOH bằng dung dịch HCl.

Thực hiện:

Bước 1: Tráng sạch burette bằng nước cất, sau đó tráng lại bằng một ít dung dịch NaOH. Lắp dụng cụ như Hình 2.11, xoay vạch đọc thể tích về phía mắt. Cho dung dịch NaOH vào cốc thuỷ tinh, sau đó rót vào burette (đã khoá) và chỉnh về vạch 0.

Bước 2: Dùng pipette lấy dung dịch HCl 0,1 M cho vào ba bình tam giác, mỗi bình 10,00 mL. Dùng ống hút nhỏ giọt để lấy chất chỉ thị, nhỏ 1 – 2 giọt phenolphthalein vào các bình tam giác.

Bước 3: Vặn khoá burette để dung dịch NaOH trong burette chảy từ từ vào bình tam giác đựng dung dịch HCl. Chú ý lắc đều bình tam giác. Quan sát đến khi dung dịch ở bình tam giác xuất hiện màu hồng nhạt bền trong khoảng 30 giây thì dừng lại.

Bước 4: Đọc thể tích dung dịch NaOH trên vạch của burette.

Bước 5: Lặp lại ít nhất 3 lần. Lấy giá trị trung bình của 3 lần chuẩn độ.

▲ **Hình 2.10. Thí nghiệm chuẩn độ dung dịch NaOH bằng dung dịch chuẩn HCl**

16 Quan sát Hình 2.10, mô tả hiện tượng ở thời điểm kết thúc chuẩn độ.

17 Giả sử khi kết thúc chuẩn độ, thể tích dung dịch NaOH đã sử dụng là 12,5 mL. Tính nồng độ dung dịch NaOH ban đầu.

Nồng độ mol của dung dịch NaOH được tính theo công thức:

$$C_{NaOH} = \frac{V_{HCl} \times C_{HCl}}{V_{NaOH}}$$

Trong phương pháp chuẩn độ acid – base, người ta dùng dung dịch acid hoặc dung dịch base (kiềm) đã biết chính xác nồng độ làm dung dịch chuẩn để xác định nồng độ dung dịch base hoặc dung dịch acid chưa biết nồng độ.

5 Ý NGHĨA THỰC TIỄN CÂN BẰNG TRONG DUNG DỊCH NƯỚC CỦA ION Al^{3+}, Fe^{3+} và CO_3^{2-}

Tìm hiểu ý nghĩa thực tiễn cân bằng trong dung dịch nước của ion Al^{3+}, Fe^{3+}

Phèn chua hay phèn nhôm – kali ($K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$), phèn sắt ($(NH_4)_2SO_4 \cdot Fe_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$) được sử dụng như là chất keo tụ trong quá trình xử lí nước (nước thải, nước giếng khoan, …) do tạo $Al(OH)_3$, $Fe(OH)_3$. Các hydroxide này ở dạng keo kéo theo các chất bẩn lơ lửng trong nước lắng xuống.

Phương trình thuỷ phân ion M^{3+} (Al^{3+} và Fe^{3+}) được biểu diễn đơn giản như sau:

$$M^{3+} + 3H_2O \rightleftharpoons M(OH)_3\downarrow + 3H^+$$

18 Tại sao khi bảo quản dung dịch muối M^{3+} trong phòng thí nghiệm người ta thường nhỏ vài giọt dung dịch acid vào trong lọ đựng dung dịch muối?

Ion Al^{3+}, Fe^{3+} dễ bị thuỷ phân trong nước tạo thành base không tan và cho môi trường acid.

Ngoài tác dụng làm trong nước, dung dịch phèn chua còn có khả năng làm sạch gỉ sét trên inox. Giải thích.

Phèn chua

Tìm hiểu ý nghĩa thực tiễn cân bằng trong dung dịch nước của ion CO_3^{2-}

Một hồ bơi đủ tiêu chuẩn khi có độ pH trong nước khoảng từ 7,2 đến 7,8. Mất cân bằng pH là một trong những vấn đề thường gặp ở nhiều hồ bơi. Trong trường hợp pH hồ bơi quá thấp sẽ gây ra tình trạng kích ứng da và mắt cho người bơi. Soda (Na_2CO_3) được xem là hoá chất hiệu quả được sử dụng để làm tăng pH của nước hồ bơi.

Phương trình thuỷ phân ion CO_3^{2-} biểu diễn đơn giản như sau:

$$CO_3^{2-} + H_2O \rightleftharpoons HCO_3^- + OH^-$$

Ion CO_3^{2-} bị thuỷ phân cho môi trường base.

19 Giải thích vì sao quá trình thuỷ phân ion CO_3^{2-} trong nước làm tăng pH của nước.

Khi mưa nhiều ngày liên tục có thể làm cho pH của nước ở ao, hồ giảm xuống dưới 6,5 và người ta thường rắc vôi bột để điều chỉnh pH. Giải thích.

BÀI TẬP

1. Một dung dịch có $[OH^-] = 2,5 \times 10^{-10}$ M. Tính pH và xác định môi trường của dung dịch này.

2. Tính pH của dung dịch thu được sau khi trộn 40 mL dung dịch HCl 0,5 M với 60 mL dung dịch NaOH 0,5 M.

3. Một mẫu dịch vị có pH = 2,5. Xác định nồng độ mol của ion H^+ trong mẫu dịch vị đó.

4. Viết phương trình điện li của các chất: H_2SO_4, $Ba(OH)_2$, $Al_2(SO_4)_3$.

5. Ở các vùng quê, người dân thường dùng phèn chua để làm trong nước nhờ ứng dụng của phản ứng thuỷ phân ion Al^{3+}. Giải thích. Chất hay ion nào là acid, là base trong phản ứng thuỷ phân Al^{3+}?

Chương 2

NITROGEN VÀ SULFUR

Bài 3 ĐƠN CHẤT NITROGEN

MỤC TIÊU

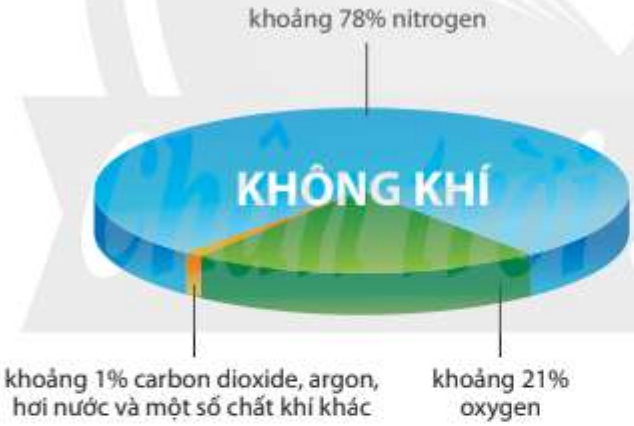
- Phát biểu được trạng thái tự nhiên của nguyên tố nitrogen.
- Giải thích được tính trơ của đơn chất nitrogen ở nhiệt độ thường thông qua liên kết và giá trị năng lượng liên kết.
- Trình bày được sự hoạt động của đơn chất nitrogen ở nhiệt độ cao đối với hydrogen, oxygen. Liên hệ được quá trình tạo và cung cấp nitrate cho đất từ nước mưa.
- Giải thích được các ứng dụng của đơn chất nitrogen khí và lỏng trong sản xuất, trong hoạt động nghiên cứu.

Nitrogen là khí có hàm lượng lớn nhất trong không khí, có vai trò cung cấp đạm tự nhiên cho cây trồng. Nitrogen có tính chất gì và có những ứng dụng nào trong cuộc sống?

▲ Nitrogen lỏng hỗ trợ làm lạnh để bảo quản thực phẩm

1 TRẠNG THÁI TỰ NHIÊN

Tìm hiểu về trạng thái tự nhiên của nitrogen



▲ Hình 3.1. Thành phần thể tích của không khí

1. Quan sát Hình 3.1, cho biết trong không khí, khí nào chiếm tỉ lệ thể tích lớn nhất.
2. Ngoài đơn chất nitrogen thì nguyên tố nitrogen còn tồn tại dưới dạng nào? Lấy ví dụ.

Ở trạng thái tự nhiên, nitrogen tồn tại ở dạng đơn chất và hợp chất.

• Ở dạng đơn chất, nitrogen chiếm khoảng 78% thể tích của không khí. Nitrogen trong tự nhiên là hỗn hợp của hai đồng vị: $^{14}_{7}N$ (99,63%) và $^{15}_{7}N$ (0,37%).

• Ở dạng hợp chất, nitrogen có nhiều trong khoáng vật sodium nitrate ($NaNO_3$) với tên gọi là diêm tiêu natri. Nitrogen còn có trong thành phần của protein, nucleic acid, … và nhiều hợp chất hữu cơ khác.

2 TÍNH CHẤT VẬT LÍ

Tìm hiểu tính chất vật lí của nitrogen

▲ **Hình 3.2. Mô phỏng thí nghiệm chứng minh nitrogen không duy trì sự cháy**

3 Quan sát Hình 3.2, nêu hiện tượng xảy ra. Giải thích.

4 Nitrogen nặng hơn hay nhẹ hơn không khí. Tại sao?

Ở điều kiện thường, nitrogen là chất khí không màu, không mùi, không vị, hơi nhẹ hơn không khí, hoá lỏng ở –196 °C và hoá rắn ở –210 °C. Khí nitrogen tan rất ít trong nước (ở điều kiện thường, 1 lít nước hoà tan được 0,015 lít khí nitrogen). Nitrogen không duy trì sự cháy và sự hô hấp.

Người ta có thể thu khí nitrogen trong phòng thí nghiệm bằng phương pháp đẩy nước. Hãy giải thích điều này.

3 TÍNH CHẤT HOÁ HỌC

Tìm hiểu tính chất hoá học của nitrogen

$E_b(N{\equiv}N) = 945$ kJ/mol

▲ **Hình 3.3. Mô hình phân tử nitrogen và năng lượng liên kết trong phân tử nitrogen**

5 Quan sát Hình 3.3 và từ dữ kiện năng lượng liên kết trong phân tử N_2, dự đoán về độ bền phân tử và khả năng phản ứng của nitrogen ở nhiệt độ thường.

Nguyên tử nitrogen có độ âm điện lớn, chỉ kém fluorine, oxygen, chlorine.

Ở nhiệt độ cao, nitrogen có thể tác dụng được với nhiều chất.

Tác dụng với hydrogen:

Ở nhiệt độ cao (380 °C – 450 °C), áp suất cao (25 bar – 200 bar) và có xúc tác Fe, nitrogen tác dụng với hydrogen tạo khí ammonia.

$$N_2(g) + 3H_2(g) \xrightleftharpoons{t^o, p, xt} 2NH_3(g) \qquad \Delta_r H^o_{298} = -92 \text{ kJ}$$

Tác dụng với oxygen:

Ở nhiệt độ khoảng 3 000 °C, nitrogen tác dụng với oxygen tạo thành khí nitrogen monoxide.

$$N_2(g) + O_2(g) \xrightleftharpoons{t^o} 2NO(g) \qquad \Delta_r H^o_{298} = 180 \text{ kJ}$$

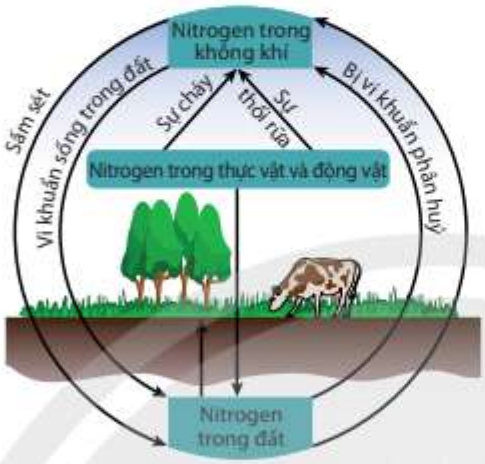
6 Xác định tính oxi hoá, tính khử của nitrogen trong phản ứng của N_2 với H_2 và với O_2. Cho biết các phản ứng này thu nhiệt hay toả nhiệt.

Ở nhiệt độ thường, phân tử nitrogen rất bền, khá trơ về mặt hoá học. Trong các điều kiện thích hợp, nitrogen chủ yếu thể hiện tính oxi hoá, nitrogen thể hiện tính khử khi tác dụng với oxygen.

4 QUÁ TRÌNH TẠO VÀ CUNG CẤP NITRATE CHO ĐẤT TỪ NƯỚC MƯA

Tìm hiểu quá trình tạo và cung cấp nitrate cho đất từ nước mưa

Trong tự nhiên luôn diễn ra quá trình chuyển hoá nitrogen từ dạng này sang dạng khác theo một chu trình tuần hoàn khép kín.



▲ **Hình 3.4. Chu trình của nitrogen trong tự nhiên**

7 Quan sát Hình 3.4, cho biết con người có thể can thiệp vào chu trình của nitrogen trong tự nhiên bằng cách nào. Nếu sự can thiệp đó vượt ngưỡng cho phép thì ảnh hưởng gì đến môi trường?

Thực vật đồng hoá nitrogen bằng cách hấp thụ chúng qua rễ cây chủ yếu ở dạng muối nitrate và muối ammonium, chuyển hoá chúng thành protein thực vật. Động vật đồng hoá protein thực vật, tạo ra protein động vật. Các chất hữu cơ do động vật bài tiết ra (phân, nước tiểu, …) cũng như xác động vật bị phân huỷ chuyển thành các hợp chất hữu cơ chứa nitrogen. Nhờ những loại vi khuẩn khác nhau có trong đất, một phần các hợp chất này chuyển hoá thành ammonia, sau đó chuyển hoá thành muối nitrate, phần còn lại bị thoát ra ở dạng nitrogen bay vào khí quyển. Khi đốt cháy các chất hữu cơ (than gỗ, than đá, than bùn, …), cũng tạo thành nitrogen tự do.

Nguyên tố nitrogen rất cần thiết cho sự sống trên Trái Đất. Trong tự nhiên luôn diễn ra các quá trình chuyển hoá nitrogen từ dạng này sang dạng khác theo một chu trình tuần hoàn khép kín.

5 ỨNG DỤNG

Tìm hiểu ứng dụng của đơn chất nitrogen khí và lỏng trong sản xuất, trong hoạt động nghiên cứu

Trong sản xuất rượu bia, khí nitrogen được bơm vào các bể chứa để loại bỏ khí oxygen.

Trong công nghệ đóng gói thực phẩm, khí nitrogen được bơm vào túi để loại bỏ khí oxygen và làm phồng bao bì.

Trong chữa cháy, nitrogen dùng để dập tắt các đám cháy do hoá chất, chập điện, …

Trong lĩnh vực y tế, nitrogen lỏng được dùng để bảo quản máu, tế bào, dịch cơ thể, trứng, tinh trùng, ...

Trong khai thác dầu khí, hỗn hợp khí N_2 và CO_2 được bơm vào bể chứa dầu mỏ để tạo áp suất đẩy dầu còn dư bị kẹt lại lên trên nhờ đặc tính nén cao.

▲ **Hình 3.5. Một số ứng dụng của nitrogen**

8 Quan sát Hình 3.5 và dựa vào các tính chất của nitrogen, hãy giải thích vì sao nitrogen có những ứng dụng đó.

Giải thích vì sao người ta bơm khí nitrogen vào những lọ vaccine.

Nguyên tố nitrogen là một trong những nguyên tố dinh dưỡng chính của thực vật. Trong công nghiệp, phần lớn lượng nitrogen sản xuất ra được dùng để tổng hợp ammonia (NH_3), từ đó sản xuất phân đạm, nitric acid, ... Nhiều ngành công nghiệp như luyện kim, thực phẩm, điện tử, ... sử dụng nitrogen làm môi trường trơ. Nitrogen lỏng được dùng làm môi trường đông lạnh để bảo quản máu và các mẫu vật sinh học khác.

Phẫu thuật lạnh, hay còn gọi là áp lạnh bằng nitrogen lỏng là một kĩ thuật điển hình mang lại hiệu quả cao trong điều trị sẹo lồi. Người ta sử dụng nitrogen lỏng ở –196 °C để xử lí các bệnh lí bề mặt của da. Phương pháp này được sử dụng phổ biến tại các trung tâm và bệnh viện chuyên khoa da liễu nhờ sự đơn giản, an toàn và hiệu quả cao, ít biến chứng và không gây nhiều đau đớn cho bệnh nhân.

BÀI TẬP

1. Trình bày cấu tạo của phân tử N_2. Giải thích vì sao ở điều kiện thường, N_2 khá trơ về mặt hoá học.

2. Viết phương trình hoá học chứng minh tính oxi hoá và tính khử của nitrogen. Cho biết số oxi hoá của nitrogen thay đổi như thế nào trong các phản ứng hoá học đó.

3. Dựa vào giá trị năng lượng liên kết (E_b), hãy dự đoán ở điều kiện thường, chất nào (nitrogen, hydrogen, oxygen, chlorine) khó và dễ tham gia phản ứng hoá học nhất. Vì sao?

a) $N_2\ (g) \rightarrow 2N\ (g)$ $\quad E_b = 945$ kJ/mol

b) $H_2\ (g) \rightarrow 2H\ (g)$ $\quad E_b = 432$ kJ/mol

c) $O_2\ (g) \rightarrow 2O\ (g)$ $\quad E_b = 498$ kJ/mol

d) $Cl_2\ (g) \rightarrow 2Cl\ (g)$ $\quad E_b = 243$ kJ/mol

Bài 4

AMMONIA VÀ MỘT SỐ HỢP CHẤT AMMONIUM

MỤC TIÊU

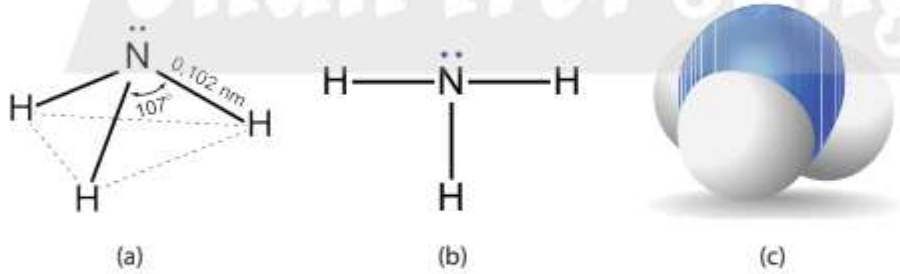
- Mô tả được công thức Lewis và hình học của phân tử ammonia.
- Dựa vào đặc điểm cấu tạo của phân tử ammonia, giải thích được tính chất vật lí (tính tan), tính chất hoá học (tính base, tính khử). Viết được phương trình hoá học minh hoạ.
- Vận dụng được kiến thức về cân bằng hoá học, tốc độ phản ứng, enthalpy cho phản ứng tổng hợp ammonia từ nitrogen và hydrogen trong quá trình Haber (Ha-bơ).
- Trình bày được tính chất cơ bản của muối ammonium (dễ tan và phân li, chuyển hoá thành ammonia trong kiềm, dễ bị nhiệt phân) và nhận biết được ion ammonium trong dung dịch.
- Trình bày được ứng dụng của ammonia (chất làm lạnh; sản xuất phân bón như: đạm, ammophos; sản xuất nitric acid; làm dung môi; ...); của ammonium nitrate và một số muối ammonium tan như: phân đạm, phân ammophos, ...
- Thực hiện được (hoặc quan sát video) thí nghiệm nhận biết được ion ammonium trong phân đạm chứa ion ammonium.

Ammonia là một hợp chất của hydrogen và nitrogen, có rất nhiều ứng dụng trong đời sống và sản xuất. Ammonia có những tính chất và ứng dụng gì?

Bồn bảo quản ammonia lỏng dùng trong sản xuất thực phẩm ▶

1 CẤU TẠO PHÂN TỬ CỦA AMMONIA

Trình bày cấu tạo phân tử ammonia



▲ **Hình 4.1. Cấu tạo của phân tử ammonia (a), công thức Lewis của phân tử ammonia (b) và mô hình phân tử ammonia (c)**

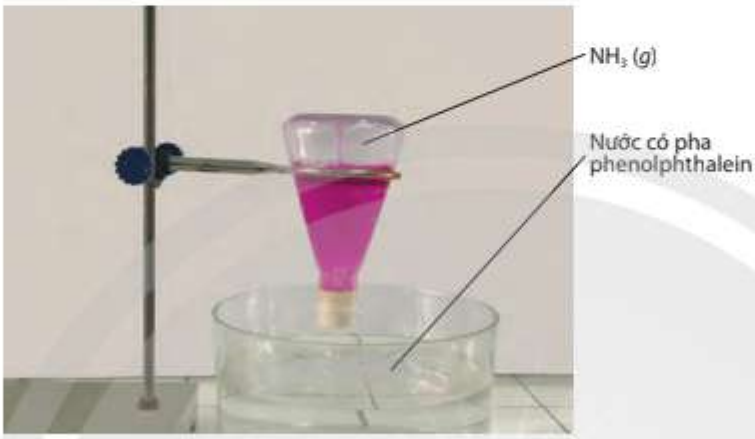
1 Quan sát Hình 4.1, mô tả cấu tạo của phân tử ammonia. Dự đoán tính tan (trong nước) và tính oxi hoá – khử của ammonia. Giải thích.

Phân tử NH_3 có cấu trúc chóp tam giác, với nguyên tử nitrogen ở đỉnh, đáy là một tam giác mà đỉnh là 3 nguyên tử hydrogen.

2 TÍNH CHẤT CỦA AMMONIA

Tìm hiểu tính chất vật lí của ammonia

Thu khí ammonia vào đầy bình tam giác, đậy bình bằng nút cao su có ống thuỷ tinh vuốt nhọn xuyên qua. Úp ngược bình tam giác xuống và nhúng đầu ống thuỷ tinh vào một chậu thuỷ tinh chứa nước có pha thêm dung dịch phenolphtalein. Một lát sau, nước trong chậu phun vào bình thành những tia có màu hồng (Hình 4.2).



▲ **Hình 4.2. Thí nghiệm về tính tan của khí NH_3 trong nước**

Ammonia là chất khí không màu, mùi khai và xốc, nhẹ hơn không khí. Ammonia tan rất nhiều trong nước tạo thành dung dịch ammonia. Dung dịch ammonia đậm đặc thường có nồng độ 25%.

Tìm hiểu tính chất hoá học của ammonia

Khi hoà tan vào nước, một phần nhỏ các phân tử NH_3 nhận ion H^+ của nước, tạo thành ion NH_4^+ (ion ammonium) và ion OH^- (ion hydroxide).

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

▲ **Hình 4.3. NH_3 tác dụng với HCl**

2 Quan sát Hình 4.2, giải thích hiện tượng thí nghiệm. Từ đó cho biết, tại sao không thu khí ammonia bằng phương pháp đẩy nước.

3 Tính tỉ khối của NH_3 so với không khí. Từ kết quả đó, hãy giải thích vì sao có thể thu khí NH_3 bằng phương pháp đẩy không khí (úp ngược bình).

• Ở điều kiện thường, 1 lít nước hoà tan khoảng 800 lít khí ammonia.
• Dung dịch ammonia đậm đặc nồng độ 25% có khối lượng riêng là 0,91 g/cm^3.

4 Từ sự kết hợp giữa NH_3 với nước, nhận xét tính acid – base của NH_3 trong dung dịch. Nêu cách nhận biết khí NH_3 bằng quỳ tím. Giải thích.

5 Chuẩn bị hai đầu đũa thuỷ tinh quấn bông. Đũa 1 nhúng vào dung dịch HCl đặc, đũa 2 nhúng vào dung dịch NH_3 đặc, sau đó đưa lại gần nhau (Hình 4.3). Quan sát và nêu hiện tượng xảy ra. Từ đó, đề xuất phương pháp nhận biết ammonia bằng dung dịch HCl đặc.

Ammonia (dạng khí cũng như dung dịch) kết hợp dễ dàng với acid tạo thành muối ammonium.

$$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl$$

ammonium chloride

$$2NH_3 + H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)_2SO_4$$

ammonium sulfate

Ammonia cháy trong khí oxygen tạo ra khí nitrogen và hơi nước.

$$4NH_3 + 3O_2 \xrightarrow{t^o} 2N_2 + 6H_2O$$

Khi oxi hoá ammonia bằng oxygen trong không khí khi có xúc tác Pt, ở nhiệt độ cao tạo thành NO và H_2O.

$$4NH_3 + 5O_2 \xrightarrow{Pt, t^o} 4NO + 6H_2O$$

6 Cho biết ammonia thể hiện tính chất gì trong phản ứng với acid và oxygen.

Ammonia chủ yếu thể hiện tính khử và tính base trong các phản ứng hoá học.

3 TỔNG HỢP AMMONIA

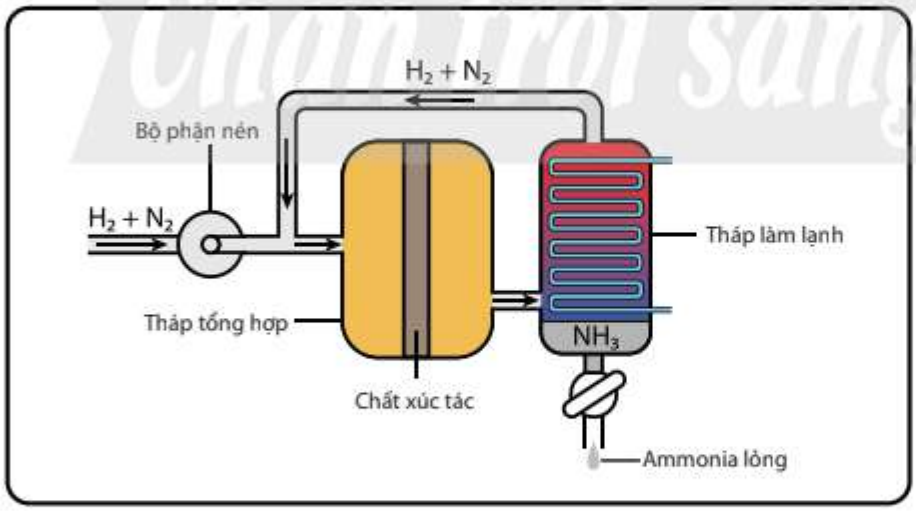
Vận dụng kiến thức hoá học cho phản ứng tổng hợp ammonia từ nitrogen và hydrogen trong quá trình Haber

Ammonia được tổng hợp từ khí nitrogen và khí hydrogen theo phản ứng:

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) \qquad \Delta_r H^o_{298} = -92 \text{ kJ}$$

Trên thực tế, phản ứng này thường được thực hiện ở nhiệt độ khoảng 380 °C – 450 °C, áp suất khoảng 25 bar – 200 bar và dùng chất xúc tác là Fe.

7 Dựa vào nguyên lí chuyển dịch cân bằng Le Chatelier, hãy cho biết để tăng hiệu suất phản ứng tổng hợp NH_3, cần điều chỉnh nhiệt độ và áp suất như thế nào. Điều đó có gây trở ngại gì cho phản ứng tổng hợp NH_3 trên thực tế hay không? Vì sao?



▲ **Hình 4.4. Sơ đồ thiết bị tổng hợp ammonia trong công nghiệp theo quá trình Haber**

Quá trình Haber được thực hiện như sau:
– Hỗn hợp nitrogen và hydrogen (tỉ lệ mol 1 : 3) được nén ở áp suất cao và đưa vào tháp tổng hợp ammonia trong điều kiện nhiệt độ, áp suất và chất xúc tác thích hợp.
– Hỗn hợp khí đi ra từ tháp tổng hợp gồm N_2, H_2 và NH_3 được dẫn đến tháp làm lạnh. Ở đây, NH_3 hoá lỏng và được tách riêng, còn hỗn hợp khí N_2 và H_2 chưa phản ứng được đưa trở lại tháp tổng hợp.

4 MUỐI AMMONIUM

Tìm hiểu tính chất vật lí của muối ammonium

▲ **Hình 4.5. Muối ammonium chloride**

Muối ammonium đều được tạo bởi cation ammonium (NH_4^+) và anion gốc acid. Ví dụ: ammonium chloride, ammonium nitrate, ammonium sulfate, …

8 Quan sát Hình 4.5, cho biết trạng thái, màu sắc của muối ammonium chloride và đặc tính liên kết của phân tử.

Muối ammonium là những chất tinh thể ion. Hầu hết các muối ammonium dễ tan trong nước.

Tìm hiểu tính chất hoá học của muối ammonium

Thí nghiệm. Nhận biết ion ammonium (NH_4^+) trong phân đạm (chứa ion ammonium)

Dụng cụ: kẹp ống nghiệm, ống nghiệm, đèn cồn, diêm hoặc bật lửa.

Hoá chất: mẫu phân đạm ammonium (NH_4Cl hoặc NH_4NO_3 hoặc $(NH_4)_2SO_4$), dung dịch NaOH đặc, nước cất, quỳ tím.

Tiến hành:

Bước 1: Cho khoảng 2 gam phân đạm ammonium vào ống nghiệm. Sau đó cho khoảng 2 mL nước cất vào ống nghiệm, lắc đều đến khi tan hết.

Bước 2: Cho khoảng 2 mL dung dịch NaOH đặc vào ống nghiệm, lắc đều rồi đun nhẹ dưới ngọn lửa đèn cồn.

Bước 3: Đặt mẩu giấy quỳ tím ẩm lên miệng ống nghiệm đang đun và quan sát hiện tượng xảy ra (Hình 4.6).

9 Quan sát Thí nghiệm, nêu hiện tượng xảy ra. Giải thích. Viết phương trình hoá học khi cho NH_4Cl, NH_4NO_3, $(NH_4)_2SO_4$ tác dụng với dung dịch NaOH.

Dung dịch muối ammonium đậm đặc tác dụng với dung dịch base khi đun nóng tạo sản phẩm là khí ammonia.

$$NH_4^+ + OH^- \xrightarrow{t^o} NH_3\uparrow + H_2O$$

Khi đun nóng, các muối ammonium dễ bị phân huỷ:

$$NH_4Cl \xrightarrow{t^o} NH_3 + HCl$$

$$NH_4HCO_3 \xrightarrow{t^o} NH_3 + CO_2 + H_2O$$

$$NH_4NO_3 \xrightarrow{t^o} N_2O + 2H_2O$$

▲ **Hình 4.6. Sự phân huỷ nhiệt của NH_4Cl**

- Muối ammonium tác dụng với dung dịch kiềm khi đun nóng cho khí ammonia có mùi xốc đặc trưng. Phản ứng này dùng để nhận biết ion ammonium trong dung dịch.
- Muối ammonium dễ bị phân huỷ khi đun nóng.

10 Đun nóng NH_4Cl (Hình 4.6) thấy có hiện tượng khói trắng trong ống nghiệm. Giải thích.

Viết phương trình hoá học khi cho dung dịch $(NH_4)_2CO_3$ tác dụng với các dung dịch KOH, HCl, $Ba(OH)_2$, $CaCl_2$.

NH_4HCO_3 thường được dùng làm bột nở trong sản xuất bánh bao. Giải thích.

5 ỨNG DỤNG

Tìm hiểu ứng dụng của ammonia

Dùng trong hệ thống làm lạnh trong công nghiệp

Dùng để sản xuất phân bón urea

Dùng để sản xuất nitric acid

▲ **Hình 4.7. Một số ứng dụng của ammonia**

Ammonia được sử dụng để sản xuất nitric acid, các loại phân đạm. Ammonia còn được sử dụng làm chất làm lạnh, làm dung môi và nhiều ứng dụng quan trọng khác trong đời sống và sản xuất.

11 Tìm hiểu thông tin và nêu một số ứng dụng của ammonia trong đời sống và sản xuất.

Tìm hiểu ứng dụng của muối ammonium

Ammonium nitrate (NH_4NO_3) được dùng làm phân bón để bổ sung hàm lượng nitrogen cho cây dưới dạng nitrate và ammonium. Loại phân bón này dễ được hấp thụ và thúc đẩy quá trình tăng trưởng.

Một số muối ammonium khác (ammonium chloride (NH_4Cl), ammonium sulfate ($(NH_4)_2SO_4$)) cũng được dùng làm phân bón như phân đạm, phân bón phức hợp, …

Phân bón ammonium nitrate

Phân ammophos

▲ **Hình 4.8. Một số loại phân bón ammonium**

Hãy giải thích vì sao các loại phân bón như NH_4Cl, NH_4NO_3, $(NH_4)_2SO_4$ không thích hợp bón cho đất chua.

Muối ammonium được sử dụng rộng rãi trong đời sống và sản xuất, đặc biệt được dùng làm phân bón trong nông nghiệp.

BÀI TẬP

1. Liên kết hoá học trong phân tử NH_3 là liên kết

A. cộng hoá trị có cực. B. ion.

C. cộng hoá trị không cực. D. kim loại.

2. Có thể nhận biết muối ammonium bằng cách cho muối tác dụng với dung dịch kiềm thấy thoát ra một chất khí. Chất khí đó là

A. NH_3. B. H_2. C. NO_2. D. NO.

3. Khi thải rác thải sinh hoạt chứa một lượng lớn ion ammonium vào ao, hồ sẽ xảy ra quá trình oxi hoá ammonium thành ion nitrate dưới tác dụng của vi khuẩn. Quá trình này làm giảm oxygen hoà tan trong nước, gây ngạt cho sinh vật sống dưới nước. Người ta phải xử lí nguồn nước gây ô nhiễm đó bằng cách chuyển ion ammonium thành ammonia, rồi chuyển tiếp thành nitrogen không độc. Hãy đề xuất một số hóa chất để thực hiện quá trình trên và viết phương trình hoá học của các phản ứng xảy ra.

4. Cho cân bằng hoá học:

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) \qquad \Delta_r H^o_{298} = -92\ kJ$$

Cân bằng chuyển dịch theo chiều nào (có giải thích) khi:

a) tăng nhiệt độ.

b) tách ammonia ra khỏi hỗn hợp phản ứng.

c) giảm thể tích của hệ phản ứng.

5. Viết phương trình hoá học của các phản ứng xảy ra khi cho dung dịch $(NH_4)_2SO_4$ tác dụng với dung dịch NaOH, dung dịch $Ba(OH)_2$, dung dịch $BaCl_2$, dung dịch $Ba(NO_3)_2$.

Bài 5

MỘT SỐ HỢP CHẤT VỚI OXYGEN CỦA NITROGEN

MỤC TIÊU

- Phân tích được nguồn gốc của các oxide của nitrogen trong không khí và nguyên nhân gây hiện tượng mưa acid.
- Nêu được cấu tạo của HNO_3, tính acid, tính oxi hoá mạnh trong một số ứng dụng thực tiễn quan trọng của nitric acid.
- Giải thích được nguyên nhân, hệ quả của hiện tượng phú dưỡng (eutrophication).

Nitrogen tạo những hợp chất nào với oxygen? Chúng được hình thành từ đâu và có những tính chất gì?

1 CÁC OXIDE CỦA NITROGEN – HIỆN TƯỢNG MƯA ACID

Tìm hiểu nguồn gốc các oxide của nitrogen trong không khí

▲ Hình 5.1. Hiện tượng sấm sét

Khí nitrogen monoxide (NO) được tạo thành trong không khí ở nhiệt độ cao.

$$N_2(g) + O_2(g) \xrightleftharpoons{3\,000\,^{\circ}C} 2NO(g)$$

Ở điều kiện thường, khí NO không màu kết hợp với oxygen trong không khí tạo thành khí nitrogen dioxide (NO_2) màu nâu đỏ.

$$2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$$

1 Hãy tìm hiểu và cho biết hiện tượng nào trong tự nhiên và quá trình nào trong đời sống của con người là nguồn tạo ra các khí NO, NO_2 trong không khí.

Nitrogen oxide được hình thành từ những hiện tượng trong tự nhiên hoặc các thiết bị hoạt động ở nhiệt độ cao. Các khí này độc, có thể gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến sức khoẻ con người. Chúng cũng là một trong những nguyên nhân chính gây nên hiệu ứng nhà kính và hiện tượng mưa acid.

Tìm hiểu về hiện tượng mưa acid

Mưa acid là hiện tượng nước mưa có pH nhỏ hơn 5,6 chủ yếu là do sự oxi hoá khí SO_2 và các khí oxide của nitrogen (NO_x) với xúc tác của các ion kim loại trong khói, bụi, … Các khí này hoà tan trong nước tạo thành dung dịch H_2SO_4 và dung dịch HNO_3.

Ví dụ: $2SO_2 + O_2 + 2H_2O \xrightarrow{xt} 2H_2SO_4$

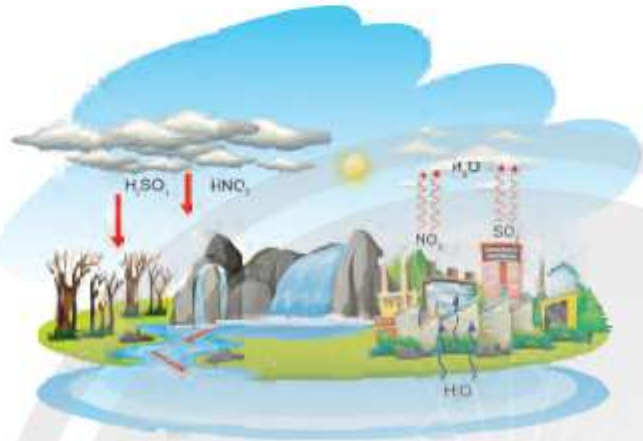
$4NO_2 + O_2 + 2H_2O \rightarrow 4HNO_3$

Nguyên nhân gây ra mưa acid có thể do hoạt động của núi lửa, cháy rừng, sấm sét hoặc do con người tiêu thụ nhiều nguyên liệu tự nhiên như than đá, dầu mỏ, … Hiện tượng này gây ảnh hưởng trực tiếp đến đời sống con người, động – thực vật và có thể làm thay đổi thành phần nước của sông, hồ, gây hại cho động vật sống dưới nước và các loại sinh vật khác, huỷ hoại các công trình kiến trúc, …

2 Quan sát Hình 5.2, mô tả quá trình hình thành mưa acid.

3 Viết các phương trình hoá học của chuỗi phản ứng tạo ra nitric acid từ nitrogen trong không khí:

$N_2 \rightarrow NO \rightarrow NO_2 \rightarrow HNO_3$



▲ **Hình 5.2. Quá trình hình thành mưa acid**

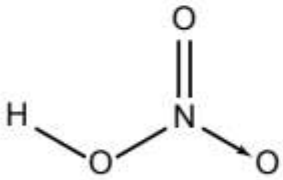
▲ **Hình 5.3. Một số tác hại của mưa acid**

4 Quan sát Hình 5.3, hãy nêu một số tác hại của mưa acid.

Mưa acid tạo thành do lượng khí thải SO_2 và NO_x từ các quá trình tiêu thụ than đá, dầu mỏ và các nhiên liệu tự nhiên khác trong sản xuất, sinh hoạt của con người.

2 NITRIC ACID

Tìm hiểu cấu tạo phân tử, tính chất vật lí của nitric acid



(a)

(b)

(c)

▲ **Hình 5.4. Cấu tạo phân tử nitric acid (a), mô hình phân tử nitric acid (b), nitric acid được bảo quản trong lọ thuỷ tinh tối màu (c)**

5 Quan sát Hình 5.4a, cho biết các liên kết hoá học giữa các nguyên tử trong phân tử HNO_3 thuộc loại liên kết gì. Xác định số oxi hoá của nitrogen trong HNO_3. Dự đoán vai trò của HNO_3 trong các phản ứng oxi hoá – khử.

Nitric acid tinh khiết kém bền, bị phân huỷ một phần giải phóng khí nitrogen dioxide (NO_2) ngay ở điều kiện thường khi có ánh sáng. Khí này tan trong dung dịch acid, làm cho dung dịch HNO_3 đặc có màu vàng.

6 Tại sao phải bảo quản nitric acid trong lọ tối màu?

- Nitric acid tinh khiết là chất lỏng không màu, bốc khói mạnh trong không khí ẩm, có khối lượng riêng là 1,53 g/cm^3, sôi ở 86 °C.
- Nitric acid tan trong nước theo bất kì tỉ lệ nào. Nitric acid thương mại thường có nồng độ 68%, khối lượng riêng là 1,40 g/cm^3.

Tìm hiểu tính chất hoá học và một số ứng dụng thực tiễn quan trọng của nitric acid

Nitric acid là một trong số các acid mạnh, trong dung dịch loãng nó phân li hoàn toàn thành H^+ và NO_3^-. Dung dịch HNO_3 làm quỳ tím hoá đỏ; tác dụng với basic oxide, base và muối của acid yếu hơn tạo thành muối nitrate.

$$HNO_3 \rightarrow H^+ + NO_3^-$$

Nitric acid là một trong ba acid chính của ngành công nghiệp hoá chất hiện đại và có khả năng ăn mòn kim loại.

Nitric acid là một acid có tính oxi hoá mạnh. Do đó, HNO_3 oxi hoá được hầu hết các kim loại trừ vàng (Au), platinum (Pt), …

Trong hoá học hữu cơ, dung dịch nitric acid 68% được sử dụng để chế tạo thuốc nổ, ví dụ như trinitrotoluene (TNT); sản xuất nitrobenzene.

Hỗn hợp nitric acid đặc và hydrochloric acid đặc có tỉ lệ thể tích 1 : 3 (cũng tương ứng với tỉ lệ mol 1 : 3), được gọi là dung dịch nước cường toan. Dung dịch này có khả năng hoà tan platinum và vàng.

7 Hãy tìm hiểu và cho biết HNO_3 được ứng dụng vào những lĩnh vực nào trong đời sống và sản xuất.

Viết phương trình hoá học của các phản ứng khi cho dung dịch HNO_3 tác dụng với CuO, $Ca(OH)_2$, $CaCO_3$. Các phản ứng này có phải phản ứng oxi hoá – khử không? Giải thích.

CHÚ Ý

Một số kim loại như Al, Fe và Cr bị *thụ động hoá* trong dung dịch HNO_3 đặc, nguội, do tạo ra màng oxide bền, bảo vệ kim loại khỏi tác dụng của acid.

Sản xuất thuốc nổ

Sản xuất phân bón

Sản xuất thuốc nhuộm vải

▲ **Hình 5.5. Một số ứng dụng của HNO_3 trong đời sống và sản xuất**

Nitric acid là một acid mạnh và có tính oxi hoá mạnh. Dung dịch nitric acid có nhiều ứng dụng quan trọng trong đời sống và sản xuất.

3 HIỆN TƯỢNG PHÚ DƯỠNG

Tìm hiểu hiện tượng phú dưỡng

Phú dưỡng là hiện tượng ao, hồ dư quá nhiều các nguyên tố dinh dưỡng (nitrogen, phosphorus).

Ao hồ có khả năng tự lọc nước nhờ các vi sinh vật tự nhiên. Các vi sinh vật này có vai trò cân bằng hệ sinh thái của hồ, sông và tạo ra các dưỡng chất. Các dưỡng chất này khi không được tiêu thụ hết sẽ gây ra tình trạng dư thừa, dẫn đến hiện tượng phú dưỡng, gây nhiều tác động tiêu cực cho môi trường.

8 Hãy cho biết dấu hiệu nhận biết hiện tượng phú dưỡng.

9 Hãy nêu một số phương pháp hạn chế hiện tượng phú dưỡng.

▲ Hình 5.6. Hiện tượng phú dưỡng ở ao hồ

Nước thải chăn nuôi là một trong những yếu tố gây nên hiện tượng phú dưỡng cho ao, hồ. Hãy giải thích điều này.

▲ Hình 5.7. Quá trình hình thành hiện tượng phú dưỡng

Chất thải công nghiệp, chất thải sinh hoạt, … khi không được xử lí theo quy chuẩn, nếu thải vào sông, hồ cũng gây ra hiện tượng trên.

Ao, hồ bị phú dưỡng làm các loại thực vật sống dưới nước (như rong, tảo, lục bình, bèo, ...) phát triển mạnh mẽ; làm tăng các chất lơ lửng, chất hữu cơ, dẫn đến sự suy giảm lượng oxygen trong nước, nhất là ở tầng sâu, gây ảnh hưởng không tốt đến chất lượng nước, làm ô nhiễm môi trường nước, …

Hiện tượng phú dưỡng xảy ra khi dư thừa chất dinh dưỡng trong môi trường nước như nitrate và phosphate, làm suy giảm chất lượng nước, gây ảnh hưởng tiêu cực đến đời sống con người cũng như các loài động vật sống dưới nước.

BÀI TẬP

1. Trong công nghiệp, người ta sản xuất nitric acid (HNO_3) từ ammonia theo sơ đồ chuyển hoá sau:

$$NH_3 \xrightarrow{+O_2, t^o, xt} NO \xrightarrow{+O_2} NO_2 \xrightarrow{+O_2 + H_2O} HNO_3$$

a) Viết các phương trình hoá học xảy ra.

b) Để điều chế 200 000 tấn nitric acid có nồng độ 60% cần dùng bao nhiêu tấn ammonia? Biết rằng hiệu suất của quá trình sản xuất nitric acid theo sơ đồ trên là 96,2%.

2. Trong thực tế, ở nhiều nơi, nước thải, phân bón hoá học, thuốc trừ sâu chưa qua xử lí được thải trực tiếp vào ao, hồ. Trường hợp nào có thể gây ra hiện tượng phú dưỡng? Giải thích.

3. Khí thải có chứa NO_2 góp phần gây ra mưa acid và hiện tượng phú dưỡng. Giải thích.

Chân trời sáng tạo

Bài 6

SULFUR VÀ SULFUR DIOXIDE

MỤC TIÊU

- Nêu được các trạng thái tự nhiên của nguyên tố sulfur.
- Trình bày được cấu tạo, tính chất vật lí, hoá học cơ bản và ứng dụng của lưu huỳnh đơn chất.
- Thực hiện được thí nghiệm chứng minh lưu huỳnh đơn chất vừa có tính oxi hoá (tác dụng với kim loại), vừa có tính khử (tác dụng với oxygen).
- Trình bày được tính oxi hoá (tác dụng với hydrogen sulfide) và tính khử (tác dụng với nitrogen dioxide trong không khí) và ứng dụng của sulfur dioxide (khả năng tẩy màu, diệt nấm mốc, ...).
- Trình bày được sự hình thành sulfur dioxide do tác động của con người, tự nhiên, tác hại của sulfur dioxide và một số biện pháp làm giảm thiểu lượng sulfur dioxide thải vào không khí.

Sulfur (lưu huỳnh) còn được gọi là lưu hoàng, sinh diêm vàng, diêm sinh, đã được biết đến từ thời cổ đại. Nguyên tố sulfur có những tính chất gì và được ứng dụng vào sản xuất, đời sống của con người như thế nào?

1 ĐƠN CHẤT SULFUR

Tìm hiểu trạng thái tự nhiên của sulfur

▲ **Hình 6.1. Sulfur trong tự nhiên**

1 Quan sát Hình 6.1 và 6.2, hãy cho biết trong tự nhiên, sulfur tồn tại ở những dạng chất nào.

Quặng pyrite (thành phần chính là FeS_2)

Quặng gypsum (thành phần chính là $CaSO_4 \cdot 2H_2O$)

Quặng galena (thành phần chính là PbS)

Quặng barite (thành phần chính là $BaSO_4$)

▲ **Hình 6.2. Một số dạng tồn tại của sulfur trong tự nhiên**

Trong tự nhiên, sulfur lắng đọng thành những mỏ lớn, nằm giữa lớp đá sâu hàng trăm mét trong lòng đất. Sulfur ở dạng hợp chất cũng được tìm thấy trong nhiều khoáng vật trong tự nhiên.

Tìm hiểu cấu tạo, tính chất vật lí cơ bản của sulfur đơn chất

▲ Hình 6.3. Bột sulfur

▲ Hình 6.4. Phân tử sulfur ở điều kiện thường (S_8)

2 Quan sát Hình 6.3, hãy nêu một số tính chất vật lí của sulfur.

3 Quan sát Hình 6.4, mô tả cấu tạo phân tử sulfur.

Ở dạng phân tử, sulfur gồm 8 nguyên tử liên kết cộng hoá trị với nhau tạo thành mạch vòng. Để đơn giản, người ta dùng kí hiệu S mà không dùng kí hiệu S_8 trong các phản ứng hoá học.

Ở điều kiện thường, sulfur là chất rắn, màu vàng, không tan trong nước, tan nhiều trong các dung môi hữu cơ như benzene, carbon disulfide (CS_2), …

Tìm hiểu tính chất hoá học của sulfur đơn chất

Thí nghiệm 1. Sắt tác dụng với sulfur

Dụng cụ: ống nghiệm chịu nhiệt, bông, kẹp ống nghiệm, thìa nhỏ, đèn cồn.

Hoá chất: bột sulfur, bột sắt.

Tiến hành:

Bước 1: Lấy 1 thìa nhỏ bột sắt và 1 thìa nhỏ sulfur, trộn đều, cho vào ống nghiệm. Nút miệng ống nghiệm bằng bông.

Bước 2: Đun nóng ống nghiệm chứa hỗn hợp trên ngọn lửa đèn cồn đến khi có đốm sáng đỏ xuất hiện trong ống nghiệm thì ngừng đun, tắt đèn cồn. Quan sát hiện tượng xảy ra.

Sulfur oxi hoá được nhiều kim loại (trừ Au, Pt, Ag) ở nhiệt độ cao tạo thành muối sulfide.

$$Fe + S \xrightarrow{t^o} FeS$$

4 Nêu hiện tượng xảy ra ở Thí nghiệm 1. Xác định vai trò của các chất trong phản ứng của Fe và S ở thí nghiệm này.

iron(II) sulfide

Sulfur tác dụng với thuỷ ngân (mercury) ở nhiệt độ thường tạo ra muối HgS.

$$Hg + S \rightarrow HgS$$

mercury(II) sulfide

Thí nghiệm 2. Sulfur tác dụng với oxygen

Dụng cụ: đèn cồn, muôi sắt.

Hoá chất: bình chứa khí oxygen, bột sulfur.

Tiến hành:

Bước 1: Dùng muôi sắt lấy lượng nhỏ sulfur, sau đó đốt trên ngọn lửa đèn cồn đến khi sulfur cháy.

Bước 2: Đưa nhanh muôi sắt vào bình chứa khí oxygen. Quan sát hiện tượng xảy ra.

Ở nhiệt độ thích hợp, sulfur tác dụng được với oxygen tạo thành sulfur dioxide.

$$S + O_2 \xrightarrow{t^o} SO_2$$

Sulfur đơn chất vừa có tính oxi hoá, vừa có tính khử.

5 Nêu hiện tượng xảy ra ở Thí nghiệm 2. Xác định vai trò của các chất trong phản ứng của S và O_2 ở thí nghiệm này.

Viết phương trình hoá học của phản ứng xảy ra khi cho nhôm (aluminium) và kẽm (zinc) tác dụng với sulfur.

Thuỷ ngân rất độc. Hít phải hơi thuỷ ngân có thể gây hại cho hệ thần kinh, hệ tiêu hoá và hệ miễn dịch, gây nhiễm độc phổi và thận, nguy cơ dẫn đến tử vong. Hãy nêu cách xử lí thuỷ ngân khi nhiệt kế thuỷ ngân không may bị vỡ.

Tìm hiểu ứng dụng của sulfur đơn chất

Sulfur là nguyên liệu quan trọng cho nhiều ngành công nghiệp: khoảng 90% lượng sulfur sản xuất được dùng để điều chế H_2SO_4; còn lại được dùng để lưu hoá cao su, chế tạo diêm, sản xuất chất tẩy trắng bột giấy, chất dẻo ebonit, dược phẩm, phẩm nhuộm, chất trừ sâu và chất diệt nấm trong nông nghiệp, …

6 Hãy nêu một số ứng dụng của sulfur đơn chất trong đời sống và sản xuất.

Sản xuất diêm

Sản xuất sulfuric acid

Sản xuất thuốc trừ sâu

Lưu hoá cao su

▲ **Hình 6.5. Một số ứng dụng của lưu huỳnh**

Sulfur có nhiều ứng dụng trong công nghiệp, dược phẩm, phẩm nhuộm, nông nghiệp, …

2 SULFUR DIOXIDE

Tìm hiểu tính chất hoá học và ứng dụng của sulfur dioxide

Sulfur dioxide (SO_2) là chất khí không màu, mùi xốc, độc (hít phải sẽ gây viêm đường hô hấp), nặng hơn không khí hơn hai lần, hoá lỏng ở –10 °C, tan nhiều trong nước (1 thể tích nước ở 20 °C hoà tan được 40 thể tích khí SO_2).

Sulfur dioxide là chất khử khi tác dụng với chất oxi hoá mạnh, như halogen, potassium permanganate, nitrogen dioxide, …

$$SO_2 + NO_2 \rightarrow SO_3 + NO \qquad (1)$$

Sulfur dioxide là chất oxi hoá khi tác dụng với chất khử mạnh như H_2S, Mg, …

$$SO_2 + 2H_2S \rightarrow 3S + 2H_2O \qquad (2)$$

Sulfur dioxide được dùng để sản xuất sulfuric acid; tẩy trắng giấy, bột giấy; chống nấm mốc cho lương thực, thực phẩm, …

7 Xác định tính oxi hoá, tính khử của mỗi chất trong các phản ứng hoá học (1) và (2).

Trong phản ứng hoá học, sulfur dioxide có thể đóng vai trò là chất oxi hoá hoặc chất khử. Sulfur dioxide có nhiều ứng dụng trong đời sống và sản xuất.

Tìm hiểu sự hình thành sulfur dioxide do tác động của con người, tự nhiên, tác hại của sulfur dioxide và một số biện pháp làm giảm thiểu lượng sulfur dioxide thải vào không khí

Sulfur dioxide được sinh ra trong tự nhiên và do tác động của con người.

8 Nêu một số nguồn phát thải sulfur dioxide và tác hại của loại khí này.

Núi lửa phun trào

(a) Trong tự nhiên

Nhà máy điện sử dụng nhiên liệu hoá thạch

Phương tiện giao thông

(b) Tác động của con người

▲ **Hình 6.6. Một số nguồn phát thải sulfur dioxide**

Sự phát thải SO_2 vào bầu khí quyển là một trong những nguyên nhân chính gây ra mưa acid. Mưa acid tàn phá nhiều rừng cây, công trình kiến trúc bằng đá và kim loại, biến đất đai trồng trọt thành những vùng hoang mạc.

9 Giải thích sự hình thành mưa acid từ sulfur dioxide.

Để giảm thiểu lượng khí thải này cần kết hợp thực hiện một số các biện pháp sau, tuỳ thuộc vào nguồn thải SO_2:

– Sử dụng các nguồn nhiên liệu sinh học thân thiện với môi trường như hydrogen, ethanol, … thay cho nguồn năng lượng hoá thạch.

– Khai thác các nguồn năng lượng tái tạo như năng lượng mặt trời, năng lượng gió, mưa, sóng biển, thuỷ triều, địa nhiệt.

– Xử lí khí thải công nghiệp trước khi thải ra môi trường.

Sulfur dioxide là một trong các chất chủ yếu gây ô nhiễm môi trường không khí và có hại cho sức khoẻ của con người.

Em hãy tìm hiểu và đề xuất một số giải pháp phù hợp với lứa tuổi học sinh giúp giảm thiểu lượng sulfur dioxide thải vào không khí.

BÀI TẬP

1. Tính chất nào sau đây **không** phải tính chất vật lí của sulfur?

A. Màu vàng ở điều kiện thường.
B. Thể rắn ở điều kiện thường.
C. Không tan trong benzene.
D. Không tan trong nước.

2. Số oxi hoá của sulfur trong phân tử SO_2 là

A. +4.
B. –2.
C. +6.
D. 0.

3. Cho các phản ứng sau:

a) $S + O_2 \xrightarrow{t^o} SO_2$
b) $Hg + S \rightarrow HgS$
c) $S + 6HNO_3 \rightarrow H_2SO_4 + 6NO_2 + 2H_2O$
d) $Fe + S \xrightarrow{t^o} FeS$

Có bao nhiêu phản ứng trong đó sulfur đóng vai trò là chất khử?

A. 1. B. 2. C. 3. D. 4.

4. Khí SO_2 do các nhà máy thải ra là nguyên nhân chính trong việc gây ô nhiễm môi trường. Theo quy chuẩn kĩ thuật quốc gia về chất lượng không khí xung quanh (QCVN 05:2013/BTNMT) thì nếu lượng SO_2 vượt quá 350 $\mu g/m^3$ không khí đo trong 1 giờ ở một thành phố thì coi như không khí bị ô nhiễm. Nếu người ta lấy 50 lít không khí trong 1 giờ ở một thành phố và phân tích thấy có 0,012 mg SO_2 thì không khí ở đó có bị ô nhiễm không?

Bài 7

SULFURIC ACID VÀ MUỐI SULFATE

MỤC TIÊU

- Trình bày được tính chất vật lí, cách bảo quản, sử dụng và nguyên tắc xử lí sơ bộ khi bỏng acid.
- Trình bày được cấu tạo H_2SO_4; tính chất vật lí, tính chất hoá học cơ bản, ứng dụng của dung dịch sulfuric acid loãng, dung dịch sulfuric acid đặc và những lưu ý khi sử dụng dung dịch sulfuric acid.
- Thực hiện được một số thí nghiệm chứng minh tính oxi hoá mạnh và tính hảo nước của dung dịch sulfuric acid đặc (với đồng, da, than, giấy, đường, gạo, ...).
- Vận dụng được kiến thức về năng lượng phản ứng, chuyển dịch cân bằng, vấn đề bảo vệ môi trường để giải thích các giai đoạn trong quá trình sản xuất sulfuric acid theo phương pháp tiếp xúc.
- Nêu được ứng dụng của một số muối sulfate quan trọng: barium sulfate, ammonium sulfate, calcium sulfate, magnesium sulfate và nhận biết được ion trong dung dịch bằng ion Ba^{2+}.

Sulfuric acid là hoá chất hàng đầu trong nhiều ngành sản xuất, được mệnh danh là "máu" của các ngành công nghiệp. Sản lượng sulfuric acid của một quốc gia là một trong những chỉ số đánh giá sức mạnh công nghiệp hoá chất của quốc gia đó. Sulfuric acid có tính chất và ứng dụng gì trong đời sống?

▲ Bồn chứa sulfuric acid của một nhà máy sản xuất

1 SULFURIC ACID

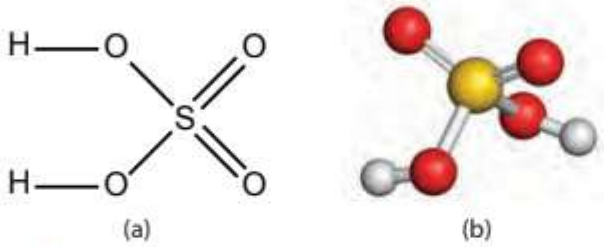
Tìm hiểu tính chất vật lí của sulfuric acid

▲ Hình 7.1. Sulfuric acid

1 Quan sát Hình 7.1, nhận xét màu, trạng thái của sulfuric acid ở điều kiện thường và cho biết tại sao sulfuric acid lại không bay hơi.

Sulfuric acid là chất lỏng sánh như dầu, không màu, không bay hơi, nặng gần gấp hai lần nước (H_2SO_4 98% có khối lượng riêng là 1,84 g/cm^3).

Tìm hiểu cấu tạo phân tử, tính chất hoá học và ứng dụng của sulfuric acid

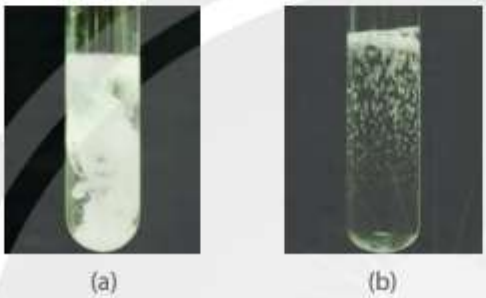


▲ **Hình 7.2. Cấu tạo phân tử sulfuric acid (a) và mô hình phân tử sulfuric acid (b)**

2 Quan sát Hình 7.2, mô tả cấu tạo phân tử của H_2SO_4.

3 Quan sát Hình 7.3, nêu hiện tượng, viết phương trình hoá học xảy ra (nếu có).

Dung dịch H_2SO_4 loãng có những tính chất chung của acid như làm quỳ tím hoá đỏ, tác dụng với kim loại, base, muối, …



▲ **Hình 7.3. Phản ứng của dung dịch sulfuric acid loãng với (a) dung dịch $Ba(OH)_2$, (b) dung dịch Na_2CO_3**

Ngoài tính acid mạnh, dung dịch H_2SO_4 đặc và nóng còn có tính oxi hoá rất mạnh.

Thí nghiệm 1. Phản ứng của dung dịch H_2SO_4 đặc, nóng với Cu

Dụng cụ: ống nghiệm, kẹp ống nghiệm, đèn cồn.

Hoá chất: dung dịch H_2SO_4 đặc, dung dịch NaOH, mảnh đồng, bông.

Tiến hành: Cho khoảng 2 mL dung dịch H_2SO_4 đặc vào ống nghiệm. Cho một mảnh đồng vào ống nghiệm, đun nóng nhẹ trên ngọn lửa đèn cồn. Dùng bông tẩm dung dịch NaOH đậy trên miệng ống nghiệm. Quan sát và mô tả hiện tượng xảy ra.

4 Viết quá trình oxi hoá và quá trình khử trong phản ứng của H_2SO_4 đặc với Cu ở Thí nghiệm 1.

Thí nghiệm 2. Phản ứng của dung dịch H_2SO_4 đặc với đường

Dụng cụ: cốc thuỷ tinh.

Hoá chất: dung dịch H_2SO_4 đặc, đường tinh luyện.

Tiến hành: Cho một thìa nhỏ đường vào cốc thuỷ tinh. Nhỏ vài giọt dung dịch H_2SO_4 đặc vào cốc. Quan sát và mô tả hiện tượng xảy ra.

5 Giải thích hiện tượng xảy ra trong Thí nghiệm 2.

CHÚ Ý

- Thí nghiệm cần được thực hiện trong tủ hút khí độc (tủ Hood) để giảm thiểu khí SO_2 thoát ra trong phòng.
- Dung dịch H_2SO_4 đặc dễ gây bỏng da, tránh tiếp xúc trực tiếp.

Dung dịch sulfuric acid đặc có thể lấy nước của nhiều hợp chất hữu cơ có trong da, giấy, đường, tinh bột, …

$$\underset{\text{Saccharose}}{C_{12}H_{22}O_{11}} \xrightarrow{H_2SO_4\ \text{đặc}} 12C + H_2SO_4 \cdot 11H_2O$$

Khi bị dung dịch H_2SO_4 đặc bắn vào người, sẽ gây bỏng nặng. Do vậy, phải rất thận trọng khi làm việc với dung dịch H_2SO_4 đặc.

Sulfuric acid đặc hấp thụ mạnh hơi nước nên thường được dùng để làm khô những khí không tương tác hoá học với nó.

Hằng năm, các nước trên thế giới sản xuất một lượng rất lớn sulfuric acid để dùng trong sản xuất phân bón, thuốc trừ sâu, chất tẩy rửa tổng hợp, tơ sợi hoá học, chất dẻo, sơn màu, …

Sản xuất bình ắc quy

Sản xuất chất tẩy rửa

Sản xuất phân bón

Sản xuất sơn

▲ **Hình 7.4. Một số ứng dụng của sulfuric acid**

Sulfuric acid đặc, nguội làm một số kim loại như Fe, Al, Cr bị thụ động hoá.

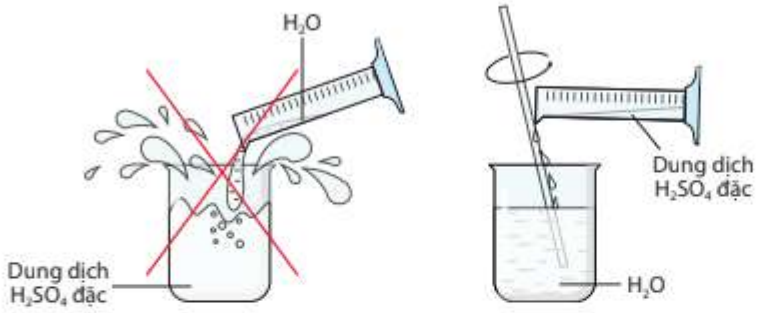
Viết phương trình hoá học khi cho dung dịch H_2SO_4 đặc tác dụng với KBr, C. Cho biết sản phẩm khử duy nhất là SO_2.

- Dung dịch sulfuric acid loãng là một trong các acid mạnh và có tính chất chung của acid.
- Dung dịch sulfuric acid đặc có tính oxi hoá mạnh và tính háo nước.
- Sulfuric acid là hoá chất hàng đầu được dùng trong nhiều ngành sản xuất.

Tìm hiểu cách bảo quản, sử dụng và nguyên tắc xử lí sơ bộ khi bỏng acid

Sulfuric acid tan trong nước và toả lượng nhiệt lớn.

Cần bảo quản sulfuric acid trong các bình kín và đặt ở nơi khô ráo, thoáng mát; không đặt gần nơi có các chất khử, kim loại nhẹ.



▲ **Hình 7.5. Cách pha loãng dung dịch H_2SO_4 đặc**

6 Quan sát Hình 7.5, mô tả cách pha loãng sulfuric acid. Giải thích.

Khi bị bỏng acid, cần nhanh chóng bỏ quần áo bị dính acid, sau đó rửa ngay bằng nước sạch khoảng 20 phút. Sau đó, cần nhanh chóng chuyển người bị bỏng đến cơ sở y tế gần nhất để được theo dõi và điều trị[*].

7 Hãy nêu nguyên tắc chung trong việc xử lí sơ bộ khi bỏng acid.

- Khi sử dụng, bảo quản dung dịch sulfuric acid cần phải cẩn thận, tuân thủ đúng nguyên tắc an toàn.
- Cần nắm vững và thực hiện đúng các nguyên tắc xử lí sơ bộ khi bị bỏng acid.

Tìm hiểu quy trình sản xuất sulfuric acid theo phương pháp tiếp xúc

Sulfuric acid được sản xuất trong công nghiệp bằng phương pháp tiếp xúc. Phương pháp này gồm ba giai đoạn chính.

Giai đoạn 1: Sản xuất sulfur dioxide (SO_2)

Tuỳ thuộc điều kiện và nguồn nguyên liệu có sẵn mà phương pháp sản xuất SO_2 có khác nhau: thiêu quặng pyrite sắt (có thành phần chính là FeS_2), đốt cháy sulfur, …

$$4FeS_2 + 11O_2 \xrightarrow{t^o} 2Fe_2O_3 + 8SO_2$$

$$S + O_2 \xrightarrow{t^o} SO_2$$

Giai đoạn 2: Sản xuất sulfur trioxide (SO_3)

Oxi hoá sulfur dioxide bằng oxygen hoặc lượng dư không khí ở nhiệt độ 450 °C – 500 °C, chất xúc tác vanadium(V) oxide (V_2O_5).

$$2SO_2(g) + O_2(g) \xrightleftharpoons{450\,^oC - 500\,^oC,\ V_2O_5} 2SO_3(g) \qquad \Delta_rH^o_{298} = -198\ kJ$$

8 Hãy giải thích vì sao ở giai đoạn tạo ra SO_3, người ta chọn điều kiện phản ứng ở nhiệt độ cao (450 °C – 500 °C).

Hãy cho biết giai đoạn nào trong quá trình sản xuất H_2SO_4 có nguy cơ cao gây ô nhiễm môi trường. Giải thích.

Hiện nay, người ta sử dụng dây chuyền sản xuất tiếp xúc kép (tiếp xúc và hấp thụ 2 lần) giúp hiệu suất chuyển hoá SO_2 lên tới 99,9%, thay vì 98% so với dây chuyền tiếp xúc đơn (tiếp xúc và hấp thụ 1 lần) như trước đây.

---

[*] *Nguồn:*

1. Quyết định 638/QĐ-BYT năm 2013 hướng dẫn Quy trình kỹ thuật khám, chữa bệnh chuyên ngành Bỏng do Bộ trưởng Bộ Y tế ban hành.
2. Phác đồ điều trị 2013, phần ngoại khoa, Bệnh viện Chợ Rẫy, Nhà xuất bản Y học chi nhánh Thành phố Hồ Chí Minh.

Giai đoạn 3: Sản xuất sulfuric acid (H_2SO_4)

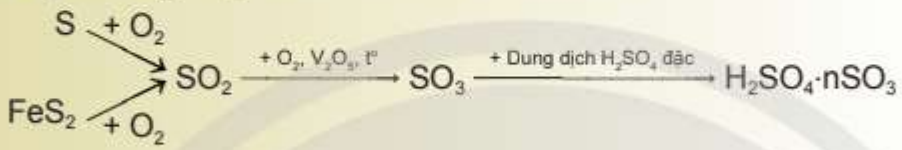
Dùng dung dịch H_2SO_4 98% hấp thụ SO_3, thu được oleum ($H_2SO_4 \cdot nSO_3$).

$$H_2SO_4 + nSO_3 \rightarrow H_2SO_4 \cdot nSO_3$$

Sau đó dùng lượng nước thích hợp pha loãng oleum thu được dung dịch H_2SO_4 đặc.

$$H_2SO_4 \cdot nSO_3 + nH_2O \rightarrow (n+1)H_2SO_4$$

Trong công nghiệp, sulfuric acid được sản xuất theo phương pháp tiếp xúc. Sơ đồ các phản ứng được biểu diễn như sau:



2 MUỐI SULFATE

Tìm hiểu ứng dụng của một số muối sulfate và nhận biết sulfate ion

Muối sulfate có nhiều ứng dụng trong đời sống và sản xuất.

Calcium sulfate ($CaSO_4$) được dùng trong sản xuất vật liệu xây dựng; làm chất phụ gia để làm đông các sản phẩm như đậu hũ, đậu non; …

Barium sulfate ($BaSO_4$) được sử dụng như một loại bột màu làm phụ gia pha màu cho công nghiệp sơn; cho thuỷ tinh, cho gốm sứ cách điện và cao su chất lượng cao, …

Magnesium sulfate ($MgSO_4$) được sử dụng sản xuất muối tắm; làm giảm đau cơ bắp khi sưng tấy cho con người; bổ sung magnesium cho tôm, cá, động vật thuỷ sinh khác; …

Ammonium sulfate $(NH_4)_2SO_4$ là thành phần của thuốc trừ sâu hoà tan, thuốc diệt nấm; phân bón, sử dụng kết hợp với chlorine để tạo monochloramine để khử trùng trong nước uống; …

9 Nêu ứng dụng trong đời sống, sản xuất của một số muối sulfate mà em biết.

10 Quan sát Hình 7.6, trình bày cách nhận biết ion SO_4^{2-}. Nêu hiện tượng xảy ra, viết phương trình hoá học.

▲ **Hình 7.6. Phản ứng của dung dịch $BaCl_2$ với dung dịch Na_2SO_4**

- Muối sulfate là những hợp chất quan trọng, được ứng dụng trong nhiều ngành công nghiệp.
- Thuốc thử để nhận biết ion sulfate SO_4^{2-} (trong dung dịch H_2SO_4 hoặc trong dung dịch muối sulfate) là ion Ba^{2+} (trong dung dịch muối barium hoặc dung dịch $Ba(OH)_2$).

BÀI TẬP

1. Tính chất nào sau đây **không** phải tính chất của dung dịch sulfuric acid đặc?

A. Tính háo nước. B. Tính oxi hoá. C. Tính acid. D. Tính khử.

2. Để nhận biết anion có trong dung dịch K_2SO_4, **không** thể dùng thuốc thử nào sau đây?

A. $Ba(OH)_2$. B. $BaCl_2$. C. $Ba(NO_3)_2$. D. $MgCl_2$.

3. Dung dịch sulfuric acid đặc được dùng làm khô khí nào trong số các khí sau: CO, H_2, CO_2, SO_2, O_2 và NH_3? Giải thích.

4. Cho các dung dịch không màu của mỗi chất sau: K_2CO_3, Na_2SO_4, $Ba(NO_3)_2$. Hãy trình bày cách phân biệt các dung dịch đã cho bằng phương pháp hoá học. Viết phương trình hoá học của các phản ứng xảy ra.

5. Có 4 mẫu sau: dung dịch NaOH, dung dịch HCl, dung dịch H_2SO_4 và H_2O được kí hiệu bằng các chữ cái: A, B, C và D (không theo trình tự trên). Kết quả của những thí nghiệm nhận biết những mẫu này được ghi trong bảng sau:

Mẫu	Thuốc thử	
	Quỳ tím	Dung dịch $BaCl_2$
A	Đỏ	Kết tủa trắng
B	Xanh	Không kết tủa
C	Tím	Không kết tủa
D	Đỏ	Không kết tủa

Hãy cho biết A, B, C và D là kí hiệu của những chất nào. Giải thích và viết phương trình hoá học của các phản ứng xảy ra.

Chân trời sáng tạo

Chương 3

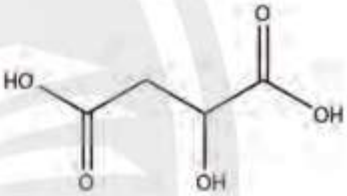
ĐẠI CƯƠNG HOÁ HỌC HỮU CƠ

Bài 8 HỢP CHẤT HỮU CƠ VÀ HOÁ HỌC HỮU CƠ

MỤC TIÊU

- Nêu được khái niệm hợp chất hữu cơ và hoá học hữu cơ; đặc điểm chung của các hợp chất hữu cơ.
- Phân loại được hợp chất hữu cơ (hydrocarbon và dẫn xuất).
- Nêu được khái niệm nhóm chức và một số loại nhóm chức cơ bản.
- Sử dụng được bảng tín hiệu phổ hồng ngoại (IR) để xác định một số nhóm chức cơ bản.

Tầm quan trọng của các hợp chất hữu cơ không chỉ bởi số lượng mà còn vì vai trò rất lớn của chúng trong đời sống và sản xuất của con người. Những thành tựu của hoá học hữu cơ còn là cơ sở để nghiên cứu hoá học của sự sống. Chất hữu cơ là gì? Chúng được phân loại như thế nào?



▲ **Malic acid – Một acid hữu cơ có trong trái cây được sử dụng trong mĩ phẩm**

1 HỢP CHẤT HỮU CƠ VÀ HOÁ HỌC HỮU CƠ

Tìm hiểu khái niệm hợp chất hữu cơ và hoá học hữu cơ

Có hàng chục triệu hợp chất của carbon là hợp chất hữu cơ. Chỉ có một số ít hợp chất của carbon như carbon oxide (CO, CO_2), muối carbonate (CO_3^{2-}), cyanide (CN^-), … là hợp chất vô cơ. Hoá học hữu cơ hay hoá hữu cơ là một chuyên ngành hoá học nghiên cứu về cấu trúc, tính chất, phương pháp điều chế và ứng dụng của những hợp chất hữu cơ.

1 Nhận xét sự khác nhau về thành phần nguyên tố của các hợp chất hữu cơ và hợp chất vô cơ trong một số sản phẩm ở Hình 8.1 và nguyên liệu ở Hình 8.2. Hãy cho biết nguyên tố nào luôn có trong thành phần của hợp chất hữu cơ.

Đường kính chứa saccharose ($C_{12}H_{22}O_{11}$)

Cồn chứa ethanol (C_2H_5OH)

Giấm táo chứa acetic acid (CH_3COOH)

▲ **Hình 8.1. Một số sản phẩm chứa hợp chất hữu cơ**

Muối ăn
(thành phần chính NaCl)

Đá vôi
(thành phần chính $CaCO_3$)

Baking soda
(thành phần chính $NaHCO_3$)

▲ **Hình 8.2. Một số nguyên liệu chứa chất vô cơ**

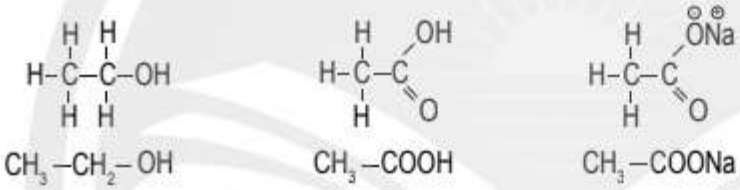
Cho các chất sau: Na_2CO_3, $BaCl_2$, $MgSO_4$, CH_3COONa, C_2H_5Br, CaO, $CHCl_3$, HCOOH. Xác định chất nào là hợp chất hữu cơ, chất nào là hợp chất vô cơ trong các chất trên.

- Hợp chất của carbon là hợp chất hữu cơ, trừ một số hợp chất như các oxide của carbon, muối carbonate, các carbide, …
- Hoá học hữu cơ là ngành hoá học chuyên nghiên cứu các hợp chất hữu cơ.

Hãy liệt kê một số hợp chất hữu cơ có ứng dụng trong đời sống và sản xuất.

Tìm hiểu đặc điểm chung của các hợp chất hữu cơ

Không có ranh giới rõ rệt về đặc điểm để phân biệt hợp chất vô cơ và hợp chất hữu cơ. Tuy nhiên, hai loại hợp chất này có những điểm khác nhau về cấu tạo, tính chất vật lí và tính chất hoá học.



▲ **Hình 8.3. Công thức cấu tạo một số hợp chất hữu cơ**

2 Xác định loại liên kết (liên kết cộng hoá trị, liên kết ion) trong phân tử các hợp chất hữu cơ ở Hình 8.3.

Bảng 8.1. Nhiệt độ nóng chảy, nhiệt độ sôi của một số hợp chất(*)

Chất	C_2H_5-OH	CH_2Cl_2	KOH	$CaCl_2$
Nhiệt độ nóng chảy (°C)	–114,14	–95	406	775
Nhiệt độ sôi (°C)	78,3	39,8	1 327	1 935

3 So sánh nhiệt độ nóng chảy, nhiệt độ sôi của các chất hữu cơ với các chất vô cơ trong Bảng 8.1. Giải thích.

Bảng 8.2. Tính tan của một số hợp chất hữu cơ(*)

Chất	Tính tan
Methane	Không tan trong nước; tan nhiều trong ethanol, diethyl ether, benzene, toluene, methanol.
Ethylene	Không tan trong nước; tan ít trong ethanol, benzene, acetone; tan nhiều trong diethyl ether.
Acetylene	Tan rất ít trong nước, ethanol; tan trong acetone, benzene, chloroform.
Benzene	Tan rất ít trong nước; tan trong ethanol, diethyl ether, acetone, chloroform, carbon tetrachloride.
Isoamyl acetate	Tan ít trong nước; tan trong ethanol, diethyl ether, acetone, chloroform.

4 Quan sát Bảng 8.2, nhận xét về tính tan của các hợp chất hữu cơ trong dung môi nước và một số dung môi hữu cơ.

(*) *Nguồn:* William M. Haynes, *CRC Handbook of Chemistry and Physics* (2015, 96th edition).
T. W. Graham Solomons, Craig B. Gryhle, Scott A. Snyder, *Organic Chemistry* (2013), Wiley.

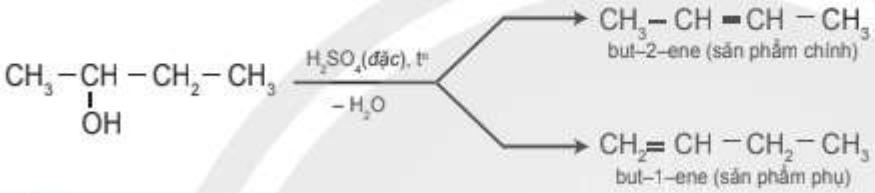
Đốt cồn
Thành phần chính là ethanol (C_2H_5OH)

Đốt gỗ
Thành phần chính là cellulose ($(C_6H_{10}O_5)_n$)

▲ **Hình 8.4. Đốt một số hợp chất hữu cơ**

Phản ứng của các chất hữu cơ thường xảy ra chậm. Ví dụ: Phản ứng este hoá của ethanol với acetic acid phải kéo dài nhiều giờ.

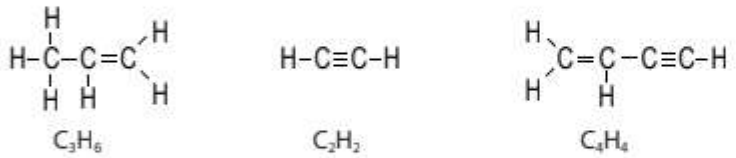
Phản ứng hữu cơ thường xảy ra theo nhiều hướng khác nhau. Ví dụ: Phản ứng tách nước của butan-2-ol.



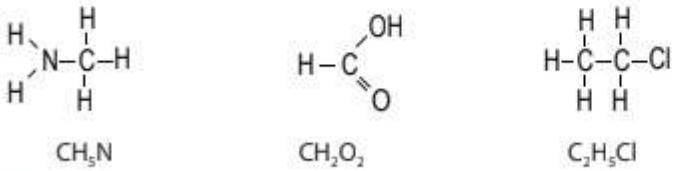
- **Đặc điểm liên kết:** Liên kết hoá học trong các hợp chất hữu cơ thường là liên kết cộng hoá trị.
- **Tính chất vật lí:** Các hợp chất hữu cơ thường có nhiệt độ nóng chảy và nhiệt độ sôi thấp, không tan hoặc ít tan trong nước, tan nhiều trong dung môi hữu cơ.
- **Tính chất hoá học:** Đa số các hợp chất hữu cơ dễ cháy, thường kém bền với nhiệt nên dễ bị phân huỷ bởi nhiệt. Phản ứng của các chất hữu cơ thường xảy ra chậm, không hoàn toàn và không theo một hướng nhất định nên tạo thành hỗn hợp các sản phẩm.

Phân loại các hợp chất hữu cơ

Có nhiều cách để phân loại hợp chất hữu cơ, trong đó có cách phân loại dựa theo thành phần nguyên tố tạo nên hợp chất hữu cơ.



▲ **Hình 8.5. Công thức cấu tạo một số hợp chất hydrocarbon**



▲ **Hình 8.6. Công thức cấu tạo một số dẫn xuất của hydrocarbon**

5 Nhận xét đặc điểm cấu tạo của hai sản phẩm tạo thành trong phản ứng tách nước của butan-2-ol.

6 Nhận xét thành phần nguyên tố của hydrocarbon và dẫn xuất của hydrocarbon trong Hình 8.5 và 8.6.

Cho các hợp chất hữu cơ sau: CH_3COONa, C_2H_5Br, C_2H_6, $CHCl_3$, $HCOOH$, C_6H_6. Cho biết chất nào là hydrocarbon, chất nào là dẫn xuất của hydrocarbon.

- Hợp chất hữu cơ gồm hydrocarbon và dẫn xuất của hydrocarbon.
- Hydrocarbon là những hợp chất hữu cơ chỉ được tạo thành từ hai nguyên tố carbon và hydrogen.
- Dẫn xuất của hydrocarbon là những hợp chất hữu cơ mà trong phân tử ngoài nguyên tố carbon còn có các nguyên tố như oxygen, nitrogen, sulfur, halogen, …

2 NHÓM CHỨC VÀ PHỔ HỒNG NGOẠI (IR)

Tìm hiểu khái niệm nhóm chức và một số loại nhóm chức cơ bản

Xét khả năng phản ứng của ethanol và dimethyl ether với sodium:

$2CH_3–CH_2–OH + 2Na \rightarrow 2CH_3–CH_2–ONa + H_2\uparrow$

ethanol

$CH_3–O–CH_3 + Na \not\rightarrow$ không phản ứng

dimethyl ether

7 So sánh thành phần nguyên tố và cấu tạo phân tử của ethanol và dimethyl ether. Nhận xét về khả năng phản ứng của hai chất này với sodium.

Bảng 8.3. Một số nhóm chức cơ bản

Hợp chất	Ví dụ	Nhóm chức
Alcohol, phenol	$CH_3–OH$, $C_2H_5–OH$, $C_6H_5–OH$	– OH
Ether	$CH_3–O–CH_3$, $CH_3–O–CH_2–CH_3$	– O –
Amine bậc I	$CH_3–NH_2$, $CH_3–CH_2–NH_2$	$– NH_2$
Amine bậc II	$CH_3–NH–CH_3$	– NH –
Amine bậc III	$CH_3–N(CH_3)–CH_3$	$–N(–)–$
Aldehyde	$CH_3–C(=O)–H$	$–C(=O)–H$
Ketone	$CH_3–C(=O)–CH_3$	$–C(=O)–$
Carboxylic acid	$CH_3–C(=O)–OH$	$–C(=O)–OH$
Ester	$CH_3–C(=O)–O–CH_3$	$–C(=O)–O–$

Chỉ ra các nhóm chức trong các chất hữu cơ sau:
(1) $C_2H_5–O–C_2H_5$
(2) $C_6H_5–NH_2$
(3) $C_2H_5–CHO$
(4) $C_2H_5–COOH$
(5) $CH_3–CO–CH_2–CH_3$
(6) $CH_3–OH$
(7) $CH_3COOC_2H_5$

Nhóm chức là nguyên tử hoặc nhóm nguyên tử gây ra những tính chất đặc trưng của hợp chất hữu cơ.

Chân trời sáng tạo

Dự đoán một số nhóm chức cơ bản dựa vào bảng tín hiệu phổ hồng ngoại (IR)

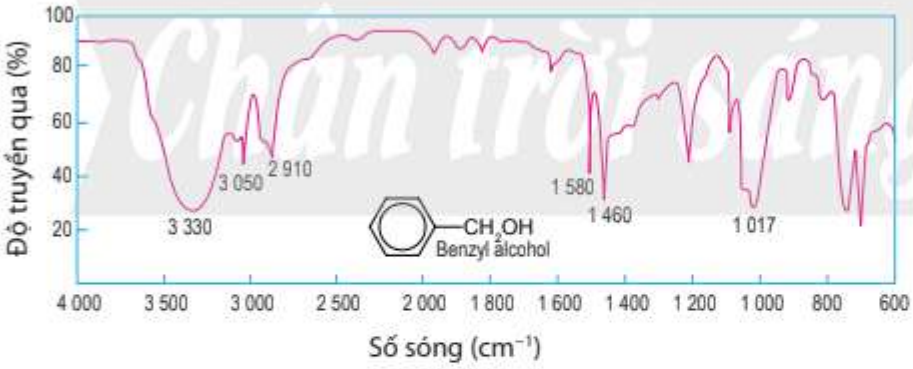
Phương pháp **phổ hồng ngoại** (Infrared spectroscopy – IR) là phép đo sự tương tác của bức xạ hồng ngoại với vật chất. Trên phổ hồng ngoại có các tín hiệu (peak) của cực đại hấp thụ (hoặc cực tiểu truyền qua) ứng với những dao động đặc trưng của các nhóm nguyên tử. Nó thường được sử dụng để dự đoán sự có mặt các nhóm chức trong phân tử hợp chất hữu cơ (Bảng 8.4).

Phổ hồng ngoại biểu diễn sự phụ thuộc của cường độ hấp thụ bức xạ hồng ngoại của một chất vào số sóng hoặc bước sóng. Trên phổ hồng ngoại, trục nằm ngang biểu diễn số sóng (cm^{-1}) của các bức xạ trong vùng hồng ngoại, trục thẳng đứng biểu diễn cường độ truyền qua hoặc độ hấp thụ (theo %).

8 Từ dữ liệu Bảng 8.4 và quan sát Hình 8.7, hãy chỉ rõ peak đặc trưng với số sóng tương ứng của nhóm OH trên phổ IR của benzyl alcohol.

Bảng 8.4. Tín hiệu phổ hồng ngoại của một số nhóm chức cơ bản(*)

Hợp chất	Liên kết	Số sóng (cm^{-1})
Alcohol	O–H	3 600 – 3 300
Aldehyde	C=O	1 740 – 1 720
	C – H	2 900 – 2 700
Carboxylic acid	C=O	1 725 – 1 700
	O–H	3 300 – 2 500
Ester	C=O	1 750 – 1 735
	C–O	1 300 – 1 000
Ketone	C=O	1 725 – 1 700
Amine	N–H	3 500 – 3 300



▲ **Hình 8.7. Phổ IR của benzyl alcohol**(**)

Dựa vào phổ hồng ngoại, có thể xác định sự có mặt của một số nhóm chức cơ bản trong phân tử hợp chất hữu cơ.

Bức xạ điện từ được đặc trưng bằng các đại lượng đo khác nhau như bước sóng, tần số, số sóng và năng lượng. *Số sóng* là số dao động mà sóng điện từ thực hiện khi truyền đi được 1 cm; *bước sóng* là quãng đường mà bức xạ đi được sau một dao động đầy đủ; *tần số* là số dao động trong một đơn vị thời gian. Mối quan hệ giữa số sóng ($\overline{\nu}$), tần số (ν), bước sóng (λ) và tốc độ truyền sóng (c) biểu diễn theo phương trình:

$$\overline{\nu} = \frac{1}{\lambda} = \frac{\nu}{c}$$

Đơn vị số sóng thường là cm^{-1}, tốc độ truyền sóng trong chân không thường lấy tròn bằng 3×10^{10} cm/s.

Để ghi phổ hồng ngoại của các hợp chất hữu cơ, người ta thường sử dụng sóng điện từ có số sóng từ 4 000 cm^{-1} đến 400 cm^{-1}.

(*) *Nguồn:* Uddin, Jamal, *Macro To Nano Spectroscopy* (2012), Published by Intech.

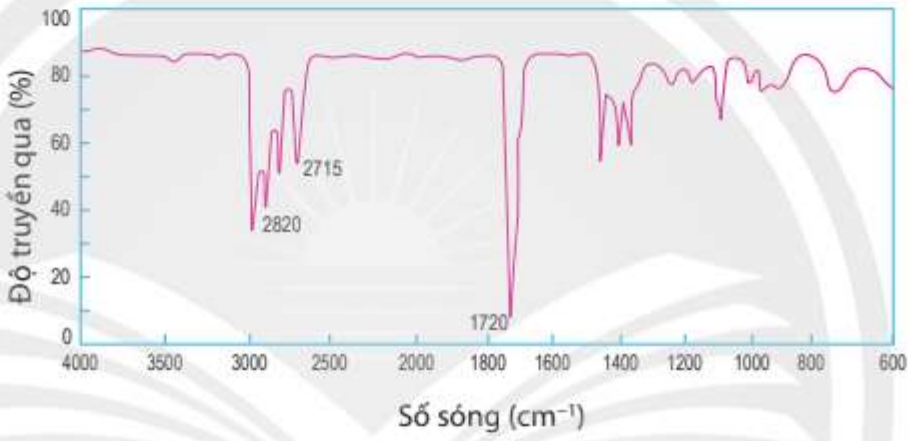
(**) *Nguồn:* Y. R. Sharma, *Elementary Organic Spectroscopy* (2008), S. Chand & Company PVT. LTD.

BÀI TẬP

1. Hãy nêu những điểm khác nhau cơ bản giữa hợp chất hữu cơ và hợp chất vô cơ về thành phần nguyên tố, tính chất vật lí và tính chất hoá học.

2. Cho các hợp chất sau: (1) $CaCl_2$; (2) $CH_2=CH–Cl$; (3) $C_6H_5–CHO$; (4) CaC_2; (5) $Al(OH)_3$; (6) $CuSO_4$; (7) $Ba(NO_3)_2$. Hợp chất nào là chất hữu cơ, hợp chất nào là chất vô cơ?

3. Hợp chất Y có công thức phân tử C_4H_8O, là một hợp chất dễ bay hơi. Dựa vào phổ IR dưới đây[*], hãy cho biết peak nào giúp dự đoán được trong Y có nhóm chức aldehyde.



Chân trời sáng tạo

[*] *Nguồn:* Y. R. Sharma, *Elementary Organic Spectroscopy* (2008), S. Chand & Company PVT. LTD.

Bài 9

PHƯƠNG PHÁP TÁCH VÀ TINH CHẾ HỢP CHẤT HỮU CƠ

MỤC TIÊU

- Trình bày được nguyên tắc và cách thức tiến hành các phương pháp tách và tinh chế hợp chất hữu cơ: chưng cất, chiết, kết tinh và sơ lược về sắc kí cột.
- Thực hiện được các thí nghiệm về chưng cất thường, chiết.
- Vận dụng được các phương pháp: chưng cất thường, chiết, kết tinh để tách và tinh chế một số hợp chất hữu cơ trong cuộc sống.

Từ nguồn nguyên liệu thiên nhiên hay bằng phương pháp tổng hợp, thông thường người ta không thu được một hợp chất mà được một hỗn hợp các chất hữu cơ với hàm lượng khác nhau. Để nghiên cứu cấu trúc, tính chất hoặc ứng dụng của một hợp chất cần phải tách chúng ra khỏi hỗn hợp, nghĩa là tinh chế các hợp chất này thành chất tinh khiết hay còn gọi là chất nguyên chất. Để tách và tinh chế hợp chất hữu cơ, người ta thường dùng những phương pháp nào? Nguyên tắc và cách thức tiến hành các phương pháp đó như thế nào?

▲ Cột chưng cất phân đoạn hoá dầu

1 PHƯƠNG PHÁP CHƯNG CẤT

Tìm hiểu nguyên tắc và vận dụng phương pháp chưng cất

Nguyên tắc: Chưng cất là phương pháp tách và tinh chế chất lỏng dựa trên sự khác nhau về nhiệt độ sôi của các chất trong hỗn hợp ở áp suất nhất định.

Cách tiến hành: Đun nóng hỗn hợp chất lỏng, chất nào có nhiệt độ sôi thấp hơn sẽ chuyển thành hơi sớm hơn và nhiều hơn. Sau đó làm lạnh, hơi ngưng tụ thành dạng lỏng chứa chủ yếu chất có nhiệt độ sôi thấp hơn.

Thí nghiệm 1. Chưng cất ethanol từ hỗn hợp ethanol và nước

Hoá chất: rượu 25° – 30°, đá bọt.

Dụng cụ: nhiệt kế, bình cầu có nhánh, thiết bị đun nóng (đèn cồn, bếp, …), ống sinh hàn, bình hứng.

Tiến hành:

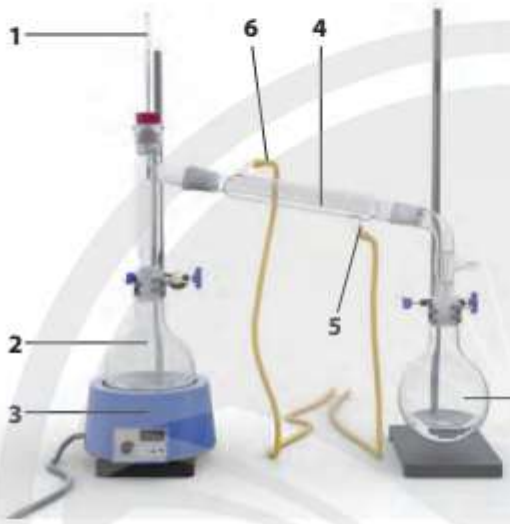
Bước 1: Cho khoảng 150 mL rượu vào bình cầu có nhánh và thêm vài viên đá bọt.

Bước 2: Lắp dụng cụ như Hình 9.1.

Bước 3: Đun dung dịch đến sôi nhẹ. Quan sát thấy nhiệt độ trên nhiệt kế tăng dần và đạt đến nhiệt độ ổn định. Ghi nhận lại giá trị nhiệt độ sôi của hỗn hợp ethanol và nước.

Bước 4: Khi nhiệt độ bắt đầu tăng trở lại, tắt thiết bị đun, lấy bình hứng ra khỏi hệ thống.

Nấu rượu gạo truyền thống là một phương pháp nấu rượu hoàn toàn thủ công, đòi hỏi người nấu phải có kinh nghiệm và tuân thủ đúng quy trình chưng cất mới sản xuất được rượu đạt chuẩn. Sau giai đoạn ủ men rượu, người ta thu được một hỗn hợp chủ yếu gồm nước (nhiệt độ sôi là 100 °C), ethanol (nhiệt độ sôi là 78,3 °C), acetic acid (nhiệt độ sôi là 117,9 °C), . . . và bã rượu. Chưng cất hỗn hợp này, đầu tiên sẽ thu được một dung dịch chứa nhiều ethanol hơn nước, sau đó hàm lượng ethanol giảm dần.



1. Nhiệt kế
2. Bình cầu
3. Thiết bị đun nóng
4. Ống sinh hàn
5. Ống dẫn nước vào
6. Ống dẫn nước ra
7. Bình hứng

▲ **Hình 9.1. Hệ thống chưng cất đơn giản ở áp suất thường**

1 Khi chưng cất dung dịch ethanol và nước (Hình 9.1), chất nào sẽ chuyển thành hơi sớm hơn? Khi gặp lạnh, hơi ngưng tụ thành chất lỏng chứa chủ yếu chất nào? Biết nhiệt độ sôi của ethanol và nước lần lượt là 78,3 °C và 100 °C.

2 Giải thích vì sao trên ống sinh hàn, đầu nước vào và đầu nước ra phải đặt đúng vị trí như Hình 9.1 mà không được đặt ngược lại.

3 Hãy cho biết vai trò của đá bọt trong Thí nghiệm 1.

Phương pháp chưng cất thường dùng để tách các chất lỏng có nhiệt độ sôi khác nhau.

– *Phương pháp chưng cất phân đoạn:* Áp dụng với các chất có nhiệt độ sôi khác nhau không nhiều. Trong công nghiệp, người ta thường dùng tháp chưng cất phân đoạn, ví dụ ở nhà máy sản xuất rượu, để chưng cất lấy cồn 90°, 96° hoặc ở nhà máy lọc dầu để cất lấy các sản phẩm khác nhau trong các phân đoạn khác nhau của quá trình chưng cất dầu mỏ.

– *Phương pháp chưng cất lôi cuốn hơi nước:* Thường dùng để tách những chất sôi ở nhiệt độ cao, bị biến đổi ở nhiệt độ đó và chất dễ bay hơi cùng với hơi nước. Ví dụ có thể dùng phương pháp chưng cất lôi cuốn hơi nước để tách lấy tinh dầu thực vật.

– *Phương pháp chưng cất dưới áp suất thấp:* Thường được sử dụng để chưng cất lấy những chất có nhiệt độ sôi cao hoặc dễ bị phân huỷ ở nhiệt độ cao.

CHÚ Ý

Khi chưng cất chất lỏng dễ cháy cần đun nóng bằng cách chưng cách thuỷ, cách dầu, . . .

Chân trời sáng tạo

2 PHƯƠNG PHÁP CHIẾT

Tìm hiểu nguyên tắc và vận dụng phương pháp chiết

Nguyên tắc: Chiết là phương pháp tách và tinh chế các chất từ hỗn hợp dựa trên độ hoà tan khác nhau của các chất đó trong hai môi trường không hoà tan vào nhau.

Cách tiến hành:

Chiết lỏng – lỏng:

Bước 1: Cho hỗn hợp có chất cần chiết vào phễu chiết, thêm dung môi vào (dung môi phải có khả năng hoà tan tốt chất cần chiết và không trộn lẫn với hỗn hợp ban đầu).

Bước 2: Lắc đều phễu chiết rồi để yên, hỗn hợp trong phễu sẽ tách thành 2 lớp.

Bước 3: Sau đó từ từ mở khoá phễu chiết để lần lượt thu từng lớp chất lỏng.

Bước 4: Làm bay hơi dung môi của dịch chiết để thu được chất cần tách.

Chiết lỏng – rắn:

Bước 1: Hoà tan chất hữu cơ bằng cách ngâm hoặc đun hỗn hợp chất rắn với dung môi thích hợp.

Bước 2: Lọc bỏ phần chất rắn không tan, thu được dịch chiết chứa chất cần tách.

Bước 3: Làm bay hơi dung môi của dịch chiết để thu được chất cần tách.

▲ Hình 9.2. Chiết tinh dầu quýt và nước

Thí nghiệm 2. Chiết tinh dầu quýt

Dụng cụ: phễu chiết, giá thí nghiệm, bình tam giác.

Hoá chất: hexane, hỗn hợp tinh dầu quýt và nước.

Tiến hành:

Bước 1: Cho khoảng 50 mL hỗn hợp tinh dầu quýt và nước vào phễu chiết, thêm tiếp khoảng 25 mL hexane.

Bước 2: Đậy nắp phễu, một tay giữ nắp và một tay giữ phễu, cẩn thận lắc nhẹ và đảo ngược phễu nhiều lần. Đặt phễu vào giá, mở nắp phễu rồi nhanh chóng đậy lại, để yên một thời gian cho hỗn hợp trong phễu tách lớp.

Bước 3: Mở nắp, vặn khoá phễu từ từ cho lớp chất lỏng phía dưới chảy vào bình tam giác, lớp trên lấy ra khỏi phễu bằng cách rót qua cổ phễu vào bình khác.

Bước 4: Làm bay hơi dung môi của dịch chiết để thu được chất cần tách.

4 Giải thích hiện tượng xảy ra trong Thí nghiệm 2.

Rượu thuốc là bài thuốc trong y học cổ truyền. Hãy cho biết cách ngâm rượu thuốc đã áp dụng phương pháp tách và tinh chế nào.

▲ Rượu nhân sâm

Phương pháp chiết được dùng để tách các chất có độ hoà tan khác nhau trong các môi trường không tan vào nhau.

3 PHƯƠNG PHÁP KẾT TINH

Tìm hiểu nguyên tắc và vận dụng phương pháp kết tinh

Đối với hỗn hợp các chất rắn, người ta thường dựa vào độ tan khác nhau và sự thay đổi độ tan theo nhiệt độ của chúng để tách và tinh chế. Người ta hoà tan hỗn hợp chứa chất cần tinh chế vào dung môi thích hợp ở nhiệt độ cao, lọc nóng để thu được dung dịch bão hoà rồi để nguội hoặc làm lạnh từ từ, chất rắn cần tinh chế sẽ tách ra từ dung dịch bão hoà. Lọc, rửa và làm khô, sau đó kết tinh lại nhiều lần trong cùng dung môi hoặc trong các dung môi khác, thu được tinh thể chất cần tinh chế.

Phương pháp kết tinh là phương pháp tách và tinh chế chất từ hỗn hợp chất rắn dựa trên độ tan khác nhau của các chất trong dung môi và sự thay đổi độ tan của chúng theo nhiệt độ.

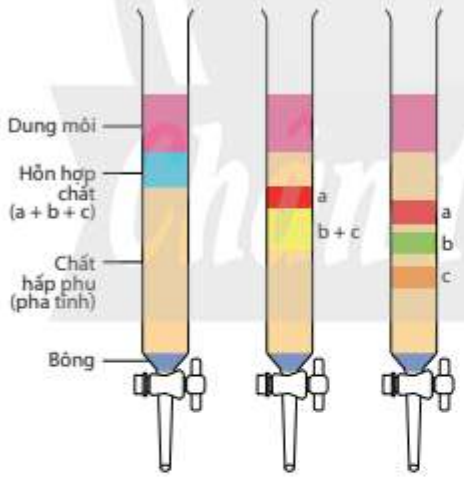
5 Tại sao phải kết tinh lại nhiều lần để thu được chất tinh khiết?

Hãy thực hiện thí nghiệm kết tinh tinh thể đường. Trình bày quy trình thực hiện và giới thiệu sản phẩm với các bạn trong lớp học.

4 PHƯƠNG PHÁP SẮC KÍ CỘT

Tìm hiểu sơ lược về sắc kí cột

Phương pháp sắc kí, ban đầu chỉ được dùng để nghiên cứu, phân tách các chất có màu, ngày nay được ứng dụng rộng rãi trong phòng thí nghiệm để tách, tinh chế và dùng trong phân tích định tính, định lượng các hỗn hợp.



▲ **Hình 9.3. Mô phỏng nguyên tắc của phương pháp sắc kí cột**

▲ **Hình 9.4. Cột sắc kí trong phòng thí nghiệm**

6 Quan sát Hình 9.3, hãy cho biết chất nào có tốc độ dịch chuyển lớn nhất.

Phương pháp sắc kí đơn giản thường được sử dụng là sắc kí cột. Trong sắc kí cột, pha tĩnh là bột silica gel ($SiO_2 \cdot nH_2O$) hoặc bột aluminium oxide (Al_2O_3), … được nhồi trong một ống thuỷ tinh thẳng đứng (gọi là cột), pha động là dung môi thích hợp được đổ vào phía trên pha tĩnh. Trong quá trình pha động dịch chuyển

từ trên xuống dưới cột, chất có tốc độ dịch chuyển lớn hơn (nghĩa là bị hấp phụ trên pha tĩnh kém hơn) sẽ cùng với dung môi ra khỏi cột trước. Làm bay hơi dung môi sẽ thu được chất cần tách.

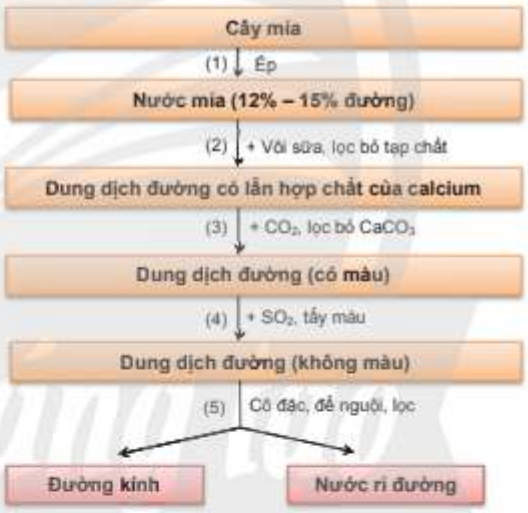
Phương pháp sắc kí cột dùng để tách, tinh chế chất trong hỗn hợp dựa trên sự khác biệt về tốc độ di chuyển của các chất trong pha động khi tiếp xúc trực tiếp với một pha tĩnh do sự khác nhau khả năng hấp phụ trên pha tĩnh.

BÀI TẬP

1. Trình bày phương pháp tách riêng từng chất ra khỏi hỗn hợp gồm benzene và aniline. Cho biết nhiệt độ sôi của benzene là 80,1 °C, aniline là 184,1 °C.

2. Mật ong để lâu thường thấy có những hạt rắn xuất hiện ở đáy chai. Đó là hiện tượng gì?

3. Trong quy trình sản xuất đường từ cây mía (hình bên), phương pháp kết tinh được sử dụng trong công đoạn nào?



▲ **Các công đoạn chính trong quy trình sản xuất đường kính từ cây mía**

4. Cây neem (cây thường xanh Ấn Độ) hay còn gọi là cây nim, sầu đâu (tên khoa học *Azadirachta indica*) được người Ấn Độ dùng hơn 4000 năm nay để làm đẹp và chữa bệnh. Các chiết xuất từ lá neem có thể ức chế sự sao chép của virus Dengue, kháng virus nên có tác dụng điều trị bệnh sốt xuất huyết hiệu quả. Người ta hái một ít lá neem tươi, rửa sạch, cho vào nồi đun kĩ, lọc lấy nước để sử dụng. Hãy cho biết cách làm trên thuộc loại phương pháp tách và tinh chế nào.

Bài 10

CÔNG THỨC PHÂN TỬ HỢP CHẤT HỮU CƠ

MỤC TIÊU

- Sử dụng được kết quả phổ khối lượng (MS) để xác định phân tử khối của hợp chất hữu cơ.
- Nêu được khái niệm về công thức phân tử hợp chất hữu cơ.
- Lập được công thức phân tử hợp chất hữu cơ từ dữ liệu phân tích nguyên tố và phân tử khối.

Phổ khối lượng (Mass spectrometry – MS) thường được sử dụng để xác định nguyên tử khối, phân tử khối của các chất và hàm lượng các đồng vị bền của một nguyên tố với độ chính xác cao. Xác định được phân tử khối là một trong những yếu tố quan trọng trong việc lập công thức phân tử hợp chất hữu cơ. Công thức phân tử hợp chất hữu cơ được lập như thế nào từ dữ liệu phân tích nguyên tố và phân tử khối?

▲ Máy đo phổ khối lượng

1 XÁC ĐỊNH PHÂN TỬ KHỐI CỦA HỢP CHẤT HỮU CƠ

Sử dụng kết quả phổ khối lượng để xác định phân tử khối của hợp chất hữu cơ

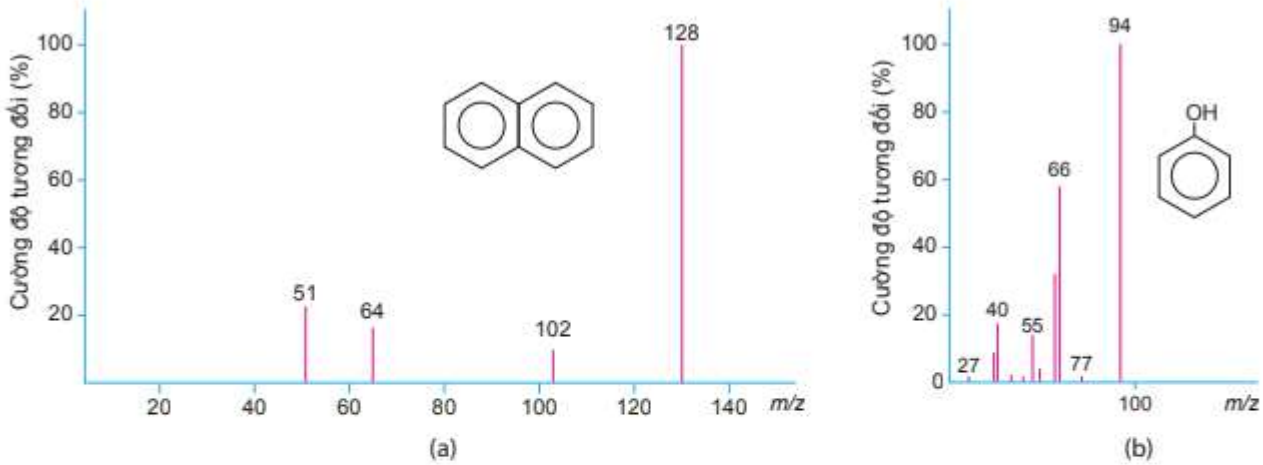
Hiện nay, người ta thường sử dụng phổ khối lượng để xác định phân tử khối của hợp chất hữu cơ. Trên phổ khối lượng, mỗi tín hiệu (peak) tương ứng với một phân mảnh ion khi các phân tử hợp chất hữu cơ bị ion hoá trong thiết bị phân tích phổ(*). Mỗi peak được xác định bởi giá trị m/z(**) và cường độ tương đối (%).

Có thể dự đoán phân tử khối của hợp chất hữu cơ đơn giản bằng tín hiệu của mảnh ion phân tử (kí hiệu là $[M^+]$). Mảnh ion phân tử này thường ứng với tín hiệu có giá trị m/z lớn nhất.

1 Quan sát Hình 10.1, xác định giá trị phân tử khối của naphtalene và phenol. Biết phân tử khối tương ứng với peak có cường độ tương đối lớn nhất hiển thị trên phổ khối lượng.

(*) Trong thiết bị đo phổ khối lượng, hợp chất hữu cơ thường bị bắn phá bởi các electron có năng lượng cao và bị chuyển thành mảnh ion phân tử. Quá trình này được gọi là quá trình ion hoá. Ion phân tử có thể tiếp tục bị phân mảnh để trở thành những phân mảnh ion có khối lượng nhỏ hơn.

(**) m là khối lượng của ion, z là điện tích của ion. Đa số các ion đều mang điện tích dương +1 nên m/z tương đương với m. Do đó, máy được gọi là máy phân tích khối phổ.



▲ **Hình 10.1. Phổ khối lượng của naphtalene (a) và phenol (b)**[*]

Phổ khối lượng có thể cho thông tin về phân tử khối của hợp chất hữu cơ thông qua mảnh ion phân tử thường ứng với tín hiệu có giá trị *m/z* lớn nhất.

2 CÔNG THỨC PHÂN TỬ HỢP CHẤT HỮU CƠ

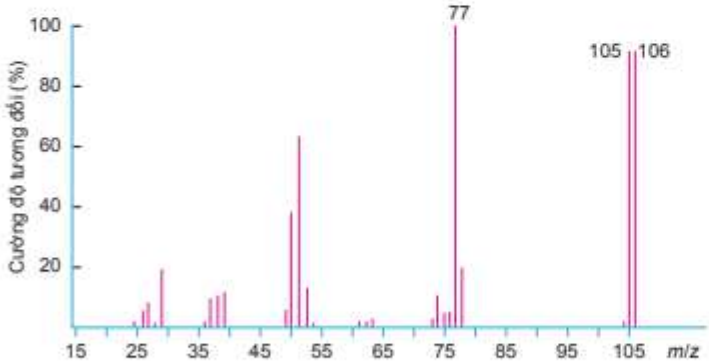
Lập công thức phân tử hợp chất hữu cơ từ dữ liệu phân tích nguyên tố và phân tử khối

Công thức phân tử cho biết số nguyên tử của các nguyên tố có trong phân tử.

Ví dụ 1: Ethylene (C_2H_4), acetaldehyde (C_2H_4O), methane (CH_4), …

Để lập công thức phân tử hợp chất hữu cơ, người ta có thể dựa vào dữ liệu phân tích nguyên tố và phân tử khối của hợp chất.

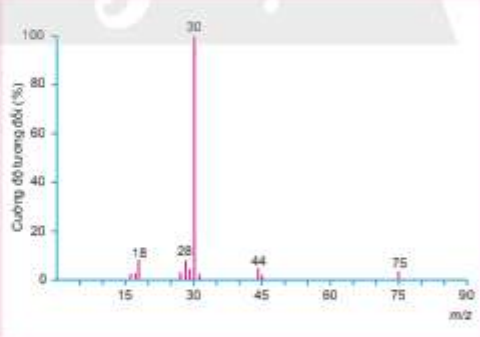
Ví dụ 2: Phân tích nguyên tố của hợp chất benzaldehyde cho kết quả: 79,25% C; 5,66% H và 15,09% O về khối lượng. Phân tử khối của hợp chất này được xác định thông qua kết quả phổ khối lượng với peak ion phân tử có giá trị *m/z* lớn nhất (Hình 10.2). Hãy xác định công thức phân tử của benzaldehyde.



▲ **Hình 10.2. Phổ khối lượng của benzaldehyde**[*]

2 Từ phổ khối lượng, làm thế nào để xác định được phân tử khối của hợp chất hữu cơ cần khảo sát?

Một hợp chất hữu cơ Y có 32% C; 6,67% H; 18,67% N về khối lượng, còn lại là O. Phân tử khối của hợp chất này được xác định thông qua kết quả phổ khối lượng với peak ion phân tử có giá trị *m/z* lớn nhất. Lập công thức phân tử của Y.



▲ **Phổ khối lượng của Y**

(*) *Nguồn:* Y. R. Sharma, *Elementary Organic Spectroscopy* (2008), S. Chand & Company PVT. LTD.

Vì $\%m_C + \%m_H + \%m_O = 100\% \rightarrow$ Phân tử benzaldehyde chỉ chứa các nguyên tố C, H, O nên đặt công thức phân tử của benzaldehyde là $C_xH_yO_z$.

Từ phổ khối lượng của benzaldehyde, suy ra: $M_{C_xH_yO_z} = 106$

$\%m_C = 79,25$; $\%m_H = 5,66$; $\%m_O = 15,09$

Vậy: $\frac{x \times 12}{106} = \frac{79,25}{100} \Rightarrow x = \frac{106 \times 79,25}{12 \times 100} \approx 7$

$\frac{y}{106} = \frac{5,66}{100} \Rightarrow y = \frac{106 \times 5,66}{100} \approx 6$

$\frac{z \times 16}{106} = \frac{15,09}{100} \Rightarrow z = \frac{106 \times 15,09}{16 \times 100} = 1$

Công thức phân tử của benzaldehyde là C_7H_6O.

Thiết lập công thức phân tử hợp chất hữu cơ ($C_xH_yO_zN_t$) từ dữ liệu phân tích nguyên tố và phân tử khối (M) được khái quát như sau:

$$x = \frac{\%m_C}{12} \times \frac{M}{100}$$

$$y = \frac{\%m_H}{1} \times \frac{M}{100}$$

$$z = \frac{\%m_O}{16} \times \frac{M}{100}$$

$$t = \frac{\%m_N}{14} \times \frac{M}{100}$$

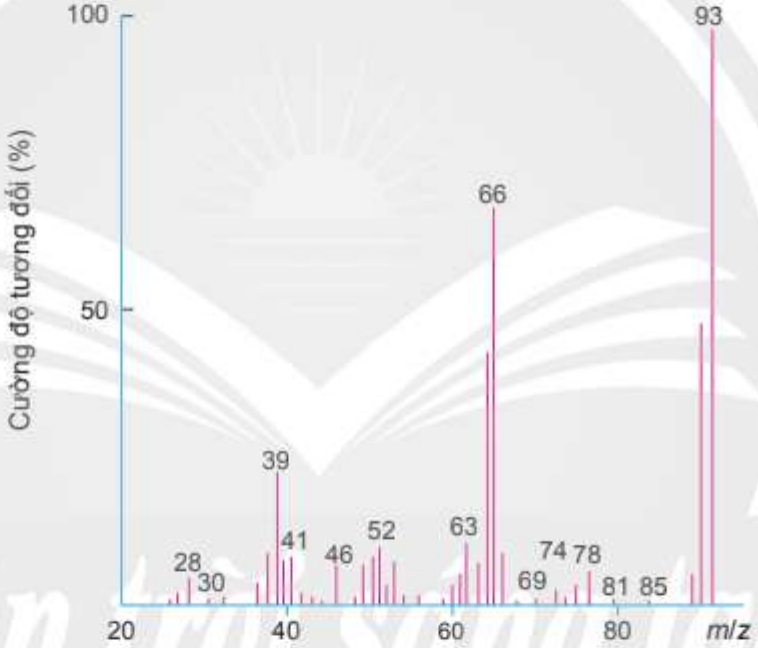
Với x, y, z, t lần lượt là số nguyên tử C, số nguyên tử H, số nguyên tử O, số nguyên tử N; $\%m_C$, $\%m_H$, $\%m_O$, $\%m_N$ lần lượt là % khối lượng của các nguyên tố C, H, O, N trong hợp chất hữu cơ.

BÀI TẬP

1. Acetone là một hợp chất hữu cơ dùng để làm sạch dụng cụ trong phòng thí nghiệm, tẩy rửa sơn móng tay và là chất đầu trong nhiều quá trình tổng hợp hữu cơ. Kết quả phân tích nguyên tố của acetone như sau: 62,07% C; 27,59% O về khối lượng, còn lại là hydrogen. Phân tử khối của acetone được xác định thông qua phổ khối lượng với peak ion phân tử có giá trị *m/z* lớn nhất bằng 58. Lập công thức phân tử của acetone.

2. Chất hữu cơ X được sử dụng khá rộng rãi trong ngành y tế với tác dụng chống vi khuẩn, vi sinh vật. Kết quả phân tích nguyên tố của X như sau: 52,17% C; 13,04% H về khối lượng, còn lại là oxygen. Phân tử khối của X được xác định thông qua kết quả phổ khối lượng với peak ion phân tử có giá trị *m/z* lớn nhất bằng 46. Lập công thức phân tử của X.

3. Aniline là hợp chất quan trọng trong công nghiệp phẩm nhuộm và sản xuất polymer. Kết quả phân tích nguyên tố của aniline như sau: 77,42% C; 7,53% H về khối lượng, còn lại là nitrogen. Phân tử khối của aniline được xác định trên phổ khối lượng[*] tương ứng với peak có cường độ tương đối mạnh nhất. Lập công thức phân tử của aniline.



▲ Phổ khối lượng của aniline

[*] *Nguồn:* Y. R. Sharma, *Elementary Organic Spectroscopy* (2008), S. Chand & Company PVT. LTD.

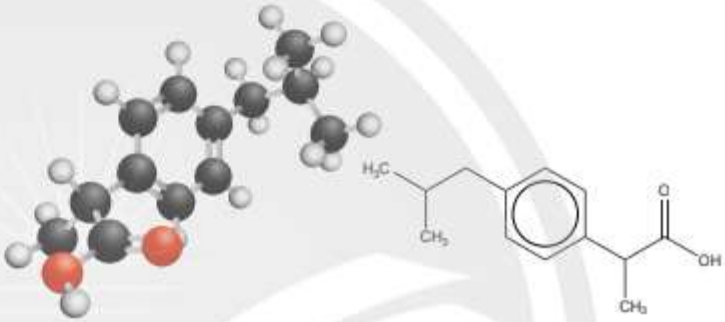
Bài 11

CẤU TẠO HOÁ HỌC HỢP CHẤT HỮU CƠ

MỤC TIÊU

- Trình bày được nội dung thuyết cấu tạo hoá học trong hoá học hữu cơ.
- Giải thích được hiện tượng đồng phân trong hoá học hữu cơ.
- Nêu được khái niệm chất đồng đẳng và dãy đồng đẳng.
- Viết được công thức cấu tạo của một số hợp chất hữu cơ đơn giản (công thức cấu tạo đầy đủ, công thức cấu tạo thu gọn).
- Nêu được chất đồng đẳng, chất đồng phân dựa vào công thức cấu tạo cụ thể của các hợp chất hữu cơ.

Ngay từ khi hoá học hữu cơ mới ra đời, các nhà hoá học đã nỗ lực nghiên cứu vấn đề thứ tự và cách thức liên kết của các nguyên tử trong phân tử, người ta gọi đó là cấu tạo hoá học. Cấu tạo hoá học của hợp chất hữu cơ được biểu diễn như thế nào?



Ibuprofen $C_{13}H_{18}O_2$

▲ Công thức cấu tạo của ibuprofen (thành phần của thuốc giảm đau)

1 THUYẾT CẤU TẠO HOÁ HỌC

Tìm hiểu thuyết cấu tạo hoá học trong hoá học hữu cơ

Năm 1861, nhà khoa học A.M. Butlerov (Bút-lê-rốp) đã đưa ra thuyết cấu tạo hoá học. Nội dung cơ bản gồm các luận điểm chính sau:

1. Trong phân tử hợp chất hữu cơ, các nguyên tử liên kết với nhau theo đúng hoá trị và theo một trật tự nhất định. Thứ tự liên kết đó gọi là cấu tạo hoá học. Sự thay đổi thứ tự liên kết, tức là thay đổi cấu tạo hoá học, sẽ tạo ra hợp chất khác.

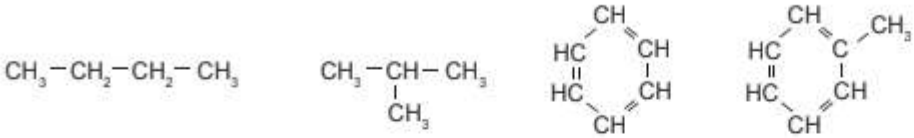
Ví dụ 1: Cùng một công thức phân tử C_2H_6O có hai công thức cấu tạo ứng với hai hợp chất sau:

Ethanol: CH_3CH_2OH, chất lỏng, nhiệt độ sôi là 78,3 °C, tác dụng với Na giải phóng khí H_2.

Dimethyl ether: $CH_3–O–CH_3$, chất khí, nhiệt độ sôi là −24,8 °C, không tác dụng với Na.

2. Trong phân tử hợp chất hữu cơ, carbon có hoá trị 4. Nguyên tử carbon không những có thể liên kết với nguyên tử của các nguyên tố khác mà còn liên kết với nhau tạo thành mạch carbon (mạch vòng, mạch hở, mạch nhánh, mạch không nhánh).

1 So sánh cấu tạo hoá học của ethanol và dimethyl ether. Nhận xét về một số tính chất cơ bản của hai hợp chất này dựa vào dữ liệu đã cung cấp trong Ví dụ 1.



▲ **Hình 11.1. Một số chất hữu cơ tương ứng với các dạng mạch carbon khác nhau**

2 Hãy cho biết dạng mạch carbon tương ứng với các chất có trong Hình 11.1.

3. Tính chất của các chất phụ thuộc vào thành phần phân tử (bản chất, số lượng các nguyên tử) và cấu tạo hoá học (thứ tự liên kết các nguyên tử).

Bảng 11.1. Tính chất của một số hợp chất hữu cơ(*)

Chất	Nhiệt độ sôi (°C)	Nhiệt độ nóng chảy (°C)	Một số tính chất khác
CH_4	−161,5	−182,46	Chất khí, dễ cháy, không tan trong nước.
CCl_4	76,7	−22,8	Chất lỏng, không cháy, không tan trong nước.
CH_3Cl	−24,1	−97,6	Chất khí, không có tác dụng gây mê.
$CHCl_3$	64,2	−63,47	Chất lỏng, có tác dụng gây mê.
CH_3OH	64,5	−97,5	Chất lỏng, tan nhiều trong nước, tác dụng với sodium.
CH_3-CH_2-OH	78,24	−114,14	Chất lỏng, tan nhiều trong nước, tác dụng với sodium.
CH_3-O-CH_3	−24,8	−141,49	Chất khí, tan ít trong nước, không tác dụng với sodium.

3 Quan sát Bảng 11.1, so sánh thành phần phân tử, cấu tạo hoá học và tính chất của các chất sau:
a) CH_4 và CCl_4.
b) CH_3Cl và $CHCl_3$.
c) CH_3OH, CH_3-CH_2-OH và CH_3-O-CH_3.

Thuyết cấu tạo hoá học gồm những luận điểm chính sau:
1. Trong phân tử hợp chất hữu cơ, các nguyên tử liên kết với nhau theo đúng hoá trị và thứ tự liên kết.
2. Trong phân tử hợp chất hữu cơ, carbon có hoá trị 4 và các nguyên tử carbon có thể liên kết với nguyên tử của nguyên tố khác hoặc liên kết với nhau tạo thành những dạng mạch carbon khác nhau.
3. Tính chất của hợp chất hữu cơ phụ thuộc vào thành phần phân tử (bản chất, số lượng nguyên tử) và cấu tạo hoá học (thứ tự liên kết giữa các nguyên tử).

Biểu diễn cấu tạo phân tử của hợp chất hữu cơ

Công thức cấu tạo biểu diễn thứ tự và cách thức liên kết (liên kết đơn, liên kết bội(**)) của các nguyên tử trong phân tử.
Công thức cấu tạo của hợp chất hữu cơ có thể được biểu diễn dưới các dạng sau:
Công thức cấu tạo đầy đủ biểu diễn đầy đủ tất cả các liên kết trên một mặt phẳng.

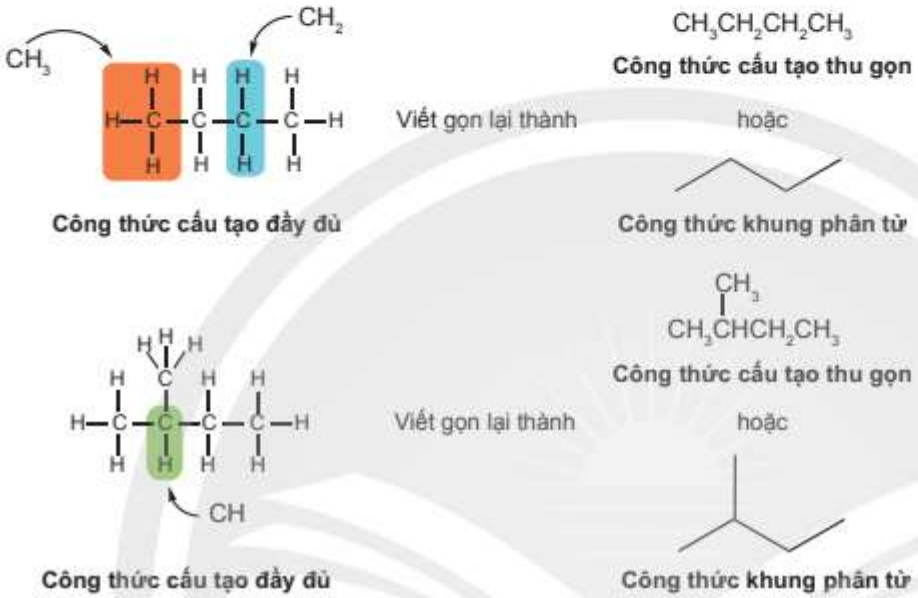
4 Cho biết ý nghĩa của công thức phân tử và công thức cấu tạo.

(*) *Nguồn:* W.M. Haynes, *Handbook of Chemistry and Physics* (2014 – 2015, 95th edition), CRC Press.
(**) Liên kết bội là liên kết được hình thành giữa hai nguyên tử bằng hai hoặc ba cặp electron chung. Liên kết này được biểu thị bằng hai hoặc ba gạch nối.

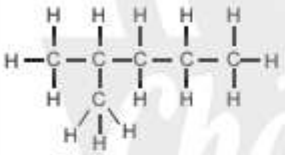
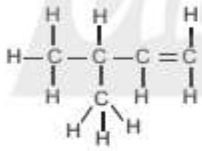
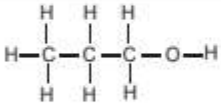
Công thức cấu tạo thu gọn: Các nguyên tử, nhóm nguyên tử cùng liên kết với một nguyên tử carbon được viết thành một nhóm.

Công thức khung phân tử: Dùng nét gạch để biểu diễn liên kết giữa các nguyên tử carbon với nhau và giữa carbon với nguyên tử khác mà không phải là hydrogen. Trong công thức khung phân tử chỉ ghi kí hiệu các nguyên tử khác C và H (trừ H nằm ở trong nhóm chức).

Ví dụ 2: Công thức cấu tạo đầy đủ, công thức cấu tạo thu gọn, công thức khung phân tử:

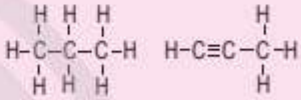


Bảng 11.2. Công thức cấu tạo của một số hợp chất hữu cơ

Công thức cấu tạo đầy đủ	Công thức cấu tạo thu gọn	Công thức khung phân tử
	$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_2-CH_3$ hoặc $(CH_3)_2CH-CH_2-CH_2-CH_3$	
	$CH_2=CH-CH(CH_3)$ hoặc $(CH_3)_2CH-CH=CH_2$	
	$CH_3-CH_2-CH_2-OH$	

5 Công thức cấu tạo đầy đủ và công thức cấu tạo thu gọn khác nhau điểm gì?

1. Viết công thức khung phân tử của những hợp chất hữu cơ sau:



2. Viết công thức cấu tạo đầy đủ của những hợp chất hữu cơ sau:

CH_2Br-CH_2Br, $CH_2=CH_2$, $(CH_3)_2CHOH$, $HCH=O$

Cấu tạo của hợp chất hữu cơ có thể biểu diễn dưới 3 dạng: công thức cấu tạo đầy đủ, công thức cấu tạo thu gọn và công thức khung phân tử.

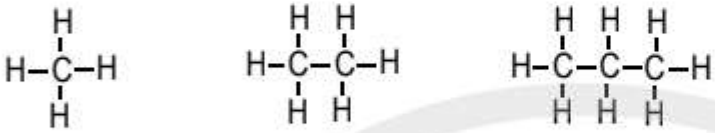
2 ĐỒNG ĐẲNG, ĐỒNG PHÂN

Tìm hiểu khái niệm chất đồng đẳng và dãy đồng đẳng

Những hợp chất có thành phần phân tử hơn kém nhau một hay nhiều nhóm CH_2 nhưng có tính chất hoá học tương tự nhau là những chất đồng đẳng, chúng hợp thành dãy đồng đẳng với công thức chung xác định.

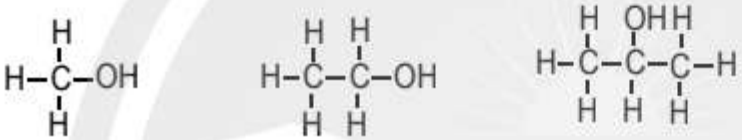
Ví dụ 3:

Một số hợp chất hữu cơ trong dãy đồng đẳng alkane (C_nH_{2n+2}).



(A) CH_4 methane — (B) CH_3-CH_3 ethane — (C) CH_3-CH_2-CH_3 propane

Một số hợp chất hữu cơ trong dãy đồng đẳng alcohol đơn chức, no, mạch hở ($C_nH_{2n+2}O$).



(X) CH_3OH methanol — (Y) CH_3CH_2OH ethanol — (Z) CH_3-CHOH-CH_3 propan-2-ol

Những hợp chất hữu cơ được gọi là đồng đẳng khi chúng có thành phần phân tử hơn kém nhau một hoặc nhiều nhóm CH_2 và có tính chất hoá học tương tự nhau.

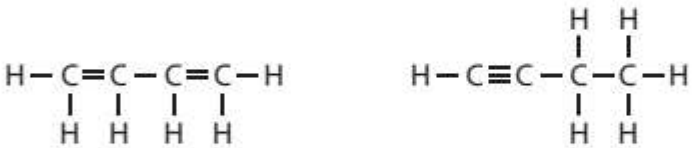
6 Nhận xét đặc điểm cấu tạo (thành phần nguyên tố, số lượng nguyên tử của các nguyên tố, liên kết đơn, liên kết bội, nhóm chức) của các hợp chất hữu cơ trong hai nhóm chất ở Ví dụ 3: nhóm 1 (A, B, C) và nhóm 2 (X, Y, Z).

Hãy cho biết các chất CH_2=CH_2, CH_2=CH-CH_3, CH_2=CH-CH_2-CH_3 có thuộc cùng dãy đồng đẳng không. Giải thích.

Tìm hiểu hiện tượng đồng phân trong hoá học hữu cơ

Những hợp chất khác nhau nhưng có cùng công thức phân tử được gọi là những **chất đồng phân**.

Ví dụ 4:



CH_2=CH−CH=CH_2 — buta-1,3-diene

CH≡C−CH_2−CH_3 — but-1-yne

Có nhiều loại đồng phân: đồng phân cấu tạo (gồm đồng phân mạch carbon, đồng phân loại nhóm chức, đồng phân vị trí nhóm chức) và đồng phân lập thể (đồng phân khác nhau về vị trí không gian của các nguyên tử, nhóm nguyên tử).

Ví dụ 5:

Đồng phân mạch carbon	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$	$CH_3-CH(CH_3)-CH_3$
Đồng phân loại nhóm chức	CH_3-CH_2-OH	CH_3-O-CH_3
Đồng phân vị trí nhóm chức	$CH_3-CH_2-CH_2-OH$	$CH_3-CH(OH)-CH_3$

Chất đồng phân là những hợp chất khác nhau nhưng có cùng công thức phân tử. Nguyên nhân gây nên hiện tượng đồng phân trong hoá học hữu cơ là do sự thay đổi trật tự liên kết, cách thức liên kết giữa các nguyên tử trong phân tử hoặc vị trí không gian của các nguyên tử, nhóm nguyên tử.

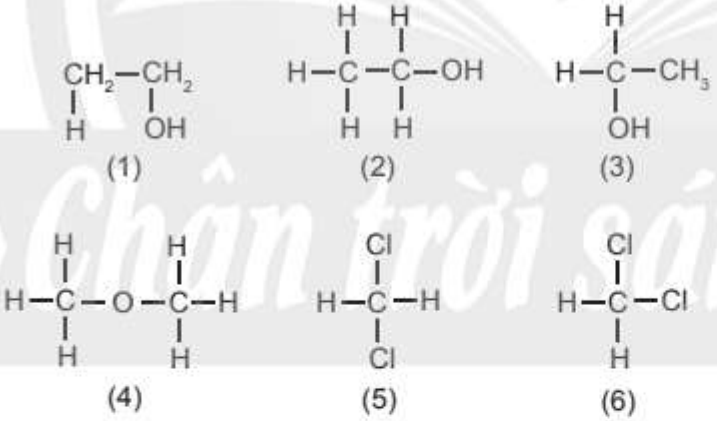
7 Hãy nhóm các chất hữu cơ sau theo loại đồng phân cấu tạo.

$CH_2(OH)-CH_2-CH_2-CH_3$ (A)
$CH_2(OH)-CH(CH_3)-CH_3$ (B)
$CH_3-O-CH_2-CH_2-CH_3$ (C)
$CH_3-O-CH(CH_3)-CH_3$ (D)
$CH_3-CH(OH)-CH_2-CH_3$ (E)
$CH_3-C(CH_3)(OH)-CH_3$ (F)
$CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3$ (G)

BÀI TẬP

1. Viết công thức cấu tạo (đầy đủ và thu gọn) của các chất có công thức phân tử như sau: C_4H_{10}, C_2H_6O.

2. Những công thức cấu tạo nào dưới đây biểu diễn cùng một chất?



3. Những chất nào sau đây là đồng đẳng của nhau, đồng phân của nhau?

a) $CH_2=CH_2$

b) $CH_2=CH-CH_3$

c) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$

d) $CH_3-CH(CH_3)-CH_3$

e) CH_3-CH_2-OH

g) CH_3-O-CH_3

Chân trời sáng tạo

Chương 4

HYDROCARBON

Bài 12 ALKANE

MỤC TIÊU

- Nêu được khái niệm về alkane, nguồn alkane trong tự nhiên, công thức chung của alkane.
- Trình bày được quy tắc gọi tên alkane theo danh pháp thay thế, áp dụng gọi được tên cho một số alkane (C1 – C10) mạch không phân nhánh và một số alkane mạch nhánh chứa không quá 5 nguyên tử carbon.
- Trình bày và giải thích được đặc điểm về tính chất vật lí (nhiệt độ nóng chảy, nhiệt độ sôi, tỉ khối, tính tan) của một số alkane.
- Trình bày được đặc điểm về liên kết hoá học trong phân tử alkane, hình dạng phân tử của methane, ethane; phản ứng thế, cracking, reforming, phản ứng oxi hoá hoàn toàn, phản ứng oxi hoá không hoàn toàn.
- Thực hiện được thí nghiệm: cho hexane vào dung dịch thuốc tím, cho hexane tương tác với nước bromine ở nhiệt độ thường và khi đun nóng (hoặc chiếu sáng), đốt cháy hexane; quan sát, mô tả các hiện tượng thí nghiệm và giải thích được tính chất hoá học của alkane.
- Trình bày được các ứng dụng của alkane trong thực tiễn và cách điều chế alkane trong công nghiệp.
- Trình bày được một trong các nguyên nhân gây ô nhiễm không khí là do các chất trong khí thải của các phương tiện giao thông; hiểu và thực hiện được một số biện pháp hạn chế ô nhiễm môi trường do các phương tiện giao thông gây ra.

Gas dùng làm nhiên liệu đun nấu trong gia đình có thành phần chủ yếu là propane và butane. Đây là các alkane ở thể khí trong điều kiện thường nhưng được hoá lỏng dưới áp suất cao.
Alkane là gì? Chúng có vai trò như thế nào trong đời sống, sản xuất?

▲ Một lĩnh vực sử dụng phổ biến của alkane

1 KHÁI NIỆM VỀ ALKANE

Tìm hiểu nguồn alkane trong tự nhiên

Bề mặt những vũng đầm lầy thường xuất hiện các bong bóng khí, đó là alkane đơn giản nhất, có tên gọi methane, được nhà bác học Alessandro Volta (A-lếch-xăn-đrơ Von-ta) phát hiện năm 1776.

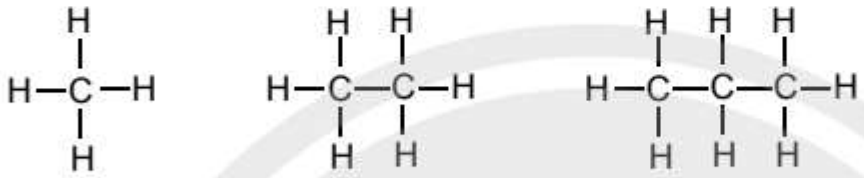
Trong các mỏ dầu, luôn tồn tại một lượng khí được nén vào trong dầu thô hoặc tồn tại ngay trên lớp dầu thô. Chúng được gọi là khí đồng hành (hay khí mỏ dầu), với thành phần chủ yếu là các alkane như ethane (C_2H_6), propane (C_3H_8) và butane (C_4H_{10}).

Dầu mỏ trong tự nhiên cũng chứa thành phần chính là các alkane.

1 Vì sao methane được gọi là khí hồ ao?

Tìm hiểu cấu tạo và công thức chung của alkane

Xét công thức cấu tạo của methane, ethane và propane:



methane ethane propane

2 Hãy nêu nhận xét đặc điểm cấu tạo phân tử của các alkane. Vì sao alkane còn được gọi là hydrocarbon bão hoà hay hydrocarbon no?

Các hydrocarbon trên đều có cấu tạo hoá học tương tự, phân tử chỉ chứa các liên kết đơn. Alkane không phân nhánh có mạch carbon chỉ chứa nguyên tử carbon bậc I và bậc II. Alkane phân nhánh có chứa nguyên tử carbon bậc III, bậc IV.

Methane, ethane, propane, … là những chất đầu tiên của dãy đồng đẳng alkane.

Alkane là những hydrocarbon mạch hở chỉ chứa liên kết đơn trong phân tử và có công thức chung C_nH_{2n+2} ($n \geq 1$).

a) Alkane nào dưới đây có mạch phân nhánh?

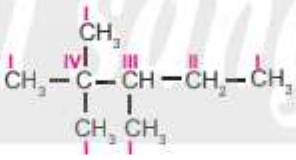
(1) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$

(2) $CH_3-CH(CH_3)-CH_3$

b) Phân tử của một alkane trong sáp nến có 52 nguyên tử hydrogen. Xác định số nguyên tử carbon trong phân tử alkane nói trên.

CHÚ Ý

Bậc của một nguyên tử carbon trong phân tử alkane được xác định bằng số nguyên tử carbon liên kết trực tiếp với nguyên tử carbon đó. Bậc của các nguyên tử carbon được kí hiệu bằng số La Mã.



2 DANH PHÁP ALKANE

Tìm hiểu cách gọi tên alkane theo danh pháp thay thế

Tên theo danh pháp thay thế của 10 alkane không phân nhánh đầu tiên trong dãy đồng đẳng được trình bày trong Bảng 12.1.

Bảng 12.1. Tên gọi 10 alkane không phân nhánh đầu tiên và một số tính chất vật lí của chúng[*]

Công thức alkane	Tên tiền tố	Tên alkane	Nhiệt độ nóng chảy (°C)	Nhiệt độ sôi (°C)	Khối lượng riêng (g/cm^3)
CH_4	meth-	methane	−182,0	−162,0	0,415 (−164 °C)
CH_3CH_3	eth-	ethane	−183,0	−88,6	0,561 (−100 °C)
$CH_3CH_2CH_3$	prop-	propane	−188,0	−42,1	0,585 (−45 °C)
$CH_3[CH_2]_2CH_3$	but-	butane	−138,0	−0,5	0,600 (0 °C)
$CH_3[CH_2]_3CH_3$	pent-	pentane	−130,0	36,1	0,626 (20 °C)
$CH_3[CH_2]_4CH_3$	hex-	hexane	−95,3	68,7	0,659 (20 °C)
$CH_3[CH_2]_5CH_3$	hept-	heptane	−90,6	98,4	0,680 (20 °C)
$CH_3[CH_2]_6CH_3$	oct-	octane	−56,8	126,0	0,703 (20 °C)
$CH_3[CH_2]_7CH_3$	non-	nonane	−50,0	151,0	0,720 (20 °C)
$CH_3[CH_2]_8CH_3$	dec-	decane	−30,0	174,0	0,730 (20 °C)

3 Dựa vào thông tin nào trong Bảng 12.1 để chứng minh 4 chất đầu dãy đồng đẳng alkane đều ở thể khí?

Tên theo danh pháp thay thế của các alkane phân nhánh được gọi như sau:

• Chọn mạch chính là mạch carbon dài nhất. Đánh số Ả Rập các nguyên tử carbon trên mạch chính sao cho tổng số chỉ vị trí các nhánh là nhỏ nhất.

• Tên nhánh là tên gốc alkyl. Gốc alkyl là phần còn lại sau khi loại đi 1 nguyên tử H của alkane.

Tên gốc ***alkyl*** được gọi theo tên alkane nhưng bỏ ***ane***, thêm ***yl*** (thay đuôi *ane* trong alkane bằng *yl*).

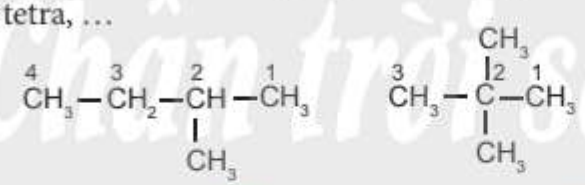
• Giữa phần số với phần chữ dùng dấu "–", giữa phần số với phần số dùng dấu " , ".

• Khi đọc tên nhánh phải kèm theo số chỉ vị trí của nhánh. Nếu có nhiều nhánh, ưu tiên tên các nhánh theo thứ tự chữ cái đầu tiên của tên nhánh.

• Khi có 2, 3 hoặc 4, … nhánh giống nhau, dùng các tiếp đầu ngữ di, tri hoặc tetra, …

a) Gọi tên các gốc alkyl sau: CH_3–, C_2H_5– và $CH_3CH_2CH_2$–.
b) Viết công thức cấu tạo và đọc tên tất cả đồng phân alkane có công thức phân tử C_5H_{12}.

Ví dụ 1:



2-methylbutane (isopentane) — 2,2-dimethylpropane (neopentane)

• Tên theo danh pháp thay thế của alkane không phân nhánh

Tiền tố ứng với số nguyên tử carbon của alkane **ane**

• Tên theo danh pháp thay thế của alkane phân nhánh

Số chỉ vị trí nhánh-Tên nhánh **Tiền tố ứng với số nguyên tử carbon mạch chính** **ane**

[*] *Nguồn:* https://www.ausetute.com.au.

3 TÍNH CHẤT VẬT LÍ

Tìm hiểu tính chất vật lí của alkane

Ở điều kiện thường, các alkane từ C1 đến C4 và neopentan ở thể khí, các alkane có nhiều nguyên tử carbon hơn ở thể lỏng hoặc rắn.

Các alkane đều nhẹ hơn nước. Khi số nguyên tử carbon tăng, tương tác van der Waals giữa các phân tử alkane tăng, dẫn đến nhiệt độ sôi và nhiệt độ nóng chảy của các alkane nói chung cũng tăng.

Do các phân tử alkane không phân cực nên alkane không tan trong nước nhưng tan tốt trong các dung môi không phân cực. Một số alkane ở thể lỏng cũng được sử dụng làm dung môi hoà tan các chất kém phân cực khác.

4 Khi số nguyên tử carbon tăng, thể của các phân tử alkane chuyển từ khí sang lỏng, rồi rắn. Giải thích.

Các alkane đều nhẹ hơn nước, không tan trong nước, nhưng tan trong các dung môi không phân cực.

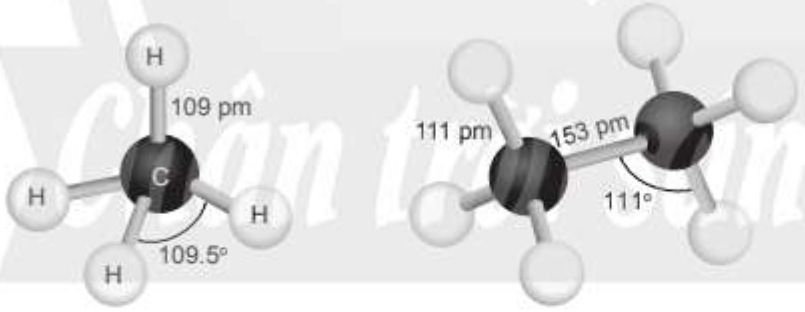
Vì sao người ta thường dùng xăng để rửa sạch các vết bẩn dầu mỡ?

4 TÍNH CHẤT HOÁ HỌC

Tìm hiểu đặc điểm liên kết hoá học trong phân tử alkane

Mỗi nguyên tử carbon trong alkane đều nằm ở tâm của một tứ diện(*) mà 4 đỉnh là các nguyên tử hydrogen hoặc nguyên tử carbon với các góc liên kết C–C–C, C–C–H và H–C–H đều gần bằng 109,5°. Do phân tử chỉ chứa liên kết σ bền, không phân cực nên alkane tương đối trơ về mặt hoá học.

5 Những nguyên tử carbon trong phân tử alkane không phân nhánh có nằm trên một đường thẳng không? Giải thích.



▲ Hình 12.1. Mô hình phân tử methane và ethane

Tìm hiểu tính chất hoá học của alkane

1. Phản ứng thế halogen

Thí nghiệm 1. Phản ứng thế bromine vào hexane

Dụng cụ: ống nghiệm, ống hút nhỏ giọt, kẹp gỗ, giá để ống nghiệm.

Hoá chất: hexane, nước bromine.

(*) Các nguyên tử carbon trong alkane đều ở trạng thái lai hoá sp^3 (lai hoá tứ diện).

Tiến hành:

Bước 1: Lấy 2 ống nghiệm, dùng ống hút nhỏ giọt cho vào mỗi ống nghiệm khoảng 2 mL nước bromine.

Bước 2: Dùng ống hút nhỏ giọt nhỏ tiếp khoảng 2 mL hexane vào cả hai ống nghiệm, lắc đều. Sau đó đưa một ống nghiệm ra nơi có ánh sáng mặt trời (hoặc ngâm trong cốc nước nóng khoảng 50 °C). Quan sát hiện tượng xảy ra ở hai ống nghiệm.

Khi có mặt ánh sáng khuếch tán hoặc khi đun nóng, các alkane tham gia phản ứng thế với halogen (chlorine, bromine).

Ví dụ 2:

$$C_6H_{14} + Cl_2 \xrightarrow{\text{askt}} C_6H_{13}Cl + HCl$$

Trong phản ứng thế halogen, *nguyên tử hydrogen liên kết với nguyên tử carbon bậc cao hơn* dễ bị thế bởi nguyên tử halogen hơn so với nguyên tử hydrogen liên kết với nguyên tử carbon bậc thấp.

Các sản phẩm thế halogen của hydrocarbon được gọi là dẫn xuất halogen của hydrocarbon.

Phản ứng thế halogen là phản ứng đặc trưng của alkane. Nguyên tử hydrogen liên kết với nguyên tử carbon bậc cao dễ bị thế bởi nguyên tử halogen hơn so với nguyên tử hydrogen liên kết với nguyên tử carbon bậc thấp hơn.

2. Phản ứng cracking

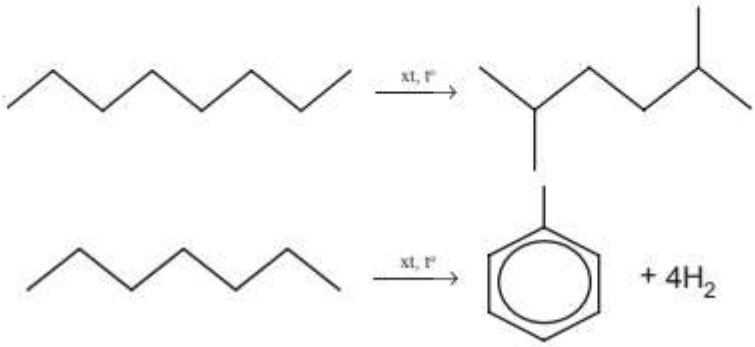
Cracking alkane là quá trình "bẻ gãy" các phân tử alkane mạch dài thành các phân tử hydrocarbon mạch ngắn hơn.

Ví dụ 3: $C_{12}H_{26} \xrightarrow{t^\circ, p} C_7H_{16} + C_5H_{10}$

3. Phản ứng reforming

Reforming là quá trình biến đổi cấu trúc phân tử hydrocarbon từ mạch không nhánh thành mạch nhánh, từ mạch hở thành mạch vòng, từ không thơm thành thơm. Quá trình reforming thường diễn ra ở nhiệt độ cao và có xúc tác.

Ví dụ 4:



6 Giải thích hiện tượng xảy ra trong hai ống nghiệm ở Thí nghiệm 1.

7 Khi cho methane tác dụng với chlorine (có chiếu sáng hoặc đun nóng), các nguyên tử hydrogen trong methane lần lượt bị thay thế bởi các nguyên tử chlorine, tạo 4 dẫn xuất chloro khác nhau. Viết phương trình hoá học của các phản ứng xảy ra.

Cho 2-methylbutane tác dụng với chlorine trong điều kiện chiếu sáng thu được tối đa bao nhiêu đồng phân cấu tạo dẫn xuất monochloro?

8 Viết 3 phương trình hoá học khác nhau khi cracking decane ($C_{10}H_{22}$).

• Cracking là quá trình "bẻ gãy" các phân tử alkane mạch dài thành những hydrocarbon mạch ngắn hơn.
• Reforming là quá trình biến đổi cấu trúc phân tử các alkane mạch không phân nhánh, mạch hở, không thơm thành các hydrocarbon có mạch nhánh hoặc mạch vòng.

Khí sinh học (biogas) là một nguồn nhiên liệu tái tạo được sản xuất chủ yếu từ chất thải và các loại rác hữu cơ. Thành phần khí sinh học thường gồm khoảng 50% – 70% methane; 25% – 45% carbon dioxide và một lượng nhỏ các khí khác như hydrogen, hydrogen sulfide, hơi nước, nitrogen, oxygen, ammonia.
Khí sinh học được sử dụng làm nhiên liệu đun nấu, phát điện, ...

4. Phản ứng oxi hoá

a) Oxi hoá hoàn toàn: Các alkane thường dễ cháy và toả nhiều nhiệt nên nhiều alkane được dùng làm nhiên liệu.

Ví dụ 5:

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \xrightarrow{t^o} CO_2(g) + 2H_2O(g) \qquad \Delta_r H^o_{298} = -890 \text{ kJ}$$

$$C_3H_8(g) + 5O_2(g) \xrightarrow{t^o} 3CO_2(g) + 4H_2O(g) \qquad \Delta_r H^o_{298} = -2\,219 \text{ kJ}$$

b) Oxi hoá không hoàn toàn: Trong trường hợp thiếu oxygen, phản ứng cháy xảy ra không hoàn toàn, tạo CO và có thể có C, gây ô nhiễm môi trường.

Ví dụ 6:

$$2C_5H_{12} + 11O_2 \xrightarrow{t^o} 10CO + 12H_2O$$

Theo Ví dụ 5, nếu lấy cùng khối lượng methane và propane, chất nào toả nhiều nhiệt hơn?

Thí nghiệm 2. Đốt cháy hexane

Dụng cụ: chén sứ, que đóm dài, bật lửa.

Hoá chất: hexane.

Tiến hành: Cho khoảng 1 mL hexane vào chén sứ. Dùng que đóm dài, cẩn thận châm lửa đốt hexane.

9 Quan sát, nhận xét màu ngọn lửa và viết phương trình hoá học của phản ứng đốt cháy hexane.

Thí nghiệm 3. Tìm hiểu khả năng phản ứng của hexane với dung dịch $KMnO_4$

Dụng cụ: ống nghiệm, ống hút nhỏ giọt, kẹp gỗ, giá để ống nghiệm, cốc thuỷ tinh.

Hoá chất: hexane, dung dịch $KMnO_4$ 0,01 M.

Tiến hành:

Bước 1: Dùng ống hút nhỏ giọt cho vào 2 ống nghiệm, mỗi ống khoảng 2 mL dung dịch $KMnO_4$ 0,01 M.

Bước 2: Nhỏ khoảng 2 mL hexane vào cả 2 ống nghiệm, lắc đều. Ngâm ống nghiệm (1) vào nước nóng khoảng 60 °C trong 2 phút. Ống nghiệm (2) dùng để đối chứng. Quan sát hiện tượng xảy ra ở mỗi ống nghiệm.

CHÚ Ý

Hexane là chất dễ bay hơi, dễ cháy.

10 Sau Bước 2 của Thí nghiệm 3, so sánh hiện tượng xảy ra giữa 2 ống nghiệm.

Alkane dễ cháy, phản ứng toả nhiều nhiệt. Alkane không làm mất màu dung dịch $KMnO_4$.

5 ỨNG DỤNG CỦA ALKANE VÀ ĐIỀU CHẾ ALKANE TRONG CÔNG NGHIỆP

Tìm hiểu ứng dụng của alkane

Alkane được sử dụng làm nhiên liệu, dung môi, dầu nhờn, … và nguyên liệu để tổng hợp các chất hữu cơ khác nhau.

▲ **Hình 12.2. Một số ứng dụng của alkane trong đời sống**

Alkane dùng làm nhiên liệu, dung môi, dầu nhờn, ... và là nguyên liệu trong tổng hợp hữu cơ.

Tìm hiểu điều chế alkane trong công nghiệp

Alkane là thành phần chính của khí thiên nhiên, khí đồng hành và dầu mỏ.
Từ khí thiên nhiên và khí đồng hành thu được CH_4, C_2H_6, C_3H_8 và C_4H_{10}.
Từ dầu mỏ, bằng phương pháp chưng cất phân đoạn, thu được các alkane ở các phân đoạn khác nhau như xăng, dầu hoả, dầu diesel, dầu nhờn, … và nhựa đường.

Trong công nghiệp, alkane được khai thác, chế biến từ khí thiên nhiên, khí đồng hành, dầu mỏ.

Tìm hiểu một số nguyên nhân gây ô nhiễm không khí do các phương tiện giao thông và cách giảm thiểu, hạn chế

Khí thải do các phương tiện giao thông hoạt động thải ra trong quá trình đốt cháy nhiên liệu là hỗn hợp của các khí và các hạt khác nhau.
Khói thải và các hạt bụi mịn thải vào khí quyển là tác nhân gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến sức khoẻ người dân.

11 Nguyên nhân nào đã làm gia tăng khói thải và các hạt bụi mịn vào không khí?

▲ **Hình 12.3. Nguồn ô nhiễm do các phương tiện giao thông**

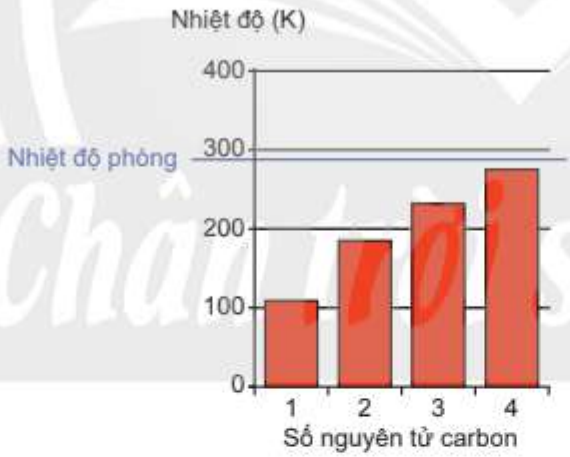
Để giảm thiểu, hạn chế sự ô nhiễm không khí từ hoạt động của các phương tiện giao thông, cần hạn chế các phương tiện cá nhân, khuyến khích, đẩy mạnh hình thức vận tải công cộng, tăng cường các nguồn nhiên liệu xanh, sạch như hydrogen, năng lượng mặt trời, …

Bụi mịn PM2.5 là các hạt bụi có đường kính nhỏ hơn hoặc bằng 2,5 μm. Chúng lơ lửng trong không khí và được hình thành từ các nguyên tố như C, S, N cùng các hợp chất kim loại khác. Cho biết tác hại của bụi mịn PM2.5 đến sức khoẻ.

- Ô nhiễm không khí do khói thải từ các phương tiện giao thông là một trong các nguyên nhân góp phần làm Trái Đất nóng lên và gây ra sự biến đổi khí hậu toàn cầu.
- Tăng cường hình thức vận tải công cộng, giảm thiểu sự phụ thuộc nhiên liệu hoá thạch, bảo vệ rừng, … là những cách giúp hạn chế sự ô nhiễm không khí.

Em hãy đề xuất một số giải pháp để hạn chế tình trạng ô nhiễm không khí hiện nay.

BÀI TẬP



Biểu đồ thể hiện nhiệt độ sôi của các alkane từ methane đến butane

1. Quan sát biểu đồ thể hiện nhiệt độ sôi của bốn alkane đầu tiên.

a) Nhận xét và giải thích sự biến đổi nhiệt độ sôi của các alkane đã cho trong biểu đồ.

b) Ở nhiệt độ phòng, methane, ethane, propane và butane là những chất lỏng hay chất khí?

2. Biết rằng thành phần chủ yếu của xăng dầu là hydrocarbon. Hãy giải thích vì sao:

a) phải chứa xăng dầu trong các thùng chứa chuyên dụng và bảo quản ở những kho riêng.

b) các sự cố tràn dầu trên biển thường gây ra thảm hoạ cho một vùng biển rất rộng.

c) khi bị cháy xăng dầu không nên dùng nước để dập đám cháy.

3. Alkane X có công thức phân tử C_5H_{12}. Xác định công thức cấu tạo và gọi tên alkane X, biết X chỉ có thể tạo ra một dẫn xuất monochloro duy nhất.

Bài 13

HYDROCARBON KHÔNG NO

MỤC TIÊU

- Nêu được khái niệm về alkene và alkyne, công thức chung của alkene và alkyne; đặc điểm liên kết, hình dạng phân tử của ethylene và acetylene.
- Gọi được tên một số alkene, alkyne đơn giản (C2 – C5), tên thông thường một vài alkene, alkyne thường gặp.
- Nêu được khái niệm và xác định được đồng phân hình học (*cis, trans*) trong một số trường hợp đơn giản.
- Nêu được đặc điểm về tính chất vật lí (nhiệt độ nóng chảy, nhiệt độ sôi, tỉ khối, tính tan) của một số alkene, alkyne.
- Trình bày được các tính chất hoá học của alkene, alkyne: phản ứng cộng hydrogen, cộng halogen (bromine); cộng hydrogen halide (HBr) và cộng nước; quy tắc Markovnikov (Mác-cốp-nhi-cốp); phản ứng trùng hợp của alkene; phản ứng của alk-1-yne với dung dịch $AgNO_3$ trong NH_3; phản ứng oxi hoá (phản ứng làm mất màu thuốc tím của alkene, phản ứng cháy của alkene, alkyne).
- Thực hiện được thí nghiệm điều chế và thử tính chất của ethylene và acetylene (phản ứng cháy, phản ứng với nước bromine, phản ứng làm mất màu thuốc tím); mô tả các hiện tượng thí nghiệm và giải thích được tính chất hoá học của alkene, alkyne.
- Trình bày được ứng dụng của các alkene và acetylene trong thực tiễn; phương pháp điều chế alkene, acetylene trong phòng thí nghiệm (phản ứng dehydrate hoá alcohol điều chế alkene, từ calcium carbide điều chế acetylene) và trong công nghiệp (phản ứng cracking điều chế alkene, điều chế acetylene từ methane).

Trái cây chín sinh ra ethylene và ethylene sinh ra tiếp tục kích thích các trái cây xung quanh nhanh chín. Do vậy, để những trái xanh bên cạnh các trái chín cũng là cách để các trái xanh nhanh chín hơn.

Ethylene là một trong số các hydrocarbon không no. Hydrocarbon không no là gì? Chúng có cấu tạo, tính chất và ứng dụng trong những lĩnh vực nào?

▲ **Ethylene sinh ra từ trái chín kích thích các trái còn xanh xung quanh nhanh chín**

1 KHÁI NIỆM VỀ ALKENE VÀ ALKYNE

Tìm hiểu khái niệm về alkene, alkyne

Ethene $CH_2=CH_2$, propene $CH_2=CH–CH_3$, … có cấu tạo và tính chất hoá học tương tự nhau, lập thành dãy đồng đẳng gọi là **alkene**.

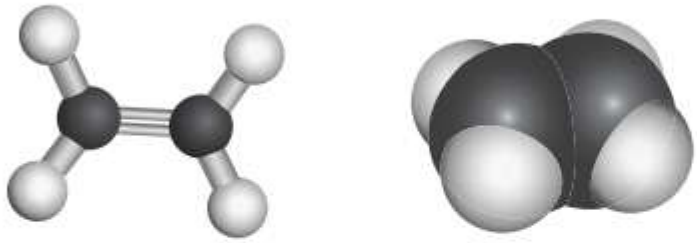
Ethyne $CH≡CH$, propyne $CH≡C–CH_3$, … có cấu tạo và tính chất hoá học tương tự nhau, lập thành dãy đồng đẳng gọi là **alkyne**.

1 So sánh đặc điểm cấu tạo của các phân tử alkene, alkyne và alkane.

- Alkene là những hydrocarbon mạch hở, chỉ chứa các liên kết đơn và một liên kết đôi C=C trong phân tử, có công thức chung C_nH_{2n} ($n \geq 2$).
- Alkyne là những hydrocarbon mạch hở, chỉ chứa các liên kết đơn và một liên kết ba C≡C trong phân tử, có công thức chung C_nH_{2n-2} ($n \geq 2$).

Tìm hiểu đặc điểm liên kết, hình dạng phân tử của ethylene và acetylene

Trong phân tử ethylene, 2 nguyên tử carbon chứa liên kết đôi cùng 4 nguyên tử hydrogen đều nằm trên một mặt phẳng (gọi là mặt phẳng phân tử), các góc HCH và HCC gần bằng 120° (Hình 13.1).



(a) (b)

▲ **Hình 13.1. Mô hình quả cầu – thanh nối (a) và mô hình đặc (b) của phân tử ethylene**

2 Giải thích tại sao trong các phân tử alkane, alkene và alkyne có cùng số nguyên tử carbon thì số nguyên tử hydrogen lại giảm dần.

Trong phân tử acetylene, 2 nguyên tử carbon chứa liên kết ba cùng 2 nguyên tử hydrogen đều nằm trên một đường thẳng (Hình 13.2).

(a) (b)

▲ **Hình 13.2. Mô hình quả cầu – thanh nối (a) và mô hình đặc (b) của phân tử acetylene**

Phân tử alkene và alkyne chứa liên kết π kém bền hơn liên kết σ.

2 DANH PHÁP ALKENE VÀ ALKYNE

Tìm hiểu cách gọi tên alkene và alkyne theo danh pháp thay thế

Tên theo danh pháp thay thế của alkene hoặc alkyne không phân nhánh gồm hai phần: Phần tiền tố cho biết số nguyên tử carbon trong phân tử và phần hậu tố là **ene** (với alkene) hoặc **yne** (với alkyne). Nếu trong phân tử alkene, alkyne có số nguyên tử C ≥ 4, cần kèm số chỉ vị trí liên kết bội trước các hậu tố.

3 Viết công thức cấu tạo các alkene và alkyne sau:
a) but-2-ene
b) 2-methylpropene
c) pent-2-yne

Ví dụ 1:

$CH_2{=}CH_2$
ethene (ethylene)

$CH{\equiv}CH$
ethyne (acetylene)

$CH_2{=}CH{-}CH_3$
propene

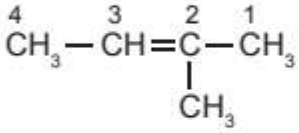
$CH{\equiv}C{-}CH_3$
propyne

$\overset{1}{C}H_2{=}\overset{2}{C}H{-}\overset{3}{C}H_2{-}\overset{4}{C}H_3$
but-1-ene

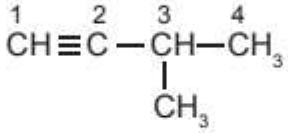
$\overset{1}{C}H_3{-}\overset{2}{C}{\equiv}\overset{3}{C}{-}\overset{4}{C}H_3$
but-2-yne

Alkene hoặc alkyne phân nhánh được gọi tên tương tự alkane phân nhánh, trong đó mạch chính là mạch carbon dài nhất có chứa liên kết bội và nhiều nhánh nhất. Đánh số các nguyên tử carbon trên mạch chính sao cho số chỉ vị trí liên kết bội mang số nhỏ nhất.

Ví dụ 2:



2-methylbut-2-ene



3-methylbut-1-yne

4 Hãy nhận xét cách đánh số nguyên tử carbon trên mạch chính của phân tử alkene và alkyne.

- Tên theo danh pháp thay thế của alkene hoặc alkyne không phân nhánh

Tiền tố ứng với số nguyên tử carbon trong phân tử - Số chỉ vị trí liên kết bội (nếu số C ≥ 4) - ene (với alkene) / yne (với alkyne)

- Tên theo danh pháp thay thế của alkene hoặc alkyne phân nhánh

Số chỉ vị trí nhánh-Tên nhánh | Tiền tố ứng với số nguyên tử carbon của mạch chính - Số chỉ vị trí liên kết bội (nếu số C ≥ 4) - ene (với alkene) / yne (với alkyne)

3 ĐỒNG PHÂN HÌNH HỌC

Tìm hiểu khái niệm và xác định đồng phân hình học

Do sự có mặt của liên kết π, các nguyên tử carbon của liên kết đôi C=C không thể quay tự do quanh trục nối giữa hai nguyên tử như đối với trường hợp liên kết đơn C–C (Hình 13.3). Đây là lí do dẫn đến đồng phân ***cis-***, ***trans-*** ở một số hợp chất có liên kết đôi C=C (Hình 13.4).

▲ **Hình 13.3. Alkene (a) và alkene (b) là đồng phân *cis-*, *trans-* của nhau**

5 Vì sao các alkyne không có đồng phân hình học?

6 Nêu điều kiện để một alkene có đồng phân hình học.

Trong phân tử alkene (a), 2 nhóm CH_3 nằm ở cùng một phía của **liên kết đôi**, còn trong alkene (b), 2 nhóm CH_3 nằm ở hai phía của **liên kết đôi**. Hai alkene này là **đồng phân hình học** dạng *cis-/trans-* (Hình 13.4).

cis-but-2-ene

trans-but-2-ene

▲ **Hình 13.4. Đồng phân *cis*- và *trans*- của but-2-ene**

Viết công thức các đồng phân hình học của pent-2-ene và gọi tên các đồng phân hình học trên.

Với các phân tử alkene có từ 4 nguyên tử carbon trở lên, nếu mỗi nguyên tử carbon của liên kết đôi liên kết với hai nguyên tử, nhóm nguyên tử khác nhau sẽ có hai cách phân bố trong không gian. Đồng phân *cis*- của alkene có mạch chính nằm ở cùng phía của liên kết đôi, đồng phân *trans*- có mạch chính nằm ở hai phía của liên kết đôi.

4 TÍNH CHẤT VẬT LÍ

Tìm hiểu tính chất vật lí của alkene và alkyne

Ở điều kiện thường, các alkene, alkyne từ C2 đến C4 ở thể khí (trừ but-2-yne ở thể lỏng), các alkene, alkyne có nhiều nguyên tử carbon hơn ở thể lỏng hoặc rắn.

Nhiệt độ nóng chảy, nhiệt độ sôi và khối lượng riêng của các alkene và alkyne nói chung tăng dần theo chiều tăng số nguyên tử carbon trong phân tử (xem Bảng 13.1 và Bảng 13.2).

Các alkene và alkyne đều nhẹ hơn nước, không tan hoặc rất ít tan trong nước, tan trong dung môi không phân cực như chloroform, diethyl ether, …

7 Vì sao nhiệt độ nóng chảy và nhiệt độ sôi của các alkene, alkyne tăng dần khi số nguyên tử carbon trong phân tử tăng?

Bảng 13.1. Tên gọi và tính chất vật lí của một số alkene(*)

Công thức alkene	Tên alkene	Nhiệt độ nóng chảy (°C)	Nhiệt độ sôi (°C)	Khối lượng riêng (g/cm^3)
$CH_2=CH_2$	ethene	–169	–104	0,57 (–110 °C)
$CH_2=CH–CH_3$	propene	–185,2	–47,4	0,61 (–50 °C)
$CH_2=CH–CH_2–CH_3$	but-1-ene	–185	–6,3	0,63 (–6 °C)
$CH_2=CH–[CH_2]_2–CH_3$	pent-1-ene	–165	30,1	0,64 (20 °C)
cis-CH_3-CH=CH-C_2H_5	*cis*-pent-2-ene	–151	37	0,66 (20 °C)
trans-CH_3-CH=CH-C_2H_5	*trans*-pent-2-ene	–140	36	0,65 (20 °C)

(*) *Nguồn:* Maitland Johns, Jr., Steven A. Fleming, *Organic Chemistry* (2014, 5th edition), W.W Norton & Company, Inc.

Bảng 13.2.Tên gọi và tính chất vật lí của một số alkyne(*)

Công thức alkyne	Tên alkyne	Nhiệt độ nóng chảy (°C)	Nhiệt độ sôi (°C)	Khối lượng riêng (g/cm^3)
CH≡CH	ethyne	–80,8	–84	0,620 (–80 °C)
CH≡C–CH_3	propyne	–101,5	–23,2	0,680 (–27 °C)
CH≡C–CH_2–CH_3	but-1-yne	–125,7	8,1	0,670 (0 °C)
CH_3–C≡C–CH_3	but-2-yne	–32,2	27	0,691 (20 °C)
CH≡C–$[CH_2]_2$–CH_3	pent-1-yne	–106	40,2	0,695 (20 °C)
CH_3–C≡C–CH_2–CH_3	pent-2-yne	–101	55	0,714 (20 °C)

Nhiệt độ nóng chảy, nhiệt độ sôi và khối lượng riêng của các alkene và alkyne nói chung biến đổi tương tự với alkane tương ứng. Alkene và alkyne không tan trong nước, nhẹ hơn nước, chỉ tan trong các dung môi hữu cơ không phân cực.

5 TÍNH CHẤT HOÁ HỌC

Tìm hiểu tính chất hoá học của alkene, alkyne

Do đều chứa liên kết π kém bền trong phân tử, alkene và alkyne có phản ứng đặc trưng là **phản ứng cộng**.

8 Khi tham gia phản ứng cộng hydrogen, liên kết nào trong phân tử alkene, alkyne bị phá vỡ? Giải thích.

1. Phản ứng cộng

a) Cộng hydrogen

Khi có mặt xúc tác như Ni, Pd hoặc Pt ở nhiệt độ thích hợp, alkene và alkyne tác dụng với hydrogen tạo alkane tương ứng.

Ví dụ 3:

$$CH_2{=}CH_2 + H_2 \xrightarrow{Ni,\ 200\,^\circ C} CH_3{-}CH_3$$

$$CH{\equiv}C{-}CH_3 + 2H_2 \xrightarrow{Ni,\ 200\,^\circ C} CH_3{-}CH_2{-}CH_3$$

Phản ứng của alkyne xảy ra qua 2 giai đoạn. Nếu dùng xúc tác Lindlar(**), phản ứng dừng ở giai đoạn tạo alkene.

Ví dụ 4:

$$CH{\equiv}CH + H_2 \xrightarrow{Lindlar,\ t^\circ} CH_2{=}CH_2$$

(*) *Nguồn:* Maitland Johns, Jr., Steven A. Fleming, *Organic Chemistry* (2014, 5th edition), W.W Norton & Company, Inc.

(**) Hỗn hợp gồm Pd, $CaCO_3$, $Pb(CH_3COO)_2$ và quinoline (chất lỏng không màu, công thức C_9H_7N) do nhà bác học Herbert Lindlar tìm ra.

b) Cộng halogen

Thí nghiệm 1. Điều chế và thử tính chất của ethylene

▲ **Hình 13.5. Điều chế và thử tính chất của ethylene**

9 Tại sao phải dẫn khí đi qua ống nghiệm có nhánh đựng dung dịch NaOH trong Thí nghiệm 1 (Hình 13.5)?

10 Viết phương trình hoá học của phản ứng điều chế và thử tính chất C_2H_4 trong Thí nghiệm 1.

Dụng cụ: bình cầu, ống nghiệm có nhánh, ống thuỷ tinh chữ L, ống nghiệm, ống hút nhỏ giọt, đèn cồn, ống dẫn khí cao su, nút cao su, ống thuỷ tinh vuốt nhọn, giá đỡ ống nghiệm.

Hoá chất: cồn 90°, dung dịch H_2SO_4 đậm đặc, nước bromine, dung dịch NaOH đặc, đá bọt hoặc cát sạch.

CHÚ Ý

Cẩn thận khi thí nghiệm với H_2SO_4 đậm đặc.

Tiến hành:

Bước 1: Cho vào bình cầu khoảng 10 mL cồn 90°, thêm tiếp khoảng 5 mL dung dịch H_2SO_4 đậm đặc và một ít đá bọt, lắc đều.

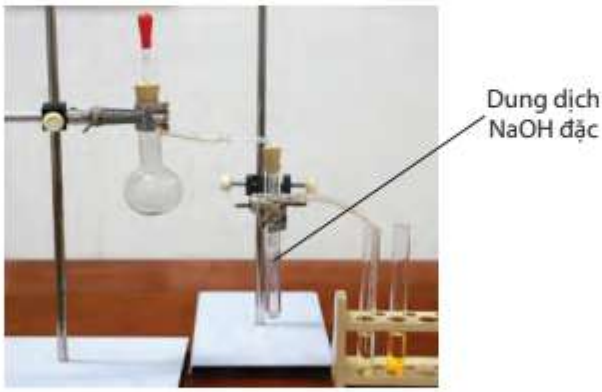
Bước 2: Chuẩn bị 3 ống nghiệm, cho khoảng 5 mL dung dịch NaOH đặc vào ống (1) và khoảng 2 mL nước bromine vào mỗi ống nghiệm còn lại.

Bước 3: Lắp dụng cụ như Hình 13.5. Dùng đèn cồn đun nóng đều bình cầu. Quan sát màu của nước bromine trong quá trình thí nghiệm.

Thí nghiệm 2. Điều chế và thử tính chất của acetylene

Dụng cụ: ống nghiệm, ống nghiệm có nhánh, bình cầu có nhánh, ống hút nhỏ giọt, giá sắt, ống thuỷ tinh chữ L, ống dẫn khí cao su.

Hoá chất: đất đèn (có thành phần chính calcium carbide, CaC_2), nước bromine (Br_2), dung dịch NaOH đặc, nước.



▲ **Hình 13.6. Điều chế và thử tính chất của acetylene**

11 Viết phương trình hoá học của phản ứng điều chế C_2H_2 trong Thí nghiệm 2.

12 Nhận xét và giải thích sự biến đổi màu sắc của nước bromine trong 2 thí nghiệm.

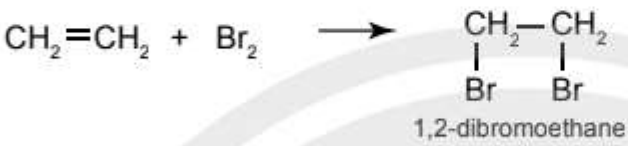
Tiến hành:

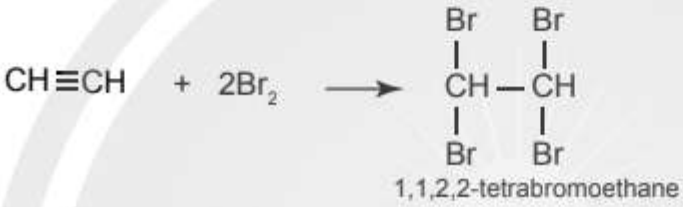
Bước 1: Cho một lượng nhỏ calcium carbide vào bình cầu có nhánh. Nút bình cầu bằng nút cao su có gắn ống hút nhỏ giọt chứa sẵn khoảng 2 mL nước.

Bước 2: Lắp dụng cụ như Hình 13.6, trong đó ống thuỷ tinh uốn cong được dẫn vào ống nghiệm chứa khoảng 3 mL nước bromine.

Bước 3: Nhỏ từ từ nước xuống đất đèn. Quan sát màu của nước bromine trong quá trình thí nghiệm.

Thí nghiệm cho thấy ethylene và acetylene đều có khả năng làm mất màu nước bromine ở điều kiện thường.



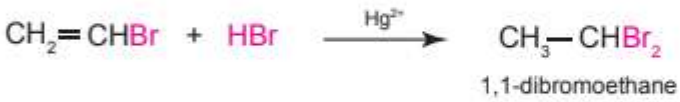


Phản ứng của acetylene và các alkyne với bromine cũng xảy ra qua 2 giai đoạn.

c) Cộng hydrogen halide

Alkene dễ phản ứng với hydrogen halide hơn so với alkyne.

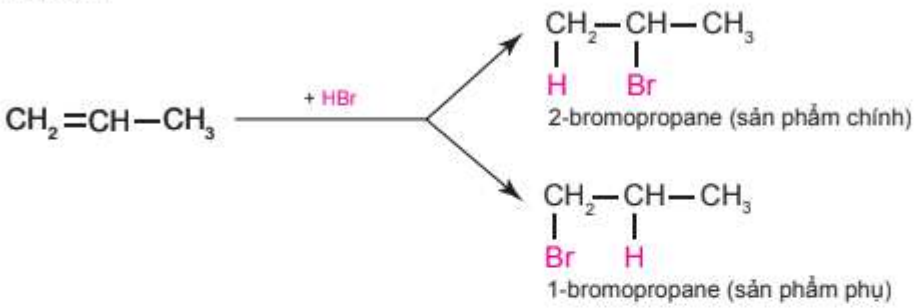
Ví dụ 5:

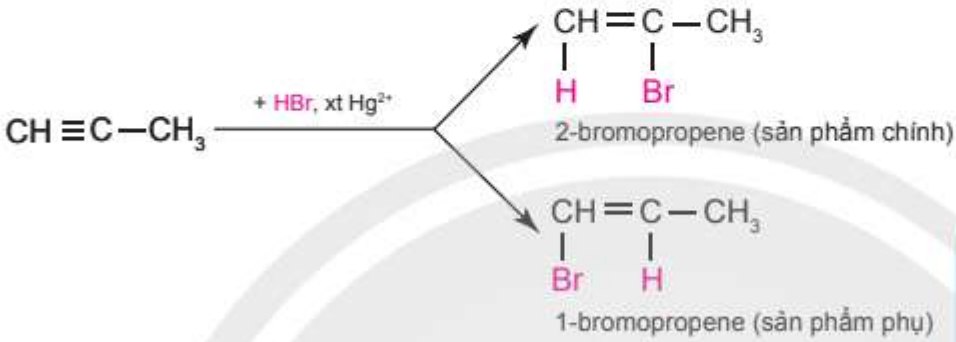


13 Bên cạnh sản phẩm chính 1,1-dibromoethane, phản ứng giữa bromoethene và HBr còn tạo sản phẩm phụ nào?

Alkene hoặc alkyne không đối xứng tác dụng với hydrogen halide (HX) tạo thành hỗn hợp sản phẩm, trong đó sản phẩm chính tuân theo quy tắc Markovnikov: *"Nguyên tử hydrogen ưu tiên cộng vào nguyên tử carbon chưa no có nhiều hydrogen hơn, còn nguyên tử X ưu tiên cộng vào nguyên tử carbon chưa no có ít hydrogen hơn".*

Ví dụ 6:



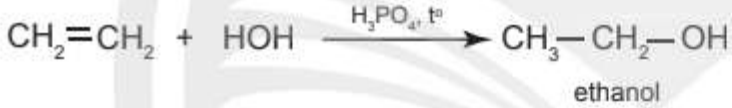


14 Propyne phản ứng với nước trong điều kiện tương tự như acetylene. Viết phương trình phản ứng minh hoạ.

d) Cộng nước (hydrate hoá)

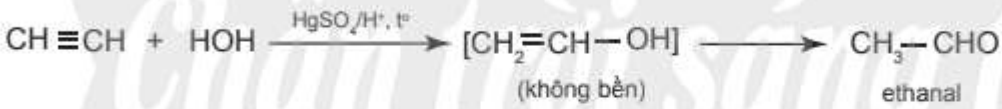
Ở nhiệt độ thích hợp và xúc tác là acid, alkene cộng nước tạo thành alcohol.

Ví dụ 7:



Phản ứng của alkyne với nước xảy ra khó hơn, cần xúc tác là muối Hg^{2+} trong môi trường acid và tạo thành aldehyde hoặc ketone.

Ví dụ 8:



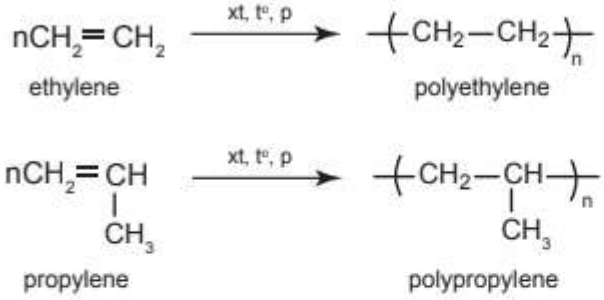
Nếu alkene hoặc alkyne không đối xứng, phản ứng cũng tạo hỗn hợp hai sản phẩm, trong đó sản phẩm chính tuân theo quy tắc Markovnikov.

Alkene, alkyne đều có khả năng tham gia phản ứng cộng với H_2, X_2, HX, H_2O, … (X là Cl, Br).

2. Phản ứng trùng hợp

Dưới áp suất, xúc tác và nhiệt độ thích hợp, các alkene có thể tham gia phản ứng cộng liên tiếp các phân tử với nhau thành phân tử có khối lượng phân tử rất lớn, gọi là polymer.

Ví dụ 9:



3. Phản ứng oxi hoá

Thí nghiệm 3. Oxi hoá ethylene

Dụng cụ: bình cầu, ống nghiệm có nhánh, ống nghiệm, ống thuỷ tinh chữ L, ống thuỷ tinh vuốt nhọn, ống hút nhỏ giọt, đèn cồn, đá bọt hoặc cát sạch, ống dẫn khí cao su, nút cao su, giá đỡ ống nghiệm.

Hoá chất: cồn 90°, dung dịch H_2SO_4 đậm đặc, dung dịch NaOH đặc, dung dịch $KMnO_4$ 0,01 M.

Tiến hành:

Bước 1: Cho vào bình cầu khoảng 10 mL cồn 90°, thêm tiếp khoảng 15 mL dung dịch H_2SO_4 đậm đặc và một ít đá bọt, lắc đều.

Bước 2: Chuẩn bị 2 ống nghiệm, cho khoảng 5 mL dung dịch NaOH đặc vào ống (1) và khoảng 2 mL dung dịch $KMnO_4$ 0,01 M vào ống nghiệm còn lại.

Bước 3: Lắp dụng cụ như Hình 13.5. Dùng đèn cồn đun nóng đều bình cầu. Quan sát màu của dung dịch $KMnO_4$ trong quá trình thí nghiệm.

Bước 4: Thay ống thuỷ tinh chữ L bằng ống thuỷ tinh vuốt nhọn. Châm lửa đốt khí thoát ra ở đầu ống.

Thí nghiệm 4. Oxi hoá acetylene

Dụng cụ: ống nghiệm, ống nghiệm có nhánh, bình cầu có nhánh, ống hút nhỏ giọt, giá sắt, ống thuỷ tinh chữ L, ống cao su, que đóm.

Hoá chất: đất đèn (có thành phần chính calcium carbide, CaC_2), dung dịch $KMnO_4$ 0,01 M, dung dịch NaOH đặc, nước.

Tiến hành:

Bước 1: Cho một lượng nhỏ đất đèn vào bình cầu có nhánh. Nút bình cầu bằng nút cao su có gắn ống hút nhỏ giọt chứa sẵn khoảng 2 mL nước.

Bước 2: Lắp dụng cụ như Hình 13.6, trong đó ống thuỷ tinh uốn cong được dẫn vào ống nghiệm chứa khoảng 3 mL dung dịch $KMnO_4$.

Bước 3: Nhỏ từ từ nước xuống đất đèn. Quan sát màu của dung dịch $KMnO_4$ trong quá trình thí nghiệm.

Bước 4: Thay ống thuỷ tinh chữ L bằng ống thuỷ tinh vuốt nhọn. Châm lửa đốt khí thoát ra ở đầu ống.

15 Nhận xét sự biến đổi màu sắc của dung dịch $KMnO_4$ trong 2 thí nghiệm. Ống nghiệm nào thu được dung dịch trong suốt sau thí nghiệm? Giải thích.

16 Propylene cũng bị oxi hoá bởi dung dịch thuốc tím tương tự như ethylene. Viết phương trình hoá học của phản ứng.

Phương trình hoá học của các phản ứng:

$$3C_2H_4 + 2KMnO_4 + 4H_2O \longrightarrow 3C_2H_4(OH)_2 + 2KOH + 2MnO_2\downarrow$$

$$3C_2H_2 + 8KMnO_4 \longrightarrow 3KOOC–COOK + 2KOH + 8MnO_2\downarrow + 2H_2O$$

Các alkene và alkyne đều bị oxi hoá bởi dung dịch $KMnO_4$ ở điều kiện thường.

Các alkene, alkyne đều có phản ứng cháy và toả nhiều nhiệt.

Ví dụ 10:

$$C_2H_4(g) + 3O_2(g) \xrightarrow{t^o} 2CO_2(g) + 2H_2O(g) \quad \Delta_rH^o_{298} = -1\,411 \text{ kJ}$$

$$2C_2H_2(g) + 5O_2(g) \xrightarrow{t^o} 4CO_2(g) + 2H_2O(g) \quad \Delta_rH^o_{298} = -2\,602 \text{ kJ}$$

Các alkene và alkyne cháy toả nhiều nhiệt.

17 Hãy so sánh lượng nhiệt toả ra nếu đốt cháy C_2H_4 và C_2H_2 với số mol bằng nhau.

4. Phản ứng của riêng alk-1-yne

▲ **Hình 13.7. Acetylene tạo kết tủa vàng nhạt với dung dịch $AgNO_3$ trong ammonia**

Các alk-1-yne có nối ba đầu mạch nên có nguyên tử hydrogen linh động, dễ bị thay thế bởi một số ion kim loại nặng như Ag^+, Cu^+, …

Ví dụ 11: Dẫn khí acetylene vào dung dịch $AgNO_3$ trong ammonia thu được kết tủa vàng nhạt theo phương trình hoá học sau:

$$HC \equiv CH + 2[Ag(NH_3)_2]OH \longrightarrow AgC{\equiv}CAg\downarrow + 4NH_3 + 2H_2O$$

(màu vàng nhạt)

18 Viết phương trình hoá học của phản ứng giữa alkyne có nguyên tử hydrogen linh động, phân tử chứa 4 nguyên tử carbon với dung dịch $AgNO_3$ trong ammonia.

Trình bày phương pháp hoá học để phân biệt but-1-yne và but-2-yne.

Các alk-1-yne như ethyne, propyne, … có phản ứng tạo kết tủa với dung dịch $AgNO_3$ trong ammonia. Đây là phản ứng thường dùng để nhận biết alk-1-yne.

6 ỨNG DỤNG VÀ CÁCH ĐIỀU CHẾ ALKENE, ALKYNE

Tìm hiểu ứng dụng của alkene, alkyne

Alkene được sử dụng làm nguyên liệu tổng hợp các chất hữu cơ khác nhau trong đời sống như polyethylene (PE), polypropylene (PP), ethylene glycol, acetone, …

Acetylene được sử dụng làm nhiên liệu trong hàn, cắt kim loại. Alkyne cũng là nguyên liệu tổng hợp nên các chất hữu cơ khác nhau như polyester, polyurethane, cao su neoprene (polychloroprene), …

19 Tại sao acetylene được dùng làm nhiên liệu trong đèn xì oxy-acetylene mà không dùng ethylene?

Tìm hiểu phương pháp điều chế alkene và alkyne

Trong phòng thí nghiệm, alkene được điều chế bằng cách dehydrate alcohol no, đơn chức, mạch hở tương ứng.

Ví dụ 12: $C_2H_5OH \xrightarrow[170\,^{\circ}C]{H_2SO_4\text{đặc}} C_2H_4 + H_2O$

Acetylene được điều chế trong phòng thí nghiệm bằng cách cho đất đèn (chứa calcium carbide) tác dụng với nước.

$$CaC_2 + 2H_2O \longrightarrow C_2H_2 + Ca(OH)_2$$

Trong công nghiệp, alkene thu được từ quá trình cracking alkane.

Ví dụ 13: $C_{15}H_{32} \xrightarrow[500\,^{\circ}C]{\text{zeolite}} 2C_2H_4 + C_3H_6 + C_8H_{18}$

Acetylene được điều chế trong công nghiệp từ CaC_2 hoặc từ CH_4.

$$2CH_4 \xrightarrow[\text{làm lạnh nhanh}]{1500\,^{\circ}C} C_2H_2 + 3H_2$$

Vì sao không được dùng nước dập tắt đám cháy có mặt đất đèn (có thành phần chính là CaC_2)?

BÀI TẬP

1. Viết công thức cấu tạo và gọi tên tất cả các alkene, alkyne có 4 nguyên tử carbon trong phân tử. Alkene nào có đồng phân hình học? Gọi tên các đồng phân hình học đó.

2. Viết công thức khung phân tử của:

a) propene. b) 2-methylbut-1-ene. c) but-1-yne. d) *cis*-but-2-ene.

3. Viết công thức cấu tạo sản phẩm chính của các phản ứng sau:

a) 2-methylbut-2-ene tác dụng với hydrogen chloride.

b) but-1-yne tác dụng với nước có xúc tác Hg^{2+} ở 80 °C.

Chân trời sáng tạo

Bài 14

ARENE (HYDROCARBON THƠM)

MỤC TIÊU

- Nêu được khái niệm về arene.
- Viết được công thức và gọi được tên của một số arene.
- Trình bày được đặc điểm về tính chất vật lí, trạng thái tự nhiên của một số arene, đặc điểm liên kết và hình dạng phân tử benzene.
- Trình bày được tính chất hoá học đặc trưng của arene (hoặc qua mô tả thí nghiệm): phản ứng thế của benzene và toluene, gồm phản ứng halogen hoá, nitro hoá (điều kiện phản ứng, quy tắc thế); phản ứng cộng chlorine, hydrogen vào vòng benzene; phản ứng oxi hoá hoàn toàn, oxi hoá nhóm alkyl.
- Thực hiện được (hoặc quan sát qua video hoặc qua mô tả) thí nghiệm nitro hoá benzene, cộng chlorine vào benzene, oxi hoá benzene và toluene bằng dung dịch $KMnO_4$; mô tả các hiện tượng thí nghiệm và giải thích được tính chất hoá học của arene.
- Trình bày được ứng dụng của arene và đưa ra được cách ứng xử thích hợp đối với việc sử dụng arene trong việc bảo vệ sức khoẻ con người và môi trường.
- Trình bày được phương pháp điều chế arene trong công nghiệp (từ nguồn hydrocarbon thiên nhiên, từ phản ứng reforming).

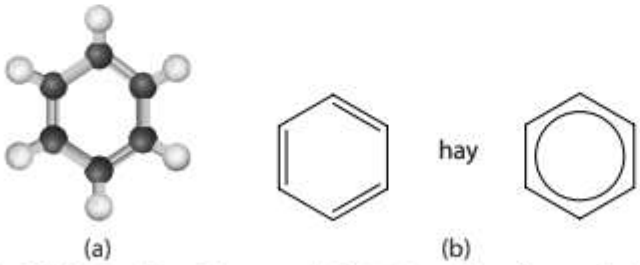
Benzene, toluene, xylene, … là các hydrocarbon họ arene, được thêm vào xăng theo một tỉ lệ thể tích nhất định, giúp tăng chỉ số octane của xăng, nhờ đó nhiên liệu được đốt cháy hiệu quả hơn. Arene là gì? Arene có cấu tạo, tính chất và ứng dụng trong những lĩnh vực nào?

▲ Benzene trong xăng giúp đốt cháy nhiên liệu hiệu quả hơn

1 KHÁI NIỆM VỀ ARENE

Tìm hiểu đặc điểm liên kết và hình dạng phân tử benzene

Benzene có công thức phân tử C_6H_6. Sáu nguyên tử carbon trong phân tử benzene nằm ở sáu đỉnh của một lục giác đều. Mỗi nguyên tử carbon liên kết với một nguyên tử hydrogen, toàn bộ phân tử nằm trên một mặt phẳng, các góc liên kết đều bằng 120°, độ dài liên kết carbon – carbon đều bằng 139 pm.

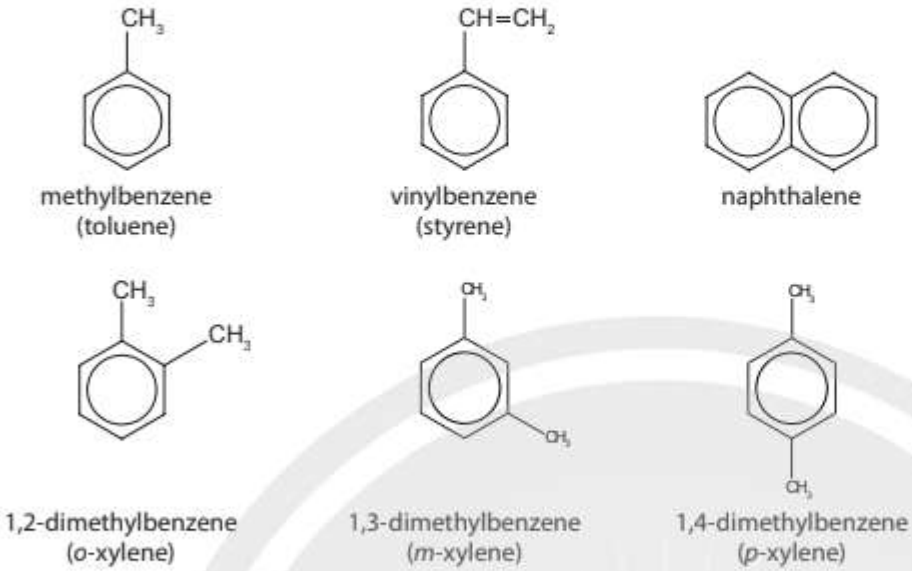


▲ Hình 14.1. Mô hình phân tử benzene (a) và công thức cấu tạo của benzene (b)

1 Nhận xét đặc điểm cấu tạo phân tử benzene và cho biết có điểm gì khác so với các hydrocarbon đã học.

Viết công thức và gọi tên một số arene

Công thức cấu tạo của một số hydrocarbon có chứa vòng benzene trong phân tử:

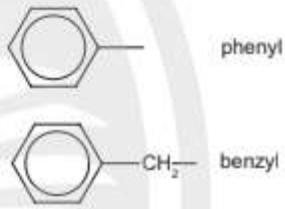


▲ **Hình 14.2. Công thức cấu tạo và tên gọi một số hydrocarbon có vòng benzene**

2 Cho biết công thức phân tử các arene trong Hình 14.2.

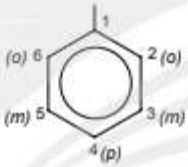
CHÚ Ý

Tên một số gốc hydrocarbon chứa vòng benzene thường gặp:



Các hydrocarbon trên thuộc loại các arene.

Khi trên vòng benzene có hai nhóm thế, vị trí của chúng có thể được minh hoạ bằng các chữ số 1,2; 1,3 hoặc 1,4 hay bằng các chữ tương ứng là *ortho*, *meta*, *para* (viết tắt là *o*, *m*, *p*).



Benzene và các alkylbenzene hợp thành dãy đồng đẳng của benzene có công thức chung là C_nH_{2n-6} ($n \geq 6$).

Arene là những hydrocarbon có chứa vòng benzene trong phân tử.

2 TÍNH CHẤT VẬT LÍ

Tìm hiểu tính chất vật lí và trạng thái tự nhiên của một số arene

Trong điều kiện thường, trừ naphthalene ở thể rắn, có màu trắng, các arene còn lại trong Bảng 14.1 đều là những chất lỏng không màu, có mùi đặc trưng.

Các arene hầu như không tan trong nước nhưng tan nhiều trong dung môi hữu cơ như acetone, diethyl ether, chloroform, …

Hầu hết arene đều có hại cho sức khoẻ nếu tiếp xúc trong một thời gian dài.

Bảng 14.1. Nhiệt độ nóng chảy, nhiệt độ sôi và khối lượng riêng của một số arene(*)

Arene	Nhiệt độ nóng chảy (°C)	Nhiệt độ sôi (°C)	Khối lượng riêng ở 20 °C (g/cm^3)
benzene	6,0	80,0	0,88
toluene	–95,0	111,0	0,87
ethylbenzene	–95,0	136,0	0,87
styrene	–31,0	146,0	0,96
ortho–xylene	–26,0	144,0	0,880
meta–xylene	–48,0	139,0	0,86
para–xylene	13,0	138,0	0,86
naphthalene	78,2	218,0	1,140

3 Dữ kiện nào trong Bảng 14.1 cho thấy naphthalene ở thể rắn trong điều kiện thường?

Các arene đều độc, không tan trong nước, tan nhiều trong các dung môi hữu cơ. Một số arene có mùi đặc trưng.

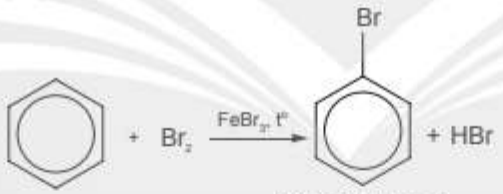
3 TÍNH CHẤT HOÁ HỌC

1. Phản ứng thế của benzene và toluene

a) Phản ứng halogen hoá benzene và toluene

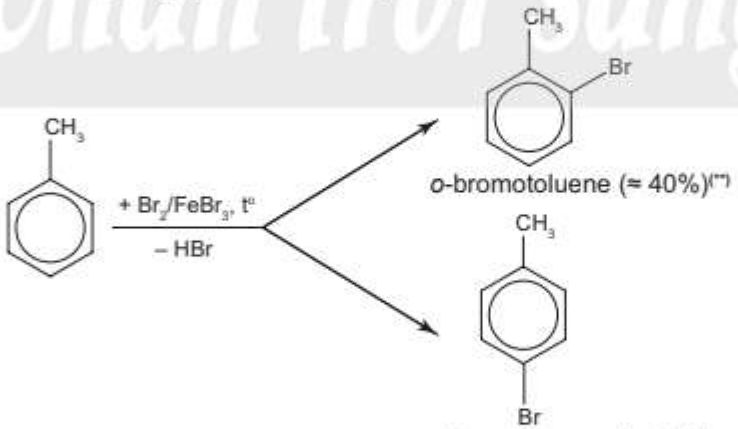
Tìm hiểu phản ứng của benzene và toluene với bromine khan

Khi có mặt xúc tác $FeBr_3$ hoặc $AlBr_3$, benzene tác dụng với bromine khan tạo thành bromobenzene.



bromobenzene

Toluene phản ứng nhanh hơn benzene trong điều kiện tương tự tạo hỗn hợp sản phẩm chính (đồng phân *ortho* và *para*).



o-bromotoluene (≈ 40%)(**)

p-bromotoluene (≈ 60%)

(*) *Nguồn:* Leroy G. Wade, Jan W. Simek, *Organic chemistry* (2022, 10th global edition), Whitman college (trang 743).

(**) *Nguồn:* Janice Gorzynski Smith, *Organic Chemistry* (2016, 5th edition), Mc Graw Hill (trang 694).

Khi có $FeCl_3$ hoặc $FeBr_3$ làm xúc tác, benzene tham gia phản ứng thế nguyên tử hydrogen của vòng benzene với bromine khan tạo thành bromobenzene, còn toluene tạo sản phẩm chính là hỗn hợp gồm *o*-bromotoluene và *p*-bromotoluene.

b) Phản ứng nitro hoá benzene và toluene

Thí nghiệm nitro hoá benzene

Dụng cụ: ống nghiệm, giá đỡ, cốc thuỷ tinh.

Hoá chất: benzene, dung dịch H_2SO_4 đặc, dung dịch HNO_3 đặc, nước nóng, nước lạnh.

Tiến hành:

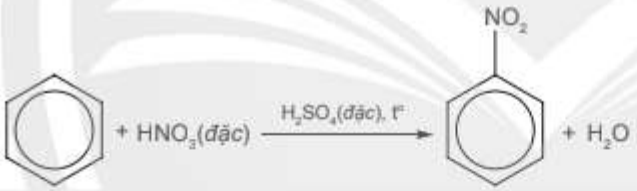
Bước 1: Cho vào ống nghiệm khoảng 2 mL dung dịch HNO_3 đặc, sau đó thêm từ từ khoảng 4 mL dung dịch H_2SO_4 đặc. Lắc đều.

Bước 2: Thêm tiếp vào ống nghiệm khoảng 2 mL benzene. Dùng đũa thuỷ tinh khuấy đều trong 1 phút. Sau đó ngâm ống nghiệm vào cốc nước nóng ở khoảng 60 °C trong 5 phút.

Bước 3: Rót hỗn hợp sau phản ứng vào cốc nước lạnh, để yên cốc khoảng 2 phút.

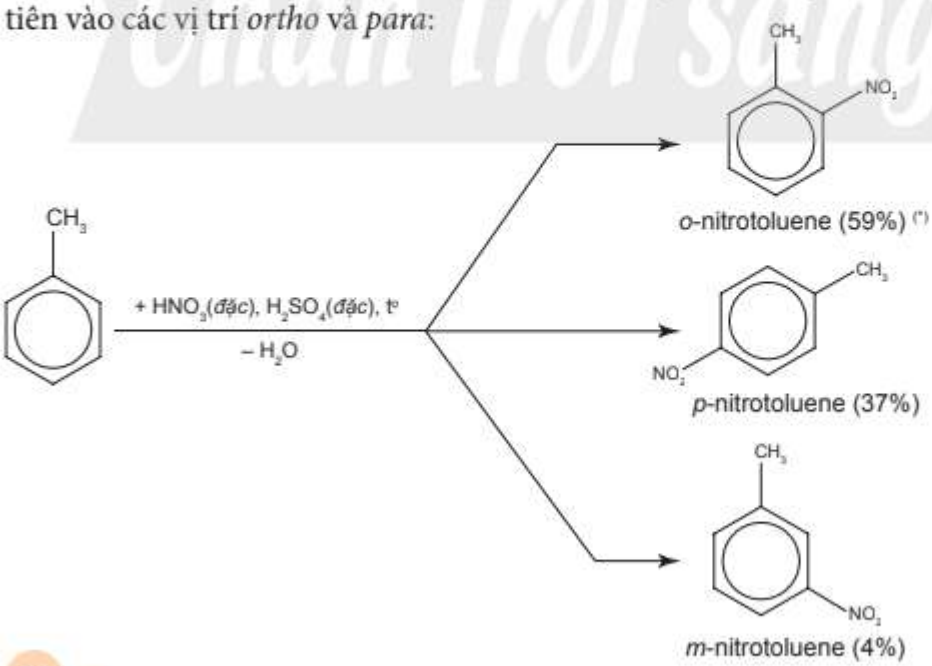
4 Quan sát, ghi nhận hiện tượng xảy ra trong thí nghiệm nitro hoá benzene.

Benzene tác dụng với hỗn hợp gồm acid HNO_3 đặc và H_2SO_4 đặc ở 60 °C tạo chất lỏng màu vàng là nitrobenzene theo phương trình hoá học:



nitrobenzene

Phản ứng cũng xảy ra tương tự với toluene, trong đó hướng thế ưu tiên vào các vị trí *ortho* và *para*:



(*) *Nguồn:* T. W. Graham Solomons, Craig B. Gryhle, Scott A. Snyder, *Organic Chemistry* (2013), Wiley (trang 686).

• Khi tác dụng với dung dịch hỗn hợp HNO_3 đặc và H_2SO_4 đặc, benzene tham gia phản ứng nitro hoá tạo thành nitrobenzene, còn toluene phản ứng dễ dàng hơn và ưu tiên thế vào các vị trí *ortho* và *para*.

• Khi vòng benzene có gắn nhóm thế alkyl ($-CH_3$, $-C_2H_5$, ...), các phản ứng thế nguyên tử hydrogen ở vòng benzene xảy ra dễ dàng hơn so với benzene và ưu tiên thế vào vị trí *ortho* hoặc *para* so với nhóm alkyl.

2. Phản ứng cộng vào vòng benzene

a) Phản ứng cộng chlorine vào benzene

Thí nghiệm tìm hiểu phản ứng cộng của benzene

Dụng cụ: ống nghiệm 2 nhánh, giá đỡ, nút cao su.

Hoá chất: benzene, tinh thể $KMnO_4$, dung dịch HCl đặc.

Tiến hành:

Bước 1: Cho khoảng 2 mL benzene vào nhánh thứ nhất. Chú ý khẽ nghiêng và xoay tròn nhánh sao cho benzene được tráng khắp thành của nhánh.

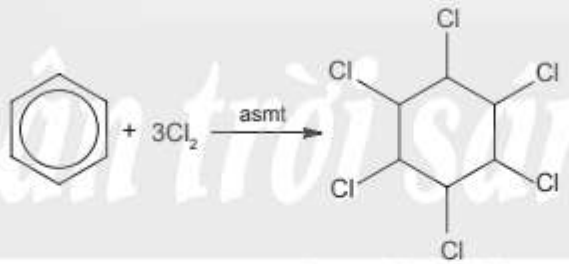
Bước 2: Dùng máng giấy cho vào nhánh còn lại vài mẩu tinh thể $KMnO_4$, nhỏ tiếp khoảng 2 mL dung dịch HCl đặc vào nhánh chứa $KMnO_4$. Nút ống.

Bước 3: Đưa ống nghiệm ra ngoài nắng.

5 Quan sát, ghi nhận hiện tượng xảy ra trong thí nghiệm cộng chlorine vào benzene. Giải thích.

6 Em hãy cho biết vai trò của các hoá chất $KMnO_4$ và HCl dùng trong thí nghiệm.

Trong điều kiện có chiếu sáng, benzene cộng hợp với chlorine tạo hexachlorocyclohexane ($C_6H_6Cl_6$) theo phương trình hoá học:

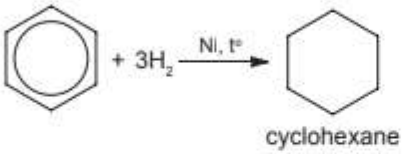


hexachlorocyclohexane

Benzene phản ứng với chlorine khi có ánh sáng mặt trời tạo thành hexachlorocyclohexane.

b) Phản ứng cộng hydrogen vào benzene

Khi đun nóng và có xúc tác Ni hoặc Pt, benzene cộng hydrogen tạo cyclohexane:



Phản ứng cộng hydrogen cũng diễn ra trong điều kiện tương tự với các arene khác.

7 Phản ứng cộng hydrogen vào vòng benzene xảy ra ở liên kết nào?

Khi đun nóng và có xúc tác Ni hoặc Pt, benzene và các arene có phản ứng cộng với hydrogen.

3. Phản ứng oxi hoá

Thí nghiệm khảo sát khả năng oxi hoá benzene và toluene bằng dung dịch $KMnO_4$

Dụng cụ: ống nghiệm, giá đỡ, đèn cồn, cốc thuỷ tinh.

Hoá chất: benzene, toluene, dung dịch $KMnO_4$ 0,01 M, dung dịch H_2SO_4 0,1 M.

Tiến hành:

Bước 1: Cho khoảng 2 mL benzene vào ống nghiệm thứ nhất và khoảng 2 mL toluene vào ống nghiệm thứ hai.

Bước 2: Thêm vào mỗi ống nghiệm khoảng 2 mL dung dịch $KMnO_4$ 0,01 M và 2 mL dung dịch H_2SO_4 0,1 M. Lắc đều mỗi ống trong 2 phút. Nhận xét.

Bước 3: Ngâm các ống nghiệm vào cốc nước nóng khoảng 80 °C, lắc nhẹ. Sau một thời gian, lấy các ống nghiệm ra quan sát.

8 Benzene và toluene, chất nào có khả năng bị oxi hoá bởi dung dịch $KMnO_4$?

Benzene và toluene đều không tác dụng với dung dịch $KMnO_4$ ở điều kiện thường. Khi đun nóng nhẹ hay ngâm vào nước nóng, toluene tác dụng được với dung dịch $KMnO_4$ trong môi trường acid theo phương trình hoá học:

$$5C_6H_5CH_3 + 6KMnO_4 + 9H_2SO_4 \xrightarrow{t^o} 5C_6H_5COOH + 3K_2SO_4 + 6MnSO_4 + 14H_2O$$

Các arene cháy trong không khí toả nhiều nhiệt:

$$C_6H_6(g) + \frac{15}{2}O_2(g) \xrightarrow{t^o} 6CO_2(g) + 3H_2O(g) \quad \Delta_rH^o_{298} = -3\,272 \text{ kJ}$$

CHÚ Ý

Toluene cũng tác dụng với dung dịch $KMnO_4$ trong môi trường base hoặc môi trường trung tính, trong đó môi trường trung tính, phản ứng diễn ra chậm hơn:

$$C_6H_5CH_3 + 2KMnO_4 \xrightarrow{t^o} C_6H_5COOK + KOH + 2MnO_2 + H_2O$$

Các alkylbenzene có thể bị oxi hoá bởi dung dịch $KMnO_4$ khi đun nóng.

4 ỨNG DỤNG VÀ ĐIỀU CHẾ ARENE TRONG CÔNG NGHIỆP

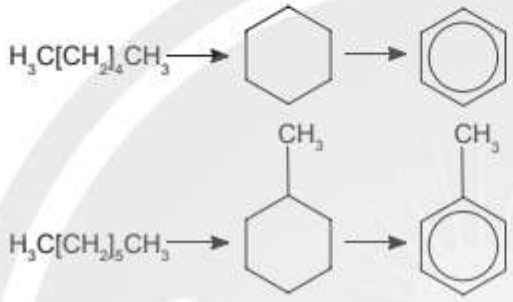
Tìm hiểu ứng dụng của arene

Trong ngành lọc hoá dầu, benzene, toluene và xylene *(o-, m-, p-)* được gọi chung là nhóm BTX. Đây là nguyên liệu rất quan trọng. Toluene còn là dung môi và chất trung gian trong quá trình sản xuất các loại hoá chất khác; *p*–xylene là nguyên liệu sản xuất tơ polyester; benzene dùng trong sản xuất phẩm nhuộm, dược phẩm, chất tẩy rửa; styrene dùng để sản xuất polystyrene, một chất dẻo đa dụng trong cuộc sống.

Tìm hiểu phương pháp điều chế arene trong công nghiệp

Ngày nay arene hầu hết đều được điều chế từ dầu mỏ qua quá trình reforming xúc tác để chuyển các alkane có chỉ số octane thấp thành các arene có chỉ số octane(*) cao hơn.

Ví dụ:



▲ **Hình 14.3. Quá trình reforming alkane thành các arene**

9 Hoàn thành các phương trình hoá học biểu diễn quá trình reforming alkane điều chế benzene, toluene trong công nghiệp (Hình 14.3).

Bằng kiến thức đã học và tra cứu qua sách, báo, internet, ... em hãy thiết kế poster trình bày một số ứng dụng của arene trong đời sống và tác hại của chúng. Cho biết mục đích của việc thêm benzene và một số arene khác vào xăng.

BÀI TẬP

1. Keo dán dùng để trám vết nứt, trám bê tông là vật liệu được sử dụng rộng rãi để làm đẹp bề mặt bê tông. Trong keo dán này, xylene (C_8H_{10}) là một arene được sử dụng với vai trò dung môi.

a) Viết công thức cấu tạo và gọi tên các xylene.

b) Trình bày phương pháp hoá học phân biệt benzene và xylene.

2. Hoàn thành phương trình hoá học của các phản ứng theo sơ đồ:

a) Benzene $\xrightarrow{(1)}$ chlorobenzene; Benzene $\xrightarrow{(2)}$ nitrobenzene

b) Heptane $\xrightarrow{(1)}$ toluene $\xrightarrow{(2)}$ *o*-bromotoluene

(*) Nội dung này sẽ được học ở Chuyên đề học tập Hoá học 11 (chuyên đề 3)

Chương 5

DẪN XUẤT HALOGEN – ALCOHOL – PHENOL

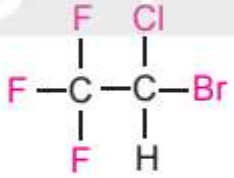
Bài 15 DẪN XUẤT HALOGEN

MỤC TIÊU

- Nêu được khái niệm dẫn xuất halogen.
- Viết được công thức cấu tạo, gọi được tên theo danh pháp thay thế (C1–C5) và danh pháp thường của một vài dẫn xuất halogen thường gặp.
- Nêu được đặc điểm về tính chất vật lí của một số dẫn xuất halogen.
- Trình bày được tính chất hoá học cơ bản của dẫn xuất halogen: phản ứng thế nguyên tử halogen (với OH); phản ứng tách hydrogen halide theo quy tắc Zaitsev (Zai–xép).
- Thực hiện được (hoặc quan sát video) thí nghiệm thuỷ phân ethyl bromide (hoặc ethyl chloride); mô tả được các hiện tượng thí nghiệm, giải thích được tính chất hoá học của dẫn xuất halogen.
- Trình bày được ứng dụng của các dẫn xuất halogen; tác hại của việc sử dụng các hợp chất chlorofluorocarbon (CFC) trong công nghệ làm lạnh. Đưa ra được cách ứng xử thích hợp đối với việc lạm dụng các dẫn xuất halogen trong đời sống và sản xuất (thuốc trừ sâu, thuốc diệt cỏ, chất kích thích tăng trưởng thực vật, ...).

Trong y khoa, gây mê là phương pháp làm bệnh nhân mất ý thức, phục hồi được sau một thời gian, không đau và đảm bảo an toàn trong suốt quá trình phẫu thuật. Halothane được dùng làm thuốc gây mê, phù hợp cho nhiều độ tuổi, ít ảnh hưởng đến sức khoẻ của bệnh nhân trong và sau phẫu thuật. Công thức cấu tạo của phân tử halothane là:

▲ Gây mê trước phẫu thuật

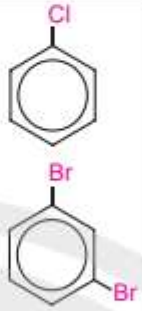


Halothane là dẫn xuất halogen của hydrocarbon, có tính chất đặc trưng và ứng dụng thực tiễn. Dẫn xuất halogen của hydrocarbon là gì? Có những tính chất và ứng dụng trong lĩnh vực nào?

1 KHÁI NIỆM

Tìm hiểu khái niệm dẫn xuất halogen

Bảng 15.1. Hydrocarbon và một số dẫn xuất halogen tương ứng

Hydrocarbon	CH_4	CH_3-CH_3	$CH_2=CH_2$	
Dẫn xuất halogen	CH_3-Cl CH_3-Br $CH_2(F)-Cl$	CH_3-CH_2-Cl CH_3-CH_2-Br $CH_2(Br)-CH_2-Br$ CH_3-CH_2-I	$CH_2=CH-Cl$ $CH_2=C(Cl)-Cl$ $CH(Cl)=CH-Cl$	

Khi thay thế nguyên tử hydrogen trong phân tử hydrocarbon bằng một hay nhiều nguyên tử halogen, ta được dẫn xuất halogen của hydrocarbon.

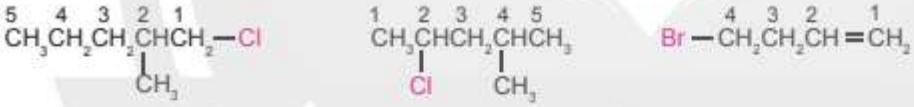
1 Em hãy cho biết thành phần các nguyên tố có trong dẫn xuất halogen của hydrocarbon.

Cho các chất sau: CH_3Br, Cl_2O_7, $F_2C=CF_2$, CH_2Cl_2, HCl, $COCl_2$ (phosgene). Chất nào là dẫn xuất halogen của hydrocarbon?

2 ĐỒNG PHÂN VÀ DANH PHÁP

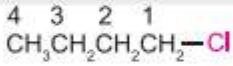
Tìm hiểu về công thức cấu tạo và cách gọi tên các dẫn xuất halogen

Ví dụ 1: Cách đánh số thứ tự mạch carbon trong dẫn xuất halogen:

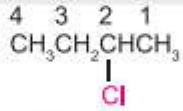


Tên thay thế được dùng để gọi tên dẫn xuất halogen khi xem nguyên tử halogen là nhóm thế, gắn với mạch hydrocarbon.

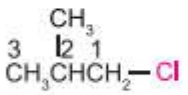
Ví dụ 2: Dẫn xuất halogen ứng với công thức phân tử C_4H_9Cl có các đồng phân và tên gọi sau:



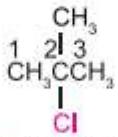
1-chlorobutane



2-chlorobutane



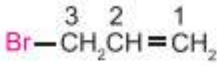
1-chloro-2-methylpropane



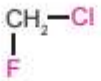
2-chloro-2-methylpropane

Ví dụ 3: Tên thay thế của một số dẫn xuất halogen chứa nối đôi hoặc có từ 2 nguyên tố halogen trong phân tử:

2 Quan sát Ví dụ 1 và Ví dụ 2, cho biết cách đánh số thứ tự mạch carbon trong dẫn xuất halogen và dẫn xuất halogen có các loại đồng phân cấu tạo nào.



3-bromoprop-1-ene



chlorofluoromethane

1,3-dibromobenzene

Một số ít dẫn xuất halogen được gọi theo tên thường

$CHCl_3$	$CHBr_3$	$CCl_2F - CF_2Cl$
chloroform	bromoform	freon-113

- Đồng phân cấu tạo của dẫn xuất halogen gồm có đồng phân mạch carbon, đồng phân vị trí liên kết đôi, liên kết ba và đồng phân vị trí nguyên tử halogen.
- Tên theo danh pháp thay thế của dẫn xuất halogen:

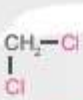
Số chỉ vị trí nhóm thế-Tên nhóm thế halogeno(*) **Tên hydrocarbon**

Dẫn xuất có 2, 3 hoặc 4, … nguyên tử halogen giống nhau, dùng tiếp đầu ngữ di, tri hoặc tetra, … trước tên halogeno; dẫn xuất có từ 2 nguyên tố halogen, ưu tiên gọi tên halogeno theo thứ tự a, b, c.

Viết công thức cấu tạo và gọi tên thay thế của các đồng phân dẫn xuất halogen có công thức phân tử C_3H_7Cl.

Tên gốc – chức thường dùng để gọi dẫn xuất halogen đơn giản

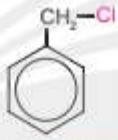
Tên gốc hydrocarbon + halide



methylene chloride

vinyl fluoride

allyl bromide



benzyl chloride

3 TÍNH CHẤT VẬT LÍ

Tìm hiểu tính chất vật lí dẫn xuất halogen

Ở điều kiện thường, một số dẫn xuất có phân tử khối nhỏ (CH_3F, C_2H_5Cl, …) ở thể khí, các chất có phân tử khối lớn hơn ở thể lỏng hoặc rắn.

Bảng 15.2. Nhiệt độ sôi của một số dẫn xuất halogen(**)

Công thức	Nhiệt độ sôi, °C (1 bar)			
	X = F	X = Cl	X = Br	X = I
CH_3X	– 78	– 24	4	42
CH_3CH_2X	– 38	12	38	72
$CH_3[CH_2]_2X$	3	47	71	102
$CH_3[CH_2]_3X$	33	78	102	131
$CH_3[CH_2]_4X$	65	108	129	157

3 Dựa vào Bảng 15.2, cho biết xu hướng biến đổi nhiệt độ sôi của các dẫn xuất halogen theo chiều tăng độ dài mạch carbon (cùng loại halogen) và theo chiều tăng nguyên tử khối của halogen từ F, Cl, Br, I (cùng gốc alkyl).

(*) fluoro, chloro, bromo, iodo

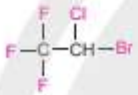
(**) *Nguồn:* Leroy G. Wade, *Organic Chemistry* (2012), Prentice Hall.

Các dẫn xuất halogen hầu như không tan trong nước, tan tốt trong các dung môi hữu cơ như hydrocarbon, ether, …

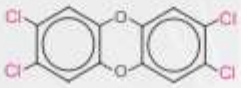
- Nhiệt độ sôi của các dẫn xuất halogen có xu hướng tăng dần theo chiều tăng khối lượng phân tử.
- Dẫn xuất halogen không tan trong nước, nhưng tan trong dung môi hữu cơ như alcohol, ether, benzene.

Cho các chất ethanol (C_2H_5OH) và dichloromethane (CH_2Cl_2) vào 2 ống nghiệm chứa dung dịch $CuSO_4$ loãng, lắc hỗn hợp và để yên như hình bên. Cho biết ống nghiệm nào chứa dichloromethane.

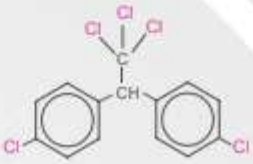
Một số dẫn xuất halogen có hoạt tính sinh học cao.



Halothane – Chất gây mê



Dioxin – Chất cực độc



DDT – Chất có độc tính cao

4 TÍNH CHẤT HOÁ HỌC

Trong phân tử dẫn xuất halogen, do nguyên tử halogen hút electron nên có sự phân cực về phía nguyên tử halogen, làm giảm mật độ electron trên nguyên tử carbon của nhóm C–X (X là halogen).

1. Phản ứng thế nguyên tử halogen bằng nhóm OH

Tìm hiểu thí nghiệm thuỷ phân bromoethane

Thí nghiệm thuỷ phân bromoethane trong dung dịch NaOH được thực hiện như sau:

Bước 1: Lấy khoảng 2 mL bromoethane cho vào ống nghiệm, thêm tiếp khoảng 3 mL nước cất và lắc mạnh. Để ổn định, sau đó tách bỏ lớp chất lỏng phần trên (gồm nước và ion Br^-). Lặp lại 2 lần, kiểm tra nước rửa bằng dung dịch $AgNO_3$ đến khi không còn vết vẩn đục.

Bước 2: Thêm tiếp khoảng 1 mL dung dịch NaOH, đun nóng nhẹ và lắc đều ống nghiệm trong khoảng 2 phút.

Bước 3: Để nguội hỗn hợp, acid hoá dung dịch sau phản ứng bằng vài giọt dung dịch HNO_3.

Bước 4: Nhỏ vài giọt dung dịch $AgNO_3$ vào ống nghiệm, xuất hiện kết tủa vàng nhạt.

4 Trong thí nghiệm thuỷ phân bromoethane, giải thích tại sao cần phải rửa ion Br^-.

5 Hãy cho biết mục đích của việc acid hoá dung dịch sau thuỷ phân bằng dung dịch HNO_3. Có thể thay dung dịch HNO_3 bằng dung dịch H_2SO_4 hoặc dung dịch HCl được không?

6 Giải thích kết quả của thí nghiệm ở Bước 4.

Phương trình hoá học của phản ứng thuỷ phân bromoethane bằng dung dịch NaOH:

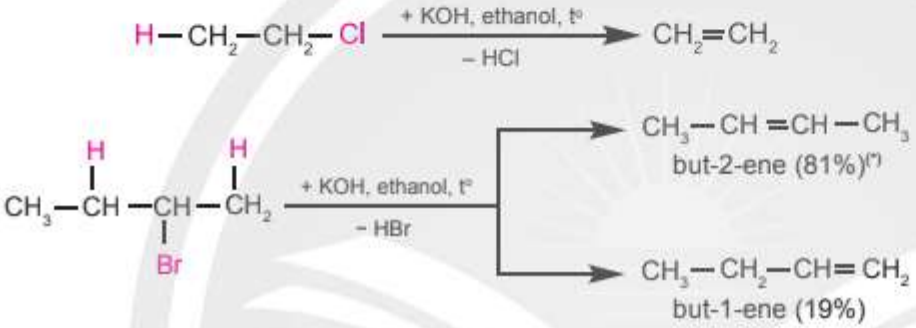
$$\underset{\text{bromoethane}}{CH_3CH_2\text{–}Br} + NaOH \xrightarrow{t^o} \underset{\text{ethanol}}{CH_3CH_2\text{–}OH} + NaBr$$

Dẫn xuất halogen mà nguyên tử halogen liên kết với nguyên tử carbon no có phản ứng thế nhóm –OH trong dung dịch kiềm, đun nóng.

2. Phản ứng tách hydrogen halide

Tìm hiểu phản ứng tách hydrogen halide

Khi đun sôi hỗn hợp gồm chloroethane hoặc 2-bromobutane với KOH trong ethanol, sẽ xảy ra phản ứng tách hydrogen halide.



7 Trong phản ứng tách hydrogen halide, cho biết nguyên tử hydrogen ở nguyên tử carbon nào được tách cùng với nguyên tử halogen ra khỏi dẫn xuất.

- Các dẫn xuất halogenoalkane có thể bị tách hydrogen halide để tạo thành alkene. Trường hợp có nhiều alkene được tạo thành thì sản phẩm chính được xác định theo quy tắc Zaitsev.
- **Quy tắc Zaitsev**: Trong phản ứng tách hydrogen halide (HX) ra khỏi dẫn xuất halogen, nguyên tử halogen (X) ưu tiên tách ra cùng với nguyên tử hydrogen (H) ở nguyên tử carbon bên cạnh có bậc cao hơn, tạo ra sản phẩm chính.

Hoàn thành các phương trình hoá học:

a) $CH_3Cl + KOH \rightarrow$

b) $CH_3CH_2Br + NaOH \rightarrow$

c) $CH_2{=}CHCH_2Cl + NaOH \rightarrow$

d) $CH_3CH_2Br \xrightarrow{+KOH,\ ethanol,\ t^o}$

e) $CH_3{-}\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}{-}\underset{\underset{Cl}{|}}{CH}{-}CH_3 \xrightarrow{+KOH,\ ethanol,\ t^o}$

5 ỨNG DỤNG

Tìm hiểu ứng dụng và cách sử dụng dẫn xuất halogen

Dẫn xuất halogen có nhiều ứng dụng trong các ngành công nghiệp như: làm dung môi, là chất trung gian trong tổng hợp chất hữu cơ như: alcohol, phenol, …; là chất đầu để tổng hợp polymer: $CH_2{=}CHCl$ tổng hợp poly(vinyl chloride) – PVC (Hình 15.1a); một sản phẩm thương mại có tên Teflon được tổng hợp từ

(*) *Nguồn:* T.W Graham Solomons, Graig B. Fryhle. Scott A. Snyder, *Organic chemistry* (2013), Wiley.

$CF_2=CF_2$, là vật liệu siêu bền, dùng chế tạo chất dẻo ma sát thấp, lưỡi trượt băng (Hình 15.1b), chảo chống dính.

Dẫn xuất có hoạt tính như 2-bromo-2-chloro-1,1,1-trifluoroethane (halothane) có tính chất trơ và an toàn với môi trường bên trong cơ thể, được dùng làm thuốc gây mê trong phẫu thuật; dẫn xuất chloroethane được sử dụng làm chất gây tê cục bộ thường dùng trong thể thao.

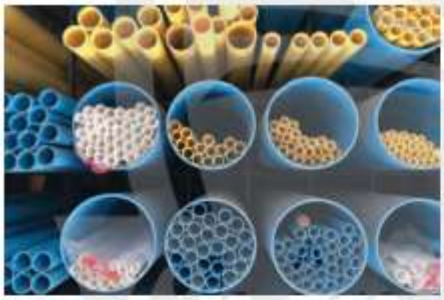
Nhiều dẫn xuất polyhalogen, thường là của chlorine, có tác dụng diệt sâu bọ, diệt cỏ, phòng trừ dịch hại, kích thích sinh trưởng nên được sản xuất làm thuốc bảo vệ, thuốc kích thích thực vật. Việc sử dụng thuốc phải tuân thủ hướng dẫn của nhà sản xuất về liều lượng, thời gian cách li đến khi thu hoạch, không nên lạm dụng thuốc sẽ gây tác hại đến sức khoẻ con người.

Trước đây, các dẫn xuất chlorofluorocarbon (CFC) được dùng phổ biến trong công nghiệp nhiệt lạnh, nhưng gây tác hại nghiêm trọng đến tầng ozone, góp phần gây hiệu ứng nhà kính, biến đổi khí hậu. Hạn chế sản xuất, sử dụng và hướng tới xoá bỏ CFC là cần thiết.

Các dẫn xuất hydrofluorocarbon (HFC) và hydrofluoroether (HFE) được dùng phổ biến trong công nghiệp nhiệt lạnh do không gây hại đến tầng ozone.

8 Hiện nay, vì yếu tố lợi nhuận mà vấn đề lạm dụng thuốc bảo vệ thực vật, thuốc kích thích tăng trưởng gây tác hại nghiêm trọng đến sức khoẻ người tiêu dùng. Hãy đưa ra hướng giải quyết về tình trạng trên.

▲ Sử dụng thuốc bảo vệ thực vật



(a) Ống nhựa làm từ vật liệu PVC

(b) Lưỡi trượt băng làm từ nhựa Teflon

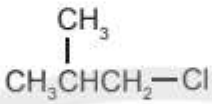
▲ **Hình 15.1. Một số ứng dụng của dẫn xuất halogen**

- Dẫn xuất halogen được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực, như: làm dung môi hữu cơ, sản xuất các loại thuốc bảo vệ thực vật, thuốc tăng trưởng thực vật, chất dẻo, sử dụng trong công nghiệp nhiệt lạnh, …
- Lạm dụng thuốc bảo vệ và thuốc kích thích tăng trưởng thực vật gây tác hại nghiêm trọng đến sức khoẻ người tiêu dùng.
- Thay thế các dẫn xuất halogen chứa chlorine bằng fluorine trong công nghiệp nhiệt lạnh làm giảm tác hại đến tầng ozone.

BÀI TẬP

1. Gọi tên các dẫn xuất halogen

$CH_3CH_2CH_2-Cl$ (1) $CH_2=CH-I$ (2) $Cl-CH_2CH_2CH_2-Cl$ (3)


(4)

(5)

2. Cho sơ đồ biến đổi của 1-chloropropane như sau:

$$CH_3CH{=}CH_2 \xleftarrow{(1)} CH_3CH_2CH_2Cl \xrightarrow{(2)} CH_3CH_2CH_2OH$$

a) Gọi tên loại phản ứng (1), (2) và hoàn thành các phương trình hoá học.

b) Thực hiện 2 phản ứng theo sơ đồ trên khi thay hợp chất $CH_3CH_2CH_2Cl$ bằng 2-bromobutane. Xác định sản phẩm hữu cơ chính (nếu có) trong các phản ứng.

3. CFC là hợp chất khó cháy, không độc và trơ về mặt hoá học. Trước đây CFC chủ yếu được sử dụng trong công nghiệp nhiệt lạnh. CFC không gây hại ở điều kiện thường, nhưng trên khí quyển của Trái Đất, chúng tồn tại trong khoảng 100 năm và khuếch tán lên tầng bình lưu. Dưới tác dụng của tia UV từ Mặt Trời, liên kết C–Cl của CFC bị phá vỡ, tạo ra gốc Cl tự do. Theo ước tính, mỗi gốc Cl tự do phá huỷ 1 triệu phân tử ozone. Việc không sử dụng CFC đã giúp lỗ hổng tầng ozone được thu hẹp. Ngày nay người ta đã sử dụng hợp chất nào để thay thế CFC trong công nghiệp làm lạnh để tránh việc phá huỷ tầng ozone?

Chân trời sáng tạo

Bài 16

ALCOHOL

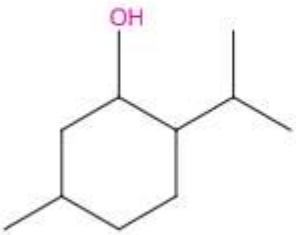
MỤC TIÊU

- Nêu được khái niệm alcohol; công thức tổng quát của alcohol no, đơn chức, mạch hở; khái niệm về bậc của alcohol; đặc điểm liên kết và hình dạng phân tử của methanol, ethanol.
- Viết được công thức cấu tạo, gọi được tên theo danh pháp thay thế một số alcohol đơn giản (C1–C5), tên thông thường một vài alcohol thường gặp.
- Trình bày được đặc điểm về tính chất vật lí của alcohol (trạng thái, xu hướng của nhiệt độ sôi, độ tan trong nước), giải thích được ảnh hưởng của liên kết hydrogen đến nhiệt độ sôi và khả năng hoà tan trong nước của các alcohol.
- Trình bày được tính chất hoá học của alcohol: phản ứng thế nguyên tử hydrogen của nhóm –OH (phản ứng chung của R–OH, phản ứng riêng của polyalcohol); phản ứng tạo thành alkene hoặc ether; phản ứng oxi hoá alcohol bậc I, bậc II thành aldehyde, ketone bằng CuO; phản ứng đốt cháy.
- Thực hiện được các thí nghiệm đốt cháy ethanol, glycerol tác dụng với copper(II) hydroxide; mô tả các hiện tượng thí nghiệm và giải thích được tính chất hoá học của alcohol.
- Trình bày được ứng dụng của alcohol, tác hại của việc lạm dụng rượu bia và đồ uống có cồn; nêu được thái độ, cách ứng xử của cá nhân với việc bảo vệ sức khoẻ bản thân, gia đình và cộng đồng.
- Trình bày được phương pháp điều chế ethanol bằng phương pháp hợp nước của ethylene, lên men tinh bột; điều chế glycerol từ propylene.

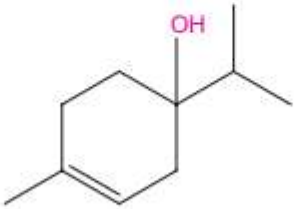
Một số loài thực vật như tràm, bạc hà, hoa hồng, ... thường có mùi thơm dễ chịu và đặc trưng, vì trong thành phần hoá học có chứa hợp chất menthol, terpinen-4-ol hoặc geraniol, ... là các alcohol. Alcohol là gì? Alcohol có tính chất vật lí, hoá học nào và được ứng dụng trong lĩnh vực gì?

▲ Hoa hồng

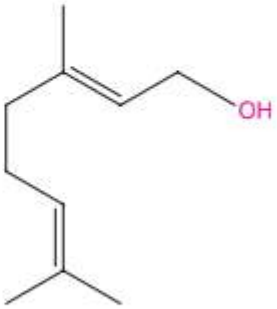
▲ Lá bạc hà



menthol
(có trong cây bạc hà)



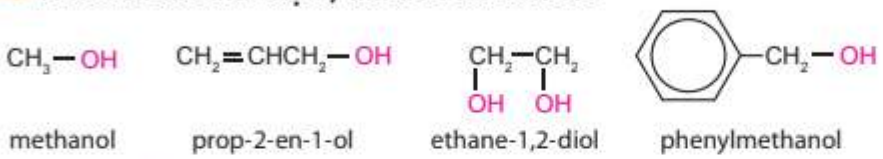
terpinen-4-ol
(có trong cây tràm)



geraniol
(có trong hoa hồng)

1 KHÁI NIỆM VÀ CẤU TRÚC

Tìm hiểu các khái niệm, cấu trúc của alcohol

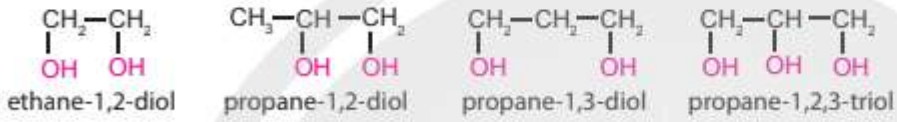


▲ **Hình 16.1. Công thức cấu tạo một số alcohol**

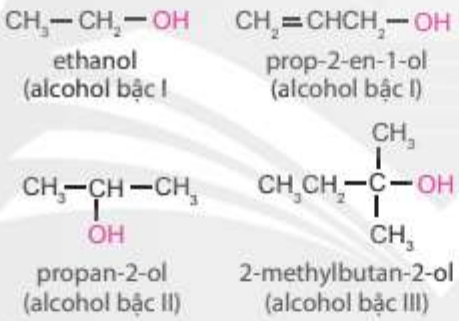
Khi thế một nguyên tử hydrogen trong phân tử alkane bằng một nhóm hydroxy (–OH), sẽ hình thành hợp chất alcohol no, đơn chức, mạch hở, còn gọi là alkanol.

$$CH_3–OH,\ C_2H_5–OH,\ C_3H_7–OH,\ \ldots,\ C_nH_{2n+1}–OH.$$

Alcohol có từ 2 nhóm OH trở lên gọi là alcohol đa chức hay polyalcohol, polyol.



Nhóm OH liên kết với nguyên tử carbon có bậc khác nhau sẽ hình thành bậc alcohol tương ứng.



▲ **Hình 16.2. Bậc của alcohol**

(a) (b)

▲ **Hình 16.3. Mô hình phân tử CH_3OH (a) và C_2H_5OH (b)**

1 Quan sát Hình 16.1, cho biết trong các hợp chất hữu cơ đã nêu có nhóm chức đặc trưng nào?

2 Quan sát Hình 16.1 và Hình 16.2, cho biết nguyên tử carbon liên kết với nhóm chức hydroxy có đặc điểm gì? Cách xác định bậc alcohol như thế nào?

3 Quan sát Hình 16.3, nêu đặc điểm liên kết trong phân tử methanol, ethanol.

Xác định bậc alcohol của các hợp chất menthol, geraniol, terpinen-4-ol có công thức cấu tạo trong phần Mở đầu.

- Alcohol là hợp chất hữu cơ có nhóm chức hydroxy (–OH) liên kết với nguyên tử carbon no.
- Alcohol no, đơn chức, mạch hở có công thức chung là $C_nH_{2n+1}OH$ ($n \geq 1$).
- Alcohol có nhiều hơn 1 nhóm –OH gọi là polyalcohol.
- Bậc alcohol là bậc của nguyên tử carbon liên kết với nhóm –OH.

2 ĐỒNG PHÂN VÀ DANH PHÁP

Tìm hiểu về công thức cấu tạo và tên gọi các alcohol

Alcohol được gọi tên theo tên thay thế hoặc tên thông thường.

Bảng 16.1. Một số đồng phân và tên thay thế của alcohol

Công thức phân tử	Đồng phân và danh pháp	
C_3H_8O	$CH_3CH_2CH_2-OH$ propan-1-ol	$CH_3CH(OH)CH_3$ propan-2-ol
$C_4H_{10}O$	$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-OH$ 2-methylpropan-1-ol	$CH_3C(CH_3)(OH)CH_3$ 2-methylpropan-2-ol
	$CH_3CH_2CH_2CH_2-OH$ butan-1-ol	$CH_3CH_2CH(OH)CH_3$ butan-2-ol

4 Quan sát Bảng 16.1, cho biết cách xác định mạch carbon chính và thứ tự của các nguyên tử carbon trong phân tử alcohol.

CHÚ Ý

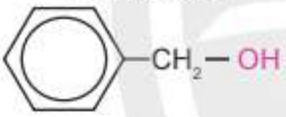
Mỗi nguyên tử carbon trong phân tử polyalcohol liên kết với không quá 1 nhóm –OH.

Tên thông thường của một số alcohol thường gặp:

CH_3-OH methyl alcohol

CH_3CH_2-OH ethyl alcohol

$CH_2=CHCH_2-OH$ allyl alcohol



benzyl alcohol

$CH_2(OH)-CH_2(OH)$ ethylene glycol

$CH_2(OH)-CH(OH)-CH_2(OH)$ glycerol

Viết công thức cấu tạo và gọi tên các đồng phân alcohol có công thức phân tử $C_5H_{12}O$.

- Các alcohol no, đơn chức, mạch hở trong phân tử có từ 3 nguyên tử carbon trở lên có đồng phân vị trí nhóm –OH, có từ 4 nguyên tử carbon trở lên có thêm đồng phân mạch carbon.
- Tên theo danh pháp thay thế của alcohol đơn chức

Tên hydrocarbon (bỏ kí tự e ở cuối) - **Số chỉ vị trí nhóm –OH** - **ol**

- Tên theo danh pháp thay thế của alcohol đa chức

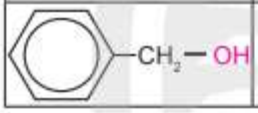
Tên hydrocarbon - **Các số chỉ vị trí nhóm –OH** - **Từ chỉ số lượng nhóm –OH (di, tri, ...)** **ol**

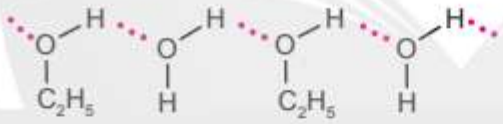
3 TÍNH CHẤT VẬT LÍ

Tìm hiểu tính chất vật lí alcohol

Ở điều kiện thường, các alcohol no, đơn chức, mạch hở trong phân tử có số nguyên tử C ≤ 12 ở thể lỏng, có số nguyên tử C > 12 ở thể rắn. CH_3OH và C_2H_5OH dễ bay hơi, có mùi đặc trưng; các polyalcohol như $C_2H_4(OH)_2$, $C_3H_5(OH)_3$ có độ sánh(*).

Bảng 16.2. Thông số vật lí của một số alcohol(**)

Alcohol	Khối lượng riêng ($g.mL^{-1}$)	Nhiệt độ sôi (°C)	Độ tan trong nước ở 25 °C (g/100g H_2O)
CH_3OH	0,792	64,7	Tan vô hạn
CH_3CH_2OH	0,789	78,3	Tan vô hạn
$CH_3CH_2CH_2OH$	0,804	97,2	Tan vô hạn
$CH_2{=}CHCH_2OH$	0,854	97,0	Tan vô hạn
$CH_3[CH_2]_3OH$	0,809	117,7	9,1
$CH_3[CH_2]_4OH$	0,820	138,0	2,7
$CH_2(OH)-CH_2(OH)$	1,115	198,0	Tan vô hạn
$CH_2(OH)-CH(OH)-CH_2(OH)$	1,260	290,0	Tan vô hạn
	1,045	205,3	3,8 (17 °C)



▲ **Hình 16.4. Liên kết hydrogen giữa ethanol với nước**

5 Biết nhiệt độ sôi của ethanol là 78,3 °C, propane là –42,1 °C và dimethyl ether là –24,8 °C. Giải thích sự khác biệt đó.

6 Từ thông tin Bảng 16.2 và Hình 16.4, cho biết khả năng hoà tan trong nước của alcohol. Độ tan và nhiệt độ sôi của alcohol thay đổi thế nào theo chiều tăng khối lượng phân tử?

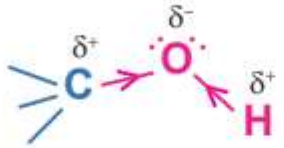
Tại sao ethanol được dùng làm dung môi cho nhiều loại nước hoa?

- Ở điều kiện thường, các alcohol tồn tại ở thể lỏng hoặc rắn.
- Giữa các phân tử alcohol có liên kết hydrogen liên phân tử nên có nhiệt độ sôi cao hơn hydrocarbon hoặc ether có phân tử khối tương đương. Nhiệt độ sôi tăng khi phân tử khối tăng.
- Polyalcohol có nhiệt độ sôi cao hơn alcohol đơn chức có phân tử khối tương đương.
- Do tạo được liên kết hydrogen với nước nên các alcohol có phân tử khối nhỏ tan tốt trong nước, độ tan giảm khi số nguyên tử carbon tăng.

(*) *Nguồn:* Leroy G. Wade, *Organic Chemistry* (2012), Prentice Hall.

(**) *Nguồn:* Leroy G. Wade, *Organic Chemistry* (2012), Prentice Hall; T.W. Graham Solomons, Craig B. Gryhle, Scott A. Snyder, *Organic Chemistry* (2013), Wiley.

4 TÍNH CHẤT HOÁ HỌC



▲ **Hình 16.5. Sự phân cực của liên kết C–O và O–H trong phân tử alcohol**

7 Dựa vào độ âm điện, nêu nguyên nhân gây ra sự phân cực về phía nguyên tử oxygen của 2 liên kết C–O và O–H.

Trong phân tử alcohol, liên kết C–O và O–H phân cực về phía nguyên tử oxygen, 2 liên kết này quyết định các tính chất hoá học của alcohol.

1. Phản ứng thế nguyên tử hydrogen của nhóm –OH

Tìm hiểu tính chất chung của nhóm –OH

Liên kết O–H phân cực mạnh về phía oxygen nên nguyên tử hydrogen của nhóm –OH dễ tách ra khỏi phân tử alcohol trong một số phản ứng hoá học, như phản ứng với kim loại kiềm.

8 Trong phản ứng với sodium, liên kết nào của phân tử alcohol bị phân cắt?

$$2C_2H_5OH + 2Na \rightarrow 2C_2H_5ONa + H_2$$

ethyl alcohol — sodium ethylate

$$HOCH_2CH_2OH + 2Na \rightarrow NaOCH_2CH_2ONa + H_2$$

ethylene glycol — sodium ethylene glycolate

Viết phương trình hoá học của phản ứng:
$CH_3CH_2CH_2OH + K \rightarrow$

Alcohol có phản ứng thế nguyên tử hydrogen của nhóm –OH.

2. Phản ứng tạo thành ether

Tìm hiểu phản ứng tạo ether của alcohol

Hai phân tử ethyl alcohol có thể tạo thành diethyl ether nhờ xúc tác dung dịch H_2SO_4 đặc, đun nóng.

$$2C_2H_5OH \xrightarrow{H_2SO_4\text{ đặc, }140\,^{\circ}C} C_2H_5{-}O{-}C_2H_5 + H_2O$$

diethyl ether

Hỗn hợp methanol và ethanol có thể tạo thành bao nhiêu ether nhờ xúc tác dung dịch H_2SO_4 đặc, đun nóng?

Khi đun các alcohol khác với dung dịch H_2SO_4 đặc ở nhiệt độ thích hợp cũng thu được ether.

Phản ứng giữa hai phân tử alcohol tạo ether

$$ROH + HOR' \xrightarrow{H^+,\, t^{\circ}} ROR' + H_2O$$

3. Phản ứng tạo thành alkene

Tìm hiểu phản ứng tách nước tạo thành alkene của alcohol

Dẫn hơi ethanol qua ống sứ chứa bột Al_2O_3 nung nóng(*) hoặc đun ethanol với H_2SO_4 đặc ở khoảng 170 °C, sẽ tạo thành ethene.

$$CH_3CH_2-OH \xrightarrow{H_2SO_4\text{ đặc, }170\,^\circ C} \underset{\text{ethene}}{CH_2=CH_2} + H_2O$$

Khi alcohol có 2 hoặc 3 vị trí nguyên tử hydrogen tách với nhóm OH, sự tách nước tuân theo quy tắc Zaitsev.

$$CH_3-CH_2-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_3 \xrightarrow[-H_2O]{H_3PO_4\text{ 85%, }80\,^\circ C} \begin{cases} CH_3-CH=CH-CH_3 \text{ (but-2-ene (80%)(**))} \\ CH_3-CH_2-CH=CH_2 \text{ (but-1-ene (20%))} \end{cases}$$

Viết phương trình hoá học của phản ứng tạo thành alkene từ propan-1-ol ở điều kiện thích hợp.

Phản ứng tách nước từ alkanol tạo ra alkene

$$C_nH_{2n+1}OH \xrightarrow{H^+,\,t^\circ} C_nH_{2n} + H_2O$$

Có thể dự đoán sản phẩm chính và phụ của phản ứng dựa vào quy tắc Zaitsev.

4. Phản ứng oxi hoá alcohol

Tìm hiểu phản ứng oxi hoá hoàn toàn

Thí nghiệm 1. Phản ứng đốt cháy ethanol

Dụng cụ: đĩa sứ, ống hút nhỏ giọt, que đóm dài.

Hoá chất: cồn 90°.

Tiến hành: Lấy khoảng 2 mL cồn cho vào đĩa sứ, dùng que đóm châm lửa để cồn cháy.

Phương trình hoá học của phản ứng:

$$C_2H_5OH(l) + 3O_2(g) \xrightarrow{t^\circ} 2CO_2(g) + 3H_2O(g)\ \Delta_r H^\circ_{298} = -1\,234{,}83\text{ kJ}$$

11 Tiến hành Thí nghiệm 1, quan sát hiện tượng.

CHÚ Ý

Lưu ý yếu tố an toàn khi đốt cháy alcohol vì phản ứng cháy diễn ra nhanh, mạnh và toả nhiều nhiệt.

Tìm hiểu phản ứng oxi hoá không hoàn toàn

Trong điều kiện thích hợp, một số alcohol bị oxi hoá không hoàn toàn thành aldehyde hoặc ketone.

$$\underset{\text{ethyl alcohol}}{CH_3CH_2OH} + CuO \xrightarrow{t^\circ} \underset{\text{acetic aldehyde}}{CH_3-CHO} + Cu + H_2O$$

$$\underset{\text{isopropyl alcohol}}{CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_3} + CuO \xrightarrow{t^\circ} \underset{\text{acetone}}{CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3} + Cu + H_2O$$

Ở điều kiện trên, alcohol bậc III không bị oxi hoá.

Viết phương trình hoá học của phản ứng oxi hoá propan-1-ol bằng CuO, tạo thành aldehyde.

(*) *Nguồn:* Lawrie Ryan, Roger Norris, *Cambridge International AS and A Level Chemistry Coursebook* (2014, 2nd edition), Cambridge University Press, United Kingdom.

(**) *Nguồn:* William H. Brown, Thomas Poon, *Introduction to Organic chemistry* (2016), Wiley.

Alcohol tham gia phản ứng cháy (phản ứng oxi hoá hoàn toàn) và phản ứng oxi hoá không hoàn toàn:

- Alcohol + oxygen → carbon dioxide + nước
- $R-CH_2OH \xrightarrow{[O]} R-CH=O$

  alcohol bậc I — aldehyde
- $R-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-R' \xrightarrow{[O]} R-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-R'$

  alcohol bậc II — ketone

5. Phản ứng riêng của polyalcohol

Thí nghiệm tính chất đặc trưng của polyalcohol

Thí nghiệm 2. Phản ứng của glycerol với copper(II) hydroxide

Dụng cụ: ống nghiệm, ống hút nhỏ giọt, giá đỡ.

Hoá chất: glycerol, ethanol, dung dịch NaOH 10%, dung dịch $CuSO_4$ 2%.

Tiến hành:

Bước 1: Cho vào 2 ống nghiệm, mỗi ống khoảng 1 mL dung dịch $CuSO_4$, ghi số thứ tự (1) và (2).

Bước 2: Thêm khoảng 2 mL dung dịch NaOH vào 2 ống nghiệm.

Bước 3: Cho khoảng 1 mL glycerol vào ống nghiệm (1), khoảng 1 mL ethanol vào ống nghiệm (2).

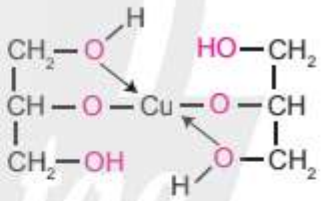
Bước 4: Lắc đều và để 2 ống nghiệm ổn định.

Phương trình hoá học của phản ứng:

$$2C_3H_5(OH)_3 + Cu(OH)_2 \rightarrow [C_3H_5(OH)_2O]_2Cu + 2H_2O$$

glycerol — copper(II) glycerate

12 Tiến hành Thí nghiệm 2, quan sát hiện tượng ở hai ống nghiệm (1) và (2). Viết phương trình hoá học của phản ứng xảy ra ở Bước 2.



phức chất của copper(II) hydroxide với glycerol

Các polyalcohol có các nhóm –OH liền kề như ethylene glycol, glycerol, … có thể tạo phức chất với $Cu(OH)_2$, sản phẩm có màu xanh đặc trưng.

Trình bày phương pháp hoá học nhận biết hai chất methyl alcohol và ethylene glycol.

5 ỨNG DỤNG VÀ ĐIỀU CHẾ

Tìm hiểu một số ứng dụng của alcohol

Methanol, ethanol là dung môi phổ biến cho nhiều ngành công nghiệp, có chi phí thấp và ít độc hại hơn các dẫn xuất halogen, dùng làm nhiên liệu cho động cơ đốt trong, chất trung gian để tổng hợp chất hữu cơ, …

Glycerol được dùng trong các lĩnh vực thực phẩm và đồ uống, sử dụng trong y tế, dược phẩm và mĩ phẩm.

Bia, rượu và các loại nước pha chế như cocktail là đồ uống có cồn, với hàm lượng ethanol khác nhau.

Khi lạm dụng đồ uống có cồn, có thể làm tổn thất kinh tế, gia tăng tội phạm bạo lực, ức chế não, giảm nhịp thở, giảm nhịp tim, phản xạ chậm, gây ảo giác, gây tai nạn giao thông; gây ra các bệnh về gan như gan nhiễm mỡ, viêm gan, xơ gan; làm tăng huyết áp, viêm loét, xuất huyết dạ dày, …

13 Đọc thông tin về những ứng dụng của alcohol, nhận xét vai trò của alcohol trong đời sống, sản xuất.

▲ Từ năm 1965 – 2006, tất cả ô tô tham gia cuộc đua Indianapolis 500, Indiana, Mỹ, đều sử dụng methanol làm nhiên liệu

- Nhiều alcohol được ứng dụng rộng rãi trong các lĩnh vực: đồ uống, dược phẩm, mĩ phẩm, y tế, phẩm nhuộm hoặc làm nhiên liệu, …
- Lạm dụng đồ uống có cồn sẽ gây hại cho sức khoẻ, gây tai nạn khi tham gia giao thông, …

14 Nêu ý kiến của em về thực trạng xã hội trong cách sử dụng rượu, bia hiện nay. Làm thế nào để bảo vệ sức khoẻ bản thân, gia đình và cộng đồng liên quan đến đồ uống có cồn?

Dựa trên tính chất nào để sử dụng methanol và ethanol làm nhiên liệu thay thế cho động cơ đốt trong?

CHÚ Ý

Điều 36, Nghị định 117/2020 /NĐ-CP của Chính phủ quy định, người chưa đủ 18 tuổi sử dụng rượu bia, sẽ bị phạt cảnh cáo hoặc phạt tiền từ 200 000 – 500 000 đồng; đồng thời phạt tiền cha mẹ từ 500 000 – 1 000 000 đồng.

Tìm hiểu phương pháp điều chế alcohol

Ethanol

Hầu hết ethanol dùng trong công nghiệp được điều chế từ ethylene bằng phản ứng hợp nước, xúc tác acid.

$$CH_2{=}CH_2 + H_2O \xrightarrow{H_3PO_4,\ t^o} CH_3CH_2OH$$

Phương pháp sinh hoá sử dụng enzyme để lên men tinh bột và các loại đường trong tự nhiên, chuyển hoá thành ethanol.

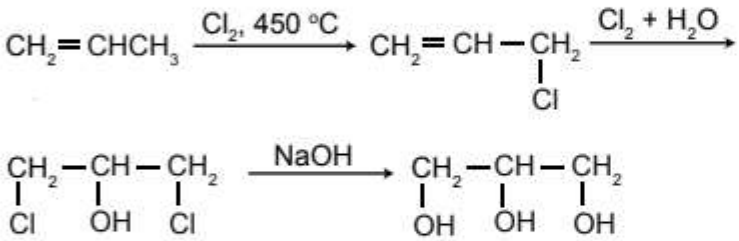
15 Có những phương pháp phổ biến nào để điều chế ethanol?

$$\underset{\text{tinh bột}}{(C_6H_{10}O_5)_n} + nH_2O \xrightarrow{\text{enzyme}} \underset{\text{glucose}}{nC_6H_{12}O_6}$$

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{enzyme}} 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

Glycerol

Glycerol được tổng hợp từ propylene theo sơ đồ:



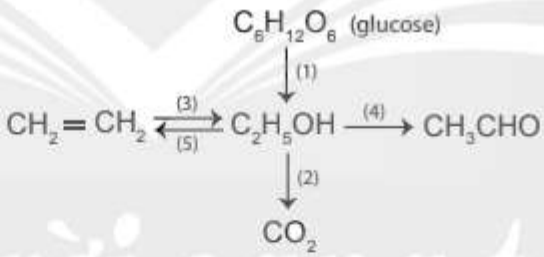
Một lượng lớn glycerol thu được từ quá trình thuỷ phân chất béo.

Trong nhiều gia đình, thường ngâm các loại thảo dược như củ đinh lăng, tỏi, gừng, nhân sâm, trái nhàu, ... với rượu để sử dụng. Phương pháp trên ứng dụng tính chất nào của ethanol vào đời sống?

- Ethanol được điều chế bằng phản ứng hợp nước của ethylene hoặc lên men tinh bột.
- Glycerol được điều chế từ propylene hoặc chất béo.

BÀI TẬP

1. Viết phương trình hoá học của các phản ứng xảy ra theo sơ đồ sau:



2. Khi chưng cất rượu gạo theo phương pháp nấu rượu truyền thống, tại sao không nên đun sôi quá mạnh?

3. Theo hướng dẫn của Tổ chức Y tế Thế giới (WHO) về cách pha chế nước rửa tay khô bằng alcohol, nguyên liệu cần có: isopropyl alcohol 99,8% hoặc ethyl alcohol 96°, hydrogen peroxide 3%, glycerol 98% và nước cất. Thành phần % theo thể tích các chất như sau:

- Isopropyl alcohol 75,15% hoặc ethyl alcohol 83,33%, có tác dụng khử trùng.
- Glycerol 1,45%, giữ ẩm da tay.
- Hydrogen peroxide 4,17%, loại bỏ các bào tử vi khuẩn nhiễm trong dung dịch.
- Thành phần còn lại là nước cất hoặc nước sôi để nguội.

Mô tả cách thực hiện và pha chế 5 lít nước rửa tay khô từ các nguyên liệu trên (có thể thêm một ít hương liệu hoặc tinh dầu để giảm bớt mùi alcohol và tạo cảm giác dễ chịu).

Bài 17

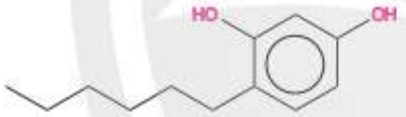
PHENOL

MỤC TIÊU

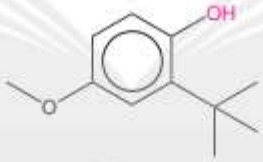
- Nêu được khái niệm về phenol, tên gọi, công thức cấu tạo một số phenol đơn giản, đặc điểm cấu tạo và hình dạng phân tử của phenol.
- Nêu được tính chất vật lí (trạng thái, nhiệt độ nóng chảy, độ tan trong nước) của phenol.
- Trình bày được tính chất hoá học cơ bản của phenol: phản ứng thế H ở nhóm OH (tính acid: thông qua phản ứng với sodium hydroxide, sodium carbonate), phản ứng thế ở vòng thơm (tác dụng với nước bromine, với HNO_3 đặc trong H_2SO_4 đặc).
- Thực hiện được (hoặc quan sát video, qua mô tả) thí nghiệm của phenol với sodium hydroxide, sodium carbonate, với nước bromine, với HNO_3 đặc trong H_2SO_4 đặc; mô tả hiện tượng thí nghiệm, giải thích được tính chất hoá học của phenol.
- Trình bày được ứng dụng của phenol và điều chế phenol (từ cumene và từ nhựa than đá).

Hexylresorcinol là chất có tính gây tê cục bộ, tính khử trùng và tẩy giun, dung dịch hexylresorcinol 0,1% dùng để súc miệng có tác dụng diệt khuẩn. Hexylresorcinol là hợp chất phenol, cùng với một số phenol và dẫn xuất phenol khác có tác dụng khử trùng, diệt nấm mốc. Một số phenol có khả năng chống oxi hoá, được sử dụng trong bảo quản thực phẩm, mĩ phẩm như E320, E321.

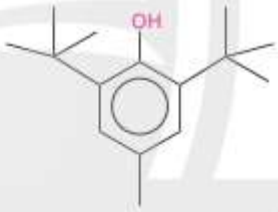
Phenol là gì? Phenol có cấu tạo, tính chất và ứng dụng trong lĩnh vực nào?



hexylresorcinol
(hay 4-hexylresorcinol)



E320
2-*tert*-butyl-4-methoxyphenol

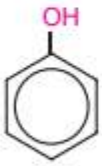


E321
2,6-di (*tert*-butyl)-4-methylphenol

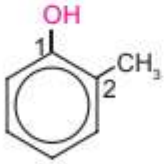
1 KHÁI NIỆM VÀ CẤU TRÚC

Tìm hiểu khái niệm phenol

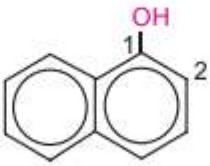
Phenol là hợp chất trong phân tử có một hoặc nhiều nhóm hydroxy liên kết trực tiếp với nguyên tử carbon của vòng benzene. Phenol cũng là tên của chất đơn giản nhất (monohydroxybenzene) trong nhóm các hợp chất phenol.



phenol



2-methylphenol



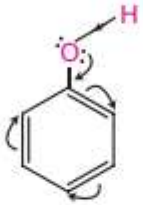
1-naphthol

hydroquinone

1 Quan sát các hợp chất phenol, cho biết đặc điểm của nhóm OH giống và khác nhóm OH trong phân tử alcohol như thế nào.

Tìm hiểu đặc điểm cấu tạo và hình dạng phân tử phenol

Phenol đơn giản nhất có công thức phân tử C_6H_6O và công thức cấu tạo C_6H_5–OH hoặc



Mật độ electron trên nguyên tử oxygen bị dịch chuyển một phần vào vòng benzene làm tăng sự phân cực của liên kết O–H, đồng thời mật độ electron trong vòng benzene tăng, gây ra các tính chất ở nhóm –OH và trong vòng benzene của phenol.

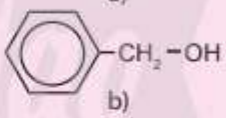
2 Quan sát công thức cấu tạo của phenol, cho biết các vị trí giàu mật độ electron trong vòng benzene. Nhóm phenyl hút electron, làm ảnh hưởng như thế nào đến liên kết O-H?

▲ **Hình 17.1. Mô hình quả cầu – thanh nối (a) và mô hình đặc (b) của phân tử phenol**

- Phenol là những hợp chất hữu cơ trong phân tử có nhóm –OH liên kết trực tiếp với nguyên tử carbon của vòng benzene.
- Phenol có nhóm phenyl hút electron, làm giảm mật độ electron ở nguyên tử oxygen, dẫn đến tăng sự phân cực của liên kết O–H (so với alcohol), đồng thời làm tăng mật độ electron trong vòng benzene, nhiều nhất ở các vị trí *ortho* và *para*.

Chất nào sau đây thuộc loại phenol?

a)



b)

2 TÍNH CHẤT VẬT LÍ

Tìm hiểu tính chất vật lí của phenol

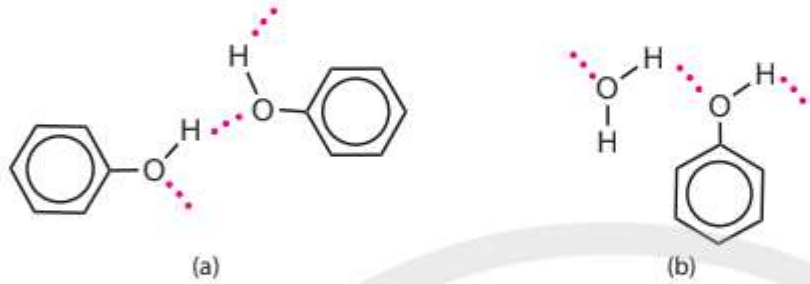
Phenol là tinh thể không màu, dễ chảy rữa, chuyển thành màu hồng do hút ẩm và bị oxi hoá chậm trong không khí.

Phenol tạo được liên kết hydrogen giữa các phân tử và với phân tử nước, dẫn đến nhiệt độ nóng chảy, nhiệt độ sôi của phenol cao hơn và độ hoà tan trong nước tốt hơn một số hydrocarbon thơm khác như benzene, toluene, …

Bảng 17.1. Thông số vật lí của một số hợp chất chứa vòng benzene(*)

Đặc điểm / Chất	Nhiệt độ nóng chảy (°C)	Nhiệt độ sôi (°C)	Khối lượng riêng ($g.mL^{-1}$)
phenol	43	182	1,07
benzene	6	80	0,88
toluene	– 95	111	0,87

3 Đọc thông tin trong Bảng 17.1 và Hình 17.2, so sánh nhiệt độ nóng chảy của phenol với các hợp chất còn lại. Giải thích.



▲ **Hình 17.2. Liên kết hydrogen giữa các phân tử phenol (a) và phenol với nước (b)**

- Phenol là chất rắn, không màu; phenol độc, gây bỏng cho da. Phenol ít tan trong nước lạnh, tan vô hạn trong nước ở 66 °C, tan tốt trong ethanol.
- Các phenol có nhiệt độ nóng chảy, nhiệt độ sôi cao hơn các hydrocarbon thơm có khối lượng phân tử tương đương.

3 TÍNH CHẤT HOÁ HỌC

1. Phản ứng thế nguyên tử hydrogen của nhóm OH: Tính acid

Tìm hiểu tính acid của phenol

Trong dung dịch, phenol phân li không hoàn toàn tạo ra ion H^+:

$$\underset{\text{phenol}}{C_6H_5OH} \rightleftharpoons \underset{\text{ion phenolate}}{C_6H_5O^-} + H^+ \quad K_a = 10^{-10}$$

Phenol thể hiện tính acid yếu. Dung dịch phenol không làm đổi màu quỳ tím. Tính acid của phenol thể hiện qua phản ứng với dung dịch sodium hydroxide, sodium carbonate, …

4 So sánh khả năng phản ứng của phenol và ethanol khi tác dụng với NaOH.

5 Tiến hành Thí nghiệm 1, quan sát khả năng hoà tan của phenol trong nước. Nêu hiện tượng và giải thích kết quả thí nghiệm.

Thí nghiệm 1. Phenol phản ứng với dung dịch NaOH

Dụng cụ: ống nghiệm, ống hút nhỏ giọt, giá đỡ, găng tay, kính bảo hộ.

Hoá chất: phenol, dung dịch NaOH 1 M, nước cất.

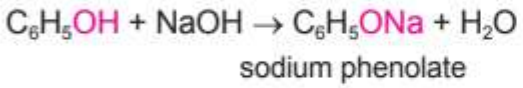
Tiến hành:

Bước 1: Lắc đều hỗn hợp phenol lỏng với nước để tạo huyền phù. Lấy lần lượt 1 mL phenol dạng huyền phù cho vào 2 ống nghiệm, đánh số thứ tự (1) và (2).

(*) *Nguồn:* Leroy G. Wade, *Organic Chemistry* (2012), Prentice Hall.

Bước 2: Thêm tiếp 1 mL nước cất vào ống nghiệm (1), 1 mL dung dịch NaOH vào ống nghiệm (2). Lắc đều và để ổn định 2 ống nghiệm.

Phương trình hoá học của phản ứng:



Thí nghiệm 2. Phenol phản ứng với dung dịch Na_2CO_3

Dụng cụ: ống nghiệm, ống hút nhỏ giọt, giá đỡ, găng tay, kính bảo hộ.

Hoá chất: phenol dạng huyền phù với nước, dung dịch Na_2CO_3 1 M.

Tiến hành:

Bước 1: Lấy khoảng 2 mL phenol dạng huyền phù cho vào ống nghiệm.

Bước 2: Thêm tiếp từ từ đến hết 2 mL dung dịch Na_2CO_3.

Phương trình hoá học của phản ứng:

6 Tiến hành Thí nghiệm 2, nêu hiện tượng thí nghiệm quan sát được.

Từ kết quả của Thí nghiệm 1, khi thêm tiếp khoảng 1 mL dung dịch HCl vào ống nghiệm (2), lắc đều và để ổn định. Quan sát thấy chất lỏng phân thành 2 lớp như ống nghiệm (1). Giải thích hiện tượng theo mô tả.

- Phenol thể hiện tính acid yếu, dung dịch phenol không làm quỳ tím đổi màu.
- Do nhóm phenyl hút electron, làm tăng sự phân cực của liên kết O–H, dẫn đến tính acid của phenol.

CHÚ Ý

Vì phenol gây ngộ độc qua đường miệng, gây bỏng cho da và mắt, nên phải sử dụng găng tay, kính bảo hộ khi tiến hành các thí nghiệm.

2. Phản ứng thế nguyên tử hydrogen của vòng benzene

Khi tham gia phản ứng thế nguyên tử hydrogen của vòng benzene, phân tử phenol ưu tiên thế nguyên tử hydrogen ở các vị trí 2, 4, 6.

Tìm hiểu phản ứng thế nguyên tử H của vòng benzene

Thí nghiệm 3. Phản ứng của phenol với nước bromine

Dụng cụ: ống nghiệm, ống hút nhỏ giọt, giá đỡ, găng tay, kính bảo hộ.

Hoá chất: dung dịch phenol, nước bromine.

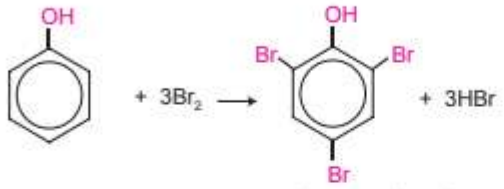
Tiến hành:

Bước 1: Lấy khoảng 2 mL dung dịch phenol cho vào ống nghiệm.

Bước 2: Thêm tiếp vài giọt nước bromine.

7 Tiến hành Thí nghiệm 3, nêu hiện tượng quan sát được và giải thích kết quả thí nghiệm.

Phương trình hoá học của phản ứng:



2,4,6-tribromophenol
(kết tủa màu trắng)

Thí nghiệm 4. Phản ứng của phenol với HNO_3 đặc trong H_2SO_4 đặc

Phản ứng thế nguyên tử hydrogen của vòng benzene trong hợp chất phenol bằng nhóm nitro ($-NO_2$) được thực hiện như sau:

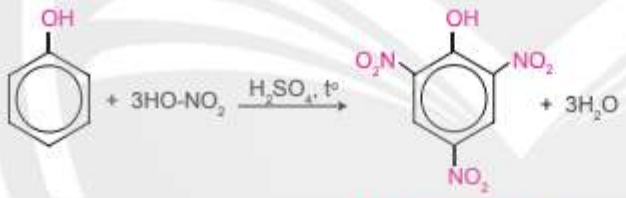
Bước 1: Dùng thìa thuỷ tinh lấy vài tinh thể phenol cho vào ống nghiệm, thêm tiếp khoảng 1 mL dung dịch H_2SO_4 đặc, đun nhẹ hỗn hợp đến khi thu được dung dịch màu đỏ nhạt, đồng nhất.

Bước 2: Để nguội và đặt ống nghiệm vào cốc nước đá, nhỏ từ từ khoảng 1 mL dung dịch HNO_3 đặc vào ống nghiệm và lắc đều, dung dịch có màu đỏ sẫm.

Bước 3: Đun cách thuỷ hỗn hợp trong khoảng 15 phút, dung dịch trở lại màu đỏ (như sau Bước 1), sau đó để nguội.

Bước 4: Dùng khoảng 5 mL nước cất tráng đều ống nghiệm, rót hỗn hợp vào cốc nước lạnh, để ổn định, picric acid tách ra kết tủa màu vàng.

Phương trình hoá học của phản ứng:



2,4,6-trinitrophenol
(kết tủa màu vàng)

Nhóm OH làm tăng khả năng phản ứng thế nguyên tử hydrogen trong vòng benzene của phenol (dễ thế nguyên tử hydrogen hơn so với benzene). Ưu tiên thế nguyên tử hydrogen ở các vị trí *ortho* (*o*-) và *para* (*p*-) của phenol.

Hai chất *o*-nitrophenol và *p*-nitro-phenol được sử dụng trong sản xuất thuốc diệt trừ nấm mốc và sâu bọ. Viết phương trình hoá học của phản ứng điều chế *o*-nitrophenol và *p*-nitrophenol từ phenol và dung dịch HNO_3 loãng (phản ứng xảy ra ở nhiệt độ thường).

PICRIC ACID LÀ MỘT CHẤT NỔ

Picric acid được sử dụng trong sản xuất chất nổ, diêm, pin điện; dùng để điêu khắc vật liệu bằng đồng, sản xuất thuỷ tinh màu, dùng trong công nghiệp thuộc da và phẩm nhuộm. Picric acid rất dễ bắt nhiệt và có thể phát nổ nếu tiếp xúc với nguồn nhiệt, ngọn lửa, ma sát hoặc va chạm.

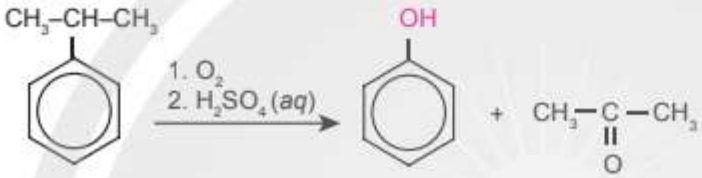
4 ỨNG DỤNG VÀ ĐIỀU CHẾ

Tìm hiểu ứng dụng của phenol

Dung dịch phenol ở nồng độ thấp được sử dụng như chất sát trùng, diệt nấm, vi khuẩn, virus, thuốc tăng trưởng thực vật. Trong công nghiệp, phenol là nguyên liệu ban đầu để sản xuất chất dẻo, chất kết dính (phenol formaldehyde), chất nổ (picric acid), tổng hợp dược phẩm (aspirin, paracetamol) hay sản xuất thuốc nhuộm azo.

Tìm hiểu cách điều chế phenol

Trong công nghiệp, phenol được điều chế bằng cách: oxi hoá cumene (isopropylbenzene) nhờ oxygen trong không khí, sau đó thuỷ phân bằng dung dịch H_2SO_4 loãng.



Ngoài ra, một lượng lớn phenol được tách từ nhựa than đá.

8 Liệt kê một số ứng dụng khác của phenol trong đời sống, sản xuất, y học.

- Phenol được sử dụng phổ biến trong lĩnh vực sản xuất như: chất sát trùng, diệt nấm, vi khuẩn, chất bảo quản, chất dẻo, chất kết dính, dược phẩm, phẩm nhuộm, …
- Phenol thường được điều chế từ cumene và được tách ra từ nhựa than đá.

Chất bảo quản thực phẩm được dùng phổ biến trong ngành thực phẩm chế biến sẵn. Các chất BHA, BHT thường dùng cho các sản phẩm đồ hộp, thực phẩm đóng gói, nước chấm, nước giải khát, … Bên cạnh lợi ích trong bảo quản thực phẩm, các chất này cũng gây hại cho sức khoẻ con người nếu sử dụng thời gian dài. Hãy nêu quan điểm của em về vấn đề sử dụng các loại thực phẩm chế biến sẵn.

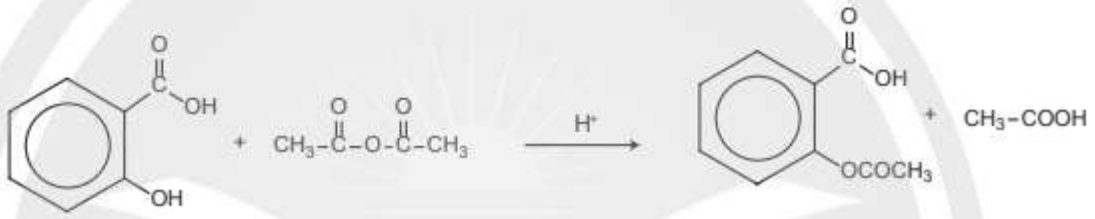
BÀI TẬP

1. a) Viết công thức phân tử và công thức cấu tạo của phenol đơn giản nhất.
b) Phenol phản ứng với dung dịch potassium hydroxide. Tên của loại phản ứng là gì? Viết phương trình hoá học của phản ứng.

2. Viết công thức cấu tạo các đồng phân phenol có công thức phân tử C_7H_8O. Gọi tên các đồng phân đó.

3. Giải thích vì sao phenol có phản ứng thế với dung dịch bromine dễ dàng hơn benzene.

4. Aspirin được sử dụng để hạ sốt và giảm đau nhẹ đến trung bình do tình trạng đau nhức cơ, răng, cảm lạnh đau đầu và sưng tấy do viêm khớp. Phương trình hoá học điều chế aspirin từ salicylic acid được biểu diễn như sau:



salicylic acid | acetic anhydride | acetylsalicylic acid (aspirin) | acetic acid

a) Salicylic acid chứa những nhóm chức nào?
b) Nhóm chức nào của salicylic acid đã tham gia phản ứng trên?

Chân trời sáng tạo

Chương 6

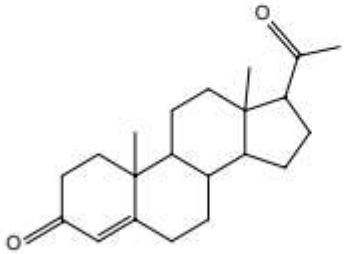
HỢP CHẤT CARBONYL (ALDEHYDE – KETONE) – CARBOXYLIC ACID

Bài 18 HỢP CHẤT CARBONYL

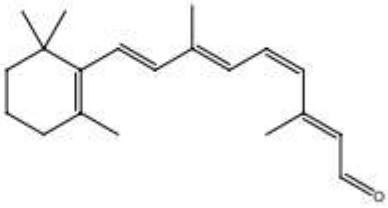
MỤC TIÊU

- Nêu được khái niệm hợp chất carbonyl (aldehyde và ketone).
- Gọi được tên theo danh pháp thay thế một số hợp chất carbonyl đơn giản (C1 – C5); tên thông thường một vài hợp chất carbonyl thường gặp.
- Mô tả được đặc điểm liên kết của nhóm chức carbonyl, hình dạng phân tử của methanal, ethanal.
- Nêu được đặc điểm về tính chất vật lí (trạng thái, nhiệt độ sôi, tính tan) của hợp chất carbonyl.
- Trình bày được tính chất hoá học của aldehyde, ketone: Phản ứng khử (với $NaBH_4$ hoặc $LiAlH_4$); Phản ứng oxi hoá aldehyde (với nước bromine, thuốc thử Tollens (Tô-len), $Cu(OH_2)/OH^-$); Phản ứng cộng vào nhóm carbonyl (với HCN); Phản ứng tạo iodoform.
- Thực hiện được (hoặc quan sát qua video, hoặc qua mô tả) các thí nghiệm: phản ứng tráng bạc, phản ứng với $Cu(OH)_2/OH^-$, phản ứng tạo iodoform từ acetone; mô tả hiện tượng thí nghiệm, giải thích được tính chất hoá học của hợp chất carbonyl và xác định được hợp chất có chứa nhóm CH_3CO^-.
- Trình bày được ứng dụng của hợp chất carbonyl và phương pháp điều chế acetaldehyde bằng cách oxi hoá ethylene, điều chế acetone từ cumene.

Hợp chất carbonyl đơn giản nhất là aldehyde và ketone đơn chức. Chúng có nhiều ứng dụng trong ngành công nghiệp hóa chất cũng như trong thiên nhiên. Chẳng hạn, progesteron là hormon của nữ giới, 11-*cis*-retinal rất cần thiết cho khả năng nhìn của mắt. Hợp chất carbonyl là gì? Aldehyde và ketone có đặc điểm gì về tính chất vật lí và hoá học? Vai trò của chúng trong đời sống như thế nào?



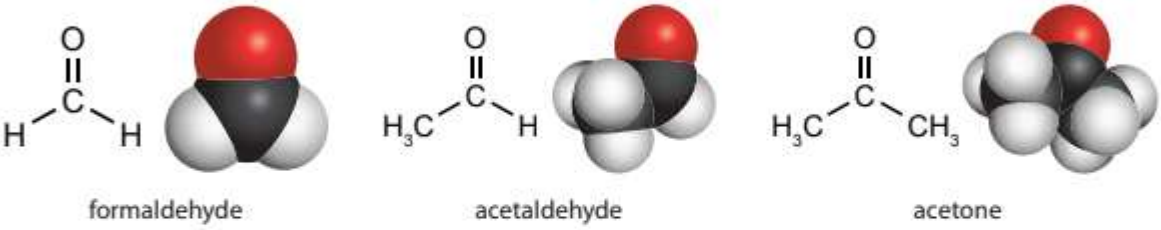
▲ **Progesteron**



▲ **11-*cis*-retinal**

1 KHÁI NIỆM, ĐẶC ĐIỂM LIÊN KẾT

Tìm hiểu khái niệm, đặc điểm cấu tạo hợp chất carbonyl



▲ **Hình 18.1. Cấu trúc phân tử của một số hợp chất carbonyl**

Hợp chất carbonyl là các hợp chất hữu cơ trong phân tử có chứa nhóm $>C=O$ (nhóm carbonyl). Aldehyde, ketone thuộc loại hợp chất carbonyl.

Aldehyde là hợp chất hữu cơ trong phân tử có nhóm –CHO liên kết trực tiếp với nguyên tử carbon (của gốc hydrocarbon hoặc nhóm –CHO) hoặc nguyên tử hydrogen.

Ketone là hợp chất hữu cơ có nhóm carbonyl liên kết với 2 gốc hydrocarbon.

▲ **Hình 18.2. Cấu trúc của nhóm chức carbonyl**

Trong nhóm carbonyl, nguyên tử carbon liên kết với nguyên tử oxygen bằng 1 liên kết σ bền và 1 liên kết π kém bền. Liên kết đôi C=O và 2 liên kết đơn nằm trên 1 mặt phẳng, góc liên kết khoảng 120°. Liên kết đôi C=O phân cực về phía nguyên tử oxygen.

Aldehyde, ketone đơn chức trong phân tử chỉ chứa 1 nhóm carbonyl. Các gốc hydrocarbon có thể no, không no, thơm.

Ví dụ 1: Methanal (HCHO), ethanal (CH_3CHO), propanal (C_2H_5CHO), … là những chất đầu tiên trong dãy đồng đẳng của aldehyde no, đơn chức, mạch hở; chúng có công thức chung là $C_nH_{2n}O$ ($n \geq 1$). Acrolein (CH_2=CHCHO) là aldehyde không no; benzaldehyde (C_6H_5CHO) là aldehyde thơm.

Acetone (CH_3COCH_3), ethyl methyl ketone ($CH_3CH_2COCH_3$) là những ketone no.

Aldehyde, ketone đa chức trong phân tử có 2 hay nhiều nhóm carbonyl.

Ví dụ 2: ethanedial (O=CH–CH=O) là aldehyde đa chức.

Hợp chất carbonyl là hợp chất chứa nhóm carbonyl trong phân tử.

1 Quan sát Hình 18.1, nhận xét đặc điểm chung về cấu tạo của formaldehyde, acetaldehyde (aldehyde) và acetone (ketone). Hãy mô tả hình dạng phân tử của formaldehyde và acetaldehyde.

Viết công thức cấu tạo các đồng phân của hợp chất carbonyl có công thức phân tử C_4H_8O. Chất nào là aldehyde, chất nào là ketone?

2 DANH PHÁP

Tìm hiểu cách gọi tên hợp chất carbonyl

Bảng 18.1. Công thức cấu tạo và tên của một số aldehyde, ketone

Aldehyde		
Công thức cấu tạo	**Tên theo danh pháp thay thế**	**Tên thông thường**
HCHO	methanal	formaldehyde
CH_3CHO	ethanal	acetaldehyde
C_2H_5CHO	propanal	propionaldehyde
$CH_3CH_2CH_2CHO$	butanal	butyraldehyde
$CH_3[CH_2]_3CHO$	pentanal	valeraldehyde
$(CH_3)_2CHCH_2CHO$	3-methylbutanal	isovaleraldehyde
$CH_2=CHCHO$	propenal	acrolein (acrylaldehyde)
C_6H_5CHO	phenylmethanal	benzaldehyde
Ketone		
Công thức cấu tạo	**Tên theo danh pháp thay thế**	**Tên thông thường**
CH_3COCH_3	propanone	acetone
$C_6H_5COCH_3$	1-phenylethan-1-one	acetophenone
$C_6H_5COC_6H_5$	diphenylmethanone	benzophenone

2 Dựa vào Bảng 18.1, rút ra cách gọi tên theo danh pháp thay thế của aldehyde so với ketone.

3 Gọi tên theo danh pháp thay thế của các hợp chất carbonyl C_4H_8O đã viết ở trên.

• Gọi tên theo danh pháp thay thế của các hợp chất carbonyl sau:

a) $(CH_3)_2CHCHO$

b) $CH_3CH_2CH_2COCH_3$

c) $CH_3CH=C(CH_3)CHO$

• Viết công thức cấu tạo của các hợp chất sau:

a) 2-methylbutanal;

b) but-3-enal.

• **Aldehyde:**

Tên theo danh pháp thay thế của aldehyde đơn chức mạch hở:

Tên hydrocarbon tương ứng (bỏ kí tự e ở cuối) – al

Đánh số các nguyên tử carbon ở mạch chính bắt đầu ở nguyên tử carbon của nhóm –CHO.

• **Ketone:**

Tên theo danh pháp thay thế của ketone đơn chức mạch hở:

Tên hydrocarbon tương ứng (bỏ kí tự e ở cuối) – Số chỉ vị trí nhóm carbonyl – one

Đánh số các nguyên tử carbon ở mạch chính bắt đầu từ nguyên tử carbon gần nhóm >C=O nhất.

Tìm hiểu một số hợp chất carbonyl được tìm thấy trong thiên nhiên. Nêu vai trò của chúng trong đời sống.

Ketone có thể gọi theo tên gốc chức: tên gốc hydrocarbon liên kết với nhóm carbonyl (theo trình tự chữ cái) rồi đến từ ketone.

Công thức cấu tạo	Tên theo danh pháp thay thế	Tên gốc – chức
$CH_3COCH_2CH_3$	butanone	ethyl methyl ketone
$C_2H_5COC_2H_5$	pentan-3-one	diethyl ketone
$CH_3COCH=CH_2$	but-3-en -2-one	methyl vinyl ketone
$C_6H_5CH_2COCH_3$	1-phenylpropan-2-one	benzyl methyl ketone

3 TÍNH CHẤT VẬT LÍ

Tìm hiểu trạng thái, nhiệt độ sôi và tính tan của hợp chất carbonyl

Bảng 18.2. Thông số vật lí của một số hợp chất carbonyl[*]

Hợp chất carbonyl	Nhiệt độ sôi (°C)	Độ tan (g/100g H_2O) ở 25 °C
Aldehyde		
$HCHO$	–21	Tan nhiều
CH_3CHO	21	Tan vô hạn
C_2H_5CHO	49	16
$CH_3CH_2CH_2CHO$	76	7
$(CH_3)_2CHCHO$	61	11
$CH_3[CH_2]_3CHO$	103	–
$(CH_3)_2CHCH_2CHO$	93	–
$CH_3[CH_2]_4CHO$	129	0,1
$CH_2{=}CHCHO$	52	40
C_6H_5CHO	179	0,3
Ketone		
CH_3COCH_3	56	Tan vô hạn
$CH_3COC_2H_5$	80	26
$C_2H_5COC_2H_5$	101	5
$C_6H_5COCH_3$	202	0,2
$C_6H_5COC_6H_5$	306	–

4 Dựa vào Bảng 18.2 hãy nhận xét sự thay đổi trạng thái, nhiệt độ sôi và độ tan của một số hợp chất carbonyl khi số nguyên tử carbon tăng dần.

Hãy sắp xếp theo thứ tự tăng dần nhiệt độ sôi các chất sau: acetaldehyde (1), ethanol (2), ethane (3). Giải thích.

Formaldehyde và acetaldehyde là những chất khí ở nhiệt độ thường. Các hợp chất carbonyl khác là chất lỏng hoặc rắn.

Aldehyde, ketone có nhiệt độ sôi thấp hơn so với alcohol tương ứng. Các hợp chất carbonyl có nhiệt độ sôi cao hơn nhiều so với hydrocarbon có phân tử khối tương đương do phân tử chứa nhóm carbonyl phân cực làm phân tử các hợp chất carbonyl phân cực.

Các aldehyde, ketone có mạch carbon ngắn dễ tan trong nước nhờ có liên kết hydrogen với nước. Các aldehyde, ketone có mạch carbon dài hơn đều ít tan hoặc không tan trong nước. Các aldehyde, ketone thơm hầu như không tan.

Aldehyde, ketone thường có mùi đặc trưng.

a) Formaldehyde là chất khí không màu, mùi hắc và gây khó chịu. Dung dịch trong nước, chứa khoảng 37% formaldehyde gọi là formalin. Hãy tìm hiểu ứng dụng của formalin sử dụng trong sinh học.

b) Ở nông thôn, nhiều gia đình vẫn đun bếp bằng rơm, ra, hoặc củi.

▲ **Rổ rá gác bếp**

Tại sao rổ, rá, nong, nia, ... (được làm từ tre, nứa, giang, ...) thường được gác lên gác bếp trước khi sử dụng để tăng độ bền của chúng?

---

[*] *Nguồn:* William H. Brown, Thomas Poon, *Introduction to Organic Chemistry* (2016), Wiley Binder Version (USA).

Formalin được dùng để bảo quản các mẫu vật sinh học. Các nghiên cứu đã chứng minh formaldehyde có thể gây ung thư nên việc sử dụng nó đã bị hạn chế.

Các mẫu sinh vật được bảo quản trong formalin ▶

4 TÍNH CHẤT HOÁ HỌC

$$\overset{\delta^+}{C}=\overset{\delta^-}{O}$$

Nhóm $>C=O$ quyết định tính chất hoá học đặc trưng của aldehyde, ketone.

5 Dựa vào giá trị độ âm điện của nguyên tử C và nguyên tử O, giải thích sự phân cực của liên kết C=O trong các hợp chất carbonyl.

1. Phản ứng khử aldehyde, ketone

Tìm hiểu phản ứng khử aldehyde/ketone tạo thành alcohol

Các chất khử $LiAlH_4$ hoặc $NaBH_4$ khử aldehyde, ketone thành alcohol.

$$R\text{-}CHO \xrightarrow{LiAlH_4} R\text{-}CH_2\text{-}OH$$

$$RCOR' \xrightarrow{LiAlH_4} R\text{-}CHOH\text{-}R'$$

Ví dụ 3: $CH_3\text{-}CHO \xrightarrow{LiAlH_4} CH_3\text{-}CH_2\text{-}OH$

$$CH_3COCH_3 \xrightarrow{LiAlH_4} CH_3\text{-}CHOH\text{-}CH_3$$

Với chất khử là $LiAlH_4$ hoặc $NaBH_4$ thì
- Aldehyde bị khử tạo thành alcohol bậc I.
- Ketone bị khử tạo thành alcohol bậc II.

Viết sơ đồ phản ứng tạo thành alcohol của các chất sau (dùng chất khử là $LiAlH_4$ hoặc $NaBH_4$):
a) C_2H_5CHO
b) $CH_3COCH_2CH_3$

2. Phản ứng oxi hoá aldehyde

Tìm hiểu phản ứng của aldehyde với nước bromine

Aldehyde dễ bị oxi hoá bởi một số tác nhân oxi hoá tạo thành carboxylic acid tương ứng.

$$R\text{–}CH{=}O \xrightarrow{[O]} R\text{–}COOH$$

Aldehyde bị nước bromine oxi hoá tạo thành carboxylic acid.

Ví dụ 4:

$$\underset{\text{acetaldehyde}}{CH_3CH{=}O} + Br_2 + H_2O \longrightarrow \underset{\text{acetic acid}}{CH_3COOH} + 2HBr$$

6 Cho biết sự thay đổi số oxi hoá của C và Br trong phương trình hoá học ở Ví dụ 4. Từ đó xác định chất oxi hoá và chất khử.

Tìm hiểu thí nghiệm nghiên cứu phản ứng oxi hoá aldehyde

Thí nghiệm 1. Phản ứng của acetaldehyde với thuốc thử Tollens (phản ứng tráng bạc)

Dụng cụ: ống nghiệm, cốc thuỷ tinh lớn, bếp điện hoặc đèn cồn.

Hoá chất: dung dịch sodium hydroxide loãng (NaOH), dung dịch silver nitrate 2% ($AgNO_3$), dung dịch ammonia 3% (NH_3), acetaldehyde 10% (CH_3CHO).

Tiến hành:

Bước 1: Cho 2 – 3 mL dung dịch $AgNO_3$ 2% vào ống nghiệm đã rửa sạch. Thêm từ từ dung dịch NH_3 3% vào và lắc đều cho tới khi kết tủa vừa tan hết. Thêm khoảng 1 mL dung dịch acetaldehyde 10% vào ống nghiệm, lắc đều.

Bước 2: Đặt ống nghiệm vào cốc nước nóng (khoảng 60 °C) rồi để yên. Sau vài phút lấy ống nghiệm ra khỏi cốc. Quan sát hiện tượng và nhận xét mà u sắc sản phẩm trên thành ống nghiệm.

$$AgNO_3 + 3NH_3 + H_2O \rightarrow \underset{\text{diamminesilver(I) hydroxide}}{[Ag(NH_3)_2]OH} + NH_4NO_3$$

$$CH_3CHO + 2[Ag(NH_3)_2]OH \xrightarrow{t^o} CH_3COONH_4 + 2Ag\downarrow + 3NH_3 + H_2O$$

Thí nghiệm 2. Phản ứng của acetaldehyde với dung dịch với $Cu(OH)_2/OH^-$

Dụng cụ: ống nghiệm, đèn cồn.

Hoá chất: dung dịch sodium hydroxide 10% (NaOH), acetaldehyde 10% (CH_3CHO), dung dịch copper(II) sulfate 5% ($CuSO_4$).

Tiến hành:

Bước 1: Cho vào ống nghiệm khoảng 2– 3 giọt dung dịch $CuSO_4$ 5%, thêm tiếp dung dịch NaOH 10% lắc đều cho đến khi lượng kết tủa không tăng thêm nữa.

Bước 2: Cho khoảng 3 mL dung dịch acetaldehyde 10%, lắc đều. Đun nóng hỗn hợp. Theo dõi sự biến đổi màu của các chất trong ống nghiệm.

Nhiều aldehyde bị oxi hoá bởi $Cu(OH)_2$ trong môi trường kiềm tạo thành acid tồn tại dưới dạng muối, $Cu(OH)_2$ bị khử thành Cu_2O màu đỏ gạch.

$$CuSO_4 + 2NaOH \longrightarrow Cu(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4$$

$$CH_3CHO + 2Cu(OH)_2 + NaOH \xrightarrow{t^o} CH_3COONa + \underset{\text{copper(I) oxide (màu đỏ gạch)}}{Cu_2O\downarrow} + 3H_2O$$

7 Xác định vai trò của CH_3CHO trong phản ứng tráng bạc. Tìm hiểu ứng dụng của phản ứng trong thực tiễn.

CHÚ Ý

Để phản ứng tráng bạc thu được kết quả tốt:
- Cần rửa ống nghiệm thật sạch.
- Để sản phẩm thu được sau phản ứng tráng đều và đẹp, ở bước 2 cần để yên ống nghiệm trong cốc nước nóng.

8 Vì sao trong phản ứng tráng bạc, người ta chỉ làm nóng mà không đun sôi hỗn hợp chất phản ứng?

9 Khi cho dung dịch NaOH vào dung dịch $CuSO_4$ đến khi kết tủa không tăng thêm nữa, cho biết tên gọi và màu sắc của kết tủa thu được.

CHÚ Ý

Phải đảm bảo:
Bước 1: dùng dư dung dịch NaOH.
Bước 2: acetaldehyde phải dư.

- Khi tác dụng với nước bromine, aldehyde bị oxi hoá tạo thành acid.
- Phản ứng với thuốc thử Tollens (phản ứng tráng bạc) và $Cu(OH)_2/OH^-$ là phản ứng đặc trưng của aldehyde, thường dùng để nhận biết các aldehyde.
- Ketone không tham gia các phản ứng trên.

Trình bày phương pháp hoá học để nhận biết 3 chất lỏng riêng biệt sau: propan-1-ol ($CH_3CH_2CH_2OH$), propanal (CH_3CH_2CHO) và acetone (CH_3COCH_3).

3. Phản ứng cộng và phản ứng tạo iodoform

Tìm hiểu phản ứng cộng hydrogen cyanide

Hydrogen cyanide (HCN), cộng vào nhóm carbonyl tạo thành sản phẩm cyanohydrin (hydroxynitrile).

$$CH_3–CH=O + H–C\equiv N \rightarrow CH_3–CH(OH)–CN$$

$$CH_3–CO–CH_3 + H–C\equiv N \rightarrow (CH_3)_2C(OH)–CN$$

10 Từ đặc điểm cấu tạo nào của aldehyde, ketone chứng tỏ chúng có thể tham gia phản ứng cộng?

Thí nghiệm nghiên cứu phản ứng tạo iodoform

Thí nghiệm 3. Phản ứng tạo iodoform

Dụng cụ: ống nghiệm, đèn cồn, cốc thuỷ tinh.

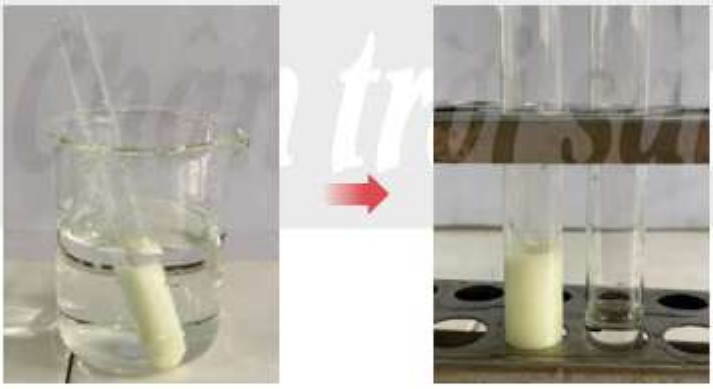
Hoá chất: dung dịch iodine trong potassium iodide (I_2/KI), dung dịch sodium hydroxide 10% (NaOH), acetaldehyde 10% (CH_3CHO).

Tiến hành:

Bước 1: Cho 2 mL dung dịch NaOH 10% và 2 mL dung dịch I_2/KI vào ống nghiệm có chứa 0,5 mL CH_3CHO 10%.

Bước 2: Lắc nhẹ ống nghiệm, hơ nhẹ ống nghiệm trên ngọn lửa đèn cồn hoặc đặt vào cốc nước nóng, sau đó làm nguội.

11 Thực hiện Thí nghiệm 3 tạo iodoform. Từ phương trình hoá học, xác định vai trò của I_2 và NaOH trong phản ứng tạo iodoform.



▲ **Hình 18.3. Phản ứng tạo iodoform**

CHÚ Ý

Trong thí nghiệm bên, tiến hành làm nóng để thấy rõ hơn sản phẩm tạo thành.

Sau phản ứng, thu được kết tủa vàng nhạt của CHI_3. Phương trình hoá học của phản ứng:

$$CH_3–CHO + 3I_2 + 4NaOH \rightarrow CHI_3\downarrow + H–COONa + 3NaI + 3H_2O$$

Phản ứng xảy ra tương tự đối với acetone:

$$CH_3COCH_3 + 3I_2 + 4NaOH \rightarrow CHI_3\downarrow + CH_3COONa + 3NaI + 3H_2O$$

Hoàn thành các phương trình hoá học của các phản ứng sau:

a) $HCHO + [Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow$

b) $C_2H_5CHO + Cu(OH)_2 + NaOH \rightarrow$

c) $C_2H_5CHO + HCN \rightarrow$

- Aldehyde, ketone có phản ứng cộng với HCN tạo thành sản phẩm cyanohydrin.
- Các aldehyde và ketone có nhóm methyl cạnh nhóm carbonyl (CH_3CO–) tham gia được phản ứng tạo iodoform.

Cho các hợp chất sau: methanal, pentan-3-one, butanone. Hợp chất nào trong các chất trên tham gia được phản ứng tạo iodoform? Giải thích.

5 ỨNG DỤNG CỦA HỢP CHẤT CARBONYL

Trình bày ứng dụng của hợp chất carbonyl

Formaldehyde: ứng dụng trong công nghiệp dệt, nhựa, chất dẻo, xây dựng, mỹ phẩm, keo dán, thuốc nổ, giấy than, mực máy photocopy, … Ngoài ra, formaldehyde được sử dụng trong nông nghiệp và thuỷ sản.

Acetaldehyde được dùng nhiều trong tổng hợp hữu cơ. Ví dụ sản xuất acetic acid, acetic anhydride, butanol, …

Acetone là dung môi tốt trong sản xuất tơ nhân tạo, thuốc súng không khói, dùng để pha loãng nhựa polyester và được sử dụng trong các chất tẩy rửa. Acetone là nguyên liệu để tổng hợp nhiều chất hữu cơ như chloroform, iodoform, methyl methacrylate, thuốc an thần sulfonal, …

Benzaldehyde được dùng để sản xuất phẩm nhuộm và nhiều hoá chất khác nhau.

12 Đọc thông tin về những ứng dụng của một số hợp chất carbonyl thường gặp, trình bày các ứng dụng của formaldehyde, acetaldehyde và acetone.

Vì sao acetone được dùng làm dung môi để lau sơn móng tay?

▲ Acetone để lau sơn móng tay

6 ĐIỀU CHẾ

Tìm hiểu các phương pháp điều chế hợp chất carbonyl

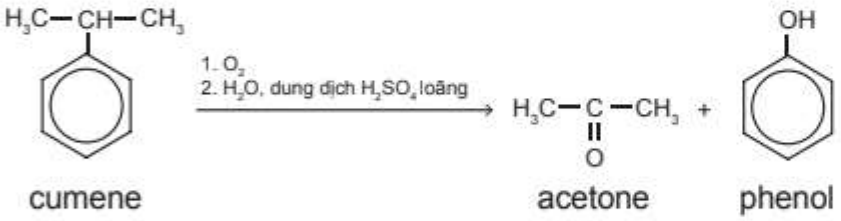
1. Acetaldehyde

Từ ethene (ethylene)

$$2CH_2{=}CH_2 + O_2 \xrightarrow{PbCl_2,\ CuCl_2} 2CH_3CHO$$

2. Acetone

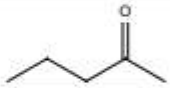
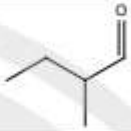
Từ cumene (isopropylbenzene):



- Aldehyde và ketone có nhiều ứng dụng trong sản xuất và đời sống hằng ngày.
- Acetaldehyde được điều chế từ C_2H_4. Acetone được điều chế từ cumene.

BÀI TẬP

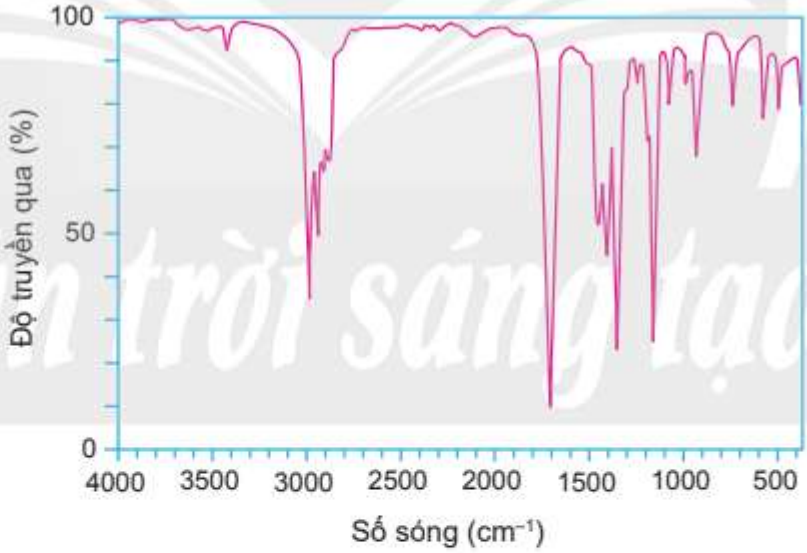
1. Hoàn thành thông tin còn thiếu vào bảng theo mẫu sau:

Tên gọi hợp chất	Công thức cấu tạo thu gọn	Công thức khung phân tử	Loại hợp chất
?	$(CH_3)_2CHCHO$	?	?
?	?		?
?	$CH_3CH_2COCH_2CH_3$	?	?
benzaldehyde	?	?	?
?	?		?
?	*p*-$CH_3C_6H_4CHO$	?	?

2. Cho các chất sau: (1) C_3H_8, (2) C_2H_5OH, (3) CH_3CHO. Sắp xếp các chất theo chiều tăng dần nhiệt độ sôi và độ tan trong nước. Giải thích.

3. Viết công thức cấu tạo các hợp chất carbonyl có công thức phân tử $C_5H_{10}O$. Gọi tên theo danh pháp thay thế và tên thông thường (nếu có) của các đồng phân.

4. Khi đo phổ IR của hợp chất X thu được kết quả ở hình dưới:



Bằng phương pháp phân tích nguyên tố, xác định được thành phần các nguyên tố của hợp chất X chứa 66,66 %C, 11,11 %H về khối lượng, còn lại là O. Trên phổ MS của X, có peak ion phân tử $[M^+]$ có giá trị *m/z* bằng 72.

Chất X bị khử bởi $LiAlH_4$ tạo thành alcohol bậc II. Xác định công thức cấu tạo của X.

Bài 19

CARBOXYLIC ACID

MỤC TIÊU

- Nêu được khái niệm về carboxylic acid.
- Viết được công thức cấu tạo và gọi được tên một số acid theo danh pháp thay thế (C1 – C5) và một vài acid thường gặp theo tên thông thường.
- Trình bày được đặc điểm cấu tạo và hình dạng phân tử acetic acid.
- Nêu và giải thích được đặc điểm về tính chất vật lí (trạng thái, nhiệt độ sôi, tính tan) của carboxylic acid.
- Trình bày được tính chất hoá học cơ bản của carboxylic acid: Thể hiện tính acid (Phản ứng với chất chỉ thị, phản ứng với kim loại, oxide kim loại, base, muối) và phản ứng ester hoá.
- Thực hiện được thí nghiệm về phản ứng của acetic acid (hoặc citric acid) với quỳ tím, sodium carbonate (hoặc calcium carbonate), magnesium; điều chế ethyl acetate (hoặc quan sát qua video thí nghiệm); mô tả được các hiện tượng thí nghiệm và giải thích được tính chất hoá học của carboxylic acid.
- Trình bày được ứng dụng của một số carboxylic acid thông dụng và phương pháp điều chế carboxylic acid (điều chế acetic acid bằng phương pháp lên men giấm và phản ứng oxi hoá alkane).

Một số loại acid hữu cơ được dùng trong, thực phẩm như acetic acid, lactic acid. Thường gặp nhất là carboxylic acid, có nhiều trong tự nhiên như trong thành phần của các loại trái cây, chúng gây ra vị chua và một số mùi quen thuộc. Carboxylic acid là gì? Những tính chất nào đặc trưng cho carboxylic acid?

Butyric acid (có trong bơ)

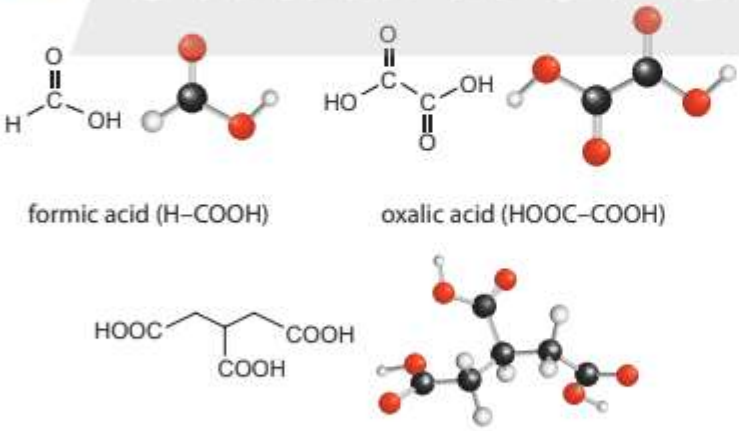
Lactic acid (có trong sữa chua)

Citric acid (có trong quả cam, chanh)

▲ **Một số carboxylic acid trong tự nhiên và trong cuộc sống**

1 KHÁI NIỆM – CẤU TRÚC – DANH PHÁP

Tìm hiểu về khái niệm, cấu trúc của carboxylic acid



formic acid (H–COOH)

oxalic acid (HOOC–COOH)

propane-1,2,3-tricarboxylic acid (HOOC–$CH_2CH(COOH)CH_2$–COOH)

▲ **Hình 19.1. Cấu trúc phân tử của một số carboxylic acid**

1 Quan sát Hình 19.1 hãy nêu đặc điểm chung về cấu tạo của carboxylic acid, nêu điểm khác về cấu tạo của carboxylic acid so với cấu tạo của aldehyde và ketone.

Nhóm chức carboxyl (–COOH) gồm nhóm hydroxy (–OH) liên kết với nhóm carbonyl ($>C=O$).

Các hợp chất chứa nhóm carboxyl gọi là carboxylic acid.

Carboxylic acid trong phân tử có 1 nhóm –COOH gọi là monocarboxylic acid hay còn gọi là acid hữu cơ đơn chức.

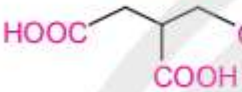
Ví dụ 1: C_2H_5COOH: propionic acid

$CH_2=CHCOOH$: acrylic acid

: benzoic acid

Carboxylic acid chứa từ 2 nhóm chức COOH trở lên gọi là acid hữu cơ đa chức.

Ví dụ 2: $HOOC-CH_2-COOH$: malonic acid



: propane-1,2,3-tricarboxylic acid

Formic acid (HCOOH), acetic acid (CH_3COOH), propionic acid (C_2H_5COOH), … tạo thành dãy đồng đẳng carboxylic acid đơn chức, no, mạch hở có công thức chung $C_nH_{2n+1}COOH$ ($n \geq 0$).

Trình bày đặc điểm cấu tạo, hình dạng phân tử và tính chất của acetic acid

Hình 19.2. Cấu tạo và mô hình phân tử của acetic acid

Acetic acid nguyên chất là chất lỏng, mùi xốc, dễ gây bỏng da. Acetic acid nguyên chất đông đặc ở 16 °C tạo thành tinh thể giống nước đá được gọi là "acetic acid băng".

1. Hãy viết công thức cấu tạo của các carboxylic acid đơn chức có công thức phân tử $C_4H_8O_2$.

2. Hãy chỉ ra hợp chất carboxylic acid trong số các chất sau đây: CH_3CHO (1), C_6H_5OH (2), $CH_2=CH-COOH$ (3), HOOC–COOH (4).

- Carboxylic acid là hợp chất hữu cơ mà phân tử có nhóm carboxyl (–COOH) liên kết trực tiếp với nguyên tử carbon (của gốc hydrocarbon hoặc của nhóm –COOH khác) hoặc nguyên tử hydrogen.
- Công thức chung của carboxylic acid đơn chức, no, mạch hở: $C_nH_{2n+1}COOH$ ($n \geq 0$).

Viết công thức cấu tạo và gọi tên một số carboxylic acid

Bảng 19.1. Công thức cấu tạo và tên gọi của một số carboxylic acid

Công thức cấu tạo	Tên theo danh pháp thay thế	Tên thông thường
HCOOH	methanoic acid	formic acid
CH_3COOH	ethanoic acid	acetic acid
CH_3CH_2COOH	propanoic acid	propionic acid
$CH_3CH_2CH_2COOH$	butanoic acid	butyric acid
$CH_3[CH_2]_3COOH$	pentanoic acid	valeric acid
$CH_2=CHCOOH$	propenoic acid	acrylic acid
$CH_2=C(CH_3)COOH$	2-methylpropenoic acid	methacrylic acid
HOOC–COOH	ethanedioic acid	oxalic acid
HOOC–$[CH_2]_4$–COOH	hexane-1,6-dioic acid	adipic acid
C_6H_5COOH	benzoic acid	benzoic acid

2 Dựa vào Bảng 19.1, rút ra cách gọi tên carboxylic acid theo danh pháp thay thế.

1. Gọi tên theo danh pháp thay thế của các carboxylic acid sau:

a) $(CH_3)_2CH–COOH$ b) $(CH_3)_3C–COOH$

c) $CH_3CH=CH–COOH$ d) $CH_2CH=C(CH_3)–COOH$

2. Viết công thức cấu tạo của các carboxylic acid có tên sau:

(a) Propanoic acid (b) Pent-3-enoic acid

3. Viết công thức cấu tạo các đồng phân acid có công thức phân tử $C_5H_{10}O_2$. Gọi tên theo danh pháp thay thế của các đồng phân đó.

Tên theo danh pháp thay thế của carboxylic acid đơn chức, mạch hở:

Số chỉ vị trí nhánh-Tên nhánh | **Tên hydrocarbon ứng với mạch chính (bỏ kí tự e ở cuối)** | **oic** | **acid**

Mạch chính là mạch carbon dài nhất chứa nhóm –COOH.
Đánh số nguyên tử carbon của nhóm –COOH là 1.

Chân trời sáng tạo

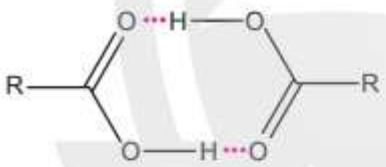
2 TÍNH CHẤT VẬT LÍ

Tìm hiểu đặc điểm về trạng thái, nhiệt độ sôi và tính tan của carboxylic acid

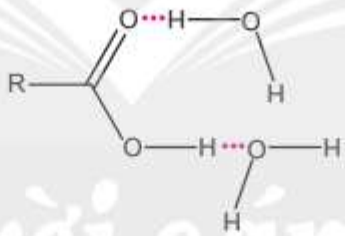
Bảng 19.2. Thông số vật lí của một số carboxylic acid(*)

Carboxylic acid	Trạng thái	Nhiệt độ sôi (°C)	Độ tan g/100g H_2O
HCOOH	Lỏng	100,7	Tan vô hạn
CH_3COOH	Lỏng	117,9	Tan vô hạn
C_2H_5COOH	Lỏng	141,0	Tan vô hạn
$CH_3CH_2CH_2COOH$	Lỏng	163,0	Tan vô hạn
$CH_3[CH_2]_3COOH$	Lỏng	186,3	4,0
$CH_3[CH_2]_4COOH$	Lỏng	206,0	1,1
$CH_2=CH-COOH$	Lỏng	141,6	Tan vô hạn
C_6H_5COOH	Rắn	249,0	0,3
HOOC–COOH	Rắn	365,0	8,6

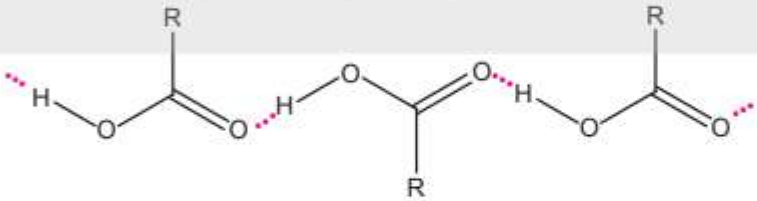
Do cấu tạo của nhóm carboxyl nên carboxylic acid có khả năng tạo thành liên kết hydrogen bền vững hơn liên kết hydrogen giữa các phân tử alcohol, do đó ảnh hưởng lớn đến tính chất vật lí của chúng.



Liên kết hydrogen dạng dimer



Liên kết hydrogen giữa các phân tử carboxylic acid và nước



Liên kết hydrogen giữa các phân tử carboxylic acid (dạng polymer)

Hình 19.3. Liên kết hydrogen giữa carboxylic acid và nước, giữa các phân tử carboxylic acid với nhau

Nhiệt độ sôi của carboxylic acid cao hơn nhiệt độ sôi của alcohol, aldehyde, ketone tương ứng vì có liên kết hydrogen giữa 2 phân tử hoặc giữa nhiều phân tử.

3 So sánh nhiệt độ sôi của butanoic acid với nhiệt độ sôi của các chất trong bảng sau. Giải thích.

Chất	Công thức	Nhiệt độ sôi (°C)
Butane	$CH_3CH_2CH_2CH_3$	–0,5
Butanal	$CH_3CH_2CH_2CHO$	76
Butan-1-ol	$CH_3CH_2CH_2CH_2OH$	117,7
Butanoic acid	$CH_3CH_2CH_2COOH$	163,0

4 Vì sao acetic acid tan vô hạn trong nước?

Hãy sắp xếp theo chiều tăng dần nhiệt độ sôi của các chất sau, giải thích.

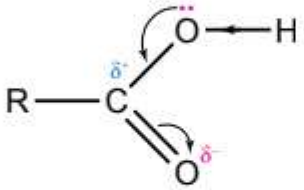
(1) C_3H_8 (2) C_2H_5COOH

(3) C_2H_5CHO (4) C_3H_7OH

(*) *Nguồn:* William H. Brown, Thomas Poon, *Introduction to Organic Chemistry* (2016), Wiley Binder Version (USA).

Nhờ khả năng tạo liên kết hydrogen với nước, các carboxylic acid đầu dãy tan vô hạn trong nước. Độ tan giảm dần theo độ tăng chiều dài mạch carbon.

3 TÍNH CHẤT HOÁ HỌC



Nhóm >C=O hút electron nên liên kết O–H trong carboxylic acid phân cực hơn so với alcohol, phenol.

Trong dung dịch nước, carboxylic acid phân li theo cân bằng:

$$RCOOH \rightleftharpoons RCOO^- + H^+$$

Bảng 19.3. Giá trị K_a của một số carboxylic acid ở 25 °C(*)

Carboxylic acid	K_a
HCOOH	$1,6 \times 10^{-4}$
CH_3COOH	$1,3 \times 10^{-5}$
CH_3CH_2COOH	$1,34 \times 10^{-5}$
$CH_3CH_2CH_2COOH$	$1,55 \times 10^{-5}$
C_6H_5COOH	$6,6 \times 10^{-5}$

5 Từ đặc điểm cấu tạo nhóm carboxyl, dự đoán tính chất hoá học đặc trưng của hợp chất carboxylic acid.

6 Biết K_a (hằng số phân li acid) của R–COOH theo biểu thức sau: $K_a = \frac{[H^+].[RCOO^-]}{[RCOOH]}$.

Dựa vào Bảng 19.3, nhận xét về tính acid của carboxylic acid. Nêu tính chất hoá học đặc trưng của chúng.

1. Tính acid

Thí nghiệm tính acid của carboxylic acid

Thí nghiệm 1. Tính chất acid của carboxylic acid

Dụng cụ: ống nghiệm, kẹp gỗ, ống hút nhỏ giọt, thìa lấy hoá chất.

Hoá chất: acetic acid (CH_3COOH), sodium carbonate (Na_2CO_3) hoặc đá vôi ($CaCO_3$), magnesium (Mg), quỳ tím.

Tiến hành:

Bước 1: Dùng ống hút nhỏ giọt, nhỏ vài giọt dung dịch acetic acid lên mẩu giấy quỳ tím.

Bước 2: Cho vào 2 ống nghiệm, mỗi ống khoảng 2 mL dung dịch acetic acid.

Bước 3: Cho vào ống nghiệm thứ nhất vài mẩu magnesium, vào ống nghiệm thứ hai 1 thìa sodium carbonate (hoặc vài mẩu đá vôi nhỏ).

Acetic acid chỉ phân li một phần thành hydronium cation H_3O^+.

$$CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_3O^+$$

Carboxylic acid thể hiện tính acid yếu.

7 Tiến hành Thí nghiệm 1 theo hướng dẫn. Nêu hiện tượng xảy ra. Giải thích và viết phương trình hoá học của phản ứng.

Hãy lựa chọn hoá chất hợp lí để làm sạch lớp cặn trong các dụng cụ đun và chứa nước nóng. Giải thích.

(*) *Nguồn:* Maitland Jones. Jr, Steven A. Fleming, *Organic Chemistry* (2014, 5th edition), W. W. Norton & Company.

1. Hoàn thành các phương trình hoá học của các phản ứng sau:

a) $(CH_3)_2CHCOOH + Ca \rightarrow$ b) $HOOC-COOH + NaOH \rightarrow$ c) $HCOOH + Na_2CO_3 \rightarrow$ d) $C_2H_5COOH + CuO \rightarrow$

2. Trình bày cách phân biệt các dung dịch sau bằng phương pháp hoá học: ethanol, acetaldehyde, acetic acid và acrylic acid.

2. Phản ứng ester hoá

Thí nghiệm điều chế ethyl acetate

Thí nghiệm 2. Phản ứng ester hoá

Dụng cụ: giá sắt, đèn cồn, cốc thuỷ tinh 250 mL, ống nghiệm, ống dẫn khí, nút cao su có khoan lỗ.

Hoá chất: cồn 96°, acetic acid (CH_3COOH), dung dịch sulfuric acid đặc (H_2SO_4), dung dịch sodium chloride bão hoà, đá bọt, nước đá.

Tiến hành:

Bước 1: Cho vào ống nghiệm 2 mL cồn 96° và khoảng 2 mL acetic acid. Cho tiếp khoảng 2 mL dung dịch H_2SO_4 đậm đặc, vừa cho vừa lắc ống nghiệm. Cho thêm vài viên đá bọt vào ống nghiệm. Đậy ống nghiệm bằng nút có ống dẫn khí xuyên qua.

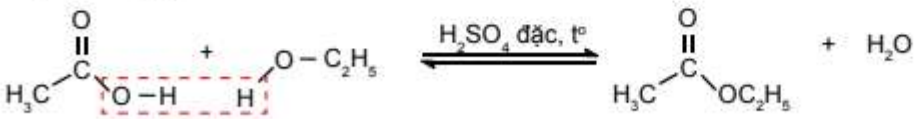
Bước 2: Lắp ống nghiệm điều chế vào giá sắt như Hình 19.4. Ống nghiệm thu sản phẩm có cho sẵn khoảng 2 mL dung dịch NaCl bão hoà và được đặt trong 1 cốc nước đá.

Hình 19.4. Phản ứng ester hoá

Bước 3: Dùng đèn cồn hơ nóng đều ống nghiệm rồi đun tập trung ở đáy ống nghiệm. Khi trong ống nghiệm thu sản phẩm tạo thành khoảng 1 mL chất lỏng thì ngừng đun. Đưa ống nghiệm thu sản phẩm ra khỏi cốc.

Bước 4: Quan sát trạng thái của sản phẩm. Lấy tay phẩy nhẹ trên miệng ống nghiệm và nhận xét mùi sản phẩm.

Carboxylic acid tác dụng với alcohol tạo sản phẩm là ester và nước. Phản ứng ester hoá là phản ứng thuận nghịch, xảy ra chậm ở điều kiện thường.



ethyl acetate (có mùi đặc trưng)

8 Tiến hành Thí nghiệm 2 theo các bước. Quan sát, nêu hiện tượng.
Dấu hiệu nào giúp nhận biết có sản phẩm mới được tạo thành? Giải thích.

9 Nêu vai trò của dung dịch H_2SO_4 đặc, đá bọt và dung dịch NaCl bão hoà.

10 Nêu một số biện pháp để nâng cao hiệu suất của phản ứng.

Viết phản ứng tạo thành ester có công thức CH_3-COO-CH_3 từ acid và alcohol tương ứng. Tìm hiểu ứng dụng của ester trên trong thực tiễn.

CHÚ Ý

Cẩn thận với sulfuric acid đặc, đeo kính bảo hộ, găng tay khi làm thí nghiệm.

Carboxylic acid có những tính chất hoá học:
– Làm đổi màu giấy quỳ tím.
– Phản ứng với một số kim loại, oxide base, base, muối, …
– Với alcohol tạo phản ứng ester.

4 ỨNG DỤNG CỦA MỘT SỐ CARBOXYLIC ACID THÔNG DỤNG

Tìm hiểu ứng dụng của một số carboxylic acid

Hình 19.5. Một số ứng dụng của carboxylic acid

11 Quan sát Hình 19.5, nêu một số ứng dụng của carboxylic acid.

Formic acid được dùng làm chất cầm màu trong công nghiệp nhuộm, da, cao su, mạ điện, sáp và làm dung môi.

Acetic acid được dùng để sản xuất các hợp chất hoá học: vinyl acetate ($CH_3–COOCH=CH_2$), acetic anhydride ($(H_3C–CO)_2O$) và acetate ester ($CH_3–COO–R$).

Lactic acid ($CH_3CH(OH)COOH$) là hợp chất có vai trò quan trọng đối với sức khoẻ con người, có chức năng bảo vệ trạng thái cân bằng của vi sinh vật trong đường ruột và hạ độ pH. Lactic acid được dùng trong lĩnh vực thực phẩm như bảo quản rau quả, sản xuất bánh kẹo, sữa chua, bia, rượu và các đồ uống khác. Là thành phần quan trọng trong ngành công nghiệp mĩ phẩm.

Propanoic acid được sử dụng làm chất bảo quản thực phẩm, sản xuất một số thuốc trừ sâu, dược phẩm và sản xuất các ester làm dung môi hay tạo mùi nhân tạo.

Benzoic acid được dùng trong tổng hợp phẩm nhuộm, trong y học và công nghiệp dược phẩm.

Acrylic acid và methacrylic acid dùng để tổng hợp polymer.

Carboxylic acid có nhiều ứng dụng trong các lĩnh vực như: thực phẩm, dược phẩm, mĩ phẩm, y tế, phẩm nhuộm, ...

5 ĐIỀU CHẾ

Tìm hiểu phương pháp điều chế carboxylic acid

Phương pháp lên men giấm: Sử dụng men giấm để oxi hoá ethanol bằng oxygen không khí thành acetic acid.

$$CH_3CH_2OH + O_2 \xrightarrow{\text{men giấm, } 20\,^{\circ}C - 30\,^{\circ}C} CH_3COOH + H_2O$$

Phương pháp oxi hoá alkane:

Oxi hoá không hoàn toàn các alkane tạo thành các carboxylic acid.

$$2R{-}CH_2{-}CH_2{-}R' + 5O_2 \xrightarrow{\text{xt, } t^{o}} 2RCOOH + 2R'COOH + 2H_2O$$

Ví dụ 3: Acetic acid được sản xuất từ butane (C_4H_{10}) có xúc tác ở nhiệt độ cao.

$$2C_4H_{10} + 5O_2 \xrightarrow{\text{xt, } 180\,^{\circ}C, 50 \text{ bar}} 4CH_3COOH + 2H_2O$$

12 Phương pháp điều chế acetic acid bằng cách lên men giấm cần thực hiện trong những điều kiện nào? Giải thích. Nêu ứng dụng trong thực tiễn của phương pháp trên.

Acetic acid có thể được điều chế bằng phương pháp lên men giấm hoặc từ butane.

Tìm hiểu phương pháp lên men giấm và thực hành làm giấm ăn từ các nguồn nguyên liệu có sẵn để sử dụng trong gia đình.

Formic acid hiện nay được sản xuất bằng cách cho methanol tác dụng với carbon monoxide khi có xúc tác thích hợp tạo ra methyl formate, sau đó, tiến hành thuỷ phân methyl formate tạo sản phẩm formic acid.

$$CH_3OH + CO \xrightarrow{\text{xt, } t^{o}} HCOOCH_3$$

$$HCOOCH_3 + H_2O \rightarrow HCOOH + CH_3OH$$

Điều chế acetic acid bằng phương pháp carbonyl hoá methanol.

$$CH_3OH + CO \xrightarrow{\text{xt, } t^{o}} CH_3COOH$$

Do methanol và carbon monoxide được điều chế từ methane có sẵn trong khí thiên nhiên và khí mỏ dầu nên chi phí sản xuất rẻ, tạo sản phẩm với giá thành thấp.

BÀI TẬP

1. Viết phương trình hoá học các phản ứng theo sơ đồ sau, ghi rõ điều kiện của phản ứng (nếu có):

$$CH_2{=}CH_2 \rightarrow CH_3CH_2OH \rightarrow CH_3COOC_2H_5$$

2. Xác định các chất X, Y, Z và hoàn thành các phản ứng sau:

a) sodium hydroxide + X → sodium methanoate + nước

b) 3-methylbutanoic acid + Mg → Y + Z

3. Bằng kiến thức hoá học, em hãy giải thích các cách làm sau đây:

a) Khi đồ dùng có đốm gỉ, sử dụng giấm để lau chùi, vết gỉ sẽ hết.

b) Khi thực hiện lên men rượu cần ủ kín, còn khi lên men giấm cần để thoáng.

4. Điều chế ethyl acetate bằng cách cho 6 gam acetic acid tác dụng với 5,2 gam ethanol có xúc tác là dung dịch sulfuric acid đặc và đun nóng, thu được 5,28 gam ester. Tính hiệu suất của phản ứng.

Chân trời sáng tạo

GIẢI THÍCH THUẬT NGỮ

Thuật ngữ	Giải thích	Trang
nhiên liệu hoá thạch	nhiên liệu được tạo thành bởi quá trình phân huỷ kị khí của các sinh vật chết bị chôn vùi và biến đổi hàng triệu năm trước.	38
phản ứng cộng	hai (hay nhiều) phân tử kết hợp với nhau để tạo thành một phân tử hợp chất hữu cơ lớn hơn.	78
phản ứng tách	hai hay nhiều nguyên tử (nhóm nguyên tử) bị tách ra khỏi hợp chất hữu cơ mà không có nguyên tử hay nhóm nguyên tử nào thay thế.	96
phản ứng thế	một nguyên tử (nhóm nguyên tử) ở phân tử hữu cơ bị thế bởi một nguyên tử (nhóm nguyên tử) khác.	95
polymer	hợp chất có khối lượng phân tử lớn (hợp chất cao phân tử) và trong cấu trúc lặp đi lặp lại nhiều lần những mắt xích cơ bản.	60

Chân trời sáng tạo

Chân trời sáng tạo

Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam xin trân trọng cảm ơn các tác giả có tác phẩm, tư liệu được sử dụng, trích dẫn trong cuốn sách này.

Chịu trách nhiệm xuất bản:
Tổng Giám đốc HOÀNG LÊ BÁCH

Chịu trách nhiệm nội dung:
Tổng biên tập PHẠM VĨNH THÁI

Biên tập nội dung: PHẠM BẢO QUÝ – PHẠM CÔNG TRÌNH
Thiết kế sách: HOÀNG CAO HIỀN
Trình bày bìa: ĐẶNG NGỌC HÀ – TỐNG THANH THẢO
Minh hoạ: PHAN THỊ NGỌC ANH
Sửa bản in: PHẠM BẢO QUÝ – PHẠM CÔNG TRÌNH
Chế bản: CÔNG TY CP DỊCH VỤ XBGD GIA ĐỊNH

Chân trời sáng tạo

Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam xin trân trọng cảm ơn các tác giả có tác phẩm, tư liệu được sử dụng, trích dẫn trong cuốn sách này.

Chịu trách nhiệm xuất bản:
Tổng Giám đốc HOÀNG LÊ BÁCH

Chịu trách nhiệm nội dung:
Tổng biên tập PHẠM VĨNH THÁI

Biên tập nội dung: PHẠM BẢO QUÝ – PHẠM CÔNG TRÌNH
Thiết kế sách: HOÀNG CAO HIỀN
Trình bày bìa: ĐẶNG NGỌC HÀ – TỐNG THANH THẢO
Minh hoạ: PHAN THỊ NGỌC ANH
Sửa bản in: PHẠM BẢO QUÝ – PHẠM CÔNG TRÌNH
Chế bản: CÔNG TY CP DỊCH VỤ XBGD GIA ĐỊNH

Bản quyền thuộc Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam.

Tất cả các phần của nội dung cuốn sách này đều không được sao chép, lưu trữ, chuyển thể dưới bất kì hình thức nào khi chưa có sự cho phép bằng văn bản của Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam.

HOÁ HỌC 11 (CHÂN TRỜI SÁNG TẠO)

Mã số:
In ..... bản, (QĐ in số ....) khổ 19 x 26,5 cm
Đơn vị in: .....
Địa chỉ: .....
Số ĐKXB:
Số QĐXB: ....., ngày .... tháng .... năm 20...
In xong và nộp lưu chiểu tháng .... năm 20...
Mã số ISBN:

HUÂN CHƯƠNG HỒ CHÍ MINH

BỘ SÁCH GIÁO KHOA LỚP 11 – CHÂN TRỜI SÁNG TẠO

1. Toán 11, Tập một
2. Toán 11, Tập hai
3. Chuyên đề học tập Toán 11
4. Ngữ văn 11, Tập một
5. Ngữ văn 11, Tập hai
6. Chuyên đề học tập Ngữ văn 11
7. Tiếng Anh 11
   Friends Global - Student Book
8. Lịch sử 11
9. Chuyên đề học tập Lịch sử 11
10. Địa lí 11
11. Chuyên đề học tập Địa lí 11
12. Giáo dục kinh tế và pháp luật 11
13. Chuyên đề học tập Giáo dục kinh tế và pháp luật 11
14. Vật lí 11
15. Chuyên đề học tập Vật lí 11
16. Hoá học 11
17. Chuyên đề học tập Hoá học11
18. Sinh học 11
19. Chuyên đề học tập Sinh học11
20. Âm nhạc 11
21. Chuyên đề học tập Âm nhạc 11
22. Hoạt động trải nghiệm, hướng nghiệp 11 (1)
23. Hoạt động trải nghiệm, hướng nghiệp 11 (2)
24. Giáo dục quốc phòng và an ninh 11

Các đơn vị đầu mối phát hành

- **Miền Bắc:** CTCP Đầu tư và Phát triển Giáo dục Hà Nội
  CTCP Sách và Thiết bị Giáo dục miền Bắc
- **Miền Trung:** CTCP Đầu tư và Phát triển Giáo dục Đà Nẵng
  CTCP Sách và Thiết bị Giáo dục miền Trung
- **Miền Nam:** CTCP Đầu tư và Phát triển Giáo dục Phương Nam
  CTCP Sách và Thiết bị Giáo dục miền Nam
  CTCP Sách và Thiết bị Giáo dục Cửu Long

Sách điện tử: http://hanhtrangso.nxbgd.vn

Kích hoạt để mở học liệu điện tử: Cào lớp nhũ trên tem để nhận mã số. Truy cập http://hanhtrangso.nxbgd.vn và nhập mã số tại biểu tượng chìa khoá.