

ỦY BAN NHÂN DÂN TỈNH BẮC NINH
TRƯỜNG CAO ĐẲNG Y TẾ

GIÁO TRÌNH
HÓA PHÂN TÍCH I

NGÀNH: DƯỢC
TRÌNH ĐỘ: CAO ĐẲNG

*(Ban hành kèm theo Quyết định số: 124/QĐ-CDYT ngày 25 tháng 6 năm 2018
của Hiệu trưởng trường Cao đẳng Y tế Bắc Ninh)*

Bắc Ninh, năm 2018

TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN

Tài liệu này thuộc loại sách giáo trình nên các nguồn thông tin có thể được phép dùng nguyên bản hoặc trích dùng cho các mục đích về đào tạo và tham khảo.

Mọi mục đích khác mang tính lệch lạc hoặc sử dụng với mục đích kinh doanh thiếu lành mạnh sẽ bị nghiêm cấm.

TaiLieu.vn

LỜI GIỚI THIỆU

Để thực hiện chủ trương của Bộ Y tế về việc đổi mới công tác đào tạo nhằm nâng cao chất lượng giáo dục, Trường cao đẳng Y tế Bắc Ninh tổ chức biên soạn cuốn giáo trình Hóa phân tích I dùng làm tài liệu giảng dạy của giảng viên và sinh viên theo phương pháp dạy và học tích cực.

Giáo trình cung cấp các kiến thức cơ bản, kỹ năng thực hành phân tích định tính để áp dụng trong định tính các chất. Qua đó rèn luyện được tác phong làm việc khoa học, thận trọng, chính xác, trung thực trong hoạt động nghề nghiệp khi ra trường.

Do lần đầu biên soạn theo phương pháp mới nên chắc chắn nội dung cuốn sách còn nhiều thiếu sót. Chúng tôi mong nhận được nhiều ý kiến đóng góp của bạn đồng nghiệp.

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn sự cộng tác tích cực của các tác giả và các bạn đồng nghiệp.

NHÓM BIÊN SOẠN

Tham gia biên soạn:

1. Nguyễn Thị Nga
2. Nguyễn Thị Hoàn
3. Nguyễn Thị Ngọc Hà

Tailieu.vn

MỤC LỤC

GIÁO TRÌNH.....	1
TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN	2
LỜI NÓI ĐẦU	3
MỤC LỤC.....	5
Môn học: HÓA PHÂN TÍCH I	1
Bài 1. ĐẠI CƯƠNG VỀ HÓA PHÂN TÍCH - MỘT SỐ KHÁI NIỆM VÀ ĐỊNH LUẬT CƠ BẢN TRONG HÓA HỌC	4
Bài 2. CẤU TẠO CHẤT.....	21
Bài 3. CÁC NGUYÊN LÝ NHIỆT ĐỘNG HÓA HỌC	36
Bài 4. DUNG DỊCH - CÂN BẰNG HÓA HỌC.....	48
Bài 5. pH VÀ DUNG DỊCH ĐỆM	63
Bài 6. KIM LOẠI PHÂN NHÓM A.....	70
Bài 7. KIM LOẠI PHÂN NHÓM B	80
Bài 8. PHI KIM VÀ HỢP CHẤT CỦA PHI KIM	97
Bài 9. DỤNG CỤ VÀ KỸ THUẬT THỰC NGHIỆM CƠ BẢN TRONG PHÒNG THÍ NGHIỆM HÓA PHÂN TÍCH	113
Bài 10. XÁC ĐỊNH CÁC CATION NHÓM I.....	119
Bài 11. XÁC ĐỊNH CATION NHÓM II.....	122
Bài 12. XÁC ĐỊNH CATION NHÓM III	124
Bài 13. XÁC ĐỊNH CATION NHÓM IV	127
Bài 14. XÁC ĐỊNH CATION NHÓM V	130
Bài 15. XÁC ĐỊNH CATION NHÓM VI	133
Bài 16. XÁC ĐỊNH ANION NHÓM I	136
Bài 17. XÁC ĐỊNH ANION NHÓM II, III.....	140
Bài 18. XÁC ĐỊNH CATION VÀ ANION TRONG DUNG DỊCH MUỐI VÔ CỐ	144
PHỤ LỤC I. HƯỚNG DẪN SINH VIÊN TỰ HỌC	149
PHỤ LỤC 2. MẪU PHIẾU CHẤM ĐIỂM CHUYÊN CẦN TỰ HỌC THEO NHÓM.....	164

CHƯƠNG TRÌNH MÔN HỌC

Môn học: HÓA PHÂN TÍCH I

Mã môn học:

Thời gian thực hiện môn học : 84 giờ; (Lý thuyết: 52 giờ; Thực hành: 30 giờ; Kiểm tra: 2 giờ)

I. Vị trí, tính chất của môn học:

1. Vị trí: là môn học cơ sở ngành trong chương trình giáo dục chuyên ngành Dược sỹ Cao đẳng hệ 3 năm. Thực hiện ở kỳ 2 năm thứ nhất.
2. Tính chất: Là môn học tích hợp. Môn học này cung cấp cho sinh viên:
 - Những tính chất cơ bản của kim loại, phi kim và các hợp chất của chúng; một số chức hữu cơ và ý nghĩa trong Y Dược.
 - Những kiến thức cơ bản về nhận biết một chất.
 - Kỹ năng nhận biết thành phần của một chất.

II. Mục tiêu môn học

Về kiến thức

1. Giải thích được tính chất cơ bản của kim loại, phi kim và ý nghĩa trong Y, Dược.
2. Giải thích được các hiện tượng xảy ra và viết được phương trình phản ứng của các cation và anion tác dụng với thuốc thử.

Về kỹ năng

3. Chuẩn bị đầy đủ các phương tiện đáp ứng điều kiện thực hiện các kỹ thuật phân tích định tính tại phòng thực hành
4. Vận hành, quản lý, sử dụng các trang thiết bị trong phòng thực hành đúng quy định.
5. Thực hiện các kỹ thuật phân tích định tính các chất đúng quy trình, đảm bảo chính xác, an toàn.
6. Đánh giá được kết quả sau khi thực hiện các kỹ thuật phân tích định tính các chất.

Về năng lực tự chủ và trách nhiệm

7. Thể hiện thái độ chuyên cần, tỉ mỉ, cẩn thận trong quá trình thực hành.

8. Tôn trọng các nguyên tắc của quy trình kỹ thuật để đảm bảo an toàn trong phòng thực hành.

9. Phát huy năng lực cá nhân và phối hợp làm việc nhóm trong quá trình thực hiện quy trình kỹ thuật phân tích định tính.

III. Nội dung môn học

Buổi	Tên bài	Thời gian (giờ)			
		Tổng số	Lý thuyết	Thực hành	Kiểm tra
B1	Bài 1. Đại cương về hóa phân tích - Một số khái niệm và định luật cơ bản trong hóa học	4	4		
B2	Bài 2. Cấu tạo chất	4	4		
B3	Bài 3. Các nguyên lý nhiệt động học	4	4		
B4	Bài 4. Dung dịch – cân bằng hóa học	4	4		
B5	Bài 5. Điện hóa học	2	2		
	Bài 6. Hệ keo và phức chất	2	2		
B6	Bài 7. pH và dung dịch đệm	4	4		
B7; B8	Bài 8. Kim loại phân nhóm A	8	8		
B9; B10	Bài 9. Kim loại phân nhóm B	8	8		
B11	Bài 10. Phi kim và hợp chất của phi kim	3	3		
	Kiểm tra định kì				01
B12	Bài 11. Dụng cụ và kỹ thuật thực nghiệm cơ bản trong phòng thí nghiệm hóa phân tích	4	1	3	
B13	Bài 12. Xác định các cation nhóm I	4	1	3	
B14	Bài 13. Xác định các cation nhóm II	4	1	3	
	Bài 14. Xác định các cation nhóm III				
B15	Bài 15. Xác định các cation nhóm IV	4	1	3	
B16	Bài 16. Xác định các cation nhóm V	4	1	3	
B17	Bài 17. Xác định các cation nhóm VI	4	1	3	
B18	Bài 18. Xác định anion nhóm I	4	1	3	
B19	Bài 19. Xác định anion nhóm II, III	4	1	3	

Buổi	Tên bài	Thời gian (giờ)			
		Tổng số	Lý thuyết	Thực hành	Kiểm tra
B20; B21	Bài 20. Xác định cation và anion trong dung dịch muối vô cơ	7	1	6	
	Kiểm tra định kỳ				01
	Cộng	84	52	30	2

IV. Phương pháp đánh giá:

Người học phải hoàn thành 1 bài kiểm tra thường xuyên, 2 bài kiểm tra định kỳ và bài thi kết thúc môn học.

Điểm đánh giá	Quy định
1 điểm kiểm tra thường xuyên	Trung bình các điểm đánh giá sản phẩm tự học và làm bài kiểm tra với câu hỏi trắc nghiệm
2 điểm kiểm tra định kỳ	Kiểm tra lý thuyết với câu hỏi trắc nghiệm
1 điểm thi thực hành	Xác định được thành phần một chất cụ thể. Thi tại phòng thực hành Hóa phân tích - Kiểm nghiệm.
1 điểm thi lý thuyết	Sử dụng câu hỏi tự luận hoặc câu hỏi trắc nghiệm thi trên phòng máy vi tính.

Bài 1. ĐẠI CƯƠNG VỀ HÓA PHÂN TÍCH - MỘT SỐ KHÁI NIỆM VÀ ĐỊNH LUẬT CƠ BẢN TRONG HÓA HỌC

MỤC TIÊU

1. Giải thích được sự hình thành các liên kết hóa học giữa các nguyên tử và giữa các phân tử.
2. Nêu đặc điểm của các trạng thái tập hợp chất: rắn, lỏng, khí.
3. Giải thích được nguyên tắc và các phương pháp phân tích định tính và phân tích định lượng các chất.
4. Vận dụng các khái niệm và định luật cơ bản của hóa học để tính được đương lượng gam và nồng độ và khối lượng các chất.
5. Rèn luyện năng lực tư duy, giải thích một số hiện tượng hóa học xảy ra trong thực tế.

NỘI DUNG

1. Các khái niệm cơ bản về hóa học

1.1. Nguyên tố, hợp chất và hỗn hợp

Vật chất có thể phân chia thành 3 loại chất: nguyên tố, hợp chất và hỗn hợp. Trong đó nguyên tố và hợp chất được xem là những chất có thành phần ổn định. Hỗn hợp được xem là có thành phần không cố định.

Nguyên tố (element) là loại chất đơn giản nhất có các tính chất hóa học và vật lý duy nhất. Mỗi nguyên tố chỉ gồm 1 loại nguyên tử, nó không bị phá vỡ thành những chất đơn giản hơn bởi các phương tiện vật lý hay hóa học thông thường. Mỗi nguyên tố có 1 tên và ký hiệu riêng như C, O, Cu... Hầu hết các nguyên tố tồn tại trong tự nhiên dưới dạng tập hợp lớn của các đơn nguyên tử nhưng cũng có nguyên tố tồn tại dưới dạng phân tử. Mỗi phân tử gồm 2 hay nhiều nguyên tử liên kết hóa học với nhau tạo thành một đơn vị độc lập.

Hợp chất (compound) là những chất được tạo thành bởi 2 hay nhiều nguyên tố kết hợp với nhau. Các nguyên tố trong hợp chất không phải được trộn lẫn với nhau mà được liên kết hóa học với nhau để tạo hợp chất mới. Ví dụ: Nước, amoniac, carbon dioxyd...

1.2. Số hiệu nguyên tử, số khối, ký hiệu hóa học

Trong nguyên tử, có chứa các hạt proton, neutron, electron. Những đặc trưng cơ bản về các hạt này được thể hiện trong bảng 1.1.

Bảng 1.1. Những đặc trưng của các hạt cơ bản tạo thành nguyên tử

Tên (Ký hiệu)	Điện tích		Khối lượng		Vị trí trong nguyên tử
	Tương đối	Tuyệt đối	Tương đối	Tuyệt đối	
Proton (p ⁺)	1+	1,602.10 ⁻¹⁹ C*	1	1,673.10 ⁻²⁴ g	Hạt nhân
Neutron (n ⁰)	0	0	1	1,675.10 ⁻²⁴ g	Hạt nhân
Electron (e ⁻)	1-	-1,602.10 ⁻¹⁹ C	1/1837	9,109.10 ⁻²⁸ g	Quanh hạt nhân

*C (culong) là đơn vị điện tích của hệ SI.

Số hiệu nguyên tử (Z) của một nguyên tố bằng số proton trong hạt nhân của mỗi nguyên tử của nguyên tố đó và cũng bằng electron trong nguyên tử và bằng số thứ tự của nguyên tố trong bảng tuần hoàn.

Số khối (A) là tổng số các proton (Z) và các neutron (N) trong một nguyên tử. Vì mỗi proton hoặc mỗi neutron có khối lượng xấp xỉ bằng một đơn vị khối lượng nguyên tử nên: $A = Z + N$.

Ký hiệu nguyên tử (hoặc ký hiệu nguyên tố): Mỗi nguyên tố có một ký hiệu dựa theo tên gọi tiếng Anh, tiếng Latin hoặc tiếng Hy Lạp của nguyên tố. Ví dụ C cho carbon, O cho oxy, Cu cho đồng... Người ta ghi thêm số khối (A) phía trên và số proton (Z) phía dưới vào bên trái của ký hiệu nguyên tố.

1.3. Đồng vị và khối lượng nguyên tử

Các nguyên tử của một nguyên tố không hoàn toàn đồng nhất về khối lượng. Tất cả các nguyên tử carbon có 6 proton trong hạt nhân nhưng chỉ 98,89% số nguyên tử carbon tồn tại trong thiên nhiên có 6 neutron ($A = 12$), còn 1,11% có 7 neutron ($A = 13$) và 8 neutron ($A = 14$).

Các đồng vị của một nguyên tố là những nguyên tử có số neutron khác nhau và do đó khác nhau về số khối.

Carbon có 3 đồng vị ^{12}C , ^{13}C , ^{14}C tồn tại trong thiên nhiên và 4 đồng vị ^{10}C , ^{11}C , ^{15}C , ^{16}C được sinh ra trong các biến đổi hạt nhân. Tất cả 7 đồng vị của carbon đều có 6 electron, chỉ khác nhau số neutron. Tính chất cơ bản của nguyên tố về cơ bản được quyết định bởi số electron, do đó các đồng vị hầu hết tính chất hóa học giống nhau.

Vì khối lượng nguyên tử là vô cùng nhỏ nên không thể đo bằng các đơn vị khối lượng thông thường. Mọi đo lường phải có chuẩn đo. Chuẩn khối lượng nguyên tử hiện nay là nguyên tử carbon – 12 (^{12}C) và khối lượng của nó được quy định chính xác là 12 đơn vị khối lượng nguyên tử. *Như vậy, đơn vị khối lượng nguyên tử là 1/12 khối lượng của một nguyên tử carbon – 12 (tạm quy ước là đv ^{12}C).* Gần đây, người ta đề nghị gọi đơn vị khối lượng nguyên tử đv ^{12}C là Dalton (D), theo đó một nguyên tử ^{12}C có khối lượng 12 dalton.

Khối lượng nguyên tử của một nguyên tố là giá trị trung bình các khối lượng của các đồng vị tự nhiên của các nguyên tố đó.

Ví dụ: Bạc (Ag; $Z = 47$) có 16 đồng vị, nhưng chỉ có 2 đồng vị ^{107}Ag và ^{109}Ag tồn tại trong tự nhiên (số còn lại là quan sát trong phòng thí nghiệm ở các biến đổi hóa học khác nhau). Các số liệu cho biết từ máy khối phổ như sau:

Đồng vị	Khối lượng (đvC)	Tỷ lệ % trong mẫu
^{107}Ag	106,90509	51,84
^{109}Ag	108,90476	48,16

Vậy:

Với ^{107}Ag :

Phần khối lượng nguyên tử = khối lượng đồng vị x tỷ lệ trong mẫu
 $= 106,90509 \times 0,5184 = 55,42 \text{ đv}^{12}\text{C}$

Với ^{109}Ag :

Phần khối lượng nguyên tử = khối lượng đồng vị x tỷ lệ trong mẫu
 $= 108,90476 \times 48,16 = 52,45 \text{ đv}^{12}\text{C}$

Từ đó tìm thấy khối lượng nguyên tử của bạc:

Khối lượng nguyên tử của bạc = $55,42 + 52,48 = 107,87 \text{ đv}^{12}\text{C}$

1.4. Một số đơn vị của hệ SI trong hóa học

Từ năm 1960, hệ đơn vị quốc tế SI (chữ viết tắt bắt nguồn từ tiếng Pháp: *Système International d'Unités*) được các nhà khoa học toàn cầu thống nhất sử dụng.

Hệ SI dựa trên 7 đơn vị đo lường cơ bản, mỗi đơn vị xác định một số đo chuẩn của một đại lượng vật lý (bảng 1.)

Bảng 1.2. Các đơn vị cơ bản của hệ SI

Đại lượng vật lý	Tên đơn vị	Viết tắt đơn vị
Khối lượng	Kilogam	kg
Độ dài	Met	m
Nhiệt độ	Kelvin	K
Thời gian	Giây	s
Lượng chất	Mole	mol
Cường độ dòng điện	Ampe	A
Cường độ sáng	Candela	Cd

Các đơn vị khác là đơn vị dẫn xuất do sự kết hợp của 7 đơn vị cơ bản nêu trên. Với các đại lượng nhỏ hơn hoặc lớn hơn đơn vị cơ bản, người ta sử dụng các tiếp đầu ngữ thập phân hay hệ thống ký hiệu theo hàm số mũ (bảng).

Bảng 1.3: Các tiếp đầu ngữ thập phân của hệ SI

Tiếp đầu ngữ	Ký hiệu	Ý nghĩa		Số lũy thừa
		Bảng số	Bảng chữ	
tera	T	1 000 000 000 000	nghìn tỉ	10^{12}
giga	G	1000 000 000	tỉ	10^9
mega	M	1000 000	triệu	10^6
kilo	k	1000	nghìn	10^3
hecto	h	100	trăm	10^2
deka	da	10	mười	10^1
-	-	1	một	10^0
deci	d	0,1	phần mười	10^{-1}
centi	c	0,01	phần trăm	10^{-2}
mili	m	0,001	phần nghìn	10^{-3}
micro	μ	0,000 001	phần triệu	10^{-6}
nano	n	0,000 000 001	phần tỉ	10^{-9}
pico	p	0,000 000 000 001	phần nghìn tỉ	10^{-12}
femto	f	0,000 000 000 000 001	phần triệu tỉ	10^{-15}

1.5. Đương lượng

Từ định luật thành phần không đổi, ta thấy rằng các nguyên tố kết hợp với nhau theo các tỷ lệ về lượng xác định nghiêm ngặt. Do đó, người ta đưa vào hóa học khái niệm đương lượng tương tự khái niệm khối lượng nguyên tử và khối lượng phân tử. Thực nghiệm hóa học xác định rằng: 1,008 khối lượng hydro tác dụng vừa đủ với:

8,0	khối lượng oxy	để tạo thành nước (H_2O)
35,5	clo	hydro clorid (HCl)

16,0

lưu huỳnh

hydro sulfid (H₂S)

...

Người ta gọi số phần khối lượng mà các nguyên tố tác dụng vừa đủ với 1,008 phần khối lượng hydro (và lại tác dụng vừa đủ với nhau) là đương lượng của các nguyên tố, ký hiệu là E (equivalence).

Việc xác định đương lượng của một nguyên tố hay của một hợp chất không nhất thiết phải xuất phát từ hợp chất của chúng với hydro. Ví dụ, để tìm đương lượng của kẽm (Zn) không thể xuất phát từ phản ứng của kẽm với hydro vì ở điều kiện thường phản ứng này không xảy ra. Tuy nhiên, thực nghiệm dễ dàng cho thấy 32,5 khối lượng kẽm tác dụng vừa đủ với 8 khối lượng oxy để tạo thành kẽm oxyd, vậy $E_{Zn} = 32,5$. Từ đây, có thể đưa ra định nghĩa chung đương lượng:

Đương lượng của một nguyên tố hay hợp chất là số phần khối lượng của nguyên tố hay hợp chất đó kết hợp hoặc thay thế vừa đủ với 1,008 phần khối lượng hydro hoặc 8 phần khối lượng oxy hoặc với một đương lượng của bất kỳ chất nào khác đã biết.

Trong thực tế, người ta thường dùng đương lượng gam, với quy ước: *Đương lượng gam của một chất là lượng chất đó được tính bằng gam và có trị số bằng đương lượng của nó.*

Cách tính đương lượng gam:

Công thức tính:

$$E = \frac{M}{n}$$

Trong đó:

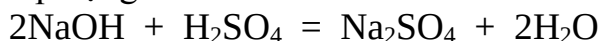
E là đương lượng gam của chất cần xác định (g)

M là khối lượng mol phân tử của chất cần xác định (g)

n là một số, tùy theo loại hợp chất mà có giá trị khác nhau được xác định như sau:

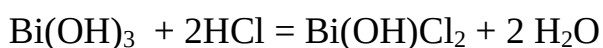
- + Đối với base, n là số nhóm OH tham gia phản ứng của một phân tử base.
- + Đối với acid, n là số nguyên tử hydro tham gia phản ứng của một phân tử acid.
- + Đối với muối, n là tổng hóa trị của các nguyên tử kim loại tham gia phản ứng của một phân tử muối.
- + Đối với chất oxy hóa và chất khử thì n là số electron thu hay mất của một phân tử chất oxy hóa hay chất khử khi tham gia phản ứng.

Áp dụng:



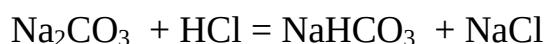
$$E_{NaOH} = \frac{M}{n} = \frac{40}{1} = 40$$

$$E_{H_2SO_4} = \frac{M}{n} = \frac{98}{2} = 49$$

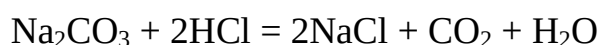


$$E_{Bi(OH)_3} = \frac{M}{n} = \frac{260}{2} = 130$$

$$E_{\text{HCl}} = \frac{M}{n} = \frac{36.5}{1} = 36,5$$



$$E_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{M}{n} = \frac{106}{1} = 106$$



$$E_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{M}{n} = \frac{106}{2} = 53$$



$$E_{\text{KMnO}_4} = \frac{M}{n} = \frac{158}{5} = 31,6$$

$$E_{\text{H}_2\text{O}_2} = \frac{M}{n} = \frac{34}{2} = 17.$$

2. Các định luật cơ bản về hóa học

2.1. Định luật bảo toàn khối lượng

Nội dung định luật bảo toàn khối lượng được phát biểu: Trong một phản ứng, tổng khối lượng của các chất được tạo thành bằng tổng khối lượng của các chất tham gia phản ứng.

Theo vật lý hiện đại, định luật bảo toàn khối lượng chỉ hoàn toàn đúng cho phản ứng không thu hoặc phát ra năng lượng. Trong trường hợp ngược lại, khối lượng các chất có thể tăng (khi hấp thụ lượng nhiệt Q) hoặc giảm (khi tỏa ra nhiệt lượng Q) tương ứng với biến thiên khối lượng Δm :

$$\Delta m = \frac{Q}{c^2}$$

Với c là tốc độ ánh sáng trong chân không ($2,997925 \cdot 10^8$ m/s). Do vậy, c^2 là rất lớn, biến đổi khối lượng của chất theo năng lượng trong các phản ứng là rất nhỏ nên thực tế khối lượng vẫn được bảo toàn.

2.2. Định luật thành phần không đổi

Định luật thành phần không đổi do nhà hóa học người Pháp Proust khám phá ra. Định luật được phát biểu như sau:

Một hợp chất nhất định dù được điều chế bằng cách nào thì vẫn bao gồm cùng một loại các nguyên tố và cùng tỷ số khối lượng của các nguyên tố trong hợp chất.

Định luật thành phần không đổi cho ta biết rằng, calci carbonat tinh khiết thu được từ đá hoa cương ở một ngọn núi, từ san hô ngầm dưới biển hoặc từ bất kỳ một nguồn nào khác thì vẫn tìm thấy cùng các loại nguyên tố tạo thành (calci, carbon, oxy) và cùng có 40% calci, 12% carbon và 48% oxy.

Như vậy, do định luật thành phần không đổi mà mỗi hợp chất xác định được biểu thị bằng một công thức hóa học nhất định.

Có thể suy ra khối lượng nguyên tố từ tỉ lệ khối lượng của nó trong hợp chất:

$$\text{Khối lượng nguyên tố} = \text{Khối lượng hợp chất} \cdot \frac{\text{số phần khối lượng nguyên tố}}{1 \text{ phần khối lượng hợp chất}}$$

Định luật thành phần không đổi chỉ hoàn toàn đúng cho những hợp chất có khối lượng phân tử nhỏ ở trạng thái khí và lỏng. Đối với chất rắn hoặc polyme,

do những khuyết tật trong mạng tinh thể hoặc trong chuỗi dài phân tử, thành phần của hợp chất thường không ứng đúng với một công thức hóa học xác định.

2.3. Định luật Gay-Lussac và Avogadro

Gay-Lussac (1778 – 1850) là nhà hóa học người Pháp. Ông đã tiến hành một loạt các thí nghiệm nghiên cứu về tỷ lệ nguyên tử của nước. Thay bằng việc đo khối lượng thì ông lại đo thể tích khí hydro kết hợp với oxy để tạo thành hơi nước. Gay –Lussac thấy rằng trong cùng điều kiện nhiệt độ và áp suất thì cứ 2 lít khí hydro kết hợp vừa đủ với 1 lít khí oxy để tạo thành 2 lít hơi nước. Cùng với kết quả thí nghiệm ở nhiều chất khí khác nữa đã cho phép Gay-Lussac phát biểu định luật tỷ lệ thể tích:

Các thể tích của các chất khí tham gia phản ứng tỷ lệ với nhau và tỷ lệ với thể tích của các sản phẩm khí tạo thành theo những số nguyên nhỏ.

Năm 1811, nhà vật lý người Ý là Avogadro (1776 – 1856) đã giải thích được các tỷ lệ đơn giản giữa các thể tích của chất khí quan sát thấy trong các phản ứng hóa học, sau khi ông thiết lập được định luật Avogadro:

Các thể tích bằng nhau của các chất khí bất kỳ lấy ở cùng nhiệt độ và áp suất đều chứa cùng một số phân tử.

2.4. Định luật đương lượng

Định luật đương lượng của Dalton được phát biểu như sau : *Các chất tác dụng với nhau theo các khối lượng tỷ lệ với đương lượng của chúng.*

Nói cách khác : *Số đương lượng của các chất trong phản ứng phải bằng nhau.*

Định luật được thể hiện theo hệ thức đơn giản :

$$\frac{m_A}{m_B} = \frac{E_A}{E_B} \quad \text{hoặc} \quad \frac{m_A}{E_A} = \frac{m_B}{E_B}$$

Trong đó : m_A, m_B là khối lượng của các chất A và chất B trong phản ứng

E_A, E_B là đương lượng gam của chất A và chất B

Áp dụng:

Khi cho V_1 ml dung dịch A có nồng độ N_1 tác dụng vừa đủ với V_2 ml dung dịch B có nồng độ N_2 . Áp dụng định luật đương lượng ta có :

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow N_1 \cdot V_1 = V_2 \cdot N_2$$

Ví dụ: Xác định nồng độ đương lượng của dung dịch acid acetic, biết rằng 10ml dung dịch này tác dụng vừa đủ với 20ml dung dịch natri hydroxyd 0,1N?

Cách tính :

Áp dụng công thức :

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow N_1 \cdot V_1 = V_2 \cdot N_2$$

$$\text{Suy ra : } N_1 = \frac{N_2 \cdot V_2}{V_1} = \frac{0,1 \times 20}{10} = 0,2N$$

3. Liên kết hóa học giữa các nguyên tử

Phân tử là tiểu phân nhỏ nhất của một chất khi có khả năng tồn tại độc lập, chứa ít nhất 2 nguyên tử (trừ khí hiếm). Ở điều kiện bình thường các phân tử nói chung hoạt động hóa học yếu.

Người ta cho rằng sở dĩ hoạt tính của các phân tử kém hoạt tính so với các nguyên tử tạo nên nó vì khi kết hợp với nhau để tạo thành phân tử, lớp vỏ

electron của từng nguyên tử được sắp xếp lại để được cấu trúc vững bền như khí hiếm (bảng 2 hoặc bảng 8). Việc sắp xếp lại vỏ nguyên tử có thể thực hiện bằng 2 cách:

- + Nguyên tử này cho nguyên tử kia electron.
 - + Các nguyên tử tạo nên phân tử cùng đưa ra những electron để dùng chung.
- Từ đó, xuất hiện các thuyết về cấu tạo phân tử.

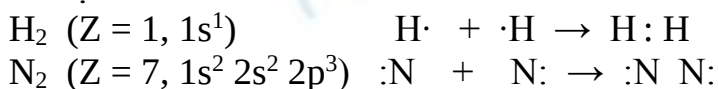
3.1. Thuyết liên kết ion của Kossel

Thuyết này cho rằng khi tạo phân tử, một số nguyên tử nhường electron để có lớp vỏ electron bằng 8 và trở thành ion dương, số nguyên tử khác nhận electron cũng để có lớp vỏ electron bằng 8 và trở thành ion âm.

3.2. Thuyết liên kết cộng hóa trị của Lewis

Trên thực tế liên kết ion chỉ xảy ra với các nguyên tố kim loại điển hình (Na) và phi kim điển hình (Cl). Các trường hợp khác không thể giải thích được bằng liên kết ion của Kossel. Năm 1916, Lewis đưa ra thuyết cộng hóa trị: khi tạo liên kết, mỗi nguyên tử đưa ra một hoặc nhiều electron tạo thành những cặp electron dùng chung sao cho số electron ngoài cùng của mỗi nguyên tử trong phân tử giống khí hiếm (bảng 2 hoặc bảng 8). Quy tắc này là quy tắc bát tử. Liên kết được hình thành theo kiểu này gọi là liên kết đồng hóa trị (hay cộng hóa trị).

Ví dụ:



3.3. Thuyết liên kết phối trí (hay liên kết cho nhận)

Trong quá trình nghiên cứu, người ta nhận thấy cấu tạo phân tử của nhiều hợp chất không thể giải thích được nếu chỉ dùng thuyết đồng hóa trị của Lewis. Ví dụ cấu tạo phân tử H_2SO_4 , NH_4^+ ...

Vì vậy, người ta đưa ra thuyết liên kết phối trí với nội dung: để cấu tạo cấu hình electron bền vững, các nguyên tử trong phân tử có thể dùng chung những đôi electron do một nguyên tử đưa ra.

Liên kết phối trí hay gặp trong phức chất và là liên kết đặc trưng của phức chất. Điều kiện hình thành liên kết phối trí là một nguyên tử tạo nên liên kết phải có cặp electron tự do, nguyên tử kia phải có orbital trống.

4. Liên kết giữa các phân tử

Các liên kết hóa học có thể chia thành 2 loại:

- + Liên kết giữa các nguyên tử, ion là những liên kết mạnh, có năng lượng 100 – 200kcal/mol. Ví dụ: Liên kết cộng hóa trị, liên kết ion, liên kết kim loại.
- + Liên kết giữa các phân tử là những liên kết yếu, có năng lượng thường nhỏ hơn 10kcal/mol. Ví dụ: Liên kết Van der Waals, liên kết hydro.

4.1. Liên kết Van der Waals

Khi các phân tử tiếp xúc nhau sẽ phát sinh lực hút và lực đẩy. Lực tương tác giữa các phân tử được Van der Waals (nhà hóa học Hà Lan, 1837 – 1923) nghiên cứu đầu tiên.

Liên kết Van der Waals, còn gọi là lực Van der Waals, lực giữa các phân tử bao gồm 3 loại lực chính: lực định hướng, lực cảm ứng và lực khuếch tán.

Lực định hướng phát sinh khi những phân tử có cực lại gần nhau. Các phân tử sẽ định hướng lại để các trọng tâm điện tích điện ngược dấu hút nhau. Các phân tử sau đó được sắp xếp theo một trật tự xác định.

Lực cảm ứng phát sinh khi một phân tử không phân cực lại gần một phân tử có cực (hoặc ion). Dưới tác động của điện trường của phân tử có cực (hoặc ion), phân tử không phân cực bị phân cực hóa, tức là xuất hiện lưỡng cực, gọi là lưỡng cực cảm ứng.

Lực khuếch tán: Trong các phân tử, nguyên tử, electron luôn luôn chuyển động và các hạt nhân cũng dao động không ngừng quanh vị trí cân bằng. Tại một thời điểm, tâm tích điện âm (tạo bởi các đám mây electron) và tâm tích điện dương (tạo bởi các hạt nhân) của phân tử, nguyên tử lệch nhau hình thành lưỡng cực tạm thời. Lưỡng cực tạm thời có phương thay đổi nhanh chóng, điện trường của nó tác động và tạo ra lưỡng cực cảm ứng đối với phân tử, nguyên tử bên cạnh. Những lưỡng cực tạm thời hoặc cảm ứng lại hút nhau tạo thành lực khuếch tán.

Lực Van der Waals là lực hút giữa các phân tử. Vì độ lớn của lực này phụ thuộc vào kích thước thể tích phân tử nên dễ dàng thấy rằng các đơn chất hoặc các hợp chất có phân tử càng phức tạp thì nhiệt độ nóng chảy, nhiệt độ sôi càng cao và càng dễ ngưng tụ ở trạng thái lỏng hoặc rắn. Ví dụ: Nhiệt độ nóng chảy, nhiệt độ sôi của các hydrocarbon no tăng dần khi khối lượng phân tử tăng: những chất đầu dãy có ($n = 1, 2, 3, 4$) là chất khí, những chất ở giữa ($n = 5 - 16$) là chất lỏng và những chất còn lại ở trạng thái rắn trong điều kiện thường.

4.2. Liên kết hydro

Bản chất và sự hình thành liên kết hydro được giải thích như sau: Khi nguyên tử hydro liên kết cộng hóa trị với một nguyên tố X có độ âm điện lớn thì đám mây của cặp electron ban đầu dùng chung cho 2 nguyên tử sẽ bị dịch chuyển mạnh về phía X. Nguyên tử hydro mất đám mây electron, chỉ còn lại một hạt nhân nguyên tử là proton. Orbital 1s của hydro coi như không còn electron (ô lượng tử trống) nên dễ dàng thu nhận một cặp electron mới. Nếu ở nguyên tố Y nào đó lại sẵn có cặp electron tự do chưa tham gia vào liên kết thì cầu nối hydro được hình thành (ký hiệu bằng đường chấm chấm):

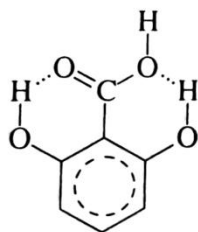


Sự tạo thành liên kết hydro cho phép giải thích nhiều đặc tính lý hóa của các chất.

Liên kết hydro ảnh hưởng đến trạng thái tập hợp chất: HF, H₂O và nhiều chất khác nhờ có liên kết hydro mà hình thành các polyme có khối lượng phân tử lớn nên tồn tại ở trạng thái lỏng (hoặc rắn) trong điều kiện thường. Trong tinh thể nước đá, một phân tử nước có 4 liên kết hydro với 4 phân tử nước khác, tạo nên những hình tứ diện đều. Kiến trúc tứ diện không đặc khít, khá rỗng nên nước đá nhẹ, có khối lượng riêng nhỏ, nổi trên mặt nước lỏng. Khi nước đá nóng chảy ở 0°C, có khoảng 15% liên kết hydro bị phá hủy, các phân tử nước sắp xếp đặc khít hơn, nước giảm thể tích và tăng khối lượng riêng. Nếu tiếp tục tăng nhiệt độ, nước đá chảy lỏng hoàn toàn, các lâu đài tứ diện với những liên kết hydro tiếp tục bị phá hủy, nhiều phân tử nước sát lại gần nhau, thể tích tiếp tục giảm và khối lượng riêng tiếp tục tăng. Tuy nhiên, ở nhiệt độ cao hơn 4°C, do sự giãn nở

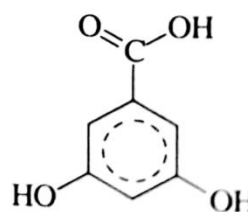
bởi nhiệt nên thể tích nước tăng, khối lượng riêng bắt đầu giảm. Vì vậy, khối lượng riêng của nước đạt cực đại ở 4°C.

Liên kết hydro tạo ra vòng nội phân tử, ảnh hưởng đến độ điện ly của acid, base. Ví dụ: Ở acid 2,6 – dioxybenzoic, do cấu hình không gian thuận lợi nên có hai liên kết hydro tạo ra các vòng nội phân tử, do đó đã làm giảm độ điện ly ra ion H^+ của các nhóm chức acid. Điều này làm cho acid 2,6-dioxybenzoic có tính acid yếu hơn 550 lần so với acid 3,5-dioxybenzoic.



(1)

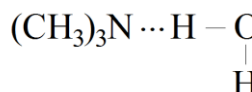
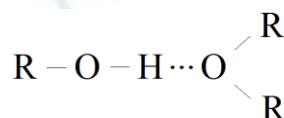
acid 2,6-dioxybenzoic



(2)

acid 3,5-dioxybenzoic

Liên kết hydro làm tăng nhiệt độ nóng chảy và nhiệt độ sôi của chất và làm tăng độ tan của chất. Liên kết hydro giữa các chất hữu cơ chứa nhóm chức alcol, amin, carboxylic, ceton, ester, etc, aldehyd với các phân tử dung môi H_2O theo sơ đồ sau:



Gốc R càng nhỏ, độ tan của chất càng lớn. Vì thế metanol, rượu ethylic, acid acetic, aceton tan vô hạn trong nước. Trong khi các alcol và acid có gốc R lớn, đặc biệt là các hydrocarbon rất ít tan.

5. Các trạng thái tập hợp chất

Thông thường, vật chất tồn tại ở ba trạng thái là khí, lỏng, rắn. Giữa các tiểu phân chất (nguyên tử, phân tử, ion) có hai loại lực tác dụng:

+ Lực do chuyển động nhiệt được thể hiện ở động năng E_d của các tiểu phân. E_d càng lớn, các tiểu phân chuyển động càng hỗn độn và xa nhau ra.

+ Lực hút thể hiện qua thế năng U_h tương tác giữa các tiểu phân. Lực hút làm tiểu phân gần nhau lại. Tương quan giữa hai loại lực này quyết định trạng thái tập hợp chất.

Nếu $E_d \gg U_h$, chất tồn tại ở thể khí, các tiểu phân xếp hỗn độn.

Nếu $E_d \sim U_h$, chất ngưng tụ ở thể lỏng, các tiểu phân sắp xếp trật tự hơn.

Nếu $E_d \ll U_h$, thì chất ngưng tụ ở thể rắn, các tiểu phân sắp xếp hoàn toàn trật tự theo quy luật.

Ở những nhiệt độ không cao, nguyên lý vững bền chỉ ra rằng: hệ vật chất luôn có xu hướng trở về nội năng cực tiểu. Khi ấy, hệ giải phóng ra năng lượng, các tiểu phân ngưng tụ và sắp xếp có trật tự. Do đó, quá trình hệ chuyển từ thể khí sang thể lỏng hoặc từ thể lỏng sang thể rắn sẽ luôn phát nhiệt. Ngược lại, quá trình nóng chảy và bay hơi lại luôn thu nhiệt.

Nhiệt độ ở các thời điểm chuyển trạng thái của một chất trong điều kiện thường được thể hiện theo quá trình:



t_{hl}^0 : nhiệt độ hóa lỏng ($= t_s^0$); $t_{\text{đđ}}^0$: nhiệt độ đông đặc ($= t_{\text{ch}}^0$)

4.1. Trạng thái khí

Các tiểu phân khí ở cách xa nhau, mật độ nhỏ; tương tác giữa chúng yếu; chuyển động hỗn độn hướng theo tất cả các phương. Chúng có khả năng khuếch tán lớn, chiếm toàn bộ thể tích bình đựng. Do đó chất khí không có hình dạng và thể tích nhất định. Các phân tử khí có động năng lớn, liên tục va chạm và các bề mặt giới hạn chúng, gây nên áp suất trên mỗi đơn vị diện tích.

Ở nhiệt độ không quá thấp và áp suất không quá cao so với điều kiện thường, hầu hết các chất khí tuân theo phương trình trạng thái của khí lý tưởng, là khí được giả định rằng các phân tử có thể tích và lực tương tác giữa chúng bằng không.

$$PV = nRT$$

Với: P: áp suất khí

V: thể tích khí

n: số mol khí

T: nhiệt độ tuyệt đối (với $0^\circ\text{K} = -273,15^\circ\text{C}$)

R: hằng số khí.

4.2. Trạng thái lỏng

Các tiểu phân chất lỏng có khoảng cách gần nhau hơn nhiều so với chất ở trạng thái khí. Chất lỏng chưa có hình dạng cố định nhưng có thể tích xác định. Do chỉ có tính trật tự gần mà các tiểu phân chất lỏng được bố trí không đặc khít nhất, giữa chúng còn những lỗ trống, khoảng cách trung bình giữa các tiểu phân lớn hơn so với chất rắn cỡ 3%. Vì vậy đa số chất rắn khi hóa lỏng đều tăng thêm thể tích khoảng 10%.

4.3. Trạng thái rắn

1.1.1. Trạng thái tinh thể và vô định hình

Chất rắn có 2 loại: tinh thể và vô định hình.

Hầu hết các chất rắn là tinh thể. Tinh thể có 3 đặc điểm quan trọng:

- + Tinh thể có hình dạng hoàn toàn xác định.
- + Tinh thể có nhiệt độ nóng chảy xác định.
- + Tinh thể có tính dị hướng, nghĩa là các tính chất cơ, quang nhiệt, điện, vận tốc hòa tan theo những phương khác nhau sẽ không giống nhau. Ví dụ: lực cắt theo phương chéo của một tinh thể hình lập phương muối ăn lớn gấp 2,5 lần so với lực cắt theo phương thẳng đứng.

Trái lại, các chất vô định hình là trạng thái trung gian giữa chất lỏng và tinh thể. Chúng được phân biệt với tinh thể ở 3 điểm ngược lại. Đó là:

- + Chất vô định hình không có hình dạng xác định. Các tiểu phân sắp xếp hỗn độn, chỉ một phần trật tự (tính trật tự gần giống chất lỏng).
- + Chất vô định hình không có nhiệt độ nóng chảy xác định.
- + Các tính chất của chất vô định hình là đẳng hướng. Ví dụ: thủy tinh vỡ không có chiều ưu tiên.

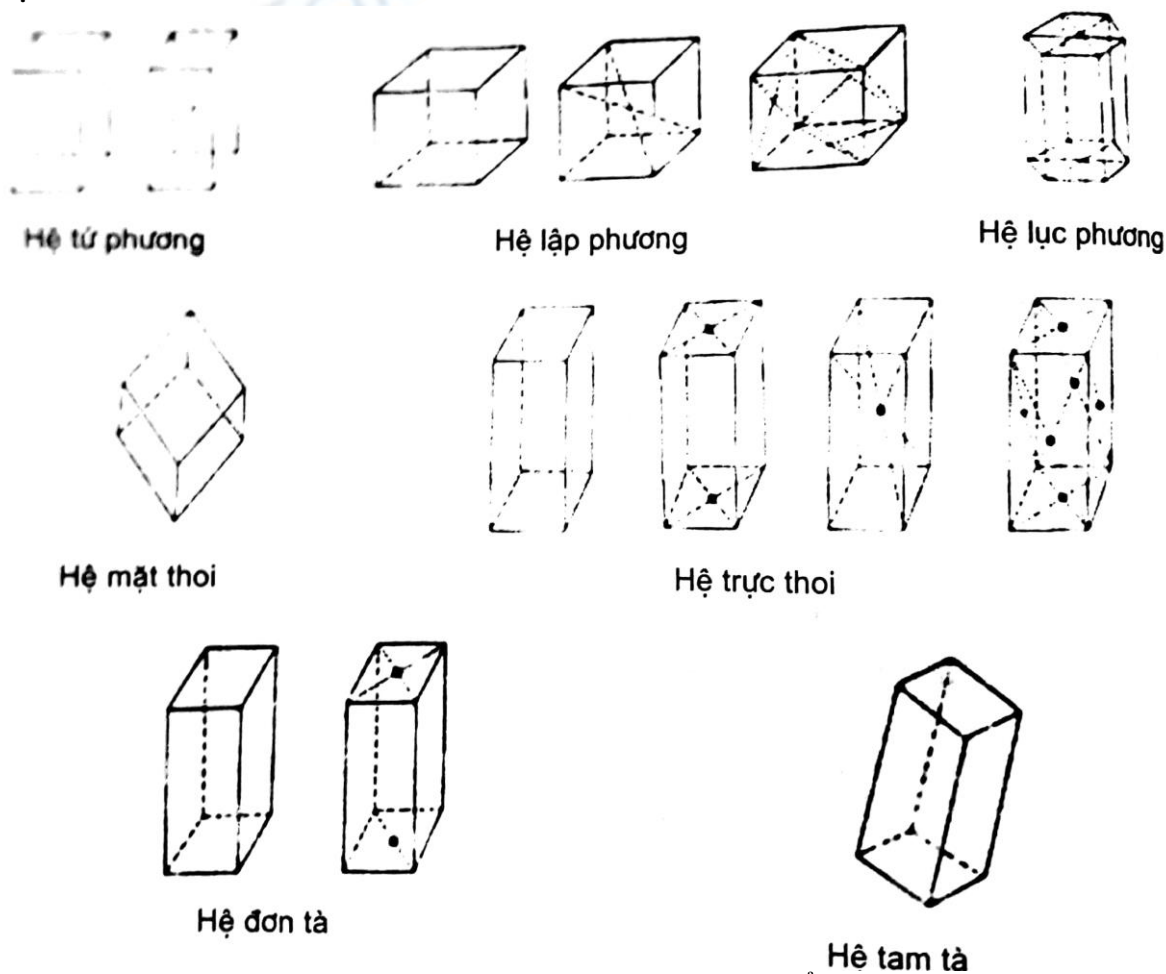
Những đặc tính nêu trên để phân biệt tinh thể và chất vô định hình, trong thực tế, không hoàn toàn nghiêm ngặt. Trong những điều kiện khác nhau, cùng một chất có thể tồn tại ở dạng tinh thể hay dạng vô định hình, hoặc có thể chuyển từ dạng vô định hình thành dạng tinh thể (nhưng không thể chuyển từ tinh thể sang vô định hình).

1.1.2. Hình dạng tinh thể

Tinh thể của những chất khác nhau có hình dáng bề ngoài rất đa dạng. Khi vỡ, tinh thể để lộ rõ những mặt nhỏ xếp thành những góc khác nhau nhau ánh lên do chúng phản chiếu ánh sáng từ nhiều góc độ (ví dụ, tinh thể đường, iot, lưu huỳnh, kim loại). Để phân loại các tinh thể theo hình dạng của chúng, người ta căn cứ vào các yếu tố đối xứng. Có 3 yếu tố đối xứng thường được sử dụng là:

- + Tâm đối xứng
- + Mặt đối xứng
- + Trục đối xứng

Tùy theo tương quan giữa các cạnh và góc của ô mạng cơ sở mà tất cả các chất rắn được phân chia thành 7 hệ tinh thể với các yếu tố đối xứng đặc trưng: Hệ lập phương, hệ tứ phương, hệ lục phương, hệ mặt thoi, hệ trục thoi, hệ đơn tà, hệ tam tà.



Hình 2.1. Hình dạng các tinh thể

1.1.3. Hiện tượng đồng hình và đa hình

Các chất đồng hình là những chất có cùng một dạng tinh thể nhưng thành phần và bản chất hóa học của chúng chỉ gần giống nhau. Ví dụ:

- MgCO_3 , CaCO_3 , ZnCO_3 và FeCO_3 (hệ tam tà)
- SrSO_4 , BaSO_4 và PbSO_4 (hệ trực thoi)
- $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ và $\text{NiO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Hệ trực thoi)

Những ví dụ trên là những chất đồng hình. Ở mỗi dãy, các chất có cùng cấu trúc mạng lưới tinh thể. Các cation trong mỗi dãy có điện tích và bán kính gần bằng nhau.

Hiện tượng đa hình là hiện tượng mà một chất trong những điều kiện kết tinh khác nhau có thể cho những dạng tinh thể khác nhau. Ví dụ:

NH_4NO_3 có thể ở dạng đơn tà, tam tà và lập phương

S có thể là đơn tà, tam tà

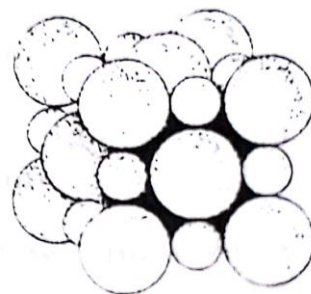
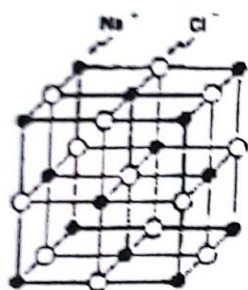
C có thể là lập phương (kim cương) hoặc lục phương (than chì).

Chú ý phân biệt hiện tượng đa hình (liên quan đến sự khác nhau về kiến trúc tinh thể của đơn chất và cả hợp chất) và hiện tượng thù hình (liên quan đến cấu tạo phân tử hoặc kiến trúc tinh thể chỉ của đơn chất). Ví dụ: O_2 (oxy) và O_3 (ozon) là 2 dạng thù hình của oxy. Lưu huỳnh đơn tà và lưu huỳnh tam tà là 2 dạng đa hình và cũng là 2 dạng thù hình của nguyên tố lưu huỳnh.

1.1.4. Liên kết hóa học trong tinh thể

Trong tinh thể, mỗi tiểu phân (ion, nguyên tử, phân tử chiếm một điểm nút của mạng lưới. Tùy loại tiểu phân và kiểu liên kết giữa chúng mà tinh thể có những tính chất khác nhau.

Tinh thể ion: Tiểu phân trong loại tinh thể này là các cation và anion. Mỗi ion chiếm cứ một nút mạng lưới. Ion được xem là những hình cầu có bán kính xác định. Ví dụ mạng lưới tinh thể của NaCl (hình 2.2). Liên kết giữa các tiểu phân là liên kết ion. Tinh thể ion là đặc trưng cho phần lớn hợp chất vô cơ.



Hình 2.2. Mạng lưới tinh thể của NaCl

Tinh thể phân tử: Tiểu phân chiếm cứ các điểm nút của mạng lưới tinh thể là những phân tử trung hòa (hoặc những nguyên tử của khí trơ). Ví dụ tinh thể phân tử của một số chất trong hình 2.3. Liên kết giữa các tiểu phân là lực Van der Waals. Như đã biết, lực này yếu hơn nhiều so với các liên kết hóa học thực thụ, nên năng lượng mạng lưới nhỏ, đặc biệt là tinh thể của các khí trơ.