

大學用書

近代有機化學

秦道堅編著

正中書局印行

大 學 用 書

近代 有 機 化 學

秦 道 堅 編 著

正 中 書 局 印 行

版權所有



翻印必究

中華民國六十年三月臺初版

大學近代有機化學

全一冊 基本定價 精裝六元一角
平裝五元

(外埠酌加運費滙費)

編著者 秦 道 堅

發行人 李 潔

發行印刷 正中書局

(臺灣臺北市衡陽路二十號)

海外總經銷 集成圖書公司

(香港九龍亞皆老街——號)

海風書店

(日本東京都千代田區神田神保町一丁目五六番地)

內政部登記證 內版臺業字第〇六七八號(6487)清

(2000)

自序

溯自1828年德國化學家烏勒 (Wöhler) 發見氰酸銨加熱可以變成尿素之後，昔日錯誤觀念謂有機化合物是生物體之產品，無機化合物則屬非生物界之論調，自此打破，而有機化學教科書之編制亦迭徑改變。著者曾於民三十八年著有大學叢書有機化學一部，上下二冊，在上海商務印書館出版，兩年之內，印行三版，為各大學及專科學校所採用。

竊思有機化學近十年來之進展，更形飛騰猛進，而有機化學教科書之編制，亦大有改變；從前脂肪族與芳香族化合物一向分開講授，近則以混合教法更為合理；從前化合物之構造式與反應式甚少以電子理論解釋，近則以電子學說及化學反應過程闡明更易了解；是以本書之編纂，實不容緩，故名之為近代有機化學，可供一般大學及專科學校化學系，化工系，農化系，醫學院，師範大學理學院等之用；又此書于每章之內，常附一二例題解答法，以指示解答一般有機化學問題應循之途徑。

著者二十餘年來歷任廣西大學，浙江大學，東海大學及新加坡南洋大學教席，專授有機化學，有機分析及有機合成等課。此書之成乃積多年來之講稿及研究所得，並時得同仁學子之指正及協助，謹此致謝，以誌不忘。

著者 秦道堅 序

目 次

自 序

第一章 有機化學基本概念 1

- 1-1. 有機化學定義 1-2. 碳原子之特性 1-3. 碳化合物之構造式
1-4. 化學鍵 1-5. 有機物之熔點 1-6. 有機物之沸點
1-7. 溶解度 1-8. 有機物之成分 1-9. 有機物之分類
1-10. 極性分子與非極性分子 1-11. 有機物與無機物性質之比較

第二章 烷 烴 (ALKANES)11

- 2-1. 烷烴之命名及構造式 2-2. 烷基 2-3. 烷烴一般製備法
2-4. 旁反應 2-5. 烷烴之異構體 2-6. 烷烴之物理性
2-7. 烷烴之化學性 2-8. 燃燒熱 2-9. 燃燒熱之預測與鍵能
2-10. 例題解 2-11. 律德反應與清潔劑 2-12. 化學反應與動能圖表
2-13. 石油與汽油 2-14. 石油熱裂法 2-15. 抗氧劑
2-16. 辛烷率 2-17. 抗震劑 2-18. 由煤粉製汽油

第三章 烯 烴 (ALKENES)29

- 3-1. 烯烴之命名及異構物 3-2. 烯烴之性質 3-3. 乙烯之構造式
3-4. 近代雙鍵結構之理論 3-5. 烯烴之化學反應圖表 3-6. 幾何異構現象
3-7. 反馬氏定則 3-8. 烯烴聚合反應 3-9. 氫化硼與烯烴之添加反應
3-10. 烯烴之氧化 3-11. 烯烴與臭氧反應
3-12. 例題解 3-13. 烯烴製備法 3-14. 加氫熱與烯烴之安定度
3-15. 化學合成問題 3-16. 例題

第四章 炔烴與二雙鍵烴 (ALKYNES & DIENES)51

- 4-1. 炔烴 4-2. 炔烴之構造式 4-3. 炔烴之物理性 4-4. 炔烴之製備法 4-5. 炔類之添加反應 4-6. 炔之酸性反應 4-7. 炔類化學反應圖表 4-8. 二雙鍵烴 4-9. 共軛雙鍵烴之聚合
4-10. 二雙鍵烴聚合反應之過程 4-11. 互聚作用 4-12. 天然橡膠之性質 4-13. 1,2及1,4添加反應 4-14. 共軛雙鍵之分子軌道
4-15. 共軛雙鍵烴之製備 4-16. 炔烴及二雙鍵烴之鑑別
4-17. 迪爾亞德反應 (Diels-Alder)

第五章 環 烴 (CYCLOALKANES)65

- 5-1. 環烴之物理性 5-2. 化學構象體 (Conformation) 5-3. 環烴之製備 5-4. 環烴之化學性 5-5. 拜爾張力學說 5-6. 環烯之順、反添加反應 5-7. 環烴之燃燒熱 5-8. 幾種環烴衍生物——麝香酮、靈貓酮、樟腦、龍腦 5-9. 薄荷醇與薄荷酮 5-10. 例題

第六章 芳香烴 (ARENES)77

- 6-1. 芳香烴之來源 6-2. 煤焦油之分餾 6-3. 芳香烴製備法
6-4. 費加烷化反應過程 6-5. 費加酰化反應 6-6. 例題解
6-7. 苯烴之化學性及構造 6-8. 苯構造式之理論 6-9. 苯烴之燃燒
6-10. 苯烴之氧化 6-11. 苯烴之鹵化 6-12. 苯烴之硝化 6-13. 苯烴之磺化 6-14. 重氫反應 6-15. 取代基定位法則 6-16. 定位取代之機程 6-17. 苯烴取代反應之速率 6-18. 科勒絕對法
6-19. 第三基引入之位置 6-20. 例題 6-21. 萘之取代反應

第七章 醇與酚 (ALCOHOLS & PHENOLS)97

- 7-1. 醇之分類 7-2. 醇類命名法 7-3. 醇之物理性 7-4. 醇之化學性 7-5. 醇之製備法 7-6. 醇之脫水反應 7-7. 脫水反應之機程 7-8. 甲 醇 7-9. 例題解 7-10. 無水酒精
7-11. S_N1 及 S_N2 反應 7-12. 酚 類 7-13. 酚之化學性
7-14. 酚之用途 7-15. 酚之還原 7-16. 酚 酞

第八章 多元醇與多元酚.....115

- 8-1. 多元醇 8-2. 乙二醇之製備 8-3. 乙二醇之性質及用途
 8-4. 例題 8-5. 1,2-丙二醇 8-6. 1,3-丙二醇 8-7. 甘油
 8-8. 硝化甘油 8-9. 併酮醇 8-10. 例題 8-11. 多元酚
 8-12. 多元酚之一般製法 8-13. 多元酚之性質 8-14. 1,4-苯二
 酚 8-15. 醌類 8-16. 醌之構造式 8-17. 例題解

第九章 光學異構現象.....129

- 9-1. 旋光學異構體發現史 9-2. 比旋度 9-3. 例題解 9-4. 旋
 光體之立體投射式 9-5. 天冬碱 9-6. 消旋體 9-7. 消旋化
 反應 9-8. 旋光體之數目 9-9. 氯黴素之光學旋光異構體
 9-10. 外消旋體之分離 9-11. 人造光學異構體 9-12. 斐耳光學
 換位 9-13. 環狀化合物光學異構體 9-14. 毒芹碱 9-15. 例
 題解 9-16. 固牢分子旋光體 9-17. 例題解 9-18. 幾何異構
 旋光體 9-19. 例題解

第十章 有機鹵化物.....147

- 10-1. 鹵化物之命名 10-2. 鹵烷製備法 10-3. 鹵烷之物理性
 10-4. 鹵烷之化學性 10-5. 烷烴之氟化 10-6. 鹵烷之用途
 10-7. S_N2 反應及其機程 10-8. 消除反應E1及E2

第十一章 醚類.....155

- 11-1. 醚之命名 11-2. 醚類之物理性 11-3. 醚類製備法
 11-4. 例題 11-5. 乾醚及其用途 11-6. 麻醉劑之生理作用
 11-7. 醚類之化學性 11-8. 例題解 11-9. 環醚 11-10. 過
 氧化物與游離基 11-11. 例題解

第十二章 醛類及酮類.....167

4 近代有機化學

- 12-1. 羰化合物 12-2. 醛及酮之命名法 12-3. 醛及酮之物理性
12-4. 醛及酮製備法 12-5. 例題 12-6. 苯甲醛 12-7. 丙酮
12-8. 醛及酮之化學性 12-9. 例題解 12-10. 甘氏反應
12-11. 聚合作用反應 12-12. 柏琴反應 12-13. 烏啓勒還原反應
12-14. 聚合作用 12-15. 例題解 12-16. 肉桂醛 12-17. 茴香醛
12-18. 香茅醛 12-19. 香草精 12-20. 水楊醛
12-21. 向日葵醛 12-22. 例題 12-23. 烯酮類 (Ketenes)

第十三章 有機酸.....189

- 13-1. 定義 13-2. 命名法 13-3. 有機酸之物理性 13-4. 有機酸之離解常數
13-5. 例題解 13-6. 羧酸之酸度 13-7. 有機酸之化學性
13-8. 酯化之機程 13-9. 中和當量 13-10. 例題解
13-11. 羧酸之沸點 13-12. 羧酸紅外線吸收光譜
13-13. 羧酸製備法 13-14. 甲酸 13-15. 甲酸之特殊性
13-16. 乙酸 13-17. 苯甲酸 13-18. 水楊酸 13-19. 二元酸
13-20. 二元酸製環酮 13-21. 例題 13-22. 草酸
13-23. 尼龍 13-24. 雪花膏

第十四章 羧酸衍生物.....215

- 14-1. 酯類 14-2. 酯類之製備 14-3. 多元酸酯 14-4. 酯類之化學性
14-5. 酯類皂化之過程 14-6. 皂化當量
14-7. 皂化值 14-8. 例題 14-9. 鹵酰 14-10. 鹵酰之製法
14-11. 鹵酰之化學性 14-12. 鹵酰之活潑度 14-13. 例題
14-14. 酸酐 14-15. 酸酐之製法 14-16. 酸酐之化學性
14-17. 酰胺 14-18. 酰胺之製法 14-19. 乙酰苯胺
14-20. 酰胺之化學性 14-21. 荷夫曼反應 14-22. 腈類
14-23. 腈類製備法 14-24. 腈類之性質 14-25. 例題解

第十五章 胺類.....233

- 15-1. 胺之命名 15-2. 胺類之物理性 15-3. 胺類製備法

- 15-4. 胺之碱性; pK_b 值 15-5. 胺之烷化 15-6. 第四胺鹽與第四胺碱 15-7. 胺類之酰化 15-8. 胺與亞硝酸之反應 15-9. 例題解 15-10. 邢思柏分離混胺法 15-11. 胺複鹽 15-12. 胺之異脲反應 15-13. 苯胺 15-14. 苯胺之化學性 15-15. 胺與酰胺之區別 15-16. 糖精 15-17. 苯胺黑 15-18. 硫胺劑 15-19. 幾種趣味的胺類 15-20. 例題解

第十六章 重氮化合物及染料251

- 16-1. 重氮鹽 16-2. 重氮鹽之製法 16-3. 脂肪胺與亞硝酸之反應 16-4. 重氮鹽之物理性 16-5. 重氮鹽之構造式 16-6. 重氮鹽之化學反應 16-7. 例題解 16-8. 人造染料史 16-9. 顏色與染料 16-10. 偶氮染料與指示劑 16-11. 甲基橙與甲基紅 16-12. 剛果紅 16-13. 橙色 II 16-14. 牢固紅 A 16-15. 茜素黃 R 16-16. 偶氮苯與氧化偶氮苯 16-17. 聯苯胺分子重排 16-18. 生色基與助色基 16-19. 藍靛 16-20. 螢光素與曙紅 16-21. 紅汞藥

第十七章 含硫化合物265

- 17-1. 含硫化合物之種類及命名法 17-2. 硫醇之製法 17-3. 硫醇及硫酚之性質 17-4. 例題解 17-5. 磺酸 17-6. 磺酸之性質及構造 17-7. 苯磺酸製備法 17-8. 氯胺 T 17-9. 苯磺酰氯 17-10. 硫醚 17-11. 硫醚之性質 17-12. 二甲亞砜 17-13. 酮縮砜 17-14. 芥子氣

第十八章 分子互變異構現象275

- 18-1. 定義 18-2. 乙酰乙酸乙酯 18-3. 奎生反應之機程 18-4. 乙酰乙酸乙酯之構造式 18-5. 酮-烯醇互變化合物 18-6. 交叉奎生縮合反應 18-7. 狄克曼縮合反應 18-8. 例題解 18-9. 烯醇型安定之因素 18-10. 乙酰乙酸乙酯之化學反應 18-11. 例題解 18-12. 丙二酸酯 18-13. 丙二酸二乙酯之製法

18-14. 丙二酸酯在有機合成上之應用

第十九章 羧酸及不飽和酸295

- 19-1. 羧酸之製法 19-2. 羧酸之通性 19-3. 乳酸 19-4. 羧酸之化學性 19-5. 檸檬酸 19-6. 碳酸之衍生物：光氣，尿素 19-7. 例題解 19-8. 不飽和酸 19-9. 烯系酸之製備 19-10. 烯系酸之化學性 19-11. 丁烯二元酸幾何異構物 19-12. 油酸 19-13. 蓖麻油酸 19-14. 亞麻油酸 19-15. 桐油酸

第二十章 氨基酸及蛋白質309

- 20-1. 氨基酸製備法 20-2. 氨基酸之物理性 20-3. 氨基酸之偶極矩 20-4. 氨基酸之化學性 20-5. 蛋白質之組成 20-6. 例題解 20-7. D,L-氨基酸之命名 20-8. 蛋白質之分類 20-9. 角蛋白 20-10. 絲蛋白 20-11. 蛋白質合成法 20-12. 蛋白質之營養價值 20-13. 核蛋白，DNA及RNA 20-14. 蛋白質之特性與輸血 20-15. 例題解 20-16. 酵素 20-17. 胰島素 20-18. 甲狀腺素 20-19. 綠藻及食肉代替品 20-20. 蛋白質之腐化 20-21. 羊毛 20-22. 病毒素與巨分子

第二十一章 碳水化合物331

- 21-1. 碳水化合物之分類 21-2. 絕對結構式 21-3. 葡萄糖 21-4. 葡萄糖之構造式 21-5. 旋光互變 21-6. 例題解 21-7. 甲 苷 21-8. 葡萄糖之化學反應 21-9. 低級醣變成高級醣 21-10. 高級醣變成低級醣 21-11. 例題解 21-12. 果 糖 21-13. 蔗 糖 21-14. 蔗糖之性質 21-15. 蔗糖之構造式 21-16. 乳 糖 21-17. 乳糖之性質及構造 21-18. 澱粉 21-19. 澱粉之性質及構造式 21-20. 纖維素 21-21. 纖維素之性質及構造式 21-22. 硝化纖維 21-23. 醋酸纖維 21-24. 羧甲基纖維 21-25. 肝 醣 21-26. 纖維黃酸鈉

第二十二章 性激素、維生素、抗生素353

- 22-1. 性激素 22-2. 雄性激素 22-3. 性激素與避孕 22-4. 雌
 激素 22-5. 避孕素 22-6. 維生素A 22-7. 維生素B
 22-8. 維生素B₂ 22-9. 維生素B₁₂ 22-10. 維生素C 22-11. 維
 生素D 22-12. 抗生素：青霉素 22-13. 氯黴素

第二十三章 雜環化合物365

- 23-1. 定 義 23-2. 雜環物命名法 23-3. 吡咯、呋喃及噻吩共
 振性 23-4. 吡 啶 23-5. 吡咯、呋喃、噻吩及吡啶之化性學
 23-6. 雜環化合物製備法 23-7. 吡咯、呋喃及吡啶衍生物之化學性
 23-8. 喹啉及異喹啉 23-9. 喹啉之製法及化學性 23-10. 例題
 解(1)、(2) 23-11. 嘌 呤

第二十四章 有機化學中核磁共振381

- 24-1. 緒 言 24-2. 核磁共振光譜形成之原理 信號峯之數目
 NMR 位置信號 NMR 峯之面積及H之計算 NMR 峯之分裂
 NMR 與化學構象 其他原子核能產生 NMR 光譜者

本書主要參考文獻397

英漢索引399

第一章

有機化學基本概念

1-1 有機化學定義

化學者乃討論天地間一切物質之性質及製造之科學也。有機化學則為化學中之一部門，專討論含有碳素物質之化學也。故有機化學又名為碳化合物科學，即是此理。

不過少數碳化合物如碳酸鹽，醋酸鹽，氰化物及二氧化碳等，其成分中雖亦含有C素，但其性質與無機化合物極近似，而在無機化學中已討論之，故在有機化學中不再述及。

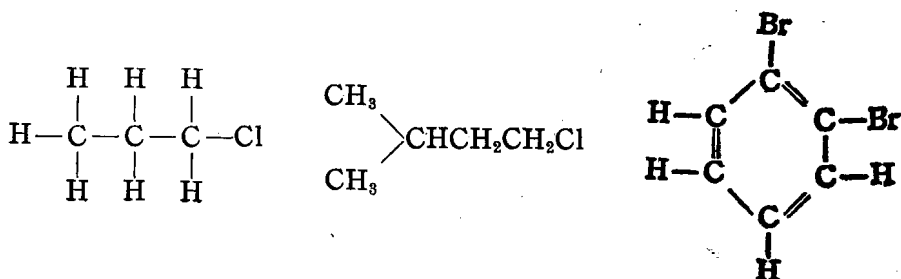
1-2 碳原子之特性

碳元素是各種元素中俱有特殊性質者，因碳原子既能與多數原子直接結合，又能互相連結再與其他原子結合生成長鏈狀或環狀化合物，於是此類化合物多至數百千萬個，赫然成立為一科。

碳原子之所以有此種特性，乃因碳在元素週期表中之位置居中央，其原子

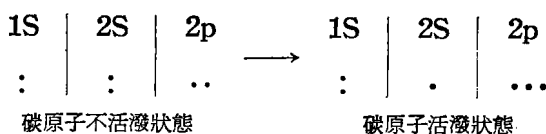
2 近代有機化學

序數爲 6，外圍有四個電子，此四電子一受激動時遂易與其他原子生成共價或半極鍵結合而達成八電子之飽和數，亦即通常稱之爲四價化合物也。



按碳原子在常溫時是一種不活潑的元素，但一受熱或刺激時，其第二層之一電子遂跳向外層，於是成爲四個單獨的電子而變成活潑狀態，此四個電子遂易與其他原子結合矣。

碳原子： C_6 即 $(1S)^2 (2S)^2 (2p)^2$

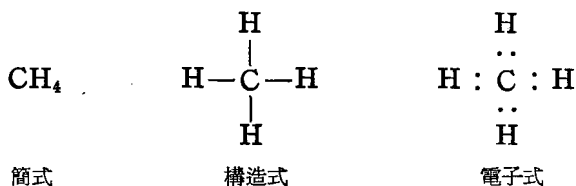


又，矽 Si 與 C 在元素週期表中同爲一組，外圍亦爲四電子，故矽之化學性與碳頗相似，近年來矽化合物之發現甚多，亦可另立一科；惟矽與矽間之結合力不若碳與碳間之強，故其生成化合物之數目遠不及碳之多。

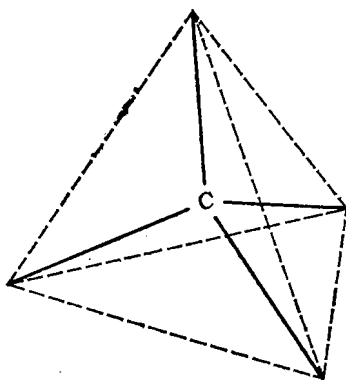
通常碳化合物構造式中碳原子均爲四價，雖然近年來亦發現有碳原子三價之化合物，但極難存在。又原子價一名詞在有機化學中殊少應用，因爲有機物多不能電離故也。但在無機化學中表示一元素在該化合物中之價數如 H^+ ， O^{--} 頗爲普遍。但在有機物則不然，例如：有機化合物甲醛 CH_2O 中之 C，其原子價爲多少，實無法表出，故言有機物之構造時，恒以結合鍵 (bond) 以代替原子價一詞。

1-3 碳化合物之構造式

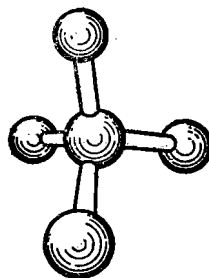
碳原子通常爲四價，每一價恒以一鍵代表之，或以一對電子代表一鍵，例如：甲烷之構造式如下：



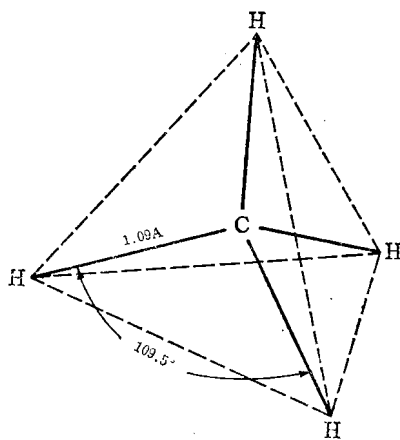
爲方便起見，簡式爲一般書所採用，不過須注意者，三式之寫法皆爲平面體，事實上碳化物的結構爲立體式，爲一種四面體（Tetrahedron），碳原子居中心，四結合鍵向外伸張，每鍵之距離角度爲 109.5° ，如下圖：



(a) 四面體圖



(b) 甲烷構造模型



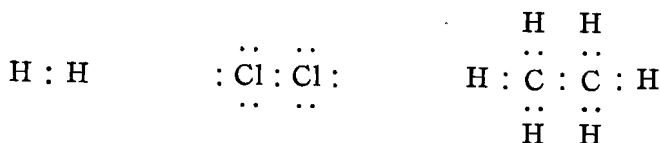
(c) 甲烷結構

關於有機化合物之立體構造式，以後將詳述於光學異構現象等章中。

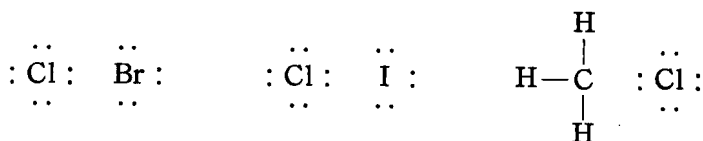
1-4 化學鍵 (Chemical Bonds)

有機化合物中原子與原子之間其結合可能有三種方式，即共鍵；配位鍵；及電離鍵。其中以共鍵最爲普遍。

共 鍵 (covalent) 又名**非極鍵 (non-polar bond)**，爲二原子共有一對電子組成，此二電子乃由該二結合之原子各捐出一個電子互相共有之。若二原子相同，則其共有之成份亦相同，例如：



若二原子不同，則其共有之成份亦異，例如

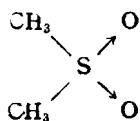


因爲氯原子之負性較溴，碘及碳爲大，故此對電子乃略偏向彼方（亦即Cl之原子半徑較溴及碘爲小，則其核之吸力較大），換言之，電子雲多集中在氯方面生成極化現象，而成爲**極性化合物 (Polar compounds)**。

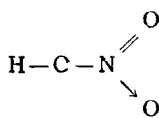
凡負性較大之原子，其吸著外來之電子結合之力亦較大，鹵族元素其負性之大小如下：



半極鍵 (Semi-polar bonds) 又名**配位鍵 (coordinated bonds)**，在有機化合物構造中亦常見之，此爲二原子共有一對電子，此對電子則全由一原子供出而結合。一化合物結構中，共鍵與配位鍵可同時存在，觀下式便明：



簡 式



簡 式

(箭頭代表配位鍵)

含有共鍵及配位鍵 (→) 化合物

電離鍵 (Ionic bonds) 亦名**電極鍵 (electrovalent)**，原子與原子結合時，一部分荷陽電，另一部則荷陰電，例如 $\text{Na}^+ \text{Cl}^-$ ，正負相吸，於是變成一高度之極性化合物，能產生陰陽離子游離存在，此種化合物在無機物中最多，已詳細在無機化學中討論之。

1-5 有機物之熔點

凡純粹之有機化合物均有其一定之熔點，例如：苯甲酸之熔點為 121°C ，尿素之熔點為 133°C ；此為鑑定有機物純度之一良法。換言之，不純之有機物其熔點便不一定，其熔化界限頗長；例如：若將苯甲酸與尿素混合，其熔化時可能自 90°C 開始，一點一點慢慢的才全部熔完，而最後之熔化溫度，必低於二者之熔點，可能為 110°C ，不若純粹之苯甲酸，溫度一達 121°C 時，即全部熔化也。

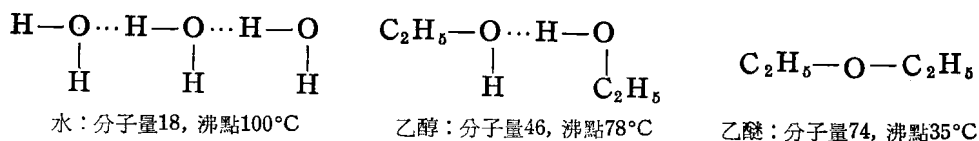
又，有機物之熔點常較一般無機物為低，例如： NaCl 之熔點為 801°C ， KBr 為 730°C ；而有機物之熔點常在 300°C 以下。有機物熔點低之原理，乃因其分子與分子間之吸聚力甚小，因有機物皆為非極性分子，非極性分子互相結合成結晶，全係依靠一種微弱之凡德瓦力 (Van der Waals force)，而無機物多為電離分子，有顯著的正負二極，一分子之負極與他分子之正極互相吸著，其力甚強，欲破離之而熔化，必須加高溫始可也。

1-6 有機物之沸點

凡純粹之有機物均有其一定之沸點，例如：苯之沸點為 80°C ，乙醇之沸點為 78°C ，甲苯之沸點為 111°C 。不純之有機物，其沸點界限甚長，例如：若以乙醇與水混合蒸餾之，其開始沸騰之溫度可能自七十多度慢慢滴出，一直約達一百度始止。若以純粹之乙醇蒸餾之，則其沸騰之溫度一直保持為 78°C ，直至全部蒸出而此沸點永遠保持不變。故此亦為鑑定液體有機化合物純度之一良法。

化合物沸點之高低，與其分子量之大小及其結構式有極大之關係，一般而言，分子量較大之有機物有較高之沸點，例如：苯之分子量 78，為其沸點為 80°C ；而甲苯之分子量為 92，其沸點為 111°C ；但若一分子之結構含有能互相

吸引之 H 鍵 (H bonding) 者，則其分子量雖小，而其沸點可能較無 H 鍵者為高；氫鍵愈多之化合物，其沸點愈高，例如



1-7 溶解度

一化合物是否能溶於某種溶劑中，此與該化合物之構造式及溶劑之構造式是否相近似而定。一般而言，二物之分子結構相似者往往能互相溶合。例如：水 HOH 與甲醇 CH_3OH 可以完全溶解，又己烷 C_6H_{14} 與辛烷 C_8H_{18} 亦可相溶無間。但水與己烷則不可互溶，故汽油不溶於水，即是此理。高級之醇，如 $\text{C}_7\text{H}_{15}\text{OH}$ ，不易溶於水，因二者之結構已不近似矣。

通常極性化合物與極性化合物多可互相混合，而非極性化合物與非極性化合物亦多可互溶；非極性化合物能溶於極性化合物者殊少，蓋極性化合物與極性化合物之分子與分子間互相吸引之力頗大，故非極性分子實難參雜於其間。

無機化合物通常為高度極性化合物，故甚易溶於極性溶媒如水及液體氨中，有機化合物則不能；但有機物結構中含有電離鍵或極性鍵時，則有助於其溶解於水中。

又，構造式相似之化合物，分子較大者（熔點較高者）其溶解度則較小，例如： $\text{C}_{18}\text{H}_{38}$ 在石油中之溶解度遠較 C_7H_{16} 為差。一般而言，非極性化合物其分子愈大者，如高聚合體，其溶解度亦愈小。

不過，有一點須言者，通常低級之有機化合物，如甲醛、甲酸、丙酮、甲醇、甲胺等均易溶於水中；高級者其溶解度則漸次減低，以至完全不溶。

1-8 有機物之成分

自然界有機化合物的種類極多，吾人日常上接觸者幾乎全是有機物，例如：油、米、衣著、藥物等皆為有機化合物組成。至今為止，化學家所知之有機化合物的數目，約較無機化合物多至數千百倍。

然而構成有機化合物的元素，則不外數種，即碳、氫、氧、氮、硫、磷及