

現代有機化學

編 著 者

歐 陽 承 胡 啓 和

增 訂 本

大中國圖書公司印行

最新編著

現代有機化學

編著者

歐陽承 胡啟和

大中國圖書公司印行

序

我國科學落後，無可諱言。欲促進科學，首須印行有關之書籍雜誌，俾莘莘學子得以研讀，從而導引其對於科學發生興趣，斯爲必要之圖。遠如歐美，近如日本，莫不經常出版新書，凡科學各部門皆有專著。尤以化學一科，所有論述，類皆卷帙浩繁。返觀我國，歷來出版之化學書籍，寥寥可數。誠爲可憂之現象。

最近大中國圖書公司刊印有機化學及其實驗一書，由胡啓和與歐陽承二先生編著，內容充實而印刷精良，堪供專科學校，及高級職業學校之教科書或參考之用。夫此書之成，時在今日，竟能克服印刷及編著之難點，其間幾費詮詣，概可想見，固未嘗知難而退也。是則吾國亦不乏有識之士，着目及於化學書籍之印行，進而有推動科學研究之用意，故樂爲之序。

民國四十三年八月 魏岳壽誌於臺灣大學

自序

有機化學爲化學中主要部門，不僅爲學習化學者必修科目之一，舉凡工業、農業、醫藥、國防等之研究，亦莫不以此爲基礎，溯自二次大戰以來，各國在此方面之進展誠有一日千里之勢，例如合成橡膠、塑膠、人造纖維、抗生素、殺蟲藥劑等，均爲研究有機化學者之新成就，且今多已分門別類，彙成巨冊，洵爲大觀。

臺灣之職業教育向稱發達，理、農、工、醫、各級學校遍布全省，此項書籍之需要至爲殷切，而坊間現有者殊屬寥寥，間或有之亦係十年前之陳籍，不能適應今日之需要，故新資料之補充，實爲刻不容緩之事。

編者側身教界有年，有鑒於斯，爰於課餘之暇，搜集有關資料，主要參考 Lowy & Harrow 之 Introduction to Organic Chemistry 及 Conant 之 Chemistry of Organic Compounds 兼及 Gilman 之 Organic Chemistry 及 Gortner 之 An Outline of Biochemistry 等多種書刊書成此冊，內容計分三十二章，約二十餘萬言，除基本學理之闡述外，舉凡近世有機化學在農、工、醫、方面之新發展儘量搜羅以求完備，如供專科學校或職業學校教學及參考之用，似尙能勝任。

本書脫稿後，辱承張儀尊教授賜予若干寶貴意見，復承魏品壽教授賜校並序，謹此致謝。

編者才疏學淺，倉促書就，掛一漏萬，在所難免，尙希海內先進有以正之。

民國四十三年八月 編者謹識

現代有機化學目錄

第一編 總 論

第一章 有機化學緒論	1
1. 有機物 2. 有機物與無機物之比較 3. 有機物之成分元素 4. 有機化合物之來源 5. 有機化學之重要性	
第二章 研究有機化合物之基本方法	4
6. 有機化合物純度之鑑定 7. 有機化合物之精製法 8. 有機化合物之定性分析 9. 有機化合物之定量元素分析	
第三章 有機化合物之化學式及分類	9
10. 化學式 11. 有機化合物之結構原理 12. 有機化合物之分類	

第二編 開鏈化合物

第四章 飽和烴	13
13. 脂肪族碳氫化合物 14. 飽和烴 15. 甲烷 16. 乙烷 17. 丙烷 18. 同系物系 19. 烷基 20. 飽和烴之一般製法 21. 飽和烴之一般性質 22. 飽和烴之異構物 23. 飽和烴之命名法 24. 石油 25. 汽油之辛烷值 26. 汽油之製造 27. 天然煤氣	
第五章 不飽和烴	23
28. 不飽和烴 29. 烯屬烴 30. 乙烯 31. 烯屬烴之異構物及命名法 32. 炔屬烴 33. 乙炔 34. 炔屬烴之命名法 35. 二烯屬烴 36. 天然橡膠 37. 合成橡膠	
第六章 醇 類	41
38. 醇類 39. 飽和一元醇 40. 醇類之異構物及命名法 41. 醇之分類 42. 飽和一元醇之一般製備法 43. 飽和一元醇之一般性質 44. 甲醇 45. 乙醇 46. 雜醇油 47. 高級醇類	

第七章 鹵素取代物及格林納試劑.....53

48. 鹵化烷基 49. 鹵化烷基之一般製備法 50. 鹵化烷基之通性及用途 51. 多鹵素取代物 52. 不飽和烴之鹵素取代物 53. 格林納試劑 54. 金屬烷基化合物

第八章 醚類.....61

55. 醚類 56. 乙醚 57. 乙醚同系物 58. 其他醚類及衍生物 59. 醚類之異構物 60. 硫醇

第九章 醛類與酮類.....68

61. 概說 62. 醛類與酮類之命名法 63. 醛類，酮類之一般製法 64. 醛類與酮類之化學性質 65. 醛類 66. 甲醛 67. 乙醛 68. 二醛及不飽和醛類 69. 酮類 70. 丙酮 71. 不飽和酮類 72. 酮類之異構物

第十章 飽和脂肪酸.....83

73. 概說 74. 飽和脂肪酸之一般製法 75. 飽和脂肪酸之通性 76. 甲酸 77. 乙酸 78. 丙酸與正丁酸 79. 棕櫚酸與脂臘類 80. 飽和脂肪酸之衍生物 81. 鹵鹽化物 82. 酸酐

第十一章 不飽和脂肪酸.....94

83. 不飽和脂肪酸 84. 丙烯酸 85. 丁烯(2)酸 86. 丁烯(3)酸 87. 油酸 88. 丙炔酸 89. 其他不飽和酸

第十二章 鹽類與酯類.....99

90. 鹽類 91. 鹽類之一般製法及性質 92. 肥皂 93. 酯類 94. 酯類一般製法及性質 95. 無機鹽之酯類 96. 有機酸之酯類 97. 脂肪及油類 98. 油類之氫化 99. 乾性油 100. 脂肪及油類之分析與檢驗 101. 磷脂類 102. 蠟

第十三章 氨之衍生物及氰化合物.....110

103. 概說 104. 胺類 105. 胺類之一般製法及性質 106. 醯胺類 107. 乙醯胺 108. 腈類 109. 氰化氫 110. 乙腈 111. 甲腈 112. 腈 113. 雷汞

第十四章 多元醇.....121

114. 概說 115. 二元醇 116. 三元醇 117. 硝化甘油 118. 四元醇

119. 光學異構現象 120. 五元醇 121. 六元醇

第十五章 二羧酸129

122. 二羧酸 123. 草酸 124. 丙二酸 125. 琥珀酸 126. 不飽和二羧酸

第十六章 鹵酸羧酸與酮酸135

127. 概說 128. 鹵酸 129. 羧酸 130. 乳酸 131. 蘋果酸 132. 華爾頓轉位 133. 酒石酸 134. 檸檬酸 135. 酮酸 136. 丁酮酸乙酯

第十七章 氨基酸蛋白質及酮酸148

137. 氨基酸 138. 蛋白質水解所生成之氨基酸 139. 蛋白質 140. 蛋白質之構造及組成 141. 蛋白質之性質 142. 蛋白質之分子量 143. 蛋白質之分類 144. 蛋白質之檢驗 145. 蛋白質之用途

第十八章 醣類157

146. 概說 147. 單醣類 148. 葡萄糖之性質與結構 149. 果糖之性質與結構 150. 配醣物 151. 醣苷鍵之增大及減少法 152. 己醣醣, 己醣醣等之相互變遷關係 153. 貳醣類 154. 多醣類 155. 硝化纖維素 156. 無煙火藥 157. 賽璐珞 158. 假漆 159. 醋酸纖維素 160. 人造絲

第十九章 脲類及碳酸衍生物174

161. 概說 162. 尿素 163. 烷基尿 164. 硫尿 165. 胍 166. 氨基甲酸

第三編 環狀化合物

第二十章 芳香烴類179

167. 概說 168. 芳香烴類之來源 169. 苯 170. 芳香烴之一般製法 171. 芳香烴之通性 172. 苯之數種同系物 173. 苯環上之取代與空位

第二十一章 鹵化苯類、磺酸類及酚類196

174. 鹵化苯類 175. 鹵化苯類之製備 176. 鹵化苯之性質 177. 化學戰劑 178. 苯磺酸類 179. 磺酸之性質 180. 氯化苯磺鹽之反應 181. 磺胺藥物 182. 酚類 183. 酚 184. 酚之性質 185. 酚之用途

186. 酚之同系物

第二十二章 芳香族硝基化合物及胺類216

187. 硝基化合物 188. 硝基苯 189. 三硝基甲苯 190. 硝基酚
191. 苦味酸 192. 芳香族胺類 193. 苯胺 194. 甲苯胺 195. 甲基
苯胺及二甲苯胺 196. 乙醚苯胺 197. 硝基苯胺 198. 二苯胺
199. 三苯胺 200. 二氨基苯類 201. 氨基酚類 202. 對位氨基酚
203. 間位氨基酚 204. 殺伐散 205. 重氮及偶氮化合物 206. 重氮
鹽之結構 207. 重氮鹽之化學性 208. 偶氮苯

第二十三章 芳香族醛類、酮類及醌類240

209. 芳香醛類 210. 苯甲醛 211. 自氧化作用 212. 自苯甲醛而得
之側鏈化合物 213. 柏金氏反應 214. 水楊醛 215. 香豆精 216.
大茴香醛 217. 香草精 218. 芳香酮類 219. 二苯甲酮 220. 苯乙酮
221. 苯氯乙酮 222. 密歇爾氏酮 223. 安息香 224. 醌類 225. 醌
226. 醌苯合苯二酚 227. 磷苯醌

第二十四章 芳香醇類及醚類256

228. 芳香醇類 229. 苯甲醇 230. 羥苯甲醇 231. 肉桂醇 232. 松柏
醇 233. 木質素 234. 第二醇與第三醇之合成 235. 三苯甲醇
236. 醚類

第二十五章 芳香酸類及塑膠263

237. 芳香酸類 238. 芳香酸之一般製備法 239. 芳香酸類之一般性
質 240. 苯甲酸 241. 氯化苯甲醯 242. 硝基及氨基苯甲酸 243.
甲苯甲酸 244. 水楊酸 245. 水楊酸衍生之藥物 246. 五倍子酸
247. 鞣質 248. 苯二甲酸 249. 磷苯二甲酐 250. 苯二醯亞胺
251. 糖精 252. 酚酞 253. 螢光黃 254. 苯基乙酸 255. 杏仁酸
256. 肉桂酸 257. 密石酸 258. 戴爾一亞得爾戴恩綜合法 259. 塑
膠

第二十六章 萘、蒽及菲290

260. 概說 261. 萘 262. 萘酚類 263. 萘胺類 264. 磺酸化之萘
胺及萘酚 265. 萘二甲酸 266. 萘醌類 267. 聯苯 268. 蒽 269.
蒽醌 270. 菲

第二十七章 環 烴.....300

271. 環烴 272. 環烴之製法 273. 環烴之性質 274. 拜耳氏張力說
275. 萸荖類 276. 薄荷烴 277. 薄荷醇與薄荷酮 278. 萵 279. 苳
280. 一萸蒾 281. 樟腦 282. 固醇 283. 膽酸

第二十八章 雜環化合物.....310

284. 雜環化合物 285. 雜環開裂法 286. 呋喃 287. 呋喃醛 288.
吡咯 289. 噻吩 290. 吡啶 291. 噻啉 292. 異噻啉 293. 吡啶
294. 呋喃 295. 噻吩族 296. 核酸 297. 尿酸 298. 黃花色素

第二十九章 染 料.....321

299. 總論 300. 染色原理 301. 染色之分類 302. 偶氮染料 303.
三苯甲烷染料 304. 蒽醌染料 305. 靛藍染料 306. 硫染料

第三十章 動植物色素.....329

307. 葉綠素 308. 脂黃素 309. 黃色素 310. 花色原 311. 血色素
312. 膽質色素 313. 黑色素

第三十一章 植物鹼.....338

314. 概說 315. 吡啶組 316. 吡咯啉組 317. 特羅班組 318. 噻啉
組 319. 異噻啉組 320. 呋喃組

第三十二章 酵素、刺激素、維生素及抗生素...345

321. 酵素 322. 酵素之類別及其作用 323. 刺激素 324. 植物激素
325. 維生素 326. 抗生素

第三十三章 有機化合物之極性及反應機程.....361

327. 共價鍵之部份離子性 328. 元素之陰電性 329. 極性化合物與
非極性化合物 330. 酸與鹽基 331. 氧化劑與還原劑 332. 反應機
程 333. 烷類之鹵化反應 334. 烯屬烴之加成反應 335. 烯烴之聚
合作用 336. 醇類之脫水反應 337. 鹵烷數之取代反應 338. 酮類
醛類之加成反應 339. 羧醛縮合反應及康尼卡羅反應 340. 雙分子
還原與併酮醇之分子重排 341. 酯化反應 342. 醯化反應 343. 荷
夫曼反應 344. 苯之取代反應 345. 苯之衍生物之定位通則

第三十四章 有機化學文獻..... 364

346. 有機化學文獻 347. 一般性之普通教科書及高等教科書
348. 參考書 349. 研究文獻之評論 350. 有機化合物之手冊及字典
351. 化學集粹 352. 基礎文獻

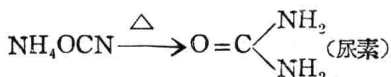
附錄 英漢名詞對照索引表

現代有機化學

第一編 總論

第一章 有機化學緒論

1. 有機物(Organic substance) 十九世紀以前之化學家均認為自然界之物質不外乎動物性物質,植物性物質,及礦物性物質三類。前兩類為動植物之各種產物,得之於生物界,當時以為僅能由生物體內之生活力(Vital force)造成,決非人工所能製造者,稱之為有機物;與得自無生物界之無機物(即礦物性物質)自有其神秘之區別。迄至1828年伍勒(Friedrich wöhler)將氰酸鉀(KOCN)與硫酸銨 $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ 之水溶液煮沸,以製備氰酸銨 (NH_4OCN) 時,偶然獲得一種有機物,名為尿素(Urea),其反應式為:



按尿素為動物尿中之排洩物,原為一種熟知之有機物,今竟由氰酸鉀,硫酸銨二種無機物所製成,無需藉助於所謂之生活力,故過去想像之神秘區別,遂被推翻,而有機物及無機物二名詞亦失其原意。

自是以後,有機物之由人工合成者為數日增,有機物之各種化學定律(如定比定律,質量作用定律等),亦全與無機物相同。吾人察知一般有機物均以碳為其中心元素,故今日所謂之有機物實即碳之化合物。為研究便利起見,將碳化合物之化學另成一專門學科,稱為有機化學(Organic chemistry),與無機化學並列,為化學中之兩大部門。

但如一氧化碳,二氧化碳,二硫化碳,氰化氫,及碳酸鹽類等,雖為碳之化合物,仍包括於無機化學中,故有機物與無機物之間,並無一明顯之界限,尚需視其性質而定。

伍勒(Friedrich wöhler 1800—1882)德國格丁頓大學教授。

2. 有機物與無機物之比較 今日已知之有機物，估計為 500,000 種，而不含碳之化合物則不超過 100,000 種，有機物雖亦具有氣體，液體，固體三態，但與無機物之性質，諸多不同，茲列舉如下：

(1) 有機物常溶於有機溶劑中，如醚，酒精，三氯甲烷，苯等，而難溶於水；無機物常溶於水中，而難溶於有機溶劑。

(2) 有機物常較無機物為不安定，易起變化，多數能燃燒，遇高熱即行分解。

(3) 有機物之分子構造常較無機物為複雜，在有機物中，碳原子等可以互相連結成鏈或環而形成一巨大之分子，因此有機物常有許多組成及性質相似之同系物 (Homologs)，分子式相同而構造或不同之異構物 (Isomers)，及由若干分子聚合而成之聚合物 (Polymers) 等，無機物中則極少此種現象。

(4) 大多數之有機物皆為非電解質，其化學反應多為非離子反應，速度甚慢，常需加熱或加入催化劑，無機物則多數能電離，其化學反應常為離子反應，瞬即完成。

(5) 有機物易起**模式反應** (Type reaction)，例如多數有機物均可與硝酸起硝化作用而生成硝基化合物 (Nitro compounds)，硝基化合物與還原劑作用則生成氨基化合物 (Amino compounds)，又有機化學反應常趨於複雜，有發生許多**副反應** (Side reaction) 或**次級反應** (Secondary reaction) 之可能，無機物則甚少此類反應。

3. 有機物之成分元素 有機物之種類雖多，但多數僅含有少數幾種不同之成分元素，如碳氫化合物僅含碳，氫二種元素，澱粉，糖酒精等則含碳，氫，氧三種元素，蛋白質，植物鹼及尿素等含有碳，氫，氧，氮等四種元素；要之，有機化合物皆以碳為中心元素，其次為氫，氧，氮，有時尚含有硫和磷，或鹵素，砷，及各種金屬等元素。

4. 有機化合物之來源 有機化合物之來源大約為：

(1) 植物界及動物界 吾人習見之有機化合物多數係由植物界及動物界得來，如糖類，澱粉，油脂，蛋白質，樹膠，精油，植物鹼及維生素等。

(2) 石油 分餾石油可得多數碳氫化合物，如汽油，煤油，重油，石蠟等。

(3) 煤 將軟煤破壞蒸餾 (Destructive distillation) 則得煤氣，氨水，焦煤及煤膏 (Coal tar)，由煤膏中又可提出多種重要之有機物，如苯，甲苯，萘，酚，蒽等。

(4) 木材 將木材破壞蒸餾，可得醋酸，甲醇，丙酮及木膏 (Wood tar) 等，木膏中亦可提出多種有機物。

(5) 其他 由發酵作用 (Fermentation)，可得酒精，醋酸，乳酸等；由腐爛作

用(Putrefaction)可生成胺類,脂肪酸,及甲烷等,至於各種人工合成法更可製得千萬之有機化合物,例如由石灰石,煤,及水可製得乙炔,由乙炔可製得多種有機化合物。

5. 有機化學之重要性 吾人既知有機化學為碳化合物之化學,碳僅為元素之一,何以此一元素之化學,竟能與研究全部其他元素之化學——無機化學,並列為化學中之兩大類?蓋因有機物之種類實超過全部無機物五倍以上,而有機化學之研究尤為生理學,藥物學,生物化學,染料化學等之基礎,其應用於工業,農業,醫藥,及國防方面,範圍至廣,直接間接影響國家,社會,及吾人之衣食住行,本世紀以來工業,農業,醫藥之突飛猛進,文化之昌明,人民生活水準之提高,平均壽命之增加等等,有機化學之研究實有其不可磨滅之功績焉。

第二章 研究有機化合物之基本方法

6. 有機化合物純度之鑑定 有機化合物或因原料不純，或因製備時發生副反應產生副產物，而致含有雜質。故有機化合物之純粹與否，常需鑑定之，其方法如下：

(1) 熔點測定法：純粹之固體有機化合物，皆有一固定之熔點，自開始熔融至全部熔為液體前，保持其在熔點時之溫度，(不超過 0.5°C)。若熔融時溫度繼續升高，即表示熔點不固定，該物質必不純粹。

(2) 沸點測定法：純粹之液體有機化合物，在一定之氣壓下蒸餾時，皆有一固定之沸點，若含有雜質，則其沸點必不固定。

7. 有機化合物之精製法(Purification of Organic Compounds)：不純之有機化合物，可隨其為固體，液體，或氣體，用下列方法精製之。

(1) 固體 固體之精製法，主要者有結晶，昇華，脫色等法。

(A) 結晶法(Crystallization) 將欲精製之化合物溶于適當之溶劑中，加熱至沸騰，使成飽和溶液，濾去不溶物質，將濾液冷卻，使之結晶析出。

若同一溶劑中含有兩種以上之物質時，則利用其溶解度之不同，以分級結晶法(Fractional Crystallization)分離之，即將飽和溶液冷卻，其中溶解度較小之物，常先結晶析出，濾分之，再蒸發濾液使濃，冷卻後，溶解度較大之物，亦結晶而出。如所得結晶尚不十分純粹，可再溶于適當溶劑中，用同法再結晶，數次後，可得純粹之化學物。

(b) 昇華(Sublimation)：能昇華之固體，可利用昇華法以除去所含之雜質。

(c) 脫色(Decolorization)：化合物中含有色素雜質時，可利用炭粉，骨炭等將色素吸着，然後濾除之。

(2) 液體 液體之精製法，主要者有蒸餾，抽取鹽析等法：

(a) 蒸餾法(Distillation)：蒸餾法又分為下列四種？

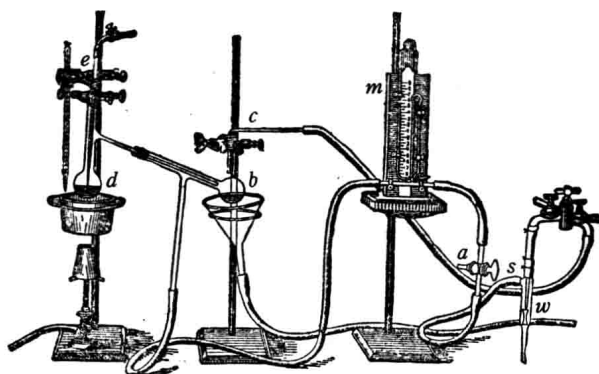
簡單蒸餾 高液體加熱至沸騰，餾出純液(在一定之溫度內餾出者則為純液)而使難揮發之物質殘留於蒸餾瓶內除去。

分級蒸餾 二種以上之揮發性液體互相混合物時，可利用其沸點之差異，用分級蒸餾法(Fractional distillation)分離之。

真空蒸餾 體沸點之有機液，恐其在高溫時分解，可實行真空蒸餾法(Vacuum distillation)，利用真空裝置減低壓力，使沸點隨之降低，如有機液便不

致在蒸餾時分解而得以順利餾出。

水蒸氣蒸餾 沸點比水高而難溶於水之有機液，可用水蒸氣蒸餾法(Steam distillation)，通入水蒸氣，使於 100°C 以下之低溫，隨水蒸氣餾出，例如苯胺(184°)及樟腦(179°)等可用此法精製之。

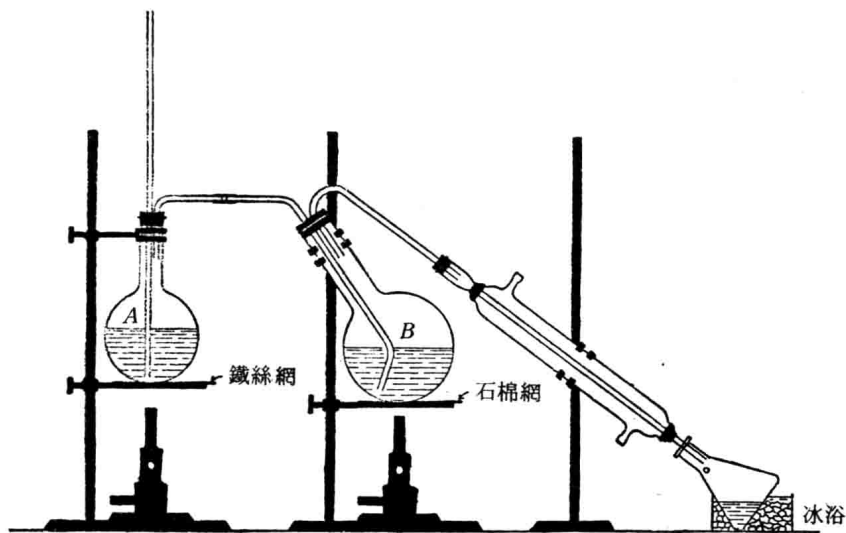


真空蒸餾裝置

(b) 抽取(Extraction) 自原料或混合

物中提取某種有機物，可加入易於溶解此物而不易溶解他物之溶劑以抽取之。例如由花生中用乙醚抽取花生油。

(c) 鹽析(Saltingout) 在液體混合物中加入食鹽，可將不溶於鹽類溶液(或因同離子效應)之物分離析出。例如在苯胺與水之混濁液中加入食鹽，則苯胺鹽析而出。



水蒸氣蒸餾裝置

(3) 氣體 氣體之精製法係利用一種物質在一定之狀況下吸收其中之雜質。

使純粹之氣體逸出。或用各種物質分別吸收混合氣體中之各種氣體，一一分離之。例如沼氣(Marsh gas)中常含有二氧化碳，可利用氫氧化鉀吸收二氧化碳，而使沼氣逸出。

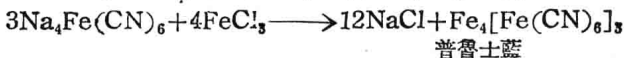
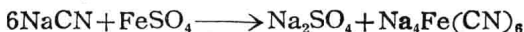
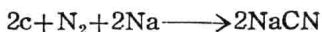
8. 有機化合物之定性分析(Qualitative Analysis of Organic Compounds)
 分解一種化合物，以檢定其為何種元素所組成的化學方法，稱為定性分析。茲將有機化合物數種常見元素之檢定法分述如下：

(1) 碳與氫之檢定 將乾燥之試料與氧化銅混合，置於硬試管中強熱之，如試料含有氫，必被氧化成水，故有水蒸汽凝於管壁，如試料中含有碳，則碳被氧化而成二氧化碳，以導管通入石灰水中，必發生碳酸鈣之乳白色沉澱。

(2) 氮之檢定

(a) 燃燒試料少許，如有氮存在，則發生燒焦毛髮之不快臭氣，或以少許試料與蘇打石灰(NaOH+CaO)混合強熱之，即有氨發生可用濾紙條蘸 HCl 試之能發生 NH_4Cl 之白煙；但有些有機物中之氮不能與蘇打石灰生成氨。故仍以下法為準。

(b) 融鈉法(Sodium Fusion method) 將試料及金屬鈉混合置試管中加熱，則鈉熔融與試料中之碳及氮結合而生氰化鈉 NaCN，溶於水中，濾去殘渣，加數滴 FeSO_4 ，加入酒精煮沸，冷卻後加少量 HCl 使成酸性，再加數滴 FeCl_3 ，則產生普魯士藍(Prussian blue)之藍色沉澱，為試料中含有氮之確證，其反應如下：



(3) 硫之檢定 用融鈉法將試料與鈉混合加熱，則生硫化鈉(Na_2S)溶於水中，加數滴亞硝基亞鐵氰化鈉(Sodium nitro-prusside)即呈紫色為試料中含有硫之證明。



(4) 鹵素之檢定

(a) 貝爾斯坦法(Beilstein test) 以鉑絲粘 CuO 少許，在氧化焰中燒至無色，再粘少許試料燒之，若火焰呈青綠色即證明有鹵素存在。

(b) 融鈉法 將試料與鈉共熱，溶之，加硝酸使成酸性，滴加硝酸銀，如有鹵素存在，即發生鹵素化銀之沉澱。

(5) 磷與砷之檢定 將試料與 KNO_3 及 K_2CO_3 混合，強熱之，則磷氧化為磷酸鉀，砷氧化為砷酸鉀，磷酸鉀溶液中加入鉬酸銨 $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ 則生成黃色沉澱，砷

酸鉀溶液中加入硝酸銀則生成棕色沉澱，此法稱為氧化法(Oxidation method)。

(6) 金屬之檢定 將試料置坩堝中強熱之，取其殘存物用普通無機分析法檢定各金屬。

(7) 氧 有機化合物中之氧，至今尚無完善方法檢定之。

9. 有機化合物之定量元素分析 (Quantitative Elementary Analysis of Organic Compounds)，測定化合物中所含各元素之百分率，藉以求出該物之實驗式，此種方法稱為元素分析，今僅述有機物中數種主要元素之定量法如下：定量元素分析係以定性分析為基礎。

(1) 碳與氫之定量 將一定量試料置於裝有 CuO 及銅絲網捲之硬玻管內，放入燃燒爐中，通入乾燥之純氧，則試料中之氫，氧化成水，被一定量之 CaCl_2 所吸收，試料中之碳，氧化成二氧化碳，被一定量之濃 KOH 所吸收，再由 CaCl_2 及 KOH 所增加之重量(即所生之水及二氧化碳之重量)可求得試料氫與碳之百分率。如試料重 w 克，所生之水重 a 克，所生之二氧化碳重 b 克，則

$$\text{氫之百分率} = \frac{2}{18} \times \frac{a}{w} \times 100$$

$$\text{碳之百分率} = \frac{12}{44} \times \frac{b}{w} \times 100$$

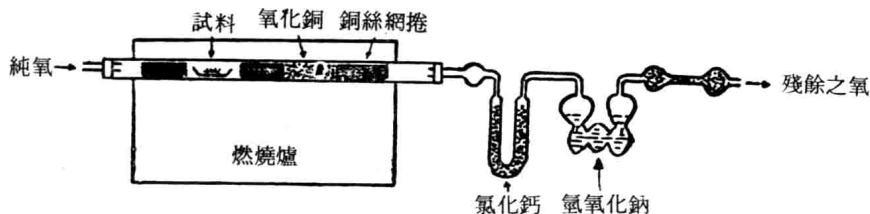


圖3 燃燒法的裝置

(2) 氮之定量 氮之定量法頗多，主要者有下列兩法：

(a) 卡爾達爾法(Kjeldahl's method) 此法係將有機物中之氮轉變為氨，再滴定之，以算出氮之百分率。此法常應用於食物分析中，但有些有機物(如硝基化合物，偶氮化合物)中之氮不能直接變成氨，故不適用於一般有機物。此法主要步驟如下：

消化(Digestion)將一定量之試料與濃 H_2SO_4 混合，並加 CuSO_4 為催化劑，加 Na_2SO_4 以升高其沸點，徐徐加熱約20分鐘，至有白煙發生，混合液變為澄清之綠色時則試料中之氮，全部轉變為硫酸銨 $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ 。

蒸餾(Distillation)，將全部液體移入蒸餾瓶中，由滴液漏斗滴入濃 NaOH ，蒸餾之，使所生之氨游離，被接受器中一定量之標準酸所吸收。