

基本化学教程

張庆芳編

高等教育出版社

51.104

5-1.1054

5-86

基本化学教程

張庆芳編

高等教育出版社

前 言

本書是張庆芳同志根据1955年教育部頒布的师范学院生物系基本化学試行教学大綱編写的。

本書不仅可作师范学院生物系用的参考教材也可供其他院校的医藥、农林、紡織等專業参考。

基 本 化 学 教 程

張 庆 芳 編

高 等 教 育 出 版 社 出 版 北 京 瑞 璃 廠 170 号

(北京市書刊出版業營業許可証出字第051号)

京 华 印 書 局 印 刷 新 华 書 店 总 經 售

統一書号 13010·404 開本 850×1168 1/32 印張 9 5/16 字數 221,000 印數 0001—5,500
1958年3月第1版 1958年3月北京第1次印刷 定價(10) 1.40

36548/31 目 次

第一章 緒論 原子—分子學說

1. 化学研究的对象与任务	1	10. 气体反应体积简比定律	10
2. 我国古代人民在化学方面的成就	3	11. 亞佛加德罗原理	11
3. 化学在祖国社会主义建設中的地位	3	12. 化学元素	14
4. 質量守恒定律	4	13. 原子量与分子量	15
5. 定比定律	5	14. 克原子与克分子	16
6. 当量定律	6	15. 气态物質分子量的測定	17
7. 倍比定律	7	16. 气体分子运动學說	20
8. 原子—分子學說的起源	8	17. 原子与分子的真实性	21
9. 原子假說	9	18. 化学符号与化学式	22
		19. 化学方程式	25
		20. 热化学方程式及其計算	27

第二章 物質內部結構的基本概念

21. 气体导电現象	30	28. 人工放射性元素	45
22. 放射性現象	32	29. 化学鍵	48
23. 核型原子	34	30. 極性分子与非極性分子	52
24. 核电荷	35	31. 晶态物質与無定形物質	53
25. 原子的电子層結構	37	32. 晶态物質的基本类型及其特性	54
26. 放射系	41		
27. 原子核的組成	43		

第三章 氫 化学平衡

33. 氫的制取	57	38. 分子的活化	63
34. 氫的性質与用途	58	39. 催化作用	64
35. 原子氫	60	40. 化学平衡	65
33. 化学反应速度的概念	60	41. 平衡常数	66
37. 質量作用定律	61	42. 化学平衡的移动	68

第四章 水 溶液

43. 自然界中的水	72	49. 溶解度	85
44. 水的性質	73	50. 水化学說	87
45. 重水	79	51. 溶液的渗透压	88
46. 溶液的概念	79	52. 溶液的蒸气压	91
47. 溶液的濃度	80	53. 溶液的沸点和冰点	93
48. 溶解过程	83		

第五章 電解質溶液

54. 酸、鹼、鹽对溶剂性質的 反常效应	96	57. 重量法的操作步驟	118
55. 溶液的导电性	98	58. 重量法的計算	121
56. 电离假說	99	59. 硫酸鹽中硫含量的測定	122
57. 解离过程	101	70. 水的解离	123
58. 解离度	104	71. 緩冲溶液	125
59. 解离常数	106	72. 鹽类的水解	127
60. 强電解質	108	73. 中和反应在定量分析中 的应用	130
61. 電解質的类型和性質	109	74. 指示剂的选择	131
62. 氫氧化物的解离	111	75. 标准溶液的制备与标定	132
63. 离子反应	112	76. 中和法的計算	133
64. 离子平衡的移动	113	77. 溶液中酸含量的測定	134
65. 离子反应發生的条件	115		
66. 沉淀反应在定量分析中 的应用	117		

第六章 氧化—还原反应

78. 氧化—还原的概念	135	83. 高錳酸鉀标准溶液的制 备与标定	142
79. 氧化剂与还原剂	137	84. 亞鉄鹽中铁含量的測定	142
80. 氧化—还原反应方程式 的平衡	138	85. 金屬电动序	143
81. 氧化—还原当量的計算	140	86. 原電池原理	144
82. 氧化—还原反应在定量 分析中的应用	141	87. 金屬的腐蝕	146
		88. 電解	148

第七章 門捷列夫周期律及元素周期系

89. 早期的元素分类	151	90. 門捷列夫周期律	153
-------------------	-----	-------------------	-----

91. 元素周期系·····	156	94. 原子結構的周期性关系·····	165
92. 周期系的意义·····	161	95. 元素性質的周期性关系·····	167
93. 周期律的發展·····	164		

第八章 鹵族元素

96. 鹵素的通性·····	173	99. 鹵化氫与鹵化物·····	176
97. 自然界中的鹵素·····	174	100. 鹵素的含氧化合物·····	178
98. 鹵素的性質与用途·····	174	101. 鹵化物的鑒定·····	180

第九章 氧族元素

102. 氧族的通性·····	181	108. 硫化氫与硫化物·····	189
103. 氧·····	182	109. 亞硫酸与亞硫酸鹽·····	191
104. 臭氧·····	184	110. 硫酸与硫酸鹽·····	193
105. 氧化物的分类·····	184	111. 自然界中硫的循环·····	195
106. 过氧化氫·····	186	112. 硫化物和硫酸鹽的鑒定·····	196
107. 硫·····	187		

第十章 氮族元素

113. 氮族的通性·····	198	120. 銨鹽和硝酸鹽的鑒定·····	208
114. 氮·····	199	121. 磷·····	209
115. 氨与銨鹽·····	199	122. 磷肥料·····	211
116. 氮的氧化物·····	202	123. 砷·····	212
117. 亞硝酸与亞硝酸鹽·····	203	124. 磷酸鹽和砷酸鹽的鑒定·····	214
118. 硝酸与硝酸鹽·····	204	125. 銻·····	215
119. 自然界中氮的循环·····	206		

第十一章 碳族元素

126. 碳族的通性·····	217	132. 自然界中碳的循环·····	225
127. 自然界中的碳·····	218	133. 硅·····	226
128. 活性炭·····	220	134. 碳酸鹽和硅酸鹽的鑒定·····	228
129. 碳的化学性質·····	221	135. 錫·····	229
130. 碳的氧化物·····	222	136. 鉛·····	230
131. 碳酸与碳酸鹽·····	223		

第十二章 膠体

137. 物質的晶态与膠态·····	232	139. 膠体的制备·····	234
138. 分散系·····	233	140. 膠体的特性·····	235

§ 5 膠體.....	518
§ 6 鎘分族.....	531
§ 7 鈦分族.....	547
第十一章 週期系第三族	557
§ 1 硼.....	557
§ 2 鋁.....	568
§ 3 物理化學分析.....	580
§ 4 鎳分族.....	591
§ 5 銦分族.....	599
§ 6 錳系元素.....	603
§ 7 銅系元素.....	611

第一章 緒論 原子—分子學說

1. 化學研究的對象與任務

人類在生活實踐中所獲得的知識逐漸積累成為科學。其中社會科學是總結階級鬥爭知識，而自然科學是研究生產鬥爭知識。近代自然科學突飛猛進地發展，為了便於研究起見，自然科學又分天文學、地質學、礦物學、生物學、物理學和化學等。它們雖各有各的研究範圍，但研究的對象都是物質。

物質是客觀的實在，每一種物質都有一些它所固有的性質作為特徵，借以和其他物質區別開來。例如鐵、玻璃、粘土、水等都是不同的物質。

物質在空間有限的一部分稱為物體。因此，我們周圍世界裡的一切東西，不論是天然存在的，或是人工製造的，都是物體。例如鐵釘、玻璃杯、瓷器、水滴等等，都是由不同物質構成的物體。一切物體都占有空間的一部分，並且具有一定重量、形態、大小、顏色等。此外，我們還可以區別構成相似物體的不同物質，因為我們是根據每一物質所特有的性質的總和來認識物質的。

物質是以永恆不息的運動作為其存在的形式，運動是物質所固有的基本特性。物質的運動形式是多種多樣的：簡單的移動、輻射現象、化合與分解、有機體的新陳代謝、以及人類的思維，這一切都是物質運動的具體形式。各種科學的任務就是要認識所有這些運動形式的特性。

物質運動的一些形式可以轉變為另一些本質不同的形式。如機械運動轉變為熱運動，熱運動轉變為化學運動，化學運動轉變為

电运动,电运动轉变为机械运动等等。这些轉变証明,各种在質的方面不同的运动形式是統一的,是互相有着紧密联系的。

一切运动形式的相互轉变,都是准确地按着一定的量的关系而發生的。物質及其运动是既不能消灭,也不能創造,它們永远地变化着,也永远地存在着。

物質發生的变化称为現象。世界上的現象是形形色色的,有的虽經变化但仍保持原有的組成,而有的变化的結果則生成了具有新性質的新物質。这种伴随着物質根本变化的現象称为化学現象。化学即从事于化学現象的研究。因此化学是研究物質本性及其变化的科学。化学的任务是研究物質的組成和結構,研究物質的性質与其組成和結構間的关系,研究一些物質变成另一些物質时的条件和方法,研究物質間的規律性的联系。

物質的化学变化的同时,常常發生吸热和放热的現象,这些現象就是化学变化的主要特点。当物質化合时發出热量这一事实,說明物質在化合之前已經含有一定的能量,但只是以隱藏的方式而儲蓄在物質之中,只有在化学变化时才釋放出来。这种能称为化学能。化学能不仅可以轉变成热能,常常也会轉变为光能、电能和机械能。反之,所有这些形式的能也都能轉变为化学能。并且一定量的某一种形式的能总是变为当量的另一种形式的能,因为能量是守恒的。这一自然界的定律的基本原理早在1748年就由俄国偉大的天才科学家罗蒙諾索夫(M. B. Ломоносов, 1711—1765)首先提出了,称为能量守恒定律。

与化学变化發生的同时,一定也有物理变化發生,所以化学与物理学是極紧密地联系在一起。化学尤其与生物学有着密切的关系,因为随着一切生命过程的进行,在有机体内同时不断地进行着化学变化。化学变化維持了一切有机体的生存,而且在有机体死亡之后化学变化也还伴随着它們。一切生理学和病理学上的問

題的解決，都需要借助於化學知識。

2. 我國古代人民在化學方面的成就

化學是人類勞動實踐的產物。人類在謀取生活資料時，逐漸認識了各種現象的原因，發現了利用某些物質變化過程的可能性。中華民族有着光輝而悠久的文化歷史，在化學發展上，特別是化學工藝上，有不少的成就。

化學的研究，無論中外，都是從煉金術開始的，而中國煉金術興盛時代就比西歐早六七百年。在化學工藝品製造方面，我國遠在秦漢以前已經有很多發明。例如，禹時已采冶五金鑄幣鑄鼎；至周時已發明合金；戰國時已開始能煉鋼制劍。周時，已經采掘岩鹽，當時稱為鹵；到春秋時又發現可用海水煮出鹽，當時就叫做鹽。在周以前已能制墨、制漆和釀酒；周時已發明火藥；漢時已發明造紙。至於中國陶瓷器的製造，始於三千多年以前，到宋時在技藝上已達極高的水平。可見我們祖先的發明已不算少，對化學的貢獻也甚大。但由於我國長期處於封建制度的反動統治，尤其是近代帝國主義的侵略和壓迫，致使在發明之後，缺少科學的研究，對所發明的東西的本質不能理解，勞動人民的智慧沒有得到理論上的綜合與提高，因此難以改良和進步。

現在，中國人民已在中國共產黨的領導下推翻了帝國主義和封建勢力的統治，解放了社會生產力，為中國科學开辟了無限寬廣的道路。我們應該接受以前的歷史教訓，必須響應毛主席的號召，好好學習蘇聯的先進科學與技術，努力鑽研與創造，要在不太長的時間內趕上世界先進科學水平，以加速我國社會主義的建設，提早完成我們的社會主義建設的任務。

3. 化學在祖國社會主義建設中的地位

化學及其他一切科學的任務，不僅是認識與說明自然界的物

質及其变化,更重要的是利用这些正确的認識和說明,来改造或轉变自然界的物質为人类服务。現代人类日常生活中的生活資料絕大多數是化学工業的产品。在生产过程中,基本化学工業提供了大量的生产資料。所以無論在生活上或生产上化学都占着特殊重要的地位。

第一个五年計劃期間,在党和政府的领导下,由于苏联和各兄弟国家的帮助,我們已經建立起国家工業化的初步基础。1958年我国已开始第二个五年計劃,党提出的方針是在优先發展重工業的基础上,發展工業和發展农业同时并举。無論發展工業或农业,都不能脫离开化学。例如,冶金工業就是用化学方法提煉金屬原料的生产,而其制成品就是制造飞机、火車、拖拉机及其他复杂机器所必需的鋼和其他金屬。用化学方法提煉石油和处理質量較差的煤,可以制出汽油和机油,以用来做燃料和潤滑油。用化学方法可以把空气中無穷尽的氮气,变成农业肥料,炸藥和染料等。用化学方法可以把木材制成紙及人造絲等。像这样的例子是举不完的。因此,我們研究化学的具体任务,就是要以化学知識来充分而經濟地利用我国丰富的矿藏和其他各种資源,为我国社会主义建設事業服务。

4. 質量守恒定律

早在公元前五世紀,希臘哲学家已經提出关于物質根本不能消灭也不能重新創造的觀念。这种宇宙中物質的量始終不变的思想已經为十七世紀的哲学家們所采纳,但仅为一哲学推理而未經証明的物質不灭原則。当时的化学家并不明白这一原理对于化学的重要性,因为他们并不注意化学过程的定量方面。

罗蒙諾索夫是最早認識到量的測定在化学中的重要性的学者之一。在化学實驗中他經常使用天秤。他在1756年重复英国科

學家波以耳(Robert Boyle, 1627—1691)的在密閉容器中煅燒金屬的實驗,借天秤之助,証實了在化學變化中物質的總量始終不變。使得古代唯物論者的天才預見,變成了為實驗所証實的自然界的普遍定律。這個定律現在稱為質量守恆定律:

“參加反應的全部物質的質量,等於反應後全部生成物的質量。”

質量守恆定律在化學上有重大的意義。它是一切化學變化都遵循的基本定律;也是一切物質變化學說的基础。化學家經常應用這個定律來檢查自己進行的研究工作的正確性。

5. 定比定律

自從化學上開始有定量的測定以後,很多化學家認為複雜物質都具有固定不變的組成。不過直到1799年由法國化學家普魯斯特(Joseph L. Proust, 1755—1826)正式提出,並與另一法國化學家貝多來(Claude L. Berthollet, 1748—1822)在這一問題上爭論了八年之久(1801—1808),結果普魯斯特把各種不同物質的組成,作了精確的定量分析後,這觀點獲得了普遍的承認。其結論即定組成定律:

“每一種化合物都有着完全確定的組成,與取得這化合物的方法和地點無關。”

以水為例,無論是從海洋里、河里或井里取來的水,經仔細地除去一切雜質後所得的純水,它們所含氫氧二元素重量之比常為1:8。對於其他的複雜物質,情況完全相同。

此定律為多次分析各種不同的化合物後所得的結論。除用分析法外,還可用合成法來測定化合物的組成。如果將氫氣與氧氣混合,並使之爆炸,則這兩種氣體互相化合生成水,所消耗的氫與氧的重量之比亦為1:8。如果其中任一氣體所取的量較上述的比值

为多，則其多余部分并不参与化合。可見合成法証实了分析的結果。因此，此定律又可改述如下，或称为**定比定律**：

“在組成某一物質时，諸元素常依一定的重量比例相化合。”

曾經多次利用各种化合物来审核定比定律，从未發現遇有不合于这定律的現象。

6. 当量定律

只有定比定律建立后，才有可能精确地研究各种元素互相化合时的重量关系。1792年德国化学家黎希特 (Jeremias B. Richter, 1762—1807) 在研究酸碱中和作用时，發現了物質間相互作用中重量关系的規律性。后来在英国化学家道尔顿 (John Dalton,

1766—1844) 从 1803 年开始的不同元素相互化合的重量关系的研究中得到發展。

表 1. 几种常見元素相互化合时的重量比

重量組成 化合物	氢	碳	氧	硫	氯	鈉
甲 烷	1	3				
水	1		8			
硫化氢	1			16		
氯化氢	1				35.5	
二氧化碳		3	8			
二硫化碳		3		16		
四氯化碳		3			35.5	
二氯化硫				16	35.5	
氧化鈉			8			23
硫化鈉				16		23
氯化鈉					35.5	23

与一个重量單位的氢相化合的氧的量为 8 个重量單位，而与 1 个重量單位的氢相化合的碳只需要 3 个重量單位。3 个重量單位的碳恰又能与 8 个重量單位的氧相化合。对于一切元素，都可以找出这样一个数值，表示它們相互化合时的重量关系。

起初这种数值称为**化合量**，后来改称为**当量**，意即彼此相当的数量。元素不仅按这样的数量相互化合，而且还按这样的数量在化合物中置换其他元素，所以当量是某元素和一个重量單位的氢

相化合時或是從化合物中置換一個重量單位的氫時所需的重量。利用當量的概念，可將定比定律改述為下列的當量定律：

“各元素相互化合時的重量，與其當量成正比。”

7. 倍比定律

有時候兩種元素所能組成的化合物並不只一種，例如碳與氧通常能生成一氧化碳和二氧化碳。碳與氧的重量比在一氧化碳中是 3:4，而在二氧化碳中是 3:8。所以在这兩種化合物中，與一定重量(3)的碳相化合的氧的重量之比是 4:8，也就是 1:2 的簡單整數比。

1803 年道爾頓根據物質結構的原子概念，得出下面的結論，即倍比定律：

“如果兩種元素互相化合能生成幾種化合物，則在這些化合物中，與一定量的甲元素相化合的各乙元素重量，互成簡單整數比。”

此定律不久就被實驗所証實。特別是瑞典著名化學家貝贊里厄斯(Jöns J. Berzelius, 1779—1848)的精確分析工作，完全肯定了此定律的正確性。氮的五種氧化物就是倍比定律的很好的實例。

表 2. 五種氮的氧化物的重量關係

氮的氧化物	百分組成		重量組成		所含氧的相對重量
	氮	氧	氮	氧	
一氧化二氮	63.7	36.3	1	0.57	1
氧化氮	46.7	53.3	1	1.14	2
三氧化二氮	36.9	63.1	1	1.71	3
二氧化氮	30.5	69.5	1	2.28	4
五氧化二氮	25.9	74.1	1	2.85	5

從倍比定律可得到兩個極重要的結論：

1) 由相同的元素組成的不同化合物,其重量組成通常是不相同的。例如,与 3 重量單位的碳相合的氧,或为 4 重量單位,或为 8 重量單位。因此,当一化合物轉变为由相同的元素所組成的另一化合物时,其組成常發生突变。

2) 当互相化合的各元素間重量之比發生变化时,常隨之出現新的性質。这种因組成的重量不同而引起的性質改变,是量变到質变这一規律的明显例証。

8. 原子—分子学說的起源

1741 年罗蒙諾索夫在他的早期著作中曾提出有关物質內部結構的概念。按照他的观念,一切物質就是由極微小的、用物理方法分不开的、具有相互結合能力的質点所組成。物質的性質的不同,只是由于这种微小質点本身的不同,或它們相互結合的方式不同所引起的。

罗蒙諾索夫把这些質点分成兩类:一类为較小的,称为“元素”,相当于現代的原子。另一类为較大的,称为“粒子”,就是現在所称的分子。按其定义:“元素”是組成物体的微小質点;“粒子”,則是由“元素”結合起来而形成的一个小的整体。每个“粒子”的組成和全部物質的組成相同。化学性質不同的物質,它們的“粒子”的組成也不同。种类相同的“粒子”,由相同种类、相同数目的“元素”以相同的方式結合而成。如組成“粒子”的“元素”不相同,或結合的方式或数目不同,則生成的“粒子”也不同。

每一个“粒子”虽然很小,不能看見它,但它仍有一定的大小,而且有一定的質量。“粒子”和一切物体一样,也能按力学中的定律而运动。如果“粒子”不运动,彼此就不可能發生撞碰、排斥、或其他相互作用,更不可能發生变化。由于物質的一切变化是由“粒子”的运动所引起的,所以化学变化不仅用化学方法来研究,而且

也該用物理學和數學的方法來研究。

羅蒙諾索夫在其粒子學說中所提出的假設，在當時不能用實驗的方法加以驗證，而這種看法又遠超過當時的科學水平，故未得到那時學者們的重視。可是後來自然科學發展過程，有力地証實了粒子學說中基本原理的正確性。

9. 原子假說

元素以幾種固定的比值結合成化合物的事實，引導出了物質結構的不連續性的結論。由於元素化合時所遵循的規律的發現，使道爾頓有可能從量的方向來研究化學反應，他根據廣泛的實驗材料，並且引用了原子的概念，乃於1804年創立了關於物質結構的原子假說。揭露了元素化合時所遵循的規律的本質，成為十九世紀化學迅速發展的推動力。

道爾頓原子假說實質可歸納如下：

1) 一切物質均由極微小而不能再分的質點所組成，此種質點稱為原子。各原子以吸引力相互結合。

2) 同一物質的原子，其形狀、大小、重量和性質都完全相同；但異類物質的原子則互異。

3) 異類原子能結合成“複雜原子”。組成“複雜原子”時，各類簡單原子之數必互成一簡單之整數比。“複雜原子”的重量等於組成它的簡單原子重量的總合。

4) 一切化學變化都可以歸結於兩類：或者是結合在一起的原子的分解；或者是分散的原子相互結合。化學反應只是原子的重新排列，原子無論經歷何種變化，其質量均不變。

道爾頓發展了古代關於物質結構的原子概念，使這個概念更為明確。利用原子假說可以解釋化學上很多的事實，並可說明有關化合物生成的一些基本定律。原子學說是全部化學理論的基

础，它标志着化学发展的现代阶段的开端。恩格斯说：“化学的新纪元开始于原子学说。”

不过道尔顿的见解并不是非常完善的，也有很多的缺点。他没有发现简单原子和复杂原子之间在性质上有差别，以为复杂原子只是简单原子的机械结合。此外，道尔顿又极力否定单质的质点可以由多原子组成的说法。并且他认为原子的运动是由热质所引起的，而原子本身所固有的运动就被否定了。他又完全肯定了原子绝对不可再分。这些局限性长期阻碍了原子学说进一步的发展。

10. 气体反应体积简比定律

对原子学说起了新的推动作用的是法国科学家盖·吕萨克 (Joseph L. Gay-Lussac, 1778—1850)。他是气体热膨胀定律的创立者，并首先用定量的方法来研究气体间的反应。他从1804年起从事关于气体反应过程中体积的测定，结果发现参加反应和反应后生成的各气体的体积总有一个简单的关系。

例如，合成氯化氢的反应中，消耗的氢和氯的体积在同温同压下总是相等的，而同时生成的氯化氢的体积等于所用去的氢或氯的体积的二倍。也就是说由一体积的氢和一体积的氯生成二体积的氯化氢。它们之间的体积关系为 $1:1:2$ 。

当氢和氧合成水时，是二体积氢和一体积氧生成二体积水蒸气。所以它们的体积之间也是成 $2:1:2$ 的简单比。

同样的，三体积氢和一体积氮化合生成二体积的氨。氢、氮和氨的体积比是 $3:1:2$ 。

上述各气体反应的体积关系，可用第1图表示。

1808年盖·吕萨克总结了自己的工作，成为著名的气体反应体积简比定律：

“当外界条件不变时，参加反应的气体和反应生成的气体，其