

高等学校試用教科書



无机化学教程

WUJI HUAXUE JIAOCHENG

上册

戴安邦 尹敬执 編著
严志歧 張青蓮

人民教育出版社

8
32
18
8
2

高等学校試用教科書



无机化学教程

WUJI HUAXUE JIAOCHENG

上册

戴安邦 尹敬执 編 著
严志弦 張青蓮

人民教育出版社

本书分上下两册出版，由戴安邦(主編)、尹敬执、严志拔、張青蓮等同志編著。几次重印中已对原内容作了适当的修改。本书除去小字及用星号标明(这些仅供一般参考用)的内容外，可作为綜合大学和高等师范学校无机化学課程的教材。

无 机 化 学 教 程

(上 册)

戴安邦 尹敬执 严志拔 張青蓮編著

北京市书刊出版业营业登记许可証出字第2号

人民教育出版社出版(北京景山东街)

新华印刷厂印装

新华书店北京发行所发行

各地新华书店經售

统一书号K13010·442 开本850×1168 1/32 印张15 1/2 插页2
字数 388,000 印数 91,001—114,000 定价(8) 半1.50
1953年7月第1版 1962年5月北京第11次印刷

序 言

无机化学的教学目的是：在門捷列夫周期律和近代物質結構概念的基础上，使學生获得有关化学元素及其重要化合物的性質和相互关系的全面認識。无机化学的教学任务是为学生建立一个广泛的理論基础，并訓練他們能应用周期律、原子結構和分子結構的知識、質量作用定律、溶液理論等，由理論观点去研究元素的性質以及化学反应的进行条件。同时，學生学习了周期系各族元素，足以大为扩展无机化学上的感性知識。教学大綱充分地重視元素在自然界中的行为、矿物原料的提炼原理、元素及其化合物的实用意义。

我們根据上述目的和任务，确定了一些編写原則。首先是要求对无机化学的内容作比較全面而有系統的敘述；其次是注意理論从事实出发，事实与理論联系的原則。在編写次序上，将周期律和原子結構等章皆略为移后。先提原子分子学說，使溶液及化学反应和化学平衡等章可应用原子分子学說的概念以作說明。这时得有較多的事实資料以供周期律和原子分子結構的討論。各理論的敘述皆尽量从事实到理論。在理論既提出之后，又尽量使敘述部分与理論联系。

无机化学的教学必然包括元素的系統闡述。除氫、氧、水等应在溶液之前学习外，元素的討論都在周期律提出之后，并且基本上是先探討非金属，然后金属，大体上按长式周期表的安排。在介紹全部元素之后，討論原子核，再以周期律进行总结。

为了培养学生的爱国主义与国际主义精神，在緒論中敘述了我国当前生气蓬勃的偉大的社会主义建設事业和化学的基本任

务，并适当地介绍了苏联先进的科学成就。同时，我们还力图贯彻辩证唯物主义思想，特别在绪论、周期律、原子分子学说等章中作了较多的努力。

这部书的初稿系在1957年暑假中写成。经过一年使用后，修改出版。1961年春，我们又对本书进行了修订工作，目的在于使它更好地成为综合大学和师范学院化学系无机化学课程的教材。在绪论中注意运用辩证唯物主义观点。若干章节在科学内容上有所提高。例如在分子结构一章中增入 σ 及 π 键和分子轨道杂化的概念等等；并对全书作了勘误。

为着教学目的，对本书内容作出了精简。即将教学上不要求的内容，都用小字排印或加星号标明。

我们感到限于水平和时间，在本书中一定还有很多缺点，甚至错误。因此，希望读者随时来函指正。尤其是担任无机化学课程的教师同志们，在使用本书时请经常通过教学实践，多提批评意见。我们竭诚希望获得协助，以便在再版时能进一步提高质量。

戴安邦(主编)、尹敬执、严志弦、张青莲

1961年4月

門捷列夫元素周期

IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VII B	VIII	
3 Li 鋰 1 2	4 Be 鈹 2 2							
11 Na 鈉 1 2 8 2	12 Mg 鎂 2 2 8 2							
19 K 鉀 1 8 8 2	20 Ca 鈣 2 8 8 2	21 Sc 釷 2 8 8 2	22 Ti 鈦 2 10 8 2	23 V 釩 3 11 8 2	24 Cr 鉻 4 13 8 2	25 Mn 錳 5 15 8 2	26 Fe 鐵 6 16 8 2	27 Co 鈷 7 15 8 2
37 Rb 鉀 1 8 18 8 2	38 Sr 鈣 2 8 18 8 2	39 Y 釷 2 9 9 8 2	40 Zr 鈦 2 10 18 8 2	41 Nb 鈮 3 12 18 8 2	42 Mo 鉬 4 13 18 8 2	43 Tc 錳 5 13 18 8 2	44 Ru 鈷 6 15 18 8 2	45 Rh 鈷 7 16 18 8 2
55 Cs 銻 1 9 18 18 8 2	56 Ba 鋇 2 8 18 18 8 2	57-71 釷系 元素 2 8 18 18 8 2	72 Hf 鈦 2 10 32 18 8 2	73 Ta 鉭 3 11 32 18 8 2	74 W 鎢 4 12 32 18 8 2	75 Re 錳 5 13 32 18 8 2	76 Os 銻 6 14 32 18 8 2	77 Ir 銻 7 15 32 18 8 2
87 Fr 銻 1 8 32 18 8 2	88 Ra 鋇 2 8 32 18 8 2	89-103 釷系 元素 2 8 18 18 8 2						

57 La 釷 2 9 18 18 8 2	58 Ce 鈰 2 8 20 18 8 2	59 Pr 釷 2 8 21 18 8 2	60 Nd 鈰 2 8 22 18 8 2	61 Pm 鉕 2 8 23 18 8 2	62 Sm 鈰 2 8 24 18 8 2	63 Eu 鈰 2 8 25 18 8 2	64 Gd 鈰 2 8 26 18 8 2
---	---	---	---	---	---	---	---

89 Ac 釷 2 9 18 32 18 8 2	90 Th 鈷 2 10 32 18 8 2	91 Pa 鈷 2 10 32 18 8 2	92 U 鈷 2 10 32 18 8 2	93 Np 鈷 2 10 32 18 8 2	94 Pu 鈷 2 10 32 18 8 2	95 Am 鈷 2 10 32 18 8 2	96 Cm 鈷 2 10 32 18 8 2
---	--	--	---	--	--	--	--

系——维尔納式长表

	IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	0
							1 H 氫	2 He 氦
			5 B 硼	6 C 碳	7 N 氮	8 O 氧	9 F 氟	10 Ne 氖
			13 Al 鋁	14 Si 硅	15 P 磷	16 S 硫	17 Cl 氯	18 Ar 氬
28 Ni 鎳	29 Cu 銅	30 Zn 鋅	31 Ga 鎳	32 Ge 鍮	33 As 砷	34 Se 硒	35 Br 溴	36 Kr 氪
46 Pd 鈀	47 Ag 銀	48 Cd 鎘	49 In 銦	50 Sn 錫	51 Sb 銻	52 Te 碲	53 I 碘	54 Xe 氙
78 Pt 鉑	79 Au 金	80 Hg 汞	81 Tl 鉍	82 Pb 鉛	83 Bi 鉍	84 Po 釷	85 At 砒	86 Rn 氡

65 Tb 鉍	66 Dy 鐳	67 Ho 鈦	68 Er 鈳	69 Tu 鈳	70 Yb 鐳	71 Lu 鑪
---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

97 Bk 鉍	98 Cf 鐳	99 Es 鐳	100 Fm 鐳	101 Md 鈳	102
---------------	---------------	---------------	----------------	----------------	-----

上册目录

.....	IX
第一章 緒論	I
-1. 化学是研究物质及其变化的科学.....	1
1. 化学研究的范围和分支(1) 2. 物质、实物、材料、物体(2)	
-2. 化学反应及其特征.....	4
1. 化学反应的特征(4) 2. 质量和能量联系定律(4)	
-3. 化学在自然科学中的地位.....	6
1. 物质的运动形态和各部门科学(6) 2. 化学在建立唯物主义世界观中的作用(6) 3. 科学的认识过程(8)	
-4. 化学发展的主要阶段.....	9
*1. 实用及自然哲学时期(10) *2. 炼丹时期; 我国的炼丹术(12)* 3. 我国古代化学工艺的三大发明(15) *4. 制药时期(18) *5. 燃素时期(20) 6. 近代化学的萌芽(21)	
-5. 中国化学现状.....	25
1. 化学在发展国民经济及国防中的作用(27)*2. 我国无机化学的发展方向(29)	
问题.....	30
第二章 化学的基本定律与原子-分子学说(上) 元素化合的重量关系和原子学说	31
1-1. 物质在化学变化前后重量的关系.....	31
1-2. 元素化合重量关系的测定.....	32
1. 测定元素化合的重量关系(32) 2. 测定化合物内组成元素的重量关系(34)	
2-3. 定比定律.....	35
2-4. 化合量定律.....	38
2-5. 倍比定律.....	41
2-6. 原子学说.....	41
2-7. 原子量.....	44
1. 从比热求固体元素的近似原子量(45) 2. 从当量求准确原子量(46)	
2-8. 化学符号、化学式和化学方程式.....	47
1. 化学符号和化学式(47) 2. 从实验数据求化学式(48) 3. 从化学式求百分组成(49) 4. 化学方程式(50)	
2-9. 化学内容的系统——本章总结.....	
习题.....	54

第三章 化学的基本定律与原子-分子学说(下) 气体性质和分子运动学说	55
3-1. 气体体积与压力的关系——波义耳定律.....	55
3-2. 气体体积与温度的关系——查理定律.....	56
3-3. 波义耳定律与查理定律的合并——气体方程式.....	58
3-4. 道尔顿分压定律.....	60
3-5. 气体扩散——格雷恩定律.....	61
3-6. 气体反应中的体积关系——盖吕萨的化合体积定律.....	62
3-7. 分子学说.....	64
1. 分子运动学说(64) *2. 分子运动学说和气体定律(66) 3. 亚佛加德罗原理(68)	
3-8. 亚佛加德罗原理和气体分子量.....	70
1. 克分子体积与分子量(71) 2. 从分子量求原子量——卡尼查罗法(75)	
3-9. 克分子气体方程式.....	76
3-10. 气体定律的偏差和修正.....	78
3-11. 原子-分子的真实性.....	80
*1. 布朗运动(81) 2. 亚佛加德罗数(81) *3. 绝对分子量(83) *4. 分子速度(83) *5. 分子的表现大小(85)	
3-12. 原子-分子学说的重要性——本章总结.....	86
习题.....	87
第四章 空气、氧与惰性气体	89
4-1. 空气.....	89
1. 空气的组成(89) 2. 空气的物理性质和用途(90)	
4-2. 氧.....	91
1. 氧的制备(93) 2. 氧的性质和用途(95) 3. 氧化物(97) 4. 臭氧(99)	
4-3. 惰性气体.....	91
*1. 惰性气体发现史(101) 2. 惰性气体的性质和用途(103) 3. 惰气的分离(105) *4. 惰气化合物(105)	
习题.....	102
第五章 氢与水	107
5-1. 氢.....	107
1. 氢的制备(107) 2. 氢的物理性质(109) 3. 氢的化学性质和用途(111) 4. 氢化物(113)	
5-2. 水.....	114
*1. 水在自然界中的作用(114) 2. 水的净化(115) *3. 水的物理性质(116) 4. 水的化学性质(121)	
3. 过氧化氢.....	
过氧化氢的制备(124) 2. 过氧化氢的性质和用途(124) 3. 过氧化物	
习题.....	121

第六章 溶液	129
6-1. 溶液和溶解过程.....	129
6-2. 溶液的浓度.....	131
1. 重量百分浓度(132) 2. 克分子百分浓度(133) 3. 重量克分子浓度(133) 4. 克分子浓度(134) 5. 当量浓度(136)	
6-3. 溶解度.....	138
6-4. 溶解度和温度的关系.....	141
6-5. 过饱和溶液.....	143
6-6. 重结晶和分步结晶.....	144
6-7. 气体的溶解度.....	145
6-8. 分配定律.....	147
稀溶液的通性.....	149
6-9. 蒸气压的降低 拉乌尔定律.....	149
6-10. 沸点升高.....	151
6-11. 凝固点降低.....	155
6-12. 渗透压.....	158
胶体溶液.....	163
6-13. 分散体系.....	163
6-14. 胶体溶液的性质.....	164
习题.....	167
第七章 化学反应速度与化学平衡	169
7-1. 反应速度.....	169
7-2. 活化能.....	170
7-3. 质量作用定律.....	174
7-4. 催化作用.....	179
7-5. 可逆反应与化学平衡.....	183
7-6. 浓度和压力对平衡的影响.....	188
7-7. 温度对平衡的影响.....	191
7-8. 催化剂与化学平衡.....	193
7-9. 勒夏忒列原理.....	193
7-10. 盖斯热化学定律.....	194
习题.....	195
第八章 电解质与离子平衡	196
8-1. 电解质的稀溶液.....	196
8-2. 电离学说.....	198
8-3. 强电解质与弱电解质.....	204
8-4. 电离学说与化学反应.....	205
1. 中和热(205) *2. 离子的特性(206) *3. 溶液的颜色(204) *4. 水解反应(207)	

8-5. 电离的过程	208
8-6. 酸、碱、盐	212
8-7. 酸碱的质子理论	217
8-8. 电离平衡	222
8-9. 活度的概念和强电解质理论	224
8-10. 水的离子积常数	226
8-11. 弱电解质的电离常数	229
8-12. 同离子效应	236
8-13. 离子反应	241
1. 质子传递反应(241) 2. 沉淀反应(242) 3. 氧化还原反应(243)	
4. 生成络离子的反应(243)	
8-14. 酸碱的中和	243
8-15. 水解平衡	247
8-16. 溶度积与沉淀理论	253
习题	259
第九章 元素周期系	260
*9-1. 周期律的发现史	260
9-2. 门捷列夫周期表	264
1. 门捷列夫预言新元素及其证实(266) 2. 原子量的校正(267) 3. 周期律的发展(268) 4. 恩格斯和斯大林对周期律的评价(268)	
9-3. 周期表的现代形式	
1. 周期表中的周期、族、排(270) 2. 维尔纳式长周期表(272) *3. 周期表中氦和稀土元素的位置(273)	
*9-4. 周期系中元素物理性质的变迁 原子体积	273
9-5. 周期系中元素化学性质的变迁	274
1. 元素的最高正价和负价(274) *2. 化学活性的周期性(275) 3. 金属和非金属(276)	
9-6. 周期律在近代化学和物理学中的作用	279
习题	281
第十章 原子结构	281
10-1. 原子模型	281
10-2. 核电荷 康普顿定律	284
10-3. 氢光谱 波尔理论	288
10-4. 原子核外电子的分布 波动力学概念	295
10-5. 原子核外电子的排列	300
10-6. 原子核结构	309
习题	310
第十一章 分子结构	311
化学键	31
习题	31
分子理论	31

11-3. 电价	317
11-4. 离子化合物	320
11-5. 共价	322
11-6. 配位键	329
11-7. 永久偶极 水分子的结构	331
11-8. 诱导偶极	335
11-9. 离子的极化	337
11-10. 晶体结构	341
*11-11. 晶体的主要类型	348
习题	350
4 第十二章 氧化与还原	350
12-1. 氧化还原反应	350
12-2. 氧化还原方程式的配平	354
12-3. 取代反应	360
电化学	363
12-4. 法拉第定律	363
12-5. 原电池	367
12-6. 电极反应	372
12-7. 电极的电位	375
12-8. 电解与电镀	383
习题	386
第十三章 卤素 氟、氯、溴、碘、砷	386
13-1. 卤素的通性	387
13-2. 卤素的制备和用途	389
1. 氟(390) 2. 氯(390) 3. 溴(391) 4. 碘(391)	
13-3. 卤素的性质	392
1. 物理性质(392) 2. 化学性质(393)	
13-4. 卤化氢	397
1. 制备(397) 2. 性质(398)	
13-5. 卤化物	401
1. 一般性质(401) 2. 氟化物(403) 3. 氯化物(404) 4. 溴化物(405)	
5. 碘化物(405)	
*13-6. 多卤化物	406
*13-7. 卤素互化物	408
1. XX'_n 型化合物(409) 2. XX'_3 型化合物(411) 3. XX'_5 型化合物(412)	
4. XX'_7 型化合物(412)	
13-8. 卤素氧化物	412
1. 氟化氧(412) 2. 氯的氧化物(413) *3. 溴的氧化物(415) *4. 碘的氧化物(416)	
13-9. 含氧酸及其盐	417

1. 次卤酸 HOX 及其盐(419)	2. 亚卤酸 HOXO 及其盐(422)	3. 卤酸 HOX ₃ 及其盐(423)	4. 高卤酸 HXO ₄ 或 H ₅ XO ₆ 及其盐(426)
13-10. 拟卤素	425		
1. 总论(428)	2. 氟和氟化物(430)	3. 氧氟和氟酸盐(432)	4. 硫氰和硫氰酸盐(432)
*13-11. 碳	434		
习题	434		
第十四章 硫族元素 氧、硫、硒、碲、钋	437		
14-1. 通性	437		
硫	441		
14-2. 硫的存在和制备	441		
14-3. 硫的性质	442		
1. 固态硫(442)	2. 液体硫(443)	3. 气体硫(445)	
硫的化合物	445		
14-4. 硫化氢和硫化物	445		
1. 硫化氢(445)	2. 硫化物(447)	3. 多硫化氢(448)	
14-5. 硫的卤化物	450		
1. 卤化硫(450)	*2. 氧卤化硫(452)	*3. 含卤氧酸(455)	
14-6. 硫的氧化物	456		
*1. 一氧化硫(456)	2. 三氧化二硫(456)	3. 二氧化硫(457)	4. 三氧化硫(458)
*5. 七氧化二硫(460)	*6. 四氧化硫(460)		
14-7. 硫的含氧酸及其含氧酸盐	460		
1. 次硫酸 H ₂ SO ₂ (462)	2. 连二亚硫酸 H ₂ S ₂ O ₄ (462)	3. 亚硫酸 H ₂ SO ₃ (462)	4. 焦亚硫酸 H ₂ S ₂ O ₅ (463)
5. 硫酸 H ₂ SO ₄ (464)	6. 焦硫酸 H ₂ S ₂ O ₇ (463)	7. 硫代硫酸 H ₂ S ₂ O ₃ (469)	8. 连硫酸 H ₂ S _n O ₆ (470)
9. 过硫酸(471)			
硒和碲	473		
14-8. 硒和碲的存在、制备和性质	473		
1. 存在和制备(473)	2. 性质(473)		
14-9. 硒和碲的化合物	475		
1. 氢化物(475)	2. 氧化物和含氧酸(476)	*3. 卤化物(479)	
钋	480		
14-10. 钋及其化学性质	480		
习题	480		
四位对数表	484		

第一章 緒 論

1-1 化学是研究物質及其变化的科学

1. 化学研究的范围和分支

化学的研究对象，包括物質的产源、提取、人工制备，以及物質的組成、結構、性質、变化和相关的現象、規律和原因。

自然界中一切实物，都可以用化学方法来分解成为一定数目的最簡單的基础物質，叫作“化学元素”，通称元素。一种元素的特征，是它的原子都有同一数目的核电荷（10-3 节）。除在自然界中找到的各种元素外，近二十年中还利用原子核反应，人工制备了一些元素。直到現在，我們知道有 102 种元素，它們构成了一个自然体系——元素周期系。

在这些元素中，碳占有独特的地位。它能生成很复杂的化合物，构成了生物有机体的重要組份。这些复杂的碳化合物——烴及烴的衍生物，叫作有机化合物，为数特別多，已知的将近百万种，大約十倍于其他化合物。除有机化合物以外的一切物質，就是所有的元素以及它們除烴及烴衍生物以外的所有化合物，包括碳的氧化物，碳酸盐等等，这些称为无机物。这样，我們就有了化学的分支，即有机化学和无机化学。由于科学內容的不断发展，为了便于学习和研究，一門科学划分为多种学科是有必要的。

因此，无机化学的研究范围是所有的元素。它研究各种元素及其化合物的提取和利用以及它們的特点，包括产源、制备、性質和行为，比較各种物質的行为以发现規律并加以闡明。这种闡明

就需要近代的物質結構概念。因此，无机化学是以周期系和物質結構为理論基础的。它是研究一切元素的性質和利用的学科。无机物提供經濟建設所需日益增长的种种原材料，因此无机化学在發展國民經濟中占着重要的地位。

为着認識自然界中的物質，需要把它們分解成为簡單的組分而加以研究，这样就開始有分析化学。它是建立在物質的性質、反应以及操作方法上的。定性分析的目的是鑑定样品中有哪些成分，而定量分析要进一步測定某一成分的百分組成。相反的，从簡單物質轉变为复杂物質，叫做合成。“合成”有时也要从复杂物質制备簡單物質，包括元素，因而統称为制备化学。制备化学涉及各种制备方法和仪器裝置。要进行分析操作，往往需要分离出純淨物質，而制得的純淨物質一般也需要鑑定杂质含量；所以分析化学和制备化学是有密切联系的。

以制备化学为基础的大規模工业制造，要考虑到大量原料的处理、材料的傳送、热量的傳导和各种机器設備等，因而就有化学工艺。在國民經濟中很大一部分材料是通过化学工业而生产的。某些包括重要化学过程的工业，主要由于在規模上构成了很大的工业单位，例如鋼鐵和其他金属的生产，已經成为冶金工业部門。

物理方法和数学处理应用到化学中来，建立了物理化学这一分支。它主要用物理学測量的方式来研究物質及其反应，找寻普遍的規律性，并从若干基本原理如热力学定律等以推导物質的化学行为。由于物理方法越来越广泛地应用到化学的各个部門，物理化学和其他各分支間的相互滲透也愈益深入。特别是現代无机化学，愈益需要应用物理化学的观点来加以研究。

2. 物質、实物、材料、物体

列宁教导說，“物質(матерія, matter)是作用于我們的感官而

引起感觉的东西；物质是我们感觉到的客观实在”^①。物质是不依赖于人类意识而为意识所反映的客观现实。因此，物质包括实物（вещество, substance）和场（поле, field）。实物，例如铁，都有静止质量，并且可能有运动质量；场，例如光，只有运动质量，而不一定有静止质量。

化学研究的物质是实物。因此，本书说“物质”时，一般指“实物”。实物是指化学个体，如铝、硫、水、食盐、葡萄糖等纯净的化学物质。作为化学个体，氧和磷是两种实物。可是氧和臭氧虽属同一元素，却是两种实物。同样，白磷和紫磷也是一种元素的两种实物。同一化合物也可能有不同的实物，例如方解石和霏石是碳酸钙的二种实物。一种实物有其特征的物理和化学性质。

单质和复质分别是元素的和化合物的实物。白磷和紫磷是磷元素的两种单质；方解石和霏石是碳酸钙化合物的两种复质。元素有着广泛的涵义。譬如说，氯元素包括氯气分子、高温时存在的氯原子、氯化钠晶体中的负一价氯离子、氯化氢中的负一价极性氯原子、氯酸钾中的正五价极性氯原子等等。就后面三个化合物中的氯来说，氯就不再是单质，但仍然是氯元素。

化学所研究的物质还有物质资料或材料（материал, material）的意义。例如我们在说物质基础、物质生活时，即指这种涵义。材料可由一种或多种实物组成，例如青铜是铜和锡两种实物的合金。实物一般都可以用作材料。除非象原子堆的某些有害的裂变产物，被埋在深处，弃去无用。那些实物，就不是材料了。

物体是一种或多种实物构成的整体，具有一定的大小和形状。化学家不大注意到物体这一问题。在化学的观点上，不论是铁锤、铁釜、铁钉、铁刀，都属于同一实物铁（暂不论其中的少量杂质），都能和稀的强酸作用而产生氢。也不论玻璃杯还是玻璃瓶、玻璃管

① 列宁：“列宁全集”，第14卷，146页，人民出版社。

还是玻璃棒，都属于同一实物(普通玻璃主要是六硅酸鈣二鈉)，都能和氫氟酸作用而产生四氟化硅。

1-2 化学反应及其特征

1. 化学反应的特征

化学变化，通常叫作化学反应，或简称反应，其特征是物质的质变，就是从一种物质转变为另一种或多种物质，或是二种或多种物质转变为一种或其他多种物质。例如，氢和氧化合为水，水就是另一种物质了。钠和水作用而成氢和氢氧化钠，这两个产物又是新的物质了。与此相反，在物理变化中，某一个或几个物质在变化后仍然保存其本性。就是说，在物理变化中，实物的组成并不发生变化。例如，把水加热蒸发成为水蒸气，可是水作为物质并没有变化。由此可见，化学变化比物理变化更为彻底。某一体系在物理变化发生之后，如果恢复到原来的条件，就可以回到初始状态。在上述例子中，如果把水蒸气冷却下来，又得液体水了。但是，一个体系在化学变化发生之后，即使恢复到原来的条件，也不能回到初始状态。象水从氢和氧生成之后，就不再是氢和氧了。化学变化既然是质的变化，结果产生了新的物质；新物质有其本身特定的物理和化学性质，不同于原来的物质，因此这种变化更容易辨认。

化学变化除质变为其最重要的特征以外，在变化进行时还有着有热量(还可能有光和电)的变化。一般自发的化学变化进行时释放热量，也有吸收热量的。氢和氧化合时就发生大量的热。18克的水在生成时要释放 68 千卡热量。这个热量，代表着与物质变化同时发生的能量变化。

2. 质量和能量联系定律

化学反应前后的质量有无变动呢？反应物的总质量和产物的