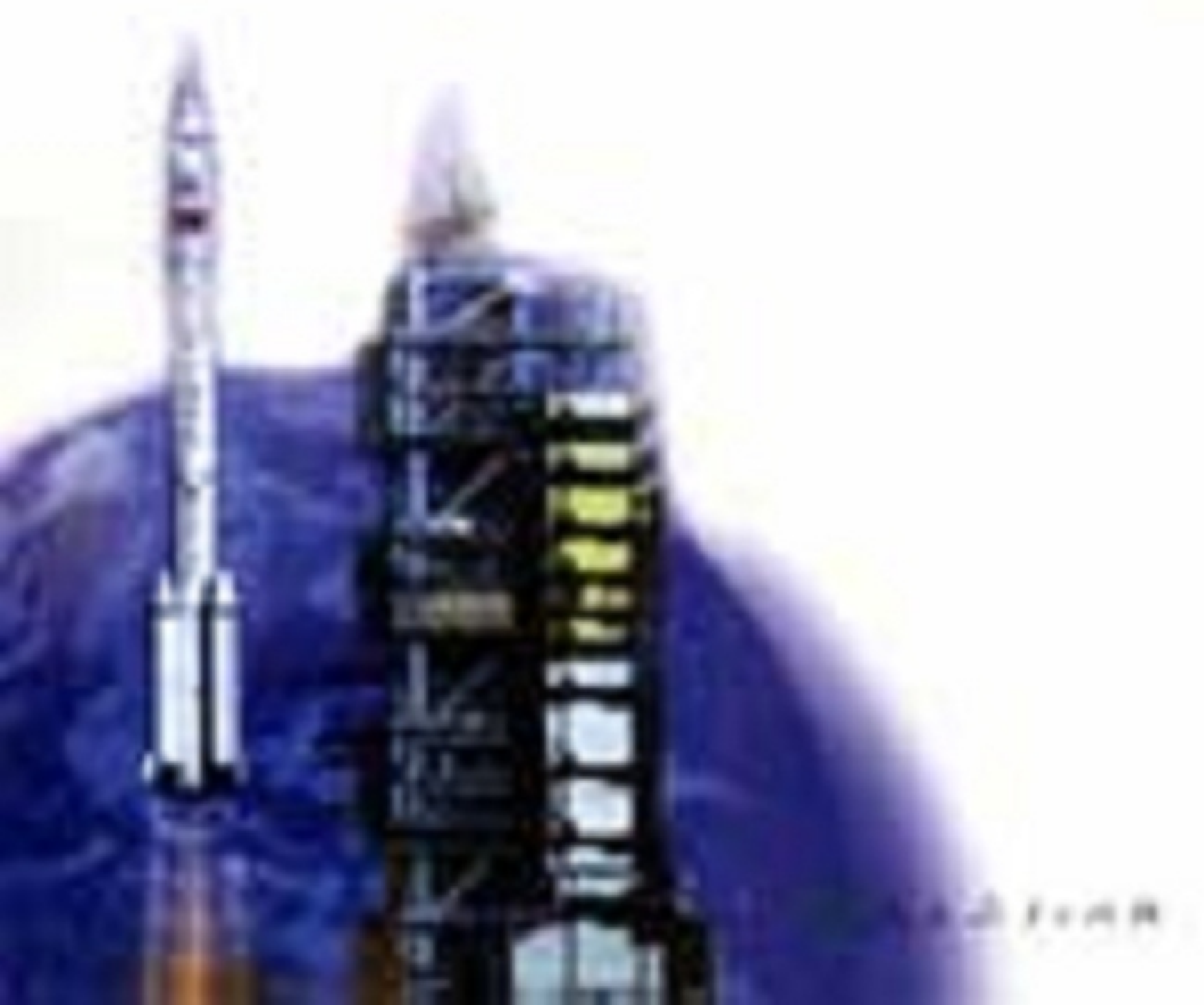


教育部审定  
2019年7月第1次印刷

普通高中课程标准实验教科书

# 化学 ②

必修课程 必修2 必修3  
化学工业出版社  
北京 100071



化学工业出版社

普通高中课程标准实验教科书

# 化学 ②

必修

人民教育出版社 课程教材研究所 编著  
化学课程教材研究中心



人民教育出版社

主 编：宋心琦  
副 主 编：王 晶 李文鼎

本册主编：宋心琦  
副 主 编：王 晶  
编写人员：王 晶 王作民 李 楨 吴海建 宋心琦（按编写顺序）  
责任编辑：冷燕平  
美术编辑：李宏庆  
摄 影：朱 京  
绘 图：李宏庆 王国栋

普通高中课程标准实验教科书

化学 2

必修

人民教育出版社 课程教材研究所  
化学课程教材研究开发中心 编著

人民教育出版社出版发行

网址：<http://www.pep.com.cn>

人民教育出版社印刷厂印装 全国新华书店经销

开本：890 毫米×1 240 毫米 1/16 印张：7.25 插页：1 字数：160 000

2007 年 3 月第 3 版 2008 年 6 月第 9 次印刷

ISBN 978-7-107-17649-4 定价：9.30 元  
G·10738（课）

著作权所有，请勿擅自用本书制作各类出版物，违者必究

如发现印、装质量问题，影响阅读，请与本社出版科联系调换。

（联系地址：北京市海淀区中关村南大街 17 号院 1 号楼 邮编：100081）

# 目 录

<b>第一章 物质结构 元素周期律</b>	<b>2</b>
第一节 元素周期表	4
第二节 元素周期律	13
第三节 化学键	21
归纳与整理	26
<b>第二章 化学反应与能量</b>	<b>30</b>
第一节 化学能与热能	32
第二节 化学能与电能	39
第三节 化学反应的速率和限度	47
归纳与整理	55
<b>第三章 有机化合物</b>	<b>58</b>
第一节 最简单的有机化合物——甲烷	60
第二节 来自石油和煤的两种基本化工原料	66
第三节 生活中两种常见的有机物	73
第四节 基本营养物质	78
归纳与整理	84
<b>第四章 化学与自然资源的开发利用</b>	<b>86</b>
第一节 开发利用金属矿物和海水资源	88
第二节 资源综合利用 环境保护	95
归纳与整理	104
结束语	108
附录 I 相对原子质量表	110
附录 II 部分酸、碱和盐的溶解性表 (20 ℃)	111
附录 III 一些常见元素中英文名称对照表	112
元素周期表	

2	 6.941 3Li	 9.012 4Be						
3	 22.99 11Na	 24.31 12Mg	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8
4	 39.10 19K	 40.08 20Ca	 44.96 21Sc	 47.87 22Ti	 50.94 23V	 52.00 24Cr	 54.94 25Mn	 55.85 26Fe
5	 85.47 37Rb	 87.62 38Sr	 88.91 39Y	 91.22 40Zr	 92.91 41Nb	 95.94 42Mo	 98 43Tc	 101.1 44Ru
6	 132.9 55Cs	 137.3 56Ba	 138.9 57La	 178.5 72Hf	 180.9 73Ta	 183.8 74W	 186.2 75Re	 190.2 76Os
								 277 108Hs

## 第一章

# 物质结构 元素周期律

丰富多彩的物质世界是由一百多种元素组成的,这些元素有着不同的性质,如有的元素性质活泼,可以与其他元素形成化合物,有的元素性质不活泼,不易与其他元素形成化合物,等等。面对这么多不同的元素,我们怎样才能更好地认识它们呢?

		10.81 5 <b>B</b>	12.01 6 <b>C</b>	14.01 7 <b>N</b>	16.00 8 <b>O</b>	19.00 9 <b>F</b>	20.18 10 <b>Ne</b>	
11 <b>IB</b>	12 <b>IIB</b>	26.98 13 <b>Al</b>	28.09 14 <b>Si</b>	30.97 15 <b>P</b>	32.06 16 <b>S</b>	35.45 17 <b>Cl</b>	39.95 18 <b>Ar</b>	
63.55 29 <b>Cu</b>	65.41 30 <b>Zn</b>	69.72 31 <b>Ga</b>	72.64 32 <b>Ge</b>	74.92 33 <b>As</b>	78.96 34 <b>Se</b>	79.90 35 <b>Br</b>	83.80 36 <b>Kr</b>	
107.9 47 <b>Ag</b>	112.4 48 <b>Cd</b>	114.8 49 <b>In</b>	118.7 50 <b>Sn</b>	121.8 51 <b>Sb</b>	127.6 52 <b>Te</b>	126.9 53 <b>I</b>	131.3 54 <b>Xe</b>	
197.0 79 <b>Au</b>	200.6 80 <b>Hg</b>	204.4 81 <b>Tl</b>	207.2 82 <b>Pb</b>	209.0 83 <b>Bi</b>	209 84 <b>Po</b>	210 85 <b>At</b>	222 86 <b>Rn</b>	
		.....						
272 111 <b>Rg</b>	285 112 <b>Uub</b>							



比利时布鲁塞尔市标志性建筑之一——原子球塔

## 1

## 元素周期表

## 一、元素周期表

1869年,俄国化学家门捷列夫将元素按照相对原子质量由小到大依次排列,并将化学性质相似的元素放在一个纵行,制出了第一张元素周期表,揭示了化学元素间的内在联系,使其构成了一个完整的体系,成为化学发展史上的重要里程碑之一。

随着化学科学的不断发展,元素周期表中为未知元素留下的空位先后被填满,周期表的形式也变得更加完美。当原子结构的奥秘被发现以后,元素周期表中元素的排序依据由相对原子质量改为原子的核电荷数,周期表也逐渐演变成我们常用的这种形式。

按照元素在周期表中的顺序给元素编号,得到原子序数。在发现原子的组成及结构之后,人们发现,原子序数与元素的原子结构之间存在着如下关系:

$$\text{原子序数} = \text{核电荷数} = \text{质子数} = \text{核外电子数}$$

在周期表中,把电子层数目相同的元素,按原子序数递增的顺序从左到右排成横行,再把不同横行中最外

元素周期表 periodic table  
of elements

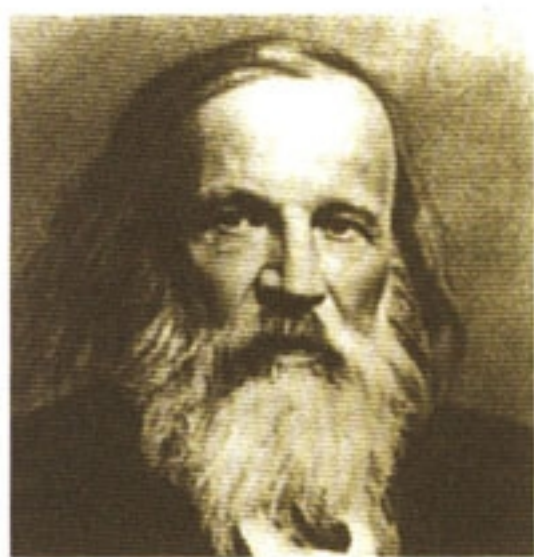


图 1-1 门捷列夫

Д. И. Менделеев (1834—1907)

周期 \ 族	I A	II A	金属										过渡元素				非金属						0	电子层	基态电子数										
1	1 H 氢 1.008																							2 He 氦 4.003	K	2									
2	3 Li 锂 6.941	4 Be 铍 9.012																							5 B 硼 10.81	6 C 碳 12.01	7 N 氮 14.01	8 O 氧 16.00	9 F 氟 19.00	10 Ne 氖 20.18	L K	8 2			
3	11 Na 钠 22.99	12 Mg 镁 24.31																							13 Al 铝 26.98	14 Si 硅 28.09	15 P 磷 30.97	16 S 硫 32.06	17 Cl 氯 35.45	18 Ar 氩 39.95	M L K	8 8 2			
4	19 K 钾 39.10	20 Ca 钙 40.08	21 Sc 钪 44.96	22 Ti 钛 47.87	23 V 钒 50.94	24 Cr 铬 52.00	25 Mn 锰 54.94	26 Fe 铁 55.85	27 Co 钴 58.93	28 Ni 镍 58.69	29 Cu 铜 63.55	30 Zn 锌 65.41	31 Ga 镓 69.72	32 Ge 锗 72.64	33 As 砷 74.92	34 Se 硒 78.96	35 Br 溴 79.90	36 Kr 氪 83.80																N M L K	8 18 8 2
5	37 Rb 铷 85.47	38 Sr 锶 87.62	39 Y 钇 88.91	40 Zr 锆 91.22	41 Nb 铌 92.91	42 Mo 钼 95.94	43 Tc 锝 [98]	44 Ru 钌 101.1	45 Rh 铑 102.9	46 Pd 钯 106.4	47 Ag 银 107.9	48 Cd 镉 112.4	49 In 铟 114.8	50 Sn 锡 118.7	51 Sb 锑 121.8	52 Te 碲 127.6	53 I 碘 126.9	54 Xe 氙 131.3																O N M L K	8 18 18 8 2
6	55 Cs 铯 132.9	56 Ba 钡 137.3	57-71 La-Lu 镧系	72 Hf 铪 178.5	73 Ta 钽 180.9	74 W 钨 183.8	75 Re 铼 186.2	76 Os 钨 190.2	77 Ir 铱 192.2	78 Pt 铂 195.1	79 Au 金 197.0	80 Hg 汞 200.6	81 Tl 铊 204.4	82 Pb 铅 207.2	83 Bi 铋 209.0	84 Po 钋 [209]	85 At 砹 [210]	86 Rn 氡 [222]																P O N M L K	8 18 32 18 8 2
7	87 Fr 钫 [223]	88 Ra 镭 [226]	89-103 Ac-Lr 锕系	104 Rf 钆 [261]	105 Db 铌 [262]	106 Sg 钨 [266]	107 Bh 铱 [264]	108 Hs 钨 [277]	109 Mt 铱 [268]	110 Ds 钨 [281]	111 Rg 钨 [272]	112 Uub 钨 [285]																							

图 1-2 元素周期表

层电子数相同的元素，按电子层数递增的顺序由上而下排成纵行。

元素周期表有 7 个横行，叫做**周期**。每一周期中元素的电子层数相同，从左到右原子序数递增，周期的序数就是该周期元素具有的电子层数。第一周期最短，只有两种元素，第二、三周期各有 8 种元素，称为短周期；其他周期均为长周期。

原子序数 atomic number

周期 period

族 group

周期表有 18 个纵行。除第 8、9、10 三个纵行叫做第Ⅷ族外，其余每个纵行各为一族。族有主族和副族之分。在周期表中，主族元素的族序数后标 A，副族元素的族序数后标 B<sup>①</sup>。最外层电子数为 8 的元素化学性质不活泼，通常很难与其他物质发生化学反应，把它们的化合价定为 0，因而叫做 0 族<sup>②</sup>。

在周期表中有些族的元素还有一些特别的名称。例如：

第 IA 族（除氢）：碱金属元素

第 VIIA 族：卤族元素

0 族：稀有气体元素

## 二、元素的性质与原子结构

### 1. 碱金属元素

#### 科学探究

1. 查阅元素周期表中的有关信息，填写下表。

	元素名称	元素符号	核电荷数	原子结构示意图	最外层电子数	电子层数	原子半径 <sup>③</sup> nm
碱金属元素	锂						0.152
	钠						0.186
	钾						0.227
	铷						0.248
	铯						0.265

① 1989 年，IUPAC（国际纯粹与应用化学联合会）建议用 1~18 列替代原主族、副族等。

② 第一周期只有两种元素，其中的氦(He)最外层电子数为 2，化学性质不活泼，化合价定为 0，也属于 0 族。

③ 金属的原子半径指固态金属单质里 2 个邻近原子核间距离的一半。



通过观察碱金属的原子结构示意图，你能发现碱金属元素的原子结构有什么共同之处吗？

## 2. 实验<sup>①</sup>：

(1) 将一干燥的坩埚加热，同时取一小块钾，擦干表面的煤油后，迅速投到热坩埚中(如图 1-3)，观察现象。回忆钠与氧气的反应，进行对比。

(2) 在培养皿中放入一些水，然后取绿豆大的钾，用滤纸吸干表面的煤油，投入培养皿中，观察现象。回忆钠与水的反应，进行对比。



图 1-3 钾在空气中燃烧

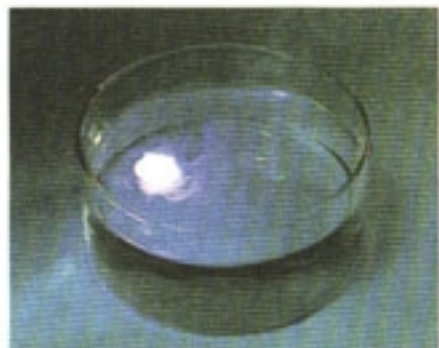


图 1-4 钾与水反应

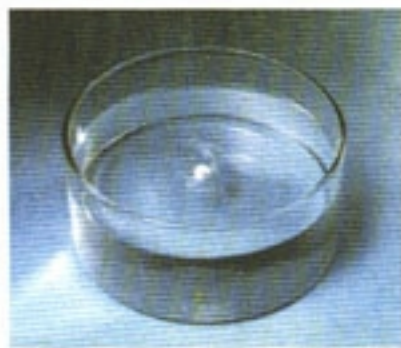


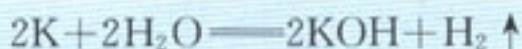
图 1-5 钠与水反应

	钾	钠
与氧气反应		
与水反应		

3. 思考与交流：通过回忆和观察钠和钾的实验，思考并讨论钠和钾的性质有什么相似性和不同。你认为元素的性质与它们的原子结构有关系吗？

通过大量实验和研究，人们得出了如下结论：

● 碱金属元素原子的最外层都有 1 个电子，它们的化学性质相似，都能与氧气等非金属单质以及水反应。例如：



<sup>①</sup> 此实验由教师演示。

而且，上述反应的产物中，碱金属元素的化合价都是+1。

● 随着核电荷数的增加，碱金属元素原子的电子层数逐渐增多，原子半径逐渐增大，原子核对最外层电子的引力逐渐减弱。所以，碱金属元素的性质也有差异，从锂到铯金属性<sup>①</sup>逐渐增强，如它们与氧气或水反应时，钾比钠的反应剧烈，铷、铯的反应更剧烈。

碱金属在物理性质上也表现出一些相似性和规律性。例如，除铯外，其余的都呈银白色；它们都比较柔软，有延展性。碱金属的密度都比较小，熔点也都比较低，导热性和导电性也都很好，如液态钠可用作核反应堆的传热介质。

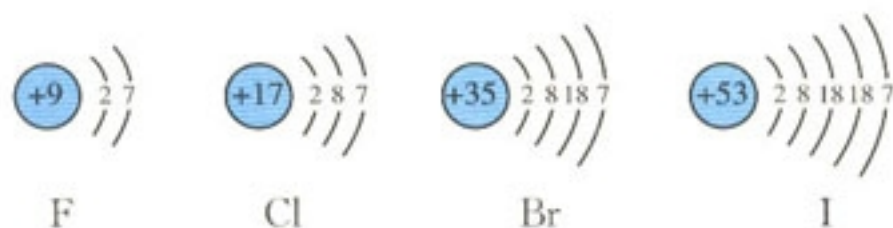
表 1-1 碱金属的主要物理性质

碱金属单质	颜色和状态	密度 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	熔点 $^{\circ}\text{C}$	沸点 $^{\circ}\text{C}$
Li	银白色，柔软	0.534	180.5	1 347
Na	银白色，柔软	0.97	97.81	882.9
K	银白色，柔软	0.86	63.65	774
Rb	银白色，柔软	1.532	38.89	688
Cs	略带金属光泽，柔软	1.879	28.40	678.4

## 2. 卤族元素

### 学与问

卤族元素的原子结构如下所示：



根据卤素的原子结构，请你试着推测一下氟、氯、溴、碘在化学性质上所表现的相似性和递变性。

<sup>①</sup> 元素金属性强弱可以从其单质与水(或酸)反应置换出氢的难易程度，以及它们的最高价氧化物的水化物——氢氧化物的碱性强弱来比较。

卤素单质的物理性质

卤素单质	颜色和状态	密度	熔点/℃	沸点/℃
F <sub>2</sub>	淡黄绿色气体	1.69 g/L(15 ℃)	-219.6	-188.1
Cl <sub>2</sub>	黄绿色气体	3.214 g/L(0 ℃)	-101	-34.6
Br <sub>2</sub>	深红棕色液体	3.119 g/cm <sup>3</sup> (20 ℃)	-7.2	58.78
I <sub>2</sub>	紫黑色固体	4.93 g/cm <sup>3</sup>	113.5	184.4

(1) 卤素单质与氢气反应

$H_2 + F_2 \xrightarrow{\quad} 2HF$	在暗处能剧烈化合并发生爆炸，生成的氟化氢很稳定
$H_2 + Cl_2 \xrightarrow{\text{光照或点燃}} 2HCl$	光照或点燃发生反应，生成的氯化氢较稳定
$H_2 + Br_2 \xrightarrow{\Delta} 2HBr$	加热至一定温度才能反应，生成的溴化氢不如氯化氢稳定
$H_2 + I_2 \xrightleftharpoons{\Delta} 2HI$	不断加热才能缓慢反应；碘化氢不稳定，在同一条件下同时分解为 H <sub>2</sub> 和 I <sub>2</sub> ，是可逆反应

随着核电荷数的增多，卤素单质与氢气的反应呈下述规律性变化：



剧烈程度：\_\_\_\_\_

生成的氢化物的稳定性：\_\_\_\_\_

(2) 卤素单质间的置换反应

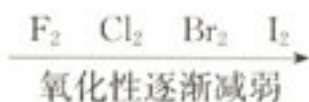
类似于通过金属与盐溶液的置换反应可以比较金属还原性的强弱，通过卤素间的置换反应实验，我们也可以比较出卤素氧化性的强弱。

实验 1-1

完成下列实验，观察现象。写出有关反应的化学方程式。

实 验	现 象	化学方程式
1. 将少量氯水分别加入盛有 NaBr 溶液和 KI 溶液的试管中, 用力振荡后加入少量四氯化碳, 振荡、静置		① $2\text{NaBr} + \text{Cl}_2 = 2\text{NaCl} + \text{Br}_2$ ②
2. 将少量溴水加入盛有 KI 溶液的试管中, 用力振荡后加入少量四氯化碳, 振荡、静置		③

随着核电荷数的增加, 卤素单质的氧化性强弱顺序为:



通过比较碱金属单质与氧气、水的反应, 以及卤素单质与氢气的反应、卤素单质间的置换反应, 我们可以看出, 元素性质与原子结构有密切的关系, 主要与原子核外电子的排布, 特别是最外层电子数有关。原子结构相似的一族元素, 它们在化学性质上表现出相似性和递变性。

在元素周期表中, 同主族元素从上到下原子核外电子层数依次增多, 原子半径逐渐增大, 失电子能力逐渐增强, 得电子能力逐渐减弱。所以, 金属性逐渐增强, 非金属性<sup>①</sup>逐渐减弱。

### 三、核素

元素的性质与原子核外电子有密切的关系。那么, 元素的性质与原子核有关系吗?

原子的质量主要集中在原子核上, 质子和中子的相对质量都近似为 1, 如果忽略电子的质量, 将核内所有质子和中子的相对质量取近似整数值相加, 所得的数值叫做质量数。

质量数(A) = 质子数(Z) + 中子数(N)

我们知道, 元素是具有相同核电荷数(质子数)的同一类原子的总称。也就是说, 同种元素原子的原子核中质子数是相同的。那么, 中子数是否一定相同呢?

精确的测定结果证明, 同种元素原子的原子核中, 中子数不一定相同。例如, 氢元素的原子核中, 中子数不相同, 如下表。

<sup>①</sup> 元素的非金属性强弱可以从其最高价氧化物的水化物的酸性强弱, 或与氢气生成气态氢化物的难易程度以及氢化物的稳定性来推断。

氢元素的原子核		原子名称	原子符号 ( ${}^A_Z\text{X}$ ) <sup>①</sup>
质子数(Z)	中子数(N)		
1	0	氕(piē)	${}^1_1\text{H}$
1	1	氘(dāo)	${}^2_1\text{H}$ 或 D
1	2	氚(chuān)	${}^3_1\text{H}$ 或 T

把具有一定数目质子和一定数目中子的一种原子叫做**核素**，如 ${}^1_1\text{H}$ 、 ${}^2_1\text{H}$ 和 ${}^3_1\text{H}$ 就各为一种核素。质子数相同而中子数不同的同一元素的不同原子互称为**同位素**（即同一元素的不同核素互称为同位素），如 ${}^1_1\text{H}$ 、 ${}^2_1\text{H}$ 和 ${}^3_1\text{H}$ 三种核素都是氢的同位素。“同位”即指核素的质子数相同，在元素周期表中占有相同的位置。

天然存在的同位素，相互间保持一定的比率。元素的相对原子质量，就是按照该元素各种核素原子所占的一定百分比算出的平均值。许多元素都有同位素；如氧元素有 ${}^{16}_8\text{O}$ 、 ${}^{17}_8\text{O}$ 和 ${}^{18}_8\text{O}$ 三种核素；碳元素有 ${}^{12}_6\text{C}$ 、 ${}^{13}_6\text{C}$ 和 ${}^{14}_6\text{C}$ 等核素；铀元素有 ${}^{235}_{92}\text{U}$ 、 ${}^{238}_{92}\text{U}$ 等多种核素；等等。此外，科学家还利用核反应人工制造出很多种同位素。同位素中，有些具有放射性，称为放射性同位素。同位素在日常生活、工农业生产和科学研究中有着重要的用途，如考古时利用 ${}^{14}_6\text{C}$ 测定一些文物的年代， ${}^2_1\text{H}$ 和 ${}^3_1\text{H}$ 用于制造氢弹，利用放射性同位素释放的射线育种、治疗癌症和肿瘤等。

核素 nuclide

同位素 isotope

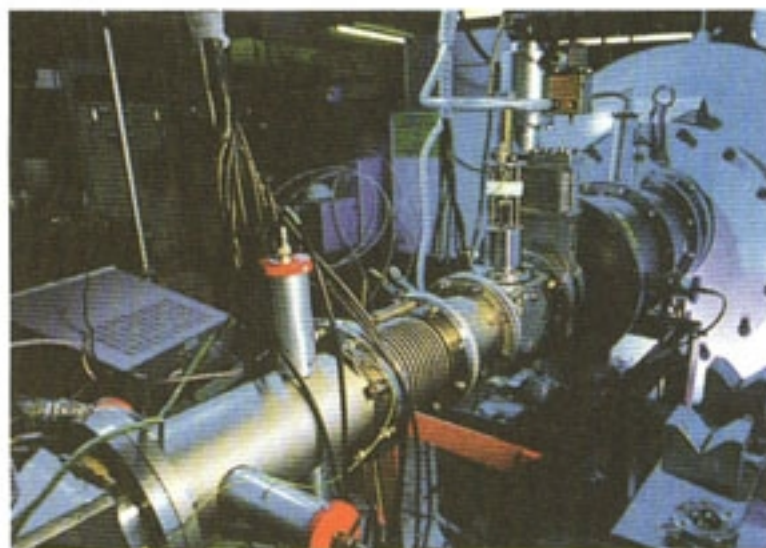


图 1-6  ${}^{14}_6\text{C}$  射线测定装置

## 实践活动

1. 查阅资料(如书刊、网络等)，搜集不同形式的元素周期表。
  2. 根据你对元素知识和分类方法的认识，试一试自己制作元素周期表。
- 将你收集的资料和成果在班上发表，或以墙报、黑板报等形式与大家交流。

① ${}^A_Z\text{X}$ 代表一个质量数为A、质子数为Z的X原子。



1. 碱金属元素原子最外层的电子数都是\_\_\_\_\_个，在化学反应中它们容易失去\_\_\_\_\_个电子；碱金属元素中金属性最强的是\_\_\_\_\_，原子半径最小的是\_\_\_\_\_。卤素原子最外层的电子数都是\_\_\_\_\_个，在化学反应中它们容易得到\_\_\_\_\_个电子；在卤族元素中非金属性最强的是\_\_\_\_\_，原子半径最小的是\_\_\_\_\_。

2. 查阅元素周期表，判断下列元素中不属于主族元素的是（ ）。

A. 磷      B. 钙      C. 铁      D. 碘

3. 下列关于F、Cl、Br、I性质的比较，不正确的是（ ）。

A. 它们的原子核外电子层数随核电荷数的增加而增多  
B. 被其他卤素单质从其卤化物中置换出来的可能性随核电荷数的增加而增大  
C. 它们的氢化物的稳定性随核电荷数的增加而增强  
D. 单质的颜色随核电荷数的增加而加深

4. 放射性同位素 ${}^{166}_{67}\text{Ho}$ 的原子核内的中子数与核外电子数之差是（ ）。

A. 32      B. 67      C. 99      D. 166

5. 在 ${}^6_3\text{Li}$ 、 ${}^7_3\text{Li}$ 、 ${}^{11}_{11}\text{Na}$ 、 ${}^{24}_{12}\text{Mg}$ 、 ${}^{12}_6\text{C}$ 、 ${}^{14}_7\text{N}$ 中：

(1) \_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_互为同位素；  
(2) \_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_的质量数相等，但不能互称同位素；  
(3) \_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_的中子数相等，但质子数不等，所以不是同一种元素。

6. 查阅元素周期表，从每个方格中可以得到哪些信息？以一种元素为例，将你获得的信息用图表示出来。

7. 在元素周期表中找到金、银、铜、铁、锌、钛的位置(周期和族)，并指出这些元素的核电荷数。

8. 寻找你家中的食品、调味品、药品、化妆品、洗涤剂、清洁剂及杀虫剂等，查阅标签或说明书，看一看其中含有哪些元素，查阅它们在周期表中的位置；查阅哪些物品中含有卤族元素。试着向你的家人说明其中卤素的有关性质。

9. 写出下列反应的化学方程式，并指出氧化剂和还原剂。

(1) 锂在空气中燃烧  
(2) 钾与水反应  
(3) 溴与碘化钾反应  
(4) 氯化亚铁与氯气反应

10. 甲、乙、丙、丁四种元素的原子序数如表中所示，从周期表中找出这四种元素。

(1) 填写下表

元素	甲	乙	丙	丁
原子序数	6	8	11	13
元素符号				
周期				
族				

(2) 写出这几种元素的单质间反应的化学方程式:

甲与乙: \_\_\_\_\_

乙与丙: \_\_\_\_\_

乙与丁: \_\_\_\_\_

11. 截止到 1999 年, 人们已经发现了 113 种元素, 是否可以说我们已经发现了 113 种原子? 为什么?

12. 通过各种渠道收集资料, 了解放射性同位素在能源、农业、医疗、考古等方面的应用。以讨论、讲演、墙报等形式在班上交流。

## 一、原子核外电子的排布

原子是由原子核和核外电子构成的。在含有多个电子的原子中，电子分别在能量不同的区域内运动。我们把不同的区域简化为不连续的壳层，也称作电子层(有人把这种电子层模型比拟为洋葱式结构，参看图1-7)，分别用  $n=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$  或 K、L、M、N、O、P、Q 来表示从内到外的电子层。

在多电子原子中，电子的能量是不相同的。在离核较近的区域内运动的电子能量较低，在离核较远的区域内运动的电子能量较高。由于原子中的电子是处在原子核的引力场中(类似于地球上的万物处于地心的引力场中)，电子总是尽可能地先从内层排起，当一层充满后再填充下一层。那么，每个电子层最多可以排布多少个电子呢？

根据原子光谱和理论分析(其中包括元素周期表的启示)的结果，人们得出了原子核外电子排布的规律。

表 1-2 核电荷数为 1~20 的元素原子核外电子层排布

核电荷数	元素名称	元素符号	各电子层的电子数			
			K	L	M	N
1	氢	H	1			
2	氦	He	2			
3	锂	Li	2	1		
4	铍	Be	2	2		
5	硼	B	2	3		
6	碳	C	2	4		
7	氮	N	2	5		
8	氧	O	2	6		
9	氟	F	2	7		
10	氖	Ne	2	8		
11	钠	Na	2	8	1	

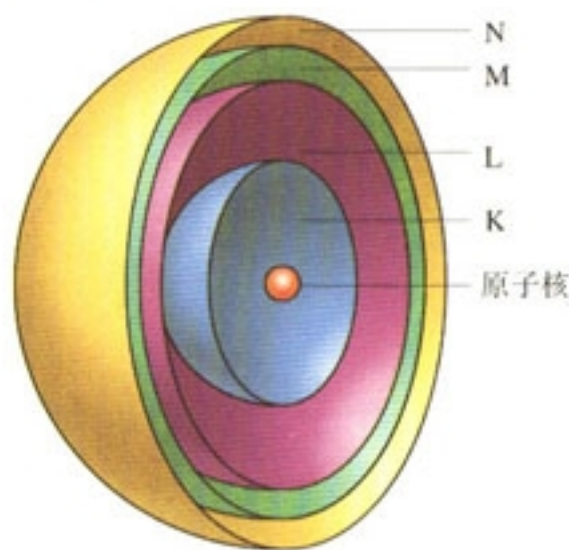


图 1-7 电子层模型示意图

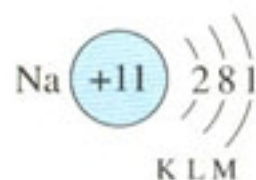


图 1-8 钠原子的核外电子排布



核电荷数	元素名称	元素符号	各电子层的电子数			
			K	L	M	N
12	镁	Mg	2	8	2	
13	铝	Al	2	8	3	
14	硅	Si	2	8	4	
15	磷	P	2	8	5	
16	硫	S	2	8	6	
17	氯	Cl	2	8	7	
18	氩	Ar	2	8	8	
19	钾	K	2	8	8	1
20	钙	Ca	2	8	8	2

## 二、元素周期律

### 科学探究

1. 在下表中写出元素周期表前三周期元素(1~18号)的符号及原子的核外电子排布(用原子结构示意图表示)。

原子序数	1								2
元素名称	氢								氦
元素符号									
核外电子排布									
原子半径 nm	0.037								— <sup>①</sup>
主要化合价	+1								0
原子序数	3	4	5	6	7	8	9	10	
元素名称	锂	铍	硼	碳	氮	氧	氟	氖	
元素符号									
核外电子排布									
原子半径 nm	0.152	0.089	0.082	0.077	0.075	0.074	0.071	—	

① 稀有气体元素的原子半径测定与相邻非金属元素的测定依据不同,数据不具有可比性,故没有列出。

最高正化合价或 最低负化合价	+1	+2	+3	+4 -4	+5 -3	-2	-1	0
原子序数	11	12	13	14	15	16	17	18
元素名称	钠	镁	铝	硅	磷	硫	氯	氩
元素符号								
核外电子排布								
原子半径 nm	0.186	0.160	0.143	0.117	0.110	0.102	0.099	—
最高正化合价或 最低负化合价	+1	+2	+3	+4 -4	+5 -3	+6 -2	+7 -1	0

2. 观察上面的表格, 思考并讨论: 随着原子序数的递增, 元素原子的核外电子层排布、元素的原子半径和元素的化合价各呈现什么规律性的变化?

原子序数	电子层数	最外层电子数	原子半径的变化 (不考虑稀有气体元素)	最高或最低化合价的变化
1~2	1	1→2	—	+1 —————→ 0
3~10			0.152 nm → 0.071 nm 大 → 小	+1 —————→ +5 -4 —————→ -1 → 0
11~18				
结论:				

通过上面的讨论我们知道, 随着原子序数的递增, 元素原子的电子层排布、原子半径和化合价都呈现周期性的变化。那么, 元素的金属性和非金属性是否也随原子序数的变化呈现周期性变化呢? 我们通过第三周期元素的一些化学性质来探讨这一问题。

### 科学探究

#### 1. 实验:

(1) 取一小段镁带, 用砂纸除去表面的氧化膜, 放入试管中。向试管中加入 2 mL 水, 并滴入 2 滴酚酞溶液。观察现象。过一会儿加热试管至水沸腾。观察现象。

现象	
化学方程式	

(2) 取一小段镁带和一小片铝，用砂纸磨去它们表面的氧化膜，分别放入两支试管，再各加入 2 mL 1 mol/L 盐酸。观察发生的现象。

	Mg	Al
现象		
化学方程式		

## 2. 讨论：

- 回忆钠与水反应的现象，比较钠和镁与水反应的难易程度。
- 比较镁和铝与盐酸反应的难易程度。
- 比较钠、镁、铝的最高价氧化物对应的水化物(氢氧化物)碱性强弱。

	Na	Mg	Al
单质与水(或酸)反应	与冷水反应：_____	与冷水反应缓慢，与沸水反应迅速，放出氢气；与酸反应剧烈，放出氢气	与酸反应：_____
最高价氧化物对应的水化物碱性强弱	NaOH (_____)	Mg(OH) <sub>2</sub> 中强碱	Al(OH) <sub>3</sub> (_____)

(4) 通过以上实验和讨论，你能推断出钠、镁、铝的金属性强弱吗？

Na Mg Al  
—————→

金属性逐渐\_\_\_\_\_。

## 3. 阅读：

	Si	P	S	Cl
单质与氢气反应的条件	高温	磷蒸气与氢气能反应	加热	光照或点燃时发生爆炸而化合
最高价氧化物对应的水化物(含氧酸)酸性强弱	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> 弱酸	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> 中强酸	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 强酸	HClO <sub>4</sub> 强酸(比 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 酸性强)

4. 通过以上对第三周期元素性质的比较，我们可以得出的结论：

Na Mg Al Si P S Cl  
—————→  
金属性逐渐\_\_\_\_\_，非金属性逐渐\_\_\_\_\_。

对其他周期元素性质进行研究，也可以得到类似的结论。

通过大量事实，人们归纳出一条规律：元素的性质随着原子序数的递增而呈周期性的变化。这一规律叫做**元素周期律**。

### 三、元素周期表和元素周期律的应用

元素在周期表中的位置，反映了元素的原子结构和元素的性质。在有了元素周期律以后，我们可以根据元素在周期表中的位置推测其原子结构和性质，也可以根据元素的原子结构推测它在周期表中的位置。

元素周期律

periodic law of elements

我们可以在周期表中给金属元素和非金属元素分区。如图 1-9 所示，虚线左面是金属元素，虚线右面是非金属元素，最右一个纵行是稀有气体元素。由于元素的金属性与非金属性之间并没有严格的界线，位于分界线附近的元素既能表现出一定的金属性，又能表现出一定的非金属性。在周期表中，主族元素从上到下、从左到右，元素的金属性和非金属性存在着一定的递变规律。

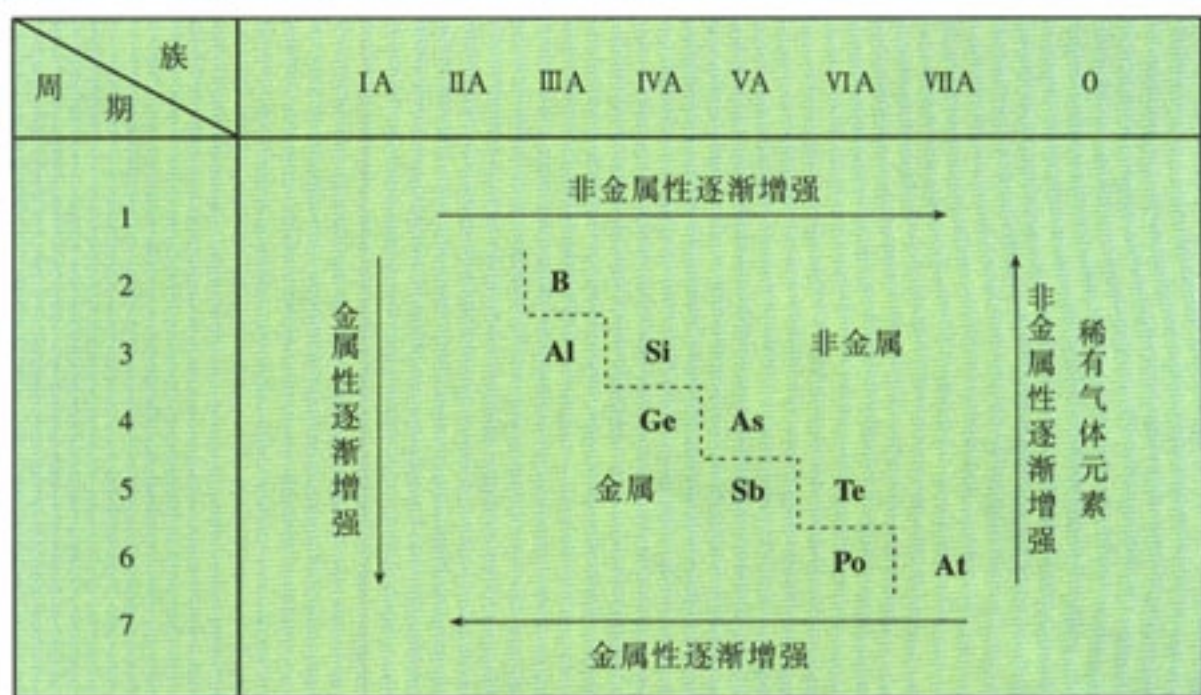


图 1-9 元素金属性和非金属性的递变

#### 学与问

什么元素的金属性最强？什么元素的非金属性最强？它们分别位于元素周期表中的什么位置？

元素的化合价与元素在周期表中的位置有一定的关系。例如：

1. 主族元素的最高正化合价等于它所处的族序数，因为族序数与最外层电子(价电子<sup>①</sup>)数相同。

<sup>①</sup> 元素的化合价与原子的最外层电子数有密切的关系，所以，元素原子的最外层电子也叫价电子。有些元素的化合价与原子的次外层或倒数第三层的部分电子有关，这部分电子也叫价电子。

## 资料卡片

门捷列夫在研究元素周期表时，科学地预言了11种尚未发现的元素，为它们在周期表中留下空位。例如，他认为在铝的下方有一个与铝类似的元素“类铝”，并预测了它的性质。1875年，法国化学家发现了这种元素，将它命名为镓。镓的性质与门捷列夫推测的一样。

门捷列夫还预言了锗的存在和性质，多年后也得到了证实。

	预测	锗
相对原子质量	72	72.6
密度/( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )	5.5	5.32
氧化物	$\text{MO}_2$	$\text{GeO}_2$
氧化物密度	4.7	4.72
氯化物	$\text{MCl}_4$	$\text{GeCl}_4$
氯化物熔点	$<100\text{ }^\circ\text{C}$	$84\text{ }^\circ\text{C}$

2. 非金属元素的最高正化合价，等于原子所能失去或偏移的最外层电子数，而它的负化合价则等于使原子达到8电子稳定结构所需得到的电子数。所以，非金属元素的最高正化合价和它的负化合价的绝对值之和等于8。

元素周期表是元素周期律的具体表现形式，是学习化学的一种重要工具。过去，门捷列夫曾用周期律预言未知元素并得到了证实。此后，科学家在周期律和周期表的指导下，对元素性质进行了系统研究，并为新元素的发现及预测它们的原子结构和性质提供了线索。

元素周期表和元素周期律对于其他与化学相关的科学技术也有指导作用。例如，在周期表中金属与非金属的分界处，可以找到半导体材料，如硅、锗等，半导体器件的研制正是开始于锗，后来发展到研制与它同族的硅。又如，农药由含砷的有机物发展成为对人畜毒性较低的含磷有机物等，通常制造的农药，所含有的氟、氯、硫、磷等在周期表中的位置靠近，在一定的区域内。人们还在过渡元素中寻找催化剂和耐高温、耐腐蚀的合金材料。

由于在周期表中位置靠近的元素性质相近，在周期表一定区域内寻找元素，发现物质的新用途被视为一种相当有效的方法。

## 科学视野

### 人造元素

元素周期表都是从氢开始的（曾有从原子序数为0的中子开始的建议），所以把H的原子序数定为1，已成为不需更改的事实。那么，元素周期表中的元素种类是否有限呢？理论物理学家对此已有多种估计，而对于崇尚实验的实验物理学家和化学家来说，从未放弃过人造元素的努力。

人造元素的关键是用某种元素的原子核作为“炮弹”来轰击另一种元素的原子核，当它的能量足以“击穿”原子核的“坚壳”并熔合成新核时，质子数改变，新元素也就产生了。质子数的改变严格地遵从加法规则，如用硼（原子序数为5）轰击铜（原子序数为98），得到103号元素镅（1961年）；用铬（原子序数为24）轰击铅（原子序数为82）得到106号元素镅（1974年）。元素周期表成了核物理学家手中的一张十分特殊的加法表。不过，实现核反应远非做加法那样轻而易举，要有昂贵的特殊实验装置（如回旋加速器）和高超的实验技术。设想与实际之间的差别如此之大，正是事物的两个方面，也正是科学引人入胜之处。



1. 元素周期表的第三周期元素，从左到右，原子半径逐渐\_\_\_\_\_；元素的金属性逐渐\_\_\_\_\_，非金属性逐渐\_\_\_\_\_。该周期元素中，除稀有气体外，原子半径最大的是\_\_\_\_\_；最高价氧化物对应的水化物碱性最强的是\_\_\_\_\_；最高价氧化物对应的水化物呈两性的是\_\_\_\_\_；最高价氧化物对应的水化物酸性最强的是\_\_\_\_\_。

2. 元素周期表中某区域的一些元素多用于制造半导体材料，它们是（ ）。

- A. 左、下方区域的金属元素
- B. 金属元素和非金属元素分界线附近的元素
- C. 右、上方区域的非金属元素
- D. 稀有气体元素

3. 根据元素周期表和元素周期律分析下面的推断，其中错误的是（ ）。

- A. 铍(Be)的原子失电子能力比镁弱
- B. 砹(At)的氢化物不稳定
- C. 硒(Se)化氢比硫化氢稳定
- D. 氢氧化锶[ $\text{Sr}(\text{OH})_2$ ]比氢氧化钙的碱性强

4. 比较下列各组中两种元素金属性或非金属性的强弱。

- (1) Na、K      (2) B、Al      (3) P、Cl      (4) S、Cl      (5) O、S

5. 根据元素在周期表中的位置，判断下列各组化合物的水溶液的酸、碱性的强弱。

- (1)  $\text{H}_3\text{PO}_4$  和  $\text{HNO}_3$       (2)  $\text{KOH}$  和  $\text{Mg}(\text{OH})_2$       (3)  $\text{Al}(\text{OH})_3$  和  $\text{Mg}(\text{OH})_2$

6. 钫是人工合成的金属元素。根据它在元素周期表中的位置，你能推测出它的一些性质吗？如颜色、状态、与水反应的剧烈程度、金属性强弱等。

7. 镁和钙是第 IIA 族元素。

(1) 镁和钙都能与水反应产生氢气，镁反应缓慢，钙则反应较快。请推测同主族的铍和钡与水反应的剧烈程度。

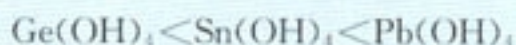
(2) 钙在空气中会与氧气发生缓慢的反应，所以要把钙保存在密封的容器内。你认为钡应如何保存？

8. 已知元素 X、Y、Z、W 的原子序数分别为 6、8、11、13，请回答：

- (1) 它们各是什么元素？
- (2) 不看周期表，你如何来推断它们在周期表中的位置（周期和族）？
- (3) 写出单质 X、Z、W 分别与单质 Y 反应的化学方程式。

9. 某同学阅读课外资料时，看到了下列有关锗、锡、铅 3 种元素性质的描述：

- (1) 锗、锡在空气中不反应，铅在空气中表面生成一层氧化铅；
- (2) 锗与盐酸不反应，锡与盐酸反应，铅与盐酸反应但因生成的  $\text{PbCl}_2$  微溶而使反应中止；
- (3) 锗、锡、铅的+4 价氢氧化物的碱性强弱顺序：



请查找锗、锡、铅 3 种元素在元素周期表中的位置，并解释产生上述性质变化的原因。

10. 多数科学家一致认为人体必需的元素共有 27 种，它们在周期表中的分布情况如下表。

	I A	II A	III B	IV B	V B	VI B	VII B	VIII	IB	II B	III A	IV A	V A	VI A	VII A	0	
1	H																
2														C	N	O	F
3	Na	Mg												Si	P	S	Cl
4	K	Ca			V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn		As	Se	Br	
5						Mo								Sn		I	

请选择你感兴趣的几种元素，通过查阅资料或访谈等方式，获取这些元素在人体内的主要生物功能的信息，整理获取的资料并与同学交流。

\* 11. 根据原子结构的有关知识和元素周期律，思考并回答有关 114 号元素的几个问题。

- (1) 原子核外有几个电子层？最外层电子数可能是多少？
- (2) 它在周期表中位于第几周期、第几族？
- (3) 它属于金属元素还是非金属元素？

\_\_\_\_\_

\* 供选做。

从元素周期表我们可以看出，到目前为止，已经发现的元素只有一百多种。然而，由这一百多种元素的原子组成的物质却数以千万计。那么，元素的原子通过什么作用形成如此丰富多彩的物质呢？

## 一、离子键

### 实验 1-2

取一块绿豆大的金属钠(切去氧化层)，用滤纸吸净煤油，放在石棉网上，用酒精灯微热。待钠熔成球状时，将盛有氯气的集气瓶迅速倒扣在钠的上方(如图 1-10)。观察现象。

现象	
化学方程式	

在学习了原子结构的有关知识以后，我们来分析一下氯化钠的形成过程。

根据钠原子和氯原子的核外电子排布，钠原子要达到 8 电子的稳定结构，就需失去 1 个电子；而氯原子要达到 8 电子稳定结构则需获得 1 个电子。钠与氯气反应时，钠原子的最外电子层上的 1 个电子转移到氯原子的最外电子层上，形成带正电的钠离子和带负电的氯离子。带相反电荷的钠离子和氯离子，通过静电作用结合在一起，从而形成与单质钠和氯气性质完全不同的氯化钠。人们把这种带相反电荷离子之间的相互作用称为**离子键**。

像氯化钠这样由离子键构成的化合物叫做离子化合物。例如，KCl、MgCl<sub>2</sub>、CaCl<sub>2</sub>、ZnSO<sub>4</sub>、NaOH 等都是离子化合物。通常，活泼金属与活泼非金属形成离子化合物。

离子化合物的形成，可以用电子式表示，如氯化钠的形成过程可表示为：

### 离子键 ionic bond

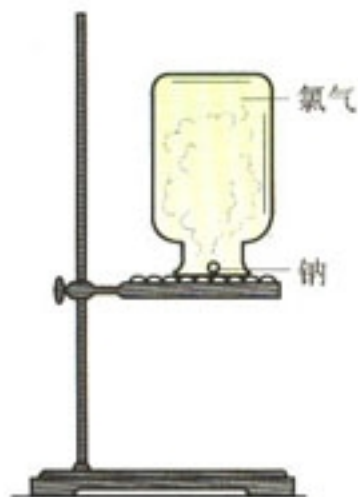
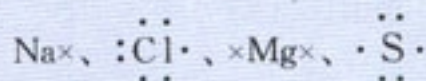


图 1-10 钠与氯气反应

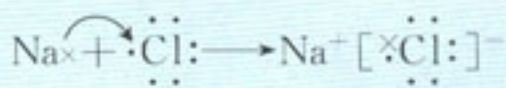
### 资料卡片

#### 电子式

为方便起见，我们在元素符号周围用“·”或“×”来表示原子的最外层电子(价电子)。这种式子叫做电子式。例如：







## 二、共价键

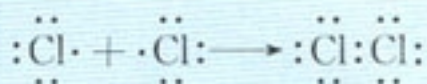
### 思考与交流

分析 H 和 Cl 的原子结构，你认为 H<sub>2</sub>、Cl<sub>2</sub>、HCl 的形成与氯化钠会是一样的吗？

你也许会问：为什么两个氢原子结合成氢分子，两个氯原子结合成氯分子，而不是 3 个、4 个呢？为什么 1 个氢原子和 1 个氯原子结合成氯化氢分子，而不是以其他的个数比相结合呢？

我们以氯原子为例来分析一下氯分子的形成。

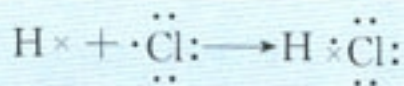
氯原子的最外层有 7 个电子，要达到稳定的 8 电子结构，都需要获得 1 个电子，所以氯原子间难以发生电子得失；如果两个氯原子各提供 1 个电子，形成共用电子对，两个氯原子就都形成了 8 电子稳定结构：



在化学上，常用一根短线“—”表示一对共用电子，所以，氯分子也可以表示为：Cl—Cl。

像氯分子这样，原子间通过共用电子对所形成的相互作用，叫做**共价键**。

不同种非金属元素化合时，它们的原子之间也能形成共价键，如 HCl，它的形成过程可用下式表示：



像 HCl 这样以共用电子对形成分子的化合物叫做**共价化合物**。例如，H<sub>2</sub>O、CO<sub>2</sub> 等都是共价化合物。

共价键 covalent bond

表 1-3 一些以共价键形成的分子

分子	用电子式表示的分子
H <sub>2</sub>	H:H
N <sub>2</sub>	:N::N:
H <sub>2</sub> O	H : $\ddot{\text{O}}$ : H
CO <sub>2</sub>	: $\ddot{\text{O}}$ : $\times\text{C}\times$ : $\ddot{\text{O}}$ :
CH <sub>4</sub>	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \times \\ \text{H} \times \text{C} \times \text{H} \\ \times \\ \text{H} \end{array}$

### 学与问

你能用电子式表示 H<sub>2</sub>O 分子的形成过程吗？

在  $\text{H}_2$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{Cl}_2$  这样的单质分子中，由同种原子形成共价键，两个原子吸引电子的能力相同，共用电子对不偏向任何一个原子，成键的原子因此而不显电性，这样的共价键叫做非极性共价键，简称非极性键。而在化合物分子中，不同种原子形成共价键时，因为原子吸引电子的能力不同，共用电子对将偏向吸引电子能力强的一方，所以吸引电子能力强的原子一方显负电性，吸引电子能力弱的原子一方显正电性。例如， $\text{HCl}$  分子中， $\text{Cl}$  吸引电子的能力比  $\text{H}$  强，共用电子对偏向  $\text{Cl}$  一方， $\text{Cl}$  一方相对显负电性， $\text{H}$  一方则相对显正电性。像这样共用电子对偏移的共价键叫做极性共价键，简称极性键。 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CO}_2$  中的共价键也是极性键。

非极性键 non-polar bond

极性键 polar bond

## 思考与交流

离子化合物与共价化合物有什么区别？

通过学习有关离子键和共价键的知识，我们知道，离子键使离子结合形成离子化合物（如  $\text{NaCl}$ ）；共价键使原子结合形成共价化合物分子（如  $\text{H}_2\text{O}$ ）。人们把这种使离子相结合或原子相结合的作用力通称为**化学键**。

化学键 chemical bond

一般化学物质则主要由离子键或共价键结合而成。化学键的形成与原子结构有关，它主要通过原子的价电子间的转移或共用来实现。

表面看来，化学反应不过是反应物中的原子重新组合为产物分子的一种过程，就好像玩积木时的搭建和拆卸过程。其实，在这个过程中，包含着反应物分子内化学键的断裂和产物分子中化学键的形成。如果用化学键的观点来解释  $\text{H}_2$  与  $\text{Cl}_2$  反应的过程，可以把它想像为以下两个步骤： $\text{H}_2$  和  $\text{Cl}_2$  中的化学键断裂（旧化学键），生成  $\text{H}$  和  $\text{Cl}$ ； $\text{H}$  和  $\text{Cl}$  结合成  $\text{HCl}$ ，形成了  $\text{H}$  和  $\text{Cl}$  之间的化学键  $\text{H}-\text{Cl}$ （新化学键）。

## 科学视野

### 分子间作用力和氢键

我们知道在分子内相邻原子之间存在着化学键，实际上分子之间还存在一种把分子聚集在一起的作用力，叫做分子间作用力，又称范德华力<sup>①</sup>。分子间作用力比化学键弱得多，它对物质的熔点、沸点等有影响。 $\text{NH}_3$ 、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{CO}_2$  等气体在降低温度、增大压强时能够凝结成液态或固态，就是由于存在分子间作用力。

一般来说，对于组成和结构相似的物质，相对分子质量越大，分子间作用力越大，物质的熔点、沸点也越高。例如，卤素单质，随着相对分子质量的增大，分子间作用力增大，它们的熔点、沸点也相应升高。

<sup>①</sup> 范德华 (J. D. van der Waals, 1837—1923)，荷兰物理学家。他首先研究了分子间作用力，因此，这种力也称为范德华力。

但是，有些氢化物的熔点和沸点的递变却与此不完全符合，如  $\text{NH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{HF}$  的沸点就反常（如图 1-11）。之所以出现这种反常现象，是因为它们的分子之间存在着一种比分子间作用力稍强的相互作用，使它们只能在较高的温度下才能汽化。这种相互作用，叫做氢键。氢键比化学键弱，但比分子间作用力强，所以，也可以把氢键看作是一种较强的分子间作用力。分子间形成的氢键会使物质的熔点和沸点升高，这是因为固体熔化或液体汽化时必须破坏分子间的氢键，消耗较多能量。

水在液态时，除以单个水分子存在，还含有几个水分子通过氢键结合而形成的  $(\text{H}_2\text{O})_n$ （如图 1-12）。在固态水（冰）中水分子间以氢键结合成排列规整的晶体。由于冰的结构中有空隙，造成体积膨胀、密度减小至低于液态水的密度，所以冰会浮在水面上。氢键在生命现象中也起着重要的作用，如 DNA 的结构和生理活性都与氢键的作用有关等。

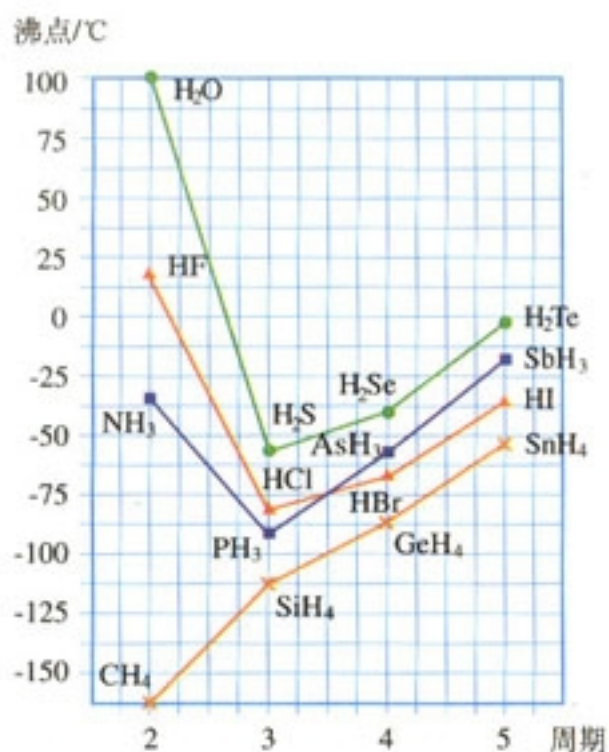


图 1-11 一些氢化物的沸点

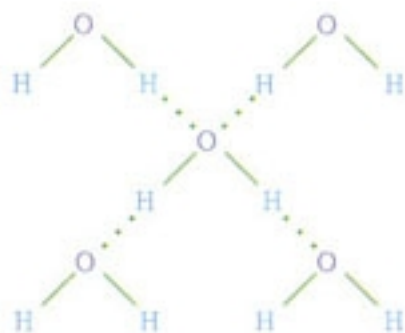


图 1-12 水分子间的氢键

## 习 题



- 写出下列物质的电子式：①  $\text{KCl}$  \_\_\_\_\_；②  $\text{MgCl}_2$  \_\_\_\_\_；③  $\text{Cl}_2$  \_\_\_\_\_；④  $\text{N}_2$  \_\_\_\_\_；⑤  $\text{H}_2\text{O}$  \_\_\_\_\_；⑥  $\text{CH}_4$  \_\_\_\_\_。
- 下列物质中，只含有非极性共价键的是（ ）。
  - $\text{NaOH}$
  - $\text{NaCl}$
  - $\text{H}_2$
  - $\text{H}_2\text{S}$
- 下列物质中，有极性共价键的是（ ）。
  - 单质碘
  - 氯化镁
  - 溴化钾
  - 水
- 下列关于化学键的说法中不正确的是（ ）。
  - 化学键是一种作用力
  - 化学键可以使离子相结合，也可以使原子相结合
  - 化学反应过程中，反应物分子内的化学键断裂，产物分子中的化学键形成
  - 非极性键不是化学键
- 共价键与离子键有什么不同？请你举例说明。
- 稀有气体为什么不能形成双原子分子？

7. 用电子式表示下列物质的形成过程:

(1)  $\text{MgCl}_2$ ;

(2)  $\text{Br}_2$ 。

8. 下列分子中, 哪些是以极性键结合的, 哪些是以非极性键结合的?

(1)  $\text{F}_2$       (2)  $\text{O}_2$       (3)  $\text{NH}_3$       (4)  $\text{CH}_4$       (5)  $\text{SO}_2$

9. 根据下列提供的一组物质回答问题:  $\text{HCl}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{NaOH}$ 、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{NaF}$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{MgCl}_2$ 、 $\text{CaO}$ 。

(1) 这些物质中分别存在哪些类型的化学键?

(2) 哪些物质属于离子化合物? 哪些物质属于共价化合物?

## 一、原子结构



原子序数 = 核电荷数 = 质子数 = 核外电子数

### 1. 原子核

质量数( $A$ ) = 质子数( $Z$ ) + 中子数( $N$ )

核素：具有一定数目的质子和一定数目的中子的一种原子叫做核素。

同位素：质子数相同而中子数不同的同一元素的不同原子互称为同位素（即同一元素的不同核素互称为同位素）。

### 2. 原子核外电子排布

电子层：在含有多个电子的原子中，电子分别在能量不同的区域内运动，把不同的区域简化为不连续的壳层。核外电子分层排布在不同的壳层。

在离核较近的区域内运动的电子能量较低，在离核较远的区域内运动的电子能量较高，所以多电子原子中的电子，能量是不相同的。

## 二、元素周期表和元素周期律

### 1. 元素周期表是元素周期律的具体表现形式

周期表的周期数：\_\_\_\_\_

主族：第\_\_\_\_\_族到第\_\_\_\_\_族

0族：也称\_\_\_\_\_元素

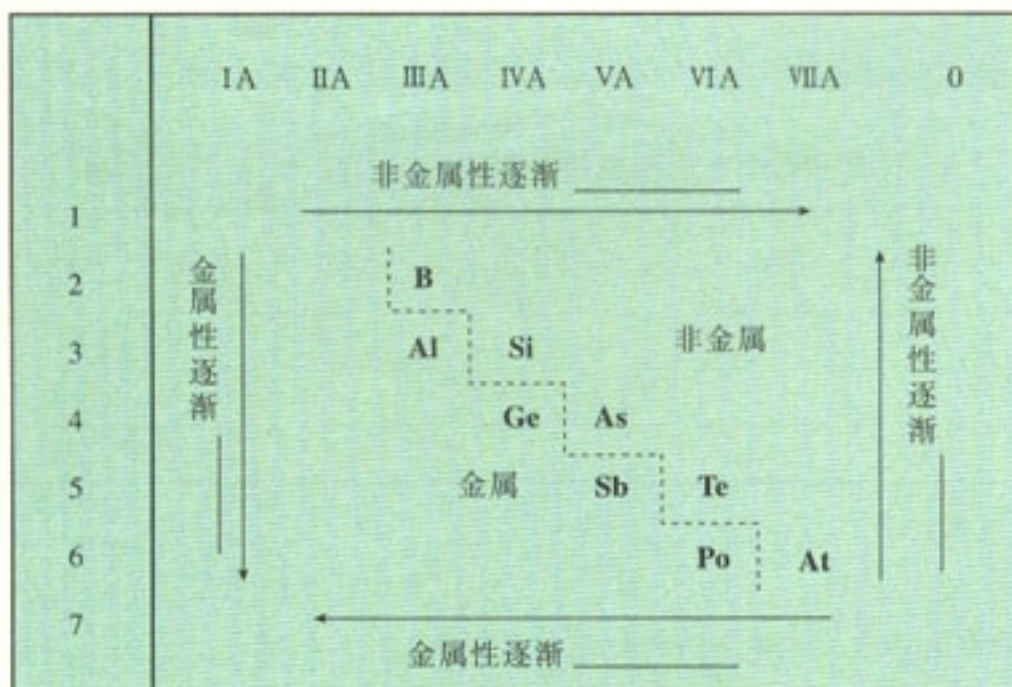
### 2. 周期表与原子结构的关系

周期序数 = 电子层数

主族序数 = 最外层电子数 = 元素最高正化合价数

主族元素最低负化合价 =  $8 - \text{主族序数}$

### 3. 元素的金属性和非金属性与元素在周期表中位置的关系



#### 4. 元素周期律

元素的性质随着原子序数的递增呈周期性的变化。

### 三、化学键

化学键  $\left\{ \begin{array}{l} \text{离子键} \\ \text{共价键} \left\{ \begin{array}{l} \text{非极性键} \\ \text{极性键} \end{array} \right. \end{array} \right.$

## 复 习 题

1. 下表列出了 A~R 9 种元素在周期表中的位置：

周期 \ 族	I A	II A	III A	IV A	V A	VI A	VII A	0
2				E		F		
3	A	C	D				G	R
4	B						H	

- (1) 这 9 种元素分别为 A \_\_\_\_\_、B \_\_\_\_\_、C \_\_\_\_\_、D \_\_\_\_\_、E \_\_\_\_\_、F \_\_\_\_\_、G \_\_\_\_\_、H \_\_\_\_\_、R \_\_\_\_\_，其中化学性质最不活泼的是\_\_\_\_\_；
- (2) D 元素的最高价氧化物对应的水化物与氢氧化钠反应的离子方程式是\_\_\_\_\_；
- (3) A、B、C 三种元素按原子半径由大到小的顺序排列为\_\_\_\_\_；
- (4) F 元素氢化物的化学式是\_\_\_\_\_，该氢化物在常温下跟 B 发生反应的化学方程式是\_\_\_\_\_，所得溶液的 pH \_\_\_\_\_ 7；
- (5) H 元素跟 A 元素形成化合物的化学式是\_\_\_\_\_，高温灼烧该化合物时，火焰呈\_\_\_\_\_色；

(6) G 元素和 H 元素两者核电荷数之差是\_\_\_\_\_。

2. 雷雨天闪电时空气中有臭氧 ( $O_3$ ) 生成。下列说法正确的是 ( )。

- A.  $O_2$  和  $O_3$  互为同位素  
 B.  $O_2$  和  $O_3$  的相互转化是物理变化  
 C. 在相同的温度与压强下，等体积的  $O_2$  和  $O_3$  含有相同的分子数  
 D. 等物质的量的  $O_2$  和  $O_3$  含有相同的质子数

3. Se 是人体必需微量元素，下列关于  $^{78}_{34}\text{Se}$  和  $^{80}_{34}\text{Se}$  的说法正确的是 ( )。

- A.  $^{78}_{34}\text{Se}$  和  $^{80}_{34}\text{Se}$  互为同位素  
 B.  $^{78}_{34}\text{Se}$  和  $^{80}_{34}\text{Se}$  都含有 34 个中子  
 C.  $^{78}_{34}\text{Se}$  和  $^{80}_{34}\text{Se}$  分别含有 44 和 46 个质子  
 D.  $^{78}_{34}\text{Se}$  和  $^{80}_{34}\text{Se}$  含有不同的电子数

4. 下列关于铷 (Rb) 的叙述正确的是 ( )。

- A. 它位于周期表的第四周期、第 I A 族  
 B. 氢氧化铷是弱碱  
 C. 在钠、钾、铷 3 种单质中，铷的熔点最高  
 D. 硝酸铷是离子化合物

5. 下列有关氢化物的叙述中正确的是 ( )。

- A. 稳定性： $H_2S > HF$   
 B. HCl 的电子式为  $H^+ [ \times \ddot{Cl} : ]^-$   
 C. 一个  $D_2O$  分子所含的中子数为 8  
 D. 在卤化氢中 HF 最稳定

6. 下列实验中，不能观察到明显变化的是 ( )。

- A. 把一段打磨过的镁带放入少量冷水中  
 B. 把  $Cl_2$  通入  $FeCl_2$  溶液中  
 C. 把绿豆大的钾投入少量水中  
 D. 把溴水滴加到淀粉 KI 溶液中

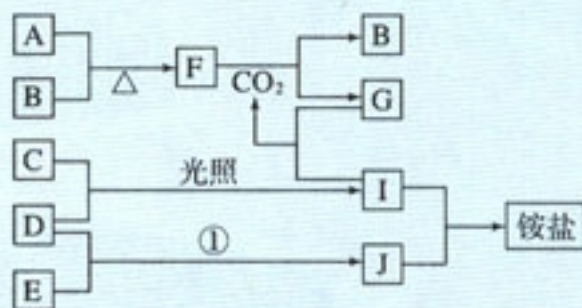
7. 某元素 X 的气态氢化物的化学式为  $H_2X$ ，则 X 的最高氧化物的水化物的化学式为 ( )。

- A.  $H_2XO_3$                       B.  $HXO_3$                       C.  $H_3XO_4$                       D.  $H_2XO_4$

8. 下列关于物质性质变化的比较，不正确的是 ( )。

- A. 酸性强弱:  $HIO_4 > HBrO_4 > HClO_4$       B. 原子半径大小:  $Na > S > O$   
 C. 碱性强弱:  $KOH > NaOH > LiOH$       D. 金属性强弱:  $Na > Mg > Al$

9. 下图是部分短周期元素的单质及其化合物 (或其溶液) 的转化关系, 已知 B、C、D、E 是非金属单质, 且在常温常压下都是气体; 化合物 G 的焰色反应为黄色, 化合物 I 和 J 通常状况下呈气态; 反应①是化工生产中的一种重要固氮反应。



请回答下列问题:

(1) A、B、C、D、E、F、G、I、J 各为什么物质?

(2) 写出下列物质间反应的化学方程式: A 和 B, F 和  $CO_2$ , D 和 E, I 和 J。

(3) 写出化合物 G 与 I 反应的离子方程式。

10. 在元素周期表中, 氧、硫、硒、碲 4 种元素属于第 VIA 族元素 (又称氧族元素), 请回答下列问题。

(1) 查阅资料填写下表中的空白。

元素名称	元素符号	核电荷数	原子结构示意图	单质			氢化物			氧化物的化学式	氧化物的水化物的化学式	
				状态	熔点 °C	沸点 °C	密度 $g \cdot cm^{-3}$	化学式	化合条件			稳定性变化规律
氧	O	8		气体				$H_2O$	点燃		—	—
硫	S	16		固体					加热		$SO_2$ $SO_3$	
硒	Se	34		固体	217	684.9	4.81		加热			
碲	Te	52		固体	452	1390	6.25		不直接化合			

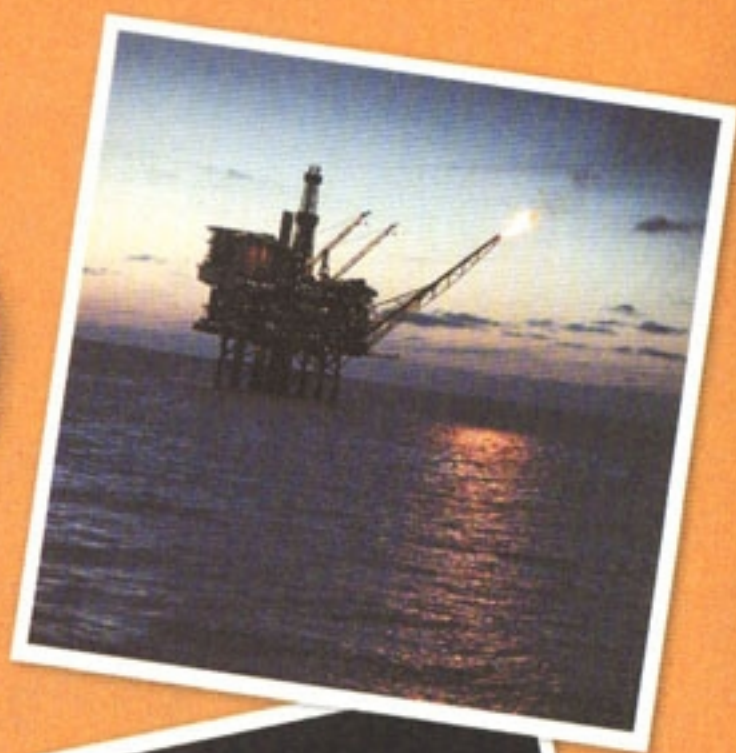
(2) 根据上表中数据, 找出氧、硫、硒、碲的熔点、沸点和密度的变化规律。

(3) 若要研究氧、硫、硒、碲 4 种单质非金属性强弱的变化规律, 你认为可从哪些方面入手?





燃料电池汽车



## 第二章

# 化学反应与能量

能源与材料、信息一起被称为现代社会发展的三大支柱。人类文明始于用火——热能的使用，现代社会的一切活动（从衣食住行到文化娱乐，从社会生产到科学研究等）都离不开能源，在影响全球经济和生活的各种因素中，能源居于首位。可以说能源是现代物质文明的原动力，与我们每个人息息相关。

在现代广泛使用的各种能源中，哪些与化学密切相关？面对能源枯竭的危机，提高能源的利用率和开辟新能源是解决这一问题的两个主要方向，在这方面化学能作出什么贡献？本章将初步讨论这些问题。



## 学与问

煤、石油、天然气的主要化学成分是烃类等有机物(煤中含有大量的碳),它们在燃烧时释放出热能。你一定想知道,这种热能从何而来?它与化学物质及其化学反应有什么关系?石灰石(主要成分是 $\text{CaCO}_3$ )要经过高温煅烧才能变成生石灰( $\text{CaO}$ ),高温条件提供的热能在石灰石的分解反应中起什么作用?

化学能 chemical energy

热能 heat energy

## 一、化学键与化学反应中能量变化的关系

我们知道,物质中的原子之间是通过化学键相结合的。当物质发生化学反应时,断开反应物中的化学键要吸收能量,而形成生成物中的化学键要放出能量。例如,1 mol  $\text{H}_2$ 中含有1 mol  $\text{H}-\text{H}$ 键,在 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 和 $101\text{ kPa}$ 的条件下,由 $\text{H}$ 原子形成1 mol  $\text{H}-\text{H}$ 键,要放出 $436\text{ kJ}$ 的能量,而断开1 mol  $\text{H}-\text{H}$ 键重新变为 $\text{H}$ 原子,要吸收 $436\text{ kJ}$ 的能量。又如,1 mol  $\text{CH}_4$ 中含4 mol  $\text{C}-\text{H}$ 键,断开1 mol  $\text{C}-\text{H}$ 键要吸收 $415\text{ kJ}$ 的能量,断开1 mol  $\text{CH}_4$ 中的所有 $\text{C}-\text{H}$ 键则要吸收 $4\text{ mol} \times 415\text{ kJ/mol} = 1\text{ }660\text{ kJ}$ 的能量。化学键的断裂和形成是物质在化学反应中发生能量变化的主要原因。所以说,物质的化学反应体系的能量变化是同时发生的。

各种物质都储存有化学能。不同的物质不仅组成不同、结构不同,所包含的化学能也不同。在化学反应中,既有反应物中化学键的断裂,又有生成物中化学键的形成,那么,某个化学反应究竟是吸收能量还是放出能量由什么决定呢?

一个确定的化学反应完成后的结果是吸收能量还是放出能量,决定于反应物的总能量与生成物的总能量的相对大小。图2-1形象地表示了这种关系。

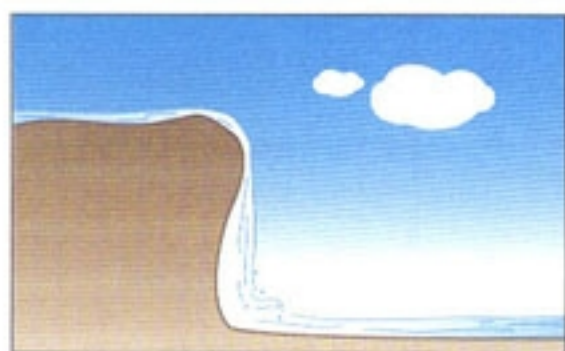
化学能是内能的一种,指一些需要经由化学反应释放出来的能量。例如煤的能量是由燃烧(与氧反应)释放出来的,贮存于煤里面的能量即称为化学能。电池里的化学物质,是借着化学变化而产生电能。

生物里呼吸作用、光合作用产生之能量,也是化学能。

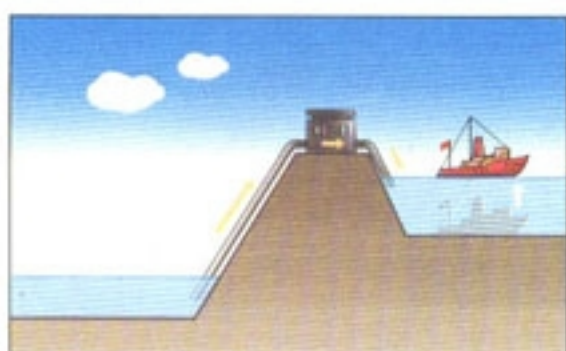
由于化学能是化学反应时产生的,因此是一种隐蔽的能量,不能直接用来做功,只有在发生化学变化时,才释放出来,变成热能或者其他形式的能量。

## 思考与交流

我们已经知道,化学反应的基本特征是有新物质生成,即在化学反应中物质发生了变化。通过上面的学习,你对化学反应的特征有什么进一步的认识?



水由高处向低处流要释放能量  
(势能转换为动能)



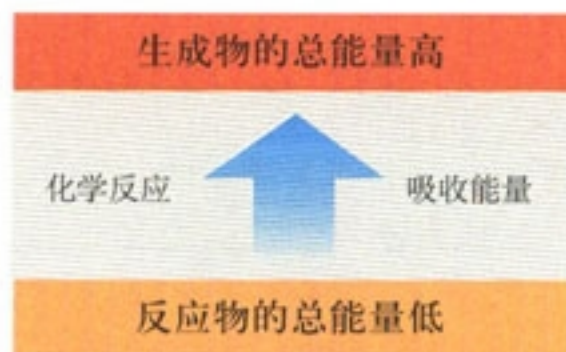
将水由低处抽向高处需提供能量  
(电能转换为机械能, 再转换为势能)



化学反应 放出能量

生成物的总能量低

反应物的总能量 > 生成物的总能量  
化学反应放出能量



化学反应 吸收能量

反应物的总能量低

反应物的总能量 < 生成物的总能量  
化学反应吸收能量

图 2-1 水能、化学能变化对比示意图

## 二、化学能与热能的相互转化

我们在初中学习过“质量守恒定律”，知道自然界的物质可以发生转化，但是总质量保持不变；同样，一种形式的能量可以转化为另一种形式的能量，转化的途径和能量形式可以不同，但是体系包含的总能量不变，亦即总能量也是守恒的，这就是“能量守恒定律”。质量守恒定律和能量守恒定律是两条基本的自然定律<sup>①</sup>。化学能是能量的一种形式，可以转化为其他形式的能量，如热能和电能等，在转化时，同样也要遵守能量守恒定律。

吸热反应 endothermic reaction  
放热反应 exothermic reaction

化学反应中的能量变化，通常主要表现为热量的变化——吸热或者放热，有些反应是吸热反应，有些反应是放热反应。我们通过下面的实验来认识和感受化学能与热能的相互转化。

### 实验 2-1

在一支试管中加入 2~3 mL 6 mol/L 的盐酸，再插入用砂纸打磨光的铝条。观察现象，并用温度计测量溶液温度的变化。

<sup>①</sup> 深入的研究表明，质量与能量是相互联系的( $E=mc^2$ ,  $E$ : 能量,  $m$ : 质量,  $c$ : 光速), 故又统称为“质能守恒定律”。

现象	结论

### 实验 2-2

将约 20 g  $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  晶体研细后与约 10 g  $\text{NH}_4\text{Cl}$  晶体一起放入烧杯中，并将烧杯放在滴有几滴水的玻璃片或小木板上，用玻璃棒快速搅拌，闻气味，用手触摸杯壁下部，试着用手拿起烧杯，观察现象。

现象	结论

酸与碱的中和反应是一类重要的化学反应。强酸与强碱反应的实质是  $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$ 。中和反应是吸热反应还是放热反应？

### 实验 2-3

在 50 mL 烧杯中加入 20 mL 2 mol/L 的盐酸，测其温度。另用量筒量取 20 mL 2 mol/L NaOH 溶液，测其温度，并缓缓地倾入烧杯中，边加边用玻璃棒搅拌。观察反应中溶液温度的变化过程，并作好记录。

盐酸温度/℃	NaOH 溶液温度/℃	中和反应后溶液温度/℃

### 思考与交流

酸与碱发生中和反应生成 1 mol  $\text{H}_2\text{O}$  时所释放的热量称为中和热。如果要通过实验来测定盐酸与氢氧化钠反应的中和热，你认为在设计实验装置和操作时应该注意哪些问题？你准备如何设计并进行实验？请与同学讨论、交流。

人类利用化学能转化为热能的原理来获取所需的大量热量进行生活、生产和科研，如化石燃料的燃烧、炸药开山、发射火箭等。化学家们也常常利用热能促使很多化学反应得以发生，从而探索物质的组成、性质或制备所需的物质，如高温冶炼金属、分解化合物等。

化学反应伴随着能量变化是化学反应的基本特征之一。化学物质中的化学能通过化学反应转化成热能，提供了人类生存和发展所需要的能量和动力；而热能转化为化学能又是人们进行化工生产、研制新物质不可或缺的条件和途径。

能量转化在生物界也是普遍存在的。例如，植物通过光合作用使光能转化为化学能储存在所形成的淀粉等糖类中，人通过膳食将淀粉等糖类物质摄入体内，并通过体内的一系列化学反应(生化反应)释放出能量，以维持人的生理活动。糖类在人体内发生的氧化还原反应与体外的燃烧相比，本质相同，最终产物一样(都是二氧化碳和水)，所放出的能量也相等。但是，二者的反应条件和进行方式并不相同。生物氧化是在体温条件和酶的催化下，经一系列连续的化学反应逐步进行的，能量的转化率和利用率都很高。而糖类在体外的燃烧通常需要在高温下才能发生，当反应进行剧烈时，常伴随着发光和放热，能量很难得到理想的转化和充分的利用。因此，在能源利用上模拟有关生物化学过程的研究，是一个极具吸引力又极其艰巨的课题。



图 2-2 太阳能与人类生存



图 2-3 不同社会发展水平时期的人均耗能量

## 2. 人类利用能源的三个阶段

**柴草时期**(火的发现至 18 世纪产业革命) 以树枝杂草为主要能源。火(燃烧)通过它的光和热推动了人类文明的进步; 钻木取火使人类告别了“茹毛饮血”、采食野果的生活, 熟食促进了人的进化; 人类利用火制造出了第一种自然界不存在的材料——陶瓷, 之后, 炼铜、冶铁等化学工艺先后在烈火中诞生了, 大大增强了人类自身生存和发展的力量, 促进了物质文明的发展。古代炼丹家用火来炼制“长生不老”丹药和“煅石成金”的梦想虽未能实现, 却是实用化学的一种探索, 中国古代四大发明之一的火药最早就出自炼丹家之手。

**化石能源时期**(18 世纪中期至现代) 以煤、石油、天然气为主要能源(仍然是利用它们燃烧反应所释放的热能)。煤炭在 18 世纪中叶以后取代木材成为主要能源, 促进了冶金工业的发展和蒸汽机的推广, 推动了近代产业革命; 石油、天然气在 20 世纪 60 年代取代煤炭成为主要能源, 推动了汽车、飞机等工业的发展, 加速了现代工业化的进程。目前, 全球仍主要处于化石能源时期。

**多能源结构时期** 这是将会出现的能源利用的新时期。可再生能源和清洁能源(绿色能源)将成为新能源的主力军。太阳能、氢能、核能、生物质能、地壳地表能(地热等地下能, 潮汐等海洋能, 风能等地面能)也将成为能源家族的重要成员。

在上述前两个时期, 化学反应(如燃烧)在将能源(柴草、化石燃料)转化为人类所需能量的过程中起着关键作用; 在多能源时期, 氢能、生物质能等的核心仍然是化学反应, 核能、太阳能等的利用取决于新型材料的合成与开发。因此, 能源的开发和利用离不开化学, 过去、现在、将来都是如此。



图 2-4 中国古代制陶图



图 2-5 汽车发动机汽缸中燃料燃烧

### 习 题

1. 从能量的角度看, 断开化学键要\_\_\_\_\_, 形成化学键要\_\_\_\_\_。一个化学反应是释放能量还是吸收能量取决于\_\_\_\_\_。
2. 从能量形式上看, 化学反应中的能量变化通常表现为\_\_\_\_\_的变化, 所有的燃烧反应都要\_\_\_\_\_热量。
3. 生活中和生产上最常用的燃料里所含的主要元素有\_\_\_\_\_, 它们在燃烧后生成的化合物主要是\_\_\_\_\_。

4. 下列反应中,属于放热反应的是\_\_\_\_\_,属于吸热反应的是\_\_\_\_\_。

- ① 煅烧石灰石(主要成分是  $\text{CaCO}_3$ )制生石灰( $\text{CaO}$ ) ② 燃烧木炭取暖 ③ 炸药爆炸  
④ 酸与碱的中和反应 ⑤ 生石灰与水作用制熟石灰 ⑥ 食物因氧化而腐败

5. 下列说法中,错误的是( )。

- A. 人类目前所直接利用的能量大部分是由化学反应产生的  
B. 煤、石油、天然气是当今世界最重要的三种化石燃料  
C. 我国目前最主要的能源是煤炭  
D. 人体运动所消耗的能量与化学反应无关

6. 下列说法中,错误的是( )。

- A. 化学反应必然伴随发生能量变化  
B. 化学变化中的能量变化主要是由化学键变化引起的  
C. 化学反应中能量变化的大小与反应物的质量多少无关  
D. 能量变化是化学反应的基本特征之一

7. 金刚石和石墨是碳元素的两种结构不同的单质(同素异形体)。在 100 kPa 时,1 mol 石墨转化为金刚石,要吸收 1.895 kJ 的热能。据此,试判断在 100 kPa 压强下,下列结论正确的是( )。

- A. 石墨比金刚石稳定  
B. 金刚石比石墨稳定  
C. 1 mol 石墨比 1 mol 金刚石的总能量高  
D. 1 mol 石墨比 1 mol 金刚石的总能量低

8. 阅读下面的叙述,回答有关问题。

“生物质”是指由植物或动物生命体衍生得到的物质的总称。作为人类解决能源危机重要途径之一的“生物质能”,主要指用树木、庄稼、草类等植物直接或间接提供的能量。古老的刀耕火种、烧柴做饭、烧炭取暖等粗放用能方式正在被现代科学技术所改变。

(1) 下面有关“生物质能”的说法,不正确的是( )。

- A. 利用生物质能就是间接利用太阳能  
B. 生物质能源是可再生的能源  
C. 生物质能源是解决农村能源的主要途径  
D. 生物质能的缺点是严重污染环境

(2) 沼气是有机废弃物(树叶、秸秆、草类及垃圾、粪便等)在隔绝空气的条件下发酵分解而成的气体,主要成分是甲烷。农村沼气池中发酵后的池底剩余物是很好的沤肥。下面有关结论中,错误的是( )。

- A. 沼气是一种清洁的能源  
B. 使用沼气作能源可以保护森林  
C. 使用沼气给农民的生活带来了不便  
D. 使用沼气是对化学能的充分利用

9. 某反应是放热反应,所放出的热能从何而来?某反应是吸热反应,且所吸收的热能由外加热源(如酒精灯)提供,提供的热能主要起什么作用?



10. 下面是两位同学关于吸热反应和放热反应的对话，你同意哪位同学的说法？请陈述理由。

甲同学：凡经加热而发生的化学反应都是吸热反应。

乙同学：不一定。有些反应在启动时要加热，反应开始后不再加热就能继续进行，如燃烧反应，这类反应属于放热反应。

〔提示：在讨论这个问题时，要分清温度和热量两个不同的概念。加热可以是为了提高温度，也可以是为了给反应系统提供热能（供转化为化学能之用）。〕

11. 研究表明，在一定温度和压强条件下， $2\text{ mol H}_2(\text{g})$ 和 $1\text{ mol O}_2(\text{g})$ 完全化合生成 $2\text{ mol H}_2\text{O}(\text{g})$ 所放出的热量：①与在相同条件下 $2\text{ mol H}_2\text{O}(\text{g})$ 完全分解为 $2\text{ mol H}_2(\text{g})$ 和 $1\text{ mol O}_2(\text{g})$ 所吸收的热量在数值上相等；②是相同条件下 $1\text{ mol H}_2(\text{g})$ 和 $0.5\text{ mol O}_2(\text{g})$ 完全化合生成 $1\text{ mol H}_2\text{O}(\text{g})$ 所放出热量的2倍；③比在相同条件下 $2\text{ mol H}_2(\text{g})$ 和 $1\text{ mol O}_2(\text{g})$ 完全化合生成 $2\text{ mol H}_2\text{O}(\text{l})$ 所放出的热量少。由此，你可得出哪些结论？

12. 已知在 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $1.013\times 10^5\text{ Pa}$ 下， $1\text{ mol CH}_4$ 充分燃烧（C转化为 $\text{CO}_2$ 气体，H转化为液态水）放出的热量为 $890\text{ kJ}$ ；使 $1\text{ kg}$ 水的温度升高 $1\text{ }^\circ\text{C}$ 需热量 $4.18\text{ kJ}$ 。

(1)  $1\text{ m}^3$ （标准状况）甲烷在 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $1.013\times 10^5\text{ Pa}$ 条件下充分燃烧（生成 $\text{CO}_2$ 气体和液态水），释放出的热能是多少？

(2) 若用 $1\text{ m}^3$ （标准状况）甲烷在 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $1.013\times 10^5\text{ Pa}$ 条件下充分燃烧所释放的热能加热温度为 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 的水，若热量损失为 $20\%$ ，可使多少千克水沸腾？

随着科学技术的发展和社会的进步,各种各样的电器不断进入现代社会,大大丰富和方便了我们的生活、学习和工作。

使用电器都需要电能。电能是现代社会中应用最广泛、使用最方便、污染最小的一种二次能源,又称电力。

在化学反应中,物质中化学能的变化通常表现为热量的变化,即化学能转变为热能。那么,物质中的化学能在什么条件下能转化为电能呢?又是如何转化的呢?

### 资料卡片

#### 一次能源和二次能源

直接从自然界取得的能源称为一次能源,如流水、风力、原煤、石油、天然气、天然铀矿等。

一次能源经过加工、转换得到的能源称为二次能源,如电力、蒸汽等。



图 2-6 电池的广泛应用

### 思考与交流

在你的生活和学习中,或你了解的范围里,还有哪些需要使用电池的产品或器具?各使用什么样的电池?

## 一、化学能转化为电能

2001年我国发电总量构成如图 2-7 所示。估计在 2050 年前后,相对比率会有所变化(水力和其他能源提供的发电量会逐步增加),但火电(火力发电)仍将居于首位。

火电是通过化石燃料燃烧,使化学能转变为热能,加热水使之汽化为蒸汽以推动蒸汽轮机,然后带动发电机发电。

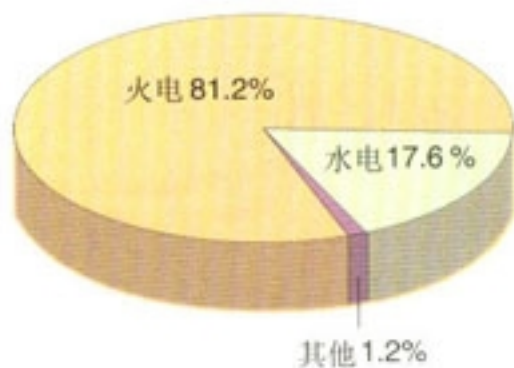


图 2-7 2001 年我国发电总量构成图

从图 2-8 可以看出，燃煤发电是从煤中的化学能开始的一系列能量转换过程：

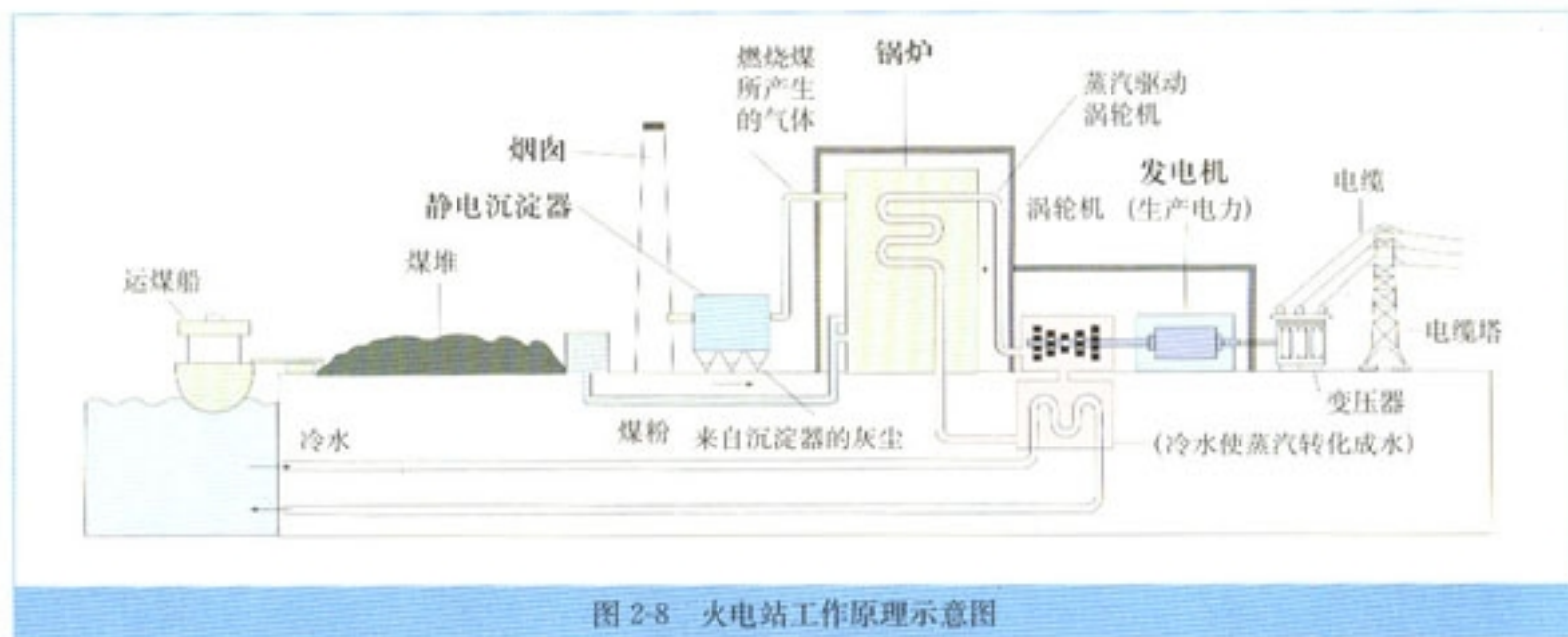
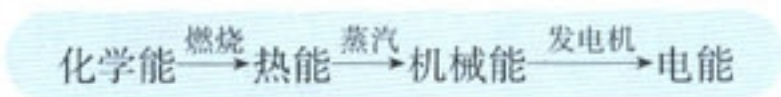


图 2-8 火电站工作原理示意图

其中，燃烧(氧化还原反应)是使化学能转换为电能的关键。氧化还原反应的本质是氧化剂与还原剂之间发生电子转移的过程，电子转移引起化学键的重新组合，同时伴随着体系能量的变化。煤的燃烧、铝与盐酸反应放热(氧化剂与还原剂直接接触发生反应)，都是我们熟悉的一些例子。

要想使氧化还原反应释放的能量直接转变为电能，就要设计一种装置，使氧化反应和还原反应分别在两个不同的区域进行，并使其间的电子转移，在一定条件下形成电流。为了使用方便，还需要把可产生的电能以化学能的形式储存起来。化学电池就是这样的一种装置。这种装置可以将氧化还原反应体系的能量储存起来，类似于水库的蓄存水能。

### 实验 2-4

将锌片和铜片用导线连接(导线中接入一个电流表)，平行插入盛有稀硫酸的烧杯中(如图 2-9)，观察现象。

	现象
铜片	
锌片	
电流表	



图 2-9 原电池示意图

## 学与问

根据你所了解的电学知识，你知道电子是怎样流动的吗？你如何判定装置的正、负极？

由于锌和铜的活动性不同，锌容易失去电子，被氧化成  $Zn^{2+}$  进入溶液，电子由锌片通过导线流向铜片，溶液中的  $H^+$  从铜片获得电子被还原成氢原子，氢原子再结合成氢分子从铜片上逸出。这一变化过程可以表示如下：



我们把这种将化学能转变为电能的装置叫做原电池，最早的化学电池就是根据原电池原理制成的。

原电池 primary battery

## 科学探究

画出你设计的装置简图

目标：根据已具备的氧化还原反应知识和电学知识，利用提供的实验用品，设计一套电池装置。

用品：镁条、铜片、铁片、导线、金属夹、手电筒用小灯泡（或发光二极管）、果汁（橙汁、苹果汁、柠檬汁等）、500 mL 烧杯。

方式：最好先独立设计，并动手试验，边做边改进；也可以与邻座同学相互讨论和观摩，或请教师指导。

设计及记录：

实验用品及操作	实验现象	结论

## 思考与交流

通过以上实验和探究，试说明化学电池应由哪几部分构成，各起什么作用？

化学电池的反应本质是氧化还原反应。

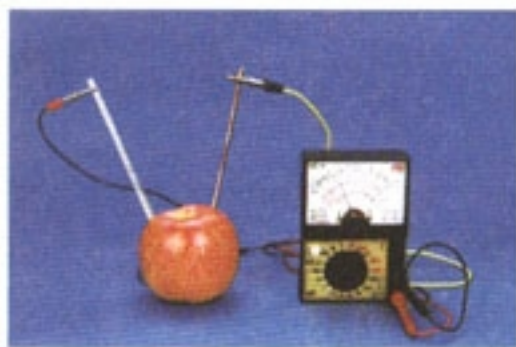
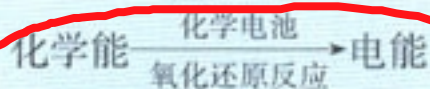


图 2-10 水果电池

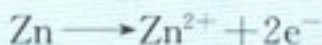
## 实践活动

利用水果如苹果、柑橘、柠檬或番茄等制作原电池。

## 二、发展中的化学电源

### 1. 干电池

最早使用的化学电池是锌锰电池，即大家所熟悉的干电池，其构造如图 2-11 所示。它是一种一次性电池，放电之后不能充电(内部的氧化还原反应是不可逆的)。电池在使用过程中，锌会逐渐溶解：



锌外壳逐渐变薄，最后内部糊状的电解质会泄漏出来，使电器腐蚀。后来人们采用在外壳套上防腐金属筒或塑料筒的方法改造成了防漏电池。

化学电源 chemical power source  
干电池 dry cell

## 思考与交流

锌锰干电池即使不用，放置过久，也会失效(作为电解质的糊状  $\text{NH}_4\text{Cl}$  显酸性)，为了充分而有效地利用锌锰干电池，在购买、保存和使用方面你有何经验与建议？请与同学交流分享。

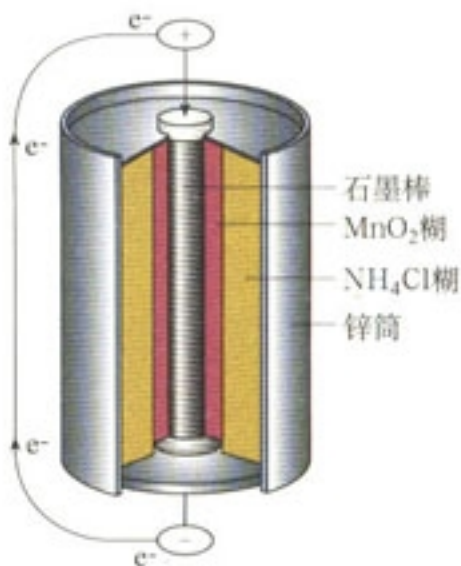


图 2-11 干电池构造示意图

为了延长电池寿命和提高其性能，人们将电池内的电解质  $\text{NH}_4\text{Cl}$  换成湿的  $\text{KOH}$ ，并在构造上作了改进，制成了碱性锌锰电池。现在各类碱性电池已经占有了越来越大的市场份额，广泛用于卡式录音机、闪光灯、电动玩具、袖珍电视机等。

## 2. 充电电池

充电电池又称二次电池，它在放电时所进行的氧化还原反应，在充电时可以逆向进行（一般通过充电器将交流电转变为直流电进行充电），使电池恢复到放电前的状态。这样可以实现化学能转变为电能（放电）、再由电能转变为化学能（充电）的循环。充电电池是在一次性电池基础上的发展，它更加经济实用。由于电池制造工艺等方面存在不足，实际上充电电池的充放电次数仍有限制，且使用是否得当，对电池的工作状态及寿命影响也很大。

最早使用的充电电池是铅蓄电池(如图 2-12)，目前汽车上使用的电瓶大多仍是铅蓄电池(如图 2-13)。

蓄电池 storage battery

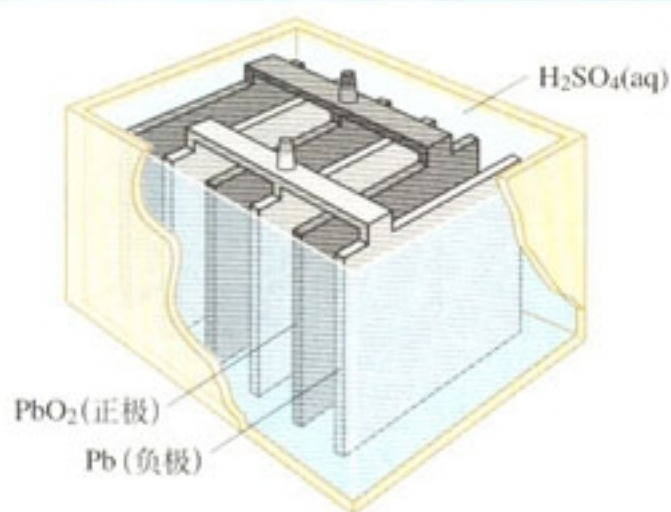


图 2-12 铅蓄电池构造示意图



图 2-13 汽车用蓄电池

现代社会对耗电量高的便携式电器的需求量越来越大，化学家又研制出了新型的封闭式体积小的充电电池——镍镉电池。镍镉电池以 Cd 为负极，Ni(OH)<sub>2</sub> 为正极，以 KOH 为电解质，其寿命比铅蓄电池长(可充电超过 500 次以上)，广泛用于收录机、无线对讲机、电子闪光灯、电动剃须刀等。由于镉是致癌物质，废弃的镍镉电池如不回收，会严重污染环境，这制约了镍镉电池的发展。镍氢电池的面世初步解决了这个问题。

元素周期表中 IA 族的锂(Li)——最轻的金属，也是活动性极强的金属，是制造电池的理想物质。锂离子电池是新一代可充电的绿色电池，已成为笔记本电脑、移动电话、数码照像机、摄像机等低功耗电器的主流电源。



图 2-14 锂离子电池

### 思考与交流

充电电池与一次电池相比有何优点？如何科学合理地使用充电电池？请与同学讨论、交流。

### 3. 燃料电池

燃料燃烧是一种剧烈的氧化还原反应，通过燃料燃烧所释放的热能再转化为电能（如火力发电），其能量转化率不高。能否利用原电池的工作原理将燃料和氧化剂（如 $O_2$ ）反应所放出的化学能直接转化为电能，以提高燃料的利用率呢？燃料电池正是在这一思想下研制出来的。

燃料电池是一种高效、环境友好的发电装置。燃料电池的能量转化率理论上可高达85%~90%（现在实际已达到40%~60%）。以 $H_2$ 为燃料时，产物为 $H_2O$ ；以 $CH_4$ 为燃料时，产物为 $H_2O$ 和 $CO_2$ ， $CO_2$ 的排放量比常规发电厂可减少40%以上。燃料电池与干电池或蓄电池的主要差别在于反应物不是储存在电池内部，而是由外设装备提供燃料和氧化剂等。这时电池起着类似于试管、烧杯等反应器的作用。

化学能转换为电能的原理的发现和各式各样电池装置的发明，是贮能和供能技术的巨大进步，是化学对人类的一项重大贡献，极大地推进了现代化的进程，改变了人们的生活方式，提高了人们的生活质量。

燃料电池 fuel cell

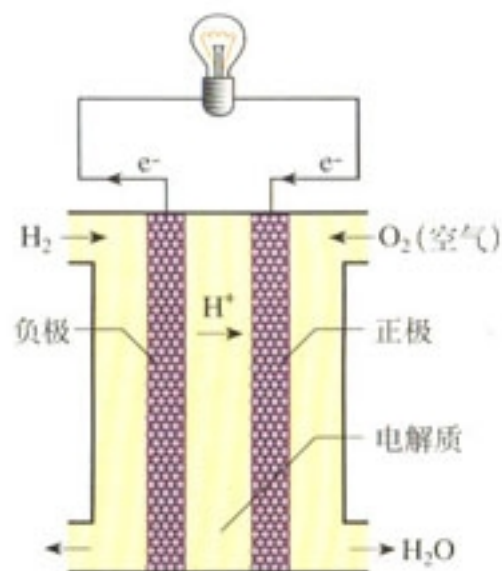


图 2-15 氢氧燃料电池构造示意图

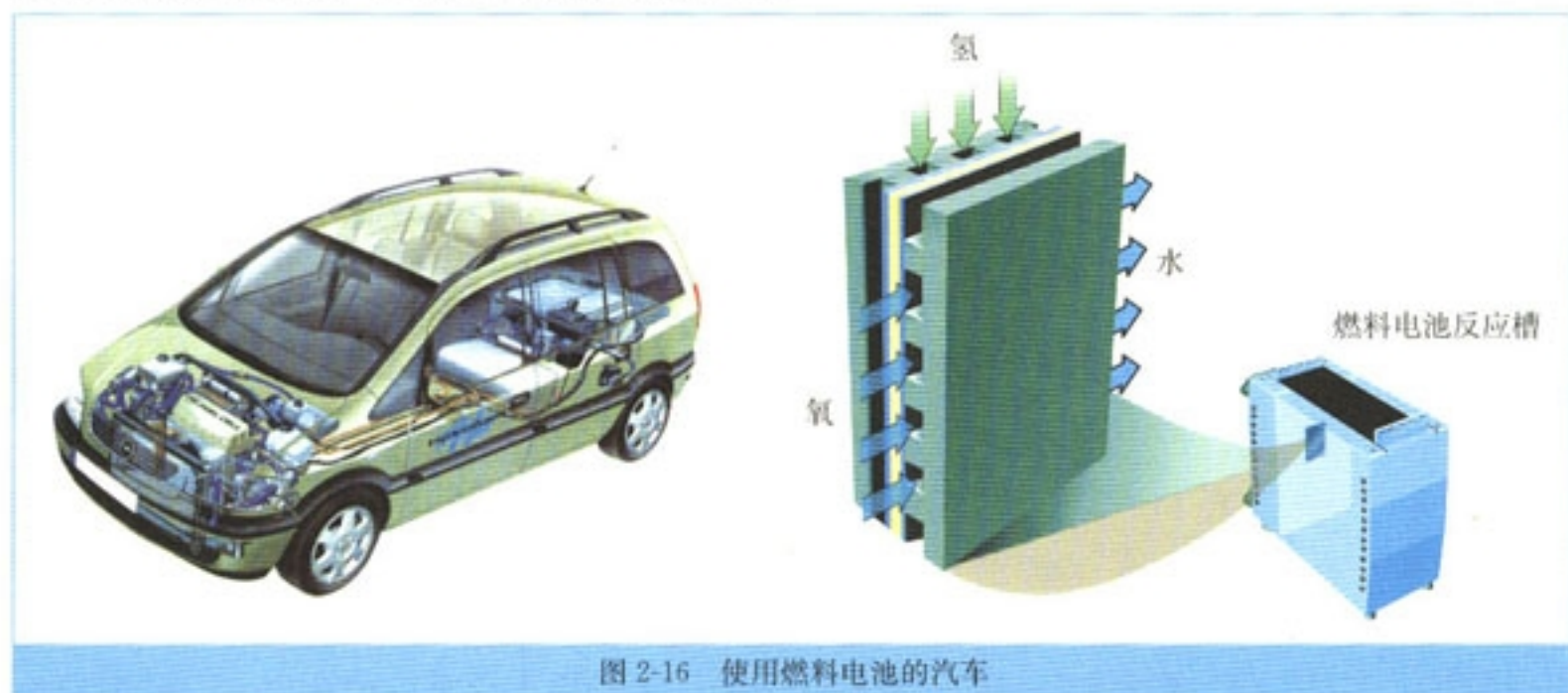


图 2-16 使用燃料电池的汽车

## 习 题

1. 原电池中发生的化学反应属于\_\_\_\_\_，原电池将\_\_\_\_\_能转化为\_\_\_\_\_能。其中，电子流出的一极是原电池的\_\_\_\_\_极，该极发生\_\_\_\_\_反应，电子流入的一极是原电池的\_\_\_\_\_极，该极发生\_\_\_\_\_反应。原电池中电解质溶液的作用是\_\_\_\_\_。

2. 现有 A、B、C、D 四种金属片，①把 A、B 用导线连接后同时浸入稀硫酸溶液中，A 上有气泡产生；②把 C、D 用导线连接后同时浸入稀硫酸溶液中，D 发生还原反应；③把 A、C 用导线连接后同时浸入稀硫酸溶液中，电子流动方向为 A→导线→C。根据上述情况，回答下列问题：

- (1) 在①中，金属片\_\_\_\_\_发生氧化反应；
- (2) 在②中，金属片\_\_\_\_\_作负极；
- (3) 如果把 B、D 用导线连接后同时浸入稀硫酸溶液，则金属片\_\_\_\_\_上有气泡产生；
- (4) 上述四种金属的活动性顺序是\_\_\_\_\_。

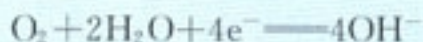
3. 下列关于充电电池的叙述，不正确的是（ ）。

- A. 充电电池的化学反应原理是氧化还原反应
- B. 充电电池可以无限制地反复放电、充电
- C. 充电是使放电时的氧化还原反应逆向进行
- D. 较长时间不使用电器时，最好从电器中取出电池，并妥善存放

4. 下列各组材料中，不能组成原电池的是（ ）。

	A	B	C	D
两极材料	Zn 片、石墨	Cu 片、Ag 片	Zn 片、Cu 片	Fe 片、Cu 片
插入溶液	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 溶液	AgNO <sub>3</sub> 溶液	蔗糖溶液	稀盐酸

5. 氢氧燃料电池已用于航天飞机。以 30% KOH 溶液为电解质溶液的这种电池在使用时的电极反应如下：



据此作出判断，下列说法中错误的是（ ）。

- A. H<sub>2</sub> 在负极发生氧化反应
- B. 供电时的总反应为：2H<sub>2</sub> + O<sub>2</sub> → 2H<sub>2</sub>O
- C. 产物为无污染的水，属于环境友好电池
- D. 燃料电池的能量转化率可达 100%

6. 一次性电池与充电电池有何根本区别？原因何在？

7. 如何判别干电池的正、负极？

8. 废电池为什么不能随意丢弃？正确的处理方式是什么？

9. 调查以下项目：常用化学电池的种类、名称、形状、电极、电解质、电压、可否再充电、价格、存放期、特点、用途、回收途径等。列表进行比较或写成调查报告，然后全班展示(如墙报形式)或座谈交流。

可采用以下调查形式中的一种或两种：

- ① 到图书馆或上互联网查阅资料；
- ② 到附近商场进行调查；
- ③ 在家庭或到附近单位及社区进行调查。



\* 10. 化学电池是一种可移动或便携式电源，它存在以下几方面的不足：

- ①电压较低（有时只能采用串联的方式来解决）；
- ②寿命较短 [只能采用替换或不断充电（可充电电池）的方法来满足需要]；
- ③存放期有限。

有人认为化学电池的这三个方面的不足，是由它的工作原理（包括电学原理）所决定的，也有人认为这是化学电池的制造技术不完善所造成的。你的看法和依据是什么？请与同学交流、讨论。

我们在前面的学习中，主要讨论了化学反应中的物质变化及伴随发生的能量变化这两个根本问题，这是化学反应的两大特征。当一个具体的化学反应应用于实际时，人们最关心的问题是什么呢？这就是我们下面要讨论的问题。

## 一、化学反应的速率

### 思考与交流

在化学实验和日常生活中，我们经常观察到这样的现象：有的化学反应进行得快，有的化学反应进行得慢。你了解下列化学变化过程进行的快慢吗？反应的快慢与我们有什么关系？

● 炸药爆炸 ● 金属锈蚀 ● 食物腐败 ● 离子反应 ● 塑料老化 ● 溶洞形成



不同的化学反应进行的快慢千差万别，“快”与“慢”是相对而言的，是一种定性的比较，通常要确定一个参照物。在科学研究和实际应用中，需要对化学反应进行的快慢进行定量的描述或比较，这就要使用同一定义或标准下的数据。与物理学中物体的运动快慢用“速度”表示相类似，化学反应过程进行的快慢用“反应速率”来表示。

反应速率 reaction rate

化学反应速率通常用单位时间内反应物浓度的减少量或生成物浓度的增加量(均取正值)来表示。浓度常以 mol/L 为单位，时间常以 min(分)或 s(秒)为单位，化学反应速率

的单位相应为  $\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$  或  $\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$ 。例如，某反应的反应物浓度在 5 min 内由  $6 \text{ mol/L}$  变成了  $2 \text{ mol/L}$ ，则以该反应物浓度的变化表示的该反应在这段时间内的平均反应速率为  $0.8 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$ 。

有哪些条件能够影响化学反应的速率呢？我们通过下面的实验来进行探究。

### 实验 2-5

在 2 支大小相同的试管中，装入 2~3 mL 约 5% 的  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液，分别滴入 1~2 滴  $1 \text{ mol/L}$   $\text{FeCl}_3$  溶液。待试管中均有适量气泡出现时，将其中一支试管放入盛有  $5^\circ\text{C}$  左右冷水的烧杯中；另一支试管放入盛有  $40^\circ\text{C}$  左右热水的烧杯中，观察现象并进行对比。待放入热水烧杯中的试管里出现大量气泡时，用带火星的火柴梗检验放出的气体。

	现象	结论
热水中		
常温		
冷水中		

### 实验 2-6

在 3 支大小相同的试管中各装入 2~3 mL 约 5% 的  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液，再向其中 2 支试管中分别加入少量  $\text{MnO}_2$  粉末、1~2 滴  $1 \text{ mol/L}$   $\text{FeCl}_3$  溶液。对比观察现象。

	现象	结论
加入 $\text{MnO}_2$		
加入 $\text{FeCl}_3$		
不加其他试剂		

从实验 2-5 我们观察到，升高温度， $\text{H}_2\text{O}_2$  分解反应速率增大；降低温度， $\text{H}_2\text{O}_2$  分解反应速率减小。大量实验和理论研究表明，温度对化学反应速率的影响具有相同的规律性。因此，通常可以采用调控温度的办法来控制化学反应速率。

从实验 2-6 我们观察到， $\text{MnO}_2$ 、 $\text{FeCl}_3$  可以加快  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解的反应速率，起了催化剂的作用。催化剂在化工生产中应用十分普遍，新的催化剂的问世，常常意味着化工生产工艺的一次革新和进步。

催化剂 catalyst

影响化学反应速率的条件并不只是温度和催化剂。如果我们细心观察和思考，就会发现生活里和化学实验中采取的很多措施都是用来调控反应速率的。

## 思考与交流

1. 为什么要将食物存放在温度低的地方(如电冰箱)?
2. 实验时,通常要将两种块状或颗粒状的固体药品研细,并混匀后再进行反应。原因是什么?
3. 人们常把固体试剂溶于水配成溶液后再进行化学实验,原因是什么?
4. 实验室常用约30%左右的硫酸溶液(约 $3.7\text{ mol/L}$ )与锌粒反应制取氢气,当反应进行一段时间后,气泡变得稀少了(锌粒还有剩余),如果添加一些适当浓度的硫酸溶液到反应容器中,气泡又会重新增多起来。原因是什么?

从上面的实验和事例可以看出,温度、固体的表面积、反应物的状态、溶液的浓度、催化剂等都可以影响化学反应的速率,人们可以通过这些因素来调控化学反应速率。

## 科学视野

### 神奇的催化剂

催化剂是现代化学中关键而神奇的物质之一。据统计,约有80%~85%的化工生产过程使用催化剂(如氨、硫酸、硝酸的合成,乙烯、丙烯、苯乙烯等的聚合,石油、天然气、煤的综合利用,等等),目的是加快反应速率,提高生产效率。在资源利用、能源开发、医药制造、环境保护等领域,催化剂也大有作为,科学家正在这些领域探索适宜的催化剂以期在某些方面有新的突破。催化剂十分神奇,它能极大地加快反应速率(可使化学反应速率增大几个到十几个数量级),而自身的组成、化学性质和质量在反应前后不发生变化;它和反应体系的关系就像锁与钥匙的关系一样,具有高度的选择性(或专一性)。



图 2-18 净化汽车尾气的催化剂及其载体

生物(包括人)体内几乎所有的化学反应(如淀粉、脂肪、蛋白质的水解、DNA的复制

等)都是由生物体内自身存在的特殊催化剂——酶(一种蛋白质)所催化的。酶比一般的催化剂具有更高的选择性,催化效率也远远高于非酶催化剂,而且是在正常体温的条件下发生作用,因此是理想的催化剂。例如,实验室水解淀粉,要在酸(催化剂)存在下,加热一定时间才能完成;而咀嚼馒头时,在淀粉酶的作用下,很快就有了甜味。又如,食物中蛋白质的水解,在体外需在浓的强酸(或强碱)条件下煮沸相当长的时间才能完成,而在体内蛋白酶的作用下短时间内即可完成。我国在西周时期已发明了“酒曲”酿酒工艺,“酒曲”就是一种酶。受酶的启示,科学家正在研制具有生物酶某些特性的化学酶,以期实现“仿酶催化”,这是设计和合成新催化剂的新途径,前景十分诱人。

催化剂的神奇面纱至今尚未完全揭开,因此,催化剂的研究和应用将是21世纪化学的一个极具魅力和应用前景的重大主题。

## 二、化学反应的限度

化学反应是按照化学方程式中的计量关系进行的,我们正是据此进行有关化学方程式的计算。你是否思考过这样的问题:一个化学反应在实际进行时(如化学实验、化工生产等),给定量的反应物是否会按化学方程式中的计量关系完全转变成产物?如果能,是在什么条件下?如果不能,原因是什么?

### 科学史话

### 炼铁高炉尾气之谜

钢铁生产是17世纪从英国开始的第一次产业革命的两大产业之一。高炉炼铁的主要反应是:



其中CO产生的反应是



炼制1t生铁所需焦炭的实际用量,远高于按照化学方程式计算所需的量,且从高炉炉顶出来的气体中含有没有利用的CO气体。开始,炼铁工程师们认为是CO与铁矿石接触不充分之故,于是设法增加高炉的高度。然而,令人吃惊的是,高炉增高后,高炉尾气中的CO的比例竟然没有改变。这成了炼铁技术中的科学悬念。有关人士一直在探究其中的原因,直到19世纪下半叶,法国科学家勒夏特列经过深入的研究,才将这一谜底揭开。原来,产生上述现象的原因是: $\text{C} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO}$ 是一个可逆反应,并且自下而上发生在高炉中有焦炭的地方。后来的研究说明,在高炉中 $\text{Fe}_2\text{O}_3$

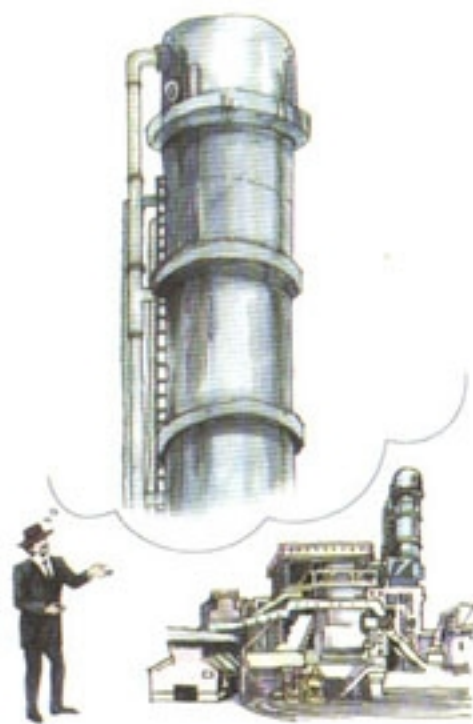


图 2-19 炼铁高炉

和CO反应也不能全部转化为Fe和CO<sub>2</sub>。

化工厂里有很多化学反应过程与高炉中的反应相似，不能按化学方程式的计量关系完全反应，我们实验中遇到的化学反应也有类似的情形。

科学研究表明，很多化学反应在进行时都具有可逆性，即正向反应（反应物→生成物）和逆向反应（生成物→反应物）在同时进行，只是可逆的程度有所不同并且差异很大而已。我们通常把在同一条件下正反应方向和逆反应方向均能进行的化学反应称为“可逆反应”。例如，我们学习过的H<sub>2</sub>和N<sub>2</sub>合成NH<sub>3</sub>的反应，SO<sub>2</sub>和O<sub>2</sub>化合生成SO<sub>3</sub>的反应，Cl<sub>2</sub>溶于水生成HCl和HClO的反应，等等。有些化学反应在同一条件下可逆程度很小（逆反应倾向很小），如H<sub>2</sub>+Cl<sub>2</sub>—2HCl，Ag<sup>+</sup>+Cl<sup>-</sup>—AgCl↓等，我们在通常意义下不把它们称为可逆反应。

### 思考与交流

水的生成(H<sub>2</sub>+O<sub>2</sub>)与电解，二次电池的放电与充电，CO<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>O在植物体中通过光合作用合成糖与糖在人体内氧化生成CO<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>O，它们是否属于“可逆反应”？谈谈你的见解。

一个可逆反应在开始进行之初，正反应速率大于逆反应速率，随着反应的进行，正反应速率逐渐减小，逆反应速率逐渐增大（想想为什么），当反应进行到一定程度时，正反应速率与逆反应速率相等，反应物的浓度与生成物的浓度不再改变，达到一种表面静止的状态，我们称为“化学平衡状态”，简称化学平衡。化学平衡状态是可逆反应达到的一种特殊状态，是在给定条件下化学反应所能达到或完成的最大程度，即该反应进行的限度。化学反应的限度决定了反应物在该条件下的最大转化率。因此，研究化学反应的限度对于化学研究和化工生产有着重要的意义。

任何可逆反应在给定条件下的进程都有一定的限度，只是不同反应的限度不同。改变反应条件可以在一定程度上改变一个化学反应的限度，亦即改变该反应的化学平衡状态。因此，通过调控反应条件可使反应更好地符合人们预期的结果，这在工农业生产和环保技术等方面已经得到广泛的应用。有兴趣的同学可在选修模块《化学反应原理》中深入学习。

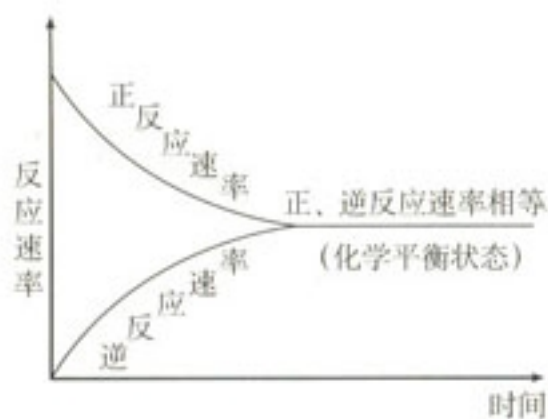


图 2-20 在一定条件下的可逆反应中，正反应速率和逆反应速率随时间变化的示意图

### 三、化学反应条件的控制

在生产和生活中，人们希望促进有利的化学反应（提高反应物的转化率即原料的利用

率，加快反应速率等），抑制有害的化学反应（减缓反应速率，减少甚至消除有害物质的产生，控制副反应的发生等），这就涉及到反应条件的控制。

## 思考与交流

(1) 你看到过建筑物的定向爆破吗？观察下图，你从中得到什么启示？



图 2-21 建筑物的定向爆破

(2) 回忆你在实验室进行过或观察过的化学实验，及在生活中见到过的涉及化学变化的现象或事例，要使反应（包括有利的和有害的）符合或接近人们的期望，你认为可供考虑和探索的条件有哪些？

下面我们以“提高煤的燃烧效率”为例，分析研究（有些问题可以在课后通过查阅资料 and 实际调查来进行）。

1. 煤的状态与煤燃烧的速率有何关系？与煤的充分燃烧有何关系？
2. 空气用量对煤的充分燃烧及热能利用有什么影响？原因是什么？
3. 应选择什么样的炉（灶）膛材料？理由是什么？
4. 如何充分利用煤燃烧后烟道废气中的热量？

你还能想到其他与提高煤燃烧效率有关的问题及措施吗？

通过分析讨论，我们可以将“提高燃料的燃烧效率”的措施归纳为以下两个方面：

1. 尽可能使燃料充分燃烧，提高能量的转化率。关键是燃料与空气或氧气要尽可能充分地接触，且空气要适当过量。
2. 尽可能充分地利用燃料燃烧所释放出的热能，提高热能的利用率。

提高燃料的燃烧效率实质上是从多方面控制燃烧反应的条件（包括环境）。它的意义在于节约能源、节省资源、减少污染（如煤在气化过程中可以脱硫、除去灰分等）。

## 思考与交流

请分析下列措施的目的：

1. 大多数化学实验要用酒精灯等进行加热；
2. 一些橡胶或塑料制品中要添加抑制剂（负催化剂，能减缓反应速率）；
3. 使一些金属制品的表面形成保护层；
4. 森林灭火时，有时要制造隔离带；
5. 在袋装食品、瓶装药品中放入硅胶袋。

## 习题

1. 根据已有知识和经验，填写下表。

影响反应速率的条件	如何影响	实例
温度		
浓度		
固体的表面积		
催化剂		

2. 工业制硫酸中的一步重要反应是  $\text{SO}_2$  在  $400\sim 500\text{ }^\circ\text{C}$  下的催化氧化： $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$ ，这是一个正反应放热的可逆反应。如果反应在密闭容器中进行，下述有关说法中错误的是（ ）。

- A. 使用催化剂是为了加快反应速率，提高生产效率
- B. 在上述条件下， $\text{SO}_2$  不可能 100% 地转化为  $\text{SO}_3$
- C. 为了提高  $\text{SO}_2$  的转化率，应适当提高  $\text{O}_2$  的浓度
- D. 达到平衡时， $\text{SO}_2$  的浓度与  $\text{SO}_3$  的浓度相等

3. 氢气是 21 世纪极有前途的新型能源，是各国研究的热点之一。氢能开发的首要问题是研究如何以水为原料制取氢气。以下研究方向中你认为可行的是（ ）。

- A. 大量建设水电站，用电力分解水制取氢气
- B. 设法将太阳能聚焦，产生高温，使水分解产生氢气
- C. 寻找更多的化石燃料，利用其燃烧放热，使水分解产生氢气
- D. 寻找特殊化学物质，用于开发廉价能源，以分解水制取氢气

4. 生产面粉的工厂都要挂上“严禁烟火”的警示牌，请分析其原因。

5. 已知  $\text{KClO}_3$ （氯酸钾）在发生分解反应时会释放出  $\text{O}_2$  并生成  $\text{KCl}$ ，但反应速率较低。

(1) 你设想一下，有哪些条件可能提高  $\text{KClO}_3$  的分解反应速率？

(2) 写出  $\text{KClO}_3$  分解反应的化学方程式。



6. 按下表所列项目，对自己家里的灶具等进行调查分析，如实填写并与家长及同学交流。

所用的灶具	
使用的燃料	
使燃料充分燃烧的方法	
防止燃烧废气污染的措施	
存在的问题	
改进的措施与方向	

7. 了解家里存放各种食物的方法，比较其优点和不足，分析可能存在的问题，与家长讨论可行的改进措施并付诸实施。

根据下列线索归纳整理本章学习内容，填写相应空白。

## 一、化学反应与能量



## 二、化学反应的速率和限度

1. 化学反应速率的含义: \_\_\_\_\_
2. 你对化学反应限度的认识: \_\_\_\_\_
3. 控制化学反应条件的意义: \_\_\_\_\_

## 复 习 题

1. 已知化学能与其他形式的能可以相互转化。回答下列问题。

(1) 化学能与其他形式的能相互转化的途径是\_\_\_\_\_。

(2) 填写下表:

化学反应	能量转化形式
① $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	由_____能转化为_____能
② $\text{Pb} + \text{PbO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightleftharpoons[\text{充电}]{\text{放电}} 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	
③ $\text{CaCO}_3 \xrightarrow{\text{高温}} \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow$	
④ $6n\text{H}_2\text{O} + 6n\text{CO}_2 \xrightarrow[\text{叶绿素}]{\text{光}} (\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)_n + 6n\text{O}_2$	

(3) 上述反应中属于氧化还原反应的是(填序号)\_\_\_\_\_。

2. 回答下列问题。

(1) 为防止碳素钢菜刀生锈, 使用后特别是切过咸菜后, 应采取的简易措施是\_\_\_\_\_。

(2) 铁与硫可以在一定条件下发生化合反应:  $\text{Fe} + \text{S} \xrightarrow{\Delta} \text{FeS}$ 。该反应属于放热反应, 不需要催化剂。现有块状的和硫黄, 欲进行反应实验, 反应前宜采取的措施是\_\_\_\_\_, 目的是:\_\_\_\_\_。

3. C、CO、CH<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH 是常用的燃料, 它们每 1 mol 分别完全燃烧生成 CO<sub>2</sub>(g) 及 H<sub>2</sub>O(l) 时, 放出的热量依次为 393.5 kJ、283.0 kJ、890.3 kJ、1 366.8 kJ。相同质量的这 4 种燃料, 完全燃烧时放出热量最多的是( )。

A. C

B. CO

C. CH<sub>4</sub>

D. C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH

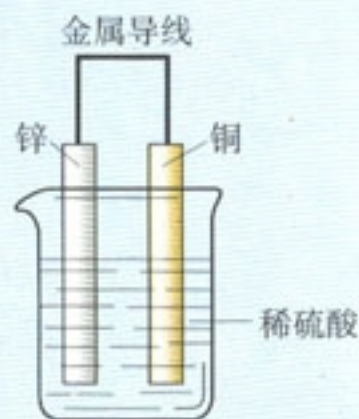
4. 关于右图所示装置的叙述, 错误的是( )。

A. 锌是负极, 其质量逐渐减小

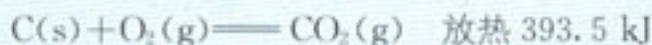
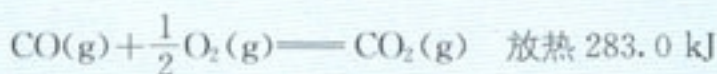
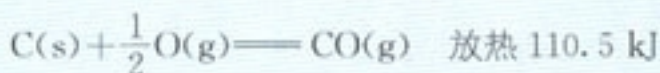
B. 氢离子在铜表面被还原, 产生气泡

C. 电流从锌片经导线流向铜片

D. 电子从锌片经导线流向铜片



5. 1 mol C、1 mol CO 分别按下式反应(燃烧):



分析上述化学方程式及有关数据, 回答下列问题。

(1) 请用数据说明: 煤炭充分燃烧是为了节约能源并减少对环境的污染。

(2) 单质碳通过先与氧气反应生成  $\text{CO}(\text{g})$ ，再与氧气反应生成  $\text{CO}_2(\text{g})$ ，所放出的热量之和与相同质量的碳与氧气完全反应生成  $\text{CO}_2(\text{g})$  所放出的热量有何关系？你据此有何猜想，请通过查找资料予以检验。

6. 实验室常用大理石与稀盐酸反应制取  $\text{CO}_2$ 。不用纯碱与盐酸或硫酸反应制取  $\text{CO}_2$  的考虑是：①纯碱比大理石（或石灰石）成本高，不经济；②反应速率太快，难于控制和收集。但反应速率可以通过改变反应条件来控制。作为研究，请你提出用纯碱与盐酸反应制取  $\text{CO}_2$  的适宜途径，并用实验来检验你的设计。

7. 锂电池是广泛使用并不断发展的新型电池。

(1) 锂电池用金属锂或锂的合金作为电极材料，在电池中它是正极还是负极？理由是什么？

(2) 锂电池必须采用非水电解质或固体电解质，原因是什么？

(3) 根据你的已有知识及查阅有关资料，归纳锂电池的优点。



## 第三章

# 有机化合物

碳在地壳中的含量不高，质量分数只占0.087%，但是它的化合物，尤其是有机化合物，不仅数量众多，而且分布极广。例如，燃料中的汽油、煤油、柴油，建材中的木材、黏结剂、涂料、油漆，日用品中的塑料、橡胶、纤维、清洁剂，食物中的营养素——糖类、油脂、蛋白质等都是有机化合物。

迄今，从自然界发现的和人工合成的有机物已超过2 000万种，而且新的有机物仍在以每年近百万种的速度增加。组成有机物的元素除碳外，常有氢、氧，还含有氮、硫、卤素、磷等。其中仅含碳和氢两种元素的有机物称为碳氢化合物，也称为烃。人们熟知的甲烷是烃中最简单的有机物。



甲烷是天然气、沼气、油田气和煤矿坑道气的主要成分。中国是世界上最早利用天然气作燃料的国家。我国的天然气主要分布在中西部的四川、重庆、甘肃、青海、新疆等地区及海底，已探明储量为 1.37 万亿立方米，居世界第 19 位。为了改善我国东部的能源结构，已经启动的“西气东输”，就是将新疆等地的天然气，通过管道东输到长江三角洲，最终到达上海的一项巨大工程。天然气是一种高效、低耗、污染小的清洁能源，目前世界 20% 的能源需求由天然气提供。此外，天然气还是一种重要的化工原料。

甲烷的分子式是  $\text{CH}_4$ ，碳原子以最外层的 4 个电子分别与 4 个氢原子的电子形成 4 个 C—H 共价键。可表示为：



有机化合物 organic  
compound

甲烷 methane

结构式 structural formula

这种用短线来表示一对共用电子的图式叫做结构式。那么甲烷分子中的原子在空间是如何分布的呢？

### 实践活动

裁一段长 25 cm、宽 8.7 cm 的矩形纸板或硬纸条，按下图所示方式，裁去两头的小三角形，按虚线向内折成如图 3-1 所示的正四面体，其顶点分别为甲烷中 4 个氢原子的位置，中心是碳原子。

观察图 3-1 所示的 C 与 H 的空间位置关系。试用原子结构拼插模型(或用橡皮泥、黏土、泡沫塑料、牙签、火柴棍等代用品)，制作甲烷的分子模型。

甲烷分子的结构特点：\_\_\_\_\_

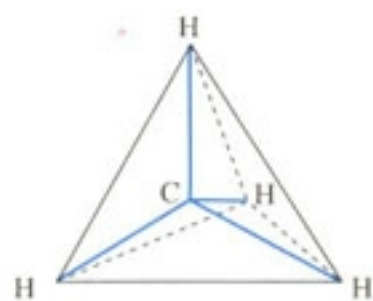
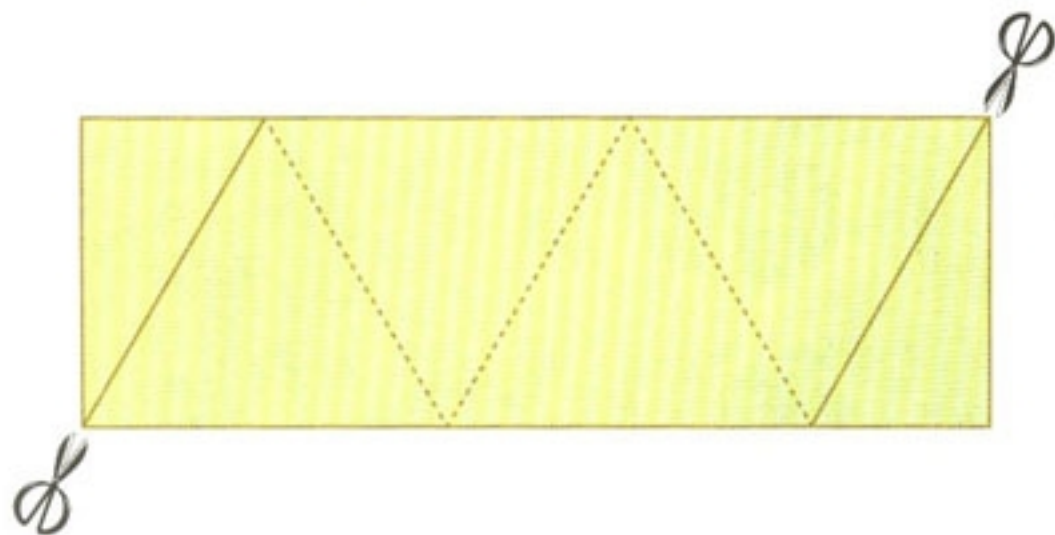


图 3-1 甲烷分子结构示意图

甲烷分子具有正四面体结构，其中，4个C—H键的长度和强度相同，夹角相等。

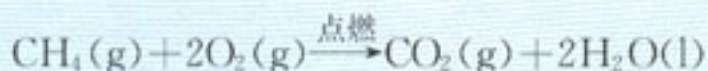
## 一、甲烷的性质

我们已经知道，甲烷是一种没有颜色、没有气味的气体，密度是0.717 g/L(标准状况)，极难溶于水。

在通常情况下，甲烷比较稳定，与高锰酸钾等强氧化剂不反应，与强酸、强碱也不反应。但是在特定条件下，甲烷也会发生某些反应。

### 1. 甲烷的氧化反应

甲烷是一种优良的气体燃料，通常状况下，1 mol甲烷在空气中完全燃烧，生成二氧化碳和水，放出890 kJ热量。



### 2. 甲烷的取代反应

## 科学探究

取2支硬质大试管，通过排饱和食盐水的方法先后各收集半试管甲烷和半试管氯气<sup>①</sup>，分别用铁架台固定好(如图3-3所示)。其中1支试管用预先准备好的黑色纸套套上，另1支试管放在光亮处(不要放在日光直射的地方，以免引起爆炸)。片刻后，比较2支试管中的物质，二者是否出现了区别？

1. 你从实验中得到哪些信息？
2. 从所得信息中你能获得哪些启示？

室温时，混合气体无光照时，不发生反应；光照时，试管内气体颜色逐渐变浅，试管壁出现油状液滴，试管中有少量白雾。

在光照的条件下，甲烷与氯气发生了化学反应：

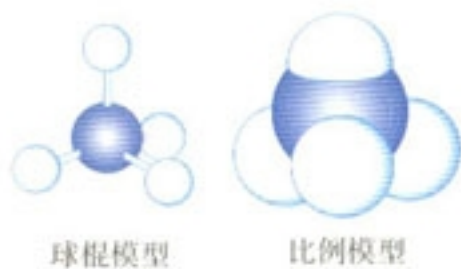


图3-2 甲烷的分子模型

## 资料卡片

空气中的甲烷含量在5%~15.4%(体积)范围内时，遇火花将发生爆炸。在进行甲烷燃烧实验时，必须先检验其纯度。煤矿中的瓦斯爆炸多数与甲烷气体爆炸有关。为了防止爆炸事故的发生，必须采取通风、严禁烟火等安全措施。

家用或工业用天然气中，常掺入少量有特殊气味的杂质气体，以警示气体的泄漏。

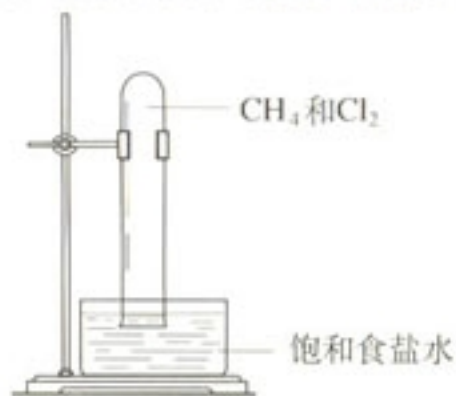
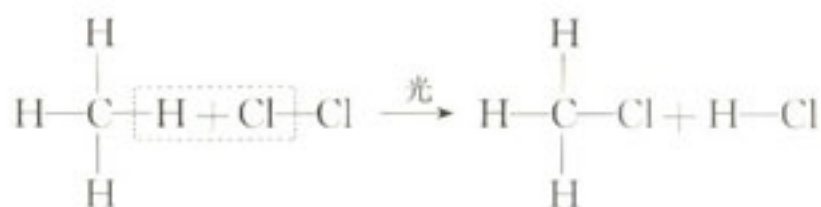


图3-3 甲烷与氯气的反应

<sup>①</sup> 甲烷和氯气由实验室预先制备好，储于储气瓶中供取用。





一氯甲烷 (沸点:  $-24.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

生成的一氯甲烷可与氯气进一步反应, 依次又生成了难溶于水的油状液体: 二氯甲烷、三氯甲烷和四氯甲烷(四氯化碳)。

在上述反应中, 甲烷分子中的 4 个氢原子可被氯原子逐一替代, 生成 4 种不同的取代产物。这种有机物分子里的某些原子或原子团被其他原子或原子团所替代的反应叫取代反应。

甲烷的 4 种氯代产物都不溶于水。常温下, 一氯甲烷是气体, 其他 3 种都是液体。

你能仿照生成一氯甲烷的化学方程式, 尝试写出一氯甲烷与氯气进一步反应的化学方程式吗?

取代反应 substitution  
reaction

烷烃 alkane

饱和烃 saturated  
hydrocarbon

## 二、烷烃

### 学与问

与甲烷结构相似的有机物还有很多, 请你观察下列有机物的结构式和图 3-4 所示的分子模型, 试归纳出它们的分子结构的特点。

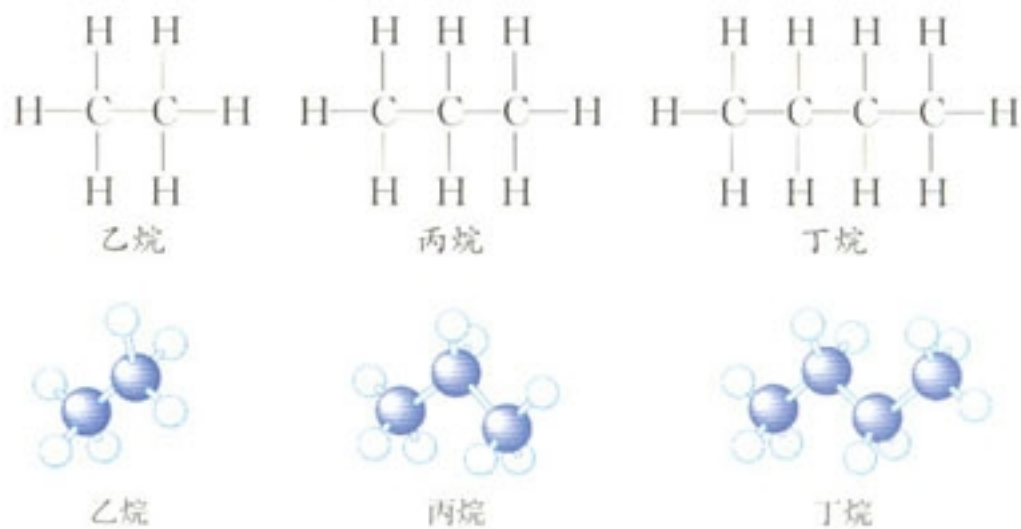


图 3-4 几种烷烃的球棍模型

这些烃分子中的碳原子之间只以单键结合, 剩余价键均与氢原子结合, 使每个碳原子的化合价都达到“饱和”。这样的烃叫做饱和烃, 也称为烷烃。

为了书写方便，有机物除用结构式表示外，还可以用结构简式表示，如乙烷和丙烷的结构简式可以分别表示为  $\text{CH}_3\text{CH}_3$  和  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ 。

烷烃的种类很多，表 3-1 列出了部分烷烃的物理性质。

表 3-1 几种烷烃的物理性质

名称	结构简式	常温时的状态	熔点/ $^{\circ}\text{C}$	沸点/ $^{\circ}\text{C}$	相对密度 <sup>①</sup>
甲烷	$\text{CH}_4$	气	-182.5	-161.5	
乙烷	$\text{CH}_3\text{CH}_3$	气	-182.8	-88.6	
丙烷	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	气	-188.0	-42.1	0.500 5
丁烷	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$	气	-138.4	-0.5	0.578 8
戊烷	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$	液	-129.7	36.0	0.557 2
癸烷	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}_3$	液	-29.7	174.1	0.729 8
十七烷	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}\text{CH}_3$	固	22.0	302.2	0.776 7

烷烃的物理性质随分子中碳原子数的增加，呈现规律性的变化。

烷烃的化学性质与甲烷类似，通常较稳定，在空气中能点燃，光照下能与氯气发生取代反应。

烷烃中最简单的是甲烷，其余随碳原子数的增加，依次为乙烷、丙烷、丁烷等。碳原子数在十以内时，以甲、乙、丙、丁、戊、己、庚、辛、壬、癸依次代表碳原子数，其后加“烷”字；碳原子数在十以上，以汉字数字代表，如“十一烷”。

相邻烷烃分子在组成上均相差一个  $\text{CH}_2$  原子团，如果烷烃中的碳原子数为  $n$ ，烷烃中的氢原子数就是  $2n+2$ ，烷烃的分子式可以用通式  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$  表示。像这种结构相似，在分子组成上相差一个或若干个  $\text{CH}_2$  原子团的物质互称为同系物。

甲烷、乙烷、丙烷的结构各只有一种，而丁烷却有二种不同的结构(如图 3-5 所示)。虽然两种丁烷的组成相同，但分子中原子的结合顺序不同，即分子结构不同，因此它们的性质就有差异，属于两种不同的化合物。

#### 同系物 homolog



丁烷



异丁烷

图 3-5 丁烷、异丁烷的球棍模型

① 在未特别指明的情况下，本书中的相对密度均指  $20^{\circ}\text{C}$  时某物质的密度与  $4^{\circ}\text{C}$  时水的密度的比值。

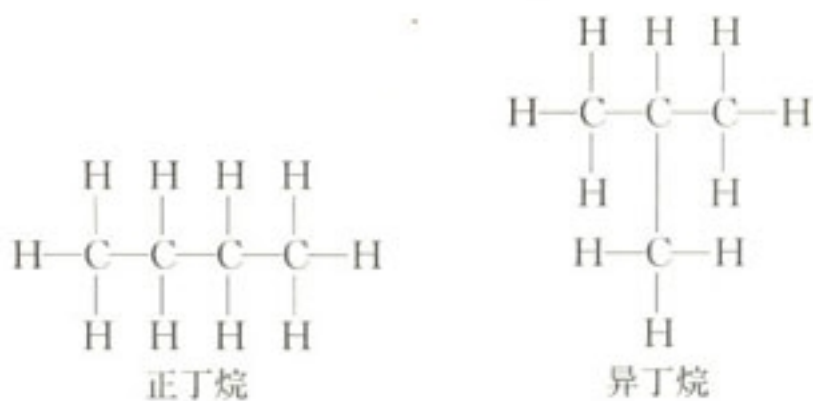


表 3-2 正丁烷和异丁烷的某些物理性质

名称	熔点/°C	沸点/°C	相对密度
正丁烷	-138.4	-0.5	0.578 8
异丁烷	-159.6	-11.7	0.557

像这种化合物具有相同的分子式，但具有不同结构的  
现象称为**同分异构现象**。具有同分异构现象的化合物互称  
为**同分异构体**。随着碳原子数的增加，烷烃的同分异构体  
的数目也增加。例如，戊烷有 3 种、己烷有 5 种、庚烷有  
9 种，而癸烷则有 75 种之多。同分异构现象的广泛存在是造成有机物种类繁多的重要原因之一。

同分异构现象 isomerism

同分异构体 isomer

### 思考与交流

参考图 3-6，分析、归纳以碳为骨架的有机物种类繁多的原因。

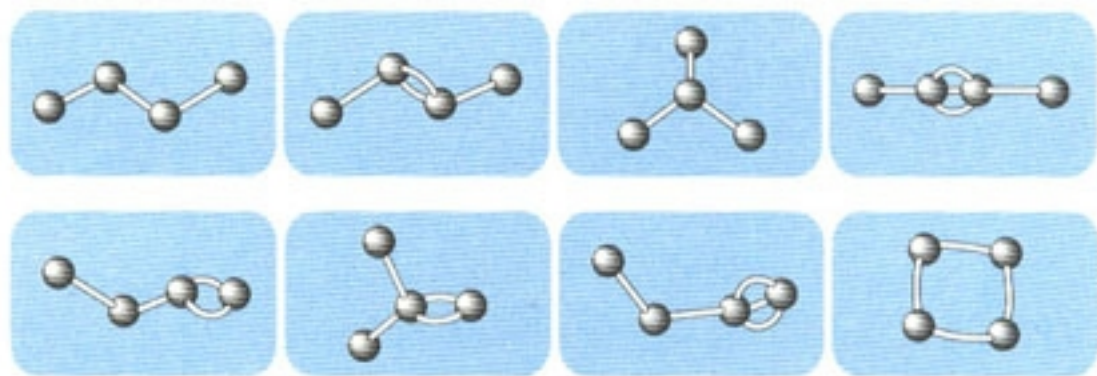


图 3-6 4 个碳原子相互结合的几种方式

### 习 题



- 下列气体的主要成分不是甲烷的是 ( )。
  - 沼气
  - 天然气
  - 煤气
  - 坑道气
- 下列物质在一定条件下，可与  $\text{CH}_4$  发生化学反应的是 ( )。

A. 氯气      B. 溴水      C. 氧气      D. 酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液

3. 将等物质的量的甲烷和氯气混合后，在漫射光的照射下充分反应，生成物中物质的量最大的是（ ）。

A.  $\text{CH}_3\text{Cl}$       B.  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$       C.  $\text{CCl}_4$       D.  $\text{HCl}$

4. 烃类分子中的碳原子与其他原子的结合方式是（ ）。

A. 形成四对共用电子对      B. 通过非极性键  
C. 通过两个共价键      D. 通过离子键和共价键

5. 鉴别甲烷、一氧化碳和氢气三种无色气体的方法，是将它们分别（ ）。

A. 先后通入溴水和澄清的石灰水  
B. 点燃后罩上内壁涂有澄清石灰水的烧杯  
C. 点燃，先后罩上干燥的冷烧杯和内壁涂有澄清石灰水的烧杯  
D. 点燃后罩上内壁涂有澄清石灰水的烧杯，通入溴水

6. 下列反应中，光照对反应几乎没有影响的是（ ）。

A. 氯气与氢气的反应      B. 氯气与甲烷的反应  
C. 氧气与甲烷的反应      D. 次氯酸的分解

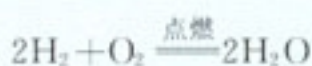
7. 有机物种类繁多的主要原因是（ ）。

A. 自然界中存在着多种形式的、大量的有机物  
B. 碳原子能与其他原子形成四个共价键，且碳原子之间也能相互成键  
C. 有机物除含碳元素外，还含有其他多种元素  
D. 有机物的分子结构十分复杂

8. 正丁烷与异丁烷互为同分异构体的依据是（ ）。

A. 具有相似的化学性质  
B. 具有相同的物理性质  
C. 分子具有相同的空间结构  
D. 分子式相同，但分子内碳原子的连结方式不同

9. 城市居民使用的管道气体燃料中，有天然气（主要成分是  $\text{CH}_4$ ）和“煤气”（主要成分是  $\text{CO}$  和  $\text{H}_2$ ）。它们燃烧反应的化学方程式如下：



试判断：

(1) 燃烧相同体积的管道煤气和天然气，消耗氧气体积较大的是哪种；

(2) 适用于管道煤气的灶具在改为用于天然气时，需将进风口改大还是改小，如不改造进风口，可能产生什么不良后果；

(3) 管道煤气中除  $\text{CO}$  和  $\text{H}_2$  外，还含少量甲烷、乙烷、丙烷、丁烷等气态烃，试根据教材表 3-1 中提供的某一关键数据，解释在严寒的冬季，管道煤气有时会出现火焰变小或断续现象。

10. 燃烧 11.2 L（标准状况）甲烷，生成二氧化碳和水的物质的量各是多少？

从煤和石油中不仅可以得到多种常用燃料，而且可以获得大量的基本化工原料。例如，从石油中获得乙烯，已成为目前工业上生产乙烯的主要途径；从石油或煤焦油中还可以获得苯等其他基本化工原料。

### 思考与交流

讨论乙烯和苯的下列用途，体会它们作为基本化工原料的重要价值。

- |    |                               |
|----|-------------------------------|
| 乙烯 | → 聚乙烯塑料 → 食品袋、餐具、地膜等          |
|    | → 聚乙烯纤维 → 无纺布                 |
|    | → 乙醇 → 燃料、化工原料                |
|    | → 涤纶 → 纺织材料等                  |
|    | → 洗涤剂、乳化剂、防冻液                 |
|    | → 醋酸纤维、酯类                     |
|    | → 增塑剂                         |
|    | → 杀虫剂、植物生长调节剂                 |
|    | → 聚氯乙烯塑料 → 包装袋、管材等            |
|    | → 合成润滑油、高级醇、聚乙二醇              |
| 苯  | → 洗涤剂                         |
|    | → 聚苯乙烯塑料 → 电视、雷达部件，灯饰外壳，医疗用具等 |
|    | → 溶剂                          |
|    | → 增塑剂                         |
|    | → 锦纶 → 纺织材料等                  |
|    | → 消毒剂                         |
|    | → 染料                          |

## 一、乙烯

乙烯是一种重要的基本化工原料，2001年乙烯的世界年产量已突破1亿吨。乙烯的产量可以用来衡量一个国家的石油化工发展水平。尽管我国乙烯的年生产量逐年增长，仍不能满足快速增长的工业需求，目前还需大量进口。

## 科学探究

如图 3-7 所示，将浸透了石蜡油(17 个碳原子以上的液态烷烃混合物)的石棉放置在硬质试管的底部，试管中加入碎瓷片，给碎瓷片加强热，石蜡油蒸汽通过炽热的碎瓷片表面发生反应，生成一定量的气体。利用该气体进行如下实验：



图 3-7 石蜡油分解实验

1. 将气体通入酸性高锰酸钾溶液中，观察现象；
2. 将气体通入溴的四氯化碳溶液中，观察现象；
3. 用排水集气法收集一试管气体，点燃，观察燃烧的情况。

实验现象：\_\_\_\_\_

实验中，哪些现象证明生成物具有与烷烃相同的性质？哪些现象证明生成物可能具有不同于烷烃的性质？

推测：你认为生成的气体中都是烷烃吗？说明理由：\_\_\_\_\_

在炽热碎瓷片的作用下，石蜡油分解产生了可以使酸性高锰酸钾溶液、溴的四氯化碳溶液褪色的气态产物，由此可推断产物中含有与烷烃性质不同的烃。研究表明，石蜡油分解的产物中含有烯烃和烷烃。烯烃分子中含有碳碳

双键( $\begin{array}{c} \diagup \quad \diagdown \\ \text{C}=\text{C} \\ \diagdown \quad \diagup \end{array}$ )<sup>①</sup>，乙烯是最简单的烯烃。

烯烃 alkene

乙烯 ethene

## 学与问

乙烯的分子式是  $\text{C}_2\text{H}_4$ ，参照图 3-8 所示的乙烯分子结构模型，试写出乙烯的电子式和结构式：

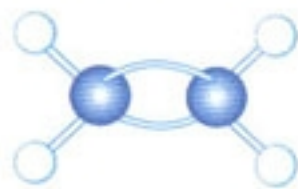


图 3-8 乙烯分子的模型

乙烯分子的电子式

乙烯分子的结构式

<sup>①</sup> 碳原子所结合的氢原子数少于饱和烃里的氢原子数的碳氢化合物属于不饱和烃。

与只含碳碳单键的烷烃相比，乙烯分子中碳碳双键的存在，使乙烯与酸性高锰酸钾溶液、溴的四氯化碳溶液均能反应，表现出较活泼的化学性质。

### 1. 乙烯的氧化反应

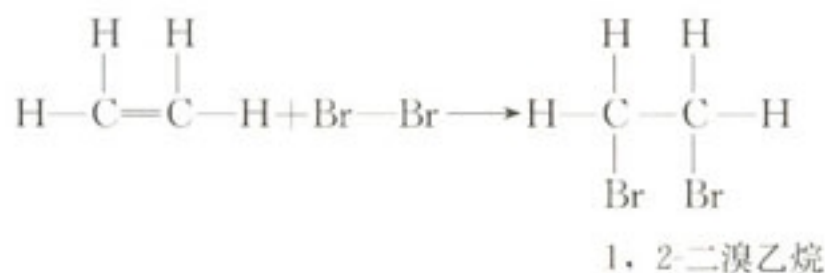
乙烯在空气中燃烧，火焰明亮且伴有黑烟，生成二氧化碳和水，同时放出大量热。



乙烯使酸性高锰酸钾溶液褪色的反应说明乙烯能被高锰酸钾氧化，利用这个反应可以鉴别甲烷和乙烯。

### 2. 乙烯的加成反应

乙烯能使溴的四氯化碳溶液褪色，说明乙烯与溴发生了化学反应。反应中，乙烯双键中的一个键断裂，两个溴原子分别加在两个价键不饱和的碳原子上，生成无色的1,2-二溴乙烷液体：



有机物分子中的不饱和碳原子与其他原子或原子团直接结合生成新的化合物的反应叫加成反应。

乙烯不仅可与溴发生加成反应，在一定条件下，还可以与  $\text{H}_2$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  等物质发生加成反应。你能写出有关反应的化学方程式吗？

乙烯与氢气反应：\_\_\_\_\_

乙烯与氯化氢反应：\_\_\_\_\_

乙烯与水反应：\_\_\_\_\_

由乙烯之间的相互加成可以得到聚乙烯，聚乙烯制品在现代生活中用途很广。

## 实践活动

在塑料袋中放一个成熟的苹果，再放些青香蕉或青橘子，将袋口密封，每天观察水果的变化。

乙烯是一种植物生长调节剂，植物在生命周期的许多阶段，如发芽、成长、开花、果

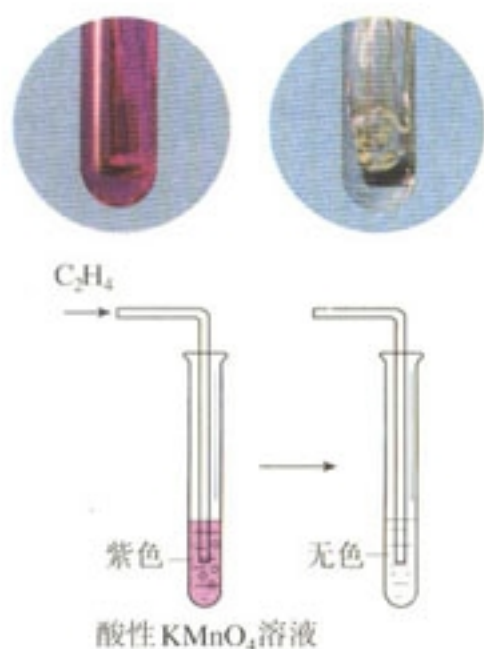


图 3-9 乙烯使酸性高锰酸钾溶液褪色

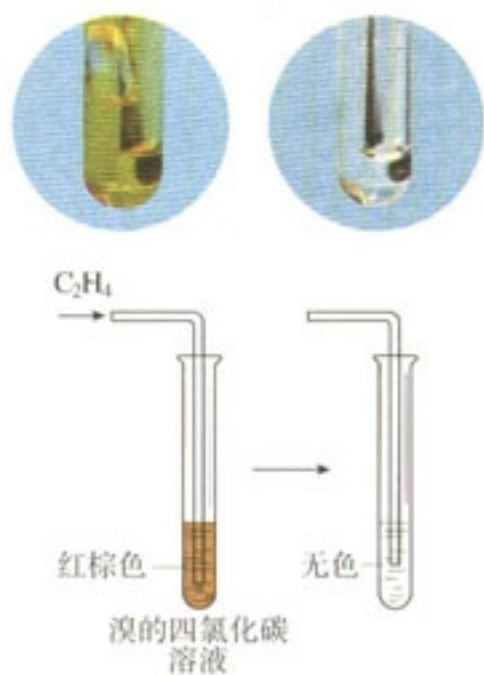


图 3-10 乙烯使溴的四氯化碳溶液褪色

加成反应 addition reaction

熟、衰老、凋谢等，都会产生乙烯。因此，可以用乙烯作为水果的催熟剂，以使生果实尽快成熟。有时为了延长果实或花朵的成熟期，又需用浸泡过高锰酸钾溶液的硅土来吸收水果或花朵产生的乙烯，以达到保鲜的要求。

## 二、苯

苯是1825年由英国科学家法拉第(M. Faraday)首先发现的。与乙烯一样，苯也是一种重要的化工原料，其产品在今天的生活中可以说是无处不在，应用广泛。

苯通常是无色、带有特殊气味的液体，有毒，不溶于水，密度比水的小，熔点为 $5.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，沸点为 $80.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；如用冰冷却，可凝成无色晶体。

苯的分子式是 $\text{C}_6\text{H}_6$ ，它是一种环状有机化合物，其结构式为：

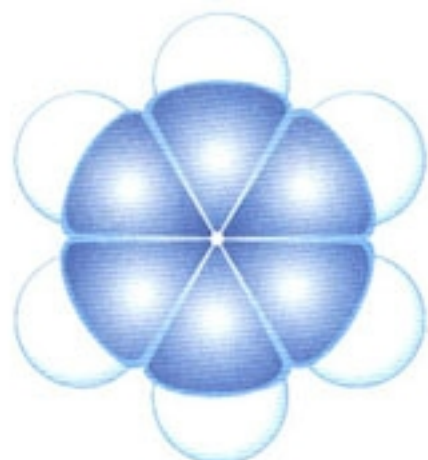
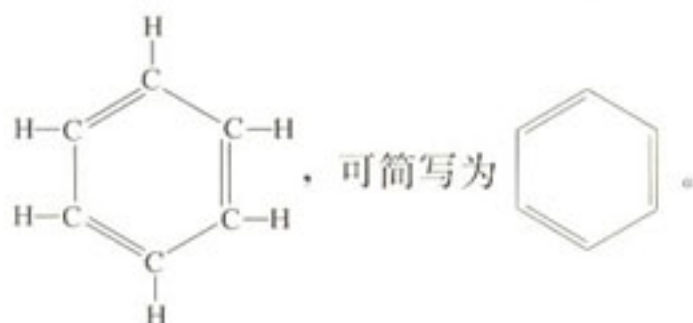


图 3-11 苯分子模型

苯 benzene

### 学与问

1. 比较苯与烷烃、烯烃的结构式，分析苯分子中碳原子的成键特点，你认为苯可能有哪些化学性质？
2. 如何设计实验证明你的推测？

### 实验 3-1

1. 向试管中加入少量苯，再加入溴水，振荡后，观察现象。
2. 向试管中加入少量苯，再加入酸性高锰酸钾溶液，振荡后，观察现象。

苯和其他烃一样，可以在空气中燃烧，燃烧时发生明亮并带有浓烟的火焰，你能解释产生这种现象的原因吗？




### 资料卡片

分子中含有一个或多个苯环的一类碳氢化合物，属于芳香烃。

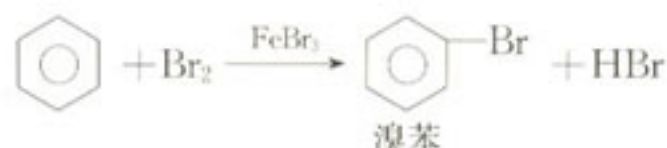
芳香化合物是一种习惯说法。历史上的芳香族化合物是一类从植物胶中提取的有芳香气味的物质，实际上芳香化合物并不一定都有香味，芳香一词已失去了原来的意义。



实验 3-1 表明, 苯不与酸性高锰酸钾溶液、溴水发生反应, 说明苯分子中没有与乙烯类似的双键。对苯进一步的研究表明, 苯分子具有平面正六边形结构, 其中的 6 个碳原子之间的键完全相同, 是一种介于单键和双键之间的独特的键, 所以, 也常用  来表示苯分子<sup>①</sup>。苯的化学性质与烯烃有很大区别。

### 1. 苯的取代反应

在  $\text{FeBr}_3$  催化作用下, 苯环上的氢原子被溴原子所取代, 生成溴苯。溴苯是密度比水大的无色液体。

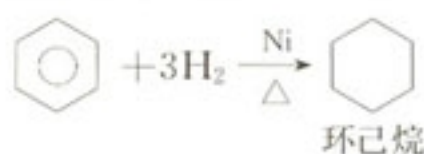


在浓硫酸作用下, 苯在  $50\sim 60\text{ }^\circ\text{C}$  还可以与浓硝酸发生取代反应生成硝基苯<sup>②</sup>, 反应的化学方程式为:



### 2. 苯的加成反应

苯虽然不具有像烯烃一样典型的碳碳双键, 但在特定条件下, 仍能发生加成反应。在镍作催化剂的条件下, 苯可以与氢气发生加成反应。



含有一个苯环结构的化合物, 如甲苯、二甲苯等, 都可以发生上述类似的取代反应和加成反应。

## 科学视野

### 人造血液

四氟乙烯是常见的氟碳化合物, 可用于制家用不粘锅的保护膜氟纶。此外, 氟碳化合物还可能成为未来的人造血液。

血液所以能吸收氧气, 主要是靠红血球中的血红素, 有研究表明, 常温、常压下, 100 mL 血液大约可吸收 20 mL 的氧气。科学实验表明, 100 mL 的多氟碳化合物, 在相同条件下, 可吸收 50 mL 的氧气。

因此, 老鼠可以在含饱和多氟碳化合物的溶液中获得氧气, 像鱼儿在水中一样游动。另有实验显示, 把狗身上的 70% 血液, 换成由 25% 的多氟碳化合物和 75% 的水混合成的乳液后, 仍可存活。有关人体的实验正在进行中, 化学家将有可能合成出新的多氟碳化合物, 作为血液的替代品。

<sup>①</sup> 苯分子的结构式  仍被沿用, 但在使用时不能认为苯是单、双键交替组成的环状结构。

<sup>②</sup> 硝酸分子里的  $-\text{NO}_2$  原子团叫做硝基, 苯分子中的氢原子被  $-\text{NO}_2$  所取代的反应, 叫做硝化反应。

19世纪初，英国和其他欧洲国家一样，城市的照明已普遍使用煤气。从生产煤气的原料中制备出煤气之后，剩下一一种油状的液体长期无人问津。法拉第是第一位对这种油状液体感兴趣的科学家。他用蒸馏的方法将这种油状液体进行分离，得到另一种液体，实际上就是苯。当时法拉第将这种液体称为“氢的重碳化合物”。

1834年，德国科学家米希尔里希(E. F. Mitscherlich)通过蒸馏苯甲酸和石灰的混合物，得到了与法拉第所制液体相同的一种液体，并命名为苯。待有机化学中的分子概念和原子价概念建立之后，法国化学家热拉尔(C. F. Gerhardt)等人又确定了苯的相对分子质量为78，分子式为 $C_6H_6$ 。苯分子中碳的相对含量如此之高，使化学家们感到惊讶。如何确定它的结构式呢？化学家们为难了：

苯的碳、氢比值如此之大，表明苯是高度不饱和的烃，但它又不具有典型的不饱和烃应具有易发生加成反应的性质。

德国化学家凯库勒是一位极富想象力的学者，他曾提出了碳四价和碳原子之间可以连接成链这一重要假说。对苯的结构，他在分析了大量的实验事实之后认为：这是一个很稳定的“核”，6个碳原子之间的结合非常牢固，而且排列十分紧凑，它可以与其他碳原子相连形成芳香族化合物。于是，凯库勒集中精力研究这6个碳原子的“核”。在提出了多种开链式结构而又因其与实验结果不符被一一否定之后，1865年，他终于悟出闭合链的形式是解决苯分子结构的关键，他以苯的(I)式(见图3-13)表示这一结构。1866年他又提出苯分子是一个由6个碳原子以单、双键相互交替结合而成的环状链(II)式，后简化为(III)式，也就是我们现在所说的凯库勒式。

关于凯库勒悟出苯分子的环状结构的经过，一直是化学史上的一个趣闻。据说灵感来自于一个梦。那是他在比利时的根特大学任教时，一天夜晚，他在书房中打起了瞌睡，眼前又出现了旋转的碳原子。碳原子的长链像蛇一样盘绕卷曲，忽见一蛇衔住了自己的尾巴，并旋转不停。他像触电般地猛然醒来，接着整理苯环结构的假说，又忙了一夜。对此，凯库勒说：“我们应该会做梦！……那么我们就可以发现真理……但不要在清醒的理智检验之前，就宣布我们的梦。”

应该指出的是，凯库勒能够从梦中得到启发，成功地提出重要的结构学说，并不是偶然的。这是由于他善于独立思考，平时总是冥思苦想有关原子、分子以及结构等问题，才会梦其所思；更重要的是，他懂得化合价的真正意义，善于捕捉直觉形象；加之以事实为依据，以严肃的科学态度进行多方面的分析和探讨，这一切都为他取得成功奠定了基础。

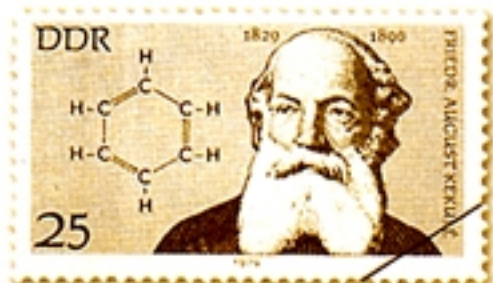


图3-12 凯库勒  
(F. A. Kekulé, 1829—1896)

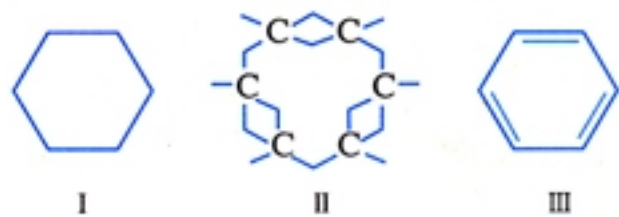


图3-13 凯库勒提出的苯分子的几种结构式



- 工业生产中使用的乙烯主要来源于\_\_\_\_\_，乙烯与甲烷在结构上的主要差异是\_\_\_\_\_，与乙烯结构相似的烃被称为\_\_\_\_\_，这些烃都能与\_\_\_\_\_反应。
- 苯与甲烷都可以发生取代反应，反应条件分别是\_\_\_\_\_；苯与乙烯都可以发生加成反应，反应条件分别是\_\_\_\_\_。
- 在下述反应中，属于取代反应的是\_\_\_\_\_；属于氧化反应的是\_\_\_\_\_；属于加成反应的是\_\_\_\_\_。
  - 由乙烯制氯乙烷
  - 乙烷在空气中燃烧
  - 乙烯使溴水褪色
  - 乙烯使酸性高锰酸钾溶液褪色
  - 乙烷在光照下与氯气反应
- 下列物质与水混合后静置，不出现分层的是（ ）。
  - 三氯甲烷
  - 乙醇
  - 苯
  - 四氯化碳
- 能通过化学反应使溴水褪色，又能使酸性高锰酸钾溶液褪色的是（ ）。
  - 苯
  - 氯化铁
  - 乙烷
  - 乙烯
- 利用下列反应不能制得括号中纯净物质的是（ ）。
  - 乙烯与氯气加成(1, 2-二氯乙烷)
  - 乙烯与水加成(乙醇)
  - 等物质的量的氯气与乙烷在光照条件下反应(氯乙烷)
  - 氯气与苯用氯化铁作催化剂反应(氯苯)
- 下列过程中所发生的化学变化属于取代反应的是（ ）。
  - 光照射甲烷与氯气的混合气体
  - 乙烯通入溴水中
  - 在镍做催化剂的条件下，苯与氢气反应
  - 苯与液溴混合后撒入铁粉
- 比较甲烷与氯气、乙烯与溴的反应，以及甲烷、乙烯在空气中燃烧的现象，把反应类型、反应条件、生成物和反应时发生的现象填入下表。

反应物	反应类型	反应条件	生成物	现象
甲烷、氯气				
乙烯、溴				
甲烷、氧气				
乙烯、氧气				

- 上网查阅资料，了解我国乙烯的主要产地、原料来源、市场价格，讨论乙烯的产量和价格对有机化工生产的影响。
- 了解生活中可能接触苯或含有苯环结构物质的主要场所，查阅资料并与他人讨论这些物质对环境可能产生的影响，提出防护建议。

生活中的有机物种类丰富，在衣、食、住、行多方面应用广泛，其中乙醇和乙酸是两种比较常见的有机物。

乙醇 ethanol

乙酸 acetic acid

## 一、乙醇

乙醇是无色、有特殊香味的液体。乙醇的密度比水的小，20℃时，密度是 $0.789\text{ g/cm}^3$ ，沸点 $78.5\text{ }^\circ\text{C}$ ，熔点 $-117.3\text{ }^\circ\text{C}$ 。乙醇易挥发，能够溶解多种有机物和无机物，能与水以任意比互溶。

### 1. 乙醇与金属钠的反应

#### 实验 3-2

在盛有少量无水乙醇的试管中，加入一小块新切的、用滤纸擦干表面煤油的金属钠，在试管口迅速塞上配有医用注射针头的单孔塞，用小试管倒扣在针头之上，收集并验纯气体；然后点燃，并把一干燥的小烧杯罩在火焰上(如图 3-14)，片刻在烧杯壁上出现液滴后，迅速倒转烧杯，向烧杯中加入少量澄清的石灰水，观察实验现象，比较前面做过的水与钠反应的实验，并完成下表。

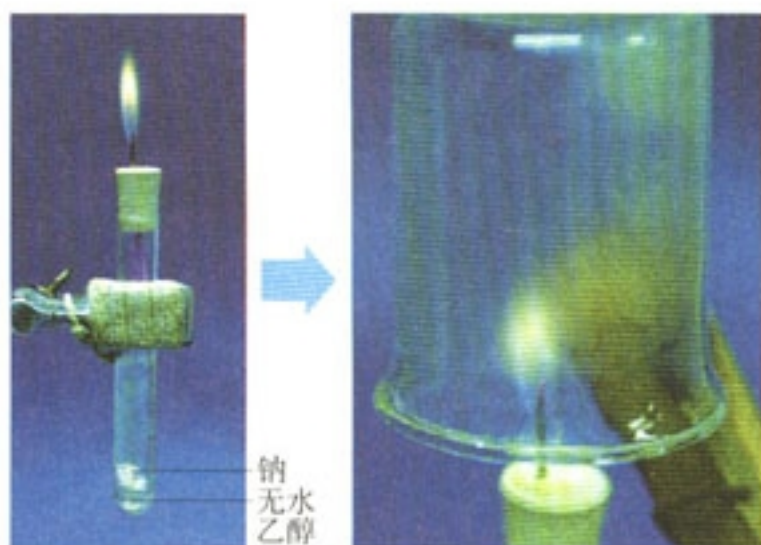
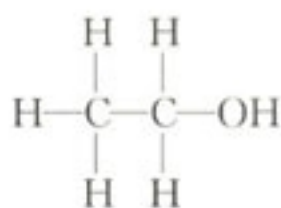


图 3-14 乙醇与金属钠的反应

物质 \ 项目	金属钠的变化	气体燃烧现象	检验产物
水			
乙醇			

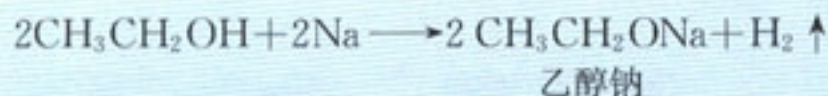
乙醇与金属钠反应产生了氢气，说明乙醇分子里有不同于烃分子里的氢原子存在。乙醇的分子式为  $C_2H_6O$ ，结构式为：



也可简写为  $CH_3CH_2OH$  或  $C_2H_5OH$ 。乙醇分子中含有的  $-OH$  基团，称为羟基。

乙醇可以看成是乙烷分子中的氢原子被羟基取代后的产物。像这些烃分子中的氢原子被其他原子或原子团所取代而生成的一系列化合物称为烃的衍生物。前面提及的一氯甲烷、二氯甲烷、三氯甲烷、四氯甲烷（四氯化碳）及硝基苯等也属于烃的衍生物。

在乙醇与金属钠的反应中，金属钠置换了羟基中的氢，生成了氢气和乙醇钠：

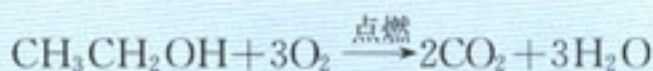


乙醇具有与乙烷不同的化学特性，这是因为取代氢原子的羟基对乙醇的性质起着很重要的作用。像这种决定有机化合物的化学特性的原子或原子团叫做官能团。卤素原子（ $-X$ ）、羟基（ $-OH$ ）、硝基（ $-NO_2$ ）都是官能团，碳碳双键也是烯烃的官能团。

我们已经知道，乙醇与金属钠的反应比水与金属钠的反应平缓得多，说明乙醇羟基中的氢原子不如水分子中的氢原子活泼。

## 2. 乙醇的氧化反应

乙醇在空气中燃烧时，可放出大量的热：



此外，在一定条件下，乙醇可以与氧化剂发生反应。

### 实验 3-3

向一支试管中加入 3~5 mL 乙醇，取一根 10~15 cm 长的铜丝，下端绕成螺旋状，在酒精灯上灼烧至红热，插入乙醇中，反复几次。注意观察反应现象，小心闻试管中液体产生的气味。

烃的衍生物 derivative of hydrocarbon

官能团 functional group

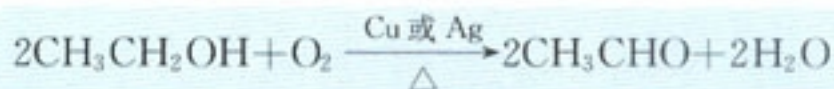


图 3-15 乙醇分子模型

### 资料卡片

交通警察检查司机是否酒后驾车的装置中，含有橙色的酸性重铬酸钾，当其遇到乙醇时橙色变为绿色，由此可以判定司机是否酒后驾车。

乙醇在铜或银做催化剂的条件下，可以被空气中的氧气氧化为乙醛(CH<sub>3</sub>CHO)：



乙醇还可以与酸性高锰酸钾溶液或酸性重铬酸钾(K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)溶液反应，被直接氧化成乙酸。

## 二、乙酸

乙酸俗称醋酸。食醋的主要成分是乙酸，普通食醋中含有3%~5%的乙酸，乙酸是烃的重要含氧衍生物。分子式为

C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>，结构简式为CH<sub>3</sub>COOH，乙酸的官能团为  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{OH} \end{array}$  (-COOH)，叫做羧基。



图 3-16 乙酸分子模型

乙酸是有强烈刺激性气味的无色液体。沸点 117.9 °C，熔点 16.6 °C。当温度低于熔点时，乙酸凝结成类似冰一样的晶体，所以纯净的乙酸又称为冰醋酸。乙酸易溶于水和乙醇。

### 1. 乙酸的酸性

我们已经知道乙酸具有酸的通性，能使紫色的石蕊溶液变红，但它的酸性强弱如何呢？

### 科学探究

1. 用食醋浸泡有水垢(主要成分 CaCO<sub>3</sub>)的暖瓶或水壶，可以清除其中的水垢。这是利用了醋酸的什么性质？通过这个事实你能比较出醋酸与碳酸的酸性强弱吗？

2. 设计一个比较醋酸与碳酸酸性强弱的实验，以验证你上面所得出的结论。

### 2. 乙酸的酯化反应

红葡萄酒密封储存时间越长，质量越好，原因之一是储存过程中生成了有香味的酯。酯也可以通过化学实验来制备。

#### 实验 3-4

在一支试管中加入 3 mL 乙醇，然后边振荡试管边慢慢加入 2 mL 浓硫酸和 2 mL 乙酸；按图 3-17 连接好装置，用酒精灯缓慢加热，将产生的蒸气经导管通到饱和碳酸钠溶液的液面上(如图 3-17 所示)，观察现象。

酯 ester

乙酸乙酯 ethyl acetate



图 3-17 生成乙酸乙酯的反应

可以看到，液面上有透明的不溶于水的油状液体产生，并可以闻到香味。这种有香味的液体叫乙酸乙酯。该反应的化学方程式如下：



乙酸乙酯是酯类物质中的一种。这种酸与醇反应生成酯和水的反应，叫酯化反应。酯化反应是可逆反应，反应物不能完全变成生成物；反应进行得比较缓慢，为了提高反应速率，一般要加入浓硫酸做催化剂，并加热。

酯化反应 esterification

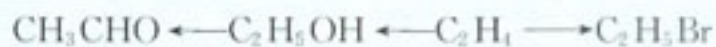
酯化反应的产物是酯，一般由有机酸与醇脱水而成。很多鲜花和水果的香味都来自酯的混合物。现在可以通过人工方法合成各种酯，用作饮料、糖果、香水、化妆品中的香料；也可以用作指甲油、胶水的溶剂。

## 习 题



- 查看下列酒类饮品的商品标签，其中酒精含量最高的是（ ）。  
A. 啤酒                      B. 白酒                      C. 葡萄酒                      D. 黄酒
- 下列试剂中，能用于检验酒精中是否含有水的是（ ）。  
A.  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$       B. 无水硫酸铜              C. 浓硫酸                      D. 金属钠
- 向盛有乙醇的烧杯中投入一小块金属钠，可以观察到的现象是（ ）。  
A. 钠块沉在乙醇液面下面              B. 钠块熔成小球  
C. 钠块在乙醇液面上游动              D. 钠块表面有气泡产生
- 下列物质中不能用来区分乙酸、乙醇、苯的是（ ）。  
A. 金属钠                      B. 溴水                      C. 碳酸钠溶液              D. 紫色石蕊溶液
- 用 30 g 乙酸与 46 g 乙醇反应，如果实际产率是理论产率的 67%，则可得到的乙酸乙酯的质量是（ ）。  
A. 29.5 g                      B. 44 g                      C. 74.8 g                      D. 88 g
- 除去乙酸乙酯中残留的乙酸，有效的处理方法是（ ）。  
A. 蒸馏  
B. 水洗后分液  
C. 用过量饱和碳酸钠溶液洗涤后分液  
D. 用过量氯化钠溶液洗涤后分液
- 炒菜时，加一点酒和醋能使菜味香可口，原因是（ ）。  
A. 有盐类物质生成                      B. 有酯类物质生成  
C. 有醇类物质生成                      D. 有酸类物质生成

8. 写出下列物质间转化的化学方程式，并注明反应条件。



9. 巴西计划将来以酒精代替汽油用作汽车燃料，不过如果真的这样做，全国差不多一半的农用地要用来种植甘蔗，才能生产足够的酒精。因此还要开发新的土地来种植粮食和其他农作物。如果开发新土地，则会进一步破坏亚马孙森林。你认为这样会产生什么问题？

10. 制作一张海报，宣传酗酒或酒后驾车的危害。



生命由一系列复杂、奇妙的化学过程维持着，食物为有机体的这一过程提供原料，同时也为生命活动提供能量。在初中化学的学习中我们知道，食物中的营养物质主要包括：糖类、油脂、蛋白质、维生素、无机盐和水。

人们习惯称糖类、油脂、蛋白质为动物性和植物性食物中的基本营养物质。为了能从化学的角度去认识这些物质，我们首先来了解这些基本营养物质的化学组成。



图 3-18 基本营养物质

糖类 carbohydrate

表 3-3 糖类、油脂和蛋白质代表物的化学组成

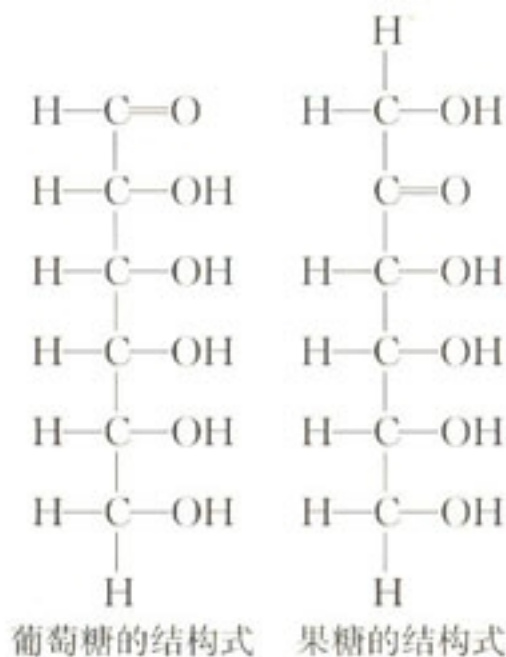
		元素组成	代表物	代表物分子
糖类	单糖	C、H、O	葡萄糖、果糖	$C_6H_{12}O_6$
	双糖	C、H、O	蔗糖、麦芽糖	$C_{12}H_{22}O_{11}$
	多糖	C、H、O	淀粉、纤维素	$(C_6H_{10}O_5)_n$
油脂	油	C、H、O	植物油	不饱和高级脂肪酸甘油酯
	脂	C、H、O	动物脂肪	饱和高级脂肪酸甘油酯
蛋白质		C、H、O、N、S、P 等	酶、肌肉、毛发等	氨基酸连接成的高分子

### 学与问

1. 根据表 3-3，分析单糖、双糖、多糖在元素组成和分子式上各有什么特点？

2. 葡萄糖和果糖，蔗糖和麦芽糖分别具有相同的分子式，但却具有不同的性质，试推测原因。

葡萄糖、果糖分子式完全相同，但分子内原子的排列方式不同，亦即分子的空间结构不同，它们互为同分异构体。蔗糖、麦芽糖分子式相同，结构不同，也互为同分异



构体；但淀粉、纤维素由于组成分子的  $n$  值不同，所以分子式不同，不能互称为同分异构体。

糖类、油脂和蛋白质主要含有 C、H、O 三种元素，分子结构比较复杂，是生命活动必不可少的物质。这些物质都有哪些主要的性质，我们怎样识别它们呢？

## 一、糖类、油脂、蛋白质的性质

### 1. 糖类和蛋白质的特征反应

#### 实验 3-5

1. 观察葡萄糖样品，取约 2 g 葡萄糖固体加入盛有 5 mL 水的试管中，充分溶解；然后加入新制的氢氧化铜，加热至沸腾，观察并记录现象。

2. 将碘酒滴到一片土豆或面包上，观察并记录现象。

3. 取一小块鸡皮，置蒸发皿中，滴加 3~5 滴浓硝酸，在酒精灯上微热，观察并记录现象。

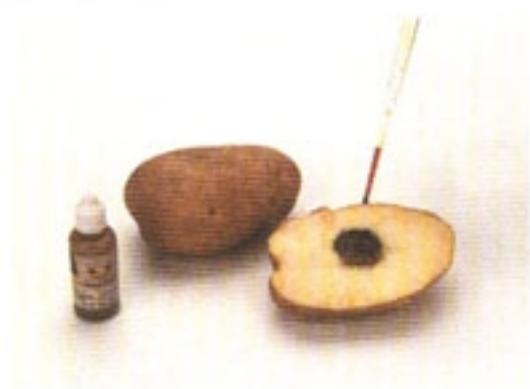


图 3-19 淀粉与碘反应

实验内容	实验现象
葡萄糖	
淀粉	
蛋白质	

葡萄糖的特征反应：葡萄糖在碱性、加热条件下，能与银氨溶液反应析出银；在加热条件下，也可与新制的氢氧化铜反应产生砖红色沉淀。应用上述反应可以检验葡萄糖。

淀粉的特征反应：在常温下，淀粉遇碘变蓝。

蛋白质特征反应：硝酸可以使蛋白质变黄，称为蛋白质的颜色反应，常用来鉴别部分蛋白质。蛋白质也可以通过其烧焦时的特殊气味进行鉴别。

### 2. 糖类、油脂、蛋白质的水解反应

#### 实验 3-6

取 1 mL 20% 的蔗糖溶液，加入 3~5 滴稀硫酸。水浴加热 5 min 后取少量溶液，加氢氧化钠溶液调溶液 pH 至碱性，再加入少量新制备的  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ，加热 3~5 min，

淀粉 starch  
水解反应 hydrolysis  
reaction

#### 资料卡片

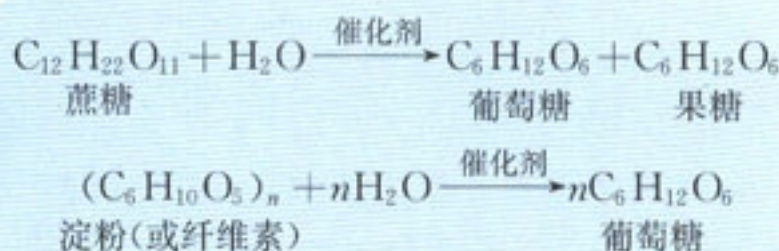
糖尿病患者的糖代谢功能紊乱，其血液或尿液中的葡萄糖含量会超出正常范围。通过测定患者血液或尿液中的葡萄糖含量，可诊断患者的病情。在医院中可用仪器测量，在家中可用根据葡萄糖特征反应原理制备的试纸对尿液进行检验。

观察、记录并解释现象。

现象：\_\_\_\_\_

解释：\_\_\_\_\_

双糖、多糖可以在稀酸的催化下，最终水解为葡萄糖或果糖：



油脂在酸或碱催化条件下可以水解。在酸性条件下水解为甘油(丙三醇)、高级脂肪酸；在碱性条件下水解为甘油、高级脂肪酸盐。油脂在碱性条件下的水解反应称为皂化反应，工业生产中，常用此反应来制取肥皂。

蛋白质在酶等催化剂作用下也可以水解，生成氨基酸。

皂化反应 saponification

氨基酸 amino acid

纤维素 cellulose

## 二、糖类、油脂、蛋白质在生产、生活中的作用

### 1. 糖类物质的主要作用

糖类物质是绿色植物光合作用的产物，是动、植物所需能量的重要来源。我国居民传统膳食以糖类为主，约占食物的80%；每天的能量约75%来自糖类。

葡萄糖、果糖是单糖，主要存在于水果和蔬菜中，动物的血液中也含有葡萄糖，人体正常血糖的含量为100 mL血液里约含葡萄糖80~100 mg。葡萄糖是重要的工业原料，主要用于食品加工、医疗输液、合成补钙药物及维生素C等。

蔗糖主要存在于甘蔗(含糖质量分数为11%~17%)和甜菜(含糖质量分数为14%~26%)中。食用白糖、冰糖等就是蔗糖。

淀粉和纤维素是食物的重要组成成分，也是结构复杂的天然高分子化合物。淀粉主要存在于植物的种子和块茎中。如大米含淀粉约80%、小麦含淀粉约70%、马铃薯含淀粉约20%等，淀粉除做食物外，主要用来生产葡萄糖和酒精。

纤维素是植物的主要成分，植物的茎、叶和果皮中都含有纤维素。食物中的纤维素主要来源于干果、鲜果、蔬菜等。人体中没有水解纤维素的酶，所以纤维素在人体中主要是

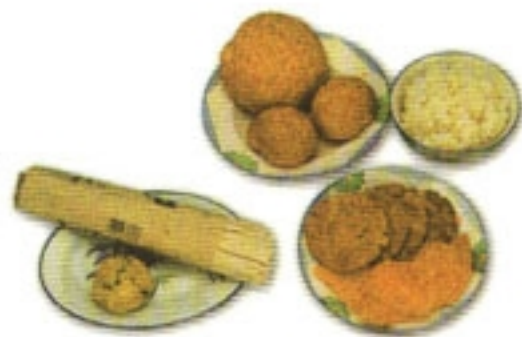


图 3-20 富含糖的物质

加强胃肠的蠕动，有通便功能。其他一些富含纤维素的物质，如木材、稻草、麦秸、甘蔗渣等还可以用来造纸，制造纤维素硝酸酯、纤维素乙酸酯和黏胶纤维等。

## 2. 油脂的主要作用

油脂分布十分广泛，各种植物的种子、动物的组织和器官中都存在一定数量的油脂，特别是油料作物的种子和动物皮下的脂肪组织，油脂含量丰富。人体中的脂肪约占体重的10%~20%。

油脂中的碳链含碳碳双键时，主要是低沸点的植物油；油脂中的碳链为碳碳单键时，主要是高沸点的动物脂肪。

油脂是食物组成中的重要部分，也是产生能量最高的营养物质。1 g 油脂在完全氧化（生成 $\text{CO}_2$ 和 $\text{H}_2\text{O}$ ）时，放出热量约39 kJ，大约是糖或蛋白质的2倍。成人每日需进食50~60 g脂肪，可提供所需热量的20%~25%。

脂肪在人体内的化学变化主要是在脂肪酶的催化下，进行水解，生成甘油（丙三醇）和高级脂肪酸，然后再分别进行氧化分解，释放能量。油脂同时还有保持体温和保护内脏器官的作用。

油脂能增加食物的滋味，增进食欲，保证机体的正常生理功能。但摄入过量脂肪，可能引起肥胖、高血脂、高血压，也可能会诱发乳腺癌、肠癌等恶性肿瘤。因此在饮食中要注意控制油脂的摄入量。

## 3. 蛋白质的主要作用

蛋白质是细胞结构里复杂多变的高分子化合物，存在于一切细胞中。组成人体蛋白质的氨基酸有必需和非必需之分。必需氨基酸是人体生长发育和维持氮元素稳定所必需的，人体不能合成，只能从食物中补给，共有8种；非必需氨基酸可以在人体中利用氮元素合成，不需要由食物供给，有12种。

蛋白质是人类必需的营养物质，成年人每天大约要摄取60~80 g蛋白质，才能满足生理需要，保证身体健康。蛋白质在人体胃蛋白酶和胰蛋白酶的作用下，经过水解最终生成氨基酸。氨基酸被人体吸收后，重新结合成人体所需的各种蛋白质，其中包括上百种的激素和酶。人体内的各种组织蛋白质也在不断分解，最后主要生成尿素，排出体外。

蛋白质在工业上也有很多应用。动物的毛和皮、蚕丝等可以制作服装，动物胶可以制造照相用片基，驴皮制的阿胶还是一种药材。从牛奶中提取的酪素，可以用来制作食品和塑料。

酶是一类特殊的蛋白质，是生物体内重要的催化剂。人们已经知道了数千种酶，其中



图 3-21 富含油脂的物质



图 3-22 人造脂肪

液态植物油（如豆油、香油、菜籽油、玉米油、蓖麻油等）中有碳碳双键，与 $\text{H}_2$ 加成后可以生成像动物脂肪一样的固态物质，被称为人造脂肪，如冰淇淋中的奶油、人造牛油等。

部分在工业生产中被广泛使用。

今天地球上的生命是经过了近 40 亿年进化的产物，它与最早的生命系统只有形式上的相似。生命是能自我复制和突变的。自我复制能够使生命得以延续，突变可以使它在自然选择的压力下演化成能更适宜得到能量和养料的生命形式。

对生命的起源有很多种假设，许多观点支持生命的发生是在原始地球上自发形成复杂分子的结果。这些复杂分子是由存在于地球大气的，或由彗星和陨石落到地球上的简单分子所形成的。模拟星云实验用简单的分子如水、甲醇、氨及结构单一的冰，产生了复杂的甲醛、乙醚、乙醇、六次甲基四胺等物质。导致生命起源的化学过程是在有水和无机物存在的条件下发生的，那时水的 pH 约为 7。

地球形成后的 5 亿年期间，进行着生命起源所必须的生物分子的合成。由于难以在实验室模拟，所以有人推测可能有以下几个阶段：

第一阶段是简单的无机物和有机物转化为生物聚合物的基本组分；第二阶段是以第一阶段产生的单体合成有序的生物聚合物；第三阶段是在最初生命系统发生过程中，第二阶段形成的生物聚合物进行自我复制。

估计从地球起源到第一个真核细胞要经历 31 亿年，最初的生命大约出现在 40 亿年前，可能有几亿年的误差。应当说明的是，有关生命的化学起源研究，大都是零散和片段化的，没有说服力较强的实验验证，通过这些假设或推断，现在还不能简单地勾画出生命化学起源的清晰轮廓。

## 习 题



- 下列物质中，互为同分异构体的是（ ）。  
A. 淀粉和葡萄糖    B. 蔗糖和纤维素    C. 淀粉和纤维素    D. 果糖和葡萄糖
- 下列各物质中，不能发生水解反应的是（ ）。  
A. 葡萄糖    B. 纤维素    C. 油脂    D. 酶
- 广告称某品牌的八宝粥(含桂圆、红豆、糯米等)不加糖，比加糖还甜，适合糖尿病人食用。你认为下列判断不正确的是（ ）。  
A. 这个广告有误导喜爱甜食消费者的嫌疑  
B. 糖尿病人应少吃含糖的食品，该八宝粥未加糖，可以放心食用  
C. 不加糖不等于没有糖，糖尿病人食用需慎重  
D. 不能听从厂商或广告商的宣传，应询问医生

4. 下列关于油脂的叙述不正确的是 ( )。

- A. 油脂属于酯类
- B. 油脂没有固定的熔沸点
- C. 油脂是高级脂肪酸的甘油酯
- D. 油脂都不能使溴水褪色

5. 下列说法正确的是 ( )。

- A. 葡萄糖、果糖和蔗糖都能发生水解反应
- B. 糖类、油脂、蛋白质都是由 C、H、O 三种元素组成的
- C. 糖类、油脂、蛋白质都是高分子化合物
- D. 油脂有油和脂肪之分, 但都属于酯

6. 油脂是多种高级脂肪酸的甘油酯。油脂的下述性质和用途中, 与其含有不饱和的碳碳双键有关的是 ( )。

- A. 油脂是产生能量最高的营养物质
- B. 利用油脂在碱性条件下的水解, 可以制甘油和肥皂
- C. 植物油通过氢化(加氢)可以变为脂肪
- D. 脂肪是有机体组织里储存能量的重要物质

7. 下列关于葡萄糖和蔗糖的说法中, 错误的是 ( )。

- A. 它们的分子式不同
- B. 它们的分子结构不同
- C. 它们不是同分异构体, 但属同系物
- D. 蔗糖可以水解生成葡萄糖和果糖

8. 某学生进行蔗糖的水解实验, 并检验水解产物中是否含有葡萄糖。他的操作如下: 取少量纯蔗糖加适量水配成溶液; 在蔗糖溶液中加入 3~5 滴稀硫酸; 将混合液煮沸几分钟、冷却; 在冷却后的溶液中加入银氨溶液, 在水浴中加热。实验结果没有银镜产生。

(1) 其原因是 ( )。

- A. 蔗糖尚未水解
- B. 加热时间不够
- C. 煮沸后的溶液中没有加碱, 以中和作催化剂的酸
- D. 蔗糖水解的产物中没有葡萄糖

(2) 正确操作是: \_\_\_\_\_。

9. 简要回答下列问题。

- (1) 未成熟的苹果肉遇碘酒变蓝色, 成熟苹果的汁液能与银氨溶液发生反应, 试解释原因。
- (2) 在以淀粉为原料生产葡萄糖的水解过程中, 可用什么方法来检验淀粉的水解是否完全?
- (3) 为什么用热的碱性溶液洗涤粘有油脂的器皿效果好?
- (4) 如何鉴别蚕丝和人造丝(纤维素)织物?

10. 用 5 吨含淀粉 80% 的粮食, 可以制得多少葡萄糖? (假设葡萄糖的产率为 85%)

11. 写一篇关于食物中营养物质摄取的调查报告, 研究食物摄取量和食物类型对健康的影响。

## 一、有机物的结构特点

1. 成键特点：在有机物中，碳原子呈四价；碳原子既可以与其他原子形成共价键，也可以相互成键；碳原子间可以形成碳碳单键、双键或三键等；有机物可以形成链状分子，也可以形成环状分子。
2. 同系物：结构相似，分子组成相差一个或多个  $\text{CH}_2$  原子团的物质互称为同系物。
3. 同分异构体：分子式相同，结构不同的化合物互称为同分异构体。

## 二、几种重要的有机化学反应

1. 取代反应：有机物分子里的某些原子或原子团被其他原子或原子团所取代的反应。
2. 加成反应：有机物分子中的双键(或三键)两端的碳原子与其他原子或原子团直接结合生成新化合物的反应。
3. 酯化反应：酸与醇起作用，生成酯和水的反应。

## 三、几种重要有机物的结构、性质和用途

总结本章主要内容，填写下表。

有机物	分子结构特点	主要化学性质	主要用途
甲烷			
乙烯			
苯			
乙醇			
乙酸			
糖类			
油脂			
蛋白质			

## 复 习 题

- 相同物质的量浓度的下列物质的稀溶液中，pH 最小的是 ( )。  
A. 乙醇            B. 乙酸            C. 碳酸钠            D. 碳酸
- 某有机物的结构简式为  $\text{HO}-\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2-\text{COOH}$ ，该有机物不可能发生的化学反应是 ( )。  
A. 水解            B. 酯化            C. 加成            D. 氧化
- 下列物质中不属于天然高分子化合物的是 ( )。  
A. 纤维素            B. 蛋白质            C. 蔗糖            D. 淀粉
- 下列物质中，水解的最终产物中不含葡萄糖的是 ( )。  
A. 蔗糖            B. 淀粉            C. 油脂            D. 蛋白质
- 将下列各种液体分别与溴水混合并振荡，静置后混合液分为两层，溴水层几乎无色的是 ( )。  
A. 苯            B. 酒精            C. 碘化钾            D. 己烷

- 氟利昂-12 是甲烷的氯、氟卤代物，结构式为  $\begin{array}{c} \text{F} \\ | \\ \text{Cl}-\text{C}-\text{Cl} \\ | \\ \text{F} \end{array}$ 。下列有关叙述正确的是 ( )。  
A. 它有两种同分异构体            B. 它是平面分子  
C. 它只有一种结构            D. 它有 4 种同分异构体

7. 判断下列说法是否正确，若不正确，请予改正。

- 含元素种类相同而结构不同的化合物互为同分异构体。
- 某有机物完全燃烧后生成二氧化碳和水，说明该有机物中必定含有碳、氢、氧 3 种元素。
- 甲烷与氯气的混合气体在光照下反应，生成的一氯甲烷和氯化氢。
- 乙烯与氯气加成反应的产物是  $\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ | \quad | \\ \text{Cl} \quad \text{Cl} \end{array}$ 。

8. 阿斯匹林、去痛片等药片是用淀粉作为黏合材料压制而成的片剂。试设计一实验方案证明其中淀粉的存在。

9. 将 11.2 L (标准状况) 乙烯和乙烷的混合气体通入足量的溴的四氯化碳溶液中，充分反应后，溴的四氯化碳溶液的质量增加了 5.6 g。求原气体混合物中乙烯与乙烷的物质的量之比和质量比。

10. 计算 2 mol 蔗糖水解生成葡萄糖和果糖的质量。





钠长石和石英



赤铜矿

## 第四章

# 化学与自然资源的开发利用

化学研究和应用在自然资源的合理开发和综合利用中发挥着重要的作用。利用化学变化，可以改变物质原有的组成、结构，使之具有更加优异的性质和功能；可以合成自然界原本没有的物质；可以开发人类社会发展所需的能源；还可以不断地扩大可利用自然资源的范围；等等。化学在提高资源的利用率、保护自然环境等方面也同样发挥着重要作用。



测监境环气大



塑料

Plastic



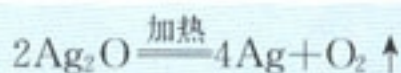
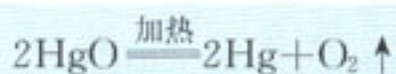
可回收物

Recyclable

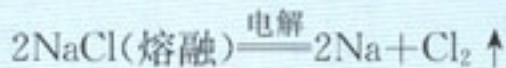
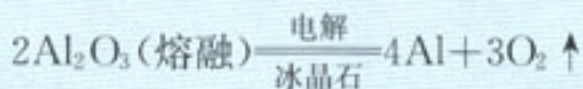
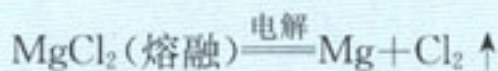
人们通常将数以千万计的化学物质进行分类，在原子、分子乃至超分子<sup>①</sup>等不同的结构层次上研究物质及其发生化学变化的规律，认识物质在变化过程中表现出的性质，所有这些都是人类利用自然资源、丰富物质世界的重要科学依据。下面我们主要以金属矿物和海水资源的综合利用为例，一起认识和体会化学在自然资源开发和利用中的意义和作用。

## 一、金属矿物的开发利用

除了金、铂等极少数金属外，绝大多数金属元素以化合物的形式存在于自然界。化学要研究如何合理、高效地利用这些金属矿物，将其中的金属从其化合物中还原出来用于生产和制造各种金属材料，这一过程在工业上称为金属的冶炼。利用金属活泼性的不同，可以采用不同的冶炼方法。对一些不活泼金属，可以直接用加热分解的方法从其化合物中还原出来。例如：



对一些非常活泼的金属，采用一般的还原剂很难将它们还原出来，工业上常用电解法冶炼。例如：



大部分金属的冶炼都是通过高温下发生的氧化还原反应来完成的，常用的还原剂有焦炭、一氧化碳、氢气等，如在初中学过的用碳还原氧化铜、铁的冶炼等。一些活泼金属也可作还原剂，将相对不活泼的金属从其化合物中置换出来。

### 资料卡片

#### 自然资源与可持续发展

广义的讲，所谓自然资源，是指在一定时间、地点的条件下能够产生经济价值的，以提高人类当前和将来福利的自然环境因素和条件的总称。可持续发展的目标是在满足人类需要的同时，强调人类的行为要受到自然界的制约，强调人类代际之间、人类与其他生物种群之间、不同国家和不同地区之间的公平。它包括经济可持续发展、社会可持续发展、资源可持续发展、环境可持续发展和全球可持续发展等方面。

<sup>①</sup> 超分子通常是指由两种或两种以上分子依靠分子间作用力结合在一起的具有一定结构和功能的聚集体。

## 实验 4-1

1. 把两张圆形滤纸分别折叠成漏斗状套在一起，取出内层滤纸，在其底部剪一小孔后用水润湿，再套回原处，并架在铁圈上(如图 4-1 所示)，下面放置一盛沙子的蒸发皿。

2. 将 5 g 干燥的氧化铁粉末和 2 g 铝粉均匀混合后放入纸漏斗中，在混合物上面加少量氯酸钾固体，中间插一根用砂纸打磨过的镁带。

3. 用燃着的小木条点燃镁带，观察现象(反应时会产生高温、发出强光，观察时请注意安全不要直视)。



图 4-1 铝热反应的实验装置

现象	
铝与氧化铁反应的化学方程式	

表 4-1 常见金属的冶炼原理

金属	冶炼原理
Fe	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2 \text{ (高炉炼铁)}$ $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{Al} \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ (铝热法炼铁)}$
Cu	$\text{Cu}_2\text{S} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Cu} + \text{SO}_2 \text{ (火法炼铜)}$ $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{Cu} \text{ (湿法炼铜)}$
Mg	$\text{MgO} + \text{C} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Mg}(\text{g}) + \text{CO}(\text{g})$ $\text{MgCl}_2(\text{熔融}) \xrightarrow{\text{电解}} \text{Mg} + \text{Cl}_2 \uparrow$
Al	$2\text{Al}_2\text{O}_3(\text{熔融}) \xrightarrow[\text{冰晶石}]{\text{电解}} 4\text{Al} + 3\text{O}_2 \uparrow$
Na	$2\text{NaCl}(\text{熔融}) \xrightarrow{\text{电解}} 2\text{Na} + \text{Cl}_2 \uparrow$

地球上的金属矿物资源是有限的，金属冶炼常会消耗许多能量，也易造成环境污染。我们必须学会合理开发和利用这些矿物资源，有效地使用金属产品、材料，主要的途径有提高金属矿物的利用率，减少金属的使用量，加强金属资源的回收和再利用，使用其他材料代替金属材料等。

## 思考与交流

1. 存在于海底的大量多金属结核矿(如图4-2), 将是人类重要的金属资源, 请你推测目前开发这些海底金属资源可能会遇到哪些主要问题, 并将你的看法同大家交流。

2. 通过调查访问和查阅资料, 了解回收废旧钢铁、铝制品等在节约能源、保护环境、降低成本等方面的意义。



图4-2 海底多金属结核矿含有铁、锰、钴等多种金属元素

## 二、海水资源的开发利用

海洋约占地球表面积的71%, 具有十分巨大的开发潜力。仅以海水资源为例, 海水水资源的利用和海水化学资源的利用具有非常广阔的前景。

### 1. 海水水资源的利用

海水中水的储量约为  $1.3 \times 10^9$  亿吨, 约占地球上总水量的97%。海水中水资源的利用, 主要包括海水的淡化和直接利用海水进行循环冷却等。通过从海水中提取淡水或从海水中把盐分离出去, 都可以达到淡化海水的目的。海水淡化的方法主要有蒸馏法、电渗析法、离子交换法等。其中蒸馏法的历史最久, 技术和工艺也比较成熟, 但成本较高。因此, 海水淡化与化工生产结合、与能源技术结合, 成为海水综合利用的重要方向。

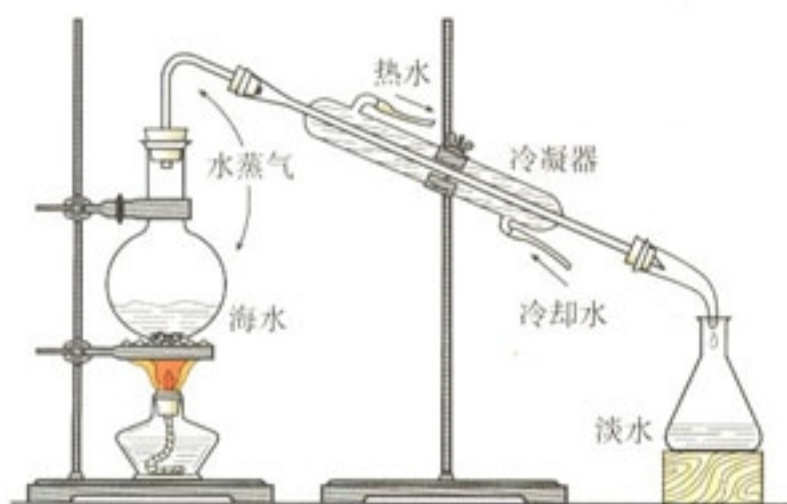


图4-3 海水蒸馏原理示意图

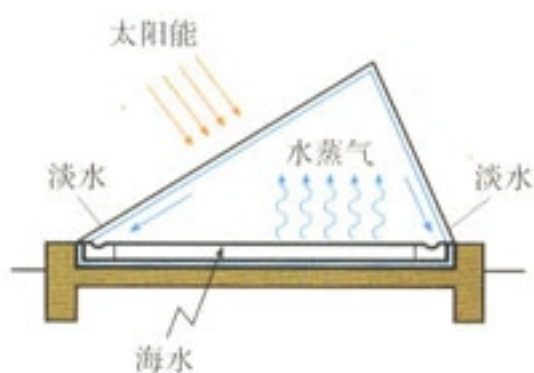


图4-4 太阳能蒸发原理示意图

### 2. 海水化学资源的开发利用

由于与岩石、大气和生物的相互作用, 海水中溶解和悬浮着大量的无机物和有机物, 按含量计,  $H_2O$  中的 H、O 两种元素, 加上 Cl、Na、K、Mg、Ca、S、C、F、B、Br、Sr 等 11 种元素超过总量的 99%, 其他为微量元素, 总计含有 80 多种元素。虽然海水中元素的种类很多, 总储量很大, 但许多元素的富集程度却很低。例如, 海水中金元素的总

储量约为 $5 \times 10^7$  t，而1 t海水中的含量仅有 $4 \times 10^{-6}$  g。因此，海洋是一个远未完全开发的巨大化学资源宝库。

我国海水制盐具有悠久的历史。目前，从海水中制得的氯化钠除食用外，还用作工业原料，如生产烧碱、纯碱、金属钠以及氯气、盐酸、漂白粉等含氯化工产品。从海水中制取镁、钾、溴及其化工产品，是在传统海水制盐工业上的发展。

## 实验 4-2

我们知道海带中含有碘元素，怎样通过实验证明海带中确实存在碘元素呢？（提示：海带灼烧后的灰烬中碘元素以 $I^-$ 形式存在， $H_2O_2$ 可以将 $I^-$ 氧化为碘单质。）

1. 取3 g左右的干海带，把干海带表面的附着物用刷子刷净（不要用水冲洗），用剪刀剪碎后，用酒精润湿，放入坩埚中。点燃酒精灯，灼烧海带至完全变成灰烬<sup>①</sup>，停止加热，冷却。

2. 将海带灰转移到小烧杯中，向其中加入10 mL蒸馏水，搅拌、煮沸2~3 min，过滤。

3. 在滤液中滴入几滴稀硫酸(3 mol/L)，再加入约1 mL  $H_2O_2$  (质量分数为3%)，观察现象。加入几滴淀粉溶液，观察现象。

## 思考与交流

将 $Br^-$ 转变为 $Br_2$ 是海水提溴中关键的化学反应(见资料卡片“海水提溴”)，你能否设计一个实验方案模拟这一生产过程？写出有关反应的化学方程式。

在工业生产中，海水提溴可以与其他生产过程结合起来，如反应需要一定的温度，就可以利用在火力发电厂和核电站用于冷却的循环海水，以减少能耗；再如海水淡化后的浓海水中，由于溴离子得到了浓缩，以此为原料就可以提高制溴的效益。

除了上面一些实例外，从海水获得其他物质和能量具有广阔的前景。例如，铀和重水目前是核能开发中的重要原料，从海水中提铀和重水对一个国家来说具有战略意义。化学在开发海洋药物方面也将发挥越来越大的作用。潮汐能、波浪能等也是越来越受到重视和开发的新型能源。

<sup>①</sup> 注意通风。

## 资料卡片

### 海水提溴

目前，从海水中提取的溴占世界溴年生产量的1/3左右。空气吹出法是用于工业规模海水提溴的常用方法，其中一种工艺是在预先经过酸化的浓缩海水中，用氯气置换溴离子使之成为单质溴，继而通入空气和水蒸气，将溴吹入吸收塔，使溴蒸气和吸收剂 $SO_2$ 发生作用转化成氢溴酸以达到富集的目的。然后，再用氯气将其氧化得到产品溴。

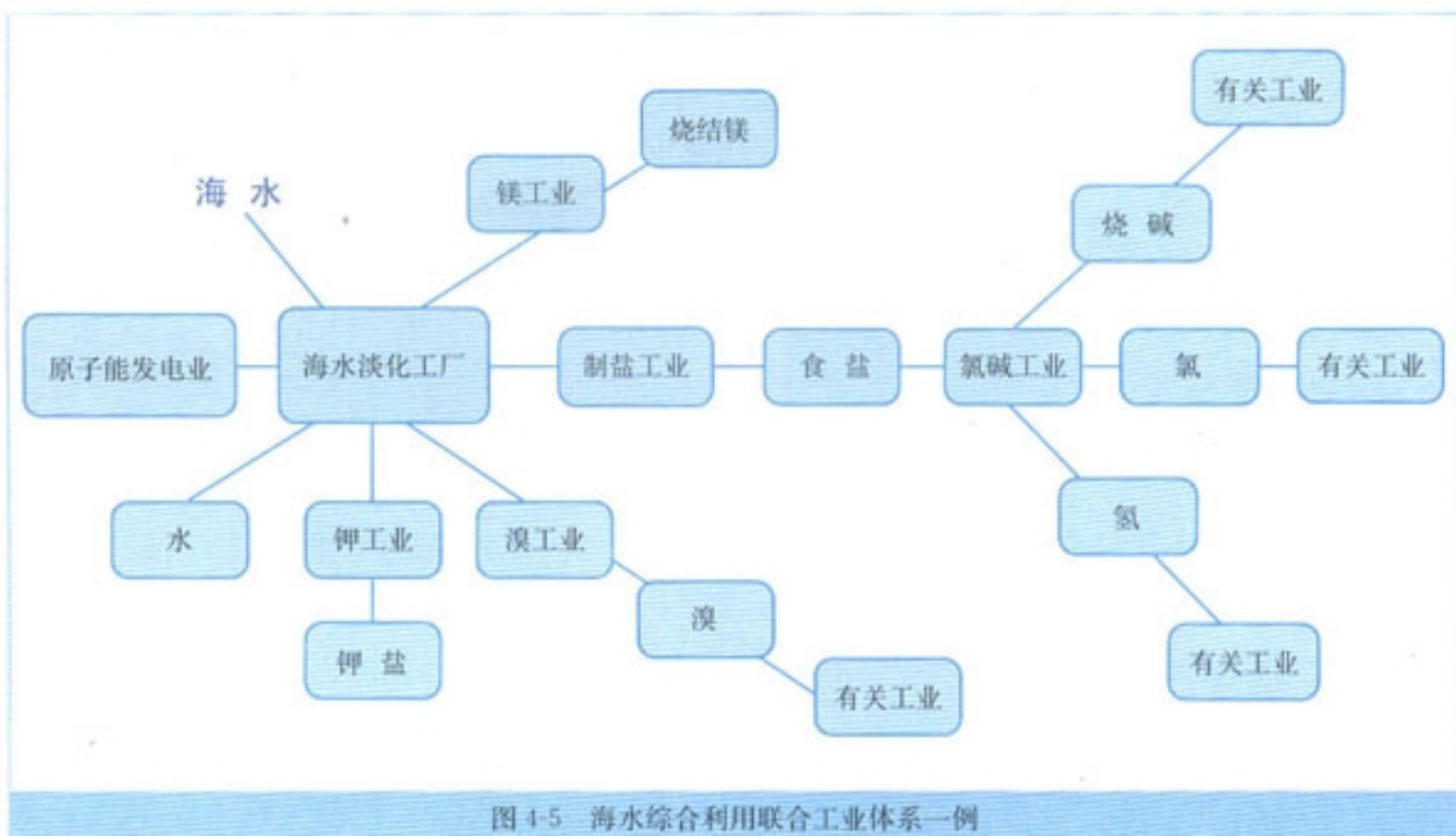


图 4-5 海水综合利用联合工业体系一例

在研究和开发海洋资源时，不能以牺牲环境为代价，也决不应违背可持续发展的原则。

## 科学视野

### 自然资源的开源和节流

缓解当前能源和资源紧张问题的途径无非是开源和节流两个方面。科学技术特别是化学，在这两个方面都能起到决定性的作用。下述两个设想就是典型的例子。

太阳能是一个尚未完全开发的能源。虽然我们早就知道绿色植物可以在温和的条件下，通过光合作用使  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$  转化为葡萄糖，并转化成为纤维素和淀粉等。现在使用的化石能源实际上是地球在远古时代为我们储存的太阳能。因此，仿制和开发一个与植物光合作用相近的化学反应系统，是解决能源问题的研究方向之一。

在节流方面的方案很多，提高机械的微型化程度就是其中之一。设想由功能高分子组成的分子计算机，它可以完成现有计算机的基本功能。据测算，分子计算机所消耗的能量只有现在台式计算机的十亿分之一左右，其节能潜力可见一斑。

上述例子，远远不能概括和勾画科学技术在解决能源问题中的全貌，但是，它们揭示了一个真理，即科学技术是推动人类社会可持续发展的不竭动力。

## 习 题

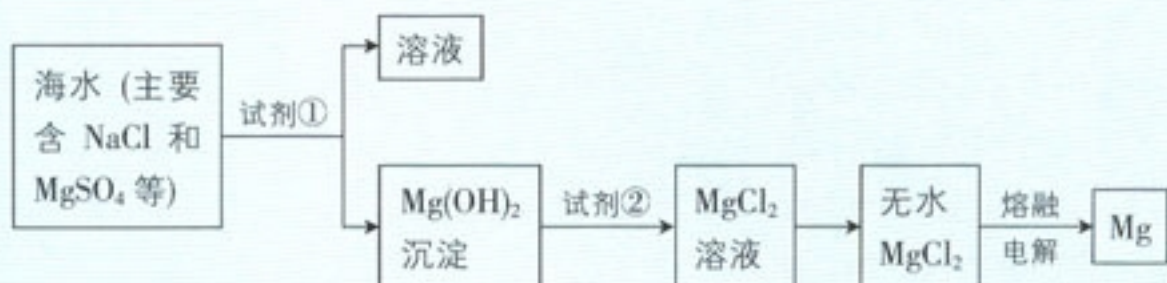
1. 通过典型实例，比较制取金属单质和非金属单质的反应原理，它们有哪些相同点和不同点？

2. 完成下列反应的化学方程式，并指明其中的氧化剂和还原剂。



3. 蓝铜矿的主要成分为  $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ ，当它与焦炭一起加热时，可以生成铜、二氧化碳和水，试写出该反应的化学方程式，并注明其反应类型。

4. 镁及其合金是一种用途很广的金属材料，目前世界上 60% 的镁是从海水中提取的。主要步骤如下：



(1) 为了使  $\text{MgSO}_4$  转化为  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ，试剂①可以选用\_\_\_\_\_，要使  $\text{MgSO}_4$  完全转化为沉淀，加入试剂①的量应\_\_\_\_\_；

(2) 加入试剂①后，能够分离得到  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  沉淀的方法是\_\_\_\_\_；

(3) 试剂②可以选用\_\_\_\_\_；

(4) 无水  $\text{MgCl}_2$  在熔融状态下，通电后会产生  $\text{Mg}$  和  $\text{Cl}_2$ ，该反应的化学方程式为：\_\_\_\_\_。

5. 试写出工业上海水提溴、实验室中海带提碘过程中所发生的主要反应的离子方程式。根据上述事实，关于  $\text{Cl}_2$ 、 $\text{Br}_2$ 、 $\text{I}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}_2$ 、 $\text{SO}_2$  五种物质的氧化性相对强弱，你可以明确得出的结论有哪些？推测下列过程的结果，写出有关反应的化学方程式。

(1) 将氯气通入溴化钠溶液中；

(2) 将溴水加入氟化钠溶液中；

(3) 将氯气通入碘化钠溶液中；

(4) 将碘加入溴化钠溶液中。

6. 工业上以铝土矿（主要成分  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ）为原料生产铝，主要包括下列过程：

(1) 将粉碎、筛选后的铝土矿溶解在氢氧化钠溶液中；

(2) 通入过量二氧化碳使 (1) 所得溶液中析出氢氧化铝固体；



(3) 使氢氧化铝脱水生成氧化铝；

(4) 电解熔融氧化铝生成铝。

请写出上述各有关反应的化学方程式，并推测哪一步转化过程消耗的能量最多，为什么？

7. 某种磁铁矿样品中，含  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  76.0%， $\text{SiO}_2$  11.0%，其他不含铁的杂质 13.0%，计算这种矿样中铁的质量分数。

8. 由金属矿物转变成金属，一般要经过采矿、选矿和冶炼等主要阶段。在这些过程中可能会产生噪音、粉尘和烟雾、有害气体、污染的水、固体废料等环境污染问题。请你查阅有关资料，将这三个主要阶段与相应主要污染以及为减轻和消除污染应采取的措施，按下表进行归纳。

阶段	主要污染	采取的措施和建议
采矿		
选矿		
冶炼		

9. 孔雀石的主要成份为  $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ 。某同学设计从孔雀石中冶炼铜的方案如下：

① 将孔雀石粉碎后加过量的稀硫酸；

② 将反应后的混合物过滤；

③ 向滤液中加入一种金属粉末。

根据上述实验方案，试回答：

(1) 第①步反应中可观察到的现象是什么？

(2) 第③步加入的金属粉末可以是什么？说明理由；

(3) 设计从滤液中获得铜的另外一种方案。

10. 以金红石(主要成分  $\text{TiO}_2$ )为原料生产金属钛的步骤主要有：

(1) 在高温下，向金红石与焦炭的混合物中通入  $\text{Cl}_2$ ，得到  $\text{TiCl}_4$  和一种可燃性气体；

(2) 在稀有气体(如氩)氛围和加热的条件下，用镁与  $\text{TiCl}_4$  反应可得到钛。

请写出上述两步反应的化学方程式，并分析反应(2)时稀有气体氛围的作用。

工业生产需要大量的原料，消耗大量的能源，在得到所需产品的同时产生了大量废气、废水和废渣，处理不当就会污染环境。气候变暖、臭氧层破坏、酸雨和赤潮等全球性和区域性环境问题，正在威胁着人类的生存和发展，保护自然环境已成为实现人类社会可持续发展的重要课题。

### 一、煤、石油和天然气的综合利用

迄今为止，煤、石油、天然气仍是人类使用的主要能源，同时它们也是重要的化工原料。如何实现化石燃料的综合利用，提高利用率，减少化石燃料燃烧所造成的环境污染，是人类面临的重大挑战。

煤 coal

石油 petroleum

天然气 natural gas

#### 1. 从煤、石油和天然气中获得基本化工原料

煤是由有机物和少量无机物组成的复杂混合物，其组成以碳元素为主，还含有少量氢、氧、氮、硫等元素。通过煤的干馏、煤的气化和液化而获得洁净的燃料和多种化工原料，是目前实现煤的综合利用的主要途径。煤的干馏是指将煤隔绝空气加强热使之分解的过程，工业上也叫煤的焦化。从煤干馏产物中可获得重要的化工原料（如表 4-2）。

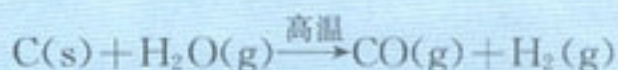
表 4-2 煤干馏的主要产品和用途

产 品		主要成分	用 途
出炉煤气	焦炉气	氢气、甲烷、乙烯、一氧化碳	气体燃料、化工原料
	粗氨水	氨、铵盐	化肥、炸药、染料、医药、农药、合成材料
	粗苯	苯、甲苯、二甲苯	
	煤焦油	苯、甲苯、二甲苯	
		酚类、萘	染料、医药、农药、合成材料
	沥青	筑路材料、制碳素电极	
焦炭	碳	冶金、合成氨造气、电石、燃料	

## 甲烷水合物

甲烷水合物是由甲烷和水组成的固态化合物，可表示为  $\text{CH}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ，甲烷分子处于由多个水分子形成的笼中。其外观像冰，具有可燃性，故又被称为“可燃冰”。甲烷水合物被认为是 21 世纪新型洁净的能源。但是，储量巨大的甲烷水合物的分解和释放，会诱发海底地质灾害，还会加重温室效应。目前，甲烷水合物已经成为各国关注和研究的重要领域，并取得了多项进展。

煤的气化是将其转化为可燃性气体的过程，主要反应是碳与水蒸气反应生成水煤气等。



煤可以直接液化，使煤与氢气作用生成液体燃料；也可以间接液化，先转化为一氧化碳和氢气，再在催化剂作用下合成甲醇等。

天然气是一种清洁的化石燃料。作为化工原料它主要用于合成氨和生产甲醇等。以含一个碳原子的甲烷为原料，通过化学变化形成含两个或多个碳原子的其他有机化合物，是一项具有挑战性的研究课题。

石油是由多种碳氢化合物组成的混合物。由于原油成分复杂，需要先在炼油厂进行精炼。利用原油中各组分沸

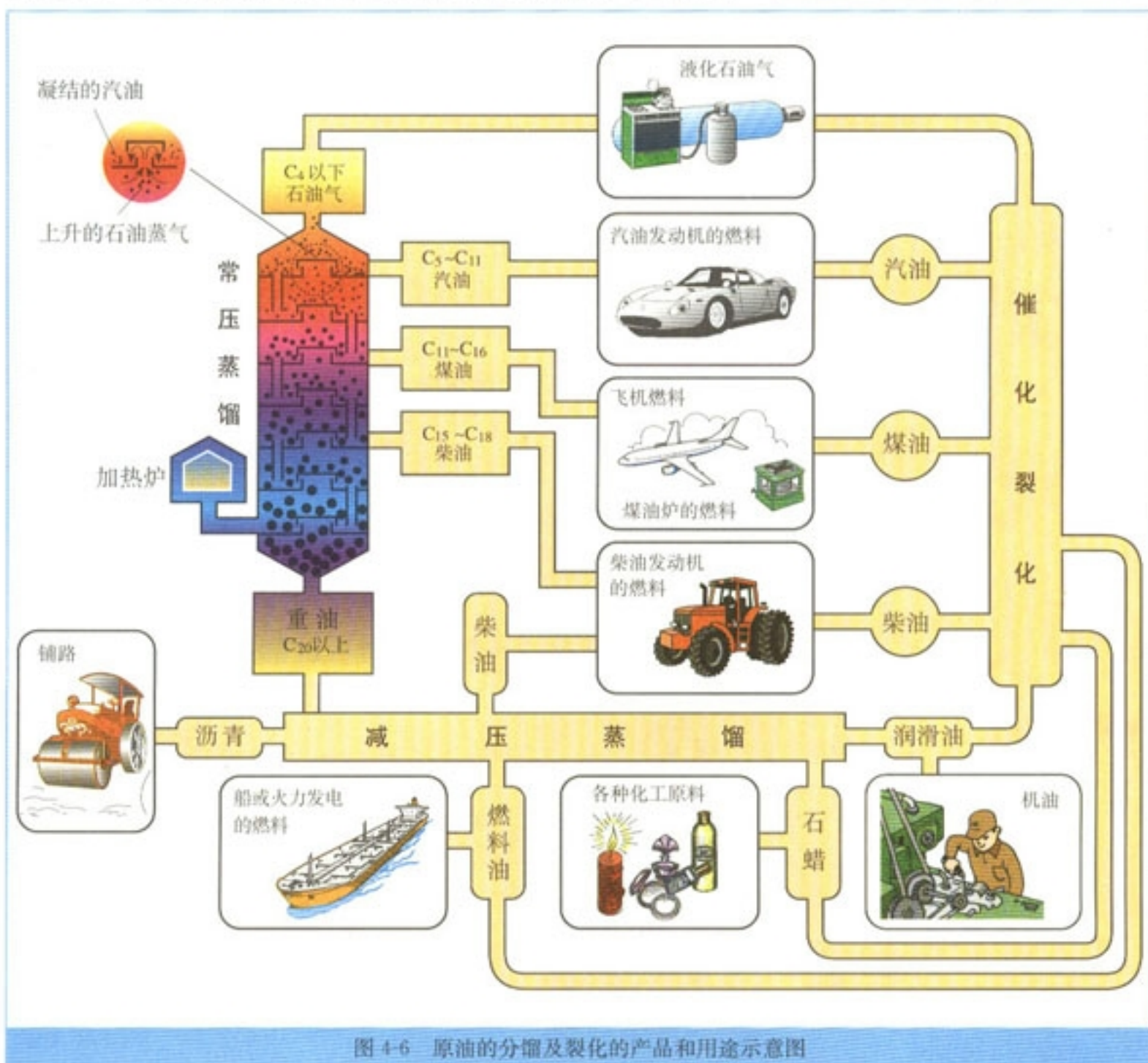
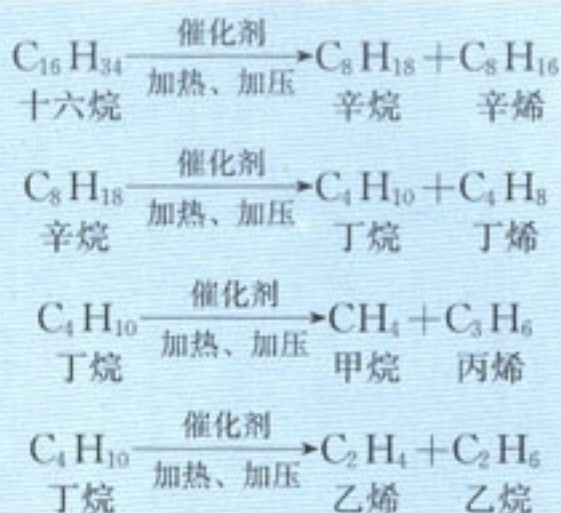


图 4-6 原油的分馏及裂化的产品和用途示意图

点的不同进行分离的过程叫做分馏。

石油经分馏后可以获得汽油、煤油、柴油等含碳原子少的轻质油，但其产量难以满足社会需求，而含碳原子多的重油却供大于求。因此，需要通过催化裂化过程将重油裂化为汽油等，再进一步裂解，可以获得很多重要的化工原料。例如：



通过石油裂化和裂解可以得到乙烯、丙烯、甲烷等重要化工基本原料。另外，石油在加热和催化剂的作用下，可以通过结构的重新调整，使链状烃转化为环状烃，如苯或甲苯等。

裂化 cracking

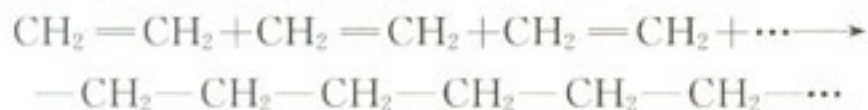
目前，仅有低于10%产量的石油转化为化工、医药等行业的基本原料加以利用，绝大多数的石油作为燃料使用，也有部分用作润滑油、沥青、石蜡等。

## 2. 以煤、石油和天然气为原料生产合成材料

我们熟悉的塑料、合成橡胶和合成纤维这三大合成材料，都主要是以石油、煤和天然气为原料生产的。由这些合成材料制得的种类繁多的产品，在生产和生活中得到广泛地应用。例如，聚乙烯塑料可以用来制造多种包装材料、食品周转箱、农用薄膜等。聚乙烯塑料的主要成分聚乙烯就是由石油裂解产物乙烯通过聚合反应制得的。

塑料 plastic  
合成橡胶 synthetic rubber  
合成纤维 synthetic fiber  
聚合反应 polymerization

我们知道，乙烯分子中的双键可断裂其中的一个而与其他物质发生加成反应。在适当温度、压强和有催化剂存在的条件下，乙烯也可以发生自身加成反应，形成相对分子质量巨大的高分子化合物——聚乙烯：



这个反应还可以用下式简单表示：



图 4-7 聚乙烯颗粒



## 思考与交流

1. 你认为应该限制生产、使用聚苯乙烯塑料快餐盒，还是回收利用？请用必要资料和数据作为论据。

2. 目前，回收利用废旧合成材料有很多途径，请查阅资料了解有哪些途径？并试着从环境保护和经济成本等方面作出评价。

3. 根据碳循环示意图（图 4-10），举出一些化学反应实例，说明循环过程中碳及其化合物之间的转化，讨论这些过程对人类生存、发展的意义和作用。

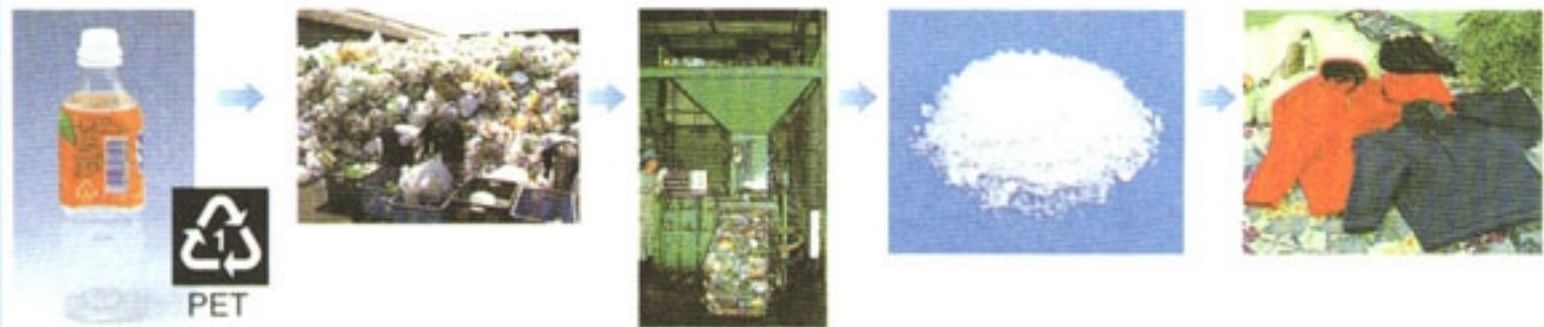


图 4-9 塑料制品的回收和利用

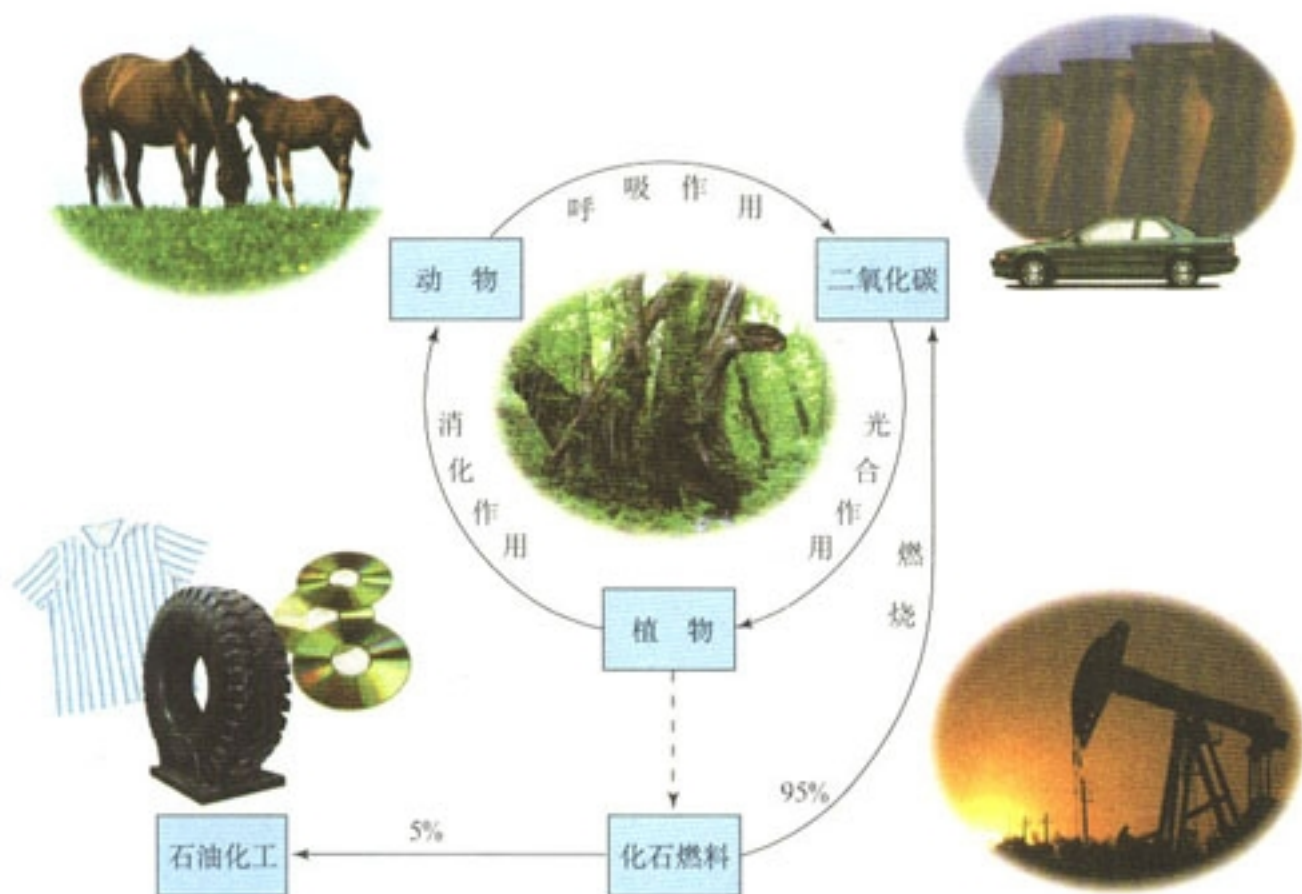


图 4-10 碳循环示意图

壁虎可以在光滑的墙壁上行走，还能吸在天花板上。你猜想这是为什么呢？原来壁虎的脚底长有大量细毛，当接触物体表面时，这些细毛与物体表面的分子产生分子间作用力，而分子间力不太强，这样壁虎就可以行走自如。

壁虎每只脚底大约有 500 000 根极细的刚毛，而每根刚毛末端还有 400~1 000 根细分支，这使得刚毛与附着的物体表面分子非常接近而产生分子间力。你也许还不知道，壁虎四只脚的作用总压力相当于 1.0 MPa。说到这里你想到了什么？

普通的胶水和黏合剂，要等溶剂挥发后才能黏结牢固。而压敏胶黏剂(即时贴)则不同，它同壁虎脚与墙壁间的相互作用原理相似，只需轻轻一压就能黏结牢固，撕下后还不会影响被黏物的表面，可反复使用，非常方便。压敏胶本身要有较强的分子内相互作用力(内聚力)，且应该大于它与被粘物之间的相互作用力(黏附力)，一般选择相对分子质量较大的橡胶或树脂作基料，再加入增黏树脂，就可达到这一要求。这种胶黏剂用途很广，如包装封口用的封箱带、作为文具使用的胶带，还可应用于商品标牌、表面装饰和保护、外科手术用粘贴和包扎等。

## 二、环境保护与绿色化学

通常所说的环境问题，主要是指由于人类不合理地开发和利用自然资源而造成的生态环境破坏，以及工农业生产和人类生活所造成的环境污染。对环境情况的监测、三废的治理、寻找源头治理环境污染的生产工艺等，都是当今化学工作者面临的重要任务。

要了解环境的污染情况，消除和控制污染以及研究污染物的存在、分布和转化规律，就需要对污染物的存在形态、含量等进行分析和鉴定，提供可靠的分析数据。化学工作者正承担着繁重的环境监测工作。

绿色化学 green chemistry



图 4-11 大气环境和水环境监测

除了自然因素外，大气污染物主要来自化石燃料燃烧和工业生产过程产生的废气及其

携带的颗粒物；工业生产中的废水（废液）往往含有复杂的成分，任意排放会导致土壤、水源的污染，需要经过多步处理才能达到排放标准；废渣等固体废弃物的处理兼有减少环境污染和资源回收利用两个重要目的。化学在三废治理方面发挥着重要的作用。

## 思考与交流

1. 硫氧化物和氮氧化物( $\text{NO}_x$ )是形成酸雨的主要物质。工业上常利用它们与一些廉价易得的化学物质发生反应加以控制、消除或回收利用。请举例说明这些方法的化学反应原理和类型。

2. 含氮、磷的大量污水任意排向湖泊、水库和近海海域，会出现水华、赤潮等水体污染问题。你认为在农村和城市造成的这种水体污染各有什么特点，并请查阅资料了解有关的污染及治理情况。

3. 结合实例，分析和说明在化学实验中如何防止可能造成的室内和室外环境的污染。



图 4-12 水华

水中氮、磷过多，造成水中藻类疯长，消耗水中溶解的氧，水体变成浑浊绿色，水质恶化。

我们可以设想，实施清洁生产既能满足人们的物质需求又可以合理使用自然资源，同时可以保护环境。绿色化学的核心就是利用化学原理从源头上减少和消除工业生产对环境的污染。

原子经济 atom economy

简单而言，化学反应就是原子重新组合的过程。因此，按照绿色化学的原则，最理想的“原子经济”就是反应物的原子全部转化为期望的最终产物，这时原子利用率<sup>①</sup>为 100%。

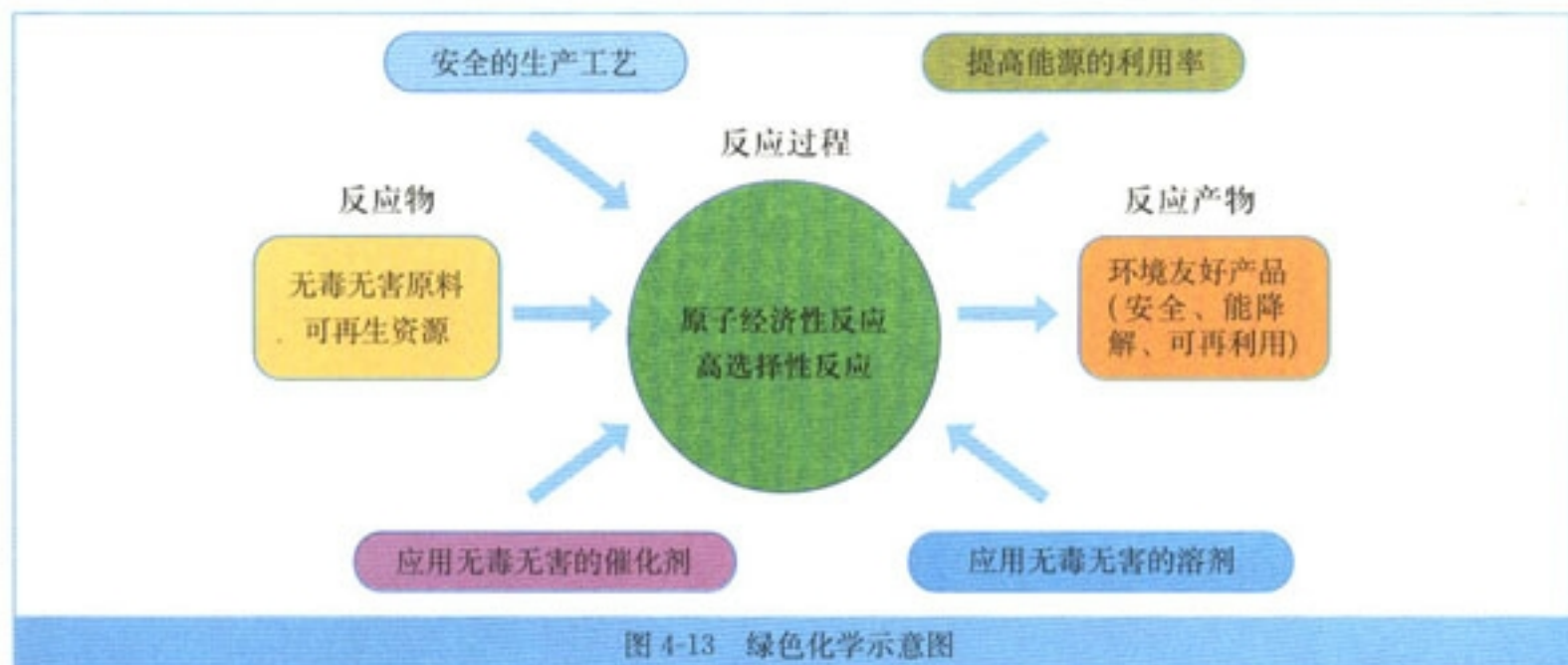


图 4-13 绿色化学示意图

<sup>①</sup> 原子利用率 = 期望产物的总质量与生成物的总质量之比



## 思考与交流

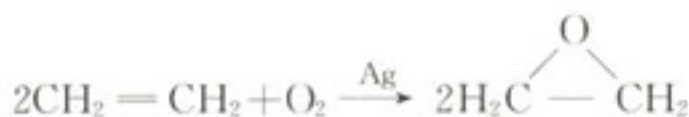
以乙烯为原料生产环氧乙烷，经典的方法是氯代乙醇法，包括以下两步反应：



总的反应可表示为：



现代石油化工采用银作催化剂，可以实现一步完成：



试计算两种生产工艺的原子利用率分别是多少？你还能举出其他原子利用率为100%的化学反应类型和实际例子吗？原子利用率与产率相同吗？仔细分析和体会绿色化学对化学、化工提出了哪些新的挑战？

资源的开发利用和保护环境关系到人类可持续发展，需要全社会的共同努力。我们只有一个地球，环境问题已经成为全球性的问题，需要各国政府和人民共同努力，创造一个清洁、美丽的生活环境，也为我们的子孙后代留下一个良好的生存空间和更加美好的未来。

## 习题



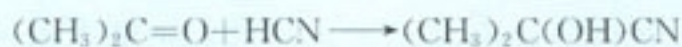
- 通常用来衡量一个国家的石油化学工业发展水平的标志是( )。  
A. 石油的年产量    B. 乙烯的年产量    C. 合成纤维的年产量    D. 硫酸的年产量
- 下列过程属于物理变化的是( )。  
A. 煤的干馏    B. 石油分馏    C. 石油裂化    D. 乙烯聚合
- 石油裂化的目的是( )。  
A. 使长链烃分子断裂为短链烃分子    B. 除去石油中的杂质  
C. 使直链烃转化为芳香烃    D. 提高汽油的产量和质量
- 酸雨的形成主要是由于( )。  
A. 森林遭到乱砍滥伐，破坏了生态环境  
B. 含硫化石燃料的大量燃烧  
C. 大气中二氧化碳的含量增大  
D. 汽车排出大量尾气

5. 我国许多城市已经推广使用清洁燃料，如压缩天然气（CNG）类，液化石油气（LPG）类。这两类燃料的主要成分是（ ）。

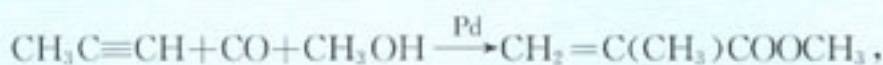
- A. 醇类      B. 一氧化碳      C. 氢气      D. 烃类

6. 甲基丙烯酸甲酯是合成有机玻璃的单体。

旧法合成的反应是：



新法合成的反应是：



与旧法相比，新法的突出优点是（ ）。

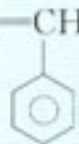
- A. 原料无爆炸危险      B. 原料都是无毒物质  
C. 没有副产物，原料利用率高      D. 对设备腐蚀性小

7. 空气质量已经是政府和公众普遍关注的问题。

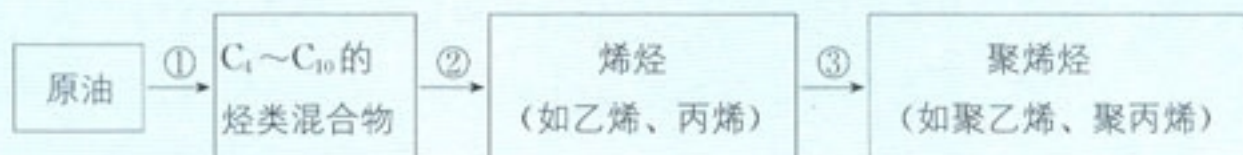
(1) 目前，环保部门监测和公布的大气污染物主要有\_\_\_\_\_；

(2) 在汽油中加入某种含铅化合物可以提高汽油的抗爆性，但我国已明令禁止生产、销售和使用含铅汽油，其主要原因是\_\_\_\_\_；

(3) 控制城镇空气污染可以从哪些方面考虑？举例说明可行的措施。

8. 氯乙烯（ $\text{CH}_2=\text{CHCl}$ ）、苯乙烯（) 分别发生反应生成聚氯乙烯和聚苯乙烯，试写出反应的表达式。

9. 以原油为原料生产聚烯烃的几个步骤如下：



(1) 请写出含有 10 个氢原子的烷烃的分子式；

(2) 第①步得到的烃类混合物中，只含有 7 种不同的物质吗？为什么？请举例说明；

(3) 第③步发生了什么反应？

10. 做饭时使用煤气或液化石油气(主要成分为  $\text{C}_3\text{H}_8$ )作为燃料。写出它们燃烧时的化学方程式\_\_\_\_\_。现有一套以煤气为燃料的灶具，欲改造为烧液化石油气，应采取的措施是\_\_\_\_\_。

11. 20 世纪 70 年代以来，人们逐渐认识到，如果继续过多地依赖石油作为主要能源，迟早会出现严重的能源危机，因此，必须在节约使用的同时，寻找新的替代能源。请回答下列有关的问题：

(1) 以石油为例，请你分析和归纳，作为一种比较好的能源应该具有哪些特点？

(2) 如果用煤、天然气、氢能、生物质能、核能、风能等来替代石油作为主要能源，这样做可能面临或可能带来的主要问题分别是什么？你认为应该怎样做会更好些？

(3) 煤、石油和天然气等化石燃料是应该作为能源使用，还是应该作为原料加工成医药、化工产品？对这样有争议的问题，你的看法是什么？请查阅有关数据和资料说明你的观点。

## 1. 金属矿物的开发利用

除少数金属外，大多数金属以化合物的形式存在于自然界。由金属矿物转变成金属，一般要经过探矿、开采、选矿、冶炼等阶段。金属冶炼的过程，主要是利用金属矿物中的金属离子获得电子变成金属单质所发生的氧化还原反应。

## 2. 海水资源的开发利用

主要指海水水资源和海水化学资源的利用。从海水获得有用的物质和能量具有广阔的前景，但仍然是一个亟待研究的课题。

## 3. 化石燃料的综合利用

煤、石油和天然气是重要的燃料，也是重要的化工原料。

石油的炼制主要有分馏、裂化和裂解等。

煤的综合利用主要有煤的干馏、气化和液化。

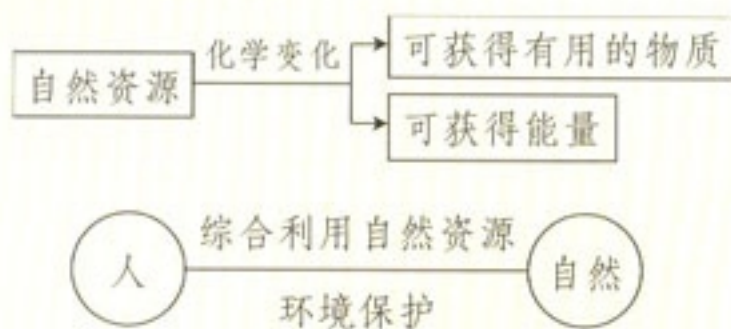
以石油、煤和天然气为原料通过聚合反应可以获得用途广泛的高分子合成材料。

## 4. 绿色化学与环境保护

化学在环境质量监测、环境保护和清洁生产等方面发挥着越来越重要的作用。

结合下图分析在人与自然的关系中，化学所起的作用，体会化学的价值。

### 化学与可持续发展



## 复 习 题

1. 为实现消除碘缺乏症的政府目标, 卫生部门规定食盐必须加碘, 其中的碘以碘酸钾( $\text{KIO}_3$ )形式存在。已知在溶液中  $\text{IO}_3^-$  和  $\text{I}^-$  可发生反应:  $\text{IO}_3^- + 5\text{I}^- + 6\text{H}^+ \longrightarrow 3\text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ 。根据上述反应, 可用试纸和一些生活中常见的物质进行实验, 证明食盐中存在  $\text{IO}_3^-$ 。可供选用的物质有: ①自来水; ②蓝色石蕊试纸; ③碘化钾淀粉试纸; ④淀粉; ⑤食糖; ⑥食醋; ⑦白酒。进行上述实验时必须使用的物质是 ( )。

- A. ①③      B. ③⑥      C. ②④⑥      D. ①②④⑤⑦

2. 一种甲烷水合物晶体中, 平均每 46 个水分子构成 8 个分子笼, 每个分子笼可容纳 1 个甲烷分子或水分子, 若这 8 个分子笼中有 6 个容纳的是甲烷分子, 另外 2 个被水分子填充, 这种可燃冰的平均组成可表示为\_\_\_\_\_。

3. 一氧化氮是大气污染物之一。目前, 有一种治理方法是: 在  $400\text{ }^\circ\text{C}$  左右、有催化剂存在的情况下, 使氨跟一氧化氮反应生成无污染的氮气和水。请写出该反应的化学方程式。

4. 铅丹( $\text{Pb}_3\text{O}_4$ )可作为防锈用涂料, 呈红褐色。

(1) 铅丹可用  $\text{PbO}$  在空气中加热制备, 请写出有关反应的化学方程式;

(2) 铅丹曾用于铁制品防锈, 请举例说明铁制品防锈的其他两种方法;

(3) 铅丹与浓盐酸反应生成  $\text{PbCl}_2$ 、 $\text{Cl}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$ , 请写出反应的化学方程式, 说明如何检验反应中有氯气生成?

5. 汽油是常见的车用燃料, 如果将它作为化工原料开发利用, 则其用途更加广泛。

(1) 每升汽油燃烧时能产生约  $3.5 \times 10^4 \text{ kJ}$  的能量, 汽缸只能将其中的部分能量转化为有用功, 损耗的能量主要转化成了什么?

(2) 由汽油裂解得到的乙烯、丙烯是重要的化工原料, 请写出下列转化反应的化学方程式, 并注明其反应类型:

① 乙烯  $\longrightarrow$  1, 2-二氯乙烷;

② 丙烯  $\longrightarrow$  聚丙烯。

(3) 乙烯、丙烯既可以分别发生反应形成聚合物, 也可以按一定比例相互反应形成聚合物, 请写出这三种聚合物的结构式;

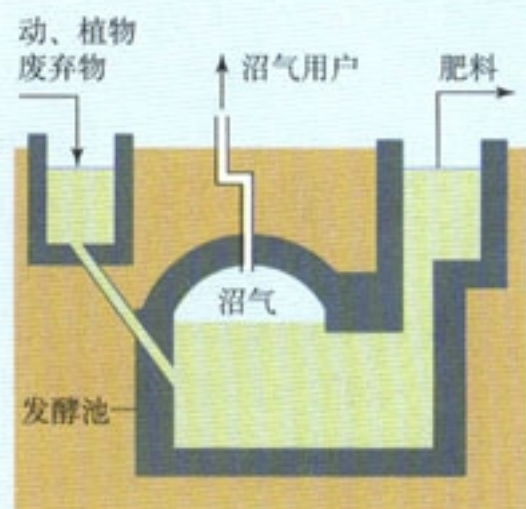
(4) 举例说明上述产品的一些用途。

6. 沼气在我国一些农村有广泛的应用。

在一定的温度、湿度、pH 条件下, 秸秆、杂草、人畜粪便等在沼气池经隔绝空气发酵产生沼气。沼气是一种混合气体, 其中  $\text{CH}_4$  含量约为  $55\% \sim 70\%$ ,  $\text{CO}_2$  含量约为  $45\% \sim 30\%$ 。沼气池中主要发生下列一些变化 (过程不以编号为序):

(1) 沼气细菌将一些有机酸变成甲烷;

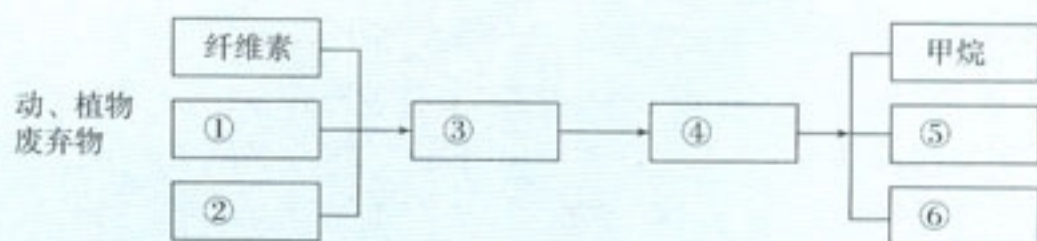
(2) 动、植物废弃物中含有纤维素、蛋白质和脂肪, 细菌



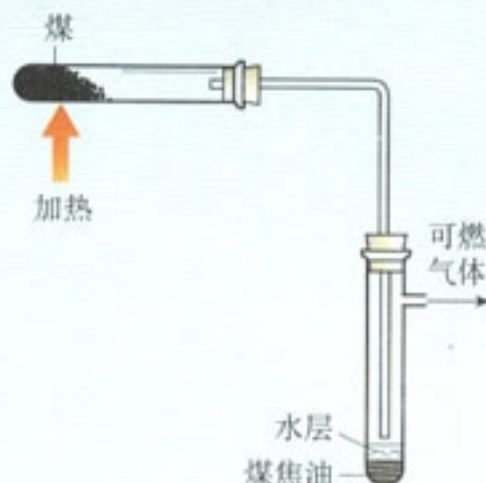
将它们变成可溶性化合物：

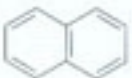
- (3) 成酸菌将这些可溶性化合物转变成有机酸；
- (4) 发酵池中产生的液体是很好的肥料；
- (5) 发酵池中还产生  $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$  等气体。

根据以上描述，将画线部分的物质填入下面图示中的合适位置。



7. 煤的干馏实验如图所示：



- (1) 指出煤干馏后得到的固体、液体和气体分别主要含有什么物质？
- (2) 煤焦油经过分馏可以得到萘 ()，请写出萘的相对分子质量及完全燃烧后的产物；
- (3) 如何证明所得水层中含有氨？若用硫酸回收氨，计算得到的这种化肥中氮的含量；
- (4) 煤干馏会产生  $\text{H}_2\text{S}$  等有害气体，请设计一种方案以使  $\text{H}_2\text{S}$  转化为硫黄，从而化害为利。

\* 8. 通过下列方法可以测定金属锡样品的纯度：

- (1) 将试样溶于盐酸中，发生的反应为：



- (2) 加入过量的  $\text{FeCl}_3$  溶液，发生的反应为：

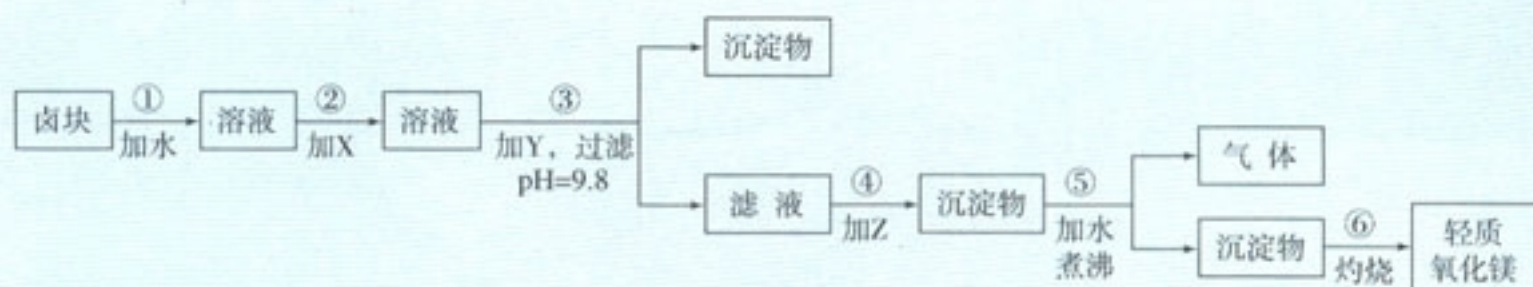


- (3) 用已知浓度的  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  溶液滴定生成的  $\text{Fe}^{2+}$ ，发生的反应为：



现有金属锡样品 0.613 g，经上述各步反应后，共用去 0.100 mol/L  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  溶液 16.0 mL。求试样中锡的质量分数（假定杂质不参加反应）。

\* 9. 卤块的主要成分是  $\text{MgCl}_2$ ，此外还含  $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$  和  $\text{Mn}^{2+}$  等离子。若以它为原料按下图所示工艺流程进行生产，可制得轻质氧化镁。



若要求产品尽量不含杂质，而且生产成本较低，请根据表 1 和表 2 提供的资料，填写空白：

表 1 生成氢氧化物沉淀的 pH

物质	开始沉淀	沉淀完全
$\text{Fe}(\text{OH})_3$	2.7	3.7
$\text{Fe}(\text{OH})_2$	7.6	9.6*
$\text{Mn}(\text{OH})_2$	8.3	9.8
$\text{Mg}(\text{OH})_2$	9.6	11.1

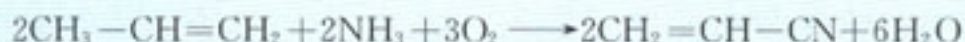
\*  $\text{Fe}^{2+}$  氢氧化物呈絮状，不易从溶液中除去，所以，常将它氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ ，生成  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  沉淀除去。

表 2 原料价格表

物质	价格 / 元 · 吨 <sup>-1</sup>
漂液 (含 25.2% $\text{NaClO}$ )	450
双氧水 (含 30% $\text{H}_2\text{O}_2$ )	2 400
烧碱 (含 98% $\text{NaOH}$ )	2 100
纯碱 (含 99.5% $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )	600

- 在步骤②中加入的试剂 X，最佳的选择是\_\_\_\_\_，其作用是\_\_\_\_\_；
- 在步骤③中加入的试剂应是\_\_\_\_\_；之所以要控制  $\text{pH}=9.8$ ，其目的是\_\_\_\_\_；
- 在步骤④中加入的试剂 Z 应是\_\_\_\_\_；
- 在步骤⑤中发生的反应是\_\_\_\_\_。

10. 腈纶织物广泛地用作衣物、床上用品等。腈纶是由  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CN}$  聚合而成的， $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CN}$  可以由下列反应制得：



丙烯可以由石脑油裂解制得： $\text{C}_{10}\text{H}_{22}\longrightarrow 2\text{C}_3\text{H}_6+\text{X}$

- 写出上述反应式中 X 的名称和分子式或结构简式；
- 合成高分子化合物（如腈纶等）部分地取代了棉、麻等天然材料，为什么前者作为废弃物易产生环境污染，而后者却不会？
- 生物质含有葡萄糖、淀粉和纤维素等糖类，也称碳水化合物，绿色植物将二氧化碳和水变成碳水化合物的过程称为什么？写出由二氧化碳、水变成葡萄糖的化学方程式。

## 结束语

高中化学基础模块的学习即将结束，对于化学中的基本概念、基本原理和基本方法，通过再次的复习、总结将获得全面的提高。它们将成为推动我们继续学习、持续发展的原动力。

相对于现代化学而言，初等化学不过是沧海一粟，但是却是所有化学的基础。对化学元素、化学式、化合价、化学方程式、结构式和与其相关的元素、单质和化合物的性质及应用的学习，使我们对于化学学科的特点——以物质的组成、结构、性质和变化规律为研究对象，有了更为具体、更为全面的了解。这种了解，即所谓的化学视角，是现代人所必须具备的科学素养中的重要组成部分，也是继续学习化学选修模块课程和今后学习高等化学的基础。

人类社会已经进入高科技时代，社会的进步和人民生活质量提高的速度都将是空前的。但是随之而来的资源匮乏、能源短缺、环境质量恶化等问题，将对社会的可持续发展产生不可忽视的重大影响。紧迫感是社会责任感的一种体现，但是紧迫感不应只是带来悲观和不知所措，及类似于“杞人忧天”的心态，还应当从中看到给我们带来的挑战和发挥才能的机会，从而坚定为战胜困难而努力学习和工作的决心与信心。社会发展史和科技发展史表明，科学技术在发展过程中对于社会和自然环境的影响从来都是具有两面性的，而且负面影响往往是促使科学技术进步的最有效的推动力。中国有句古话，“生于忧患，死于安乐”就有这个意思。

化学使我们懂得了，世间万物就其组成而言，不过是百十种化学元素的原子。不同种类的元素以不同数目的原子，按照不同的连接方式搭接而成的分子(化学结构)，使它们有了千差万别的性质。物质的化学变化可以简单地归结为化学组成和结构的变化。化学的特点在于灵巧地利用这种变化来识别、分离未知的物质，以及模仿、设计和合成新物质。这个过程，可以与音乐家用音符在五线谱上谱写乐章、文学家用单词组成流传千古的佳作相媲美。由简单派生出复杂和多样化，这也是科学美之所在！

化学使我们懂得了，在化学变化中，元素是不会改变的，各种原子的数目是恒定的，因此资源匮乏只能是元素的分布发生了变化。例如，原来集中于某个地区的矿产，通过不断地开采和应用，分散到广大的地域中并逐渐成为废弃物(如废弃金属)，以至于失去了作为资源的价值。把分散了的废弃物重新变成资源，只有化学能够迎接这个严峻的挑战。其实，解决环境污染问题也可以沿用类似的思路，把进入大气、水和土壤中的污染物提取出来，变为有用的物质，应当是最理想的方法。从所做过的粗盐提纯实验中，应当体验到这种方法的化学基本原理，当然也会想到，这个思路在目前仍不具备“可行性”。为什么在实验室里提纯食盐是可行的，而回收分散了的金属和提取环境中的污染物却认为是不可行

的呢？因为后者要耗费大量的能源。目前的情况是，能源本身也存在着危机，而且化石能源被认为是主要的大气污染源。所以寻找经济而又清洁的能源将成为解决问题的关键。氢能、核能、风能、潮汐能、地热、太阳能等等，都有待于开发和利用。由于太阳能不仅具有“取之不尽，用之不竭”的特点，而且每天辐射到地球表面的光能大约是地球所耗能量的一万倍左右。学习绿色植物的光合作用、学习胶片的感光能力、研制能够有效地把太阳能转化为电能的光电转化材料和装置，化学和其他科学技术将为解决我们面临的问题作出巨大的贡献。

同学们，你们已经有了必需的化学基础，一定能够从上面所介绍的科学技术发展前景中，体会到化学在未来社会发展中的重要地位。希望你们珍惜自己的学习所得，让它成为继续学习和持续发展的基础。如果你们对化学有着浓厚的兴趣，不妨多选修几个模块的课程，祝你们成功！



# 附录 I

## 相对原子质量表

(按照元素符号的字母次序排列)

元素		相对原子质量	元素		相对原子质量	元素		相对原子质量
符号	名称		符号	名称		符号	名称	
Ac	锕	[227]	Gd	钆	157.25(3)	Po	钋	[209]
Ag	银	107.868 2(2)	Ge	锗	72.64(1)	Pr	镨	140.907 65(2)
Al	铝	26.981 538(2)	H	氢	1.007 94(7)	Pt	铂	195.078(2)
Am	镅	[243]	He	氦	4.002 602(2)	Pu	钷	[244]
Ar	氩	39.948(1)	Hf	铪	178.49(2)	Ra	镭	[226]
As	砷	74.921 60(2)	Hg	汞	200.59(2)	Rb	铷	85.467 8(3)
At	砹	[210]	Ho	钬	164.930 32(2)	Re	铼	186.207(1)
Au	金	196.966 55(2)	Hs	𨧪	[277]	Rf	𨨏	[261]
B	硼	10.811(7)	I	碘	126.904 47(3)	Rg	𨨐	[272]
Ba	钡	137.327(7)	In	铟	114.818(3)	Rh	铑	102.905 50(2)
Be	铍	9.012 182(3)	Ir	铱	192.217(3)	Rn	氡	[222]
Bh	𨭆	[264]	K	钾	39.098 3(1)	Ru	钌	101.07(2)
Bi	铋	208.980 38(2)	Kr	氪	83.798(2)	S	硫	32.065(5)
Bk	𨭅	[247]	La	镧	138.905 5(2)	Sb	锑	121.760(1)
Br	溴	79.904(1)	Li	锂	6.941(2)	Sc	钪	44.955 910(8)
C	碳	12.010 7(8)	Lr	𨭈	[262]	Se	硒	78.96(3)
Ca	钙	40.078(4)	Lu	镥	174.967(1)	Sg	𨧄	[266]
Cd	镉	112.411(8)	Md	𨭑	[258]	Si	硅	28.085 5(3)
Ce	铈	140.116(1)	Mg	镁	24.305 0(6)	Sm	钐	150.36(3)
Cf	锎	[251]	Mn	锰	54.938 049(9)	Sn	锡	118.710(7)
Cl	氯	35.453(2)	Mo	钼	95.94(2)	Sr	锶	87.62(1)
Cm	锔	[247]	Mt	𨭒	[268]	Ta	钽	180.947 9(1)
Co	钴	58.933 200(9)	N	氮	14.006 7(2)	Tb	铽	158.925 34(2)
Cr	铬	51.996 1(6)	Na	钠	22.989 770(2)	Tc	锝	[98]
Cs	铯	132.905 45(2)	Nb	铌	92.906 38(2)	Te	碲	127.60(3)
Cu	铜	63.546(3)	Nd	钕	144.24(3)	Th	钍	232.038 1(1)
Db	𨭄	[262]	Ne	氖	20.179 7(6)	Ti	钛	47.867(1)
Ds	𨭆	[281]	Ni	镍	58.693 4(2)	Tl	铊	204.383 3(2)
Dy	镝	162.500(1)	No	𨭎	[259]	Tm	铥	168.934 21(2)
Er	铒	167.259(3)	Np	镎	[237]	U	铀	238.028 91(3)
Es	𨭇	[252]	O	氧	15.999 4(3)	Uub	𨭑	[285]
Eu	铕	151.964(1)	Os	锇	190.23(3)	V	钒	50.941 5(1)
F	氟	18.998 403 2(5)	P	磷	30.973 761(2)	W	钨	183.84(1)
Fe	铁	55.845(2)	Pa	镤	231.035 88(2)	Xe	氙	131.293(6)
Fm	𨭉	[257]	Pb	铅	207.2(1)	Y	钇	88.905 85(2)
Fr	钫	[223]	Pd	钯	106.42(1)	Yb	镱	173.04(3)
Ga	镓	69.723(1)	Pm	钷	[145]	Zn	锌	65.409(4)
						Zr	锆	91.224(2)

- 注: 1. 相对原子质量录自 2001 年国际原子量表, 以  $^{12}\text{C}=12$  为基准。  
 2. 加方括号的为放射性元素的半衰期最长的同位素的质量数。  
 3. 相对原子质量末尾数的不确定度加注在其后的括号内。

## 附录 II

部分酸、碱和盐的溶解性表(20 °C)

阳离子 \ 阴离子	OH <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
H <sup>+</sup>		溶、挥	溶、挥	溶	溶、挥
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	溶、挥	溶	溶	溶	溶
K <sup>+</sup>	溶	溶	溶	溶	溶
Na <sup>+</sup>	溶	溶	溶	溶	溶
Ba <sup>2+</sup>	溶	溶	溶	不	不
Ca <sup>2+</sup>	微	溶	溶	微	不
Mg <sup>2+</sup>	不	溶	溶	溶	微
Al <sup>3+</sup>	不	溶	溶	溶	—
Mn <sup>2+</sup>	不	溶	溶	溶	不
Zn <sup>2+</sup>	不	溶	溶	溶	不
Fe <sup>2+</sup>	不	溶	溶	溶	不
Fe <sup>3+</sup>	不	溶	溶	溶	—
Cu <sup>2+</sup>	不	溶	溶	溶	不
Ag <sup>+</sup>	—	溶	不	微	不

说明：“溶”表示那种物质可溶于水，“不”表示不溶于水，“微”表示微溶于水，“挥”表示挥发性，“—”表示那种物质不存在或遇到水就分解了。

# 附录 III

## 一些常见元素中英文名称对照表

元素符号	中文名称(拼音)	英文名	元素符号	中文名称(拼音)	英文名
Al	铝(lǚ)	aluminum	Ag	银(yín)	silver
Ar	氩(yà)	argon	Au	金(jīn)	gold
B	硼(péng)	boron	Ba	钡(bèi)	barium
Be	铍(pí)	beryllium	Br	溴(xiù)	bromine
C	碳(tàn)	carbon	Ca	钙(gài)	calcium
Cl	氯(lù)	chlorine	Co	钴(gǔ)	cobalt
Cr	铬(gè)	chromium	Cu	铜(tóng)	copper
F	氟(fú)	fluorine	Fe	铁(tiě)	iron
Ga	镓(jiā)	gallium	Ge	锗(zhě)	germanium
H	氢(qīng)	hydrogen	He	氦(hài)	helium
Hg	汞(gǒng)	mercury	I	碘(diǎn)	iodine
K	钾(jiǎ)	potassium	Kr	氪(kè)	krypton
Li	锂(lǐ)	lithium	Mg	镁(měi)	magnesium
Mn	锰(měng)	manganese	N	氮(dàn)	nitrogen
Na	钠(nà)	sodium	Ne	氖(nǎi)	neon
Ni	镍(niè)	nickel	O	氧(yǎng)	oxygen
P	磷(lín)	phosphorus	Pb	铅(qiān)	lead
Pt	铂(bó)	platinum	Ra	镭(léi)	radium
Rn	氡(dōng)	radon	S	硫(liú)	sulphur
Sc	钪(kàng)	scandium	Se	硒(xī)	selenium
Si	硅(guī)	silicon	Sn	锡(xī)	tin
Sr	锶(sī)	strontium	Ti	钛(tài)	titanium
U	铀(yóu)	uranium	V	钒(fán)	vanadium
W	钨(wū)	tungsten	Xe	氙(xiān)	xenon
Zn	锌(xīn)	zinc			

# 后 记

根据教育部制订的普通高中各科课程标准（实验），人民教育出版社课程教材研究所编写的各学科普通高中课程标准实验教科书，得到了诸多教育界前辈和各学科专家学者的热情帮助和大力支持。在各学科教科书终于同课程改革实验区的师生见面时，我们特别感谢担任教科书总顾问的丁石孙、许嘉璐、叶至善、顾明远、吕型伟、王梓坤、梁衡、金冲及、白春礼、陶西平同志，感谢担任教科书编写指导委员会主任委员的柳斌同志和编写指导委员会委员的江蓝生、李吉林、杨焕明、顾泠沅、袁行霈等同志，感谢担任学科顾问的张青莲、唐有祺、白春礼、武永兴、张健如同志，感谢对本教科书的编写提出修改意见、提供过帮助和支持的严宣申、郑忠斌、陈学英、裴群、刘继群、徐伟念、韩颖、陈新智等专家、学者和教师及社会各界朋友。

我们还要感谢使用本套教材的实验区的师生们。希望你们在使用本套教材的过程中，能够及时把意见和建议反馈给我们，对此，我们将深表谢意。让我们携起手来，共同完成教材建设工作。我们的联系方式如下：

电话：010-58758376

E-mail: jcfk@pep.com.cn

人民教育出版社 课程教材研究所  
化学课程教材研究开发中心

2004年6月

## 谨向为本书提供照片的人士和机构等致谢

1-4、1-5、2-17①③、4-7《现代化学》香港威信出版有限公司/1-6、4-8《化学1》東京書籍/2-5《汽车杂志》汽车杂志社/2-16《科学世界》科学出版社/2-20《科学探索者——化学反应》浙江教育出版社