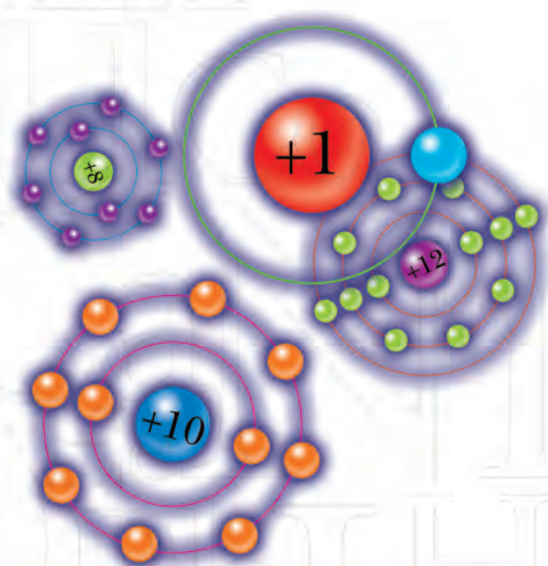


经全国中小学教材审定委员会2004年初审通过
普通高中课程标准实验教科书·化学

化学 2

主编 王祖浩



 江苏凤凰教育出版社

必修

主 编 王祖浩
副 主 编 吴 星 刘宝剑 王云生

本册主编 王祖浩
副 主 编 王云生
编 者 本书编写组

写给同学们的话

亲爱的同学们，欢迎你们学习高中必修课程《化学2》。回顾初中和《化学1》的学习经历，我们有过曲折，但更多的是快乐。虽然只是化学的启蒙，但我们已经初步了解了化学发展的历程，领略了化学科学的魅力，体验了科学探究的乐趣。通过《化学2》的学习，我们将进一步领悟化学博大精深的科学思想，理解化学与人类文明的密切关系，学到更多有趣、有用的化学知识。

化学是什么？著名科学家 R. 布里斯罗在就任美国化学会会长期间撰写了一部经典的著作，名为《化学的今天和明天》。在该书的副标题中，化学被神圣地定义为“一门中心的、实用的、创造性的科学”。

与人类已知的几百万种生物相比，已知的化合物已达数千万种，近来每年化学家创造的新化合物就达 100 万种以上。

物质的结构决定物质的性质，物质的性质关系到物质的用途。时至今日，化学家们积累起来的知识和技术虽能使人们根据需要来设计材料的结构，但难以全部如愿。

化学与制药、石油、橡胶、造纸、建材、钢铁、食品、纺织、皮革等与国民经济息息相关的产业衰荣与共。据统计，大约有50%的工业化学家活跃在这些行业中。

为了保卫地球、珍惜环境，化学家们开创了绿色时代。“绿色化学”正在努力并且已经能够做到：使天空更清洁，使化工厂排放的水与取用时一样干净。

……

千姿百态的物质世界与高度发达的科学技术将一个飞速膨胀的知识系统呈现在我们眼前；而千变万化的自然现象诱发出无数充满好奇的中学生的思维火花。在这“多样”与“变化”的背后，同学们或许已隐隐发现，万物都有其变化的规律，这种规律就是通常所说的学问。高中化学课程将以一种新的方式来展现这些学问。

如果说在初中阶段，我们只是泛舟荡漾在化学的河川之上，为沿途的旖旎风景所倾倒，那么一旦进入高中，我们会发现眼前的河面越发开阔，景色更加优美。扬起风帆，我们将遨游于神奇的化学海洋之中。

我细心观察过今天的高中学生，欣喜地发现，随着时代的进步，同学们的视野更为开阔，思维愈发活跃。教师们常常在为高中生各种新奇的创意与问题惊讶甚至烦恼的同时，不能不从内心叹服他们对化学内涵的深刻理解，以及表现出来的巨大思维潜力。有了如此乐观的基础，在高中化学必修和选修课程的学习过程中，同学们能体验到实验探究的乐趣，掌握科学研究的方法，感受化学在解决人类面临的重大挑战时所作出的贡献。总之，在学习化学基础知识、基本技能的同时，我们应从简单入手，逐步学会解决复杂的问题，学会用化学的眼光和思维去审视我们赖以生存的世界，为日后参与社会决策打下一定的基础，从而获益终身。

《化学2》作为高一年级继《化学1》之后的必修课程，她提供了一系列展现化学学科特点的专题，如微观结构与物质的多样性、化学反应与能量转化、有机化合物的获得与应用、化学科学与人类文明等。在继承科学传统的基础上，本书更好地融合了学生的认知特征和化学学科发展的线索，建构了新的内容体系，阐述了核心的化学概念和原理，揭示了化学与社会发展的相互关系，并以同学们喜欢的风格设计出丰富多彩的探究活动。

不同功能的教材栏目体现了作者的编写理念，有助于同学们学习方式的多样化。

【你知道吗】引导同学们回顾已有知识，在新旧知识之间架起“桥梁”，联系自己原有的经验，激发探究的欲望。

【活动与探究】引领同学们积极投身实践活动，在“做中学”的自主探究中享受发现的快乐。

【交流与讨论】设置了一系列的问题情境，引导同学们展开讨论，为充分表现大家的聪明才智和丰富的想象力提供机会。

【观察与思考】展示的实验、模型、图表中蕴涵深刻的化学道理，帮助同学们开启化学思维。

【问题解决】在教材阐述的化学原理、规律之后插入相关的问题，考查同学们知识迁移和解决问题的能力。

【信息提示】以简洁的语言介绍化学的核心概念、基本原理、物质性质和技能方法等。

【拓展视野】、【资料卡】提供更多、更生动的素材，使同学们在完成必要的学习任务之余开拓视野，进一步领略化学的奇妙和魅力。

【整理与归纳】将每个专题的核心知识、思想方法整合，形成结构体系，既展现本专题教材建构的思路，又提炼出基本的知识点，帮助学生理解教材、把握重点。

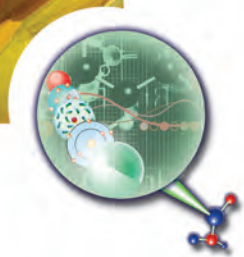
【回顾与总结】提示同学们参照所给的问题或线索整理知识，以问题的形式联系本专题重点的知识、技能和方法，增加自我反思和评价的力度。

【练习与实践】帮助同学们巩固知识，应用知识解决某些实际问题。

化学，伴随我们一生的科学。在过去的岁月中，我们渴望了解化学，为此我们有过喜悦，也有过失望，但探索的步伐一直没有停歇。今天，当我们以一种新的姿态来学习化学、理解化学时，我们眼中的物质世界将会变得更加美好！让我们充满信心，用智慧和勤奋去努力地完成高中阶段化学必修课程的学习任务，登上更高的台阶。

王祖浩

2014年春



专题1 微观结构与物质的多样性 1

- 2 第一单元 原子核外电子排布与元素周期律
- 12 第二单元 微粒之间的相互作用力
- 18 第三单元 从微观结构看物质的多样性



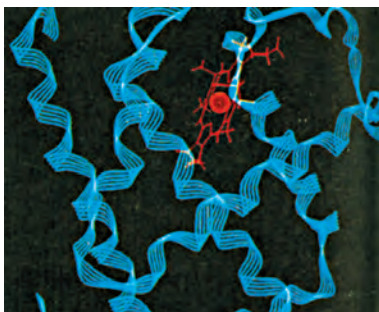
专题2 化学反应与能量转化 29

- 30 第一单元 化学反应速率与反应限度
- 34 第二单元 化学反应中的热量
- 40 第三单元 化学能与电能的转化
- 47 第四单元 太阳能、生物质能和氢能的利用

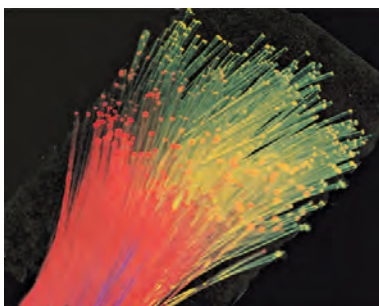


专题3 有机化合物的获得与应用 57

- 58 第一单元 化石燃料与有机化合物
69 第二单元 食品中的有机化合物
80 第三单元 人工合成有机化合物

**专题4** 化学科学与人类文明 91

- 92 第一单元 化学是认识 and 创造物质的科学
99 第二单元 化学是社会可持续发展的基础



附录 I 相对原子质量表 107
附录 II 中英文名词对照表 108
元素周期表





微观结构与物质的多样性

■ 第一单元

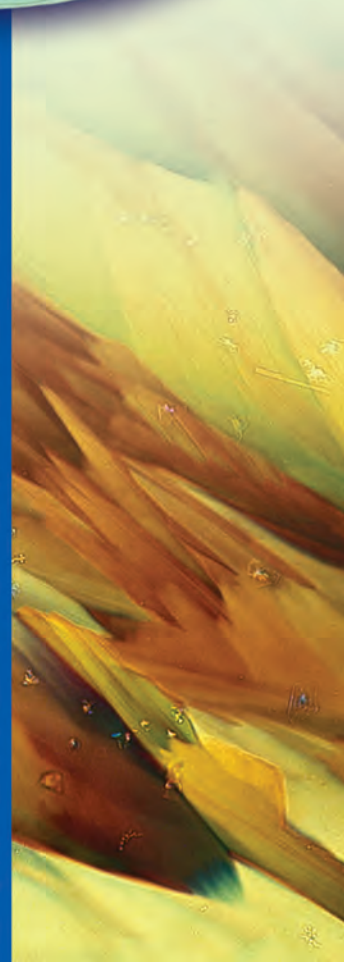
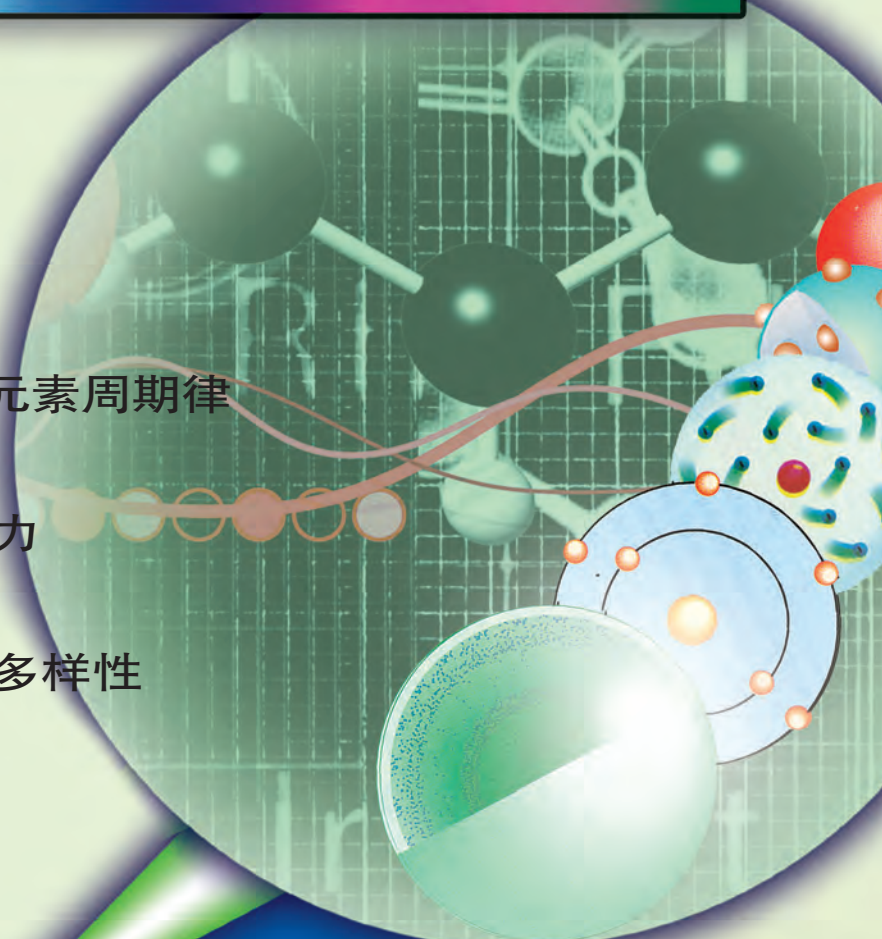
原子核外电子排布与元素周期律

■ 第二单元

微粒之间的相互作用力

■ 第三单元

从微观结构看物质的多样性



我们已经知道,不同元素原子核外电子的数目各不相同。科学家运用多种方法研究原子核外电子的运动状态,揭示了原子核外电子的排布规律。本单元我们将讨论元素原子核外电子的排布,认识元素性质与原子结构的关系。

原子核外电子的排布



你知道吗

观察图1-1、1-2所示的元素原子结构示意图。你能发现随着元素核电荷数的递增,元素原子核外电子的排布有什么规律吗?

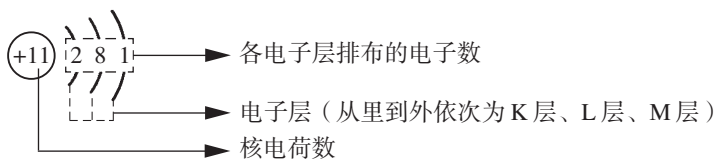


图 1-1 钠原子结构示意图

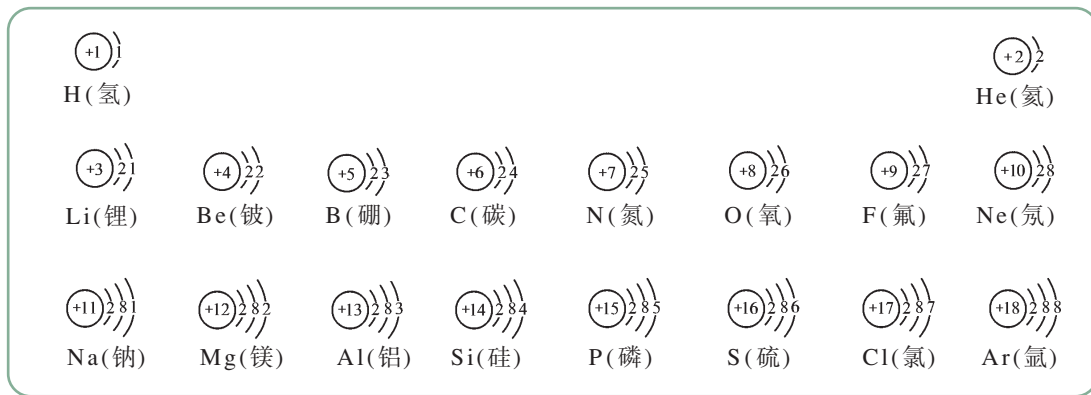


图 1-2 核电荷数为 1~18 的元素原子结构示意图

经过长期研究,人们发现,含多个核外电子的原子中,电子运动的主要区域离核有远有近,在离核较近的区域运动的电子能量较低,在离核较远的区域运动的电子能量较高,可以认为电子在原子核外是分层排布的。人们把核外电子运动的不同区域看成不同的电子层(electron shell),各电子层由内向外的序数 n 依次为1、2、3、4、5、6、7……分别称为K、L、M、N、O、P、Q……电子层。例如,钠原子核外的11个电子分别处于K、L、M电子层中,排布在最外电子层(M层)的1个电子能量最高。

原子核外各电子层最多能容纳的电子数是一定的。科学研究表明,电子在原子核外排布时,总是尽量先排在能量最低的电子层里,即最先排布K层,当K层排满后,再排L层等。

交流与讨论



观察分析表1-1所示稀有气体元素的原子核外电子排布，与同学讨论下列问题。

表 1-1 稀有气体元素的原子核外电子排布

元素	各电子层的电子数					
	K	L	M	N	O	P
${}_2\text{He}$ (氦)	2					
${}_{10}\text{Ne}$ (氖)	2	8				
${}_{18}\text{Ar}$ (氩)	2	8	8			
${}_{36}\text{Kr}$ (氪)	2	8	18	8		
${}_{54}\text{Xe}$ (氙)	2	8	18	18	8	
${}_{86}\text{Rn}$ (氡)	2	8	18	32	18	8

1. 从稀有气体元素的原子核外电子排布可知, K、L、M、N电子层最多能容纳的电子数依次是多少? 请由此推出原子核外各电子层最多能容纳的电子数和电子层序数 n 的关系。

2. 各稀有气体元素原子中最外电子层最多能容纳的电子数是多少? 次外电子层最多能容纳的电子数是多少?

以上分析说明, 原子核外各电子层最多能容纳的电子数为 $2n^2$, 最外电子层最多只能容纳 8 个电子 (K 层为最外层时最多只能容纳 2 个电子)。稀有气体元素原子中最外电子层都已经填满, 形成了稳定的电子层结构。

元素周期律

分析核电荷数为 1 ~ 18 的元素原子核外电子排布可以发现, 随着元素核电荷数的递增, 元素原子最外层电子的排布呈现周期性变化, 除 H、He 元素外, 最外层电子上的电子数重复出现从 1 递增到 8 的变化。

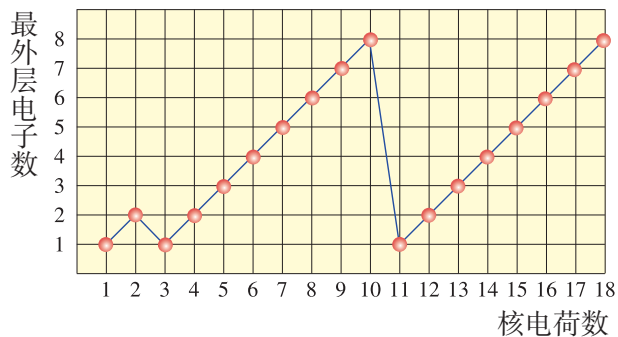


图 1-3 核电荷数为 1 ~ 18 的元素原子最外层电子数



交流与讨论

人们按核电荷数由小到大的顺序给元素编号,这种编号叫做原子序数。元素的原子序数在数值上等于该元素原子的核电荷数。

表 1-2 是原子序数为 3~9 和 11~17 元素的原子半径数值。请与同学讨论,随着元素核电荷数的递增,元素的原子半径有怎样的变化规律?

表 1-2 原子序数为 3~9 和 11~17 元素的原子半径

3~9号 元素	₃ Li(锂)	₄ Be(铍)	₅ B(硼)	₆ C(碳)	₇ N(氮)	₈ O(氧)	₉ F(氟)
原子半径 /pm	152	111	88	77	70	66	64
11~17号 元素	₁₁ Na(钠)	₁₂ Mg(镁)	₁₃ Al(铝)	₁₄ Si(硅)	₁₅ P(磷)	₁₆ S(硫)	₁₇ Cl(氯)
原子半径 /pm	186	160	143	117	110	104	99

注: $1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$ 。

1. 以横坐标表示元素原子核外最外层电子数,以纵坐标表示原子半径,将上表中有关原子半径的数据表示在图 1-4 所示的坐标系中,再分别把表示 3~9 号元素、11~17 号元素原子半径数据的点用光滑曲线连接起来。

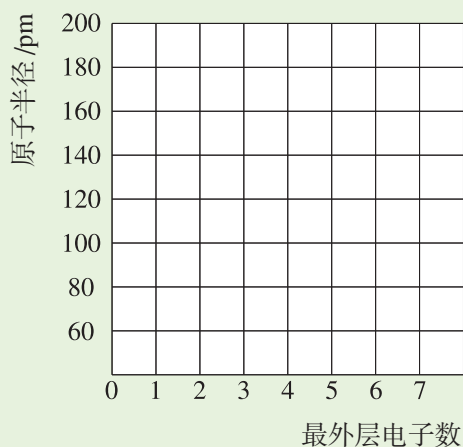


图 1-4 3~9、11~17 号元素原子的最外层电子数与原子半径

2. 分析图中曲线可以发现,3~9 号元素及 11~17 号元素随着核电荷数的递增,原子半径的变化规律是_____。

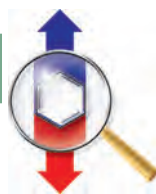
随着元素原子序数的递增,元素原子最外层电子的排布和元素的原子半径(除稀有气体元素外)呈现周期性变化。那么,元素的性质是否有相应的周期性变化规律呢?

信息提示

元素的金属性与非金属性强弱

人们在长期的研究中发现,元素的单质和化合物的某些性质有助于判断元素的金属性、非金属性强弱:通常情况下,元素的金属性越强,它的单质越容易从水或酸中置换出氢,该元素最高价氧化物的水化物的碱性越强;元素的非金属性越强,它的单质越容易与氢气反应形成气态氢化物,气态氢化物越稳定,该元素最高价氧化物的水化物的酸性越强。

活动与探究



探究活动 1 进行下列实验,探究钠、镁、铝单质的金属性强弱。

【实验 1】切取绿豆般大小的一小块金属钠,用滤纸吸干其表面的煤油。在一只 250 mL 烧杯中加入少量的水,在水中滴加两滴酚酞溶液,将金属钠投入烧杯中,观察并记录实验现象。

【实验 2】将已用砂纸打磨除去氧化膜的一小段镁条放入试管中,向试管中加入适量的水,再向水中滴加两滴酚酞溶液,观察实验现象。然后加热试管,观察并记录实验现象。

【实验 3】在两支试管中,分别放入已用砂纸打磨除去氧化膜的一小段镁条和一小块铝片,再向试管中各加入 $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸 2 mL,观察并记录实验现象。

表 1-3 探究钠、镁、铝单质的金属性强弱

实验 \ 物质		Na	Mg	Al
与水的反应	与冷水反应			—
	与热水反应	—		—
与盐酸反应		—		

钠、镁、铝金属性强弱的顺序是_____。

探究活动2 阅读并分析表1-4, 根据硅、磷、硫、氯元素的气态氢化物的形成条件和气态氢化物的热稳定性, 探究硅、磷、硫、氯元素的非金属性强弱。








表 1-4 硅、磷、硫、氯元素的气态氢化物

元素	$_{14}\text{Si}$	$_{15}\text{P}$	$_{16}\text{S}$	$_{17}\text{Cl}$
单质与氢气的反应	高温下反应	磷蒸气与氢气能反应	加热时反应	光照或点燃时发生爆炸而化合
气态氢化物的化学式	SiH_4	PH_3	H_2S	HCl
最低化合价	- 4	- 3	- 2	- 1
气态氢化物的热稳定性	不稳定	不稳定	受热分解	稳定

按硅、磷、硫、氯元素的顺序, 从硅元素到氯元素, 随着元素核电荷数的递增, 气态氢化物的热稳定性如何变化? 硅、磷、硫、氯元素的非金属性如何变化?

探究活动3 阅读并分析表1-5, 根据11~17号元素最高价氧化物的水化物的酸碱性, 结合表1-4, 探究元素的金属性和非金属性的强弱变化规律以及元素的最高化合价和最低化合价(在气态氢化物中的化合价)的递变规律。

表 1-5 原子序数为 11 ~ 17 的元素最高价氧化物的水化物

元素	$_{11}\text{Na}$	$_{12}\text{Mg}$	$_{13}\text{Al}$	$_{14}\text{Si}$	$_{15}\text{P}$	$_{16}\text{S}$	$_{17}\text{Cl}$	
原子结构示意图								
最高价氧化物的水化物	化学式	NaOH	$\text{Mg}(\text{OH})_2$	$\text{Al}(\text{OH})_3$	H_4SiO_4	H_3PO_4	H_2SO_4	HClO_4
	最高化合价	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5	+ 6	+ 7
	酸碱性强弱	强碱	中强碱	两性氢氧化物	弱酸	中强酸	强酸	酸性更强

(1) 11~17号元素最高价氧化物的水化物的酸碱性强弱的变化规律是_____;

11~17号元素的金属性和非金属性强弱的变化规律是_____。

(2) 11~17号元素的最高化合价和最低化合价的变化规律是_____;

11~17号元素的最高化合价和最低化合价的数值与原子核外最外层电子数的关系是_____。

更多的研究表明,随着元素核电荷数的递增,元素的原子半径(除稀有气体元素外)、元素的金属性和非金属性、元素的主要化合价(最高化合价与最低化合价)都呈现周期性变化。

元素的性质随着元素核电荷数的递增而呈周期性变化的规律叫做**元素周期律**(the periodic law of elements)。元素周期律是元素原子核外电子排布随着元素核电荷数的递增发生周期性变化的必然结果。

元素周期表及其应用

人们把已经发现的元素按一定的规则排列成元素周期表(如图1-5)。元素周期表直观地反映了元素的性质随着核电荷数的递增呈周期性变化的规律。

1	2											3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20																																																																	
H 氢 1.008	He 氦 4.003											K 钾 39.10	Ca 钙 40.08	Sc 钪 44.96	Ti 钛 47.87	V 钒 50.94	Cr 铬 52.00	Mn 锰 54.94	Fe 铁 55.85	Co 钴 58.93	Ni 镍 58.69	Cu 铜 63.55	Zn 锌 65.41	Ga 镓 69.72	Ge 锗 72.64	As 砷 74.92	Se 硒 78.96	Br 溴 79.90	Kr 氪 83.80	Rb 铷 85.47	Sr 锶 87.62	Y 钇 88.91	Zr 锆 91.22	Nb 铌 92.91	Mo 钼 95.94	Tc 锝 [98]	Ru 钌 101.1	Rh 铑 102.9	Pd 钯 106.4	Ag 银 107.9	Cd 镉 112.4	In 铟 114.8	Sn 锡 118.7	Sb 锑 121.8	Te 碲 127.6	I 碘 126.9	Xe 氙 131.3	Cs 铯 132.9	Ba 钡 137.3	La-Lu 镧系										Hf 铪 178.5	Ta 钽 180.9	W 钨 183.8	Re 铼 186.2	Os 锇 190.2	Ir 铱 192.2	Pt 铂 195.1	Au 金 197.0	Hg 汞 200.6	Tl 铊 204.4	Pb 铅 207.2	Bi 铋 209.0	Po 钋 [209]	At 砹 [210]	Rn 氡 [222]	Ra 镭 [226]	Fr-Lr 锕系										Rf 钨 [261]	Db 𨭎 [262]	Sg 𨭉 [266]	Bh 𨭊 [264]	Hs 𨭋 [277]	Mt 𨭌 [268]	Uun [271]	Uuu [272]	Uub [285]
57 La 镧 138.9		58 Ce 铈 140.1		59 Pr 镨 140.9		60 Nd 钕 144.2		61 Pm 钷 [145]		62 Sm 钐 150.4		63 Eu 铕 152.0		64 Gd 钆 157.3		65 Tb 铽 158.9		66 Dy 镝 162.5		67 Ho 铥 164.9		68 Er 铒 167.3		69 Tm 铥 168.9		70 Yb 镱 173.0		71 Lu 镥 175.0																																																																		
89 Ac 锕 [227]		90 Th 钍 232.0		91 Pa 镤 231.0		92 U 铀 238.0		93 Np 镎 [237]		94 Pu 钚 [244]		95 Am 镅 [243]		96 Cm 锔 [247]		97 Bk 锫 [247]		98 Cf 锿 [251]		99 Es 镄 [252]		100 Fm 镆 [257]		101 Md 镅 [258]		102 No 镎 [259]		103 Lr 铹 [262]																																																																		

图 1-5 元素周期表



交流与讨论

仔细阅读研究图 1-5 所示的元素周期表，与同学交流讨论下列问题。

1. 在元素周期表中，每个横行称为周期。在元素周期表中共有多少个周期？每个周期各有多少种元素？

在元素周期表中，每个纵行称为族。元素周期表中有哪些族？

2. 找出氮、硫、钠、铝、氦等元素在元素周期表中的位置（所在的周期和族），分析这些元素的原子核外电子层数、最外层电子数和元素所在的周期序数的关系。除氦元素外，其他各元素原子的最外层电子数与该元素所在的族序数有什么关系？

元素周期表中共有 7 个周期，1~3 周期是短周期，4~7 周期是长周期，第 7 周期由于还有尚待发现的元素，又称为不完全周期。

在元素周期表中，IA~VIIA 族是主族元素，主族和 0 族由短周期元素、长周期元素共同构成；IB~VII B 族是副族元素，副族和 VIII 族完全由长周期元素构成。

元素周期表是元素周期律的具体表现形式。同一周期元素（稀有气体元素除外）的原子，核外电子层数相同，随着核电荷数的递增，最外层电子数逐渐增加，原子半径逐渐减小，元素的原子得到电子的能力逐渐增强，失去电子的能力逐渐减弱。因此，同一周期的元素（稀有气体元素除外），从左到右金属性逐渐减弱，非金属性逐渐增强。



活动与探究

1. 阅读表 1-6，从 VII A 族元素气态氢化物形成的难易程度和热稳定性看，你认为 VII A 族元素非金属性强弱变化有什么规律？

表 1-6 VII A 族元素气态氢化物的形成和热稳定性

元素 气态 氢化物	F	Cl	Br	I
形成的 难易程度	H ₂ 与F ₂ 混合，在冷暗处剧烈化合并发生爆炸	H ₂ 与Cl ₂ 混合，光照或点燃时发生爆炸	H ₂ 与Br ₂ 混合，加热时化合	H ₂ 与I ₂ 混合，加热时化合，同时又分解
组成	HF	HCl	HBr	HI
热稳定性	很稳定	稳定	较稳定	较不稳定

2. 试分析同一主族元素的金属性和非金属性随元素核电荷数的增加发生的变化。

同一主族元素的原子最外层电子数相同，随着核电荷数的增大，电子层数逐渐增加，原子半径逐渐增大，原子失去电子的能力逐渐增强，获得电子的能力逐渐减弱，元素的金属性逐渐增强，非金属性逐渐减弱。

问题解决



利用图 1-6 表示元素周期表中元素金属性、非金属性的递变规律，完成下列各题。

1. 在图中 4 个箭头旁的方框中分别用简要的文字说明元素金属性和非金属性的递变规律。
2. 在图中适当位置写出金属性最强的元素和非金属性最强的元素的符号（放射性元素除外）。
3. 指出图中虚线右上方、左下方区域的元素是金属元素还是非金属元素。
4. 图中临近虚线两侧的元素既表现出一定的金属性，又表现出一定的非金属性。这给了我们什么启示？

族 \ 周期		族						
		IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA
1 2 3 4 5 6 7								

图 1-6 元素周期表中元素金属性、非金属性的递变

元素的原子结构决定了元素在周期表中的位置，而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特点。因此，我们可以根据元素在周期表中的位置，推测元素的原子结构，预测其主要性质。元素周期表能帮助我们更好地学习和研究化学。

元素周期表中位置相近的元素性质相似，人们可以借助元素周期表研究合成有特定性质的新物质。例如，在金属和非金属的分界线附近寻找半导体材料（如锗、硅、硒等），在过渡元素（副族和Ⅷ族元素）中寻找各种优良的催化剂（如广泛应用于石油化工生产中的催化剂铂、镍等）和耐高温、耐腐蚀的合金材料（如用于制造火箭和飞机的钛、钨等）。

元素周期表不仅对元素进行了分类，也揭示了一系列的科学观念，如结构决定性质、量变引起质变、复杂现象中蕴涵着简洁的规律等，这对化学科学的发展起到了积极的推进作用。



图 1-7 门捷列夫 (Д. И. Менделеев, 1834—1907)

门捷列夫与元素周期律

在前人研究元素分类的基础上,1869年俄国化学家门捷列夫经过研究提出了元素周期律——元素的性质随着元素原子量(相对原子质量)的递增而呈周期性变化的规律,并列出了第一张元素周期表,这就是现代元素周期表的雏形。门捷列夫在表中为尚未被发现的元素留下了空格,并预言了这些元素的存在及它们的性质。他还指出当时公认的某些元素的原子量(相对原子质量)数据是不准确的,应重新测定。

1875年以后,门捷列夫关于类铝(镓)、类硼(钪)、类硅(锗)等元素性质的预言先后得到证实,元素周期表的空白不断被填补。元素周期律逐渐成为化学家研究元素及其化合物不可缺少的工具,也为他们探索发现新元素提供了思路。

20世纪,物质结构理论的发展进一步揭示了元素性质随着原子序数的递增而呈现周期性变化的本质原因。

练习与实践

- 随着原子序数的递增,下列说法中正确的是()
 - 最外层电子数逐渐增多
 - 原子半径逐渐减小
 - 元素的主要化合价逐渐增加
 - 元素的化合价、原子半径、最外层电子数、得失电子能力、金属性与非金属性呈周期性变化
- 与主族元素在元素周期表中所处的位置有关的是()
 - 相对原子质量
 - 核内中子数
 - 次外层电子数
 - 电子层数和最外层电子数
- 下列说法中错误的是()
 - 钠的金属性比镁强
 - 溴的非金属性比氯强
 - 硝酸的酸性比磷酸弱
 - 水的热稳定性比氨强
- 下列说法中错误的是()
 - 元素周期表中有7个主族、7个副族
 - 稀有气体元素原子的最外层电子数均为8
 - 氢是原子半径最小的元素
 - 氧元素位于第2周期ⅥA族

5. 根据元素周期表回答下列问题:

- (1) 金属性最强的元素是_____，非金属性最强的元素是_____。
- (2) 第3周期中，原子半径最小的元素是_____，非金属性最强的元素是_____。
- (3) VII A族中，原子半径最大的元素是_____，非金属性最弱的元素是_____。
- (4) 铷、氯、锗三种元素中，适合作半导体材料的是_____。

6. 对照元素周期表，找出下列元素在元素周期表中的位置，指出其中的主族元素，并推测它们的原子结构。

- (1) 地壳中含量较大的三种元素；
- (2) 人体组织中的三种常量元素；
- (3) 人体必需的两种微量元素。

7. 有A、B、C三种元素，已知B和A形成的化合物BA中，A的化合价为-1，B和C形成化合物B₂C，A、B、C离子的核外电子总数都是18。

- (1) 写出各元素的符号：A_____，B_____，C_____。
- (2) 写出A单质与B的最高价氧化物对应水化物反应的化学方程式：_____。

8. 有A、B、C、D、E五种金属元素。在相同条件下，B的最高价氧化物对应水化物的碱性比A的最高价氧化物对应水化物的碱性强；A、B都可以从C盐溶液中置换出C；D与冷水剧烈反应并放出氢气；A、B、C、E四种金属分别投入盐酸中，只有E不放出氢气。则这五种金属元素的金属性由强到弱的顺序是_____。

9. 镧系元素和钇元素通常被称为稀土元素，它们的化学性质十分相似，多共生在同一矿物中。稀土元素在地壳中分布稀少，但应用广泛。我国是稀土元素资源大国，储量约占世界总储量的80%。

- (1) 请找出镧系元素和钇元素在元素周期表中的位置。
- (2) 通过上网或查找图书资料，了解稀土元素的应用，以及我国在稀土元素资源开发和利用上的成就。

构成物质的微粒有原子、离子和分子等。不同的物质含有不同的微粒，这些微粒间通过一定的作用力彼此结合。例如，氯化钠和氧化镁这样的化合物是由阴、阳离子构成的，离子间存在着强烈的相互作用；氯气是由许多氯分子聚集而成的，每个氯分子又是由两个氯原子结合而成的，氯分子中两个氯原子间存在着强烈的相互作用；金刚石是由许多碳原子彼此结合形成的空间网状晶体，直接相邻的碳原子间存在强烈的相互作用。

通常我们把物质中直接相邻的原子或离子之间存在的强烈的相互作用叫做**化学键** (chemical bond)。离子键和共价键是两种常见的化学键。

离子键



你知道吗

我们已经学过氯化钠和氧化镁的形成过程。氯和钠、氧和镁化合时，钠、镁原子失去电子，氯、氧原子得到电子，它们通过电子转移分别形成阳离子和阴离子而彼此结合。

哪类元素的原子能以这种方式相结合？这种结合方式与它们的原子结构有什么关系？在氯化钠、氧化镁这样的化合物中，阴、阳离子间存在怎样的相互作用？

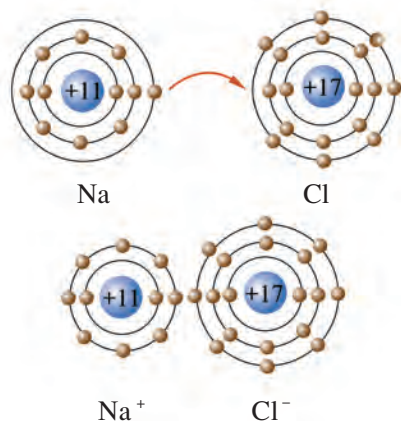


图 1-8 钠原子和氯原子间通过电子转移形成离子键

活泼金属和活泼非金属化合时，由于活泼金属的原子容易失去其最外层上的电子形成阳离子，活泼非金属的原子容易结合电子形成阴离子，它们之间可以通过电子转移，分别形成阳离子和阴离子。这样，许多阴、阳离子通过静电作用便形成了**离子化合物** (ionic compound)。

使带相反电荷的阴、阳离子结合的相互作用，称为**离子键** (ionic bond)。

钠原子与氯原子形成氯化钠时，钠原子、氯原子分别转化为钠阳离子、氯阴离子，两者最外电子层都形成了具有 8 个电子的稳定结构 (如图 1-8)。

活泼金属与活泼非金属化合时,原子间的电子转移发生在原子的最外电子层上。可以在元素符号周围用“·”或“×”来表示原子的最外层电子,以简明地表示原子、离子的最外电子层的电子排布(见表1-7),这种式子称为电子式。用电子式还可以表示离子化合物的组成(见表1-7)。

表 1-7 原子、离子、离子化合物的电子式表示实例

原 子	离 子	离子化合物
$\text{Na}\cdot$ $\cdot\ddot{\text{Cl}}:$	Na^+ $[\cdot\ddot{\text{Cl}}:]^-$	$\text{Na}^+ [\cdot\ddot{\text{Cl}}:]^-$
$\text{Mg}:$ $\cdot\ddot{\text{F}}:$	Mg^{2+} $[\cdot\ddot{\text{F}}:]^-$	$[\cdot\ddot{\text{F}}:]^- \text{Mg}^{2+} [\cdot\ddot{\text{F}}:]^-$

共价键

我们知道,氯气、氯化氢都是由分子构成的物质。两个氯原子可以结合成一个氯分子,一个氯原子和一个氢原子可以结合成一个氯化氢分子。两种非金属元素相互化合时,原子间共用最外层上的电子,形成共用电子对,以达到稳定的电子层结构,共用电子对同时受到两个原子核的吸引。像这样,原子间通过共用电子对所形成的强烈的相互作用称为**共价键**(covalent bond)。

用电子式也可以表示共价分子,如氯化氢分子、水分子可分别用电子式表示为 $\text{H}:\ddot{\text{Cl}}:$ 、 $\text{H}:\ddot{\text{O}}:\text{H}$ 。

当氯原子和氢原子结合成氯化氢分子、氧原子和氢原子结合成水分子时,各原子最外层的电子排布发生了什么变化?

交流与讨论



在 HCl 、 H_2O 分子中,各原子最外电子层都达到了最多能容纳的电子数,形成了稳定的电子层结构。

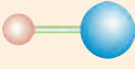
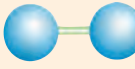
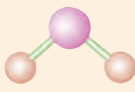
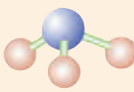

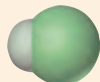




以共价键结合的两个原子间形成的共用电子对,可能超过一对。如氮分子中两个氮原子间有三对共用电子对,可用电子式表示为 $:\text{N}::\text{N}:$ 。两个氮原子结合成氮分子时,氮原子最外电子层形成了具有 8 个电子的稳定结构。

除了用电子式外，我们还可以用结构式表示共价分子。在结构式中，原子间的一条短线表示一对共用电子对，如 $\text{H}-\text{Cl}$ 、 $\text{H}-\text{O}-\text{H}$ 、 $\text{N}\equiv\text{N}$ 等。

HCl 、 H_2 、 Cl_2 、 H_2O 、 CH_4 、 CO_2 等分子中直接相邻的原子间均以共价键相结合。其中，像 HCl 、 H_2O 、 CH_4 、 CO_2 这样的化合物属于**共价化合物** (covalent compound)。

共价化合物分子中各原子间有一定的连接方式，分子有一定的空间结构。可以用球棍模型、比例模型表示共价分子的空间结构。

表 1-8 几种物质的电子式、结构式、球棍模型和比例模型

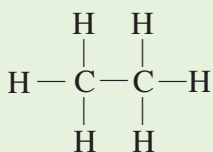
物质	HCl	Cl_2	H_2O	NH_3	CH_4
电子式	$\text{H}:\ddot{\text{Cl}}:$	$:\ddot{\text{Cl}}:\ddot{\text{Cl}}:$	$\text{H}:\ddot{\text{O}}:\text{H}$	$\begin{array}{c} \text{H}:\ddot{\text{N}}:\text{H} \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \text{H}:\text{C}:\text{H} \\ \text{H} \end{array}$
结构式	$\text{H}-\text{Cl}$	$\text{Cl}-\text{Cl}$	$\text{H}-\text{O}-\text{H}$	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{N}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$
球棍模型					
比例模型					

碳元素位于第2周期 IVA 族，原子的最外层有4个电子。在化学反应中，碳原子通常既不易失去电子，也不易得到电子，与其他原子以共价键相结合。

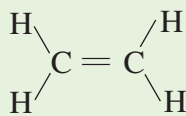


观察与思考

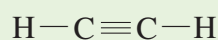
观察图 1-9 中几种含碳化合物的结构式，分析各化合物分子中每个碳原子能形成几个共价键，碳原子之间是怎样连接的。



乙烷 (C_2H_6)



乙烯 (C_2H_4)



乙炔 (C_2H_2)

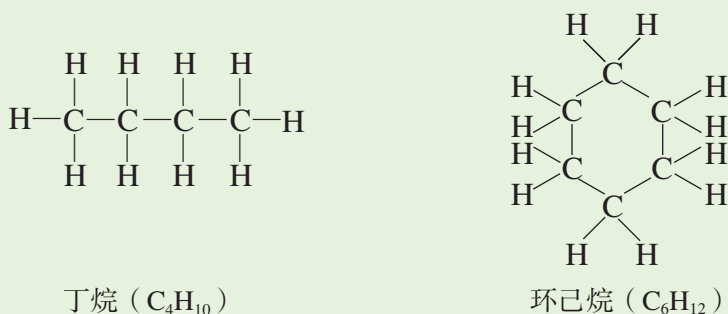


图 1-9 几种含碳化合物的结构式

由图 1-9 可知，一个碳原子可以形成四对共用电子对，两个碳原子之间可以通过一对、两对或三对共用电子对相结合，分别构成碳碳单键 ($C-C$)、碳碳双键 ($C=C$) 或碳碳叁键 ($C\equiv C$)。碳原子之间可以通过共价键彼此结合形成碳链，也可以连接形成碳环。

碳原子间连接方式的多样性，是有机化合物种类繁多的原因之一。

分子间作用力

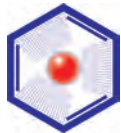
我们知道，分子内相邻原子之间存在着强烈的相互作用。那么，分子之间是否也有相互作用呢？

干冰升华、硫晶体熔化、液氯汽化都要吸收能量。物质从固态转变为液态或气态，从液态转变为气态，为什么要吸收能量？在降低温度、增加压强时，氯气、二氧化碳等气体能够从气态凝结成液态或固态。这些现象给我们什么启示？

你知道吗



许多事实证明，分子间存在着将分子聚集在一起的作用力，这种作用力称为**分子间作用力**。分子间作用力比化学键弱得多。由分子构成的物质，分子间作用力是影响物质熔沸点和溶解性的重要因素之一。例如，在常温下，氯、溴、碘单质分别呈气态、液态和固态，这与它们的分子间作用力大小有关。



水分子间的氢键

水的物理性质比较特殊。水的熔沸点较高，水的比热容较大，水结成冰后密度变小……

水具有这些特殊性质是由于水分子间存在一种被称为氢键的特殊的分子间作用力。

水分子间的氢键，是一个水分子中的氢原子与另一个水分子中的氧原子间所形成的分子间作用力。水分子间的氢键使水分子间作用力增加，因此水有较高的沸点。在冰晶体中，水分子间形成的氢键比液态水中形成的氢键多，水分子间所形成的氢键使冰的微观结构里存在较大的空隙，因此，相同温度下冰的密度比水小。

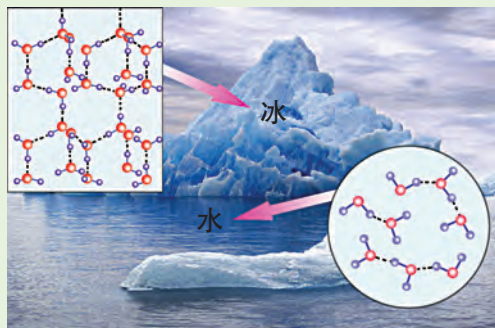


图 1-10 液态水、冰晶体中水分子间的氢键（以虚线表示）示意图

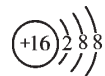
除水分子间能形成氢键外， $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 、 NH_3 等分子间也能形成氢键。

物质中微粒间作用力的类型与物质性质有密切关系。例如，干冰中二氧化碳分子间作用力弱，干冰吸收很少热量就升华为二氧化碳气体，而二氧化碳分子中碳原子和氧原子之间以共价键结合，作用力强，所以二氧化碳分子在加热条件下不易发生分解；又如，在氯化钠晶体中， Na^+ 与 Cl^- 以离子键结合，作用力强，在熔融状态下离子键被削弱，形成自由移动的离子，因而具有导电性。

练习与实践

1. 下列化学用语正确的是 ()

A. 氮分子的电子式: $\text{N}::\text{N}$

B. 硫原子的结构示意图: 

C. 溴化钠的电子式: $\text{Na}:\ddot{\text{Br}}:$

D. 水分子的结构式: 

2. 请依据氧、氟、氢、钾原子的结构特点和化学键形成的基本原理,分析氧化钾、氟化氢中存在的化学键,并讨论用电子式 $\text{K}^+[:\ddot{\text{O}}:]^{2-}\text{K}^+$ 表示氧化钾、 $\text{H}:\ddot{\text{F}}:$ 表示氟化氢是否合理。

3. 请写出 CH_4 、 Cl_2 、 CCl_4 的电子式和结构式。

4. 从化合物的分类(氧化物、酸、碱、盐)看,下列化合物各属于哪一类物质?它们属于离子化合物还是共价化合物?

NaOH CaO H_2SO_4 KI CO_2 NaHCO_3

5. 水电解生成氢气、氧气,水受热汽化成水蒸气。两种变化中,哪种是物理变化?哪种是化学变化?哪一个过程吸收的能量主要是用于克服分子间作用力的?

6. 比较氯分子、氮分子的电子式,两种分子中每个原子最外电子层是否都具有8电子的稳定结构?

7. 已知乙烷、乙烯、乙炔的电子式分别为 $\text{H}:\overset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}:\overset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}\text{H}$ 、 $\text{H}:\overset{\text{H}}{\text{C}}::\overset{\text{H}}{\text{C}}:\text{H}$ 、 $\text{H}:\text{C}::\text{C}:\text{H}$, 请分别写出它们的结构式。

人类已发现的元素仅百余种,可它们却能组成数千万种不同的物质。这是什么原因呢?只有对物质的微观结构有较深刻的了解,才能更好地理解物质的多样性,并利用已有的物质创造出更多性能优异的新物质,以满足生产、生活和科学技术发展的需要,不断提高人类的生活质量。

同素异形现象



你知道吗

研究发现,金刚石、石墨在氧气中完全燃烧均只生成二氧化碳气体,它们在一定条件下能相互转化,说明它们都是碳元素的单质。金刚石晶体无色透明,有光泽,十分坚硬,可做装饰品,可用于切割玻璃、花岗岩,可做地质和石油勘探的钻头。石墨为灰黑色,质地较软,能导电,可做润滑剂和电极等。为什么它们的性质有如此大的区别?

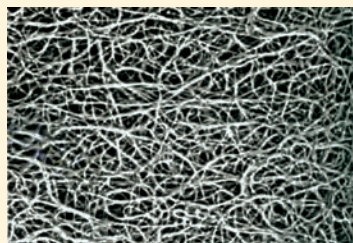
研究发现,碳元素形成的单质不仅有金刚石、石墨,还有富勒烯(fullerene,包括 C_{60} 、 C_{70} 和单层或多层的纳米碳管)等。同一种元素能够形成几种不同的单质,这种现象称为**同素异形现象**。这些单质互称为该元素的**同素异形体**(allotrope)。



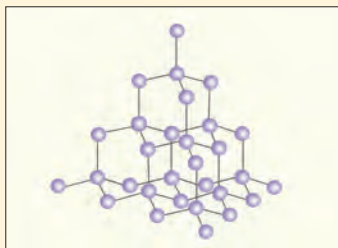
金刚石



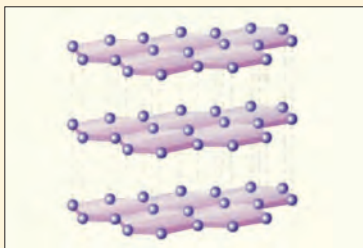
石墨



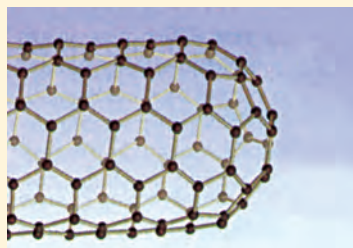
纳米碳管



金刚石的结构模型



石墨的结构模型



纳米碳管的结构模型

图 1-11 碳的同素异形体

金刚石和石墨晶体中碳原子的成键方式和排列方式不同(如图1-11)。金刚石晶体中每个碳原子与相邻的4个碳原子以共价键结合,形成空间网状结构。而石墨晶体为层状结构,层内碳原子间以共价键结合,每一层内碳原子排列成平面六边形,一个个六边形排列成平面网状结构,层间碳原子间存在分子间作用力。 C_{60} 是由60个碳原子形成的封闭笼状分子,形似足球,人们又称它为“足球烯”(如图1-12)。

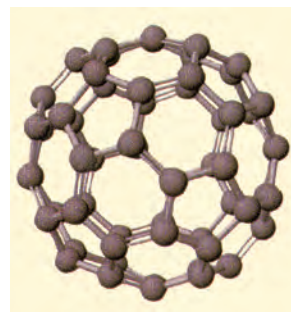


图 1-12 足球烯的结构模型

在常见的元素中,氧、硫、磷等也存在着同素异形现象。氧气在放电或紫外线照射下能转化为臭氧(O_3)。例如,打雷闪电时,有少量臭氧生成。



臭氧在通常状况下是淡蓝色气体,有鱼腥味,氧化性极强。臭氧分子和氧气分子中氧原子的个数和氧原子的成键方式不同,造成了臭氧和氧气性质的差异。

资料卡

臭氧层

自然界90%的臭氧集中在离地面15~50 km的大气平流层中,它是由氧气吸收太阳紫外线辐射而生成的。臭氧层能使地球上的生物免受太阳光中紫外线的伤害,是“生命卫士”。近年来的测量结果表明,臭氧层开始变薄,甚至出现空洞。2000年,南极上空的臭氧层空洞面积达 $2.8 \times 10^7 \text{ km}^2$,相当于澳大利亚国土面积的4倍。关于臭氧层被破坏的原因有多种解释,一般认为氟氯烃(氟利昂,广泛用于制冷剂和发泡剂等)的大量使用和喷气式飞机、火箭、导弹将大量废气排放到高空,加速了臭氧分解。保护高空臭氧层,是科学家研究的重要课题。

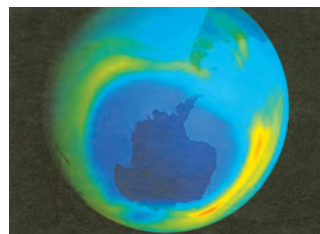
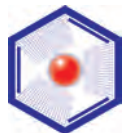


图 1-13 南极上空的臭氧层空洞



拓展视野

白磷和红磷

磷元素可以形成多种单质，白磷、红磷是其中的两种。在常温下，白磷是蜡状固体，有剧毒。白磷在空气中能自燃，应保存在冷水中。

常温下，红磷是红棕色固体，在空气中能稳定存在，在加热或点燃时也能在空气中燃烧。

白磷、红磷完全燃烧都生成五氧化二磷。

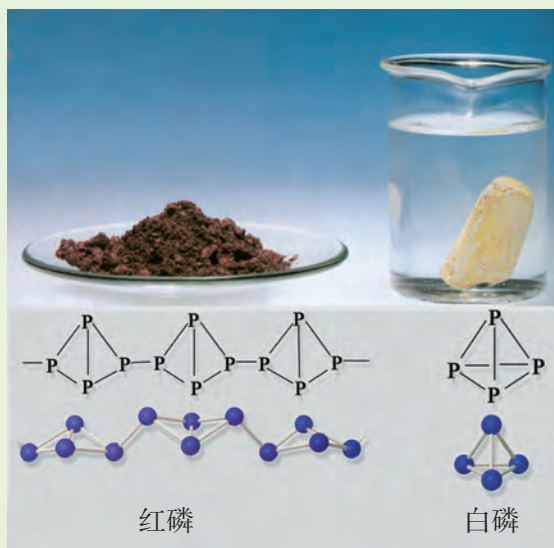


图 1-14 红磷和白磷

同分异构现象

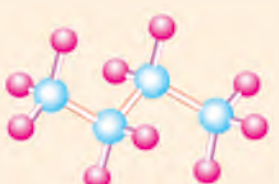



活动与探究

用不同颜色的小球代表碳、氢原子，用塑料棒代表原子间形成的共价键，依据碳、氢原子形成共价键的特征，制作组成为 C_4H_{10} 的有机化合物的分子结构模型。你可以制作出几种不同的分子结构模型？

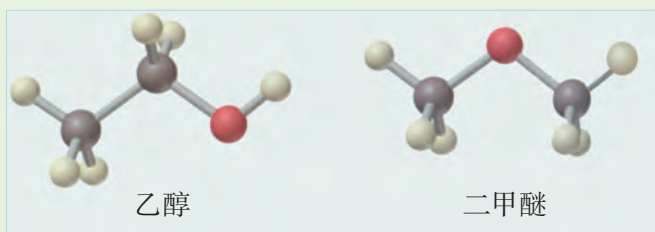
科学实验表明，分子式为 C_4H_{10} 的有机化合物有两种——正丁烷和异丁烷，它们的分子结构不同，性质也有差异。

表 1-9 正丁烷和异丁烷的比较

名称	正丁烷	异丁烷
分子式	C_4H_{10}	C_4H_{10}
沸点	$-0.5^{\circ}C$	$-11.7^{\circ}C$
结构式	$ \begin{array}{cccc} H & H & H & H \\ & & & \\ H-C & -C & -C & -C-H \\ & & & \\ H & H & H & H \end{array} $	$ \begin{array}{ccccc} & H & H & H & \\ & & & & \\ H & -C & -C & -C & -H \\ & & & & \\ & H & C & H & \\ & & & & \\ & & H & & \end{array} $
球棍模型		

某些有机化合物分子组成相同,但性质却有差异。研究发现,这些分子式相同的有机化合物有不同的分子结构。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**(isomerism)。分子式相同而结构不同的化合物互称为**同分异构体**(isomer)。同分异构现象的广泛存在,也是有机化合物种类繁多的原因之一。

乙醇(沸点为 $78^{\circ}C$)和二甲醚(沸点为 $-23^{\circ}C$)互为同分异构体,它们的分子式都是 C_2H_6O 。观察它们的分子结构模型,分析两者间有什么差异。


 图 1-15 分子组成为 C_2H_6O 的两种有机物的球棍模型

观察与思考

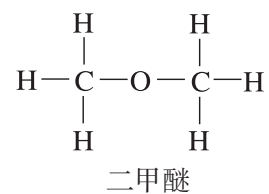
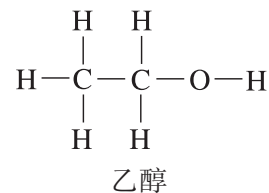


图 1-16 乙醇和二甲醚的结构式

不同类型的晶体



你知道吗

在日常生活中我们会遇到许多晶体，如金刚石、雪花、水晶等。这些晶体在外观上有什么特点？它们的物理性质（如硬度、熔沸点、导电性等）有什么特点？



金刚石

水晶

氯化钠

雪花

图 1-17 几种晶体

自然界的固态物质有晶态和非晶态之分。晶体具有规则的几何外形，用 X 射线进行研究时发现，在晶体内部，构成晶体的微粒在空间呈有规则的重复排列。晶体规则的几何外形是其内部构成微粒有规则排列的结果。

构成晶体的微粒可以是离子、分子、原子。

离子化合物中的阴、阳离子按一定的方式有规则地排列形成**离子晶体** (ionic crystal) (如图 1-18)。

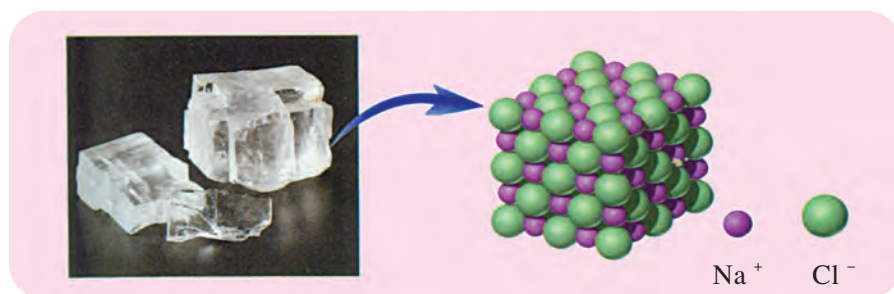


图 1-18 氯化钠晶体中离子的排列方式

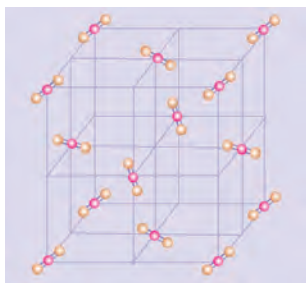


图 1-19 干冰及其中二氧化碳分子的排列方式

干冰、冰等由分子构成的物质所形成的晶体属于**分子晶体** (molecular crystal)。分子晶体是分子之间依靠分子间作用力按一定规则排列形成的。

交流与讨论



观察图 1-20 所示石英晶体中氧原子、硅原子的成键方式与排列方式，并与干冰晶体中二氧化碳分子的排列方式进行比较，你能发现什么？

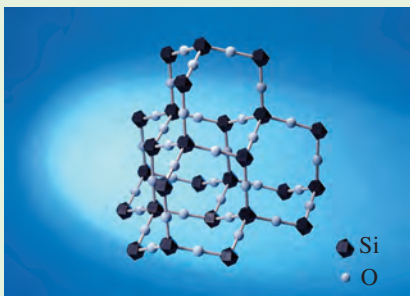


图 1-20 石英晶体中硅、氧原子的排列方式

在石英晶体中，硅原子和相邻的氧原子以共价键结合，每个硅原子和相邻的四个氧原子结合，每个氧原子和相邻的两个硅原子结合，向空间伸展，形成彼此连接的空间网状结构，因此石英晶体中不存在单个分子。金刚石晶体中每个碳原子与相邻的四个碳原子也以共价键结合形成空间网状结构。像石英、金刚石这样的晶体称为**原子晶体**（covalent crystal）。

晶体除离子晶体、分子晶体、原子晶体三种类型外，还有金属晶体（metallic crystal）。金属晶体有共同的物理特性，如有金属光泽、能导电和传热、具有延展性等。

晶体材料广泛用于激光技术、电子技术、生物医学、高能物理以及家用电器制造等领域。

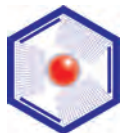
观察与思考



表 1-10 列出了几种晶体的熔点、硬度。联系它们所属的晶体类型，体会四类晶体的性质特点。

表 1-10 几种常见晶体的物理性质

晶体	氯化钠	氯化钡	金刚石	二氧化硅	硫	白磷	钠	钨
熔点 / $^{\circ}\text{C}$	801	1 560	>3 550	1 723	112.8	44.1	97.8	3 410
硬度	较硬	较硬	很硬	硬而脆	脆	软	柔软	硬
晶体类型	离子晶体		原子晶体		分子晶体		金属晶体	
晶体性质特点	熔点较高，硬度较大		熔点高，硬度大		熔点较低，硬度较小		有金属光泽，能导电、传热，有延展性。不同金属的熔点、硬度差异大	



拓展视野

液 晶

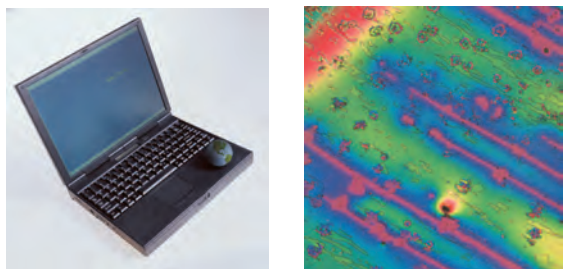


图 1-21 使用液晶显示器的笔记本电脑(左)和液晶的结构(放大的图像)

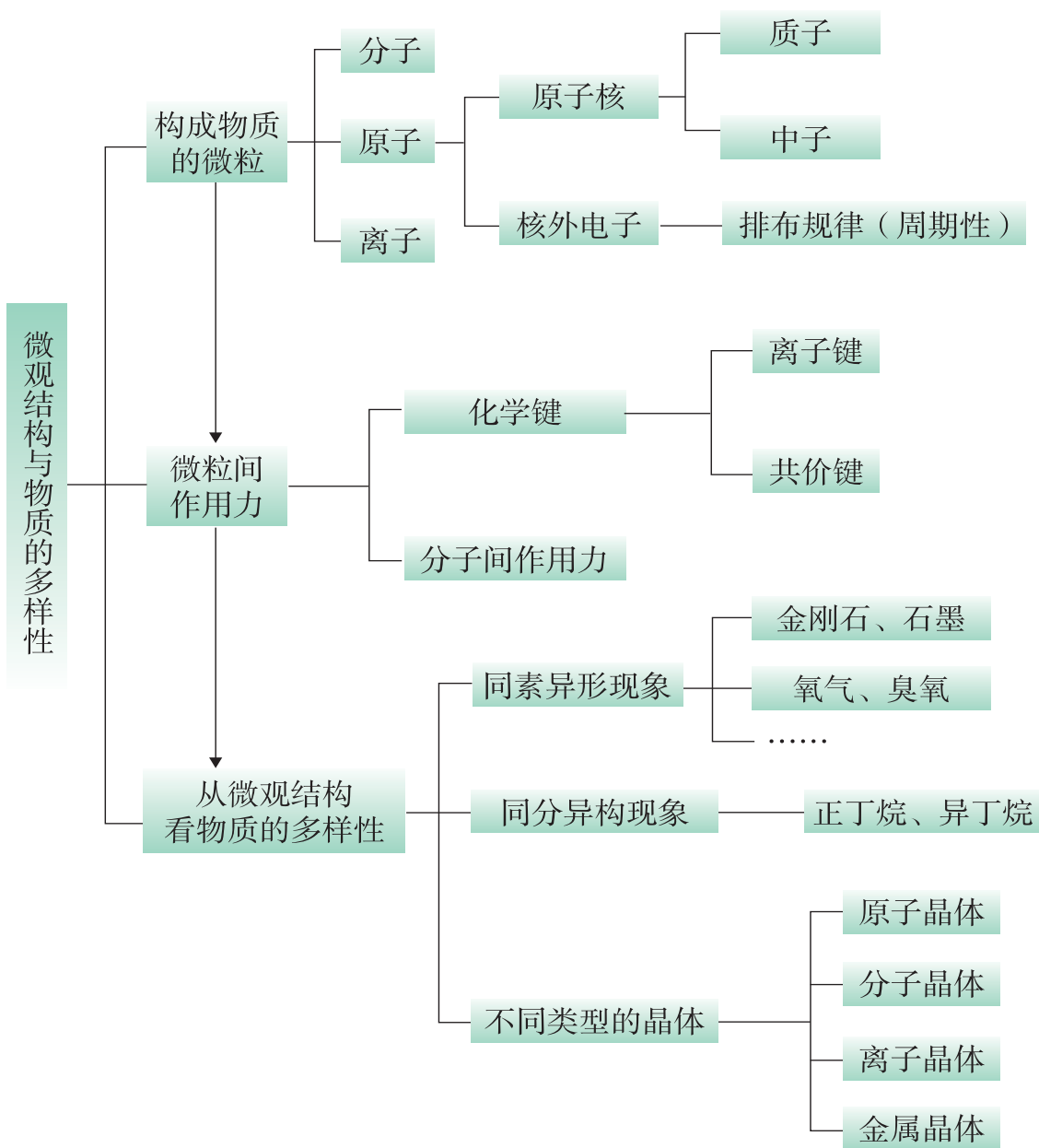
液晶(liquid crystal)是一种介于晶体状态和液态之间的中间态物质。液晶兼有液体和晶体的某些特点,表现出一些独特的性质。通常,只有那些分子较大、分子形状呈长形或碟形的物质,才易形成液晶态。液晶应用于数码显示、电光学快门、图像显示等方面,在信息技术领域中占有重要的地位。

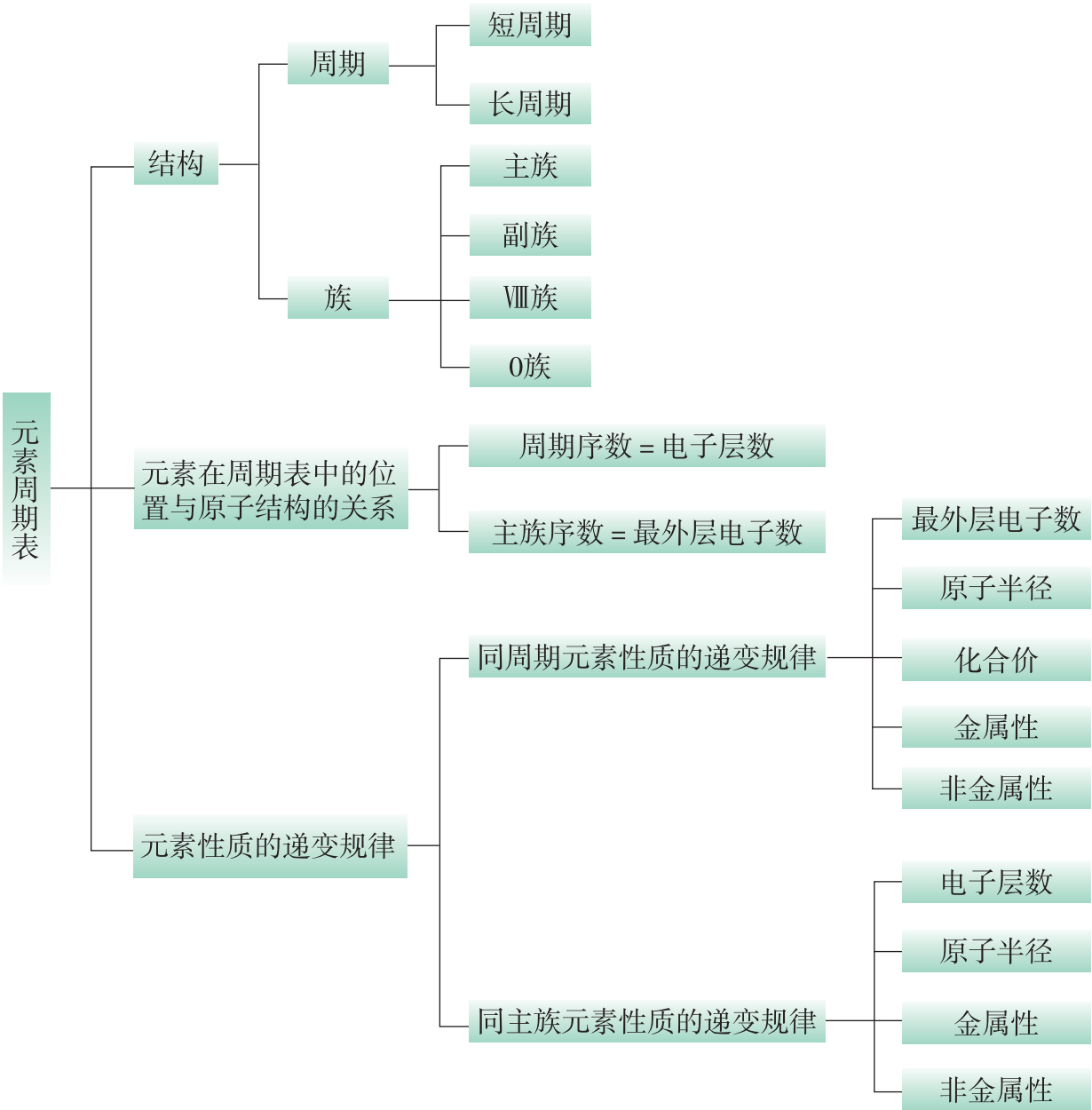


练习与实践

- 下列说法中正确的是()
 - SO_2 、 SO_3 互为同分异构体
 - 碘晶体、碘蒸气是同素异形体
 - 同分异构体的分子组成相同,分子结构不同
 - 同素异形体是同种元素的不同单质
- 下列说法中正确的是()
 - 氯化氢溶于水能电离出 H^+ 、 Cl^- , 所以氯化氢是离子化合物
 - 碘晶体受热转变成碘蒸气, 吸收的热量用于克服碘原子间的作用力
 - 氧气和臭氧是同分异构体
 - 有机化合物 $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{NO}_2$ 和 $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$ 是同分异构体
- 下列变化中, 吸收的热量用于克服分子间作用力的是()
 - 加热金属铝使之熔化
 - 液氨受热蒸发
 - 加热碘化氢气体使之分解
 - 加热硅晶体使之熔化
- 从微观结构的角度说明, 为什么已发现的元素只有 100 多种, 而由它们组成的物质却纷繁多样?
- 列举两种存在同素异形体的元素, 分别说明各种元素的同素异形体之间的异同。
- 列举两种存在同分异构现象的有机物, 写出分子式, 分别说明各种分子式对应的同分异构体之间的异同。
- 查阅有关资料说明石墨和金刚石在生产、生活中的应用与它们的性质间的联系。
- 二氧化碳、二氧化硅都是 IV A 族元素的氧化物, 但它们的物理性质相差很大, 请说明它们在熔沸点、硬度上的差别, 并根据它们的晶体结构加以解释。

整理与归纳





回顾与总结

请参照下列问题或线索，回顾和总结本专题的学习内容。

● 以1~18号元素和0族元素为例，说明元素原子核外电子排布的规律。怎样用原子结构示意图表示原子核外电子的排布？

● 什么是元素周期律？元素性质发生周期性变化的本质原因是什么？

● 熟悉元素周期表的结构，举例说明在元素周期表中同周期元素、同主族元素的原子结构和元素化学性质递变的规律。

● 元素周期表有何应用？请结合实例加以说明。

● 化学键有哪些常见的类型？举例说明它们是怎样形成的。

● 举例说明怎样用电子式表示离子化合物和共价化合物。

● 分子间作用力与化学键有什么区别？哪些事实可以说明构成物质的分子间存在作用力？

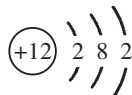
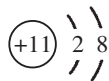
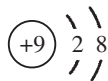
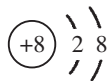
● 举出两种同素异形体，从组成、微观结构、性质、用途等角度说明同素异形体之间的异同点。

● 举例说明什么是同分异构现象，分析出现同分异构现象的原因。

● 举例说明晶体类型的多样性，比较各晶体中微粒种类、微粒间作用力和性质特点。

本专题作业

1. 用化学符号表示下列微粒。



2. 已知溴原子的原子结构示意图为 $\textcircled{+x} \begin{array}{c} \diagup \diagdown \\ 2 \quad 8 \quad 18 \quad 7 \\ \diagdown \diagup \end{array}$ 。

- (1) 溴元素的原子序数为_____。
- (2) 溴元素的原子在反应中易____(填“得”或“失”)____个电子,表现出____性。
- (3) 溴元素的最高化合价为_____,最低化合价为_____。
- (4) 溴元素的非金属性____(填“强”或“弱”)于氯元素的非金属性。
- (5) 请写出下列物质的电子式,并指出其中存在的化学键。

HBr

CaBr₂

Br₂

(6) 写出氯元素、溴元素最高价氧化物对应水化物的化学式并比较它们的酸性强弱。

3. 离子键和共价键通常是在哪些元素之间形成的? 请你判断下列物质的电子式是否正确,并说明理由。



4. 依据原子结构与元素周期表的知识,回答下列问题。

- (1) 比较原子半径大小: 硫原子与氧原子、硫原子与磷原子。
- (2) 比较下列物质的酸性强弱: 硝酸(HNO₃)与磷酸(H₃PO₄)、硫酸(H₂SO₄)与高氯酸(HClO₄)。
- (3) 比较硫与氢气、氯气与氢气反应的剧烈程度。

5. 臭氧的强氧化性使其可用于消毒饮用水。通过查阅资料,说明用臭氧消毒饮用水和用氯气消毒相比有什么优点。

2 专题

化学反应与能量转化

■ 第一单元

化学反应速率与反应限度

■ 第二单元

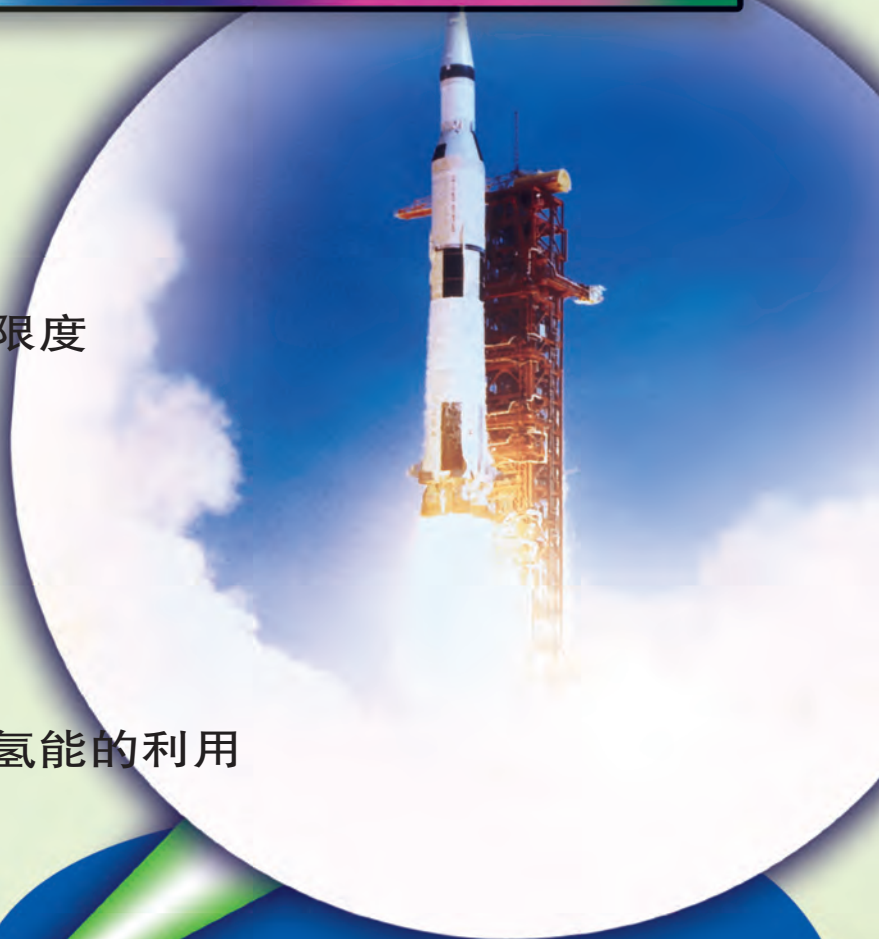
化学反应中的热量

■ 第三单元

化学能与电能的转化

■ 第四单元

太阳能、生物质能和氢能的利用



我们知道，化学反应有新的物质生成，都遵循质量守恒定律，并伴随有能量的变化。不同的化学反应有快慢之分，反应进行的程度也不相同。了解化学反应的有关规律，有助于我们有效地控制和合理地利用化学反应。

化学反应速率

不同的化学反应进行的快慢不同。炸药的爆炸反应进行得极快，石灰石溶洞形成的反应进行得很慢；酸碱溶液的中和反应进行得很快，不使用催化剂时氮气和氢气化合成氨气的反应则非常慢。



观察与思考

进行下列实验，观察并比较两个反应放出氢气的快慢。
取两支试管，各加入 5 mL $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸，再剪取相同大小的镁条和铁片，用砂纸打磨后，分别放入两支试管中。

在上述实验中，我们依据放出氢气的快慢来比较两个反应进行的快慢。通常用**化学反应速率** (chemical reaction rate) 来衡量化学反应进行的快慢。化学反应速率可用单位时间内反应物浓度的减少或生成物浓度的增加来表示，其常用单位是 $\text{mol} \cdot (\text{L} \cdot \text{min})^{-1}$ 或 $\text{mol} \cdot (\text{L} \cdot \text{s})^{-1}$ 。

例如，在一定条件下，一份双氧水样品经过 2 h, H_2O_2 的物质的量浓度从 $5 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 下降到 $3 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，该双氧水在这 2 h 中分解的平均速率约是 $1.67 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot (\text{L} \cdot \text{min})^{-1}$ 。



活动与探究

完成下列实验，分析影响过氧化氢分解反应速率的因素。

【实验 1】取两支大试管，各加入 5 mL 12% 的过氧化氢溶液(即双氧水)，将其中一支试管用水浴加热，观察并比较两支试管中发生的变化。

【实验 2】取两支大试管，各加入 5 mL 4% 的过氧化氢溶液，用药匙向其中一支试管内加入少量二氧化锰粉末，观察发生的变化。

【实验3】取两支试管，分别加入5 mL 4%、5 mL 12%的过氧化氢溶液，再各加入几滴 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 氯化铁溶液，观察并比较两支试管中气泡生成的快慢。

表 2-1 过氧化氢分解实验

	实验现象	结 论
实验 1		
实验 2		
实验 3		

化学反应速率的大小主要取决于反应物的性质。反应物的浓度、反应的温度和压强、加入的催化剂等都是影响反应速率的外界因素。其他条件相同时，反应物的浓度越大，反应速率越大；反应的温度越高，反应速率越大；反应的压强越大，反应速率越大；加入催化剂能显著地增大反应速率。此外，反应物接触面积的大小、固体反应物的颗粒大小等因素和光照等条件对反应速率也有影响。

问 题 解 决



1. 应用化学反应速率的有关知识解释下列现象或做法。

(1) 氢气能在氧气中安静地燃烧，点燃氢气和氧气的混合气体却会发生爆炸。

(2) 燃烧含硫矿石（如黄铁矿）制备 SO_2 气体时，要把矿石粉碎成颗粒状，在沸腾炉内鼓入强大空气流，把矿粒吹得剧烈翻腾。

(3) 一小块白磷露置于空气中，一段时间后会突然燃烧。

(4) 工业上用氮气和氢气合成氨要使用催化剂。

2. 为了研究碳酸钙与稀盐酸反应的反应速率，某同学通过实验测定反应中生成的 CO_2 气体体积随反应时间变化的情况，绘制出图 2-1 所示的曲线。已知该反应是放热反应，请分析讨论以下问题。

(1) 在 $0 \sim t_1$ 、 $t_1 \sim t_2$ 、 $t_2 \sim t_3$ 各相同的时间段里，反应速率最大的是_____时间段，收集到气体最多的是_____时间段。

(2) 试分析上述三个时间段里，反应速率不同的可能原因。

(3) 在 t_4 后，为什么收集到的气体的体积不再增加？

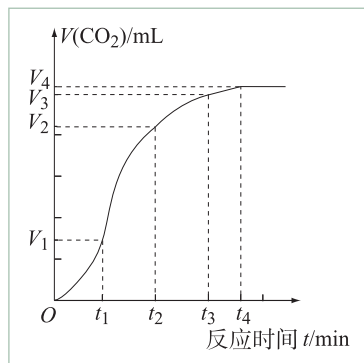


图 2-1 CO_2 的体积随时间的变化

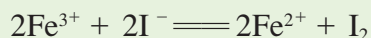
化学反应的限度

我们已经知道,氯气溶解于水得到的氯水中既含有 Cl_2 、 H_2O 分子,也含有 H^+ 、 Cl^- 、 HClO 等微粒。这是由于 Cl_2 能与 H_2O 发生可逆反应(reversible reaction),反应只能进行到一定的限度。



活动与探究

已知 FeCl_3 溶液和 KI 溶液能发生如下反应:



1. 取5 mL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ KI 溶液,向其中加入 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ FeCl_3 溶液1 mL,振荡,观察实验现象。
2. 继续向上述溶液中加入2 mL 苯(或 CCl_4),充分振荡后静置,观察实验现象。
3. 重复上述萃取操作2~3次,将下层溶液分装在两支洁净试管中,向其中一支试管滴加5~6滴15% KSCN 溶液,观察并比较实验现象。
4. 将实验现象和你思考后所得到的结论填写到下表中。

表 2-2 FeCl_3 溶液与 KI 溶液的反应

实验步骤	现象	结论
1. FeCl_3 溶液与 KI 溶液反应		
2. 在步骤 1 的溶液中加入苯,振荡、静置		
3. 取步骤 2 的下层溶液,滴加 KSCN 溶液		

上述实验中,过量的碘化钾溶液与少量的氯化铁溶液充分反应,萃取分离出碘单质后,向溶液中滴加 KSCN 溶液可以检验到 Fe^{3+} ,说明 Fe^{3+} 并未完全转化为 Fe^{2+} 。可见, FeCl_3 和 KI 的反应没有完全进行到底,该反应有一定的限度。

事实上,在一定条件下,许多反应都是可逆的,在同一条件下既可以向正反应方向进行,同时又可以向逆反应方向进行,反应物不能完全转化为生成物,即可逆反应有一定的限度。



交流与讨论

在高温、高压和催化剂存在的条件下,氮气与氢气发生可逆反应,无论反应时间多长,在反应容器中总是同时存在着氮气、氢气和氨气。

请依据图2-2分析合成氨反应中正、逆反应的反应速率及反应物和生成物的浓度随时间变化的情况。

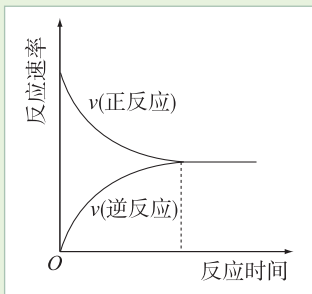


图2-2 在一定条件下,合成氨反应中正、逆反应速率随时间的变化

可逆反应在一定条件下进行到一定程度时,正反应速率和逆反应速率相等,反应物和生成物的浓度不再发生变化,反应达到化学平衡(chemical equilibrium)状态。

化学平衡是一种动态平衡。在化学平衡状态下化学反应仍在进行,但反应混合物的组成保持不变。当反应条件改变时,原化学平衡状态被破坏,一段时间后会达到新的平衡状态。

练习与实践

- 下列关于反应速率的说法中,错误的是()
 - 反应速率用于衡量化学反应进行的快慢
 - 决定反应速率的主要因素是反应物的性质
 - 可逆反应达到化学平衡状态时,正、逆反应的速率都为0
 - 增大反应物的浓度、提高反应温度都能增大反应速率
- 在通常条件下合成氨反应的反应速率极小,工业上却可以实现氨的合成。联系合成氨的条件讨论:人们是如何增大合成氨反应的速率的?
- 请解释下列现象。
 - 在28℃时,鲜牛奶约4h后变酸,但在5℃的冰箱内,鲜牛奶48h后才变酸。
 - 加热氯酸钾,产生氧气的速率很小;加热氯酸钾和二氧化锰的混合物,产生氧气的速率明显增大。
 - 将大小相等的镁条和铁片投入同浓度的稀盐酸中,前者产生氢气的速率明显大于后者。
 - 将大小相等的铁片分别放入相同体积的 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 及 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸中,后者产生氢气的速率大于前者。
- 在一体积固定的密闭容器中加入反应物A、B,发生如下反应: $\text{A} + 2\text{B} \rightleftharpoons 3\text{C}$ 。反应经2min后,A的物质的量浓度从开始时的 $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 降到 $0.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。已知反应开始时B的物质的量浓度是 $1.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,求:
 - 2min末B、C的物质的量浓度。
 - 以单位时间内A的物质的量浓度的减小来表示2min内该反应的平均速率。
- 在高温、高压和催化剂存在的条件下,把3mol氢气和1mol氮气置于密闭容器中反应能够得到2mol氨气吗?为什么?

在化学反应中，反应物转化为生成物的同时，必然发生能量的变化。有些反应需要吸收能量，反应中热能、光能、电能等转化为化学能，如植物的光合作用、水的电解等；有些反应能够放出能量，反应中化学能转化为热能、光能、电能等，如化石燃料的燃烧等。

研究化学反应中的能量变化，有助于更好地利用化学反应为生产和生活服务。

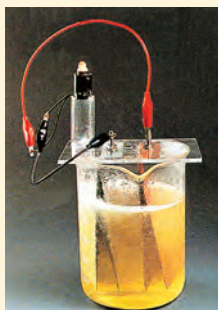


你知道吗

1. 举例说明化学反应中伴随着能量的转化。
2. 图 2-3 给出了几种常见的化学反应实例，请说出反应中能量转化的方式。你还知道哪些应用能量转化的实例？



镁条的燃烧



原电池放电



石油气的燃烧



高温冶炼铁



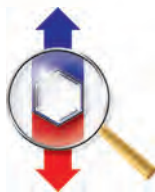
闪电时产生氮氧化物

图 2-3 几种化学反应

化学反应中的热量变化

研究发现，化学反应伴随着能量的变化。许多化学反应的能量变化主要表现为热量的放出或吸收。

活动与探究



【实验1】向一支试管中放入用砂纸打磨光亮的镁条,加入5 mL $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸,用手触摸试管外壁,有什么感觉?

【实验2】在100 mL小烧杯中加入约20 g经研磨的氢氧化钡晶体 $[\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}]$,然后加入约10 g氯化铵晶体,用玻璃棒搅拌,使之充分混合。用手触摸烧杯外壁,反应混合物的温度有什么变化?

根据上述实验现象,回忆并联系生活实际和所学化学知识,谈谈你对化学反应中热量变化的看法。

化学上把有热量放出的化学反应称为**放热反应**(exothermic reaction),把吸收热量的化学反应称为**吸热反应**(endothermic reaction)。例如,氢气在氧气中燃烧生成水的反应是放热反应,水分解为氢气和氧气的反应是吸热反应。

交流与讨论



根据你的生活经验和已学知识,举出一些放热反应和吸热反应的例子,并判断下列反应是放热反应还是吸热反应。

- (1) 镁条的燃烧。
- (2) 高温煅烧石灰石。
- (3) 氧化钙与水的反应。
- (4) 盐酸和氢氧化钠溶液反应。

用热化学方程式(thermochemical equation)可以表示化学反应中放出或吸收的热量。热化学方程式中要标明物质的状态,用g、l、s分别代表气态、液态、固态。在热化学方程式中可以用 ΔH 标明反应放出或吸收的热量,负值表示在该条件下反应放热,正值表示在该条件下反应吸热。例如:

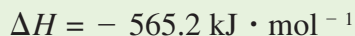
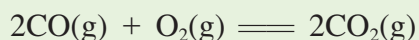


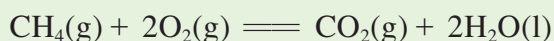
反应(1)中,1 mol CaCO_3 吸收178.5 kJ热量,完全分解生成1 mol CaO 和1 mol CO_2 气体。反应(2)中,1 mol C 与1 mol O_2 完全反应,生成1 mol CO_2 气体,放出393.6 kJ热量。

问题解决



C 、 CO 、 CH_4 完全燃烧的热化学方程式可以分别表示为





$$\Delta H = -890.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

完全燃烧相等物质的量的上述物质,放出热量的大小顺序为_____。

为什么化学反应总伴随有能量的变化?研究表明,物质发生化学反应时,需要断开反应物中的化学键,并形成生成物中的化学键。断开化学键需要吸收能量,形成化学键则会放出能量。若反应过程中断开化学键所吸收的能量大于形成化学键所放出的能量,则反应过程中吸收能量;若反应过程中断开化学键所吸收的能量小于形成化学键所放出的能量,则反应过程中放出能量。

例如,对于化学反应 $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{HCl}$, 断开 1 mol H_2 中的 H—H 键需要吸收 436.4 kJ 能量,断开 1 mol Cl_2 中的 Cl—Cl 键需要吸收 242.7 kJ 能量,生成 1 mol HCl 中的 H—Cl 键放出 431.8 kJ 能量。当 1 mol H_2 与 1 mol Cl_2 反应生成 2 mol HCl 时,反应过程中共吸收能量 $436.4 \text{ kJ} + 242.7 \text{ kJ} = 679.1 \text{ kJ}$,共放出能量 $431.8 \text{ kJ} \times 2 = 863.6 \text{ kJ}$,则反应最终放出能量 $863.6 \text{ kJ} - 679.1 \text{ kJ} = 184.5 \text{ kJ}$ 。所以该反应的热化学方程式可以表示为



资料卡

键 能

原子形成分子的过程中要放出能量。反之,要使气态分子中彼此结合的原子分开,使原子间的共价键断裂,则要吸收能量。拆开 1 mol 气态物质中某种共价键需要吸收的能量,就是该共价键的键能 (bond energy)。共价键的键能越大,该共价键越牢固。

表 2-3 某些共价键的键能

共价键	键能 / $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	共价键	键能 / $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
H—H	436.4	C—C	347.7
Cl—Cl	242.7	H—Cl	431.8
H—O	462.8	N≡N	941.7

当反应物的总能量小于生成物的总能量时,反应物需要吸收能量才能转化为生成物;当反应物的总能量大于生成物的总能量时,反应物转化为生成物就会放出能量。如果反应中的能量

变化主要表现为热的形式，反应就伴随有热量的吸收或释放。

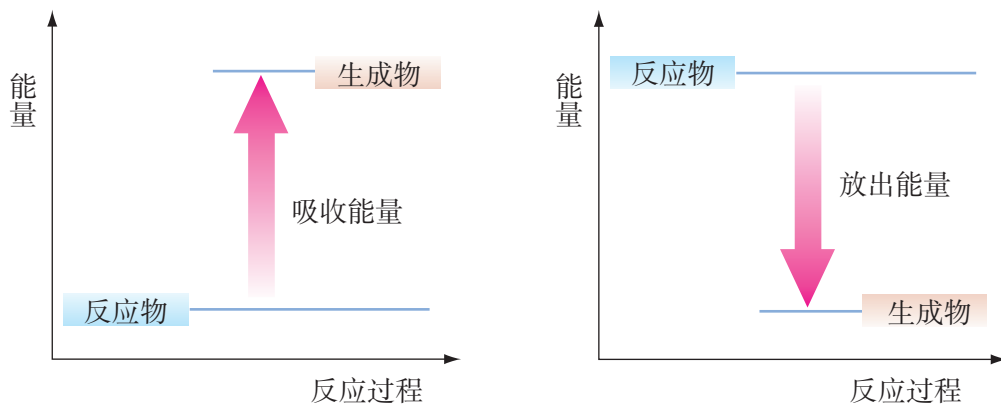


图 2-4 化学反应中的能量变化

燃料燃烧释放的热量

人类自从懂得了用火，便以草、木作为燃料，利用燃烧放出的热量从事各种活动。煤、石油、天然气等化石燃料仍然是当今社会的主要能源，为人们的生活和生产提供了重要基础。质量不同的不同燃料，完全燃烧后放出的热量不相等。这是为什么？

表 2-4 几种燃料的热值^①

物质	天然气	石油	煤炭	氢气	甲醇
热值/kJ·g ⁻¹	约 56	约 48	约 33	143	23

已知拆开 1 mol 氢气中的化学键需要消耗 436.4 kJ 能量，拆开 1 mol 氧气中的化学键需要消耗 498 kJ 能量，形成水分子中的 1 mol H—O 键能够释放 462.8 kJ 能量。试说明反应 $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 中的能量变化，并将反应中能量变化的数值标注在图 2-5 中。

交流与讨论

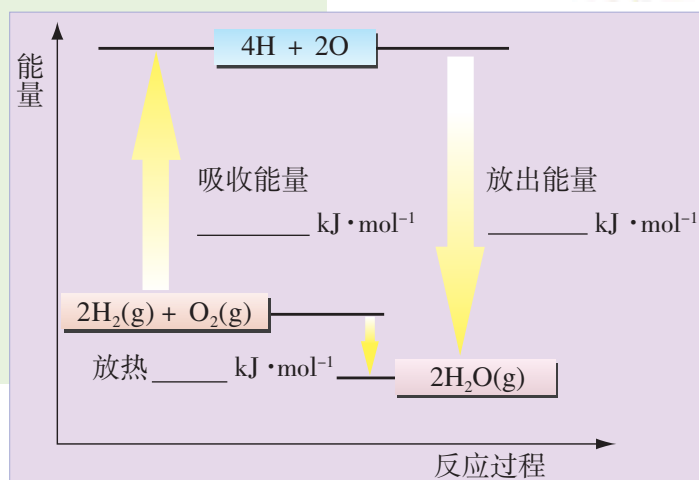


图 2-5 反应 $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的能量变化

^① 热值指在一定条件下单位质量的物质完全燃烧所放出的热量。

各种燃烧过程的研究说明,燃料燃烧放出热量的多少,等于形成生成物分子的化学键放出的总能量与燃烧时断裂反应物分子的化学键吸收的总能量之差。

资料卡

提高燃料的使用效率

化石燃料仍然是当今世界上使用最多的能源。在我国的能源结构中,化石燃料占有相当大的比例,其中煤占能源消费总量的70%~80%。通常燃料燃烧放出的热量不可能全部转化为有用功,总有部分热量转化为废热排出或损耗掉。例如,发电厂燃料燃烧放出的热量只有约1/3转化为电能。此外,化石燃料的利用还存在着下列亟待解决的问题:

(1) 煤和石油燃烧时,常发生不完全燃烧,排放出大量烟尘和一氧化碳气体。

(2) 有些煤中灰分含量大,水分多,热效率较低。

(3) 某些化石燃料燃烧排出的废气中含有二氧化硫和氮氧化物,直接排放到大气中会污染空气并形成酸雨。

化学科学的发展为解决燃料燃烧中存在的问题提供了可能,化学工作者研究的课题涉及以下方面:

(1) 研究化石燃料完全燃烧的条件和减少燃料燃烧产生的热量损耗的技术,研究提高燃料利用率的措施。

(2) 研究怎样防止燃料燃烧造成的环境污染。

(3) 通过化学方法把石油、煤等化石燃料转化为洁净燃料。

(4) 开发氢能、核能、太阳能等洁净、高效的新能源。



练习与实践

- 下列说法中错误的是()
 - 燃料的燃烧反应都是放热反应
 - 一定量的燃料完全燃烧放出的热量比不完全燃烧放出的热量大

C. 放热反应的逆反应一定是吸热反应

D. 选择燃料只要考虑燃料热值的大小

2. 下列物质放入水中, 会显著放热的是 ()

A. 食盐 B. 生石灰 C. 硝酸铵 D. 蔗糖

3. 依据下列气体燃烧的化学方程式, 比较完全燃烧同体积下列气体需要的空气体积的大小:

天然气(以甲烷计)、石油液化气(以丁烷 C_4H_{10} 计)、水煤气(以 CO 、 H_2 体积比1:1计)。

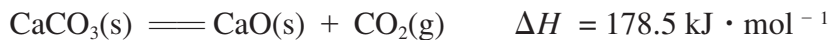
4. 两位同学讨论放热反应和吸热反应。甲说加热后才能发生的化学反应是吸热反应, 乙说反应中要持续加热才能进行的反应是吸热反应。你认为他们的说法正确吗? 为什么?

5. 乙炔(C_2H_2)气体在氧气中完全燃烧放出大量热, 形成高温火焰(氧炔焰), 可以用于焊接或切割钢板。当焊接时, 氧气只供乙炔燃烧。当用于切割钢板时, 氧气用量加大, 除维持乙炔燃烧外, 还可使熔化的钢板氧化, 把钢板切开。已知乙炔气体在氧气中完全燃烧的热化学方程式是



则1 kg 乙炔在氧气中完全燃烧放出多少热量?

6. 已知碳酸钙分解的热化学方程式为



(1) 欲使1 t $CaCO_3$ 完全分解, 需要提供多少热量?

(2) 若通过煤炭燃烧提供热量, 则至少需要燃烧煤炭多少千克? (已知煤炭的热值为 $33 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$)

7. “用天然气、煤气代替煤炭作为民用燃料”这一改变民用燃料结构的重大举措, 具有十分重大的意义。请分析其优点, 并将你的观点与同学交流讨论。

在生产和生活中,我们经常会遇到化学能与电能相互转化的实例。例如,各种类型的电池大多是化学电源,它们利用化学反应,使化学能直接转化为电能;而电解(如电解水和电解氧化铝等)、电镀(在物体表面镀上一层金属)等则是将电能转化为化学能。

化学能转化为电能

在现代生产生活中,电池发挥着越来越重要的作用,大到人造卫星、飞机、轮船,小到电脑、电话、手表。电池释放的电能来自哪里?



活动与探究

完成下列实验,将观察到的实验现象和得到的结论填写在表2-5中。

【实验1】把一块锌片和一块铜片分别插入盛有稀硫酸的烧杯里,观察实验现象。

【实验2】把一块锌片和一块铜片同时插入盛有稀硫酸的烧杯里,观察实验现象。

【实验3】用导线把实验2中的锌片和铜片连接起来,观察实验现象。

【实验4】在实验3的导线中间连接一个灵敏电流计(如图2-6),观察实验现象。

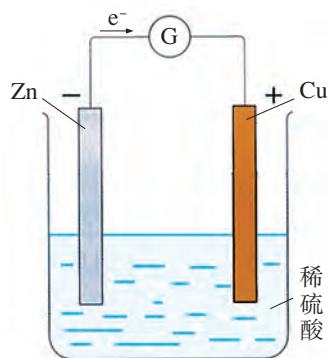


图2-6 原电池示意图

表2-5 化学能转化为电能的实验

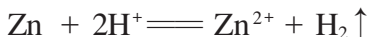
	实验现象	结论
实验1		
实验2		
实验3		
实验4		

在上述实验中,将锌片和铜片同时插入稀硫酸中,并用带电流计的导线将它们连接起来,可以看到锌片不断溶解,铜片上有气泡产生,电流计指针发生偏转。说明利用这个装置能将化学能转化为电能。反应过程中电流是这样形成的:

1. 在锌片(负极)上,锌失去电子形成锌离子(Zn^{2+})进入溶液,电子经锌电极流向导线:
 $\text{Zn} - 2\text{e}^- = \text{Zn}^{2+}$ 。

2. 流出锌电极的电子经导线通过电流计流入铜电极。
3. 在铜片(正极)上,流入铜电极的电子使氢离子还原成氢气:
 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow$ 。
4. 铜电极附近溶液中氢离子减少,锌电极附近溶液中增加的锌离子向铜电极附近移动,使电极和溶液形成电流回路。

上述化学能转化为电能的反应可表示为



我们把将化学能转变为电能的装置称为**原电池**(primary battery)。在原电池中,发生的化学反应是氧化还原反应。发生氧化反应的一极上有电子流出,作负极,失去电子的物质是还原剂。电子通过原电池的负极经导线流向正极,在正极上氧化剂得到电子,发生还原反应。原电池就是这样通过化学反应实现化学能向电能转化的。

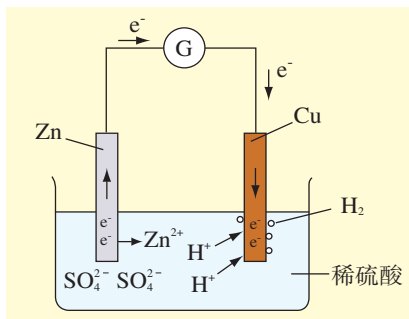


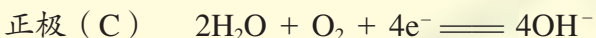
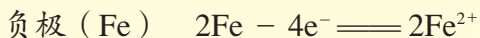
图 2-7 原电池反应原理示意图

资料卡

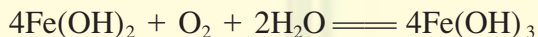
钢铁的电化学腐蚀

若在一块表面无锈的铁片上滴一大滴含酚酞的食盐水,放置一段时间后可以看见液滴周围逐渐呈现红色,并慢慢形成褐色的锈斑。

钢铁在潮湿的空气里之所以会很快被腐蚀,是由于在潮湿的空气里,钢铁表面吸附了一层薄薄的水膜,水膜里含少量 H^+ 和 OH^- ,还溶解了氧气等气体,形成了一层电解质溶液,它与钢铁里的铁和少量碳形成了无数微小的原电池。在这些微小的原电池里,发生了下列反应:



铁失去电子被氧化, Fe^{2+} 与 OH^- 结合成 $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 进一步被氧气氧化为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 。



$\text{Fe}(\text{OH})_3$ 在一定条件下发生脱水反应生成红色的铁锈(主要成分为 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$)。

金属跟电解质溶液接触,发生原电池反应,比较活泼的金属失去电子而被氧化,这种腐蚀(corrosion)叫做电化学腐蚀。

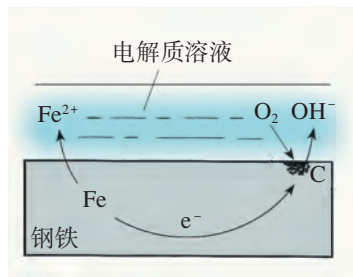


图 2-8 钢铁的电化学腐蚀原理示意图

化学电源

依据原电池反应原理，我们可以设计一个装置，通过某一氧化还原反应，实现化学能向电能的转化。



活动与探究

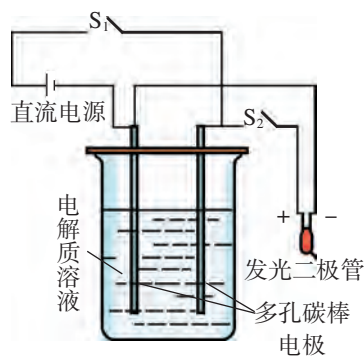


图 2-9 燃料电池实验装置

1. 用铜片、锌片（可从废干电池中拆取）或铝片、纯碱溶液、白醋（或橙子、芦柑）等日常生活中的材料制作简易电池，并测试是否有电流产生。

2. 以小组为单位，制定实验方案，在老师指导下完成燃料电池制作实验。

（1）参照图 2-9 组装实验装置（多孔碳棒电极由实验室提供，将碳电极放在高温火焰上灼烧到红热，迅速浸入冷水中，使它的表面变得粗糙多孔即可）。电解质溶液用 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ Na}_2\text{SO}_4$ 溶液，电源用 3~6 V 直流电源，发光二极管的起辉电压为 1.7 V，电流为 0.6 mA。

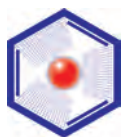
（2）按下开关 S_1 ，接通电源，电解约半分钟，碳棒上产生明显的气泡。

（3）断开开关 S_1 ，按下开关 S_2 ，接通二极管，观察并记录实验现象，填写在下面的横线上。

3. 在日常生活中哪些场合使用了化学电源？将你的看法与同学交流讨论。

人们依据原电池的反应原理，发明并制造了多种多样的化学电源（chemical power source）。化学电源的能量转化率是燃料燃烧所不可比拟的。化学电源不仅在生活中得到了广泛的应用，而且在高科技领域乃至航天技术中也是不可或缺的。

化学电源有一次电池与二次电池之分。一次电池用过之后不能复原，二次电池充电后能继续使用。



拓展视野

常见化学电源

化学电源在生产、生活中应用十分广泛。常见化学电源主要有锌锰干电池、银锌纽扣电池、铅蓄电池等。它们的组

成及反应原理如表 2-6 所示。

表 2-6 常见化学电源的组成与反应原理

电池名称	电池组成	电池反应	特点与应用
锌锰干电池	锌、碳棒、二氧化锰、氯化锌、氯化铵	$\text{Zn} + 2\text{NH}_4\text{Cl} + 2\text{MnO}_2 \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2 + 2\text{MnO}(\text{OH})$	电压 1.5 V, 用途广泛
银锌纽扣电池	锌、氧化银、氢氧化钾溶液	$\text{Zn} + \text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \xrightleftharpoons[\text{充电}]{\text{放电}} \text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{Ag}$	电压 1.6 V, 放电平稳, 电流大
铅蓄电池	铅、二氧化铅、硫酸	$\text{PbO}_2 + \text{Pb} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightleftharpoons[\text{充电}]{\text{放电}} 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	电压 2.0 V, 广泛用于机动车辆
镍氢电池	贮氢合金、泡沫氧化镍、氢氧化钾溶液	$\text{NiO}(\text{OH}) + \text{MH} \xrightleftharpoons[\text{充电}]{\text{放电}} \text{NiO} + \text{M} + \text{H}_2\text{O}$ (MH 表示贮氢合金 M 中吸收结合的氢)	电压 1.2 V, 寿命长, 性能好, 比能量 ^① 高
氢氧燃料电池	铂碳/氢气、铂碳/氧气、氢氧化钾溶液	$2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	用于航天飞机、牵引车等
甲醇-空气燃料电池	钯碳/甲醇、铂-烧结镍/空气、氢氧化钾溶液	$2\text{CH}_3\text{OH} + 3\text{O}_2 + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons 2\text{CO}_3^{2-} + 6\text{H}_2\text{O}$	能量转换率高



图 2-10 干电池与锂电池



图 2-11 用于电动自行车的镍氢电池

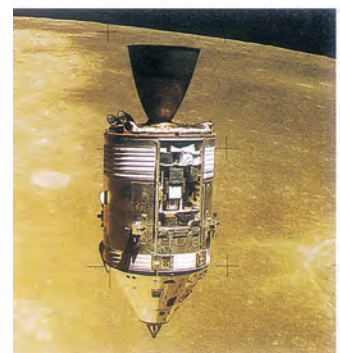


图 2-12 安装有燃料电池的人造卫星

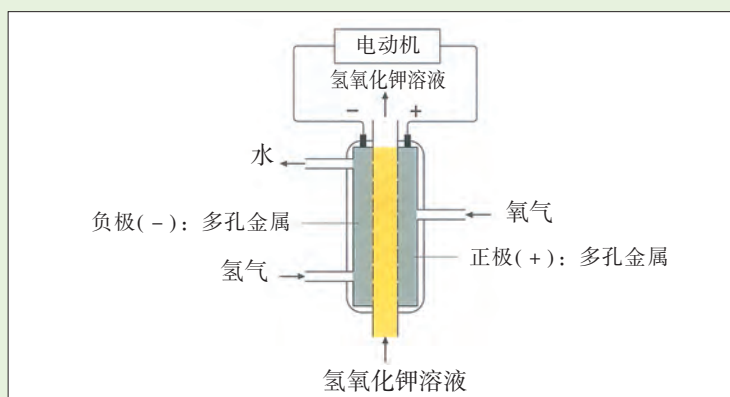


图 2-13 氢氧燃料电池反应原理示意图

① 参与电极反应的单位质量的电极材料放出电能的大小称为该电池的比能量。

电能转化为化学能

在生产、生活实际中，许多化学反应都是通过电解的方法来实现的。例如，电解水制得氢气和氧气；电解食盐水制得烧碱、氯气和氢气。在这些例子中，电能转化为化学能。



你知道吗

在我们已学过的化学课程里，涉及不少利用电解反应来制取新物质的例子。回忆或复习有关知识，填写表2-7。

表 2-7 电解反应实例

实例	被电解物质	电解产物	化学方程式

在电解过程中，电能是如何转化为化学能的呢？被电解的物质又是怎样转化为生成物的呢？



观察与思考

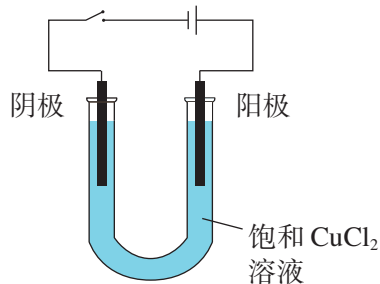


图 2-14 电解氯化铜溶液的实验装置

按图2-14所示装置连接好仪器，在U形管中加入饱和氯化铜溶液，用石墨棒作电极，接通电源，电解数分钟后，观察阴极（与电源负极连接的石墨棒）表面的颜色，用湿润的淀粉碘化钾试纸检验阳极（与电源正极连接的石墨棒）上放出的气体。

(1) 阴极的现象为_____，发生的电极反应为_____。

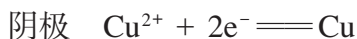
(2) 阳极的现象为_____，发生的电极反应为_____。

(3) 电解反应的化学方程式为_____。

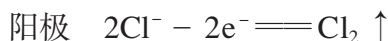
(4) 在上述电解反应中，被氧化的物质是_____，被还原的物质是_____。

(5) 在电解反应中发生的能量转化形式是_____。

在直流电的作用下，溶液中的 Cu^{2+} 在阴极得到电子，被还原为单质铜。



Cl^{-} 在阳极失去电子，被氧化为氯原子，并结合成 Cl_2 。



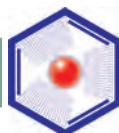
上述电能转化为化学能的反应可表示为



我们把将电能转化为化学能的装置称为**电解池**（electrolytic cell）。

电解在工业生产中有着广泛的应用。例如，对某些器件进行电镀；电解熔融氧化铝获得铝；用电解法还可制备 Na、Mg、 F_2 等活泼的金属和非金属等。

拓展视野



铜的电解精炼

图2-15是铜的电解精炼示意图。精炼铜的电解槽中的电解液是用硫酸酸化的硫酸铜溶液。与直流电源正极相连的电极是含有锌、金、银等金属杂质的粗铜块，作为阳极，它在电解时发生氧化反应，金属铜和比铜活泼的金属杂质（如锌等）转化为阳离子进入溶液。粗铜中金、银等活动性较弱的金属在阳极沉积下来，形成阳极泥。分离、处理阳极泥可得到金、银等贵金属。与直流电源负极相连的电极是纯铜薄片，作为阴极，它在电解时发生还原反应，溶液中的铜离子结合电子成为金属铜析出。电解消耗电能，得到纯度大于99.9%的精铜（电解铜）。

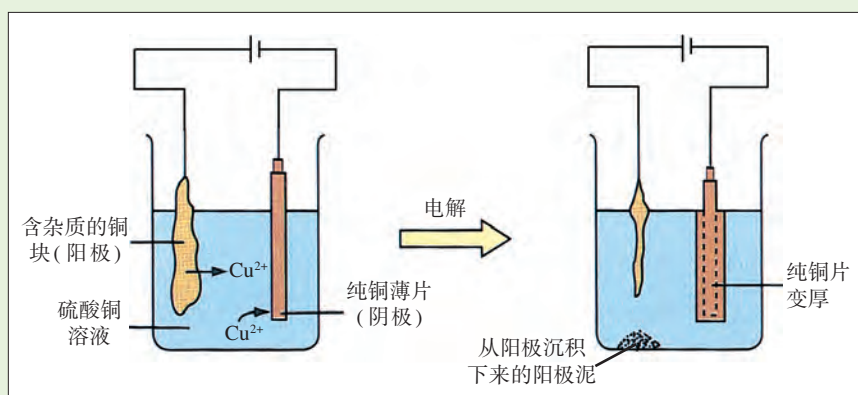


图 2-15 铜的电解精炼示意图



图 2-16 铜的电解精炼

练习与实践

1. 如右图所示, 将锌、铜通过导线相连, 置于稀硫酸中。

(1) 锌片上的现象是_____，
电极反应为_____。

(2) 铜片上的现象是_____，
电极反应为_____。

(3) 电流由_____经导线流向_____，说明_____为正极，
_____为负极。

(4) 若反应过程中有 0.2 mol 电子发生转移, 则生成的氢气在标准状况下的体积为_____。

(5) 若将电解质溶液换成硫酸铜溶液, 能否形成原电池? 若能, 请写出电极反应式; 若不能, 请说明理由。

2. 请说出下列过程中的能量转化形式。

(1) 铅蓄电池的充电过程。

(2) 铅蓄电池的放电过程。

(3) 氢气在氧气中燃烧。

(4) 氢气和氧气在燃料电池中反应。

(5) 电解水。

(6) 高温分解水。

3. 按右图所示装置, 以石墨为电极电解氯化铜溶液。

(1) 阴极为_____, 阳极为_____。(填写“A”或“B”)

(2) 在阴极发生反应的微粒为_____, 电极反应式为_____
_____, 现象为_____。

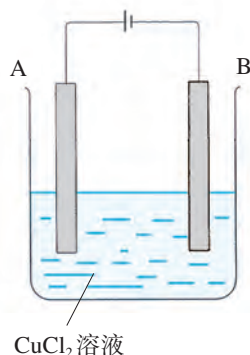
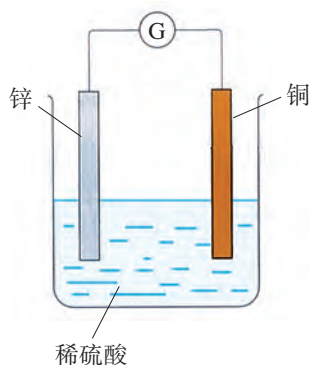
(3) 在阳极发生反应的微粒为_____, 电极反应式为_____
_____, 现象为_____。

(4) 若反应过程中有 0.1 mol 电子发生转移, 则阴极产物和阳极产物的质量分别为_____和_____。

4. 工业上用电解熔融氧化铝的方法制取金属铝。

(1) 请写出反应的化学方程式。

(2) 现欲冶炼 270 t Al , 至少需要多少吨氧化铝?



第四单元 太阳能、生物质能和氢能的利用

目前,世界上所需的能源大多来自于石油、天然气和煤,它们是远古生物掩埋在地下深处历经几百万年演变而形成的,但由于储量有限,很可能在几百年内就被人类耗尽,而且利用化石燃料带来的污染问题越来越严重。因此,开发和利用清洁、高效的新能源已成为人类共同关注的重大课题。

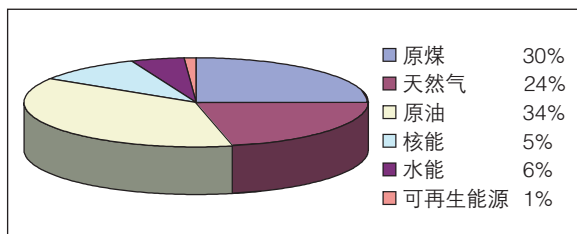


图 2-17 2010 年世界一次能源消耗

太阳能的利用

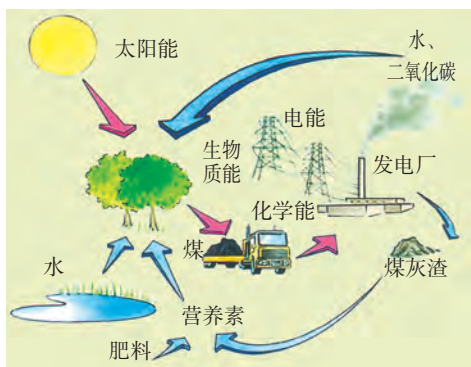


图 2-18 太阳能的转化

能源 (energy resources) 是人类生活和社会发展的基础。地球上最基本的能源是太阳能 (solar energy)。太阳能以光和热的形式传送到地面。人们可以直接利用太阳辐射获得光和热。

绿色植物通过光合作用 (photosynthesis) 吸收太阳能,动物食用植物体内的淀粉、纤维素和蛋白质间接利用太阳能,化石燃料蕴藏的能量也来自远古时期生物体所吸收利用的太阳能。这些被吸收的太阳能通过各种形式的化学反应转化为化学能,物质中的化学能又可以通过

各种形式的化学反应转化为热能、光能或电能释放出来。

目前,科学家们正在研究利用太阳能分解水获得氢气的方法。

你知道吗



太阳能的开发和利用已成为最引人注目的研究课题之一。据估计,太阳辐射到地球表面的能量是目前世界能量消耗的1万多倍。如何利用这些能量,是人类特别是科学家们十分关心的问题。你知道目前利用太阳能有哪些方法吗?将你所知道的填写在下表中,并与同学交流讨论。

表 2-8 太阳能的利用

太阳能利用的实例	能量转化方式

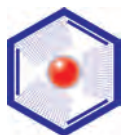
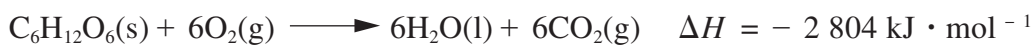
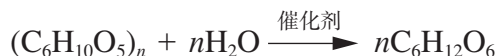


图 2-19 太阳能的利用

大自然利用太阳能最成功的是植物的光合作用。有人估计，地球上每年通过光合作用储藏的太阳能相当于全球能源年耗量的 10 倍左右。在太阳光作用下，植物体内的叶绿素将水、二氧化碳转化为葡萄糖，进而生成淀粉、纤维素，将光能转化为化学能。



动物摄入体内的淀粉、纤维素能水解转化为葡萄糖，葡萄糖氧化生成二氧化碳和水，释放出热量，供给生命活动的需要。



拓展视野

直接利用太阳能的方式

直接利用太阳辐射能，基本上有下列四种方式：

1. 光-热转换

这是目前技术最成熟、成本最低廉、应用最广泛的形式。其基本原理是利用太阳辐射能加热物体而获得热能，如地膜、大棚、温室、太阳能热水器、反射式太阳灶、高温太阳炉等。

2. 光-电转换

太阳能的大规模利用主要是用于发电，发电方式有两种：一种是光-热-电转换方式，另一种是光-电转换方式。

(1) 光-热-电转换方式的基本原理是利用太阳辐射能发电，一般是由太阳能集热器发电，太阳能集热器吸收的热能使水转化为水蒸气，再驱动汽轮机发电。

(2) 光-电直接转换方式的基本原理是利用光电效应，将太阳辐射能直接转换为电能。光-电转换的基本装置就是太阳能电池，它适用于电子仪表、光电信号器件、无人中继站、高山气象站等方面。

3. 光-化学能转换

20 世纪 90 年代，我国一些农村地区把 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 晶体和其他物质装在密闭包装袋里，白天放在阳光下暴晒，当温度达到 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 时， $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 晶体失水，溶解吸热；夜里气温下降，袋里的 Na_2SO_4 溶液结晶，重新析出水合晶体，释放热量，用于取暖。这是利用太阳能的一种简易方法。



图 2-20 光-热-电转换



图 2-21 光-电转换

4. 光-生物质能转换

地球上众多植物通过光合作用，将太阳辐射能转化为生物质能。光-生物质能转换的本质也是光-化学能的转换。

生物质能的利用

生物质能来源于植物及其加工产品所贮存的能量。生物质包括农业废弃物（如植物的秸秆、枝叶）、水生植物、油料植物、城市与工业有机废弃物、动物粪便等。这些物质中蕴藏着丰富的生物质能。

生物质能的利用主要有以下几种方式：

1. 直接燃烧

燃烧植物的枝叶获得热量是远古时期人类就利用的取热方法。若用纤维素代表植物枝叶的主要成分，燃烧反应可表示为



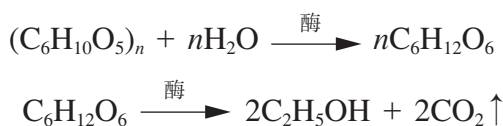
2. 生物化学转换

将植物的秸秆、枝叶、杂草和人畜粪便加入沼气发酵池中，在厌氧条件下，经过沼气细菌的作用，生成沼气。沼气的主要成分是 CH_4 ，还含有 CO_2 和少量 H_2S 、 NH_3 、 PH_3 等。沼气也是应用十分广泛的气体燃料，在我国农村推广建造沼气池，不仅能有效地利用生物质能，还能为农业生产提供优良的肥料。



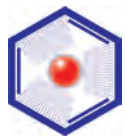
图 2-22 沼气池

用含糖类、淀粉较多的农作物（如玉米、高粱）为原料，在催化剂存在下，经水解和细菌发酵，可以制得乙醇。乙醇可以直接作为燃料，也可以和汽油混合后作发动机燃料。



3. 热化学转换

使生物质在一定条件下发生化学反应,产生热值较高的可燃气体。例如,在汽化炉内加热固体生物质,同时通入空气或水蒸气,或者隔绝空气高温加热生物质,使之发生复杂的化学反应产生可燃气体。



拓展视野

生活垃圾中生物质能的利用



图 2-23 垃圾焚烧处理厂

城市废弃物的处理是一件大事。目前我国大多数城市还是采用填埋处理的方式,发达国家处理垃圾的主要方式是焚烧。我国大型现代化生活垃圾焚烧处理厂也已投入试生产。

将生活垃圾进行压缩,再经过预烘干、磁选处理,去除水分、金属,送进垃圾焚烧炉。焚烧炉产生的热量把锅炉里的水转化为高温高压(400℃、约 4×10^6 Pa)的蒸汽,推动汽轮发电机组发电,还可以利用余热供暖。焚烧炉中的烟气经层层过滤后排放,其中的有毒物质(如二噁英等)的含量降到最低程度。烟灰和吸附有害气体的活性炭经过水泥固化后深埋,产生的焚烧残渣还可制成建筑材料,修桥铺路。

垃圾焚烧处理厂把大量生活垃圾中的生物质能转化为热能、电能,减轻了垃圾占地给城市造成的压力,大大改善了城市环境,增强了市民的环保意识。



氢能的开发与利用

氢气完全燃烧放出的热量是等质量汽油完全燃烧放出热量的3倍多;制取它的原料是水,资源不受限制;它燃烧的产物是水,不会污染环境,是理想的清洁燃料。液态氢还可用作火箭的燃料。氢气被人们看做理想的“绿色能源”。

此外，用高压氢气、氧气制作氢氧燃料电池也是氢能源利用的一种重要方式。

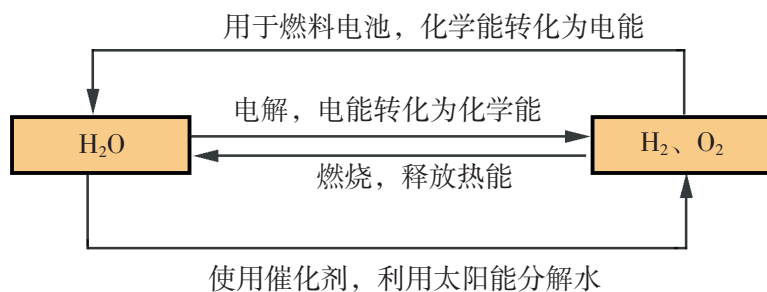


图 2-24 氢能产生与利用的途径

交流与讨论



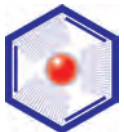
上网或查阅图书资料，了解目前常用的制取氢气的方法。归纳整理你查阅到的信息，并与同学交流讨论。大规模生产氢气的工艺，要求氢气的生产成本低、环境污染少、工艺简单、生产安全等。请在你与同学讨论的方法中，选择一种最佳的制氢方案，并简要说明理由。

在生活和生产中大量应用氢能源，首先要解决由水制备氢气的能耗、氢气的贮存和运输等问题。

用电解方法可以使水分解为氢气、氧气，但要消耗大量电能。科学家正在研究利用其他方法由水制取氢气。例如，在光分解催化剂存在下，在特定的装置中，利用太阳能分解水制氢气；利用蓝绿藻等低等植物和微生物在阳光作用下使水分解产生氢气。

贮氢合金的发现和运用，开辟了解决氢气贮存、运输难题的新途径。

拓展视野



贮氢材料

氢气密度小， 1.5×10^7 Pa 下，40 L 钢瓶只能装约 0.5 kg H_2 。氢气熔点低，难液化，液氢存储困难，也不安全。20 世纪 70 年代后，科学家找到了具有吸收氢气这种特殊功能的材料——贮氢金属、薄膜金属氢化物、某些无机物和某些有机液体氢化物，为解决氢气的贮存问题指明了方向。

贮氢金属并不是简单地吸附氢气，而是通过化学方法贮存氢气。许多金属及合金都能与氢气发生化学反应，形成氢化物。贮氢金属材料是那些具备良好的吸收和释放氢

气能力的金属或合金。在一定的温度、压力条件下，贮氢金属吸氢，形成氢化物；改变条件（如升高温度或降低压力），发生逆向反应，再释放出气态氢。这个过程可以循环进行，直至贮氢金属失效。如镧镍合金（ LaNi_5 ），在室温和适当压力下可以吸收氢气，形成 LaNi_5H_6 ；在一定条件下，所吸收的氢气能释放出来。

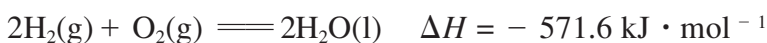
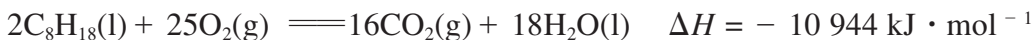
现在，贮氢金属已具有相当广泛的应用。以贮氢合金贮存的氢为动力的氢能汽车已有实验样品，我国在1980年就研制出一辆氢能汽车。科学家们预言，氢能将成为21世纪的重要能源。

练习与实践

1. 地球上的生物与人类利用太阳能的途径有哪些？请与同学交流讨论，并以图表表示，分析其中哪些途径与化学反应有关。

2. 南美盛产甘蔗。巴西用甘蔗渣制造酒精，可满足汽车燃料需求的20%。用化学方程式表示从甘蔗渣（主要成分为纤维素）制造酒精的反应。依据乙醇的燃烧热计算10 kg乙醇完全燃烧可释放出多少热量。

3. 汽油（以 C_8H_{18} 表示）、甲烷和氢气与氧气反应的热化学方程式分别为



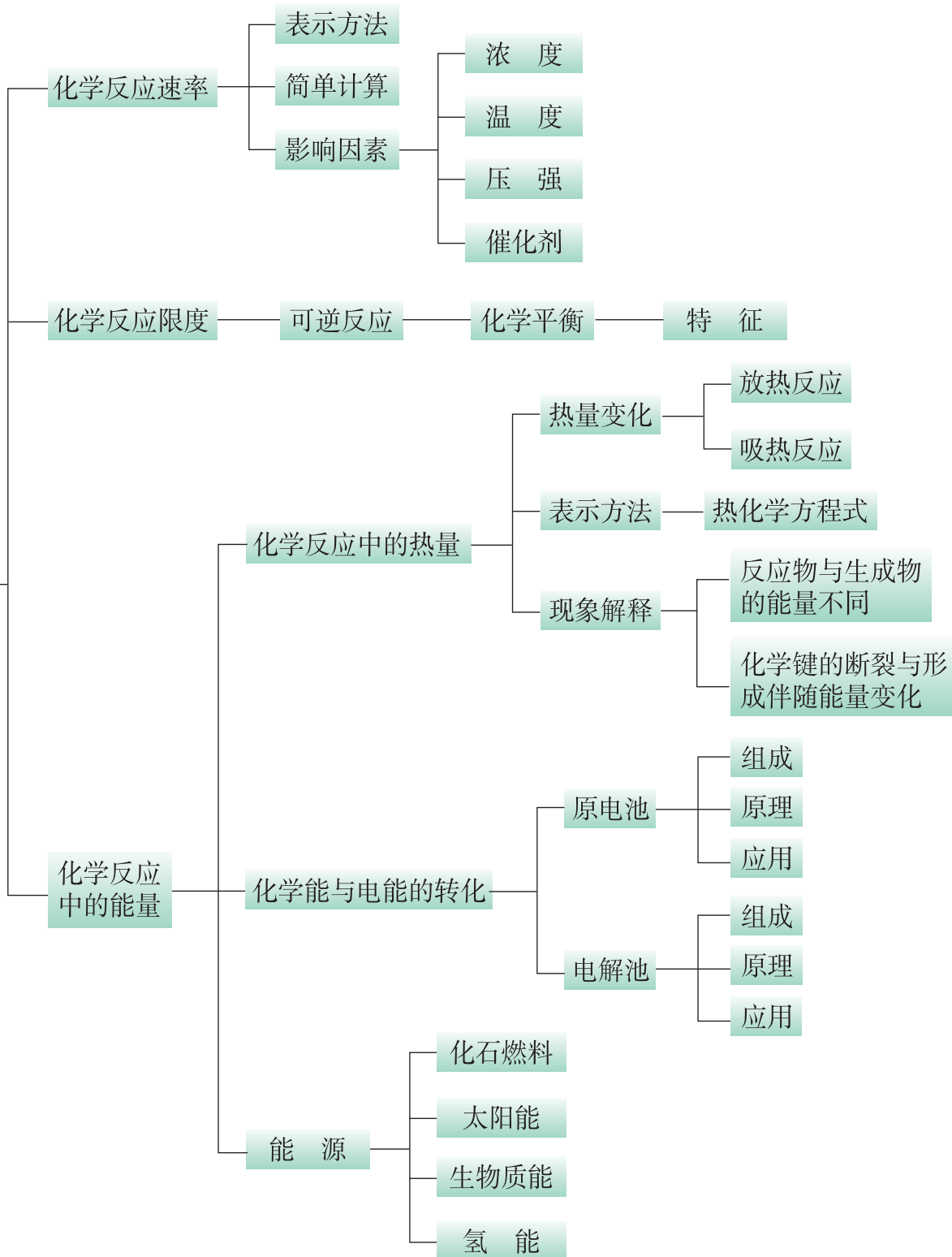
(1) 等质量的汽油、甲烷和氢气完全燃烧，哪一种燃料燃烧放出的热量最多？

(2) 与化石燃料相比，氢能源有哪些优点？

4. 联系本专题的学习内容，实地调查或通过影像资料了解发电厂、煤气厂等工厂的能源消耗和利用情况，写出调查报告。

整理与归纳

化学反应与能量转化



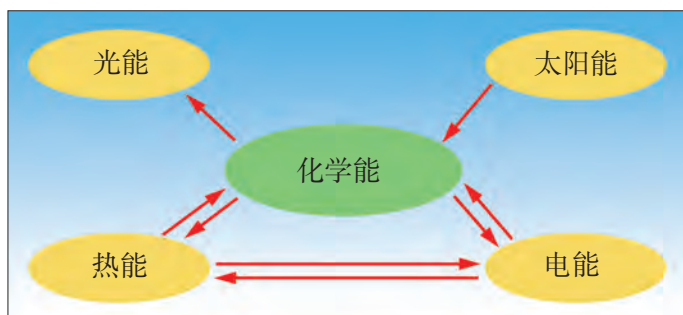
回顾与总结

请参照下列问题或线索，回顾和总结本专题的学习内容。

- 如何表示化学反应速率？
- 外界因素是如何影响化学反应速率的？
- 何为可逆反应？你是如何理解反应限度的？
- 化学反应为什么会伴有热量的吸收或释放？怎样表示反应中放出或吸收的热量？
- 选择使用燃料要注意哪些问题？有人说，直接燃烧煤、石油、天然气不仅是资源的浪费，还会破坏生态环境。你认为这种说法正确吗？为什么？
- 有人说，可充电的电池在放电时发生的是原电池反应，充电时发生的是电解反应。你认为这种说法正确吗？为什么？
- 找一节废弃的一号锌锰干电池进行“解剖”，了解它的构造和组成，绘出它的结构剖面图。联系原电池反应的原理，理解干电池在放电时发生的变化。
- 为什么说氢气是理想的燃料？实现普遍用氢气作燃料的理想，要解决哪些问题？
- 举例说明人类是通过哪些途径利用太阳能和生物质能的。当今研究太阳能和生物质能的利用有什么现实意义？

本专题作业

1. 举例说明下列各能量之间的转化。

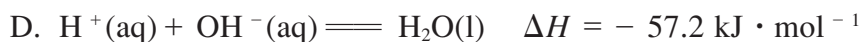
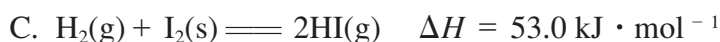
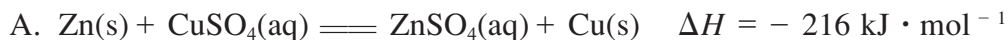


你还能说出其他形式的能量转化吗?

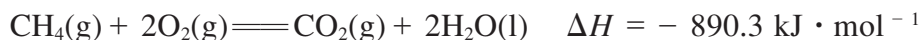
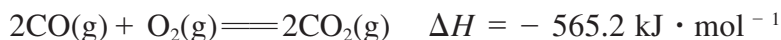
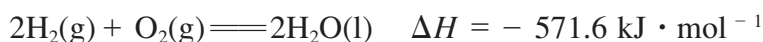
2. 下列是用化学方程式表示的化学变化, 请在每小题后的括号内表明其能量转化形式, 并讨论其实际应用。



3. 在下列反应中, 生成物能量总和高于反应物能量总和的是 ()



4. 某种煤气的组成是: 50% 氢气、30% 甲烷、10% 一氧化碳、6% 氮气和 4% 二氧化碳 (均为体积分数)。已知:



计算 1 m^3 (标准状况) 煤气燃烧时放出的热量。

5. 从燃烧状况、使用是否安全方便、对环境的污染、性能价格比等方面考虑,你认为良好的燃料应具备什么条件?从这些条件看,用煤和煤气作家用燃料,哪种较好?

6. 一个蓄电池两个电极的极性标志模糊不清了,请设计一个简单的实验,判断两个电极的极性。

7. 电解饱和食盐水时,若有 1 mol 氯化钠发生反应,则产生的各种电解产物的质量分别是多少?若电解得到的氯气部分用于生产漂白粉,其余用于生产氯化氢,电解生成的气体还余下哪种成分?你能提出利用建议吗?

8. 石油、煤、天然气是目前广泛应用的能源,而氢气是 21 世纪极有前途的新型能源。

(1) 能源可分为一次能源和二次能源,直接从自然界取得的能源为一次能源,一次能源经过加工、转换得到的能源称为二次能源。

① 请指出石油、煤、天然气、氢气是属于一次能源还是二次能源。

② 请另外列举一次能源和二次能源各一种。

(2) 煤和水蒸气在高温下反应生成一氧化碳和氢气。

① 请写出该反应的化学方程式。

② 请分析该方法是否可以作为大量生产氢气的途径。

(3) 氢能开发的首要问题是研究如何以水为原料获取氢气,下列研究方向是否可行,为什么?

① 大量建设水电站,用电力分解水制取氢气。

② 设法将太阳能聚焦,产生高温,使水分解产生氢气。

③ 开发特殊物质作催化剂,降低水分解过程中所需能量。

④ 寻找更多化石燃料,利用燃烧放热,使水分解产生氢气。