普通高中课程标准实验教科书

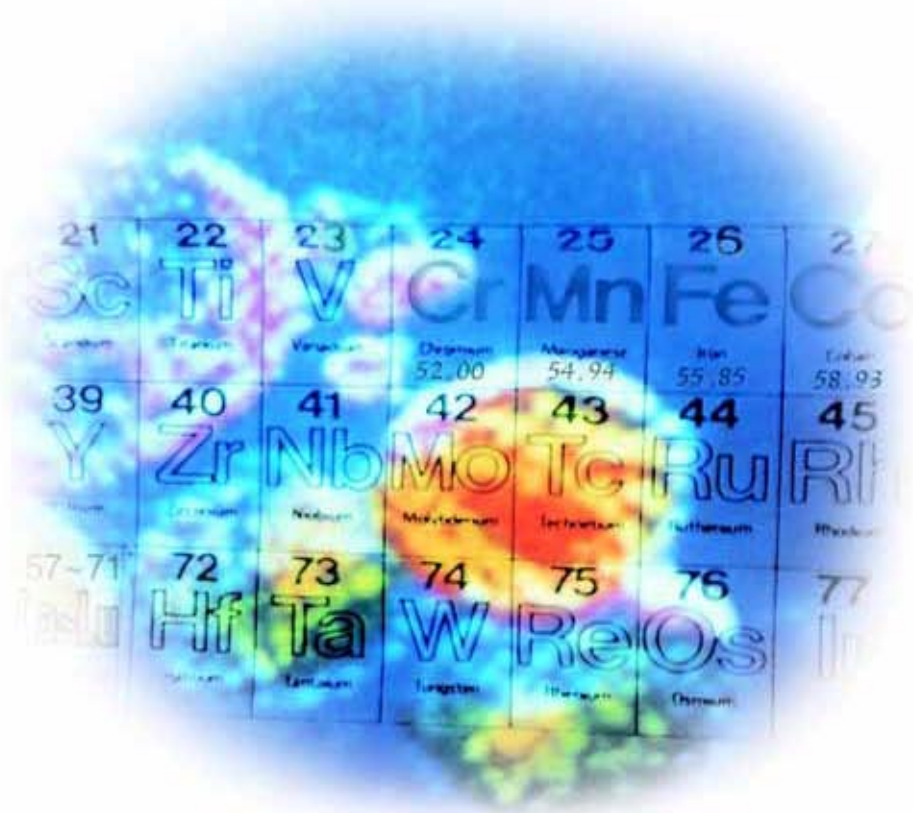
化学

化学 2 (必修)

北京师范大学国家基础教育课程标准实验教材总编委会组编

全套教材主编　王　磊　陈光巨

本册教材主编　王　磊



山东科学技术出版社

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

责任编辑　刘宗寅　何慧颖　邱赛琳
封面设计　史速建　董小眉

著作权所有・请勿擅自用本书制作各类出版物・违者必究
如有编校及印装质量等问题，请与山东科学技术出版社联系
联系人：何慧颖　　电话：（0531）82098082

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

致同学们

欢迎同学们进入高中化学必修课程的学习。

高中化学必修课程分为化学 1 和化学 2 两个模块。其中，《化学 1（必修）》教材含 4 章共 13 节内容，《化学 2（必修）》教材含 3 章共 10 节内容。通过这两个模块的学习，同学们将认识化学科学的特点与魅力，了解化学科学的发展历程和探索空间，体会化学与个人的未来发展、职业选择的关系；掌握研究物质性质的基本方法，利用多种形式的活动探究元素及其化合物的性质和应用，从自然界——实验室——人类生产、生活的方方面面感受物质世界的奇妙；了解元素周期律的奥秘，并从化学键的角度认识物质的组成、化学反应及其能量转化的规律，进一步体会化学科学对促进社会发展以及提高人类生产和生活水平的重要作用。

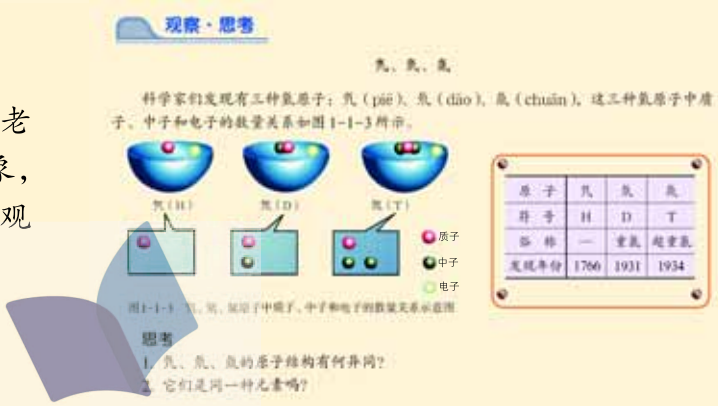


化学 1（必修）　　化学 2（必修）

为了引导同学们积极主动地进行学习，本教材设置了“联想・质疑”“观察・思考”“活动・探究”“交流・研讨”“迁移・应用”及“概括・整合”等活动性栏目。



联想・质疑　一般出现在新内容学习的开始。它在同学们已有的经验或者熟悉的事实和现象的基础上设置有关的学习情境并提出问题、引发思考，使大家对将要学习的内容充满兴趣。

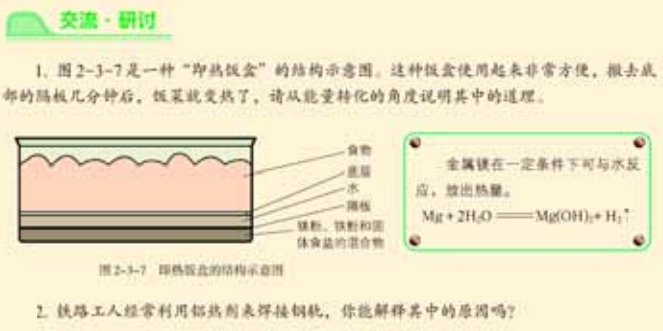


观察・思考　引导同学们认真观察老师所做的演示实验，准确记录实验现象，仔细分析现象产生的原因，不断提高观察能力和思维能力。

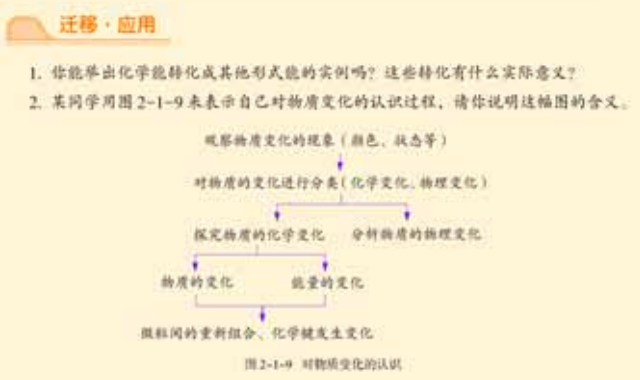
山东出版
SHANDONG PUBLISHING



活动·探究　在此栏目所设置的学习活动中，同学们将通过实验探究或其他形式的探究活动来揭示化学科学的奥秘。



交流·研讨　这是同学们各抒己见的园地。通过对此栏目所提问题的交流讨论，大家将获得更多的信息，并使自己对有关问题的认识更加深刻。



迁移·应用　学习了新的知识后，同学们可以利用此栏目提出的问题或介绍的方法来检验自己对新知识的掌握程度。



概括·整合　学完一节教材后，同学们可以在此栏目的引导下建立新旧知识之间的联系，对在知识与技能、过程与方法、情感态度与价值观三方面的收获进行总结。

本教材还设置了“方法导引”“工具栏”“资料在线”“知识支持”“知识点击”“身边的化学”“化学与技术”及“追根寻源”等栏目。其中，“方法导引”和“工具栏”属于方法指导性栏目，为同学们解决问题提供相关的方法、思路、资料和数据等；“知识支持”为同学们开展探究活动提供及时的帮助；“知识点击”属于提高性栏目，为学有余力的同学进一步学习有关知识进行点拨；“身边的化学”“化学与技术”“资料在线”和“追根寻源”属于拓展性栏目，目的在于引导同学们高观点、大视野、多角度地认识化学科学。

本教材从科学素养的三个维度选择和编排学习内容，引导同学们掌握最核心的基础知识和基本技能，学习最有价值的科学方法，形成最重要的观念和态度。希望本教材能够成为同学们学习化学课程的好帮手，为大家学好后续课程模块打下坚实的基础，为大家科学素养的发展搭建更宽广的平台。

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

目录 CONTENTS

第 1 章　原子结构与元素周期律

第 1 节　原子结构 …… 2
第 2 节　元素周期律和元素周期表 …… 10
第 3 节　元素周期表的应用 …… 20
本章自我评价 …… 27

第 2 章　化学键　化学反应与能量

第 1 节　化学键与化学反应 …… 31
第 2 节　化学反应的快慢和限度 …… 40
第 3 节　化学反应的利用 …… 47
本章自我评价 …… 55

第 3 章　重要的有机化合物

第 1 节　认识有机化合物 …… 58
第 2 节　石油和煤　重要的烃 …… 66
第 3 节　饮食中的有机化合物 …… 76
第 4 节　塑料　橡胶　纤维 …… 89
本章自我评价 …… 98

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

CONTENTS

附 录

1. 各章节中的主要术语与物质名称 …… 100
2. 本册教材中主要的实验内容 …… 102
3. 常见元素中英文名称对照表 …… 103
元素周期表

山东出版
SHANDONG PUBLISHING



核电荷数 = 质子数 = 核外电子数

质子数（Z）+ 中子数（N）= 质量数（A）

第 1 章

原子结构与元素周期律



- 第 1 节　原子结构
- 第 2 节　元素周期律和元素周期表
- 第 3 节　元素周期表的应用
- 本章自我评价

Chemistry



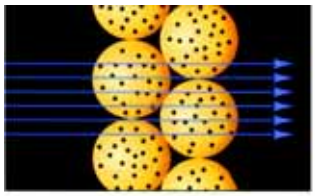
山东出版
SHANDONG PUBLISHING

第 1 节　原子结构

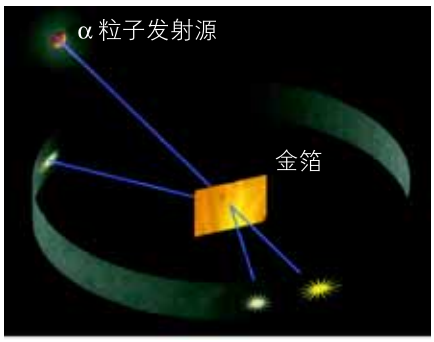
有关原子结构的知识是自然科学的重要基础知识之一。原子是构成物质的一种基本微粒，物质的组成、性质和变化都与原子结构密切相关。那么，原子的内部结构是怎样的呢？

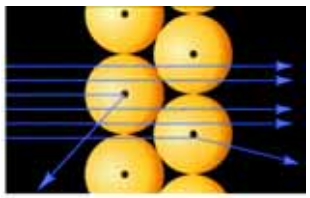
联想 · 质疑

英国物理学家卢瑟福（E.Rutherford）通过α粒子散射实验证明，原子中带正电的部分集中在一起。



实验前，根据“葡萄干布丁”原子模型进行的预测





实验结果：绝大多数α粒子通过，少数α粒子转向，个别α粒子反弹

图 1–1–1　卢瑟福实验示意图

在此实验的基础上，卢瑟福提出了核式原子模型：原子由原子核和核外电子构成。原子核带正电荷，位于原子的中心；电子带负电荷，在原子核周围空间做高速运动。

那么，原子核的内部结构是怎样的？电子在核外空间的运动状态又是怎样的呢？

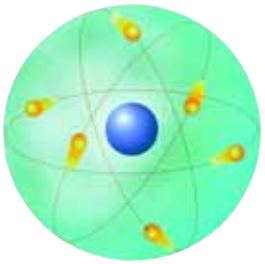


图 1–1–2　卢瑟福核式原子模型

一、原子核　核素

1. 原子核的构成

原子是由原子核和核外电子构成的，而原子核又是由更小的微粒——**质子**（proton）和**中子**（neutron）构成的。

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

交流·研讨

下表列出的是构成原子的微粒——电子、质子和中子的基本数据。

微　粒	电　子	质　子	中　子
质量/kg	9.109×10^{-31}	1.673×10^{-27}	1.675×10^{-27}
相对质量	0.000 548 4	1.007	1.008
电量/C	1.602×10^{-19}	1.602×10^{-19}	0
电　荷	−1	+1	0

请根据表中所列数据讨论：

1．在原子中，质子数、核电荷数和核外电子数之间存在着怎样的关系？为什么？

2．原子的质量主要由哪些微粒决定？

3．如果忽略电子的质量，质子、中子的相对质量分别取其近似整数值，那么，原子的相对质量在数值上与原子核内的质子数和中子数有什么关系？

质子带正电荷，中子不带电，质子和中子依靠一种特殊的力——核力结合在一起。对一个原子来说：

核电荷数 = 质子数 = 核外电子数

由于电子的质量很小，相对于质子、中子的质量，可以忽略不计，因此原子的质量几乎全部集中在原子核上。也就是说，原子的质量可以看做原子核中质子的质量和中子的质量之和。人们将原子核中质子数和中子数之和称为**质量数**（mass number）。

质子数（Z） + 中子数（N） = 质量数（A）

一般用符号 ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}$ 表示一个质量数为 A、质子数为 Z 的原子，那么，组成原子的有关粒子间的关系可表示为：

原子 ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}$ ⟨ 原子核 ⟨ 质子　Z 个；中子　（$A-Z$）个 ⟩；核外电子　Z 个 ⟩

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

迁移·应用

1．在科学研究中，人们常用“$^{37}_{17}Cl$”来表示某种氯原子，请你谈谈其中符号和数字的含义。

2．生物体在生命过程中保留的一种碳原子——$^{14}_{6}C$会在其死亡后衰变。测量在考古遗址中发现的生物遗体里$^{14}_{6}C$的数量，可以推断出它的存在年代。请你利用所学知识分析，$^{14}_{6}C$与作为相对原子质量标准的$^{12}_{6}C$在结构上有何异同。

2. 核素

元素的种类是由原子核内的质子数决定的。**元素**（element）是具有相同质子数（核电荷数）的同一类原子的总称。

同种元素原子的质子数相同，那么，中子数是否也相同呢?

观察·思考

氕、氘、氚

科学家们发现有三种氢原子：氕（piē）、氘（dāo）、氚（chuān），这三种氢原子中质子、中子和电子的数量关系如图1−1−3所示。

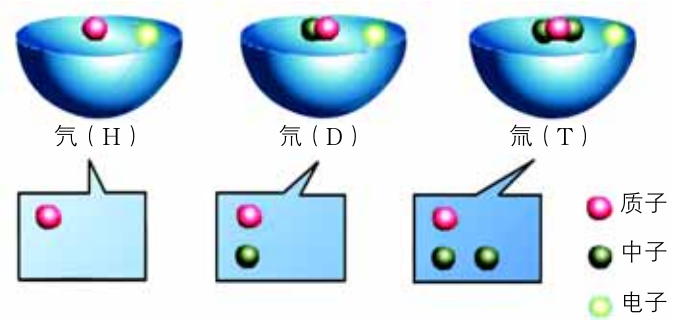


图1−1−3　氕、氘、氚原子中质子、中子和电子的数量关系示意图

原　子	氕	氘	氚
符　号	H	D	T
俗　称	—	重氢	超重氢
发现年份	1766	1931	1934

思考

1．氕、氘、氚的原子结构有何异同?

2．它们是同一种元素吗?

人们把具有一定数目质子和一定数目中子的一种原子称为**核素**（nuclide）。氢元素有氕、氘、氚3种核素，分别用$^{1}_{1}H$、$^{2}_{1}H$和$^{3}_{1}H$表示。除氢外，在天然元素中，还有许多元素具有多种核素，如碳元素有3种核素（$^{12}_{6}C$、$^{13}_{6}C$、$^{14}_{6}C$），氧元素有3种核素（$^{16}_{8}O$、$^{17}_{8}O$、$^{18}_{8}O$），铀元素有3种核素（$^{234}_{92}U$、$^{235}_{92}U$、$^{238}_{92}U$），氯元素有2种核素（$^{35}_{17}Cl$、$^{37}_{17}Cl$）等；有些元素则只有1种核素，如氟（$^{19}_{9}F$）、钠（$^{23}_{11}Na$）等。

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

质子数相同而中子数不同的同一种元素的不同核素互为**同位素**（isotope）。例如，$^{1}_{1}H$、$^{2}_{1}H$ 和 $^{3}_{1}H$ 互为同位素，其中 $^{2}_{1}H$、$^{3}_{1}H$ 用做制造氢弹的原料；$^{234}_{92}U$ 、$^{235}_{92}U$ 、$^{238}_{92}U$ 互为同位素，其中 $^{235}_{92}U$ 是核反应堆的燃料。同位素分为稳定同位素和放射性同位素两种。放射性同位素最常见的应用是作为放射源和进行同位素示踪。例如，追踪植物中放射性 $^{32}_{15}P$ 发出的射线，能确定磷在植物中的作用部位；应用放射性同位素发射出的射线，可进行金属制品探伤、食物保鲜和肿瘤治疗等。

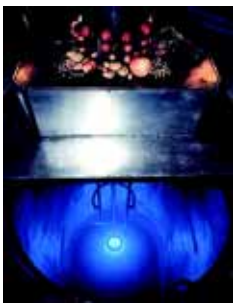


图1–1–4　放射性同位素 $^{60}_{27}Co$ 应用于蔬菜保鲜

化学与技术

放射性同位素与医疗

放射性同位素用于疾病的诊断　用放射性同位素标记的药物进入人体后，医务人员可以利用标记药物的放射性，借助有关仪器从体外观察脏器功能和生化过程的变化。在疾病的形成过程中，生化变化和功能变化一般要早于组织形态的变化，因此放射性同位素广泛用于肿瘤的早期诊断。例如，用放射性同位素进行诊断可比用 X 光法早 3～6 个月发现骨癌转移。

放射性同位素用于疾病的治疗　放射性同位素能放射出α、β、γ射线，射线达到一定剂量时有杀死生物细胞的作用。通过长期的实践，科学家们选用不同种类及剂量的放射性同位素，用特殊的方法照射不同部位的肿瘤，杀灭癌细胞或抑制癌细胞的繁殖，并尽量减少对人体正常细胞的损害。



图1–1–5　放射性同位素用于某些疾病的诊断

未来的能源——核聚变能



图1–1–6　核聚变反应控制室

核聚变是将轻原子核融合成较重原子核的核反应，它所产生的能量比核裂变反应产生的能量大得多。例如，1 g 氘（$^{2}_{1}H$）全部聚合为氦所放出的热能可使 4×10^{8} g 冰变成水蒸气。另外，核聚变产生的污染轻，不会造成放射性垃圾。因此，核聚变的和平利用将帮助人类长久地解决能源问题。

要使核聚变作为能源为人类服务，必须使核聚变产生的能量均匀地释放出来，也就是要进行受控核聚变反应。目前受控核聚变反应的最大技术障碍是难以将核燃料加热到几千万甚至上亿摄氏度的高温。现在，科学家们正在探索在室温下实现受控核聚变的可能性。

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

二、核外电子排布

物质在化学反应中的表现与组成该物质的元素的原子结构有着密切的联系，其中核外电子扮演着非常重要的角色。电子在原子内有“广阔”的运动空间。在这“广阔”的空间里，核外电子是怎样运动的呢？

交流·研讨

电子极其微小，即使使用最先进的扫描隧道显微镜（STM），也只能观察到排列有序、紧密堆积的原子，而观察不到比原子小得多的电子。一个多世纪以来，科学家们主要采用建立模型的方法对核外电子的运动情况进行研究。

请你查阅有关原子结构模型的资料，与同学们讨论电子在原子核外是怎样运动的。

现代物质结构理论认为，在含有多个电子的原子里，能量低的电子通常在离核较近的区域内运动，能量高的电子通常在离核较远的区域内运动。据此可以认为，电子是在原子核外距核由近及远、能量由低到高的不同电子层上分层排布的。通常把能量最低、离核最近的电子层叫做第一层；能量稍高、离核稍远的电子层叫做第二层；由里往外依次类推，共有7个电子层。科学研究表明：每层最多容纳的电子数为$2n^2$（n代表电子层数），而最外层电子数则不超过8个（第一层为最外层时，电子数不超过2个）。人们常用原子结构示意图来简明地表示电子在原子核外的分层排布情况。

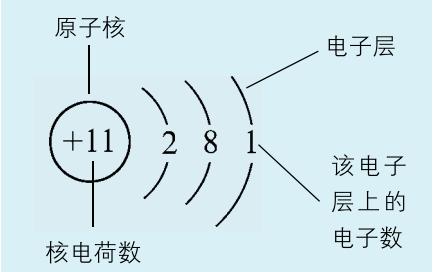


图1-1-7 钠的原子结构示意图

核电荷数为1～18的元素的原子结构示意图如图1-1-8所示。

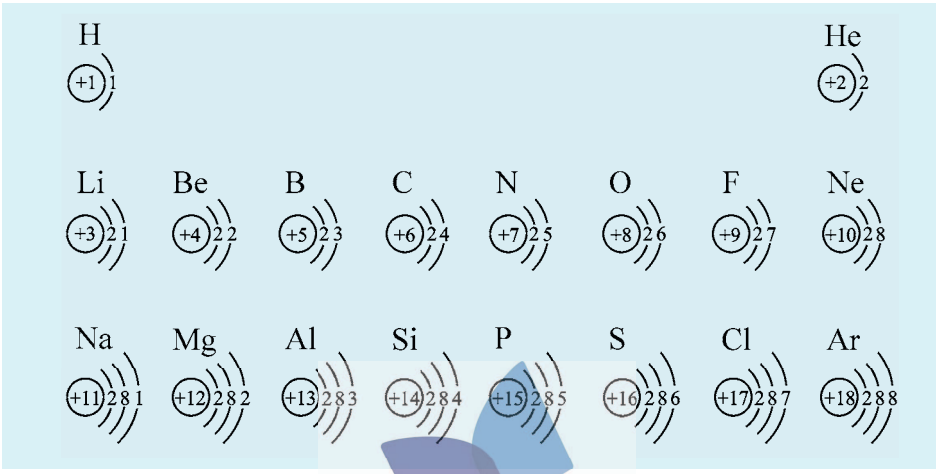


图1-1-8 核电荷数为1～18的元素的原子结构示意图

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

经过分析发现，元素的性质与原子的最外层电子排布密切相关。例如，稀有气体元素原子最外层电子数为8（氦除外，它的最外层只有2个电子），结构稳定，既不容易获得电子，也不容易失去电子；金属元素原子最外层电子数一般小于4，较易失去电子形成阳离子；非金属元素原子最外层电子数一般大于或等于4，有较强的获得电子的倾向，活泼非金属元素的原子则较易获得电子形成阴离子。

化合价是元素的一种重要性质。元素的化合价的数值，与原子的电子层结构特别是最外层电子数有关。例如，稀有气体元素原子核外电子排布已达稳定结构，既不容易获得电子也不容易失去电子，所以稀有气体元素通常表现为0价。钠原子最外层只有1个电子，容易失去这个电子形成Na^+而达到稳定结构，因此钠元素在化合物中显+1价；氯原子最外层有7个电子，只需获得1个电子形成Cl^-便可达到稳定结构，因此氯元素在化合物中常显−1价。

交流·研讨

1．请你尝试画出钙原子（核电荷数为20）和钾离子（核电荷数为19）的结构示意图。

2．通过前面的学习你已经知道，金属钠、金属镁在化学反应中表现出还原性，而氧气、氯气在化学反应中表现出氧化性，你能用原子结构的知识对这一事实进行解释吗？

3．你认为原子结构的知识对于理解物质结构和性质的关系有哪些帮助？

资料在线

玻尔原子模型

1913年，玻尔（N.Bohr）在核式原子模型的基础上指出：核外电子是处在一定的轨道上绕核运行的，正如太阳系的行星绕太阳运行一样；在核外运行的电子分层排布，按能量高低而距核远近不同。这个模型被称为“玻尔原子模型”。现代物质结构理论在新的实验基础上保留了玻尔原子模型合理的部分，并赋予其新的内容。



图1-1-9　丹麦科学家　玻尔（N.Bohr，1885−1962）

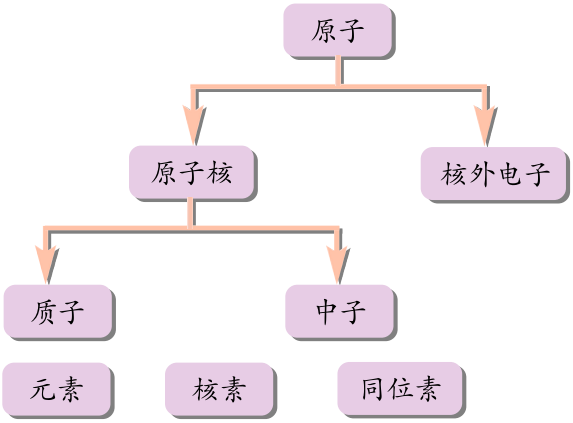
核外电子运动的特征

宏观物体的运动都有一定的轨迹，如人造卫星按一定的轨道围绕地球运行，而在原子核外运动的电子并不遵循宏观物体的运动规律。研究表明，电子在核外空间所处的位置及其运动速度不能同时准确地确定。于是，人们采用统计的方法，对一个电子的多次行为或多个电子的一次行为进行研究，从而统计出电子在核外空间某处单位体积里出现机会的多少，并用电子云形象地进行表示。

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

概括·整合

1．请用图示的方式描述构成原子的各种微粒与元素、核素间的关系，以及元素、核素与同位素间的关系。



2．核外电子排布是有一定规律的。那么，电子在核外是如何排布的？原子的最外层电子排布与元素的化学性质有什么关系？

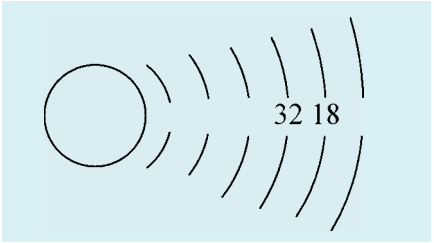
3．你认为研究原子结构有什么意义？请你列举核素在生产和生活中的应用。

练习与活动

1．据报道，某些花岗岩会产生氡（$^{222}_{86}Rn$），从而对人体产生伤害。请回答：

（1）该原子的质量数是_____，质子数是_____，中子数是_____。

（2）请将以下 Rn 的原子结构示意图补全。



（3）请根据 Rn 的原子结构预测氡气的化学性质（　　）。

A．非常活泼，容易与氧气等非金属单质反应

B．比较活泼，能与钠等金属反应

C．不太活泼，与氮气性质相似

D．很难与其他物质发生反应

你选择该选项的理由是_____。

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

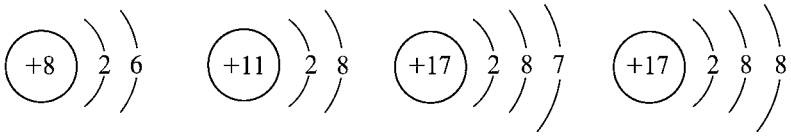
（4）研究发现，镭能蜕变为 $^{222}_{86}Rn$，故将 $^{222}_{86}Rn$ 称为镭射气；钍能蜕变为 $^{220}_{86}Rn$，故将 $^{220}_{86}Rn$ 称为钍射气；锕能蜕变为 $^{219}_{86}Rn$，故将 $^{219}_{86}Rn$ 称为锕射气。$^{222}_{86}Rn$、$^{220}_{86}Rn$、$^{219}_{86}Rn$（　　）。

A．属于同种元素　　B．互为同位素

C．属于同种核素　　D．属于同种原子

由此可见，_____决定元素种类，_____决定核素种类。

2．你知道以下微粒结构示意图表示的各是什么微粒吗？



3．请利用原子结构的知识解释下列事实。

（1）在硫化钠中，钠元素显 +1 价，硫元素显 −2 价。

（2）钠原子和铝原子电子层数相同，但金属钠与氯气的反应要比金属铝与氯气的反应容易而且剧烈。

4．查阅资料并与同学们交流：放射性同位素在能源、农业、医疗以及考古等方面有哪些应用？

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

第 2 节　元素周期律和元素周期表

物质世界尽管丰富多彩、变化无穷，但一切物质都是由元素组成的。人类在长期的生产活动和科学实验中，逐渐认识了元素间的内在联系和元素性质变化的规律性，并以一定的方式将它们表示出来。

联想 · 质疑

目前已经发现的元素有110多种。在元素周期表中，元素是有序排列的。你是否想过：元素为什么会按照这样的顺序在元素周期表中排列？它们之间存在着什么关系？人们是怎样描述这种关系的？



图 1–2–1　元素周期表

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

一、元素周期律

原子序数(atomic number)是元素在元素周期表中的序号，其数值等于原子核内的质子数或原子核外的电子数。研究原子序数为1～18的元素，可以帮助我们认识元素之间的内在联系和元素性质变化的规律性。

活动·探究

元素周期律初探

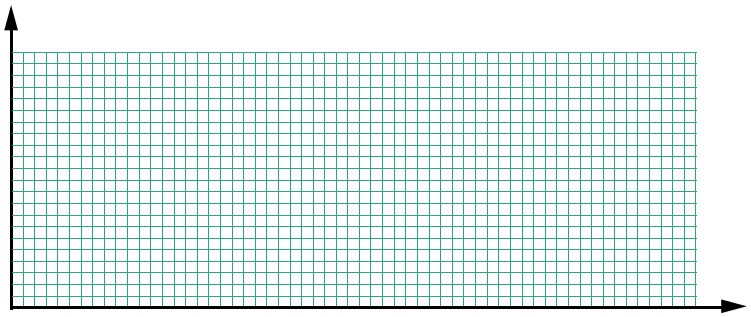
1．下表所列的是部分元素的有关信息，请将表中所缺内容补充完整。

元素符号	元素名称	原子序数	核外电子排布	电子层数	原子最外层电子数	原子半径/nm	相对原子质量	最高化合价和最低化合价(常见)
H						0.037	1.008	+1
He						—	4.003	0
Li						0.134	6.941	+1
Be						0.090	9.012	+2
B						0.082	10.81	+3
C						0.077	12.01	+4；−4
N						0.075	14.01	+5；−3
O						0.073	16.00	−2
F						0.071	19.00	−1
Ne						—	20.18	0
Na						0.154	22.99	+1
Mg						0.130	24.31	+2
Al						0.118	26.98	+3
Si						0.111	28.09	+4；−4
P						0.106	30.97	+5；−3
S						0.102	32.06	+6；−2
Cl						0.099	35.45	+7；−1
Ar						—	39.95	0

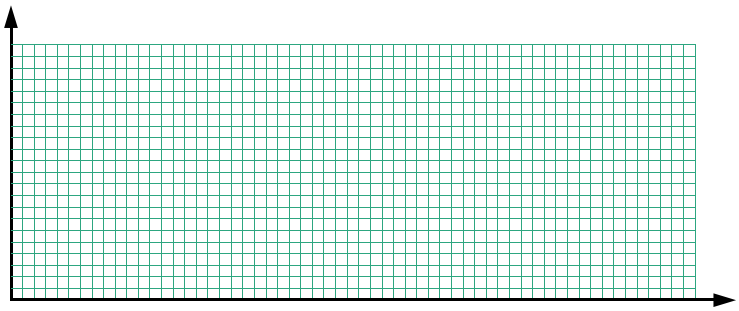
山东出版 SHANDONG PUBLISHING

2．请对表中的各项内容进行比较、分析，寻找其中的规律。

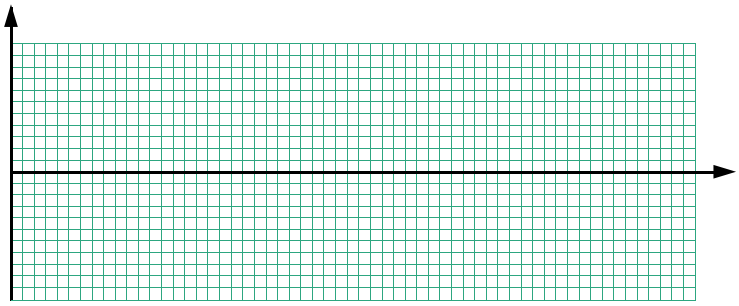
（1）以元素的原子序数为横坐标、原子的最外层电子数为纵坐标，绘出柱状图。



（2）以元素的原子序数为横坐标、元素的原子半径为纵坐标，绘出折线图。



（3）以元素的原子序数为横坐标、元素的最高化合价和最低化合价为纵坐标，用不同颜色的笔绘出折线图。

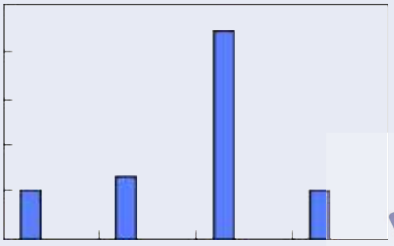


讨论

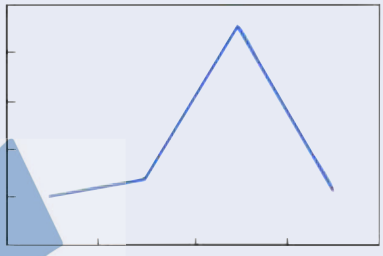
通过以上探究，你发现1～18号元素之间有什么内在联系？它们的性质具有怎样的变化规律？你将如何描述这些联系和规律？

方法导引

怎样处理科学实验得到的数据？图表是帮你整理数据、发现其中规律的一种重要工具。



柱状图



折线图

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

通过探究可以发现：随着原子序数的递增，元素原子的最外层电子排布、原子半径、元素的化合价等均呈现周期性变化。

在大量科学研究的基础上，人们归纳出这样一条规律：**元素的性质随着元素原子序数的递增而呈周期性变化，这个规律叫做元素周期律**（periodic law of the elements）。

元素周期律的发现是19世纪化学科学的重要成就之一，它极大地推动了人们对物质世界的认识，指导着人们开展诸如预测元素及其化合物的性质、寻找或合成具有特殊性质的新物质等科学研究工作。元素周期律有力地推动着现代科学技术的发展。

历史回眸

人类对元素周期律的认识

人类对元素周期律的认识经历了一个漫长的过程。

自道尔顿提出原子学说和原子量（现称相对原子质量）概念之后，测定各种元素原子量的工作进展迅速，到19世纪中叶，已经获得了60多种元素的原子量数据。以此为基础，科学家们开始研究原子量与元素性质之间的关系。门捷列夫(D.I.Mendeleev)和迈尔(J.L.Meyer)等科学家根据原子量的大小对元素进行分类排列，发现元素性质随原子量的递增呈现明显的周期性变化。这就是人们对元素周期律的早期认识。



图 1-2-2　门捷列夫纪念邮票

门捷列夫根据元素周期律预言了三种新元素及其有关性质，这三种元素随后皆被发现，它们分别是1875年发现的镓(Ga)、1879年发现的钪(Sc)和1886年发现的锗(Ge)，它们的原子量、密度和有关性质都与门捷列夫的预言惊人地相符。

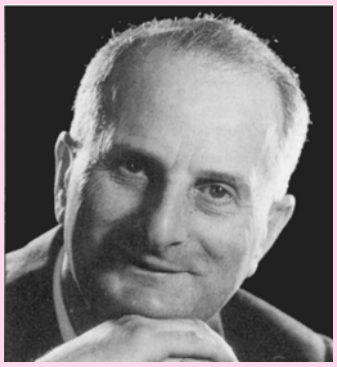


图 1-2-3　德国科学家　迈尔（J.L.Meyer，1830–1895）

门捷列夫去世后，英国物理学家莫斯莱(H.G.J.Moseley)应用X射线测定了原子核所带正电荷的数目，指出元素原子的核电荷数是这种元素的根本特征，原子序数是根据原子的核电荷数确定的。这样，元素周期律就有了更科学的基础。

直到20世纪30年代运用量子力学方法弄清了各元素原子的核外电子排布之后，才实现了对元素周期律实质的认识。现在人们已经知道，元素在元素周期表中的位置与原子的核外电子排布特别是最外层电子排布密切相关。

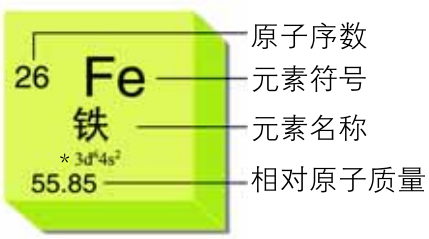
二、元素周期表

元素周期律帮助人们认识了看似杂乱无章的化学元素之间的相互联系和内在变化规律。元素周期表是元素周期律的具体表现形式，它是学习和研究化学的重要工具。

通过元素周期表，可以了解关于某元素的名称、元素符号、相对原子质量、原子序数等

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

信息。元素周期表还对金属元素和非金属元素进行了分区。如果沿着元素周期表中硼、硅、砷、碲、砹与铝、锗、锑、钋的交界处画一条虚线，虚线的左侧是金属元素，右侧是非金属元素；位于虚线附近的元素，既表现金属元素的某些性质，又表现非金属元素的某些性质。



注：*处给出的是关于价电子排布的信息。此内容将在《物质结构与性质》（选修模块教材）中介绍。

图 1–2–4　元素周期表中铁元素的信息

在元素周期表中，行称为周期（period），列称为族（group）。

交流·研讨

请仔细观察元素周期表（见附录），回答问题：

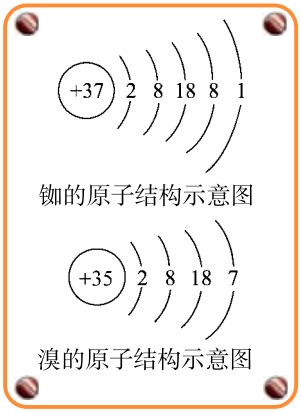
1．元素周期表有多少个周期？每个周期各有多少种元素？

2．以第2周期、第3周期元素为例分析：元素周期表中位于同一周期的元素的原子结构有什么相同之处？它们是怎样递变的？

3．以第1列、第17列元素为例分析：元素周期表中位于同一列（族）的元素的原子结构有什么相同之处？它们又是怎样递变的？

4．在元素周期表中，找出你熟悉的元素的位置。

5．关于元素周期表，你还有哪些问题？



1. 周期

元素周期表有7个横行，也就是7个周期。周期的序数就是该周期元素原子具有的电子层数。其中，1、2、3周期称为短周期；4、5、6周期称为长周期；第7周期尚未填满，称为不完全周期。除第1和第7周期外，每一周期的元素都是从原子最外层电子数为1的元素开始，逐渐过渡到原子最外层电子数为7的元素，最后以原子最外层电子数为8的稀有气体元素结束。

知识点击

镧系和锕系

在第6周期中，从57号元素镧（La）到71号元素镥（Lu），原子的最外层和次外层电子层结构及元素的化学性质十分相似，这15种元素总称为镧系元素。同样道理，第7周期中89号元素锕（Ac）到103号元素铹（Lr）这15种元素总称为锕系元素。为了使元素周期表的结构紧凑，将镧系元素和锕系元素分别放在第6周期和第7周期的同一格内，并按原子序数递增的顺序，把它们分两行单独列在表的下方。

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

2. 族

元素周期表中共有18个纵列，其中第8、9、10三个纵列称为Ⅷ族。第18纵列由稀有气体元素组成。稀有气体元素的化学性质不活泼，化合价通常为零，因而这一族称为0族。其余14个纵列，每个纵列为一族。族有主族和副族之分：由短周期元素和长周期元素共同组成的族称为主族，符号为A，序数用罗马数字表示，如ⅠA、ⅡA、ⅢA等；仅由长周期元素组成的族称为副族，符号为B，序数也用罗马数字表示，如ⅠB、ⅡB、ⅢB等。

在元素周期表中位于同一主族的元素的原子最外层电子数相同，而且最外层电子数与族序数相同，它们按照电子层数递增的顺序自上而下依次排列。因此，每一主族的各元素具有相似的性质。

例如，ⅡA族包括铍（Be）、镁（Mg）、钙（Ca）、锶（Sr）、钡（Ba）、镭（Ra）等元素，人们称它们为碱土金属元素（图1–2–5）。这些元素的原子容易失去最外层的两个电子，因此它们性质活泼，在自然界中都以化合态存在。该主族中的每一种金属元素的单质都呈亮白色，而且具有良好的导电性。含钙、锶、钡等元素的物质灼烧时会产生绚丽的颜色，因此这些元素的化合物可用于制造焰火。

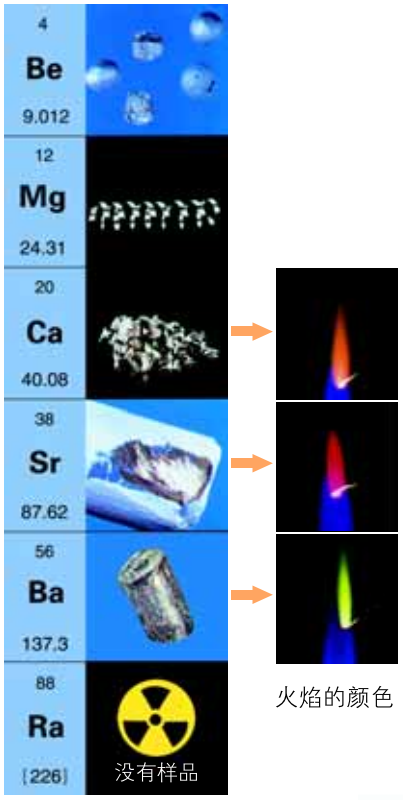


图1–2–5 碱土金属元素及其单质

知识支持

焰色反应及其应用

焰色反应是某些金属或它们的化合物在灼烧时火焰呈现特征颜色的反应。根据焰色反应可以判断某种元素的存在、制造焰火等。

表1–2–1 常见金属元素的焰色

金属元素	焰色
钡	黄绿
钙	砖红
铜	蓝绿
钾	浅紫
锂	深红
钠	黄

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

又如，ⅤA族包括氮（N）、磷（P）、砷（As）、锑（Sb）、铋（Bi）等元素（图1–2–6）。其中，氮和磷是典型的非金属元素。单质磷在空气中易被氧化，因此自然界里没有游离态的磷元素，磷元素主要以磷酸盐的形式存在于矿石中。氮元素是组成蛋白质的重要成分，蛋白质又是生命的存在形式，因此氮元素被称为“生命元素”。而磷元素则存在于动物的骨骼、牙齿、脊髓和神经组织以及植物的果实和幼芽里，对于维持生物体的正常生理活动有着重要作用。

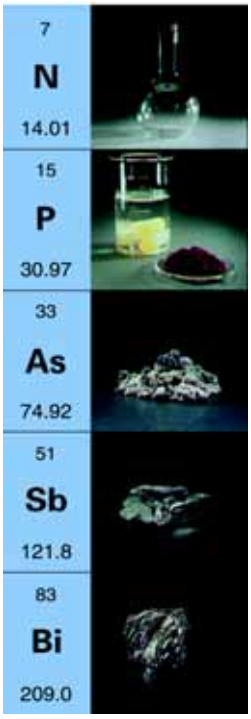


图 1–2–6　氮族元素及其单质

对于副族和Ⅷ族元素也有类似的情况。元素周期表中第3～12列（副族和Ⅷ族）中的元素称为过渡元素。过渡元素包括了大部分金属元素，如铁、铜、镍、银和金等。大部分过渡元素的单质既坚硬又有光泽，金、铜等单质具有独特的色泽。所有过渡元素的单质都具有良好的导电性。多数过渡元素的单质比较稳定，与空气和水的反应缓慢或根本不能反应。例如，古金币历经上千年的风雨侵蚀，仍保持着原有的光泽，其上的各种花纹也依然清晰可见。

元素周期表是一个化学知识的宝库，它的内涵十分丰富。我们不仅可以从元素周期表中直接获得元素的名称、元素符号、相对原子质量、电子层结构等信息，还可以根据元素在元素周期表中的位置认识它们的性质。

历史回眸

形式不同的元素周期表

自1869年门捷列夫给出第一张元素周期表以来，至少已经出现了700多种不同形式的元素周期表。总的来说，人们制作元素周期表的目的是为研究元素周期律提供方便，但研究的侧重点不同，给出的元素周期表的形式也就不同。

短式周期表　元素周期表有短表和长表之分。20世纪前半叶广泛使用的是短表，图1–2–7给出的就是一种短式元素周期表。门捷列夫起初制作的元素周期表是最原始的短式元素周期表。当时，稀有气体元素和很多其他元素尚未被发现，因此在他制作的元素周期表里没有它们的位置。

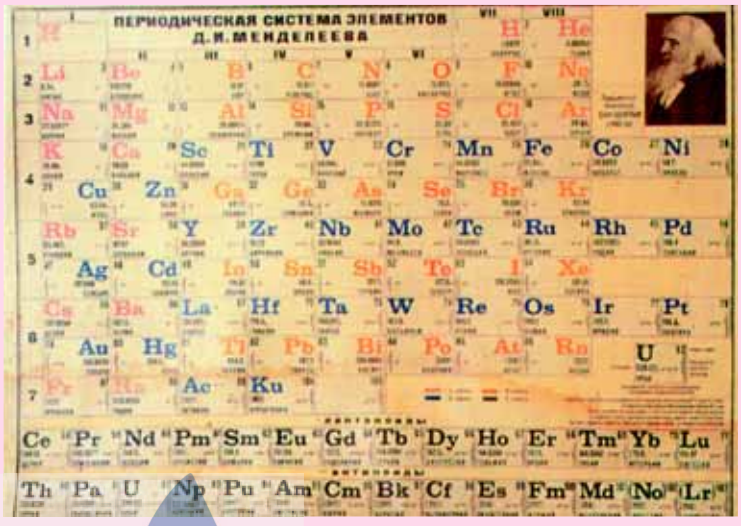


图 1–2–7　一种短式元素周期表

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

三角形元素周期表 1930年以后广泛使用的长式元素周期表有很多种形式，我们现在经常使用的就是一种长式元素周期表（见附录）。图1–2–8给出的这种三角形元素周期表也是一种长式元素周期表，它能直观地展现元素性质的周期性发展，但不能很好地反映纵列元素的相互关系。

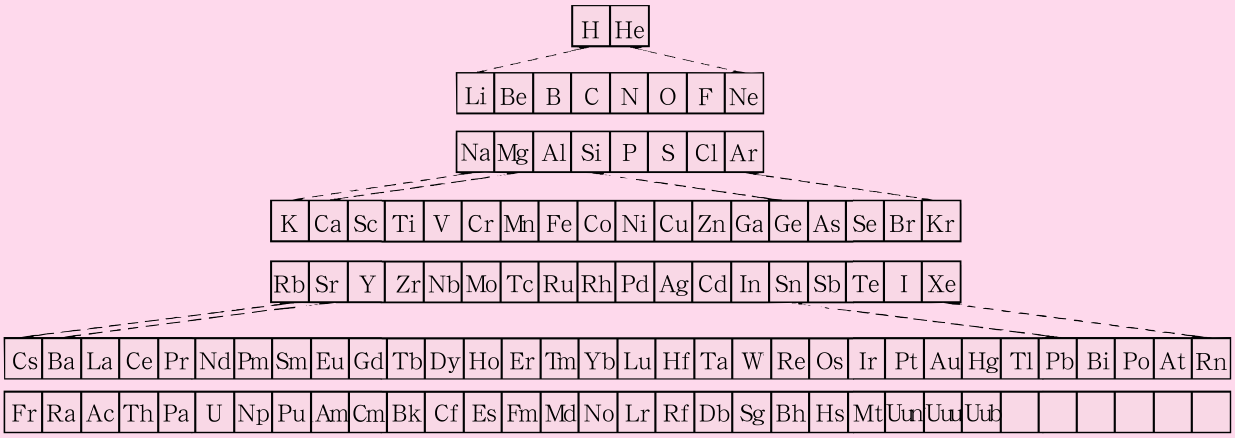


图 1–2–8 三角形元素周期表

概括·整合

1．元素之间是存在相互联系和内在变化规律的，元素周期律揭示了这种相互联系和内在变化规律。什么是元素周期律？元素周期律的实质是什么？

2．元素周期表是元素周期律的具体表现形式。常见的元素周期表的结构是怎样的？金属元素和非金属元素可怎样分区？同周期、同主族元素的原子结构各有什么特点？

3．利用元素周期表归纳总结你所学过的元素化合物知识。

练习与活动

1．下表是元素周期表的一部分，表中所列的字母分别代表某一化学元素。

a																	
												g		j			
b	c											f		i		l	m
			e										h		k		
	d																

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

（1）表中所列元素中：

属于短周期元素的有_____；

属于主族元素的有_____；

e元素在元素周期表中的位置是_____周期，_____族。

（2）下列_____组元素的单质可能都是电的良导体。

A．b，c，i　　B．a，g，k　　C．c，g，l　　D．d，e，f

（3）将元素a，b，c，f，l的原子半径按从小到大的顺序排列：_____。

（4）i元素属于_____（填“金属”或“非金属”）元素，它的最高化合价是_____，最低化合价是_____。它能与氧气反应，生成一种吸水性很强的物质，这种物质在实验室里常用做干燥剂，写出i的单质与氧气反应的化学方程式：_____。

2．请你利用元素周期律和元素周期表的有关知识，回答下列问题：

（1）下列各组元素性质或原子结构递变情况错误的是（　　）。

A．Li、Be、B原子最外层电子数依次增多

B．P、S、Cl元素最高正化合价依次升高

C．N、O、F原子半径依次增大

D．Na、K、Rb的电子层数依次增多

（2）A元素原子最外层电子数是次外层电子数的3倍，B元素原子次外层电子数是最外层电子数的2倍，则A、B元素（　　）。

A．一定是第2周期元素

B．一定是同一主族元素

C．可能是第2、3周期元素

D．可以相互化合形成化合物

3．动手实践：比较原子的大小。

在这个活动中，你要用模型来比较元素周期表中同族元素原子的大小。

材料

圆规，计算器，元素周期表。

活动过程

（1）根据元素周期表，预测同族元素从上到下原子半径是增大、不变还是减小。

（2）查看ⅡA族中每种元素的原子半径。

（3）以ⅡA族元素中原子半径最小的铍元素为标准，计算每种原子的相对半径（精确到小数点后一位）。

（4）根据计算的相对半径值，用圆规画出代表各种原子的圆，各圆的半径以厘米为单位。

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

原子序数	元　素	半径/pm*	相对半径
4	Be	90	1
12	Mg	130	
20	Ca	174	
38	Sr	192	
56	Ba	222	

*1 pm = 1×10^{-12} m

分析

（1）根据你的模型，你第（1）步的预测正确吗？请予以解释。

（2）元素周期表中每一族中原子半径最大的元素在哪个位置？

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

第 3 节　元素周期表的应用

元素周期律的发现和元素周期表的诞生，开创了化学科学的新纪元。从此，人们对千变万化的物质世界的认识再也不是支离破碎的了。利用元素周期表，人们不仅可以系统地总结已有的元素知识，而且可以结合原子结构的知识，研究元素性质的递变规律，并在此基础上预测未被发现的新物质的性质和应用，继而把它们合成出来。

联想 · 质疑

1871 年，门捷列夫预言：一定存在一种元素，在元素周期表中它紧排在锌（Zn）的后面，处于铝（Al）和铟（In）之间。门捷列夫将其称为“类铝”，并预测了它的性质。4 年之后，法国化学家布瓦博德朗（P.E.L.de Boisbaudran）发现了这种元素——镓（Ga），并通过实验证实了门捷列夫的预测。你知道门捷列夫是如何做出如此准确的预测的吗？你知道元素周期表中元素的性质呈现怎样的变化规律吗？



图 1-3-1　“类铝”——镓位于 ⅢA 族

一、认识同周期元素性质的递变规律

你已经知道，元素周期表是元素周期律的具体表现形式。那么，元素周期表是怎样体现元素的性质随着原子序数的递增而呈现的周期性变化呢？为了解决这一问题，可以逐个周期地研究元素的原子失电子能力或得电子能力的相对强弱。

活动 · 探究

第 3 周期元素原子得失电子能力的比较

第 3 周期包括钠（Na）、镁（Mg）、铝（Al）、硅（Si）、磷（P）、硫（S）、氯（Cl）、氩（Ar）8 种元素，请你运用实验观察、查阅资料等方法认识这些元素原子失电子能力或得电子能力的相对强弱。

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

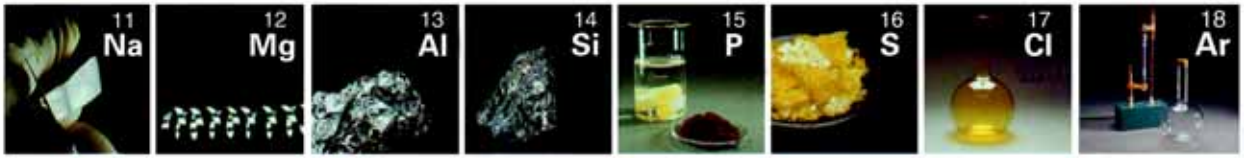


图 1–3–2　第 3 周期元素及其单质

交流研讨

1．第 3 周期元素原子的核外电子排布是如何递变的？

2．尝试根据元素原子的核外电子排布规律预测第 3 周期元素原子失电子能力或得电子能力的相对强弱。

实验探究

请你利用所给试剂和仪器设计并完成实验，验证你对钠、镁、铝三种元素原子失电子能力相对强弱的预测。

试剂

表面积相同的镁条和铝条，$MgCl_2$ 溶液，金属钠（切成小块），盐酸（1 $mol \cdot L^{-1}$），NaOH 溶液，$AlCl_3$ 溶液，蒸馏水。

仪器

烧杯，试管，表面皿，酒精灯，试管夹。

实验方案

方法导引

元素原子失电子能力的强弱可以采用下列方法间接地判断。

1．比较元素的单质与水（或酸）反应置换出氢的难易程度。置换反应越容易发生，元素原子的失电子能力越强。

2．比较元素最高价氧化物对应的水化物的碱性强弱。一般说来，碱性越强，元素原子失电子的能力越强。

实验记录

实验内容	实验现象	结　论

阅读探究

请你阅读以下材料，从中获取证据，验证你对硅、磷、硫、氯等元素原子得电子能力相对强弱的预测。

硅的最高价氧化物（SiO_2）对应的水化物是原硅酸（H_4SiO_4），它难溶于水，是一种很弱的酸。硅只有在高温下才能与氢气反应生成少量的气态氢化物——硅烷（SiH_4）。

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

磷的最高价氧化物（P_2O_5）对应的水化物是磷酸（H_3PO_4），它属于中强酸。磷蒸气与氢气能反应生成气态氢化物——磷化氢（PH_3），但相当困难。

硫的最高价氧化物（SO_3）对应的水化物是硫酸（H_2SO_4），它是一种强酸。硫在加热时能与氢气反应生成气态氢化物——硫化氢（H_2S）。硫化氢在较高温度时可以分解。

氯的最高价氧化物（Cl_2O_7）对应的水化物是高氯酸（$HClO_4$），它的酸性比硫酸的酸性还强。氢气与氯气在光照或点燃的条件下反应生成稳定的气态氢化物——氯化氢。

思考

你对以上四种非金属元素原子得电子能力相对强弱的预测正确吗？你是如何运用以上材料提供的信息来证实你的预测的？

方法导引

元素原子得电子能力的强弱可以采用下列方法间接地判断。

1．比较元素的单质与氢气化合的难易程度以及气态氢化物的稳定性。一般说来，反应越容易进行，生成的气态氢化物越稳定，元素原子得电子的能力越强。

2．比较元素最高价氧化物对应水化物的酸性。一般说来，酸性越强，元素原子得电子的能力越强。

通过研究发现，在第3周期元素中，从钠到氯，元素原子失电子能力逐渐减弱，得电子能力逐渐增强，而氩为性质极其稳定的稀有气体元素。对其他周期元素进行同样的研究，也可得到类似的结论。例如，在第4周期中，从左到右，由活泼的金属元素（K、Ca等）逐渐过渡到不太活泼的金属元素，再逐渐过渡到非金属元素（As、Br等），最后是性质极其稳定的稀有气体元素——氪（Kr）。

在同一周期中，各元素原子的核外电子层数相同，但从左到右核电荷数依次增多，原子半径逐渐减小（稀有气体元素除外），原子失电子能力逐渐减弱、得电子能力逐渐增强。这种情况周而复始。因此，元素周期表清楚地体现了元素的性质随着原子序数的递增呈现的周期性变化。

二、预测同主族元素的性质

元素周期表与元素原子结构的特点和元素的性质有着密切的关系。元素在元素周期表中的位置反映了该元素原子结构的特点以及由此决定的元素的性质，因此可以根据某元素在元素周期表中的位置，推测它的原子结构和有关性质。

交流·研讨

1．元素周期表中，同主族元素原子的核外电子排布有什么特点？请你推测同主族元素的性质。

2．尝试着从你学过的物质及其变化中为你的推测寻找证据。

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

在元素周期表中位于同一主族的元素原子的最外层电子数相同，因此同主族元素具有类似的性质。例如，ⅦA族元素（F、Cl、Br、I等），原子的最外电子层都有7个电子，元素的最高化合价为+7（F除外），最低化合价为−1；原子得电子能力很强，都是活泼的非金属元素。通常，这些元素的最高价氧化物对应的水化物具有很强的酸性；它们都能形成气态氢化物；在氧化还原反应中，它们的单质常做氧化剂，等等。

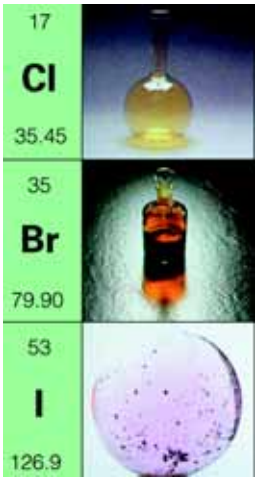


图 1-3-3　氯、溴、碘元素及其单质

但是，同主族元素原子从上到下电子层数依次增多，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。这样，就引起了同主族元素的单质及化合物有关化学性质的递变。例如，氯气能够将Br^-氧化成溴单质，而溴单质能够将I^-氧化为碘单质，从氯到碘，单质的氧化性逐渐减弱。又如从氟到碘，ⅦA族元素的单质与氢气发生的化合反应越来越难进行：氟气与氢气在暗处就能剧烈化合，并发生爆炸；氯气在光照或点燃的条件下，能与氢气发生剧烈的化合反应；溴蒸气与氢气的反应，在200℃时能较缓慢地进行；碘与氢气的反应要在更高温度下才能缓慢进行，生成的碘化氢很不稳定，同时发生分解。

人们可以根据同主族元素性质的相似性和递变规律来预测某种元素的单质及化合物的性质。

观察·思考

预测金属钾的性质

1．根据钾元素在元素周期表中的位置预测金属钾的性质，并与金属钠的性质进行比较。

2．观察金属钠、钾与水反应的情况，为你的预测收集证据。

【实验】分别向两只培养皿中加水至其容积的1/2，然后分别加入绿豆大小的一块金属钾和金属钠，迅速用玻璃片盖好，注意观察反应的剧烈程度，并记录所发生的现象。

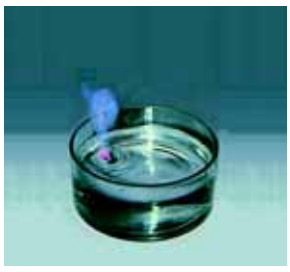


图 1-3-4　金属钾与水的反应

实验内容	实验现象	结　论
钾与水反应		
钠与水反应		

思考

根据金属钾、钠的性质，预测IA族其他元素单质的性质。

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

钾与钠性质相似，是银白色的活泼金属，熔点较低。但是，金属钾的化学性质比金属钠的化学性质活泼，金属钾与水的反应比金属钠与水的反应更剧烈，并发生轻微爆炸。

人们把ⅠA族中的金属元素锂（Li）、钠（Na）、钾（K）、铷（Rb）、铯（Cs）等称为碱金属元素（图1–3–5）。碱金属元素具有相似的性质：原子的最外电子层都有1个电子，元素的最高化合价为+1；原子的失电子能力很强，都是活泼的金属元素。因此，碱金属元素的单质都能与氧气、水等物质发生反应，碱金属元素最高价氧化物对应的水化物一般具有很强的碱性。但是，由于碱金属元素原子的核电荷数、电子层数不同，它们的性质也有所差异。从锂到铯，元素的原子失电子能力逐渐增强，因此，金属锂与氧气反应不如金属钠与氧气反应剧烈，而金属铷和金属铯遇到空气会立即燃烧，遇水还可能发生爆炸。



图1–3–5 碱金属元素及其单质

从以上分析可以发现，每一周期、每一主族的元素，其性质总是呈现规律性的变化。这使元素周期表成为化学家的得力工具，为研究物质结构、发现新元素、合成新物质、寻找新材料提供了许多有价值的指导。

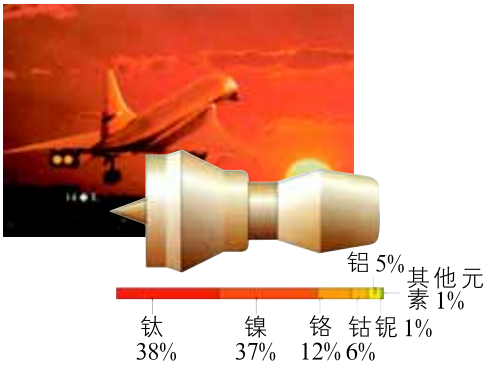


图1–3–6 以过渡元素为主要成分的合金用于制造飞机发动机

例如，根据在元素周期表中位置靠近的元素具有相似的性质这一规律，可以利用元素周期表寻找新材料。人们不但在金属元素和非金属元素的交界处寻找半导体材料，还在过渡元素中寻找优良的催化剂。目前，人们已经用铁、镍做催化剂使石墨在高温和高压下转化成金刚石；广泛采用过渡元素做催化剂进行石油化工生产，而且通过少量稀土元素的加入来改善催化剂的性能。位于元素周期表ⅣB到ⅥB的过渡元素如钛（Ti）、钽（Ta）、钼（Mo）、钨（W）等的单质，大多具有耐高温、耐腐蚀等特点，人们利用以它们为原料制成的特种合金来制造火箭、导弹、宇宙飞船等。此外，人们还利用元素周期表寻找合适的超导材料、磁性材料等。

科学研究发现，地球上化学元素的分布与它们在元素周期表里的位置有着密切的关系。例如，相对原子质量较小的元素在地壳中含量较多，相对原子质量较大的元素在地壳中含量较少；原子序数是偶数的元素在地壳中的含量较多，原子序数是奇数的元素在地壳中的含量较少；处于地球表面的元素多数呈现高价态，处于岩层深处的元素多数呈现低价态；碱金属一般是强烈的亲石元素，主要富集于岩石圈。有的科学家把元素周期表分为10个区（每个区里元素的性质相似），并认为同一区域的元素往往形成同生矿。以上这些，对探矿具有重要的指导意义。

总之，元素周期律和元素周期表在哲学、自然科学、生产实践等方面都具有十分重要的价值。

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

历史回眸

制冷剂“氟里昂”的研制

在未发现氟里昂以前，冷冻机里用的制冷剂是二氧化硫或氨，这两种化合物都有令人不愉快的气味，而且对人体有强烈的刺激性。因此，工程师们一直在想方设法寻找新的制冷剂。这种新的制冷剂必须是一种性质稳定、无毒害、无异味、不易燃烧、对冷冻机没有腐蚀作用的物质，而且沸点最好处于0℃～−40℃之间。

美国科学家米奇利（T.Midgley）利用元素周期表来寻找制冷剂。他通过研究发现，元素周期表左边各元素的化合物，绝大多数是固体，沸点都很高，显然不适合用做制冷剂；中间各元素的化合物也是这样；右边的元素，它们能生成易挥发的化合物，可是其中B、Si、P、As、Sb、Bi、Se和Te的挥发性化合物不稳定，有的毒性比较大，有的容易燃烧，这些化合物也不符合制冷剂的要求；最右边的稀有气体元素的单质，虽然性质稳定也无毒性，但沸点太低、价格昂贵，也不宜采用。

剩下的只有元素周期表的一个“三角地带”里的元素。从元素性质递变的规律可以推知，在元素周期表中，从左到右元素有关化合物的易燃性逐渐降低，自上而下元素有关化合物的毒性逐渐增大。根据这一判断，氟的化合物应该毒性小、不易燃烧。米奇利选定氟化合物为自己的研究对象，经过努力，终于制得优良的制冷剂——二氟二氯甲烷（CCl_2F_2），商业上称为氟里昂−12。

氟里昂制冷剂风靡一时，不过，由于它对大气的臭氧层有强烈的破坏作用，现已被其他制冷剂代替。

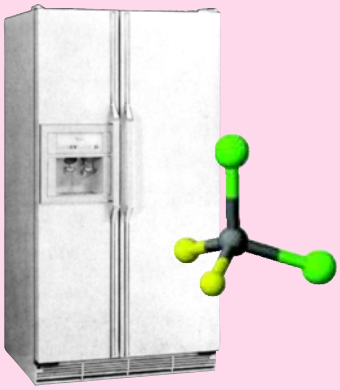


图1–3–7 冷冻机与氟里昂−12分子的结构模型

概括·整合

1．完成下表，总结元素周期表中同周期、同主族元素性质的递变规律。

族 / 周期	ⅠA	ⅡA	ⅢA	ⅣA	ⅤA	ⅥA	ⅦA	0
1								
2			B					
3			Al	Si				
4				Ge	As			
5					Sb	Te		
6						Po	At	
7								

稀有气体元素

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

（1）从原子结构的角度分析，元素的性质为什么呈现上述递变规律？

（2）怎样根据元素在元素周期表中的位置预测它的性质？

2．元素周期律的发现和元素周期表的诞生是19世纪化学科学的重大成就之一，具有重要的哲学意义、自然科学意义和实际应用价值。举例说明元素周期律和元素周期表在化学学习、科学研究和生产实践中的具体应用。

练习与活动

1．利用元素周期表，根据元素性质的相似性将左右两列元素配对。

氪（Kr）	钠（Na）
磷（P）	氖（Ne）
钾（K）	钙（Ca）
镁（Mg）	硫（S）
硅（Si）	氮（N）
氧（O）	碳（C）

2．X、Y是元素周期表ⅦA族中的两种元素。下列叙述中能说明X的原子得电子能力比Y强的是（　　）。

A．X原子的电子层数比Y原子的电子层数多

B．X的氢化物的沸点比Y的氢化物的沸点低

C．X的气态氢化物比Y的气态氢化物稳定

D．Y的单质能将X从NaX的溶液中置换出来

3．元素X的单质的分子是双原子分子X_2；元素X的单质与金属镁反应时元素X的原子形成−1价的阴离子。请回答：

（1）元素X在元素周期表中位于哪一族？

（2）写出金属镁与X的单质反应的化学方程式：_____。

4．请你利用元素周期表的有关知识，判断下列对于铍元素及其化合物的性质的推测是否正确并说明理由。

（1）铍原子的半径大于硼原子的半径；

（2）相同条件下，单质铍与酸反应比单质锂与酸反应剧烈；

（3）氢氧化铍的碱性比氢氧化钙的碱性弱；

（4）单质铍能与冷水剧烈反应。

5．请根据你对元素周期律和元素周期表的理解，设计、绘制一张新的元素周期表。

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

本章自我评价

1．1956年，杨振宁和李政道提出在弱相互作用中宇称不守恒，并由吴健雄用$^{60}_{27}Co$放射源进行了实验验证。次年，杨振宁、李政道两人因此获得诺贝尔物理学奖。$^{60}_{27}Co$的衰变方程为：

$$^{60}_{27}Co \xrightarrow{} {}^{A}_{Z}Ni + {}^{0}_{-1}e^{-} + \overline{V}_e$$

其中，$\overline{V}_e$是反中微子，它的电荷为零，静止质量可认为是零。

（1）下列关于$^{60}_{27}Co$的叙述中，错误的是（　　）。

A．质子数是27　　B．电子数是27　　C．质量数是27　　D．中子数是60

（2）在上述衰变方程中，衰变产物Ni的质量数A为_____，核电荷数Z为_____。

（3）元素的化学性质主要决定于（　　）。

A．核外电子数　　B．核内质子数　　C．核内中子数　　D．最外层电子数

（4）不同种元素的本质区别是（　　）。

A．质子数不同　　B．中子数不同　　C．电子数不同　　D．质量数不同

2．下列8种化学符号：

$$^{1}_{1}H_2 \quad ^{2}_{1}H_2 \quad ^{14}_{6}C \quad ^{6}_{3}Li \quad ^{23}_{11}Na \quad ^{14}_{7}N \quad ^{7}_{3}Li \quad ^{24}_{12}Mg$$

（1）表示核素的符号共_____种。

（2）互为同位素的是_____和_____。

（3）质量数相等，但不能互称同位素的是_____和_____。

（4）中子数相等，但质子数不相等的是_____和_____。

3．请根据元素周期律和元素周期表回答以下问题。

（1）下列叙述中，正确的是（　　）。

A．同周期元素中，ⅦA族元素的原子半径最大

B．ⅥA族元素的原子，其半径越大，越容易得到电子

C．室温时，0族元素的单质都是气体

D．元素周期表中从ⅢB到ⅡB 10个纵列的元素都是金属元素

（2）X、Y、Z、W均为短周期元素，它们在元素周期表中的位置如右图所示。若Y原子的最外层电子数是次外层电子数的3倍，下列说法中正确的是（　　）。

X	Y
Z	W

第3（2）题图

A．原子半径：W > Z > Y > X

B．最高价氧化物对应水化物的酸性：Z > W > X

C．4种元素的单质中，Z单质的熔、沸点最高

D．W单质能与水反应，生成一种具有漂白性的物质

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

（3）铊（Tl）位于元素周期表的ⅢA族。有的同学预测：单质铊能与盐酸反应放出氢气，氢氧化铊是两性氢氧化物。你认为这位同学的预测正确吗？说明你的理由。

4．已知A、B、C、D、E是短周期中的5种非金属元素，它们的原子序数依次增大。A元素原子形成的离子核外电子数为零，C、D在元素周期表中处于相邻的位置，B原子的最外层电子数是内层电子数的2倍。E元素与D元素同主族；E的单质为黄色晶体，易溶于二硫化碳。

（1）请写出元素符号：

A _____，B _____，C _____，D_____，E _____。

（2）画出E的阴离子的结构示意图：_____。

（3）A的单质和C的单质在一定条件下反应生成化合物X，该反应的化学方程式为_____。向X的水溶液中滴入酚酞溶液，会观察到_____。

（4）将9 g B单质在足量的D单质中燃烧，所得气体通入1 L 1 mol·L^{-1} NaOH溶液中，完全吸收后，溶液中大量存在的离子是 _____。

5．动手实践：某同学探究同周期元素性质递变规律时，自己设计了一套实验方案，并记录了有关实验现象（见下表，表中的“实验步骤”与“实验现象”前后不一定是对应关系）。

实验步骤	实验现象
①将镁条用砂纸打磨后，放入沸水中；再向溶液中滴加酚酞溶液	A．浮在水面上，熔成小球，做不定向运动，随之消失，溶液变成红色
②向新制得的Na_2S溶液中滴加新制的氯水	B．有气体产生，溶液变成浅红色
③将一小块金属钠放入滴有酚酞溶液的冷水中	C．剧烈反应，迅速产生大量无色气体
④将镁条投入稀盐酸中	D．反应较快，产生无色气体
⑤将铝条投入稀盐酸中	E．生成白色胶状沉淀，继而沉淀消失
⑥向$AlCl_3$溶液中滴加NaOH溶液至过量	F．生成淡黄色沉淀

请你帮助该同学整理并完成实验报告。

（1）实验目的：_____。

（2）实验用品：

试剂：金属钠，镁条，铝条，稀盐酸，新制氯水，新制Na_2S溶液，$AlCl_3$溶液，NaOH溶液等。

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

仪器：① _____，② _____，③ _____，试管夹，镊子，小刀，玻璃片，砂纸等。

（3）实验内容：（填写与实验步骤对应的实验现象的标号和化学方程式）

实验内容	实验现象	化学方程式
①		
②		
③		
④		
⑤		
⑥		

（4）实验结论：_____。

（5）请用原子结构的知识简单解释上述结论。

（6）你还能提出其他的可行性方案吗？

6．元素周期律和元素周期表对深化物质性质的认识具有重要的作用，有利于将零散的元素化合物的知识整合起来形成知识网络。通过本章的学习，你是否将学习过的元素化合物的知识进行了整合？请你尝试用图示的方式进行总结，并与同学们进行交流。

示例：

李明打开元素周期表，看到元素符号“S”，便按照以下思路回顾和整理了关于硫元素的相关知识。

（1）硫元素的原子结构示意图，元素符号。

（2）硫元素所在周期的元素的性质递变规律。

（3）硫元素所在主族的元素的性质递变规律。

（4）含有硫元素的常见物质的性质及它们之间的转化关系。

硫单质 → 二氧化硫

三氧化硫 → 硫酸 → 硫酸铜

山东出版
SHANDONG PUBLISHING



$$N_2 + 3H_2 \xrightleftharpoons[\text{催化剂}]{\text{高温、高压}} 2NH_3$$

$$MnO_2 + 4HCl(\text{浓}) \xrightleftharpoons{\triangle} MnCl_2 + Cl_2\uparrow + 2H_2O$$

第2章

化学键　化学反应与能量



- 第 1 节　化学键与化学反应
- 第 2 节　化学反应的快慢和限度
- 第 3 节　化学反应的利用
- 本章自我评价

Chemistry



山东出版
SHANDONG PUBLISHING

第 1 节　化学键与化学反应

自学习化学以来，你已接触过许多化学反应，而且在分析这些化学反应时，主要是考虑参与反应的物质通过反应生成了什么物质。其实在化学反应中，不仅有物质的变化，还伴随着能量的变化。人们利用化学反应，有时是为了制取所需要的物质，如从铜矿石中提炼金属铜；有时则是为了利用反应所释放的能量，如在汽车发动机里，汽油与空气中的氧气反应生成水、二氧化碳，同时释放大量的能量，产生动力，推动汽车前进。

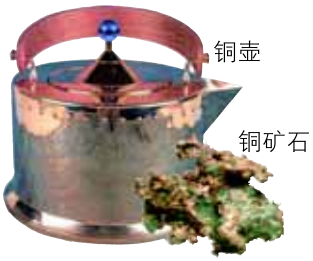


图 2–1–1　铜矿石与铜制品



图2–1–2　汽油在汽车发动机里燃烧释放能量，产生动力

联想 · 质疑

在以下两个你所熟悉的化学反应中，除了物质的变化外，有能量的变化吗？如果有，是什么样的能量变化？


图 2–1–3　木炭在空气中燃烧

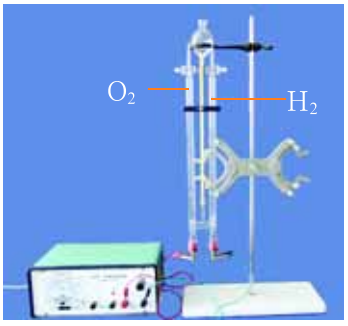


图 2–1–4　水在通电条件下分解

1．请你根据已有的知识思考：化学反应中为什么会发生物质变化？

2．请你猜测：化学反应中为什么会有能量变化？

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

一、化学键与化学反应中的物质变化

1. 化学键与物质变化

水在通电时能够发生分解反应，为什么要通电呢？原来，在水分子中氢原子和氧原子之间存在着很强的相互作用，要破坏这种相互作用就要消耗能量，通电正是为水的分解提供所需能量的。这种相邻原子间的强相互作用称为**化学键**（chemical bond）。

交流 · 研讨

请分析下表列出的各反应中化学键变化的情况。

【示例】水在通电时发生分解反应生成氢气和氧气。

$$2H_2O \xlongequal{\text{通电}} 2H_2\uparrow + O_2\uparrow$$

水分子中氢原子和氧原子间的化学键断裂；氢原子间形成新的化学键，氧原子间也形成新的化学键。

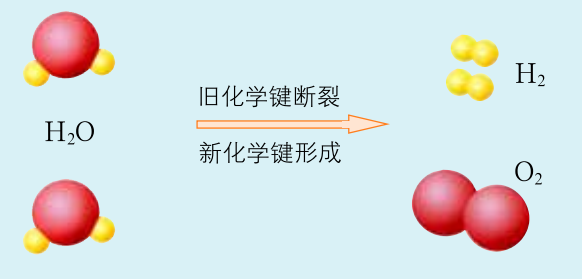


图 2-1-5 水分解时分子中化学键变化情况示意图

化学反应	断裂的键	形成的键
$2H_2 + O_2 \xlongequal{\text{点燃}} 2H_2O$		
$H_2 + Cl_2 \xlongequal{\text{点燃}} 2HCl$		
$N_2 + 3H_2 \underset{\text{催化剂}}{\overset{\text{高温、高压}}{\rightleftharpoons}} 2NH_3$		

讨论

你对化学反应中的物质变化有了什么新的认识？

研究证实，化学反应中物质变化的实质是旧化学键断裂和新化学键形成。

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

2. 共价键和离子键

水分子中存在着氢原子和氧原子形成的化学键；氯化氢分子中存在着氢原子和氯原子形成的化学键；氯化钠固体中也存在着化学键，但是氯化钠固体中的化学键与水分子和氯化氢分子中的化学键是有区别的。

交流·研讨

氢气在氯气中燃烧时，氢分子和氯分子分别获得能量，使各自的化学键断裂，从效果上看，相当于分别形成氢原子、氯原子，氢原子和氯原子再结合成氯化氢分子。请根据核外电子排布规律讨论：

1．氢原子和氯原子为什么有形成分子的趋势？

2．氯化氢分子是怎样形成的？

在形成氯化氢分子的过程中，氯原子和氢原子各提供一个电子组成一对共用电子，使两者的最外电子层都达到稳定结构并产生强烈的相互作用（化学键），从而形成氯化氢分子。

原子间通过共用电子形成的化学键，叫做**共价键**（covalent bond）。除了氯化氢分子中氢原子和氯原子间的化学键是共价键外，氢分子（H_2）中氢原子间的化学键、氯分子（Cl_2）中氯原子间的化学键、二氧化碳分子（CO_2）中碳原子和氧原子间的化学键等都是共价键。有些物质如金刚石，则是碳原子间通过共价键直接形成的。

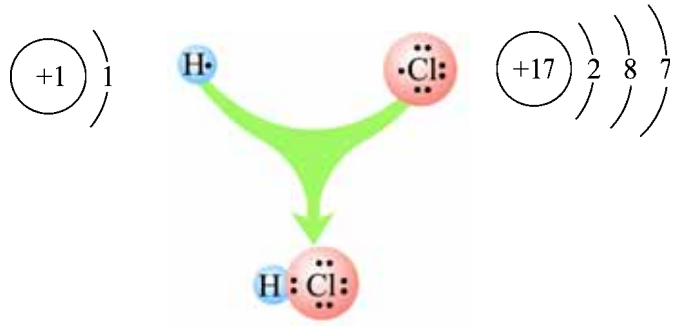


图 2-1-6　氢原子与氯原子形成氯化氢分子示意图

知识支持

可以用电子式（一种由元素符号和用于表示该元素原子最外层电子的“·”或“×”组成的式子）来表示氯化氢分子的形成：

$$H\cdot + \cdot\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}: \longrightarrow H:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}:$$

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

交流·研讨

你已知道金属钠在氯气中燃烧时能够生成氯化钠。图2–1–7是金属钠、氯气、氯化钠与它们的微观结构示意图。金属钠与氯气的反应为：

$$2Na + Cl_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2NaCl$$

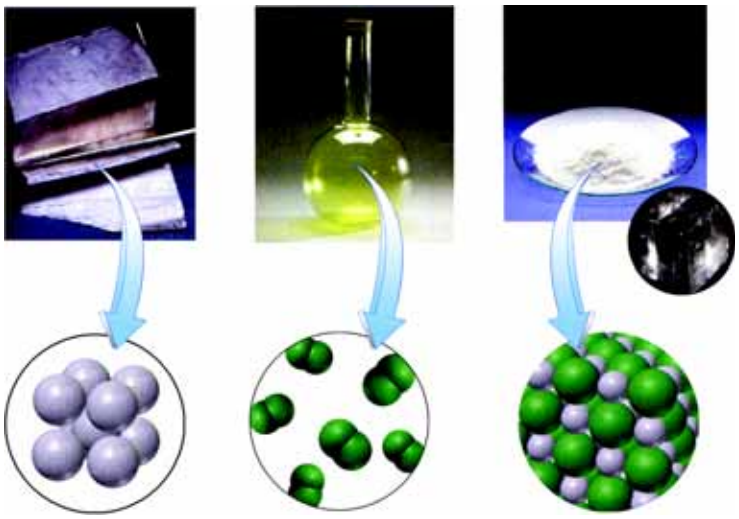


图2–1–7 金属钠、氯气、氯化钠与它们的微观结构示意图

讨论

1．运用核外电子排布的知识解释氯化钠是怎样形成的。

2．运用化学键的知识分析这个反应的实质。

在氯化钠形成的过程中，钠原子最外层的一个电子转移到氯原子的最外电子层上，形成带正电荷的Na^+和带负电荷的Cl^-（二者的最外层均达到8个电子的稳定结构），带相反电荷的两种离子通过静电作用形成稳定的化合物——氯化钠。

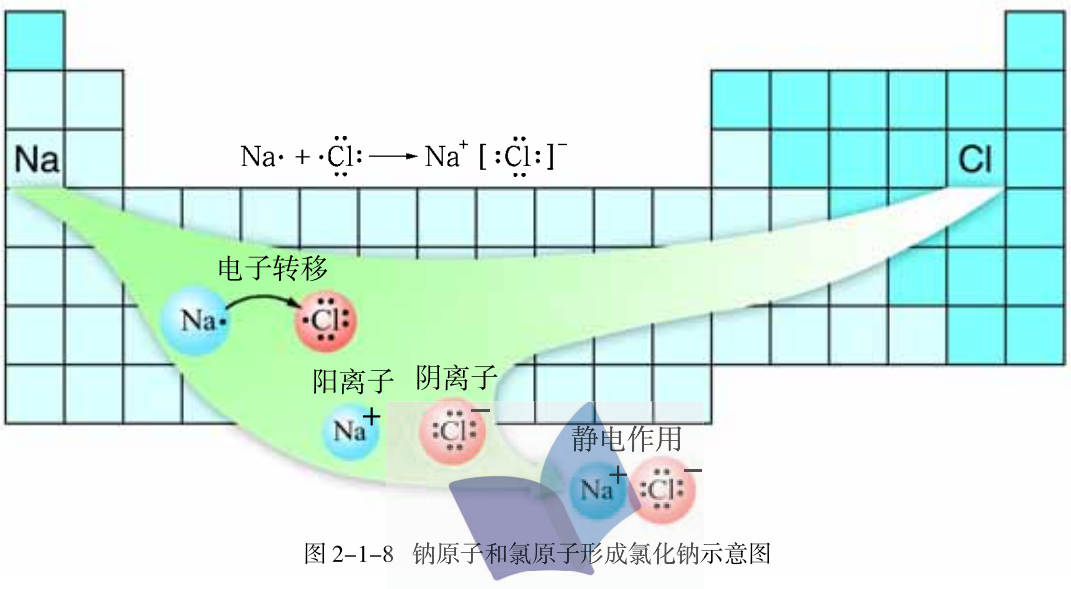


图2–1–8 钠原子和氯原子形成氯化钠示意图

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

阴、阳离子之间通过静电作用形成的化学键，叫做**离子键**（ionic bond）。

离子键和共价键是化学键的两种主要类型。一般情况下，活泼金属元素原子与活泼非金属元素原子间易形成离子键，而非金属元素原子间形成的是共价键。

资料在线

几种其他类型的微粒间的相互作用

构成物质的微粒（原子、离子、分子）间的相互作用包括强相互作用和弱相互作用。离子键和共价键属于强相互作用。除此以外，强相互作用还包括金属键和配位键。例如，金属钠中存在着金属键，四羟基合铝酸钠［$NaAl(OH)_4$］中存在着配位键。

分子间作用力属于弱相互作用。例如，干冰中存在二氧化碳分子之间的分子间作用力。

3. 离子化合物与共价化合物

交流·研讨

下表给出的都是你熟悉的物质，请利用化学键知识分析它们的构成情况。

物　质	形成化学键的微粒	化学键类型
水		
氨　气		
二氧化碳		
氯化钾		
氯化钙		

化学键将原子（或离子）按一定的数量结合在一起，形成具有固定组成的物质。人们根据化合物中所含化学键类型的不同，把含有离子键的化合物称为**离子化合物**（ionic compound），如NaCl、KOH、CaO、$MgCl_2$等；把只含有共价键的化合物称为**共价化合物**（covalent compound），如HCl、H_2O、CO_2、CH_4、NH_3等。

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

研究物质中的化学键，可以帮助人们解释物质的某些性质。例如，氯化钠熔化时要破坏其中的离子键，这需要较多的能量，因此氯化钠的熔点较高。氮分子内部存在着很强的共价键，很难被破坏，所以在通常状况下氮气的化学性质很稳定。

二、化学键与化学反应中的能量变化

在化学反应中，反应物转变为生成物时所经历的旧化学键断裂和新化学键形成的过程伴随着能量的变化。

活动·探究

感受化学反应中的能量变化

请利用所给试剂和仪器进行实验，感受化学反应中的能量变化。

试剂

NaOH 溶液，稀盐酸（2 mol·L^{-1}），锌粉，消石灰［$Ca(OH)_2$］，氯化铵固体。

仪器

试管，小烧杯，玻璃片，温度计，镊子，胶头滴管，药匙，单孔塞。

实验记录

实验内容	实验现象	结　论
NaOH 溶液与盐酸反应		
锌与盐酸反应		
消石灰与氯化铵固体反应		

讨论

1．上述反应中，哪些是释放能量的反应，哪些是吸收能量的反应？你还知道哪些吸收能量的反应？请举例说明。

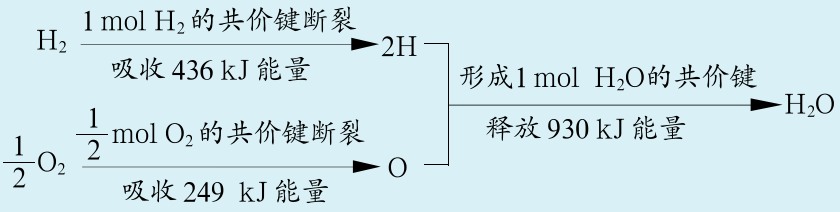
2．化学反应中为什么会有能量的变化？

每一个化学反应都伴随着能量的变化，有的释放能量，有的吸收能量。

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

交流·研讨

请根据下列信息判断氢气燃烧生成水蒸气时是释放能量还是吸收能量。



讨论

从化学键的角度分析化学反应中能量变化的实质。

在化学反应过程中，破坏旧化学键，需要吸收一定的能量来克服原子（或离子）间的相互作用；形成新化学键时，又要释放一定的能量。因此，在化学反应中，不仅有新物质生成，而且伴随着能量变化。

人们发现，在化学反应过程中，如果形成新化学键释放的能量大于断裂旧化学键所需要吸收的能量，反应开始后，就会有一定的能量以热能、电能或光能等形式释放出来；如果形成新化学键释放的能量小于断裂旧化学键所需要吸收的能量，则需要不断地吸收能量才能使反应持续进行。因此，可把化学反应的过程看做“储存”在物质内部的能量（化学能）转化为热能、电能或光能等释放出来，或者是热能、电能或光能等转化为物质内部的能量（化学能）被“储存”起来的过程。

迁移·应用

1．你能举出化学能转化成其他形式能的实例吗？这些转化有什么实际意义？

2．某同学用图2–1–9来表示自己对物质变化的认识过程，请你说明这幅图的含义。

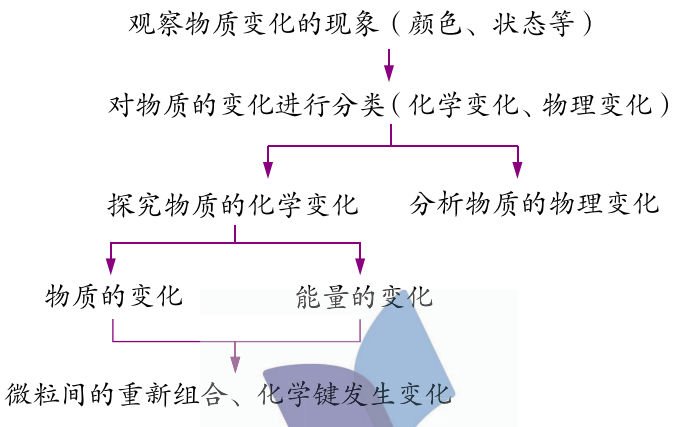


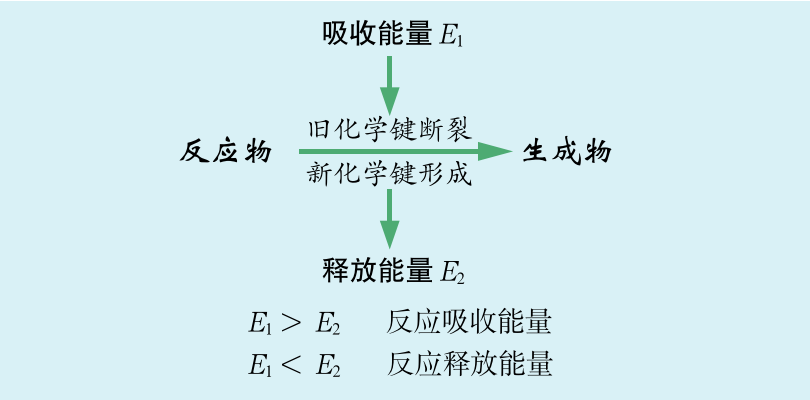
图 2–1–9　对物质变化的认识

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

在人类生产、生活对能量的需求日益增长的今天，研究化学反应及其能量变化，对合理利用常规能源和开发新能源具有十分重要的意义。

概括·整合

1．化学反应中的物质变化和能量变化：



2．化学键与化学反应中的物质变化和能量变化有着密切的关系。什么是化学键？化学键有哪些主要类型？各类化学键的主要特点是什么？

3．用简图表示物质（共价化合物、离子化合物）、微粒（原子、离子、分子）、化学键之间的关系。

练习与活动

1．物质之间发生化学反应时，一定发生变化的是（　　）。

A．颜色　　B．状态　　C．化学键　　D．原子核

2．下面所列的是一组你熟悉的物质：

HCl	CO_2	H_2O	H_2	NaOH
Cl_2	NaF	CH_4	CaO	$MgCl_2$

（1）这些物质中分别存在哪些类型的化学键？

（2）请从中找出属于离子化合物和共价化合物的物质。

（3）对于这些物质，你是否还有其他的分类方法？标准是什么？

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

3. 氢气在氯气中燃烧时产生苍白色火焰。在反应过程中，断裂1 mol H_2中的化学键消耗的能量为Q_1 kJ，断裂1 mol Cl_2中的化学键消耗的能量为Q_2 kJ，形成1 mol HCl中的化学键释放的能量为Q_3 kJ。下列关系式中，正确的是（　　）。

A. $Q_1 + Q_2 > Q_3$　　B. $Q_1 + Q_2 > 2Q_3$

C. $Q_1 + Q_2 < Q_3$　　D. $Q_1 + Q_2 < 2Q_3$

4. 人们可以从不同的角度、不同的层面来认识物质变化。请你以$2H_2 + O_2 \xlongequal{\text{点燃}} 2H_2O$为例，谈谈自己对化学变化有哪些认识。

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

第2节　化学反应的快慢和限度

通过前面的学习，你已经认识了化学反应中物质变化和能量变化的实质。在观察化学反应的过程中，你是否注意到化学反应进行的快慢和程度有所不同？生产实践和科学研究中的大量事实说明，为了使化学反应更好地服务于人类，需要从化学反应的快慢和进行的程度这两个角度进一步认识它们。

一、化学反应的快慢

联想·质疑

硫酸是一种重要的化工产品。早在公元7世纪，人们就开始寻找制取硫酸的方法，但是直到1875年，德国化学家麦塞尔（R.Messel）用铂做催化剂并在催化氧化前将二氧化硫和氧气净化，才使硫酸生产有了较大的发展。而后硫酸工业的每次突破性进展都是因使用了新型、高效的催化剂而引起的。那么，催化剂为什么有如此重要的作用？硫酸生产中，二氧化硫转化为三氧化硫为什么通常在较高的温度下进行？



图2-2-1　硫酸厂一角



图2-2-2　美丽的焰火



图2-2-3　缓慢锈蚀的青铜大钟

有的化学反应进行得很快，几乎在瞬间即可完成，如产生美丽焰火的反应；有的化学反应进行得比较缓慢，如金属铜的锈蚀；还有一些化学反应则进行得极其缓慢，如塑料的自行分解。人们通常用**化学反应速率**（chemical reaction rate）来描述化学反应的快慢。化学反应速率通常用单位时间里反应物浓度或生成物浓度的变化量来表示。

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

活动·探究

认识化学反应的快慢

请你设计并实施实验，解决下列问题：化学反应速率与哪些因素有关？这些因素对化学反应速率会产生怎样的影响？

试剂

表面积大致相同的镁条、铁片，过氧化氢溶液（3%），盐酸（0.5 $mol \cdot L^{-1}$，3 $mol \cdot L^{-1}$），块状碳酸钙，碳酸钙粉末，二氧化锰粉末。

仪器

试管，药匙，镊子，胶头滴管，酒精灯，试管夹，导管，水槽，量筒。

实验方案

实验记录

实验内容	实验现象	结　论

讨论

请你在学过的化学反应中继续为自己的观点寻找证据。

方法导引

一个实验的结果会受多种因素的影响。为了使实验结论更加具有说服力，你可以采取对照实验的方法。为了使结论更加全面，希望你能从不同角度改变实验条件，探究各种因素对化学反应速率的影响。

本活动中，你将通过什么现象了解化学反应的快慢？

对于有气体产生的化学反应，你可以通过观察气泡逸出的快慢来判断反应的快慢。

过氧化氢（化学式为 H_2O_2，俗称双氧水）在溶液中能发生分解反应：

$$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2\uparrow$$

该反应可用二氧化锰等做催化剂。

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

通过上述实验可以发现，物质之间能否发生化学反应以及可能发生的化学反应的快慢是由物质本身的性质决定的，但是可以通过改变反应物的浓度、反应的温度、反应物间的接触面积等条件来调控化学反应速率。通常情况下，增加反应物浓度、升高温度、增大反应物间的接触面积以及使用催化剂可以提高化学反应速率。

在化工生产中，大多数反应要使用催化剂来催化，如氮气和氢气合成氨气、二氧化硫氧化制三氧化硫、氨氧化制硝酸等都需要采用催化剂。催化剂可以使一些化学反应在较低的温度下取得较高的反应速率，从而节省大量能源，有效地提高化工生产的经济效益。应当说，没有催化剂，就没有现代化学工业。催化剂在人类生活中的应用也很广泛。例如，催化剂可以促使汽车尾气中的一氧化碳和一氧化氮迅速变成无毒的氮气和二氧化碳，减少对大气的污染。由于同一化学反应往往可以采用不同的催化剂来改变化学反应速率，因此寻找高效催化剂一直是化工生产和科学研究的重要课题。



图 2-2-4　工业用催化剂

化学与技术

催化剂与化学工业

目前的化工生产中，80% 以上的反应要使用催化剂，因此催化剂与化学工业有着十分密切的关系。

合成氨生产　实验和理论计算都表明，氮气和氢气能发生反应生成氨气，但若无催化剂存在，反应进行得极慢。例如，在500℃和 1.5×10^4 kPa 的压强下，即使经过几百年，生成的氨也不会超过几纳克（1 ng＝10^{-9} g）。直到用于氮氢合成氨反应的熔铁催化剂研制成功，才大大提高了氨的产率，使合成氨的大规模工业化生产成为可能，并且解决了氨氧化法制硝酸的原料问题。随后，许多化学家又在努力寻找催化效率高、成本低的催化剂。

石油化工　当代石油化工生产离不开催化剂，催化剂的研制已经是石油化工行业不可缺少的组成部分。例如，我国原油成分中重油比例较大，为了更好地利用石油化工资源，经过30多年的研究和实践，科研人员开发出适用于我国原油炼制、加工的一系列催化剂。这些催化剂使重油裂解成汽油和多种化工原料的速率大大提高。又如，在一定温度、压力下，可以使汽油中的某些分子在催化剂表面上进行结构的“重新调整”，从而有效地提高了汽油的质量。

影响化学反应速率的外界条件除浓度、温度、催化剂外，还有压强（对于一些有气态物质参加的反应）、光波、电磁波、超声波、溶剂等。

调控化学反应速率在实践中具有十分重要的意义。在生产和生活中，人们可以根据需要采取适当的措施加快某些反应过程，如炼钢过程、树脂的合成过程、泄露到大海里的石油的分解过程等；也可以根据需要降低某些反应的化学反应速率，如防止钢铁锈蚀和食品腐败、延缓塑料制品和橡胶制品的老化等。

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

二、化学反应的限度

联想·质疑

在以前的学习中，你所接触的化学反应一般都进行得很完全。例如，镁条燃烧后只剩下白色的氧化镁，金属钠与水反应后最终得到澄清的溶液……那么，是不是所有的化学反应都能进行得很完全呢？

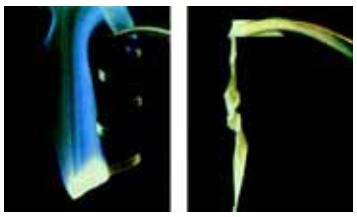


图 2-2-5　镁条燃烧生成白色的氧化镁

1. 可逆反应

实验发现，在二氧化硫与氧气的反应中，无论怎样改变反应条件都不能使二氧化硫全部转化成三氧化硫。这是因为在二氧化硫与氧气发生化合反应生成三氧化硫的同时，三氧化硫也在发生分解反应生成二氧化硫和氧气。

$$2SO_2 + O_2 \underset{\triangle}{\overset{\text{催化剂}}{\rightleftharpoons}} 2SO_3$$

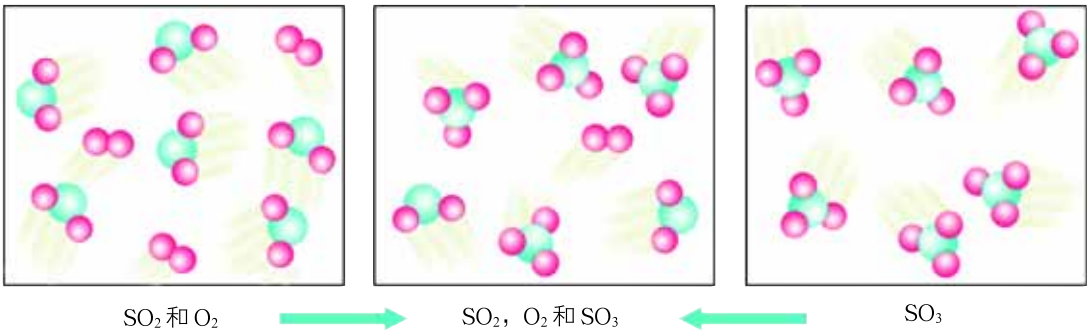


图 2-2-6　二氧化硫催化氧化、三氧化硫分解示意图

像这种在相同条件下同时向正、反两个方向进行的反应称为**可逆反应**（reversible reaction）。在前面的学习中遇到的氨气与水的反应、氮气与氢气合成氨的反应都属于可逆反应。在可逆反应的化学方程式中，用“ $\rightleftharpoons$ ”号代替“ $=$ ”号。例如：

$$N_2 + 3H_2 \underset{\text{催化剂}}{\overset{\text{高温、高压}}{\rightleftharpoons}} 2NH_3$$

其中，氮气与氢气生成氨气的反应称为正反应，氨气分解为氮气和氢气的反应称为逆反应。

事实上，相当多的化学反应都是可逆反应。对于可逆反应来说，在一定条件下反应物不

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

可能全部转化成产物，反应只能进行到一定的程度。人们利用这些反应进行化工生产时，要同时考虑反应所能达到的限度和化学反应速率这两个方面。

在生产过程中，化学反应限度是决定原料利用率和产品产率的重要因素之一，如果能设法提高反应的限度，就能节约原料和能源，增加产量，从而提高经济效益。因此，研究可逆反应、提高化学反应的限度具有十分重要的意义，而化学反应的限度问题实际上是可逆反应中的正反应和逆反应的平衡问题。

2. 化学平衡

在二氧化硫与氧气所发生的可逆反应中，当反应进行到一定程度时，反应物和生成物的浓度不再随时间的延长而发生变化，反应好像“停滞”了。实际上，这时正反应和逆反应都依然在进行，只是在同一瞬间，正反应生成的三氧化硫的物质的量与逆反应消耗的三氧化硫的物质的量相等而已。

在一定条件下可逆反应进行到一定程度时，反应物和生成物的浓度不再随时间的延长而发生变化，正反应速率和逆反应速率相等，这种状态称为化学平衡状态，简称**化学平衡**（chemical equilibrium）。当可逆反应达到化学平衡时，无论是正反应还是逆反应，都在继续进行着，因而化学平衡是一种动态平衡。

对于可逆反应来说，能否通过改变条件来调控反应进行的程度呢？

观察·思考

温度对化学平衡的影响

将装有二氧化氮（NO_2）和四氧化二氮（N_2O_4）混合气体的烧瓶分别浸入冷水和热水中，你观察到了什么现象？由此可以得出什么结论？



图 2-2-7 装有 NO_2 和 N_2O_4 混合气体的烧瓶分别浸入冷水和热水中

知识支持

二氧化氮转化为四氧化二氮的反应是放热反应且是可逆反应。

$$2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$$

（红棕色） （无色）

在实验过程中，可以观察到浸入冷水中的烧瓶里的气体混合物颜色变浅，这是因为温度降低后原平衡状态被破坏，在新的条件下达到新的平衡状态，导致二氧化氮浓度减小，四氧化二氮浓度增加。浸入热水中的烧瓶里的气体混合物颜色变深，这是因为温度升高后原平衡状态被破坏，在新的条件下达到新的平衡状态，导致二氧化氮浓度增加，四氧化二氮浓度减小。可见，化学平衡是在一定条件下建立起来的，同一可逆反应在不同条件下将建立起不同

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

的化学平衡状态。因此，当条件改变时，原来的化学平衡将被破坏，并在新的条件下建立起新的化学平衡，即发生**化学平衡的移动**。人们可以利用这一规律调控化学反应进行的程度。

大量的科学实验证明，化学平衡的移动通常受到温度、反应物浓度、压强等因素的影响。关于化学平衡及其移动方面的研究，对于化工生产来说具有十分重要的意义。

概括·整合

1．填写下表，总结影响化学反应速率的因素。

条　件	条件改变对化学反应速率的影响
浓　度	
温　度	
催化剂	

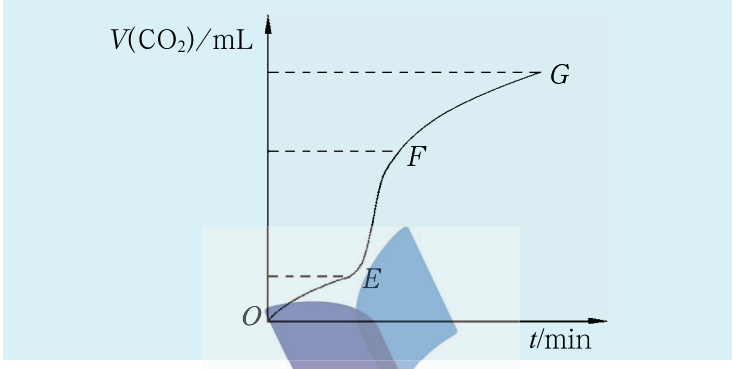
2．平衡是一种普遍存在的现象。什么是化学平衡？它具有哪些特点？

3．通过本节学习，你对化学反应又有了哪些新的认识？

练习与活动

1. 现欲用纯净的碳酸钙与稀盐酸反应制取二氧化碳气体，请回答：

（1）实验过程如下图所示，分析判断：OE、EF、FG三段中，_____段化学反应速率最快，_____段收集的二氧化碳最多。



第1（1）题图

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

（2）为了降低上述化学反应的反应速率，向溶液中加入下列物质，你认为可行的是（　　）。

A．蒸馏水　　B．氯化钠固体　　C．NaCl溶液　　D．浓盐酸

（3）除了上述方法外，你认为还可以采取哪些措施来降低化学反应速率？

2．关于二氧化硫的催化氧化反应的讨论。

（1）如何从微观的角度（分子数）描述以下可逆反应的化学平衡状态？

$$2SO_2 + O_2 \underset{\triangle}{\overset{\text{催化剂}}{\rightleftharpoons}} 2SO_3$$

（2）向一密闭容器中充入SO_2与$^{18}O_2$，反应一段时间后，^{18}O可能存在于哪些物质中？

（3）在有催化剂存在和加热条件下，若将三氧化硫充入一密闭容器中，最终容器中会存在哪些物质？

3．氮气与氢气合成氨气、二氧化硫的催化氧化都是可逆反应，研究发现降低温度有利于平衡向生成氨气或三氧化硫的方向移动。但是在实际生产中，这两个反应都是在较高温度下进行的，主要是考虑了什么因素？

4．动手实践：请你利用实验室提供的试剂和仪器探究实验室制备氢气的最佳条件。

实验用品：盐酸（1 mol·L^{-1}，3 mol·L^{-1}，5 mol·L^{-1}），H_2SO_4溶液（1 mol·L^{-1}，3 mol·L^{-1}，5 mol·L^{-1}），锌，铁钉，镁条。

仪器：大试管，秒表，导管，双孔塞，量筒，水槽，广口瓶，烧杯，玻璃棒，镊子，胶头滴管。

活动探究记录
实验方案：
实验装置示意图：
实验记录： 请你自己设计实验记录项目，要求包括所用试剂、收集气体的体积、收集气体所用时间。
结论：

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

第 3 节　化学反应的利用

人类对化学反应的认识和利用从远古时代就开始了。随着人类生产实践活动的深入以及科学技术的发展，人类对化学反应的利用逐渐从经验走向理性，尤其是现在对物质结构和化学反应实质的探讨，使人们对物质及其性质的认识更加深入，并能科学地创造适宜的条件调控化学反应。这就为新物质的合成、新材料的研制以及新能源的开发和合理利用等奠定了基础，大大提高了人类对化学反应的利用水平。

联想 · 质疑

到目前为止，你已经学习了许多化学反应，认识到化学反应与人们的日常生活和化工生产有着密切的联系。在日常生活和化工生产中，化学反应都有哪些应用？你知道日用陶瓷材料是利用什么原料通过什么样的化学反应制得的吗？人造卫星里的燃料电池利用的又是什么化学反应？



图 2–3–1　各种陶瓷材料

一、利用化学反应制备物质

人们通过电解饱和食盐水制备氢氧化钠、氯气和氢气，以氯气和氢气为原料合成盐酸，使用氯气与熟石灰制造漂白粉……人们可以利用化学反应制备所需要的物质，这对人类的生产活动和日常生活有着十分重要的意义。20 世纪 40 ~ 50 年代，人们用高纯度的、人工制备的化合物代替黏土制得“先进陶瓷”，使其具有不同于普通砖瓦的优异性能；70 年代后，一些不同材质和不同结构的陶瓷复合材料相继出现，材料结构进一步完善，性能进一步提高，适用范围扩展到航空领域、军事领域……

资料统计表明，目前人工合成的物质已达几千万种，其数量仍在以每年几百万种的速度继续增长着。这些物质极大地丰富了人类赖以生存和发展的物质世界。那么，一种新物质是怎样利用化学反应制备出来的呢？



图2–3–2　电解饱和食盐水的工业装置

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

活动·探究

氯气的制取

最早发现氯气的是瑞典化学家舍勒(C.W.Scheele)。他在研究软锰矿矿石(主要成分是二氧化锰)时，把盐酸和软锰矿矿石混合在一起加热，意外地发现有一种令人窒息的黄绿色气体生成。这种气体就是氯气。至今，实验室中仍用这种方法制取氯气。

认真观察实验所发生的现象，填写实验记录。

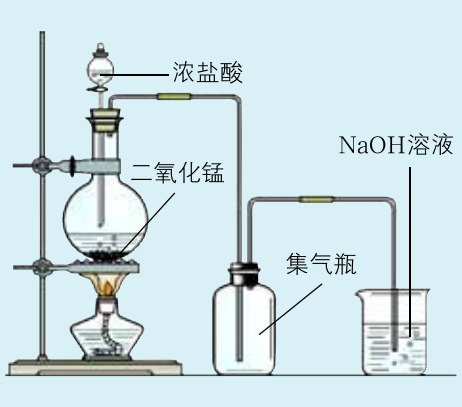


图 2-3-3　制取氯气的实验装置示意图

实验记录

试剂：

仪器：

实验现象：

讨论

1. 实验室制取氯气的化学反应是：

$$MnO_2 + 4HCl(浓) \xrightarrow{\triangle} MnCl_2 + Cl_2\uparrow + 2H_2O$$

请你利用氧化还原反应的知识分析这一反应。

2. 现代化学工业中用电解饱和食盐水的方法制备氯气，其反应原理为：

$$2NaCl + 2H_2O \xrightarrow{通电} 2NaOH + H_2\uparrow + Cl_2\uparrow$$

你能找出氯气实验室制法和工业制法在原理上的共同之处吗?

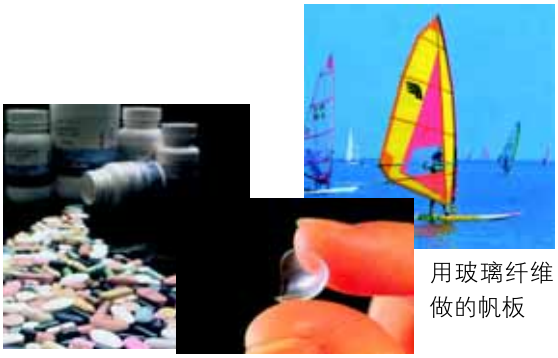
3. 你知道在实验室中或工厂里是利用哪些化学反应来制备下表所列的物质的吗?

物　质	化学方程式
氢　气	
二氧化碳	
生铁（以赤铁矿为原料）	
硫酸（以硫黄为原料）	
氨	
硝酸（以氨为原料）	

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

其实，化学家在制备新物质的过程中所做的工作比我们上面讨论的要复杂得多。例如，从瑞典化学家舍勒发现氯气到电解饱和食盐水制备氯气，化学家们经过了100多年的努力。

利用各种化学反应，既能制备出自然界里并不存在的新物质，如能减少疟疾和其他虫源性疾病困扰的杀虫剂、防止皮肤被日光灼伤的防晒霜、可使艾滋病患者得到较为有效救治的艾滋病病毒蛋白抑制剂，又能通过对自然界中物质的结构和性质的认识，人工合成出许多自然界里原本就有的物质，如人工合成柠檬酸用做食品添加剂。所以说，化学科学中最有创造性的工作就是设计和制备新物质，为人类造福。



各种药品　　隐形眼镜　　用玻璃纤维做的帆板

图2-3-4　利用化学反应合成药品、制造材料

化学前沿

分子设计与新物质的合成

传统的研究，主要依靠实验，通过筛选和测试来发现新的化合物及化合物的新性能，从而找到新的合成方法。随着理论化学方法和计算机技术的发展，分子设计已经从炼金术士的梦想走向实际的研究和应用。

分子设计的思想，就是从所需要的性能出发，设计出具有某种性能的结构，然后再设法合成得到产物。分子设计的基础除了与计算机技术密切相关的多因素优化、数据库技术、图像显示技术外，主要就是物质结构与物质性能的关系。

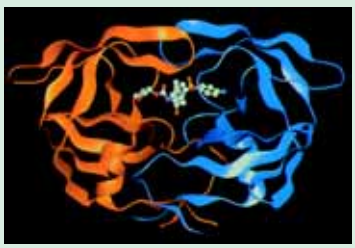


图2-3-5　一种艾滋病病毒蛋白酶抑制剂分子在计算机上的图像

有机化学和无机化学中已经形成了许多分子设计的方法，这些方法集中表现在化合物分子设计、催化剂设计、材料设计、药物设计等方面。目前，世界上最大的20家药厂都无一例外地利用分子设计的方法把药物筛选的范围缩小为原来的1/5到1/10。

二、化学反应为人类提供能量

你已知道，物质发生化学反应的实质是旧化学键断裂、新化学键形成；当形成新化学键所释放的能量大于断裂旧化学键所吸收的能量时，化学反应会释放能量。正因为如此，人们可以利用化学反应将存储在物质内部的化学能转化为热能、电能等，从而使化学能成为人类生产、生活所需能量的主要来源之一。

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

交流·研讨

1．图2–3–6是一种“即热饭盒”的结构示意图。这种饭盒使用起来非常方便，撤去底部的隔板几分钟后，饭菜就变热了，请从能量转化的角度说明其中的道理。

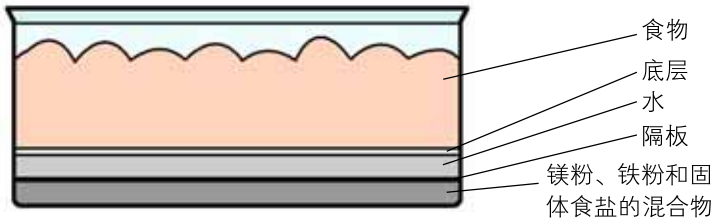


图2–3–6　即热饭盒的结构示意图

金属镁在一定条件下可与水反应，放出热量。

$Mg + 2H_2O = Mg(OH)_2 + H_2\uparrow$

2．铁路工人经常利用铝热剂来焊接钢轨，你能解释其中的原因吗？

即热饭盒能加热食物，铝热剂能焊接钢轨，都是因为这些化学反应过程产生的能量以热能的形式释放出来，像这样的反应属于放热反应。还有一些化学反应需要不断地吸收热能来维持反应的进行，像这样的反应属于吸热反应。化学反应所产生的热能是人类生产和生活所需能量的重要来源之一。

人们还可以利用电池通过氧化还原反应将化学能转化为电能。下面通过原电池的工作原理来说明化学能是如何转化成电能的。

活动·探究

原电池的工作原理

锌与稀硫酸能发生如下氧化还原反应：

$$Zn + 2H^+ = Zn^{2+} + H_2\uparrow$$

如何通过这个反应将化学能转化成电能呢？

【实验】将铜片、锌片插入稀硫酸中，然后用导线将铜片、锌片连接起来并接入电流表，观察发生的现象。

思考

1．你观察到了什么现象？你能从中得出什么结论？

2．图2–3–8是原电池工作原理示意图，请你根据图示尝试解释实验中发生的现象。

3．请你尝试用氧化还原的知识分析锌片、铜片上发生反应的情况。

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

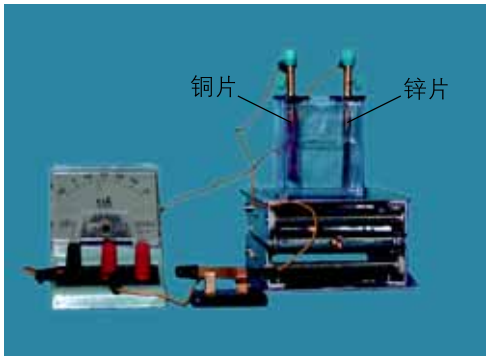


图 2–3–7　原电池

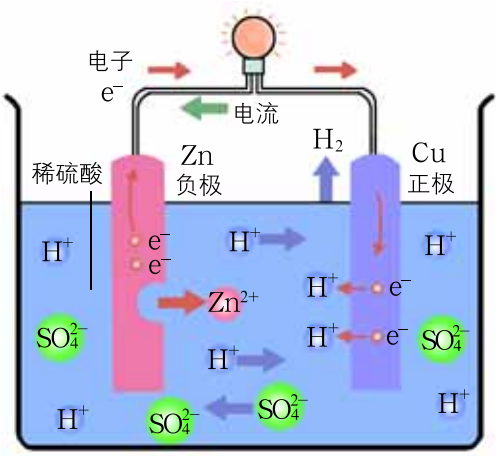


图 2–3–8　原电池工作原理示意图

这种电池不能提供持续、稳定的电流，实际应用的电池的物质组成和内部结构比它要复杂得多。

在实验中，当把铜片和锌片一同浸入稀硫酸时，由于金属锌比金属铜活泼，锌原子失去电子被氧化成Zn^{2+}进入溶液，锌片上的电子通过导线流向铜片，溶液中的H^+从铜片获得电子而被还原形成氢原子，氢原子再结合成氢气分子从铜片上逸出。这样，在连接锌片和铜片的导线中电子做定向移动，形成电流。可见，原电池是利用氧化还原反应将化学能转化成电能的。

追根寻源

铜片在原电池中的作用

原电池是利用氧化还原反应将化学能转化成电能的装置，但是在原电池中，铜片并没有参加反应，那么，铜片的作用是什么呢？

电子在电势差的作用下，能发生定向移动形成电流。当锌片和铜片同时浸入电解质溶液时，由于两种金属的原子失电子能力不同，在两者之间形成了电势差，当用导线将锌片和铜片连接起来时便产生了电流。不仅铜，任何与锌活泼性不同的金属，在电解质溶液中都能与锌形成原电池；另外，还可以用能导电的碳棒（石墨）来替代铜片，作为原电池的正极。

人们利用上述原理制成了多种电池。目前市场上的电池有干电池（又称一次电池）、蓄电池（又称二次电池）和燃料电池等。平时用的锌锰电池等属于干电池，而汽车用的铅蓄电池以及手机用的镍氢电池和锂离子电池等属于蓄电池。燃料电池由于具有能量转换效率高、能长时间提供电能等优点而应用于航天和军事领域。目前，降低燃料电池的成本、提高发电效率、实现燃料电池的民用化是科学家们研究的热点。例如，研究人员已经研制出一种对环境无害的、用燃料电池来驱动的小轿车。



图 2–3–9　各种各样的电池



图 2–3–10　用于驱动轿车的燃料电池

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

实际上，能量的转化都是相互的，一方面化学能可以转化为电能，另一方面电能也可以转化为化学能，如化工生产中通过电解饱和食盐水来制备烧碱、氢气和氯气利用的就是电能向化学能的转化。

另外，化学能和光能之间也可以相互转化。许多物质在氧气中燃烧时发光就是化学能转化为光能的例证，而绿色植物的光合作用则实现了光能向化学能的转化。

化学能以多种途径与其他形式的能进行着转化，并直接参与到整个自然界的能量循环之中。在能源问题备受注目的今天，化学科学将在能源的开发和利用方面发挥非常重要的作用。

人们不仅利用化学反应制造丰富多彩的物质、提供赖以生存和发展的能量，还利用化学反应开发出各种分析技术来确定各种物质的组成、结构以及测定物质有关组分的含量等。例如，在农业生产和研究中，人们可以利用化学反应了解土壤中营养元素的种类及含量，以做到合理施肥，达到提高农业生产水平的目的；在病理诊断化验、药品质量鉴定、环境监测等领域，则需要利用化学反应对样品进行分析。其实，人们在利用化学反应的同时，也加深了对化学反应规律及其实质的认识。

资料在线

化学与能源

化学反应都伴随着能量的变化。远古时代，我们的祖先守着一堆堆篝火，烘烤食物，寒夜取暖，战胜野兽……这是人类对能源的最初利用。蒸汽机的发明是人类借助火延伸自身力量的重大变革，煤火代替柴火使火的热能可以成功地转变为机械能和电能，从而使人类社会跨入了以大工业生产为基础的新时代。石油及其产品作为内燃机的燃料被开发出来以后，成为现代社会的重大动力源泉。然而，无论是煤还是石油、天然气等化石燃料在地球上的储量都是有限的。以有限的化石资源为主的能源世界正面临着严峻的挑战，而化学正在为新能源的开发发挥着重要作用。



图 2-3-11 火力发电厂

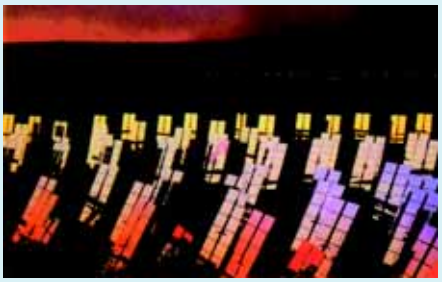


图 2-3-12 太阳能电池板

太阳能 太阳能是未来人类最适宜、最安全、最理想的替代能源。资料显示，太阳每分钟射向地球的能量相当于人类一年所耗用的能量。通过光电器件将太阳能直接转化为电能是人们期待已久的事。半导体材料的出现，使太阳能电池跨入实用阶段。现在世界上90%的空间飞行器都靠太阳能电池提供动力。1971年，我国已成功地把太阳能电池用到我国的第二颗人造卫星上。

核能 核能俗称原子能，它是指原子核里的核子（中子或质子）重新分配和组合时释放出来的能量。核能有巨大的威力，1 kg 铀原子核全部裂变释放出的能量，约等于 2 500 吨优质煤燃烧时所释放出的能量。建立核电站用核能发电，是当今利用核能的一种最主要的形式。1991年12月，我国第一座自行设计建造的秦山核电站并网发电成功。

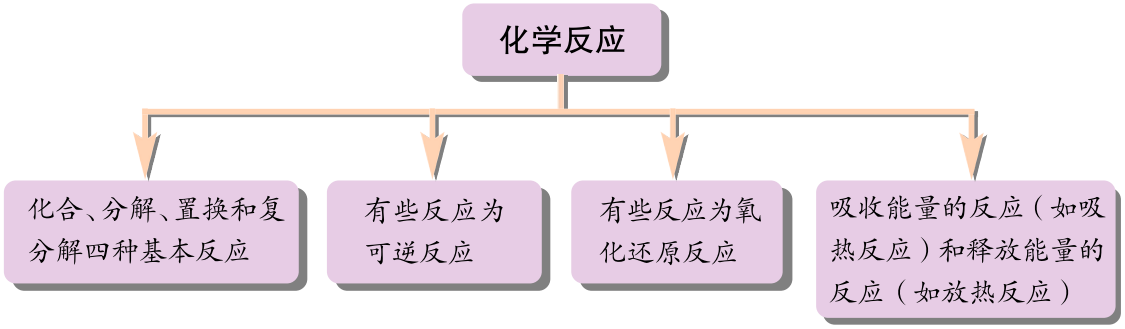


图 2-3-13 秦山核电站外景

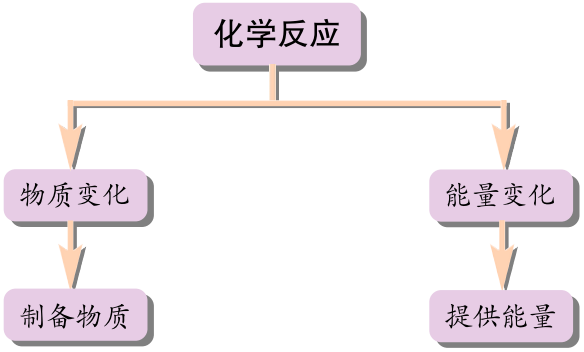
山东出版 SHANDONG PUBLISHING

概括·整合

1．面对纷繁复杂的化学反应，为了研究和应用的方便，人们从不同的角度对它们进行了分类。



2．化学反应有许多重要的应用。



（1）在实验室里和工业上各是利用什么化学反应来制备氯气的？你还能举出实验室里和工业上利用化学反应制备物质的实例吗？

（2）怎样证明化学能与热能、电能或光能之间能发生相互转化？

（3）根据你对化学反应的规律、实质及应用的认识，进一步丰富以上有关化学反应的图示。

练习与活动

1．下面列出的是一些你熟悉的化学反应，请尝试从不同角度对它们进行分类。

① 煅烧石灰石　② 合成氨　③ 碳酸氢钠与硫酸反应　④ 二氧化硫催化氧化

⑤ 碳酸氢钠受热分解　⑥ 铜丝与 $AgNO_3$ 溶液反应

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

2．电池在通讯、交通及日常生活中有着广泛的应用。

（1）利用电池可将_____能转化为_____能。

（2）下列电池中，不易造成环境污染的是（　　）。

A．锂离子电池　　B．锌锰电池

C．镍镉电池　　D．氢氧燃料电池

（3）已知甲醇燃料电池每生成1 mol的液态水放出286 kJ的热量，又知该电池每发1 kW·h电能生成350 g水，则该电池的能量转化率为_____。

3．某校化学兴趣小组利用在加热条件下浓盐酸与二氧化锰的反应来制取并收集氯气，实验装置如右图所示。



第3题图

（1）写出该反应的化学方程式：_____。

（2）上述反应中，还原剂是 _____。

（3）实验开始前，某同学对实验装置进行了气密性检查，方法是_____。

（4）兴趣小组的同学准备在烧杯中加入下列溶液中的一种来吸收残余氯气，你认为错误的是 _____。

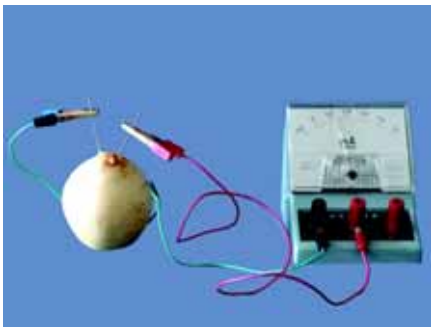
A．NaOH溶液　　B．Na_2CO_3溶液　　C．浓硫酸

4．请你收集资料，回答下列问题。

（1）工业上在制造硝酸和硫酸、合成氨、炼铁以及海水提镁的过程中，都用到了哪些化学反应？

（2）在这些工业生产过程中，是怎样设法提高经济效益的？

5．动手实践：如下图所示，将两种不同种类的金属插入同一水果中，并用导线与电流表连接，观察电流表示数的变化。



第5题图

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

本章自我评价

1．利用元素周期表，确定下列化合物中化学键的类型并说出理由：NaF、NO_2、CH_4、Na_2S。

2．用简图表示离子化合物和共价化合物间的区别与联系。

3．下列哪些化学反应可以设计成原电池？

A．$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2\uparrow$

B．$Zn + CuSO_4 = Cu + ZnSO_4$

C．$2H_2 + O_2 = 2H_2O$

D．$2NaOH + CuSO_4 = Cu(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4$

4．在19世纪后期，人们发现炼铁高炉所排出的高炉气中含有相当数量的一氧化碳。有的工程师认为，这是由于一氧化碳和铁矿石的接触时间不够长所造成的，于是在英国耗费了大量资金建造了一座高大的炼铁高炉，以增加一氧化碳和铁矿石的接触时间。可是后来发现，用这座高炉炼铁，所排出的高炉气中的一氧化碳含量并没有减少。

（1）请说明其中的原因。

（2）如何理解化学反应速率和化学平衡？研究它们有什么实际意义？从自己所了解的化学事实中举出一些涉及化学反应速率问题的实例。

5．某化学反应 $2A \rightleftharpoons B + C$ 在三种不同条件下进行，B、C的起始浓度为0，反应物A的浓度（$mol \cdot L^{-1}$）随反应时间（min）的变化情况如下表所示，表中温度为摄氏度（℃）。

实验序号	时间 / 浓度 / 温度	0	10	20	30	40	50	60
1	800	1.0	0.80	0.67	0.57	0.50	0.50	0.50
2	800	1.0	0.60	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
3	820	1.0	0.40	0.25	0.20	0.20	0.20	0.20

根据上述数据，回答下列问题：

（1）在实验1、2中，有一个实验使用了催化剂。请你利用表中数据判断哪个实验使用了催化剂并说明理由。

（2）请你利用表中数据判断实验1、3在反应进行了多长时间才达到化学平衡状态并说明理由。

6．请你比较氯气、氢气、氧气和二氧化碳气体的实验室制法。

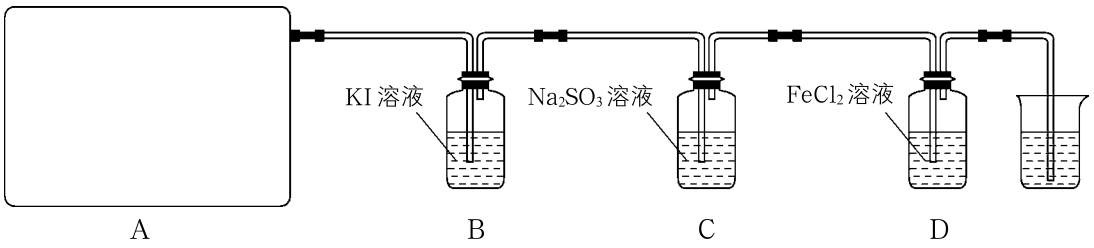
山东出版
SHANDONG PUBLISHING

气 体	试 剂	反应原理	化学方程式	气体发生装置	收集方法
氯气					
氢气					
氧气					
二氧化碳					

7. 某研究性学习小组查阅资料得知，漂白粉与硫酸溶液反应可制取氯气，化学方程式为：

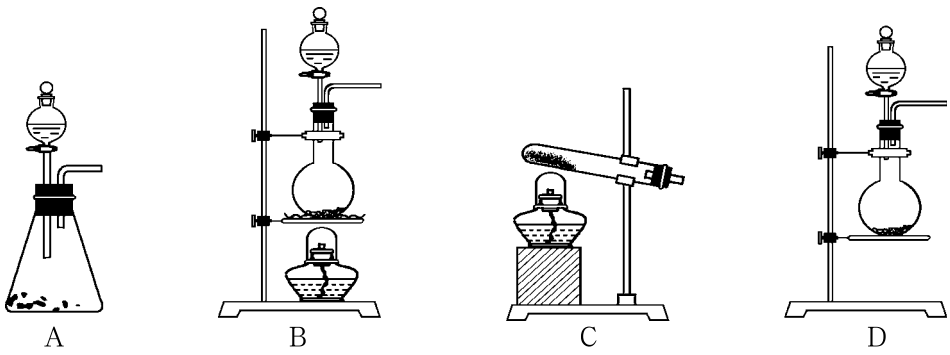
$$Ca(ClO)_2 + CaCl_2 + 2H_2SO_4 \xlongequal{\triangle} 2CaSO_4 + 2Cl_2\uparrow + 2H_2O$$

他们设计如下实验用于制取氯气并验证其性质。



试回答：

（1）该实验中 A 部分的装置是 _____ （填写装置的序号）



（2）请你帮助他们设计一个实验，证明洗气瓶C中的亚硫酸钠已被氧化（简述实验步骤）。

（3）写出在 D 装置中发生反应的离子方程式。

8. 通过本章的学习，你对化学反应有了哪些新的认识？请你用图示的方法描述本章主要内容间的相互联系。

9. 通过前面内容的学习，你一定对物质有了更加深刻的认识。请你从不同的角度阐述你对物质的认识。

（1）物质性质间有什么内在联系？

（2）物质的组成和结构、物质的性质与物质的用途三者之间有什么关系？

山东出版
SHANDONG PUBLISHING



$$CH_4 + 2O_2 \xrightarrow{\text{点燃}} CO_2 + 2H_2O$$

$$CH_3COOH + CH_3CH_2OH \underset{\triangle}{\overset{\text{浓硫酸}}{\rightleftharpoons}} CH_3COOCH_2CH_3 + H_2O$$

第3章 重要的有机化合物



- 第 1 节　认识有机化合物
- 第 2 节　石油和煤　重要的烃
- 第 3 节　饮食中的有机化合物
- 第 4 节　塑料　橡胶　纤维
- 本章自我评价

Chemistry



山东出版
SHANDONG PUBLISHING

第 1 节　认识有机化合物

虽然碳元素在地壳中的含量较低（质量分数仅占0.087%），但含碳化合物的种类却异常地多，分布也十分广泛，其中有无机化合物，但占绝大多数的则是有机化合物。目前，在自然界中发现的和由人工合成的**有机化合物**（organic compound）已经有几千万种，而且新的有机化合物仍在不断地被发现或合成出来。为了人类的生存和发展，化学家们不断地对有机化合物及其变化进行研究，正在逐渐揭开包括生命之谜在内的许多科学奥秘，也使我们的物质世界更加丰富多彩。



图3-1-1　含有多种有机化合物的水果

联想·质疑

在日常生活中，我们随时随地都有可能接触到种类不同的有机化合物。你能说出哪些物质是有机化合物吗？想一想，它们在性质和功能上各有什么特点？它们的性质为什么会有这样的特点？



图3-1-2　用有机化合物合成的药物



图3-1-3　一些常见的有机化合物制品

一、有机化合物的性质

通过初中化学的学习，你已经了解到有机化合物具有一些共同的性质，如大多数有机化合物熔沸点低、难溶于水、可以燃烧。

甲烷（methane，分子式为CH_4）是最简单的有机化合物，下面以它为例，进一步研究

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

有机化合物的性质。

甲烷是一种没有颜色、没有气味的气体，密度为0.717 g·L^{-1}（STP），难溶于水。

有石油的地方一般有天然气存在，天然气的主要成分是甲烷（含量为80%～97%）；石油炼制获得的石油气中也含有甲烷，甲烷还是池沼底部产生的沼气和煤矿坑道产生的气体（坑道气或瓦斯）的主要成分。

观察·思考

甲烷的化学性质

【实验1】点燃纯净的甲烷，观察甲烷燃烧时火焰的颜色。在火焰的上方罩一个干燥、洁净的烧杯，然后迅速将烧杯倒转过来，向烧杯里注入少量的澄清石灰水，振荡，观察现象。

【实验2】将甲烷气体通入盛有酸性$KMnO_4$溶液的试管中，观察试管中溶液颜色有无变化。

【实验3】取一支大试管，用排饱和食盐水的方法收集体积比约1∶4的甲烷和氯气，用橡皮塞塞好管口，放在光亮的地方（注意：不要放在日光直射的地方，以免引起爆炸）。一定时间后，将试管倒立于水槽中并取下试管上的橡皮塞，用图3–1–4所示的方式放置，观察发生的现象。

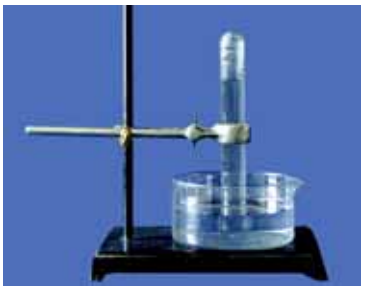


图3–1–4 甲烷与氯气反应的实验装置

实验记录

实验	实验现象	结　论
1		
2		
3		

思考

分析上述实验的现象，归纳甲烷的化学性质。

甲烷能够燃烧，燃烧时火焰呈淡蓝色，放出大量的热。



图3–1–5 天然气燃烧产生的火焰

$$CH_4 + 2O_2 \xrightarrow{\text{点燃}} CO_2 + 2H_2O$$

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

甲烷的燃烧产物是二氧化碳和水，与相同条件下等体积的一氧化碳和氢气相比，甲烷燃烧时放出的热量多，因此，以甲烷为主要成分的天然气是一种理想的洁净燃料。

迁移·应用

可燃性气体与空气混合后，遇火能够引起爆炸的浓度范围称为爆炸极限，一般用该气体在混合气中的体积分数来表示。能引起爆炸的最低浓度称为爆炸下限，能引起爆炸的最高浓度称为爆炸上限。例如，甲烷的爆炸极限为4.9%～16%。

我国的许多煤矿都是瓦斯含量较高的煤矿，容易发生瓦斯爆炸事故，造成人员伤亡和财产损失。请你分析，在什么情况下容易发生矿井瓦斯爆炸？对此应该采取哪些安全措施？

甲烷虽然能燃烧，但不能被高锰酸钾等强氧化剂氧化。另外，实验证明甲烷也不与酸、碱等物质反应。因此，在通常条件下甲烷的化学性质稳定。

甲烷在光照条件下能与氯气发生反应，生成多种含氯有机化合物和氯化氢，其反应的化学方程式为：

$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{光} \underset{一氯甲烷}{CH_3Cl} + HCl$$

$$CH_3Cl + Cl_2 \xrightarrow{光} \underset{二氯甲烷}{CH_2Cl_2} + HCl$$

$$CH_2Cl_2 + Cl_2 \xrightarrow{光} \underset{三氯甲烷}{CHCl_3} + HCl$$

$$CHCl_3 + Cl_2 \xrightarrow{光} \underset{四氯甲烷}{CCl_4} + HCl$$

有机化合物参加的反应往往比较复杂，常有副反应发生。因此，有机反应的化学方程式通常不用等号而用箭头（→）表示。

在上述反应中，甲烷分子中的氢原子逐步被氯原子代替。有机化合物分子里的某些原子（或原子团）被其他原子（或原子团）代替的反应叫做**取代反应**（substitution reaction）。

甲烷的四种氯代产物难溶于水。常温下除一氯甲烷是气体外，其他三种产物都是油状液体。三氯甲烷曾被用做麻醉剂，它和四氯甲烷（四氯化碳）都是重要的工业溶剂。

身边的化学

几种麻醉剂

三氯甲烷（氯仿，chloroform）是最早（1847年）应用于外科手术的全身麻醉剂之一。但是，由于氯仿的毒性较大，人们一直在寻找它的替代物。20世纪50年代，科学家们发现乙烷的一种取

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

代产物——三氟氯溴乙烷（Cl–C(H)(Br)–C(F)(F)–F）具有良好的麻醉作用，它起效快，3～5 min 即可使全身麻醉，而且苏醒快，不易燃、不易爆。

随着科学技术的发展，目前三氟氯溴乙烷已被七氟烷、地氟烷等麻醉剂代替。



图3–1–6 患者正在吸入麻醉剂

不仅甲烷能发生取代反应，许多有机化合物也能发生取代反应。另外，有机化合物还能发生加成反应、聚合反应等无机化合物难以发生的反应，具有一些与无机化合物不同的化学性质。随着学习的深入，你将对有机化合物的性质有更多的了解。

二、有机化合物的结构特点

有机化合物的性质与其组成和结构有着密切的关系。在有机化合物里，有一类物质是仅由碳和氢两种元素组成的，我们把这类有机化合物总称为**烃**（hydrocarbon）。烃也叫做碳氢化合物。

甲烷是组成最简单的烃。你已经知道了甲烷的重要性质是能够发生取代反应，那么，是什么样的结构特点决定着它能发生这种反应呢?

在甲烷分子中，碳原子最外层上的 4 个电子分别与 4 个氢原子核外的 1 个电子形成 1 对共用电子，即碳原子与 4 个氢原子形成 4 个共价键，它的结构式为 H–C(H)(H)–H，结构简式为 CH_4。

知识支持

用短线“—”表示原子所形成的共价键进而表示物质结构的式子称为结构式。省略了部分短线“—”的结构式称为结构简式。结构式和结构简式只能表示分子中原子的连接顺序，而不能表示分子真实的空间结构。

科学实验证明，甲烷分子中的 5 个原子不在同一个平面上，而是构成一个正四面体。碳原子位于正四面体的中心，4 个氢原子分别位于正四面体的 4 个顶点。

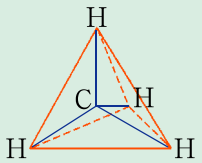
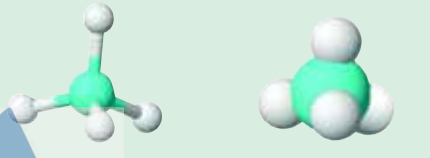


图 3–1–7 甲烷分子结构示意图



甲烷分子球棍模型　　甲烷分子填充模型

图 3–1–8 甲烷分子结构模型

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

有机化合物分子中都含有碳原子。由于碳原子的最外层有4个电子，碳原子不仅可以通过共价键与其他原子结合形成分子，还可以彼此间以共价键构成碳链或碳环，再结合其他原子形成分子；碳原子之间可以是单键（$-\overset{|}{\underset{|}{C}}-\overset{|}{\underset{|}{C}}-$，碳原子间以1对共用电子形成的共价键），也可以是双键（$\rangle C=C\langle$，碳原子间以2对共用电子形成的共价键）或叁键（$-C\equiv C-$，碳原子间以3对共用电子形成的共价键）。这些是有机化合物结构多样性的一种表现。

活动·探究

烷烃的结构

1．你已经初步认识了甲烷的分子结构。除甲烷外，还有一系列结构和性质与它很相似的烃，如乙烷（C_2H_6）、丙烷（C_3H_8）、丁烷（C_4H_{10}）等，这类烃称为**烷烃**（alkane）。那么，它们具有什么样的分子结构呢？请写出它们的结构式和结构简式。

名 称	乙 烷	丙 烷
结构式		
结构简式		

知识支持

有机化合物通常按分子中含有的碳原子数命名，CH_4叫甲烷，C_2H_6叫乙烷……即从分子中含有一个碳原子开始，随着碳原子数的增加依次为甲、乙、丙、丁、戊、己、庚、辛、壬、癸、十一、十二……

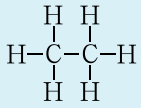
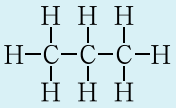
2．在研究丁烷的组成和性质时，人们发现有两种丁烷：正丁烷和异丁烷，它们的组成和相对分子质量完全相同，但性质却有一定的差异，如正丁烷的熔点为−138.4℃、沸点为−0.5℃，异丁烷的熔点为−159.6℃、沸点为−11.7℃。为什么会出现这种情况呢？

试用4个黑色小球代表碳原子、10个白色小球代表氢原子，动手拼插丁烷分子的可能结构，并写出它们的结构式和结构简式。按照你的推断，指出哪种丁烷应属于正丁烷，哪种丁烷应属于异丁烷。

名 称	正丁烷	异丁烷
结构式		
结构简式		

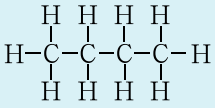
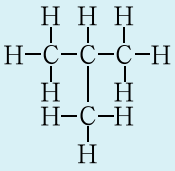
山东出版 SHANDONG PUBLISHING

乙烷、丙烷的结构式和结构简式分别为：

	乙烷	丙烷
结构式		
结构简式	CH_3CH_3	$CH_3CH_2CH_3$

由乙烷、丙烷的结构简式可以看出，它们的分子中碳原子间以单键相连，碳原子的其他价键都被氢原子所饱和。这不仅是乙烷和丙烷所具有的结构特点，也是所有烷烃所共同具有的结构特点。

丁烷包括正丁烷和异丁烷，它们的结构式和结构简式分别为：

	正丁烷	异丁烷
结构式		
结构简式	$CH_3CH_2CH_2CH_3$	CH_3CHCH_3 $\quad\quad\quad

这种结构的多样性，使有机化合物大家族异彩纷呈，拥有许多性质奇妙、功能特异的物质。随着后续课程的学习，你对此的认识将会更加深刻。

身边的化学

丰富多彩的合成有机化合物

染料大多是有机化合物。100多年前，人们主要从动植物中提取染料，但自从发现煤焦油后，化学家们在很短的时间内便合成出许多产品代替了天然染料。

绝大多数药品是通过各种途径合成的有机化合物。我国有资源丰富的中草药，长期以来用于治疗各种疾病；化学家们通过提取、分离，认识了它们的有效成分——有特殊疗效的有机化合物，从而能更有效地利用和合成它们。

农业上使用的肥料、植物生长激素、除草剂、杀虫剂、昆虫信息激素等，大多是合成有机化合物。

香料大多是有机化合物。现在，人们越来越多地用合成香料代替天然香料；另外，还合成了很多新型香料，以满足日益增长的需要。

感光材料、彩色胶卷中所用的染料，液晶显示材料等均是合成有机化合物。

……

20世纪40年代新兴的从简单有机化合物合成有机高分子化合物的技术，使人类社会进入了合成材料的新时代。目前世界上合成的有机高分子化合物比比皆是，如合成纤维的产量已经超过了天然的棉、毛、丝、麻的产量，合成橡胶的产量已超过天然橡胶的产量，塑料制品随处可见。当今，人们的衣、食、住、行都已离不开合成有机高分子化合物了。

概括·整合

1．有机化合物种类繁多、数量巨大，这与有机化合物结构的多样性有关。有机化合物结构的多样性主要体现在分子中碳原子的结合方式和同分异构现象上。碳原子的结构有何特点？有机化合物分子中碳原子间都可以怎样结合？什么是同分异构现象？

2．列表说明甲烷的组成、结构、性质和主要用途。

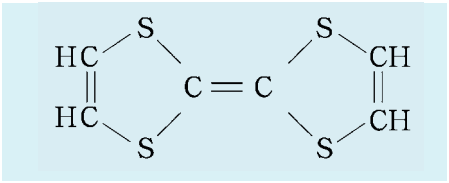
组　成	结　构	物理性质	化学性质	主要用途

3．烷烃的结构有什么特点？

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

练习与活动

1．用于制造隐形飞机的某种物质具有吸收微波的功能，其主要成分的结构如右式所示。它属于（　　）。



A．烃　　B．无机物

C．有机化合物　　D．烷烃

2．下列关于有机化合物的说法中，正确的是（　　）。

A．凡是含碳元素的化合物都属于有机化合物

B．易溶于汽油、酒精、苯等有机溶剂的物质一定是有机化合物

C．所有的有机化合物都很容易燃烧

D．有机化合物的同分异构现象是有机化合物种类繁多的重要原因之一

3．将1体积甲烷和4体积氯气组成的混合气体充入大试管中，将此试管倒立在水槽中，置于光亮处，过一段时间后发现试管中气体的颜色_____，试管中的液面_____，试管壁上有_____出现。将试管从水槽中取出后，向其中滴入几滴石蕊溶液，可以观察到_____。

4．用橡皮泥（或肥皂）和火柴杆拼插戊烷（C_5H_{12}）可能存在的结构的球棍模型。请写出它们的结构简式，并指出它们之间的相互关系。

5．燃烧法是测定有机化合物分子式的一种重要方法。完全燃烧0.1 mol某烃后，测得生成的二氧化碳为8.96 L（STP），生成的水为9.0 g。请通过计算推导该烃的分子式，并写出它可能存在的结构简式。

6．动手实践：找一找自己家的厨房里有哪些有机化合物，查一查它们具有哪些性质。

物质名称	具有的性质

方法导引

第5题　推导烃的分子式，可先计算求得1 mol烃分子中碳原子、氢原子的物质的量。

通常，用C_xH_y表示烃的分子组成通式。

你可以先写出烃（C_xH_y）燃烧生成二氧化碳和水的化学方程式，再利用化学方程式进行计算。你也可以利用原子守恒的思想直接找到烃（C_xH_y）、二氧化碳、水之间的定量关系，然后再进行有关计算。这两种方法在推导烃的分子式时都经常使用。

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

第 2 节　石油和煤　重要的烃

石油（petroleum）和煤（coal）是复杂的混合物，其主要成分都是有机化合物。石油和煤分别被誉为“工业的血液”和“工业的粮食”，可见它们的开采、加工和利用在国民经济发展中占有多么重要的地位。

现在，石油和煤不仅作为化石燃料成为消耗量最大的能源，而且是生产许多化工产品的主要原料，其综合利用越来越受到人们的重视。



图 3–2–1　石油化工



图 3–2–2　煤的开采

一、石油的炼制　乙烯

联想 · 质疑

加油站里通常有不同型号的汽油和柴油。你知道它们是怎样用石油制得的吗？以石油为原料还能制得哪些物质？它们有什么性质和用途？



图 3–2–3　加油站

1. 石油的炼制

石油主要是由分子中含有不同数目碳原子的烃组成的复杂混合物，平均来说，碳元素、氢元素在石油中的质量分数之和可达 97% ~ 98%。

从矿井里开采出来的石油经过脱水、脱盐后所得到的烃类混合物的各种成分的沸点不同，可以利用这一特点来分离它们。加热液态烃类混合物时，沸点低的烃（分子中碳原子数

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

较少）先汽化，其蒸气经冷凝后变为液体首先从混合物里分离出来。随着温度升高，沸点较高的烃（分子中碳原子数较多）再汽化，经过冷凝也分离出来。这样，通过加热和冷凝，可以把石油分成不同沸点范围的产物，这种方法叫做石油的**分馏**（fractional distillation）。不难看出，石油的分馏产物仍然是一些混合物。石油经过分馏以后得到的主要产物有石油气、汽油、煤油、柴油及重油等，它们被广泛应用于人类生产和生活的许多领域。



图 3–2–4 石油分馏塔

在工业上，石油的分馏是在分馏塔里进行的，其原理如图 3–2–5 所示。

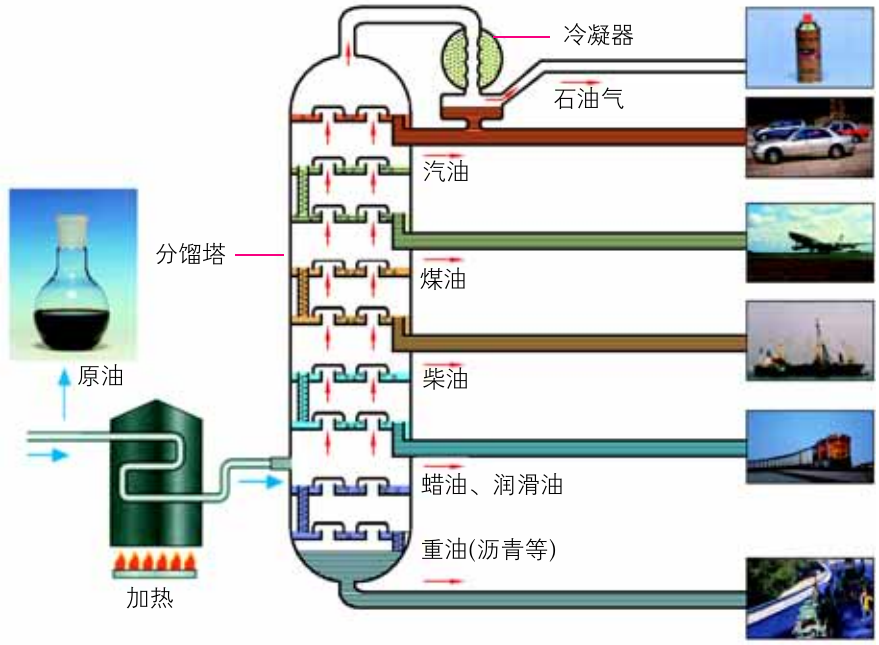


图 3–2–5 石油分馏产物及其主要用途

石油分馏获得轻质液体燃料的产量不够高。为了提高轻质液体燃料的产量和质量，工业上在一定条件下（加热、使用催化剂），把相对分子质量大、沸点高的烃断裂为相对分子质量较小、沸点较低的烃，这种方法称为石油的**裂化**（cracking）。例如，十六烷的裂化：

$$\underset{\text{十六烷}}{C_{16}H_{34}} \xrightarrow[\triangle]{\text{催化剂}} \underset{\text{辛烷}}{C_8H_{18}} + \underset{\text{辛烯}}{C_8H_{16}}$$

石油化工生产中，常用石油分馏产品（包括石油气）做原料，采用比裂化更高的温度，使其中相对分子质量较大的烃断裂成乙烯、丙烯等小分子烃，将它们用做有机化工原料。工业上把这种加工方法叫做石油的**裂解**（pyrolysis）。石油的裂解气里乙烯的含量比较高。

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

2. 乙烯

乙烯（ethene）是石油炼制的重要产物之一。目前，世界上已将乙烯的产量作为衡量一个国家石油化工发展水平的标志。随着石油化工和现代科学技术的发展，以乙烯为原料制取的物质越来越多。

乙烯是无色、稍有气味的气体，难溶于水，标准状况下的密度为1.25 $g \cdot L^{-1}$。

乙烯的分子式为C_2H_4。从分子式可以看出，一个乙烯分子比一个乙烷（C_2H_6）分子少两个氢原子。乙烯分子里碳原子间的共价键是双键。乙烯的结构式和结构简式分别为：

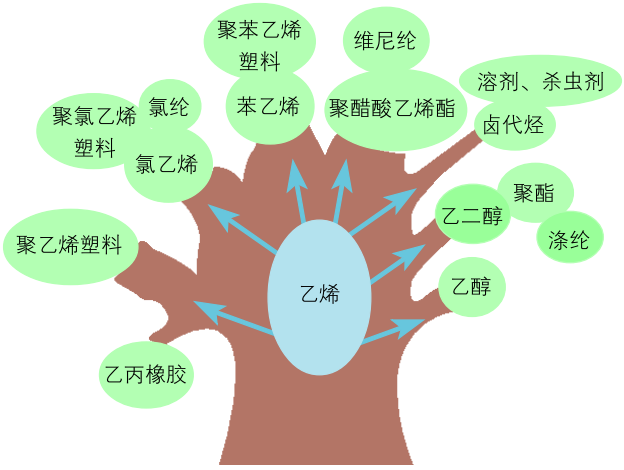
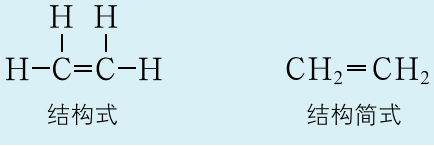


图 3–2–6　乙烯用途示意图



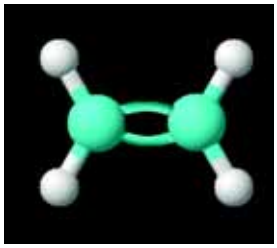


图 3–2–7　乙烯分子的球棍模型

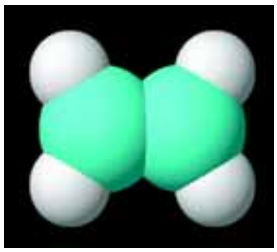


图 3–2–8　乙烯分子的填充模型

乙烯分子结构的特点决定着乙烯具有一些特殊的性质。

观察·思考

乙烯的性质

【实验1】点燃纯净的乙烯，观察燃烧时火焰的亮度和颜色。

【实验2】将乙烯通入盛有酸性$KMnO_4$溶液的试管中，观察试管内溶液颜色的变化。

【实验3】将过量的乙烯通入盛有溴的四氯化碳溶液的试管中，观察试管内溶液颜色的变化。

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

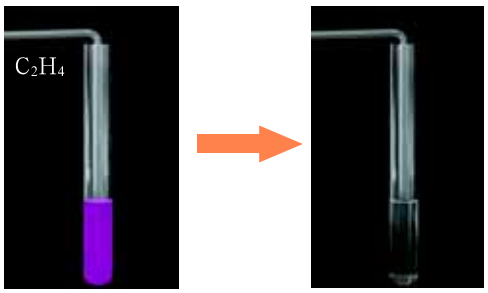


图 3-2-9 乙烯与酸性 $KMnO_4$ 溶液的反应

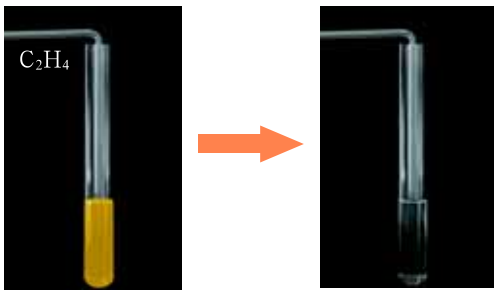


图 3-2-10 乙烯与溴的四氯化碳溶液的反应

实验记录

实 验	实验现象	结 论
1		
2		
3		

思考

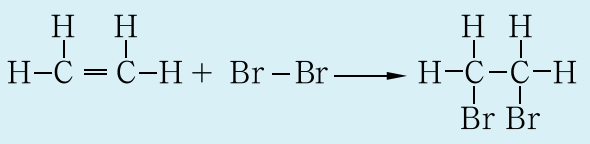
乙烯具有怎样的化学性质？

乙烯在空气中燃烧，火焰明亮并伴有黑烟。

$$C_2H_4 + 3O_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2CO_2 + 2H_2O$$

乙烯能使酸性 $KMnO_4$ 溶液很快退色，这是乙烯被高锰酸钾氧化的结果，而烷烃却没有这一性质。

乙烯能使溴的四氯化碳溶液退色，所发生反应的实质是乙烯分子中碳碳双键（$\rangle C=C\langle$）中的一个键断裂，两个溴原子分别加在断键的两个碳原子上。



1，2－二溴乙烷

像乙烯与溴的反应这样，有机化合物分子中双键上的碳原子与其他原子（或原子团）直接结合生成新的化合物分子的反应属于**加成反应**（addition reaction）。

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

迁移·应用

1．乙醇是很重要的化工原料，工业上可以用乙烯与水（H—OH）在一定条件下进行加成反应来制取酒精（CH_3CH_2OH）。试写出该反应的化学方程式。

2．乙烷与甲烷相似，能与氯气发生取代反应。乙烷经取代反应，只能制得一些氯代乙烷组成的混合物；若用乙烯和氯化氢在一定条件下反应，可以制得较纯净的一氯乙烷。试写出相关反应的化学方程式。

二、煤的干馏　苯

1. 煤的干馏

联想·质疑

煤是人类生产和生活中使用的主要燃料之一，但在我国很多城市里却禁止直接使用散煤，你知道这是为什么吗？另外，你是否想过，煤除了用做燃料外还有哪些应用价值呢？



图3-2-11　煤块

煤是由有机化合物和无机化合物组成的复杂的混合物，除了含有碳、氢元素外，还含有少量的氮、硫、氧等元素；混合物里的无机化合物主要含硅、铝、钙、铁等元素。

直接烧煤可得到我们所需要的能量，但同时会带来大量的污染物，如碳的氧化物、氮的氧化物、硫的氧化物、烟尘等。如何解决燃煤污染、提高燃煤的热效率，尤其是怎样从煤中提取有关物质并将其转化成有价值的化工原料，成为化学家们一直在致力研究的问题。目前，使用较为广泛并具有实用价值的煤加工方法是煤的干馏。

将煤隔绝空气加强热使其分解，叫做煤的**干馏**（dry distillation）。表3-2-1列出了煤干馏的主要产物和用途。

表3-2-1　　煤干馏的主要产物和用途

干馏产物		主要成分	主要用途
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	氨气、铵盐	氮肥
	粗苯	苯、甲苯、二甲苯	炸药、染料、医药、农药、合成材料
煤焦油		苯、甲苯、二甲苯	
		酚类、萘	医药、染料、农药、合成材料
焦炭		沥青	电极、筑路材料
		碳	冶金、燃料、合成氨

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

知识支持

干馏与蒸馏

干馏与蒸馏是两种不同的过程。干馏是固态物质隔绝空气加强热使其分解产生新物质的化学变化过程；蒸馏是利用液体混合物中的各物质的沸点不同，通过加热使沸点较低的物质先汽化再冷凝从而达到分离的目的，是物理变化过程。

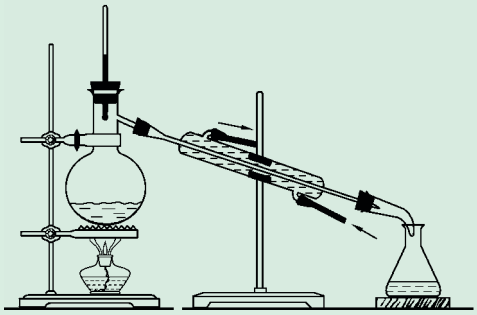


图 3-2-12 蒸馏装置示意图

2. 苯

苯（benzene）是一种无色、有特殊气味、有毒的液体，密度比水小，难溶于水；沸点为80.5℃，熔点为5.5℃，当温度低于5.5℃时，苯就会凝结成无色的晶体。

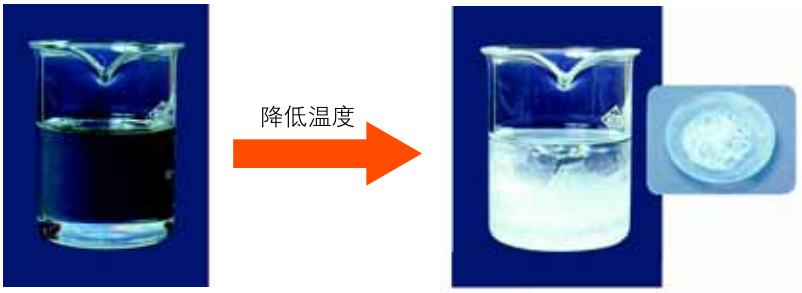
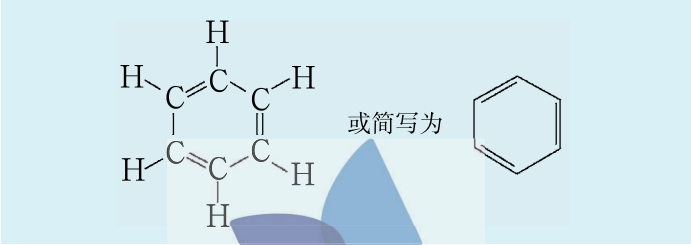


图 3-2-13 苯的冷凝结晶

苯可以在空气中燃烧，生成二氧化碳和水。苯燃烧时产生明亮而带有浓烟的火焰，这是因为苯中碳的质量分数很大，苯不易完全燃烧。

$$2C_6H_6 + 15O_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 12CO_2 + 6H_2O$$

从苯的分子式（C_6H_6）可以看出，它是一种碳原子的价键远没有饱和的烃（按烷烃的结构特点，6个碳原子结合14个氢原子才能饱和）。德国化学家凯库勒（F.A.Kekule）于1865年提出了苯的分子结构模型，并用下式表示苯的分子结构：



苯的这一结构式被称为凯库勒式，一直沿用至今。

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

历史回眸

凯库勒与苯分子结构

凯库勒是德国著名的有机化学家，也是近代有机结构理论的奠基人之一。1858年，年仅29岁的凯库勒发表了题为《关于有机化合物的结构和变化以及碳的化学性质》的研究论文，指出："碳的化合价是4价，碳碳可以相互连成链。"他认为，对有机化合物不仅要知道它的化学式，更要知道它的结构式。1865年，凯库勒在他的著名论文《关于芳香族化合物的研究》中提出了"6个碳原子之间首尾相连成一个封闭的环，环上结合6个等同的氢原子，结合在环上的氢原子可以被其他元素的原子或原子团取代，形成种类繁多、性质各异的芳香族化合物"的论点。从英国科学家法拉第（M.Faraday）发现苯到凯库勒提出苯分子的结构模型，经历了整整40年的时间。

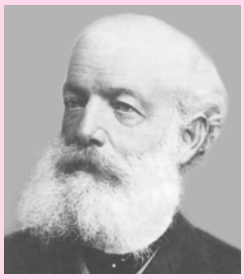


图3-2-14 德国化学家 凯库勒（F.A.Kekule,1829–1896）

苯分子具有如此特殊的结构，那么，苯的结构会对它的化学性质产生什么样的影响呢？

观察·思考

苯能与酸性$KMnO_4$溶液或溴的四氯化碳溶液反应吗

向两支分别盛有少量酸性$KMnO_4$溶液和溴的四氯化碳溶液的试管中滴入苯，振荡试管，静置后观察试管内液层的颜色。

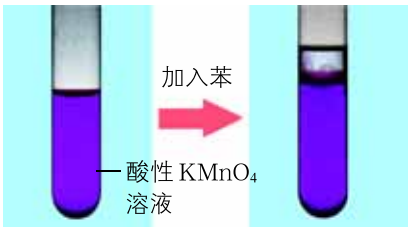


图3-2-15 向酸性$KMnO_4$溶液中加入苯

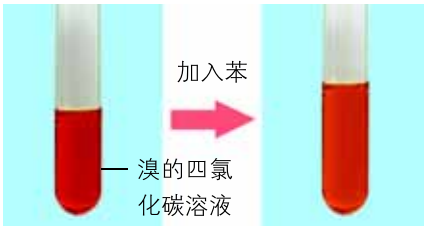


图3-2-16 向溴的四氯化碳溶液中加入苯

实验记录

实验内容	实验现象	结　论

思考

苯具有怎样的化学性质？与乙烯相比，有何不同？

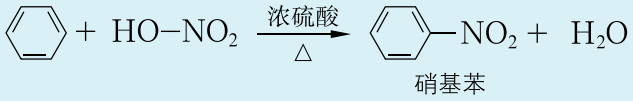
山东出版 SHANDONG PUBLISHING

实验证明，苯不能与酸性$KMnO_4$溶液和溴的四氯化碳溶液反应。由此可知，苯与分子中含有碳碳双键的乙烯在化学性质上有很大的差别。科学家们对苯分子结构的进一步研究发现，苯分子里不存在一般的碳碳双键，其中的6个碳原子之间的键完全相同，是一种介于碳碳单键和碳碳双键之间的独特的键；苯分子里的6个碳原子和6个氢原子都在同一个平面上。



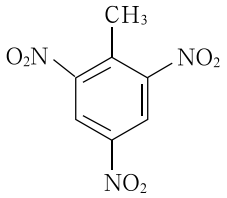
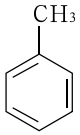
图 3-2-17　苯分子的填充模型

苯分子的特殊结构决定了它具有特殊的性质。将苯与浓硫酸和浓硝酸的混合液共热并保持55℃～60℃的温度，苯环上的氢原子会被硝基（$-NO_2$）取代生成硝基苯。



硝基苯

迁移·应用

分子中含有苯环的有机化合物的化学性质与苯相似，在一定条件下也能发生取代反应。TNT的化学名称是2，4，6-三硝基甲苯（结构简式为 ），它是甲基苯（简称甲苯，结构简式为 ）与硝酸发生取代反应的产物。TNT是一种烈性炸药，可用于军事、开矿、筑路、水利建设等方面。

试写出制取2，4，6-三硝基甲苯反应的化学方程式。

苯是一种重要的有机化工原料，广泛用于生产合成橡胶、合成纤维、塑料、农药、医药、染料、香料等；另外，苯也常用做有机溶剂。

甲烷、乙烯和苯分别是烃类化合物中具有不同结构特点的有机化合物的代表性物质。认识它们的结构、性质和应用，将为今后深入学习有机化学知识打下良好的基础。

身边的化学

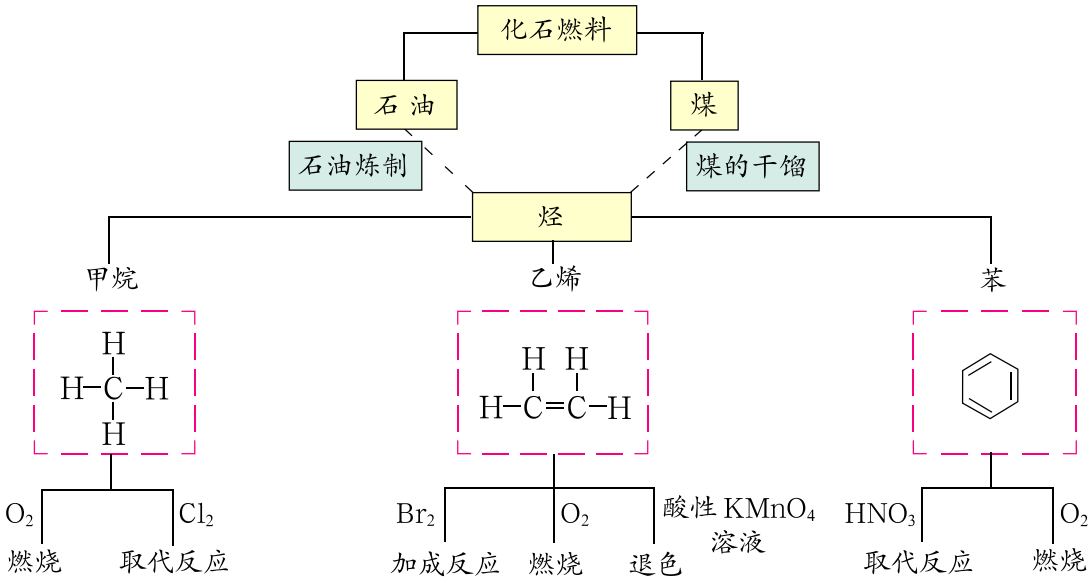
居室中的苯污染

油漆所用的溶剂主要是汽油、苯、甲苯等。居室中的苯和甲苯主要来自于新漆家具和装饰材料。由油漆挥发出来的苯和甲苯通过皮肤接触或呼吸进入人体后会影响人的造血系统，引起白细胞降低。因此，装饰居室时，最好选用环保型的装饰材料和家具，同时注意保持居室通风。

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

概括·整合

1．本节知识要点归纳如下图所示。



2．试总结甲烷、乙烯、苯的性质和用途。

3．通过本节学习，你对石油和煤有了哪些新的认识？如何更好地利用石油和煤这些宝贵的资源？

4．举例说明有机化合物的结构与化学性质间的关系。

练习与活动

1．下列物质中，有固定熔点和沸点的是（　　）。

A．汽油　　B．煤　　C．天然气　　D．乙烯

2．可以用来鉴别甲烷和乙烯，还可以用来除去甲烷中乙烯的操作方法是（　　）。

A．将混合气体通入盛有硫酸的洗气瓶

B．将混合气体通入盛有足量溴的四氯化碳溶液的洗气瓶

C．将混合气体通入盛有水的洗气瓶

D．将混合气体通入盛有澄清石灰水的洗气瓶

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

3．下列现象中，因发生加成反应而产生的是（　　）。

A．乙烯使酸性$KMnO_4$溶液退色

B．将苯滴入溴水中，振荡后水层接近无色

C．乙烯使溴的四氯化碳溶液退色

D．甲烷与氯气混合，光照一段时间后黄绿色消失

4．下列物质完全燃烧时，生成的二氧化碳的物质的量与生成的水的物质的量相同的是（　　）。

A．甲烷　　B．苯　　C．乙烯　　D．丙烯（C_3H_6）

5．将下列物质间的反应与对应的反应类型用线连起来。

甲烷与氯气 •	• 加成反应
苯与硝酸 •	• 取代反应
乙烯与溴的四氯化碳溶液 •	

6．甲烷是天然气的主要成分，而液化石油气的主要成分是丙烷、丁烷、丙烯（C_3H_6）、丁烯（C_4H_8）。请根据以上物质的燃烧反应的化学方程式思考：使用天然气的煤气灶是否适合于液化石油气？

7．查阅资料，说明石油分馏产物和煤干馏产物的主要用途。

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

第 3 节　饮食中的有机化合物

人类为了维持生命和保护健康，必须摄取食物。油脂、糖类和蛋白质是食物含有的主要营养物质，它们对人类的生命活动有着极其重要的作用；酒（主要成分为乙醇）、食醋（主要成分为乙酸）等则是人们经常使用的调味品，它们会使食物的味道更加鲜美。无论油脂、糖类和蛋白质，还是乙醇和乙酸，都是有机化合物。

联想 · 质疑

我们所摄取的食物是非常丰富的：有面食，有米饭；有鱼、肉，有蔬菜；有水果，有饮料……

你知道油脂、糖类和蛋白质主要含在哪些食物中吗？这些物质的组成和结构有什么特点？为什么它们对人类的生命活动有非常重要的意义？

你对酒的主要成分乙醇和食醋的主要成分乙酸有哪些认识？

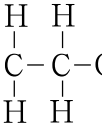


图 3–3–1　富含有机化合物的食物

一、乙醇

乙醇（ethanol）俗称酒精，是酒类的主要成分。它是无色透明、具有特殊香味的液体；比水轻，20℃时的密度为0.789 $g \cdot cm^{-3}$；熔点为−117.3℃，沸点为78.5℃，易挥发；能与水以任意比例互溶，能溶解多种无机化合物和有机化合物，是优良的有机溶剂。

乙醇分子可以看成是乙烷分子中的一个氢原子被–OH原子团取代而形成的。乙醇的结构式为



，结构简式为CH_3CH_2OH或C_2H_5OH。乙醇分子中含有 –OH 原子团，这个原子团称为**羟基**（hydroxyl）。

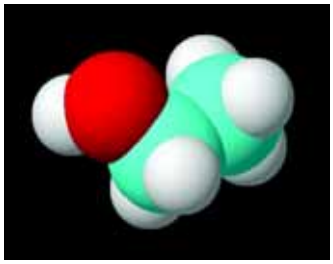


图 3–3–2　乙醇分子的填充模型

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

乙醇燃烧能产生大量的热，与甲烷一样，也是一种优良的燃料。

$$C_2H_5OH + 3O_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2CO_2 + 3H_2O$$

身边的化学

固体酒精

固体酒精是一种白色凝胶状固体，由酒精与醋酸钙[$(CH_3COO)_2Ca$]饱和溶液混合而成。固体酒精携带方便，火焰温度高，无有害气体生成，常用于餐馆或野外就餐。



图 3-3-3 固体酒精在燃烧

活动·探究

乙醇的一些化学性质

【实验1】向试管里注入约2 mL无水乙醇，再放入一小块金属钠，观察发生的现象，检验生成的气体。

【实验2】向试管里注入约2 mL无水乙醇，取一根光洁的铜丝绕成螺旋状，放在酒精灯外焰上加热，然后伸入无水乙醇中，反复几次。观察铜丝的变化并闻液体的气味。

实验记录

实　验	实验现象	结　论
1		
2		

讨论

以上实验说明乙醇具有哪些化学性质？

乙醇能与金属钠反应生成乙醇钠并放出氢气。

$$2CH_3CH_2OH + 2Na \longrightarrow \underset{\text{乙醇钠}}{2CH_3CH_2ONa} + H_2\uparrow$$

乙醇能被氧化。乙醇不仅能燃烧，而且在一定条件下能被氧化成乙醛。

$$2CH_3CH_2OH + O_2 \xrightarrow[\triangle]{\text{催化剂}} \underset{\text{乙醛}}{2CH_3CHO} + 2H_2O$$

乙　醛

乙醛（ethanal）是无色、有刺激性气味的液体，结构简式为$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$或$CH_3CHO$，它是一种重要的化工原料。

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

乙醇可用做燃料、造酒原料、有机溶剂和化工原料等，医院里则用75%（体积分数）的乙醇溶液杀菌、消毒。

身边的化学

过量饮酒的危害与酒精检测

人们饮用的酒是由粮食或水果酿造而成的。各种酒都含有一定量的乙醇。酒中乙醇的体积分数，称为酒的度数；1° 表示100 mL酒中含有1 mL乙醇。

乙醇进入人体内，一部分被小肠吸收，通过血液循环进入肝脏，在肝脏中被氧化成乙醛、乙酸，最终被氧化成二氧化碳和水，释放出能量。过量饮酒，人体肝脏一时无法使乙醇、乙醛和乙酸等全部转化，血液中高浓度的乙醇将减缓大脑中信使分子的有效传递，影响判断力。长期过量饮酒，会使人发胖，还会损伤肝脏；血液中高浓度的乙醛还能致癌，并容易导致心血管病急性发作。因此，青少年不应饮酒，机动车驾驶员严禁酒后驾车。

表3-3-1 酒与酒的度数

品 名	酒的度数（°）
啤酒	3～5
葡萄酒	6～20
黄酒	8～15
白酒	30～70



图3-3-4 交警正在检查驾驶员是否饮过酒

让驾车员呼出的气体接触载有经过硫酸酸化处理的三氧化铬（CrO_3）的硅胶，可测出呼出的气体中是否含有乙醇及乙醇含量的高低。如果呼出的气体中含有乙醇蒸气，乙醇会被三氧化铬氧化成乙醛，同时橙红色的三氧化铬被还原成绿色的硫酸铬。

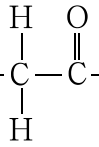
工业酒精含有对人体有害的甲醇（CH_3OH），甲醇会使人中毒昏迷、眼睛失明甚至死亡，因此禁止用工业酒精配制饮用酒和调味用的料酒。

二、乙酸

乙酸（acetic acid）是食醋的主要成分，普通的食醋中含3%～5%（质量分数）的乙酸，所以乙酸俗称醋酸。乙酸在自然界里分布很广，在动物的组织内、排泄物和血液中都存在着乙酸。许多微生物可以将有机化合物通过发酵转化为乙酸。

乙酸是一种有强烈刺激性气味的无色液体，沸点为117.9℃，熔点为16.6℃；当温度低于16.6℃时，乙酸就凝结成像冰一样的晶体，所以无水乙酸又称冰醋酸。

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

乙酸的结构式为，结构简式为 CH_3COOH。

乙酸分子中含有 （—COOH）原子团，这个原子团称为**羧基**（carboxyl）。

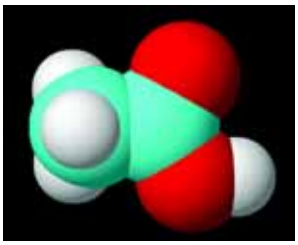


图 3-3-5　乙酸分子的填充模型

活动·探究

乙酸的酸性

乙酸在溶于水时能够电离出 CH_3COO^- 和 H^+，因而乙酸具有一定的酸性。请你设计几个实验证明乙酸具有酸性。

实验内容	实验现象	结　论

乙酸是一种常见的有机酸，它能使紫色的石蕊溶液变红；能与活泼金属、碱等物质发生反应，可以用来合成许多物质，是一种重要的化工原料。乙酸的酸性比硫酸、盐酸等酸的酸性弱。

迁移·应用

烧开水的壶和盛放开水的暖瓶，使用一段时间后内壁会结上一层水垢［主要成分是 $CaCO_3$ 和 $Mg(OH)_2$］。向结有水垢的壶里或暖瓶里加入少量醋（最好是醋精），使之与水垢充分接触，浸泡一段时间后，再用水清洗，水垢便可除去。请写出相关反应的化学方程式。



图 3-3-6　用醋可除去水壶内壁上的水垢

一般的食品和饮料超过保鲜期就会变质，而用粮食酿造的酒却会随着储藏时间的延长而变得更醇香，这是为什么呢？

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

观察·思考

乙酸与乙醇的反应

在试管里先加入3 mL乙醇和2 mL乙酸的混合物，然后一边摇动试管一边慢慢地加入2 mL浓硫酸，加入2~3块碎瓷片。按图3–3–7所示连接装置，用酒精灯小心均匀地加热试管3~5 min。将产生的气体经导管通到饱和Na_2CO_3溶液的液面上。

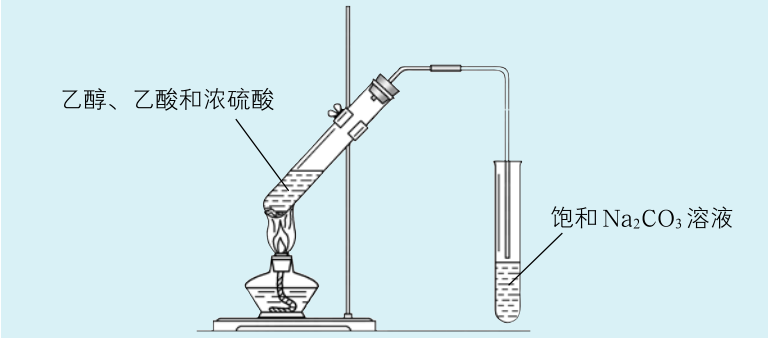


图3–3–7 乙酸与乙醇的反应

观察发生的现象，注意得到的生成物有什么气味。

乙酸与乙醇能发生反应，生成乙酸乙酯（ethyl acetate）和水。乙酸乙酯是一种无色透明、有香味的油状液体。

$$CH_3COOH + CH_3CH_2OH \underset{\triangle}{\overset{\text{浓硫酸}}{\rightleftharpoons}} \underset{\text{乙酸乙酯}}{CH_3COOCH_2CH_3} + H_2O$$

像乙酸与乙醇这样生成酯和水的反应称为**酯化反应**（esterification reaction）。酯化反应是可逆反应。

三、酯和油脂

联想·质疑

很多水果和花草具有芳香气味，这些芳香气味是什么物质产生的？

很多食物富含油脂。油脂是重要的营养物质，能向人体提供能量，这是为什么？

油脂和酯之间有什么关系？

山东出版 SHANDONG PUBLISHING




图 3-3-8　具有香味的水果和花草

像乙酸乙酯这样的有机化合物称为**酯**（ester）。酯广泛存在于自然界中。例如，乙酸乙酯、乙酸异戊酯存在于草莓、香蕉、梨等水果中，乙酸丁酯和异戊酸异戊酯存在于成熟的香蕉中，苯甲酸甲酯存在于丁香油中，等等。以上这些酯的相对分子质量较小（分子中碳原子数较少），它们都是具有芳香气味的液体。

在粮食酿酒过程中，除了产生酒精（乙醇）外，米浆水中的一些微生物如醋酸菌、乳酸菌等把少量的淀粉变成醋酸、乳酸等，这些酸性物质与乙醇作用便产生了具有香味的酯类物质；时间越长，这种作用越充分。因此，由粮食酿造的酒如果在一定温度下密闭储存，会随着放置时间的延长而变得更醇香。

酯在一定条件下容易发生水解反应，这是酯的一种重要性质。



图 3-3-9　鲜艳清香的草莓

活动·探究

乙酸乙酯的水解

向三支试管中各加入6滴乙酸乙酯，然后向第一支试管中加蒸馏水5.5 mL，向第二支试管中加1∶5的稀硫酸0.5 mL、蒸馏水5.0 mL，向第三支试管中加30%的NaOH溶液0.5 mL、蒸馏水5.0 mL。振荡均匀，把三支试管同时放在70 ℃～80 ℃的水浴中加热几分钟，观察发生的现象。

实验记录

实　验	气味消失的时间 /s

实验结论

工具栏

当被加热的物质要求受热均匀而温度低于100℃时，可将盛有该物质的容器浸入盛有热水的另一容器中进行加热，这种方法称为水浴加热。本实验可用盛有热水的大烧杯作为水浴的容器。

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

在酸或碱存在的条件下，乙酸乙酯发生水解反应生成乙酸和乙醇。

$$CH_3COOCH_2CH_3 + H_2O \underset{\triangle}{\overset{\text{酸或碱}}{\rightleftharpoons}} CH_3COOH + CH_3CH_2OH$$

酯的水解反应是酯化反应的逆反应。在碱存在的条件下，水解生成的酸被碱中和，使酯的水解程度增大。

$$CH_3COOCH_2CH_3 + NaOH \longrightarrow \underset{\text{乙酸钠}}{CH_3COONa} + CH_3CH_2OH$$

酯可用做溶剂，并用于食品工业的香味添加剂。

油脂（oils and fats）是一类特殊的酯。植物油脂通常呈液态，叫做油；动物油脂通常呈固态，叫做脂肪。





图 3-3-10 富含油脂的食物

资料在线

油脂的组成

油脂的组成可表示为：$\begin{matrix} R_1COOCH_2 \\ | \\ R_2COOCH \\ | \\ R_3COOCH_2 \end{matrix}$，$R_1$、$R_2$、$R_3$代表烃基（烃分子失去氢原子后的剩余部分叫做烃基，如$-CH_3$叫做甲基、$-C_{17}H_{35}$叫做十七烷基、$-CH=CH_2$叫做乙烯基等），它们可以相同，也可以不同。

油脂可看做高级脂肪酸［如硬脂酸（$C_{17}H_{35}COOH$）、软脂酸（$C_{15}H_{31}COOH$）等］与甘油［丙三醇，$C_3H_5(OH)_3$］经酯化反应生成的酯，它在适当的条件下能发生水解反应，生成相应的高级脂肪酸和甘油。工业上根据这一反应原理，利用油脂为原料来制取高级脂肪酸和甘油。

油脂在小肠内受酶的催化作用而水解，生成的高级脂肪酸和甘油作为人体的营养成分为肠壁所吸收，同时提供人体活动所需要的能量。

高级脂肪酸对人类的生命活动有着重要作用，其中有些高级脂肪酸如亚油酸（$C_{17}H_{31}COOH$）是人体必需的。亚油酸等高级脂肪酸在人体内参与前列腺素的合成，而前

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

列腺素对于血压和体温的维持以及胃酸的分泌和血小板的凝聚等生理活动具有很大影响。

油脂除可食用外，还可用于肥皂生产和油漆制造等。

迁移·应用

日常生活中，我们经常使用热的纯碱（Na_2CO_3）水溶液（显碱性）洗涤炊具上的油污，请你分析这是利用了什么原理。[高级脂肪酸的钠盐如硬脂酸钠（$C_{17}H_{35}COONa$）、软脂酸钠（$C_{15}H_{31}COONa$）以及甘油都能溶解于水。]

四、糖类

糖类（carbohydrate）是一大类有机化合物，葡萄糖、蔗糖、淀粉和纤维素等都属于糖类。这类物质是由C、H、O三种元素组成的，其组成大多可以用通式$C_n(H_2O)_m$表示，因此过去曾把它们称为碳水化合物。

糖类可以根据其能否水解以及水解产物的不同来分类。





图3-3-11 富含淀粉的玉米和马铃薯

表3-3-2 糖类物质的分类及用途

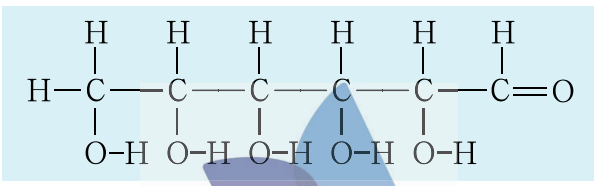
类 别	单 糖	低聚糖（以双糖为例）	多 糖
特 点	不能再水解成更小的糖分子	1 mol双糖能水解成2 mol单糖	1 mol多糖能水解成n mol单糖
化学式	$C_6H_{12}O_6$	$C_{12}H_{22}O_{11}$	$(C_6H_{10}O_5)_n$
常见物质	葡萄糖，果糖	蔗糖，麦芽糖	淀粉，纤维素
用 途	葡萄糖是一种营养物质，可用于制造药品、糖果等	可用做甜味剂	淀粉可用于制取葡萄糖和酒精；纤维素可用于制造无烟火药、电影胶片的片基、纸张等

1 mol低聚糖水解时能生成2～10 mol单糖。低聚糖包括双糖、叁糖等，双糖是最重要的低聚糖。

淀粉和纤维素分子是由一定的结构单元$C_6H_{10}O_5$重复连接而成的，化学式用$(C_6H_{10}O_5)_n$表示，它们属于天然高分子化合物。

葡萄糖 葡萄糖（glucose）是一种重要的单糖。葡萄糖存在于葡萄和其他有甜味的水果里。正常人的血液里约含0.1%（质量分数）的葡萄糖，血糖指的就是血液里含有的葡萄糖。

葡萄糖的化学式为$C_6H_{12}O_6$，结构式为：



结构简式为$CH_2OH(CHOH)_4CHO$。

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

观察·思考

葡萄糖的性质

在试管中加入2 mL 5% NaOH溶液，滴加2% $CuSO_4$溶液4～5滴，混匀［制得的物质称为新制$Cu(OH)_2$悬浊液］，立即加入2 mL 10%葡萄糖溶液，在酒精灯上加热，观察发生的现象。

思考

葡萄糖的这一性质有什么实际用途？

葡萄糖与新制$Cu(OH)_2$悬浊液反应，生成物之一是砖红色沉淀——氧化亚铜(Cu_2O)。这一反应可用于尿糖的检测。

葡萄糖在人体组织中发生缓慢氧化，为生命活动提供能量。

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$

淀粉 淀粉（starch）是绿色植物光合作用的产物，主要存在于植物的种子或块根里，其中谷类含淀粉较多。淀粉在酸或酶的催化作用下，可以逐步水解，最终生成葡萄糖，葡萄糖再被氧化成二氧化碳和水。在以上变化过程中，人体可得到相应的能量。

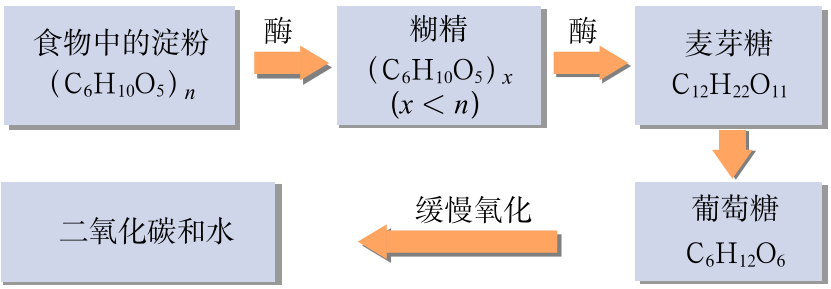


图3-3-12 淀粉在人体中的变化

粮食	淀粉含量（质量分数）
大米	80%
小麦	70%
马铃薯	20%

纤维素 纤维素（cellulose）属于天然高分子化合物，是构成植物细胞壁的基本成分，一切植物中均含有纤维素。纤维素在一定条件下（如存在纤维素酶时）也能水解而生成葡萄糖，不过，人体内不含纤维素水解所需要的酶，因此纤维素不能直接成为人的营养物质。但是，食物中的纤维素在人体消化过程中有着重要的作用，它能刺激肠道蠕动和分泌消化液，有助于食物的消化和排泄。因此，我们每天必须摄入一定量富含纤维素的新鲜蔬菜。

由于淀粉和纤维素都能在一定条件下水解生成葡萄糖，而葡萄糖在酒化酶的作用下能转化为乙醇，因此工业上利用富含淀粉的农作物为原料酿酒，利用植物秸秆为原料生产酒精。

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

五、蛋白质

联想·质疑

恩格斯说："没有蛋白质就没有生命。"你能理解这句话的含义吗？蛋白质究竟是一种什么样的物质？

蛋白质（protein）是生命存在的一种形式。蛋白质广泛存在于生物体内，是组成细胞的基础物质。动物的肌肉、皮肤、毛发等的主要成分都是蛋白质。在人体中，蛋白质约占人体除水分外剩余物质质量的一半。



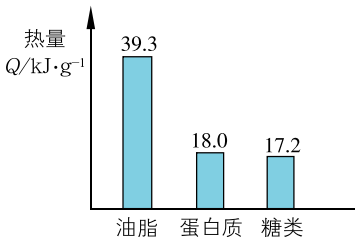
图 3-3-13 常见的富含蛋白质的食物

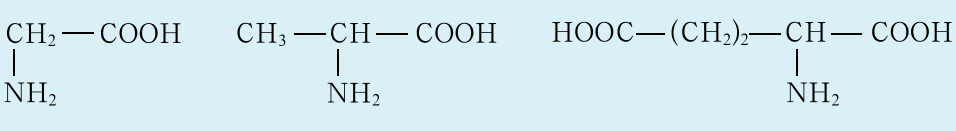
蛋白质是一种对健康至关重要的营养物质。它可以调节电解质平衡，是抗体生成所必需的物质，还是提供人体活动所需能量的物质之一。人体每天必须摄取一定量的蛋白质。鱼、肉、蛋、奶等含蛋白质丰富的动物性食物是补充蛋白质的首选食物；某些植物性食物如大豆制品和谷类食物，也能提供丰富的蛋白质。

蛋白质是一类结构非常复杂、相对分子质量很大（几万到几千万）的有机化合物，由碳、氢、氧、氮、硫等元素组成。蛋白质属于天然有机高分子化合物。

人体从食物中摄取的蛋白质在胃、肠等消化器官中受蛋白酶的作用水解生成各种氨基酸（amino acid）。这些氨基酸被人体吸收后，在一定条件下反应重新结合成人体所需要的各种蛋白质。甘氨酸、丙氨酸、谷氨酸是三种重要的氨基酸，它们的结构简式分别为：

1 g油脂、糖类、蛋白质完全氧化生成二氧化碳和水时放出的热量比较。





山东出版
SHANDONG PUBLISHING

观察·思考

蛋白质的性质

【实验1】向盛有1 mL $(NH_4)_2SO_4$ 饱和溶液的试管里缓慢加入几滴鸡蛋清溶液，观察发生的现象；然后再向试管中加入蒸馏水，继续观察发生的现象。

【实验2】在三支试管中各加入3mL鸡蛋清溶液，加热第一支试管，向第二支试管里加入 $CuSO_4$ 溶液，向第三支试管里加入乙醇的水溶液，观察发生的现象。再向三支试管里分别加入蒸馏水，与【实验1】进行对比。

【实验3】向盛有3 mL鸡蛋清溶液的试管里滴入几滴浓硝酸，观察发生的现象。

【实验4】蘸取少量鸡蛋清或取一根头发，放在酒精灯上灼烧，闻气味。

实验记录

实 验	实验现象	结 论
1		
2		
3		
4		

思考

蛋白质具有哪些性质？

少量的盐（如硫酸铵）能促进蛋白质的溶解，但如果向蛋白质溶液中加入浓的盐溶液，反而会使蛋白质的溶解度降低而使其从溶液中析出，这样析出的蛋白质在继续加水时仍能溶解，并不影响原来蛋白质的生理活性。

在紫外线照射、加热，或加入有机化合物、酸、碱、重金属盐（如铜盐、铅盐、汞盐等）的情况下，蛋白质会发生性质上的改变而聚沉。这种聚沉是不可逆的，使蛋白质失去生理活性不能再恢复成为原来的蛋白质。高温消毒灭菌就是用加热的方法，使蛋白质凝固从而导致细菌死亡。进入人体的重金属盐能使蛋白质聚沉，所以会使人中毒。

蛋白质可以与许多试剂发生显色反应，如有些蛋白质与浓硝酸作用时呈黄色。此外，蛋白质被灼烧时，会产生特殊的气味。

迁移·应用

我们知道，引起疾病的细菌、病毒等也是由蛋白质组成的。医院里常用高温蒸煮、紫外线照射、喷洒消毒剂、在伤口处涂抹医用酒精等方法来消毒、杀菌，这样做的根据是什么？为什么生物实验室里常用甲醛（HCHO）溶液（俗称福尔马林）保存动物标本？

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

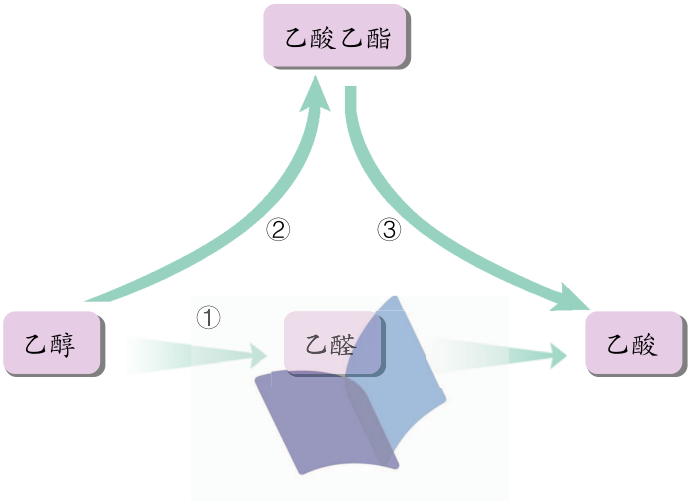
蛋白质在人类的生产和生活中有着广泛的用途。例如，动物的毛和蚕丝的成分都是蛋白质，它们是重要的天然纺织原料；动物的皮经加工后可制成柔软坚韧的皮革；动物的骨、皮和蹄经过熬制提取的蛋白质可做黏合剂，用驴皮熬制成的胶——阿胶是一种优良的中药材。

概括·整合

1. 对下列饮食中的有机化合物进行简单小结。

物　质	结构简式或化学式	主要性质	重要应用
乙　醇			
乙　酸			
乙酸乙酯			
油　脂	—		
葡萄糖			
淀　粉			
蛋白质	—		

2. 分析下图所示的转化关系，写出①、②、③各步转化的化学方程式。



山东出版
SHANDONG PUBLISHING

练习与活动

1．现有四种试剂：① 新制 $Cu(OH)_2$ 悬浊液，② 浓硝酸，③ $AgNO_3$ 溶液，④ 碘水。为了鉴别下列四瓶无色溶液，请你选择合适的试剂，将其序号填入相应的括号中。

（1）葡萄糖溶液（　　）　　（2）淀粉溶液（　　）

（3）食盐溶液（　　）　　（4）鸡蛋清溶液（　　）

2．下列关于蛋白质的叙述中，正确的是（　　）。

A．向蛋白质溶液里加入饱和 $(NH_4)_2SO_4$ 溶液，蛋白质析出，再加水也不溶解

B．向豆浆中加入少量石膏，能使豆浆凝结为豆腐

C．鸡蛋清溶液加热时能发生聚沉

D．蛋白质水解能得到氨基酸

3．将下列物质与对应的分子式（或结构简式）用线连起来。

葡萄糖	$(C_6H_{10}O_5)_n$
乙酸乙酯	CH_3COOH
淀粉	$C_{12}H_{22}O_{11}$
乙酸	$CH_3COOCH_2CH_3$
蔗糖	$C_6H_{12}O_6$

4．化学式为 C_2H_6O 的化合物 A 具有如下性质：

$$A + Na \longrightarrow \text{慢慢产生气泡}$$

$$A + CH_3COOH \xrightarrow[\triangle]{\text{浓硫酸}} \text{有香味的产物}$$

（1）写出 A 的结构简式：_____。

（2）含 A 的体积分数为 75% 的水溶液可以用做 _____。

（3）A 与金属钠反应的化学方程式为 _____。

（4）化合物 A 和 CH_3COOH 反应生成的有香味的产物的结构简式为 _____。

5．血红蛋白是一种含铁元素的蛋白质，经测定其中铁的质量分数为0.34%。若其分子中只有一个铁原子，则血红蛋白分子的相对分子质量是多少？

6．动手实践：取一根洁净、红亮的铜丝，前端绕成螺旋状，点着酒精灯，先使螺旋部位在酒精灯外焰灼烧，然后慢慢移向内焰，迅速取出。你观察到了哪些现象？如何解释？写出有关变化的化学方程式。上述实验对你了解如何使用酒精灯有什么启示？

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

第 4 节　塑料　橡胶　纤维

人类的生产和生活离不开各种各样的材料。你已学习过的非金属材料和金属材料统称无机材料；相对于无机材料，材料家族中还有一大类非常重要的材料——有机高分子材料。有机高分子材料按来源可分为天然高分子材料和合成高分子材料。例如，棉花和麻（主要成分是纤维素）、羊毛和蚕丝（主要成分是蛋白质）、天然橡胶（主要成分是聚异戊二烯）等属于天然高分子材料，而塑料、合成橡胶、合成纤维等属于合成高分子材料。

联想 · 质疑

在日常生活中，你一定接触过许多塑料、合成橡胶和合成纤维制品。你能举例说明吗？它们是用什么原料制造的？它们具有哪些优于天然材料的性能？



图 3–4–1　多种多样的塑料、橡胶和纤维制品



图 3–4–2　人造高分子血管

一、有机高分子化合物

你已学习过的甲烷、乙醇、乙酸、油脂、葡萄糖等有机化合物的相对分子质量都比较小，很少上千，通常把它们称为低分子化合物，简称小分子；相反，淀粉、蛋白质、聚乙烯等有机化合物的相对分子质量从几万到几百万，核蛋白的相对分子质量甚至高达几千万，通常把它们称为**有机高分子化合物**（organic polymer），简称**高分子或聚合物**。

1. 有机高分子化合物的结构特点

有机高分子化合物虽然相对分子质量很大，但是它们的结构并不复杂，通常是由简单的结构单元重复连接而成的。例如，聚乙烯 $\{CH_2-CH_2\}_n$ 是由结构单元 $-CH_2-CH_2-$ 重复连接而成的，聚氯乙烯 $\{CH_2-\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}}\}_n$ 是由结构单元 $-CH_2-\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}}-$ 重复连接而成的，其中的 n 表示结构单元重复的次数。

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

知识点击

高分子的线型结构和体型结构

高分子中的结构单元连接成长链，这就是通常所说的高分子的线型结构。具有线型结构的高分子，可以不带支链，也可以带支链。当多条高分子链缠绕在一起时，它们之间以分子间作用力紧密结合，使高分子材料的强度大大增强。高分子化合物的相对分子质量越大，分子间的相互作用就越强。

高分子链上如果有能起反应的原子或原子团，当这些原子或原子团发生反应时，高分子链之间将形成化学键，产生一定的交联形成网状结构，这就是高分子的体型结构。

2. 有机高分子化合物的基本性质

观察·思考

有机高分子化合物的基本性质

【实验1】 切下一小块橡胶塞或乳胶管放入试管中，加入适量汽油，塞好试管口，放置一段时间，观察其变化。

【实验2】 取一小块聚乙烯塑料碎片，用酒精灯缓缓加热、点燃，观察变化的全过程。

实验记录

实　验	实验现象	结　论
1		
2		

思考

有机高分子化合物具有哪些基本性质？为什么会具有这些性质？

有机高分子化合物通常难溶于水，即使在适当的有机溶剂中它溶解得也很缓慢，或者只有一定程度的溶胀。有些有机高分子化合物（如聚乙烯）具有热塑性，即当加热时它会变软、流动，受冷时又硬化，可反复加热、受冷再造；而有些有机高分子化合物（如酚醛塑料，即电木）则具有热固性，即受热时不会变软，只能被彻底裂解，因此不能通过加热、受冷反复再造。高分子化合物中的原子间是以共价键结合的，因此它们一般不导电，是很好的绝缘材料。有机高分子化合物的组成元素主要是碳和氢，它们往往不耐高温，易燃烧。



图 3-4-3　正在燃烧的聚乙烯塑料

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

二、塑料

联想·质疑

现在，人们在日常生活中经常与塑料打交道，工农业生产和国防建设也大量使用塑料。那么，究竟什么是塑料？它们是怎样制成的？

塑料（plastics）的主要成分是被称为合成树脂的有机高分子化合物。例如，聚乙烯就是生产聚乙烯塑料的合成树脂。在塑料的组成中，除了合成树脂外，还有根据需要加入的具有某些特定用途的添加剂，如能提高塑造性能的增塑剂、防止塑料老化的防老剂等。各种原料经压制、挤压或抽丝等成型加工处理，便可得到塑料制品。

聚乙烯是当今世界上产量最大的塑料产品。聚乙烯是以石油化工产品——乙烯为原料，在适宜的温度、压强和引发剂存在的条件下发生反应而制得的。反应时，乙烯分子中碳碳双键中的一个键断裂，分子间通过碳原子彼此加成相互结合，聚合成很长的碳链，生成聚乙烯。

$$CH_2{=}CH_2 + CH_2{=}CH_2 + CH_2{=}CH_2 + \cdots \xrightarrow{\text{引发剂}}$$
$$\cdots - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - \cdots$$

这个反应也可以用下式表示：

$$n CH_2{=}CH_2 \xrightarrow{\text{引发剂}} \left[CH_2 - CH_2 \right]_n$$

聚乙烯

像这样由相对分子质量小的化合物生成相对分子质量很大的有机高分子化合物的反应，叫做**聚合反应**（polymerization）。像乙烯生成聚乙烯这样的聚合反应也叫做**加成聚合反应**，简称**加聚反应**（addition polymerization）。

化学与技术

塑料生产与引发剂

在塑料生产中，除了使用催化剂外，还常用到引发剂。引发剂是一种易分解成自由基活性中心的化合物。德国化学家齐格勒(K.Zigeler)经过数十年的不懈努力，发现乙烯能在常压下以四氯化钛($TiCl_4$)、三乙基铝[$Al(C_2H_5)_3$]为引发剂聚合成性能优越的聚乙烯，结束了只有在$1\times10^5\sim2\times10^5$ kPa的压力下才能合成聚乙烯的历史，并于1955年建立了世界上第一个低压合成聚乙烯的工厂。在齐格勒所做工作的启发下，意大利米兰工业大学教授纳塔(G.Natta)做了进一步的改进，成功地以廉价的丙烯($CH_3-CH=CH_2$)为原料制得结晶度高、耐温150℃的聚丙烯。齐格勒和纳塔的工作，开创了塑料工业发展的黄金时代，他们两人共同于1963年获得诺贝尔化学奖。



图3-4-4 塑料制品

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

聚乙烯塑料无臭、无毒；具有优良的耐低温性能，最低使用温度可达 −100℃；化学稳定性好，能耐大多数酸、碱的侵蚀；常温下不溶于一般溶剂，吸水性小；电绝缘性能优良。

聚乙烯塑料品种很多、应用广泛，主要有：薄膜（低密度聚乙烯，有良好的透明度和一定的抗拉强度），用于各种食品、医药、衣物、化肥等的包装；中空制品（高密度聚乙烯，强度较高），用于塑制各种瓶、桶、罐、槽等容器；管板材（高密度聚乙烯），用于铺设地下管道和做建筑材料；纤维（线型低密度聚乙烯），用于生产渔网绳索；包覆材料，用做包覆电缆、电线的绝缘材料。



图3-4-5 用聚乙烯制成的化学仪器

生产塑料的合成树脂种类很多，除聚乙烯外，还有聚氯乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚四氟乙烯等。

迁移·应用

氯乙烯（$CH_2=CHCl$）、苯乙烯（）、四氟乙烯（$CF_2=CF_2$）在引发剂作用下经过聚合反应所得聚合物都是重要的合成树脂。

（1）为什么它们和乙烯一样，也能发生加聚反应？

（2）查阅资料并举例说明它们的主要应用。

聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚四氟乙烯等是分别通过以下加聚反应制得的。

氯乙烯的聚合：

$$n\,CH_2=\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}} \xrightarrow{\text{引发剂}} \left[CH_2-\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}}\right]_n$$

聚氯乙烯

苯乙烯的聚合：

$$n\,CH_2=\underset{\displaystyle C_6H_5}{\underset{|}{CH}} \xrightarrow{\text{引发剂}} \left[CH_2-\underset{\displaystyle C_6H_5}{\underset{|}{CH}}\right]_n$$

聚苯乙烯

四氟乙烯的聚合：

$$n\,CF_2=CF_2 \xrightarrow{\text{引发剂}} \left[CF_2-CF_2\right]_n$$

聚四氟乙烯

塑料工业的发展，极大地提高了人们的生活质量，但是这些结构稳定、难以分解的塑料废弃物的急剧增加也带来了严重的环境问题。全世界每年产生数千万吨的废旧塑料，它们聚集在海洋里、地面上和土壤中，造成白色污染。漂浮于海面的塑料垃圾，或是被海生

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

动物误认为海蜇吞食造成生态失衡，或是缠绕在海轮的螺旋桨上造成海难事故。被填埋的塑料垃圾，经久不烂，会破坏土壤结构，降低土壤肥力，污染地下水。焚烧废弃塑料尤其是焚烧含氯塑料，会严重污染大气。

身边的化学

塑料王与工程塑料 ABS

聚四氟乙烯几乎不受任何化学试剂的腐蚀，不吸潮，不燃烧，对氧气和紫外线稳定，有良好的电学性能和耐辐射性能。综合这些优点，聚四氟乙烯被誉为“塑料王”。它具有耐热、耐寒的非黏性，常用于制造滑雪场及滑雪运动器材。

工程塑料 ABS 是由丙烯腈、丁二烯和苯乙烯三种原料共聚而成的，它具有优良的抗冲击性、抗拉强度、绝缘性及加工性能，广泛应用于汽车工业。



图 3-4-6 全塑汽车

塑料的回收利用与可降解塑料

为了保护人类的生存环境，人们开始着手利用废弃塑料，使它们成为有用的资源：① 回收用做材料。例如，回收聚乙烯塑料制成再生薄膜，用做非食品包装袋。② 热解成单体。例如，废旧有机玻璃热解得到单体，重新聚合为成品。③ 制成燃油和燃气。难以分解的塑料在催化剂存在时，热解成柴油、煤油、汽油或气态烃和氢气等燃料。

令人注目的是，21 世纪将制造出对人类环境友好的可降解塑料，如以纤维素和淀粉为原料制成的微生物降解塑料、以乙烯和一氧化碳为原料制成的聚乙烯光降解塑料等。

三、橡胶

交流 · 研讨

结合你已有的知识和生活常识与同学们讨论：

1. 橡胶的特性是什么？由此决定着它有哪些用途？
2. 根据来源和组成不同，常用的橡胶有哪几种？

构成橡胶的高分子链在无外力作用时呈卷曲状，而且有柔性，受外力时可伸直，但取消外力后又可恢复原状，因此橡胶是具有高弹性的高分子化合物。

根据来源和组成不同，橡胶可分为天然橡胶和合成橡胶。通过分析发现，天然橡胶的化学成分是聚异戊二烯，其结构简式为$+CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}=CH-CH_2+_n$。根据其结构特点，人们模拟合成出一系列合成橡胶。

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

顺丁橡胶($\left[\mathrm{CH_2}\diagdown\!\!\diagup\mathrm{CH_2}\right]_n$ 即 $\left[\mathrm{CH_2-CH=CH-CH_2}\right]_n$)是化学家们最早模拟天然橡胶制得的合成橡胶，也是当前发展十分迅速的一种通用橡胶，广泛用于制造轮胎、耐寒制品及胶鞋、胶布、海绵胶等。

除顺丁橡胶外，丁苯橡胶、氯丁橡胶及一些特种橡胶（如有机硅橡胶）都是合成橡胶。合成橡胶往往具有高弹性、绝缘性以及耐油、耐酸碱、耐高温或低温等特性，因此具有广泛的应用。

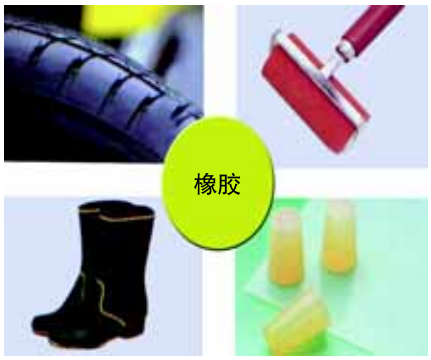


图 3-4-7 各种橡胶制品

表3-4-1 几种通用橡胶的性能和用途

名 称	主要性能	主要用途
天然橡胶	高弹性、机械强度好、电绝缘性好、不耐酸碱腐蚀	汽车轮胎、医用手套、胶布、胶鞋、橡皮筏
丁苯橡胶	高弹性、耐老化、耐腐蚀、黏结性稍差、电绝缘性好	汽车轮胎、电绝缘材料、胶管、胶鞋
氯丁橡胶	高弹性、耐油、耐老化、耐氧化、耐酸碱腐蚀	化工厂的管道、垫圈
特种合成橡胶（有机硅橡胶）	高弹性、耐高温和低温、耐氧化、电绝缘性好	航空和电器工业中的垫圈、薄膜、胶管

四、纤维

随着人类生活质量的提高，棉花、羊毛、蚕丝等天然纤维在质量、品种和数量上已不能满足人们的需要。为此，化学家们经过长期的研究开发，将不能用于纺织的纤维加工成黏胶纤维或醋酸纤维。黏胶纤维和醋酸纤维等称为人造纤维。20 世纪后半叶，随着石油化工和煤化工的发展，人们又以天然气、石油化工产品、煤化工产品为原料制成相应的有机小分子化合物，再经聚合反应制成合成纤维（synthetic fiber）。人造纤维和合成纤维统称化学纤维。

20 世纪 50 年代是合成纤维迅速发展的时期。在这一时期，制造聚丙烯腈的工艺研制成功：用石油裂解气中的丙烯制得丙烯腈（$\mathrm{CH_2=CH-CN}$），再由丙烯腈聚合得到聚丙烯腈纤维（$\left[\mathrm{CH_2-\underset{\displaystyle CN}{\underset{|}{CH}}}\right]_n$）。聚丙烯腈纤维的商品名称为腈纶。它的性能极似羊毛，蓬松卷曲而柔软，保暖性比天然羊毛高 15%；弹性很好，伸长 20%时回弹率保持在 65%；耐日晒雨淋。用它制成的毛线和毛毯，手感与天然羊毛的几乎一样。

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

现在，世界上腈纶的年产量已超过1 000万吨，相当于10亿只羊的产毛量，可以说“羊毛不只出在羊身上”。



图 3–4–8 用人造丝制成的热气球



图 3–4–9 腈纶制品



图 3–4–10 聚酰胺长丝

在合成纤维大家族里，腈纶、涤纶、锦纶、维尼纶等都具有比天然纤维和人造纤维更优异的性能，它们除了能织成各种鲜艳夺目的衣料供人们穿着外，在生产中和国防上也有很广泛的用途，如可以用它们来制作降落伞、防弹衣、太空服等。

表3–4–2 几种合成纤维的性能和用途

名 称	性 能	用 途
聚酰胺（锦纶，尼龙–6）	耐磨、强度高、耐光、耐碱、有弹性、不耐酸腐蚀	衣料、绳索、渔网、降落伞、轮胎帘子线
聚酯（涤纶）	抗皱保型、强度高、耐酸腐蚀、耐磨、吸湿性差	衣料、室内装修材料、电绝缘材料、绳索、渔网、轮胎帘子线
聚丙烯腈	弹性高、保暖性好、耐光、耐酸而不耐碱腐蚀	衣料（仿毛）、毛毯、幕布、工业用布
聚乙烯醇缩甲醛（维尼纶）	柔软、吸湿性好、耐磨、耐腐蚀、保暖、不耐热	衣料（仿棉）、桌布、窗帘、包装袋、滤布、炮衣

概括·整合

1．举例说明塑料、合成橡胶和合成纤维各有哪些特殊的性能及用途。

2．非金属材料、金属材料、有机高分子材料和复合材料构成了丰富多彩的材料世界。请将有关材料的知识进行归纳总结，并用简图将材料的分类及各类材料间的关系表示出来。

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

练习与活动

1．下列物质中，一定不是天然高分子化合物的是（　　）。

A．橡胶　　B．蛋白质　　C．腈纶　　D．纤维素

2．喷水溶液法是科学家近期研制出的一种使沙漠变绿洲的新技术。它是先在沙漠中喷洒一定量的聚丙烯酸酯（$\left[CH_2-\underset{\underset{COOR}{|}}{CH}\right]_n$）“水溶液”，“水溶液”中的高分子化合物与沙土粒子结合，在地表下30～50 cm处形成一个厚0.5 cm的隔水层，既能阻止地下的盐分上升，又有拦截蓄积雨水的作用。下列对聚丙烯酸酯的说法中，不正确的是（　　）。

A．合成它的小分子化合物是CH_3-CH_2-COOR

B．它可由$CH_2=CH-COOR$经过加成聚合反应而得到

C．在一定条件下能发生水解反应

D．在一定条件下能发生加成反应

3．将下列物质及其对应的化学式与结构单元用线连起来。

物质	结构简式	结构单元
聚乙烯	$\left[CH_2-\underset{\underset{Cl}{|}}{CH}\right]_n$	$-CH_2-CH_2-$
聚氯乙烯	$\left[CH_2-CH_2\right]_n$	$-CH_2-\underset{\underset{Cl}{|}}{CH}-$
聚丙烯	$\left[\underset{\underset{F}{|}}{\overset{\overset{F}{|}}{C}}-\underset{\underset{F}{|}}{\overset{\overset{F}{|}}{C}}\right]_n$	$-CH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-$
聚四氟乙烯	$\left[CH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}\right]_n$	$-\overset{\overset{F}{|}}{\underset{\underset{F}{|}}{C}}-\overset{\overset{F}{|}}{\underset{\underset{F}{|}}{C}}-$

4．动手实践：

（1）向一支大试管（20 mL）里放入废塑料碎片如聚乙烯、聚丙烯等，再放入一些镁条做裂化剂。

（2）用导气管与具支试管连接，实验装置如下图所示。

山东出版 SHANDONG PUBLISHING



第4题图

（3）用酒精灯缓慢加热大试管，塑料片先熔化而后沸腾。

（4）白色气体进入具支试管，有部分气体液化，另一部分从支管口排出。

（5）用火点燃排出的气体，观察火焰。

（6）停止加热并冷却后，将具支试管中的液体倒在蒸发皿中，点燃观察。

（7）上述实验的实际意义是什么？

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

本章自我评价

1．工业上合成氨的原料之一为氢气，其来源之一是利用石油气的有关成分如丙烷（C_3H_8）制取。以下途径，假设反应都能进行，则从经济效益考虑最合理的反应是（　　）。

A．$C_3H_8 \xrightarrow{\text{极高温}} 3C + 4H_2$

B．$C_3H_8 \xrightarrow{\text{高温}} C_3H_6 + H_2$

C．$C_3H_8 + 6H_2O \xrightarrow{\text{高温}} 3CO_2 + 10H_2$

D．$2H_2O \xlongequal{\text{通电}} 2H_2\uparrow + O_2\uparrow$

2．下面列举的是某化合物的组成和性质，以此说明该物质肯定是有机化合物的是（　　）。

A．仅由碳、氢两种元素组成

B．仅由碳、氢、氧三种元素组成

C．在氧气中燃烧只生成二氧化碳

D．熔点低而且难溶于水

3．酯类物质广泛存在于香蕉、梨等水果中。某实验小组先从梨中分离出一种酯，然后将分离出的酯水解，得到了乙酸和另一种化学式为 $C_6H_{13}OH$ 的物质。对于此过程，以下分析中不正确的是（　　）。

A．$C_6H_{13}OH$分子含有羟基

B．$C_6H_{13}OH$可与金属钠发生反应

C．实验小组分离出的酯可表示为$CH_3COOC_6H_{13}$

D．不需要催化剂，这种酯在水中加热即可大量水解

4．将等质量的四块铜片在酒精灯上加热后，分别插入下列溶液中，放置片刻后铜片质量与加热前相同的是（　　）。

A．硝酸　　B．乙醇　　C．石灰水　　D．盐酸

5．某物质在酸性条件下可以发生水解反应生成两种物质A、B，且A和B的相对分子质量相等，该物质可能是（　　）。

A．甲酸乙酯（$HCOOC_2H_5$）　　B．乙酸乙酯（$CH_3COOC_2H_5$）

C．葡萄糖（$C_6H_{12}O_6$）　　D．淀粉［$(C_6H_{10}O_5)_n$］

6．生活中的一些问题常常涉及到化学知识。下列叙述中，正确的是（　　）。

A．糯米中的淀粉一经水解，就酿成了酒

B．将米饭在嘴中咀嚼越嚼越甜

C．棉花和合成纤维的主要成分均为纤维素

D．未成熟的苹果遇碘水会变蓝

7．市场上有一种加酶洗衣粉，它是在洗衣粉中加入少量的碱与蛋白酶制成的。蛋白酶的催化活性很强，衣物的汗渍、血迹及人体排放的蛋白质、油渍遇到它，都能水解而除去。下列衣料中，不能用加酶洗衣粉洗涤的是（　　）。

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

① 棉织品　② 毛织品　③ 腈纶织品　④ 丝织品

A．①　　B．②③　　C．①③　　D．②④

8．体育比赛中当运动员肌肉挫伤或扭伤时，队医随即对准运动员的受伤部位喷射药剂——氯乙烷（沸点为12.27℃），进行局部冷冻麻醉应急处理。

（1）制取氯乙烷（$CH_3—CH_2Cl$）的最好的方法是（　　）。

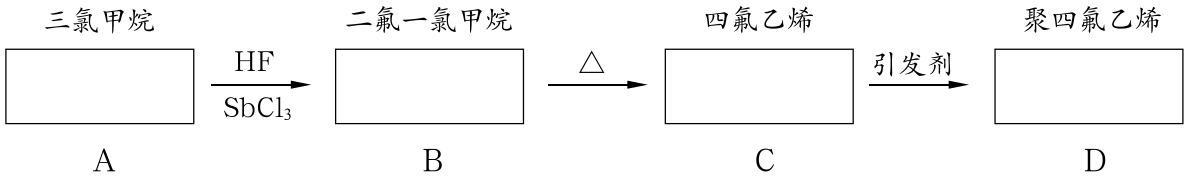
A．乙烷与氯气发生取代反应　　B．乙烯与氯气发生加成反应

C．甲烷与氯气发生取代反应　　D．乙烯与氯化氢发生加成反应

（2）写出所选反应的化学方程式。

（3）决定氯乙烷能用于冷冻麻醉应急处理的理由是 _____。

9．聚四氟乙烯的耐热性和化学稳定性超过其他塑料，被称为“塑料王”。按照下面所示的合成路线，试在方框中填写合适的化合物的结构简式。



写出下列反应的化学方程式。

B⟶C _____

C⟶D _____

10．某烃在常温下为液体，常用做油漆的溶剂。为测定该烃的分子式，将0.1 mol该烃在氧气中完全燃烧，得到的二氧化碳在标准状况下体积为13.44 L，得到的水的质量为5.4 g，请通过计算写出该烃的分子式。若该烃不能使溴的四氯化碳溶液和酸性$KMnO_4$溶液退色，试推测该烃的名称并写出其结构简式。

11．近年来，乳酸成为研究热点之一。乳酸可以用化学方法合成，也可以由淀粉通过发酵法制备。利用乳酸（$CH_3—\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}—COOH$）为原料制成的高分子材料具有生物兼容性，而且在哺乳动物体内或自然环境中都可以最终降解成为二氧化碳和水。乳酸还有许多其他用途。

（1）乳酸能与纯铁粉反应制备一种药物，配平以下反应的化学方程式：

$$CH_3—\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}—COOH + Fe \longrightarrow \underset{\text{乳酸亚铁}}{(CH_3—\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}—COO)_2Fe} + H_2\uparrow$$

反应中_____是氧化剂，_____是还原剂；产物乳酸亚铁可以治疗的疾病是 _____。

（2）乳酸聚合成的纤维非常适合做手术缝合线，其原因是 _____。

（3）利用乳酸合成高分子材料，对环境有什么重要意义？试从自然界物质循环的角度加以解释。

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

附　录

1. 各章节中的主要术语与物质名称

术语或物质名称	英文	章	节	页
质子	proton	1	1	2
中子	neutron	1	1	2
质量数	mass number	1	1	3
元素	element	1	1	4
核素	nuclide	1	1	4
同位素	isotope	1	1	5
原子序数	atomic number	1	2	11
元素周期律	periodic law of the elements	1	2	13
周期	period	1	2	14
族	group	1	2	14
化学键	chemical bond	2	1	32
共价键	covalent bond	2	1	33
离子键	ionic bond	2	1	35
离子化合物	ionic compound	2	1	35
共价化合物	covalent compound	2	1	35
化学反应速率	chemical reaction rate	2	2	40
可逆反应	reversible reaction	2	2	43
化学平衡	chemical equilibrium	2	2	44
有机化合物	organic compound	3	1	58
甲烷	methane	3	1	58
取代反应	substitution reaction	3	1	60
烃（碳氢化合物）	hydrocarbon	3	1	61
烷烃	alkane	3	1	62
同分异构现象	isomerism	3	1	63
同分异构体	isomer	3	1	63
石油	petroleum	3	2	66
煤	coal	3	2	66
分馏	fractional distillation	3	2	67
裂化	cracking	3	2	67
裂解	pyrolysis	3	2	67

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

术语或物质名称	英文	章	节	页
乙烯	ethene	3	2	68
加成反应	addition reaction	3	2	69
干馏	dry distillation	3	2	70
苯	benzene	3	2	71
乙醇	ethanol	3	3	76
羟基	hydroxyl	3	3	76
乙酸	acetic acid	3	3	78
羧基	carboxyl	3	3	79
乙酸乙酯	ethyl acetate	3	3	80
酯化反应	esterification reaction	3	3	80
酯	ester	3	3	81
油脂	oils and fats	3	3	82
糖类	carbohydrate	3	3	83
葡萄糖	glucose	3	3	83
淀粉	starch	3	3	84
纤维素	cellulose	3	3	84
蛋白质	protein	3	3	85
氨基酸	amino acid	3	3	85
有机高分子化合物	organic polymer	3	4	89
塑料	plastics	3	4	91
聚合反应	polymerization	3	4	91
加聚反应	addition polymerization	3	4	91
合成纤维	synthetic fiber	3	4	94

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

2. 本册教材中主要的实验内容

观察·思考

	章	节	页
预测金属钾的性质	1	3	23
温度对化学平衡的影响	2	2	44
甲烷的化学性质	3	1	59
乙烯的性质	3	2	68
苯能与酸性 $KMnO_4$ 溶液或溴水反应吗	3	2	72
乙酸与乙醇的反应	3	3	80
* 葡萄糖的性质	3	3	84
* 蛋白质的性质	3	3	86
有机高分子化合物的基本性质	3	4	90

活动·探究

* 第 3 周期元素原子得失电子能力的比较	1	3	20
* 感受化学反应中的能量变化	2	1	36
* 认识化学反应的快慢	2	2	41
氯气的制取	2	3	48
* 原电池的工作原理	2	3	50
* 乙醇的一些化学性质	3	3	77
* 乙酸的酸性	3	3	79
乙酸乙酯的水解	3	3	81

（上述带 * 的实验应尽可能由学生分组完成）

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

3. 常见元素中英文名称对照表

元素符号	中文名称（拼音）	英文名称	元素符号	中文名称（拼音）	英文名称
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(lǜ)	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)	sulfur
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			

山东出版
SHANDONG PUBLISHING

元 素 周 期 表

原子序数 — 92 U — 元素符号，红色指放射性元素
元素名称注＊的是人造元素 — 铀
5f³6d¹7s² — 价电子排布，括号指可能的电子排布
238.0 — 相对原子质量（加括号的数据为该放射性元素半衰期最长同位素的质量数）

非金属　金　属　过渡元素

周期＼族	I A 1	II A 2	III B 3	IV B 4	V B 5	VI B 6	VII B 7	VIII 8	VIII 9	VIII 10	I B 11	II B 12	III A 13	IV A 14	V A 15	VI A 16	VII A 17	0 18	电子层	0族电子数
1	1 H 氢 1s¹ 1.008																	2 He 氦 1s² 4.003	K	2
2	3 Li 锂 2s¹ 6.941	4 Be 铍 2s² 9.012											5 B 硼 2s²2p¹ 10.81	6 C 碳 2s²2p² 12.01	7 N 氮 2s²2p³ 14.01	8 O 氧 2s²2p⁴ 16.00	9 F 氟 2s²2p⁵ 19.00	10 Ne 氖 2s²2p⁶ 20.18	L K	8 2
3	11 Na 钠 3s¹ 22.99	12 Mg 镁 3s² 24.31											13 Al 铝 3s²3p¹ 26.98	14 Si 硅 3s²3p² 28.09	15 P 磷 3s²3p³ 30.97	16 S 硫 3s²3p⁴ 32.06	17 Cl 氯 3s²3p⁵ 35.45	18 Ar 氩 3s²3p⁶ 39.95	M L K	8 8 2
4	19 K 钾 4s¹ 39.10	20 Ca 钙 4s² 40.08	21 Sc 钪 3d¹4s² 44.96	22 Ti 钛 3d²4s² 47.87	23 V 钒 3d³4s² 50.94	24 Cr 铬 3d⁵4s¹ 52.00	25 Mn 锰 3d⁵4s² 54.94	26 Fe 铁 3d⁶4s² 55.85	27 Co 钴 3d⁷4s² 58.93	28 Ni 镍 3d⁸4s² 58.69	29 Cu 铜 3d¹⁰4s¹ 63.55	30 Zn 锌 3d¹⁰4s² 65.41	31 Ga 镓 4s²4p¹ 69.72	32 Ge 锗 4s²4p² 72.64	33 As 砷 4s²4p³ 74.92	34 Se 硒 4s²4p⁴ 78.96	35 Br 溴 4s²4p⁵ 79.90	36 Kr 氪 4s²4p⁶ 83.80	N M L K	8 18 8 2
5	37 Rb 铷 5s¹ 85.47	38 Sr 锶 5s² 87.62	39 Y 钇 4d¹5s² 88.91	40 Zr 锆 4d²5s² 91.22	41 Nb 铌 4d⁴5s¹ 92.91	42 Mo 钼 4d⁵5s¹ 95.94	43 Tc 锝 4d⁵5s² 〔98〕	44 Ru 钌 4d⁷5s¹ 101.1	45 Rh 铑 4d⁸5s¹ 102.9	46 Pd 钯 4d¹⁰ 106.4	47 Ag 银 4d¹⁰5s¹ 107.9	48 Cd 镉 4d¹⁰5s² 112.4	49 In 铟 5s²5p¹ 114.8	50 Sn 锡 5s²5p² 118.7	51 Sb 锑 5s²5p³ 121.8	52 Te 碲 5s²5p⁴ 127.6	53 I 碘 5s²5p⁵ 126.9	54 Xe 氙 5s²5p⁶ 131.3	O N M L K	8 18 18 8 2
6	55 Cs 铯 6s¹ 132.9	56 Ba 钡 6s² 137.3	57~71 La~Lu 镧 系	72 Hf 铪 5d²6s² 178.5	73 Ta 钽 5d³6s² 180.9	74 W 钨 5d⁴6s² 183.8	75 Re 铼 5d⁵6s² 186.2	76 Os 锇 5d⁶6s² 190.2	77 Ir 铱 5d⁷6s² 192.2	78 Pt 铂 5d⁹6s¹ 195.1	79 Au 金 5d¹⁰6s¹ 197.0	80 Hg 汞 5d¹⁰6s² 200.6	81 Tl 铊 6s²6p¹ 204.4	82 Pb 铅 6s²6p² 207.2	83 Bi 铋 6s²6p³ 209.0	84 Po 钋 6s²6p⁴ 〔209〕	85 At 砹 6s²6p⁵ 〔210〕	86 Rn 氡 6s²6p⁶ 〔222〕	P O N M L K	8 18 32 18 8 2
7	87 Fr 钫 7s¹ 〔223〕	88 Ra 镭 7s² 〔226〕	89~103 Ac~Lr 锕 系	104 Rf 𨧀 * (6d²7s²) 〔261〕	105 Db 𨨏 * (6d³7s²) 〔262〕	106 Sg 𨭆 * 〔266〕	107 Bh 𨨈 * 〔264〕	108 Hs 𨨫 * 〔277〕	109 Mt 鿏 * 〔268〕	110 Uun * 〔281〕	111 Uuu * 〔272〕	112 Uub * 〔285〕								

镧系	57 La 镧 5d¹6s² 138.9	58 Ce 铈 4f¹5d¹6s² 140.1	59 Pr 镨 4f³6s² 140.9	60 Nd 钕 4f⁴6s² 144.2	61 Pm 钷 4f⁵6s² 〔145〕	62 Sm 钐 4f⁶6s² 150.4	63 Eu 铕 4f⁷6s² 152.0	64 Gd 钆 4f⁷5d¹6s² 157.3	65 Tb 铽 4f⁹6s² 158.9	66 Dy 镝 4f¹⁰6s² 162.5	67 Ho 钬 4f¹¹6s² 164.9	68 Er 铒 4f¹²6s² 167.3	69 Tm 铥 4f¹³6s² 168.9	70 Yb 镱 4f¹⁴6s² 173.0	71 Lu 镥 4f¹⁴5d¹6s² 175.0
锕系	89 Ac 锕 6d¹7s² 〔227〕	90 Th 钍 6d²7s² 232.0	91 Pa 镤 5f²6d¹7s² 231.0	92 U 铀 5f³6d¹7s² 238.0	93 Np 镎 5f⁴6d¹7s² 〔237〕	94 Pu 钚 5f⁶7s² 〔244〕	95 Am 镅 * 5f⁷7s² 〔243〕	96 Cm 锔 * 5f⁷6d¹7s² 〔247〕	97 Bk 锫 * 5f⁹7s² 〔247〕	98 Cf 锎 * 5f¹⁰7s² 〔251〕	99 Es 锿 * 5f¹¹7s² 〔252〕	100 Fm 镄 * 5f¹²7s² 〔257〕	101 Md 钔 * (5f¹³7s²) 〔258〕	102 No 锘 * (5f¹⁴7s²) 〔259〕	103 Lr 铹 * (5f¹⁴6d¹7s²) 〔262〕

注：相对原子质量录自2001年国际原子量表，并全部取4位有效数字。

山东出版 SHANDONG PUBLISHING

后　记

“新世纪”普通高中化学课程标准实验教科书是教育部审定通过的实验教材，共8册，分别对应高中化学的8个模块，供高中学段的学生使用。

这套教材由北京师范大学国家基础教育课程标准实验教材总编委会组织编写。参加编写的人员有国家基础教育化学课程标准研制组负责人及核心成员、著名高校化学学科专家、著名重点中学的特级教师和中青年骨干教师，以及经验丰富的化学教学研究人员。全套教材由普通高中化学课程标准研制组负责人、北京师范大学王磊教授，北京师范大学陈光巨教授任主编，中国科学院资深院士、北京大学徐光宪教授任总顾问。本册教材主编为王磊教授，参加编写的有：王磊、刘宗寅、王美文、支瑶、吴琼、阎梦醒、相红英、宋万琚、王建成。

这套教材的编写坚持以《基础教育课程改革指导纲要》的精神为指导，认真贯彻《普通高中化学课程标准（实验稿）》的要求，充分体现普通高中化学各课程模块的功能定位和风格特点，综合反映学生发展、社会发展和学科发展对普通高中化学教材在基础性、时代性、选择性方面的要求，遵循科学教育的规律，倡导积极主动的多样化学习方式和科学有效的学习策略，培养学生的创新精神和实践能力，在义务教育的基础上为进一步提高学生的科学素养构建新的发展平台。

这套教材的编写得到了教育部基础教育司、基础教育课程发展中心的关心和指导。北京大学严宣申、高盘良等教授，清华大学薛芳渝教授，首都师范大学曹居东教授，北京师范大学刘知新、朱文祥、王明召、李和、尹冬冬、李宗和、张文朴、刘克文等教授，以及王秀忠、卢巍、齐红涛、赵河林、胡久华、乔宣、张小平等老师，参与了教材的讨论和修改，付出了艰辛的劳动。刘强和范晓琼在资料收集和整理方面做了大量的工作。山东科学技术出版社对这套教材的出版极为重视，在人力、物力等方面给予了大力支持。在此，向所有关心和支持这套教材编写、出版、发行的单位和同志致以诚挚的谢意！

这套教材中的部分图片引自有关图书资料，特向这些图片的制作者和有关图书的出版者表示感谢；因多种原因事先无法与有些图片的制作者和出版者联系，特向他们表示歉意。

经过实验区使用后，我们在广泛征询实验区老师意见和建议的基础上，对教材进行了认真修改。参加本次修订的有王磊、刘宗寅、胡久华、支瑶、严宣申、赵河林、齐红涛、王秀忠、张福涛、宋万琚、洪志文。宋万琚、魏锐、陈英杰、范晓琼对教材中的实验进行了复证。在教材的使用过程中，许多老师和教学研究人员通过各种方式对教材提出了宝贵意见和修改建议，在此一并表示衷心的感谢。

由于时间仓促，书中难免有疏漏之处，恳请广大师生和教学研究人员提出宝贵意见，以便使其不断完善。

北师大“新世纪”普通高中化学课程标准实验教科书编写组

2007年5月

山东出版
SHANDONG PUBLISHING