

前言

QIAN YAN

有位大学校长曾说过：“我们教育学生就象猎人学打猎一样，要教会他们如何使用猎枪，而不是老让他们带‘干粮’”。教学的根本目的是让学生掌握知识，将知识转化为一种工具，并最终运用这个工具去解决实际问题。如果说“熟练使用猎枪”是猎人生存的基本保证，那么“灵活运用知识”一定是学习成功的必然要求。

修订后的《课程标准》和《考试说明》要求，教学应以教会学生如何学、学会如何为主要任务，高考以考查学生能力为目标。提高素质，训练能力是新世纪人才培养的基本要求。

“学案”即是以“学”为主的学习辅导方案。它的科学之处在于以学生为本，充分调动学生的学习积极性，发挥学生的主体作用，全面培养学生的兴趣，挖掘学生的学习潜能。让学生在主动研究、思考和探索的情境中学习，使学生能准确理解和牢固掌握理论知识，并最终形成灵活运用知识的能力。

《高中同步测控优化设计》系列丛书以其独到的设计理念、对新教材的准确把握和高效实用的性能受到广大师生的厚爱，品牌地位已经确立。策编人员与时俱进，开拓创新，经过共同努力，新版丛书又将呈现出更高的品位和全新的面貌。新版《高中同步测控优化设计》丛书，以“学案”式理论为指导，推广和实施科学、高效的最新学习辅导方略。学习的关键是学生如何学，“教会学生如何学、如何用”是教学的最终要求，也是本丛书策划设计的基本点。

本次修订有以下创新：第一、对原“学习目标”栏目进行改造，由过去对大纲要求的简单陈述，改之以问题的方式设置一些思考性、探索性、实用性的课前问题。第二、“知识梳理”要求将要点内容以框架形式列出，对其重要概念、规律和方法设计成填空或填表，由学生在预习课本，复习教材的基础上完成。第三、根据各学科特点，分别增设“问题探索”、“研究性学习”、“导学诱思”、“自学导引”、“创新训练”、“语篇领悟”、“提纲优化”、“要点扫描”、“学后反思”等自学性、研究性、开放性栏目。

本次修订凸显以下特色：

吸引新成果 创设新模型 传统教辅模式存在“重教轻学”的弊端，栏目设置往往忽视对学生的积极性的培养，缺乏学习方法的研究与指导。本次修订力求保留成熟而稳定的“优化设计”特色，在广泛听取读者建议，吸纳最新教研成果的基础上，成功地将“学案”式教辅理论用于指导丛书的策划和设计，旨在为广大师生提供一套实用、创新、科学和高效的教学辅导精品。

尊重学习规律 精心设置梯度 本丛书力求遵照同步教学的客观规律，在体例设置、内容安排、方法应用、训练考查等方面都充分考虑学生的实际，由浅入深，循序渐进，逐步提高，并适度、战略性地把握高考动向和要求，在同步教学中逐步渗透高考意识。

着眼教学实际 力求科学实用 本丛书紧密结合新教材实际，内容设计、章节划分均符合教学使用习惯，充分体现“同步”意义。各科均增加了课后或章后训练习题，并严格控制各种试题的难度和深度，力求更大程度地满足不同层次学生的训练需求。同时，“1+1”（《学生用书》+《教师用书》）设计模式，为广大教师的课堂教学及课后辅导都提供了有益的参考和帮助。



本书为高一化学上册。本书以节为编写单位,设置以下主要栏目:

[问题探索]以设问方式提出一些源于课本,又不拘于教材范围的开放性、运用性和现实性问题。引导学生学习,启发学生思考,通过问题培养自主探索,学用结合的能力。

[导学诱思]系统梳理知识框架,突出知识体系的网络化。将知识要点或重要规律设计成填空或表格,由学生在预习课本的基础上,归纳完成。旨在训练学生主动、自觉学习的良好习惯。

[热点透视]提炼学习与考试中常见的重点、难点及热点问题,并引导学生展开分析思辨。力争对问题抓得住,讲得清,最终突破难点、扫清障碍,把握热点。

[典例剖析]精选典型例题,展示实际应用,点拨思路,讲清方法,给出规范解答。旨在扩充变式,适度延伸,举一反三,学会应用。

[素能培养]紧扣教材内容,精编适量习题,落实基础,培养技能。实现由知识层次向能力层次的逐步转变。

[阅读思考]精选科技、生产、生活中的学科知识和现象,展示理论应用水平。激发学生的学习兴趣,拓展视野。

全体策编人员殷切期待广大读者对丛书提出宝贵意见。无边的学海仍然警示着我们,只有不懈努力,才会不断前进。

编者

2002年7月

绪言 化学——人类进步的关键	001
第一章 化学反应及其能量变化	009
第一节 氧化还原反应	009
第二节 离子反应	014
第三节 化学反应中的能量变化	020
学生实验一 化学实验基本操作(一)	024
学生实验二 化学实验基本操作(二)	026
单元总结	028
第二章 碱金属	033
第一节 钠	033
第二节 钠的化合物	038
第三节 碱金属元素	045
学生实验三 碱金属及其化合物的性质	050
单元总结	054
第三章 物质的量	058
第一节 物质的量	058
第二节 气体摩尔体积	064
第三节 物质的量浓度	070
学生实验四 配制一定物质的量浓度的溶液	078
单元总结	080
第四章 卤素	084
第一节 氯气	084
第二节 卤族元素	090
第三节 物质的量应用于化学方程式的计算	096
学生实验五 氯、溴、碘的性质 氯离子的检验	102
单元总结	107
参考答案	110

绪言 化学——人类进步的关键

问题探索

1. 化学的发展经历了哪几个时期？请列举一些不同时期的重大发现或重要技术。

2. 我国历代主要化学成就有哪些？请列举之。

3. 如何理解“化学——人类进步的关键”这句话？

4. 在高中为什么要继续学习化学？

5. 学习化学的一般方法是什么？

导学诱思

一、化学发展简史

1. 化学研究的对象是_____。

2. 化学发展的阶段

实用技术→近代化学→现代化学

(1)_____是近代化学发展的里程碑。

(2)物质世界的一项根本性的规律是_____。

(3)观察原子图像和动态化学变化的仪器是_____。

通过_____实验可详细研究化学反应的微观机理。

3. 我国在化学发展史上的成就

(1)我国在实用技术方面的成就主要有_____、_____、_____、_____等。

(2)在医学巨著_____中,记载了许多的化学鉴定的试验方法。

(3)1965年,我国科学工作者在世界上第一次用化学方法合成了具有生物活性的蛋白质是_____。

1981年,我国科学工作者又在世界上首次用人工方法合成了一种具有与天然分子相同化学结构和完整生物活性的_____。

思考:(1)了解化学发展简史,对你学习化学有何帮助？

(2)为什么传统中国科学技术比西方进步,但现代科学却不出自中国？

二、化学材料

1. 涵义:材料是为_____。

2. 分类:

(1)按化学组成可分为_____材料、_____材料、_____材料。

(2)按使用功能可分为复合材料、结构材料、高功能材料、信息材料等。

思考:为什么说材料是社会发展和人类进步的一种标志？

三、化学与社会(STS)

1. 化学与社会的主要问题有_____、_____、_____等。

2. 化学对社会发展的重要性。

思考:当前,化学与社会的能源、环境、健康等方面存在哪些热点问题?你比较感兴趣的问题是什么？

四、学习化学的方法

1. 重视化学实验、打牢“双基”。

2. 重视训练科学方法,培养科学态度。

3. 联系实际,关注社会,善于思考。

4. 加强自学,勇于实践,敢于创造。

思考:在学习初中化学时,你采用了哪些方法?这些方法是否科学高效?请在与老师、同学交流的基础上评价之。

热点透视

一、化学发展简史大事记

约50万年前 “北京人”已知用火

公元前8千年至6千年 中国已开始陶器制作

公元前2千年左右 中国已会铸铜

公元前十世纪 埃及已会制作玻璃

公元前六世纪左右 中国发明生铁冶炼技术

公元前四世纪 古希腊的德谟克利特提出朴素的“原子论”

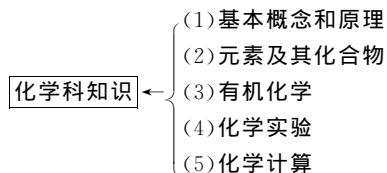
公元前二世纪 西汉已会胆水炼铜(湿法冶金)

社会生活中的化学有(如图):



四、中学化学学科知识结构和能力结构

1. 知识结构



(1)基本概念和原理主要包括:

物质的组成、性质、变化;

化学量及化学用语;

物质结构和元素周期律;

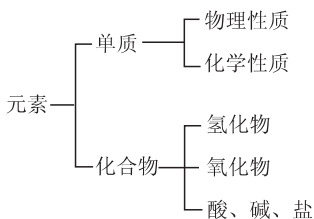
化学反应速率和化学平衡;

电解质溶液。

(2)元素及其化合物主要包括:

金属部分——碱金属、镁铝、铁铜等。

非金属部分——氢、卤素、氧族、氮族、碳族等。



(3)有机化学主要包括:

烃——饱和烃、不饱和烃、芳香烃等。

烃的衍生物——醇、酚、醛、酮、羧酸、酯、卤代烃、硝基化合物、糖类、氨基酸、蛋白质等。

有机材料——天然有机高分子材料、合成材料、新型材料等。

(4)化学实验主要包括:

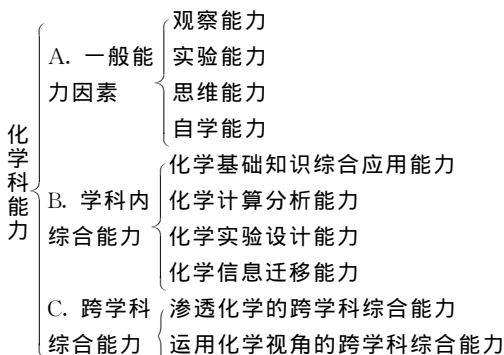
常用仪器的使用与用途;化学实验基本操作;气体的实验室制法;物质的分离、提纯和鉴别;化学实验的记录方法和基本实验的设计等。

(5)化学计算主要包括:

基本计算——常用量的计算、化学式的计算、溶液的计算、化学方程式的计算等。

综合计算——两种或两种以上基本计算的综合应用。

2. 能力结构



(1)观察能力测试要点

能够通过对实验现象、实物、模型、图形、图表、自然界、生产、生活中的化学现象的观察,获取有关的感性知识和印象,并对这些感性知识进行初步加工和记忆。

①化学实验现象的观察——由此获得化学抽象概念,如化学原理的实验分析。

②实物及其模型观察——由此思考实物结构特征,如化学物质结构分析。

③化学图形图表的审视——由此捕捉化学隐含信息,如化学规律的函数分析。

④化学自然现象的观察——由此把握自然现象内涵,如自然现象的实验分析。

⑤化学生产现象的观察——由此理解化学技术价值,如生产原理的观察分析。

(2)实验能力测试要点

①用正确的化学实验基本操作,完成规定的“学生实验”能力;

②观察记录实验现象,分析和处理实验结果和数据得出正确结论的能力;

③初步处理实验过程中有关安全问题的能力;

④能识别和绘制典型的实验仪器装置图的能力;

⑤根据实验试题的要求,设计简单实验方案的能力。

(3)思维能力测试要点

- ①对中学化学知识融会贯通的能力；
- ②解析实际问题(包括对化学微观结构的三维想象),调用(分解、迁移、转换、重组)相关知识予以解决的能力；
- ③处理信息并总结成规律,并用以推理、想象的创造能力；
- ④选择解决问题最佳方案的评价能力；
- ⑤化学问题数学处理的创造能力。

思维品质的层次有：

①思维的严密性(逻辑性、深刻性、精确性和科学性)和流畅性(敏捷性)

②思维的整体性(广阔性、有序性和综合性)

③思维的创造性(变通性、独特性)

(4)自学能力测试要点

①敏捷地接受试题所给出的新信息的能力；

②将试题所给的新信息,跟课内已学过的有关知识结合起来,解决问题的能力；

③在分析评价的基础上,应用新信息的能力。

在四种能力中观察是入门,实验是手段,思维是核心,自学是方式,这样,往往一个试题可以测试多种能力或是一种能力中的多个层次。

五、学习化学的方法

1. 重视化学实验

(1)认真做好分组实验、家庭实验,认真观察实验现象,获取感性知识,培养观察能力。

(2)积极主动大胆做一些探索性实验,学会通过实验解决实际问题的方法,培养实验的探索能力。

(3)注意做思结合。

2. 重视科学思维方法的训练

方法可以推动科学。知识固然重要,但随着时代的发展,将会被更新甚至淘汰,而科学的思维方法,对人将是终生的。要学会学习、学会思考、学会生存,就要重视科学思维方法的训练。

化学研究中常用的科学方法有实验法、模型法、逻辑法等。

3. 重视化学与社会、生产生活实际的联系

只有把学习的知识运用于实践中,才能学以致用,才能提高自己分析问题、解决问题的实践能力。

4. 要善于发现和提出问题

提出问题是解决问题的前提,从某种意义上讲,比解决问题更重要。考试是解决别人解决的问题,不利于创新能力的培养。要使自己有所创造,就要善于发现、提出问题,并寻找途径解决问题。

5. 要多阅读一些课外书籍

通过阅读课外书籍来丰富自己的知识、拓宽视野、激发灵感,提高自己的自学阅读能力。要多读书、勤读书、读好书。阅读学习的内容应以书本知识为主转向学好书本知识、打下基础,并以书本知识为载体,用以研究实际问题,提高实践能力;应从以单学科知识的学习为主,延伸到以单学科知识为基础,注意学科间知识的相互渗透,从中发现问题,培养创新意识和综合能力。

典例剖析

[例1]下列广告语在科学上没有错误的是 ()

- A. 这种饮料中不含任何化学物质
- B. 这种口服液含丰富的氮、磷、锌等微量元素

C. 这种“神奇液体”加入水中,可以“以水代油”作发动机的燃料

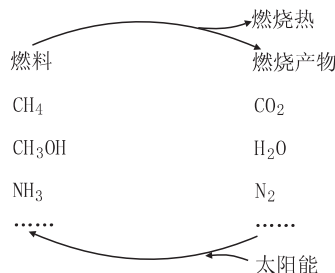
D. 没有水就没有生命

解析:在市面一些广告中,出现了一些违背化学基本常识的语言。这说明了某些广告制作人的化学知识贫乏,他们误导了广大消费者。对于这些错误,中学生应该能作出判断。A项,饮料中“不含任何化学物质”,这显然与常识相悖,水就是物质。该广告原意可能想说,不含任何人工合成的化学制品。B项,没有注意到口服液中所含 N、P、Zn 虽然其含量不高,但是它们并不属于微量元素,且题述中“丰富”与“微量”相悖。C项中,是社会上曾出现过的喧嚣一时的科学技术,曾被多家全国性大报吹捧为“迟一天推广,就是对人类多一天犯罪”的“以水代油”,“以水代油”至今尚有人为之摇旗呐喊。D项是正确的,“没有水就没有生命”,这个宣传口号是警示人们要节约水资源。没有水就没有细胞,无法进行生化反应,没有植物,当然也就没有动物,没有生命。

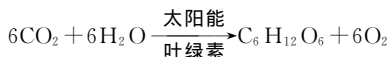
答案:D

点评:本题的命题意图就是让同学们注意、关注“化学与社会”的关系,显示化学科学与社会的广泛联系,进而体味学习化学的必要性,否则,在今后的学习、工作、生活中就可能犯题述中的一些错误,可能上当受骗成为愚者。同时,本题联系“以水代油”来设问,让同学们参与对伪科学的揭露与批判,将学过的知识与社会密切联系在一起,并通过这种科学“打假”,来增长辨别是非的能力。本题也提醒同学们,在今后的生活中多注意、多观察、多思考身边的现象,善于思辨,善于反思,提升自己的“防伪”能力。

[例2]为缓解能源危机,能源专家构想出了利用太阳能促使燃料循环的构想图:



当前,科学家还未实现这一构想。但大自然已解决了这个问题,绿色植物的光合作用就是在日光作用下,利用太阳能把 CO_2 和 H_2O 转变成了能源葡萄糖(可燃烧):



(1)如上述构想成立,试写出有关反应的化学方程式。

(2)实现上述构想的关键问题是什么?

解析:能源问题是化学与社会中的重要一项。太阳能是一种巨大、无污染、洁净、安全,同时也是最经济的自然资源。太阳的中心温度高达 $4 \times 10^7^\circ\text{C}$,在其内部,持续发生着使氢转变为氦的聚合反应。太阳向宇宙太空发出的总能量约为 $36 \times 10^{25} \text{ W/S}$,这个能量大的惊人,可在 1 min 内蒸干地球上所有的海洋和江湖。

光合作用几乎是地球上惟一能利用光能把无机物合成为贮能有机物的作用。能源问题中太阳能的开发利用中关键问题是如何使某些物质吸收光能,而这必须使用特殊材料作“载

体”，故“人工叶绿素”就成为当前能源科学家研究开发的热点。

例如： $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{H}_2\text{O}$ ，利用太阳能，可将 H_2O
 $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{光能}} 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ 变回 H_2 和 O_2 。

日本科学家曾利用铀和氧化钛制得一种粉状“人工叶绿素”，放入水中，再加入少量切碎的绿色植物，再以阳光照射，使源源不断地产生了 H_2 。

答案：(1) $2\text{CO}_2 \xrightarrow{\text{太阳能}} 2\text{CO} + \text{O}_2$

$2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{太阳能}} 2\text{H}_2 + \text{O}_2$

$\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{太阳能}} \text{CH}_4 + 2\text{O}_2$

$2\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{太阳能}} 2\text{CH}_3\text{OH} + 3\text{O}_2$

$2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{太阳能}} 4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2$

……

(2)问题的关键是如何使燃烧产物吸收太阳能，故需要研制新型高效吸收材料(人工叶绿素)。即能源问题转变成成为材料问题。

点评：化学与社会发展、人类进步的关系十分密切。本题意在对教材内容中的“图5”具体化、有形化，帮助学生从具体个案中理解西博格教授所讲“化学——人类进步的关键”这句话。同时，本题亦能引发学生学习化学的兴趣，提供探索世界的动力。

[例3]绿色化学是当今社会人们提出的一个新概念，它可以诠释为环境友好化学。其核心内涵是在反应过程中和化工生产中，尽量减少或彻底消除使用和产生有害物质。这就是说，绿色化学的着眼点是使污染消灭在生产的源头，从根本上消除污染。实现零排放。

1995年，美国总统克林顿首次设立“总统绿色化学挑战奖”，目的是鼓励、促进化学家们设计、改进化学产品和化工生产过程，使其对环境更加友好，企业经济效益得到更大的提高。因此，美国斯坦福大学 Barry Trost 教授提出了绿色化学下的原子经济的概念。最理想的原子经济是全部反应物的原子嵌入期望的最终产物中，不产生任何废弃物，这时的原子经济百分数便是 100%。计算公式为：

$$\text{原子经济}\% = \frac{\text{目标产品的质量}}{\text{生成物总质量}} \times 100\%$$

根据上述材料回答下列有关问题。

(1)下面叙述错误的是_____

- A. 绿色化学和环境化学都是研究环境保护和治理的
- B. 绿色化学不是被动的治理环境，而是主动地防止环境污染
- C. 绿色化学保护了环境，而且也能给有关企业带来巨大的经济利益

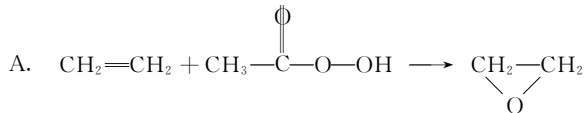
(2)绿色化学是“预防污染”的根本手段，针对“吸烟”而言，下列活动属于实施绿色化学活动的是_____。

- A. 处理废弃物——烟灰、烟蒂
- B. 治理污染点——通风、排除烟雾
- C. 减少有毒物——使用过滤嘴、低焦油烟
- D. 杜绝污染物——禁烟、戒烟

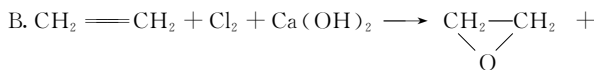
(3)根据材料所提供的信息，下列制备环氧乙烷(一种重要有

机溶剂、反应式中 CH_2-CH_2 是环氧乙烷)的反应虽未

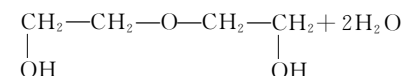
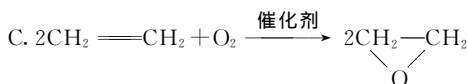
学习过，但可以判断其原子经济百分数的高低。在以下四个反应中，原子经济百分数是 100% 的是_____



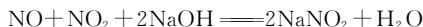
+ CH_3COOH



$\text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$



(4)硝酸工厂排出的尾气中含有少量 NO 和 NO_2 气体，如果直接排放会形成酸雨、破坏臭氧层等危害。工厂里常采用 NaOH 溶液吸收它们，使其转化为指定化工产品 NaNO_2 (亚硝酸钠)。反应方程式为：



这一处理方法是否符合绿色化学概念？其原子经济百分数是多少？

解析：化学在保证和提高人类生活质量、保护自然环境以及增强化学工业的竞争力方面起着关键作用。化学科学的研究成果和化学知识的广泛应用，创造了无数新产品进入每一个普通家庭的生活，使我们衣食住行各个方面都受益匪浅。但另一方面，随着化学品的大量生产与应用，给人类原本和谐的生态环境带来了灾难。这种情况引起了越来越多的人的关注。美国环保局率先在官方文件中正式采用“绿色化学”这个名词，以突出化学对环境的友好，并与 1995 年 10 月 30 日设立“总统绿色化学挑战奖”这项在化学化工领域内惟一的总统奖，以表彰在该领域中有重大突破和成就的个人与单位。上述原因，使得“绿色化学”这个名称广为传播。目前全世界比较发达的国家的许多行业都以浓厚的兴趣大力研究绿色化学课题。

本题意在向同学们传递相关这方面的信息，进而了解之。

(1)绿色化学是一种理念，不同于环境化学。环境化学是一门研究污染物的分布、存在形式、运行、迁移及其对环境影响的科学。绿色化学的最大特点在于它是始端就采用实现污染预防的科学手段，因而过程和终端均为零排放或零污染，并主张在通过化学转换获取新物质的过程中充分利用每个原子，具有“原子经济性”，因此，绿色化学既能够充分利用资源，又能够实现防止污染。

本小题 A 项叙述是错误的。

(2)结合(1)中所述，绿色化学在始端就采用污染预防，故针对“吸烟”而言，禁烟、戒烟等杜绝污染物活动属于之。

本小题答案选“D”。

- A. 建在干旱山区可以帮助农民脱贫致富
B. 企业有权自主选择基地
C. 不宜建在居民区附近
D. 应建在水源丰富和交通便利的上风口

- 16. 下列哪些物品无论在水中、土壤中还是空气中都长久不能分解或被腐蚀 ()
A. 纸张 B. 塑料 C. 布匹 D. 食品
- 17. 废电池污染已引起人们的广泛重视。废电池中对环境形成污染的主要物质是 ()
A. 锌 B. 铜 C. 汞 D. 石墨
- 18. 为防止水源的污染,最近,政府部门决定对市售洗衣粉的成分加以限制,严禁销售和使用的洗衣粉中主要是因为含有 ()
A. 酶 B. 磷的化合物 C. 碱 D. 香料
- 19. 我国著名化工专家侯德榜在 20 世纪 40 年代所创立的“侯氏制碱法”誉满全球,“侯氏制碱法”中的碱是指 ()
A. NaOH B. Na_2CO_3 C. NaHCO_3 D. K_2CO_3
- 20. 19 世纪中叶,门捷列夫的突出贡献是 ()
A. 提出原子学说 B. 发现元素周期律
C. 提出分子学说 D. 发现氧气

二、简答题

- 21. 没有新材料的出现就没有工业的进步和大量新产品的涌现。回顾 20 世纪,你认为哪些材料的使用和出现改变了我们的生活?
- 22. 铝是地壳中含量最多的金属,用途非常广泛,为什么在人类文明史上先是青铜器时代,后又是铁器时代,而对铝的认识和使用则较晚?
- 23. 目前全球面临哪些环境问题?你知道我国环境保护的三大政策是什么?
- 24. “对真理的追求比对真理的占有更为可贵”,这是爱因斯坦很推崇的一句富有哲理的一句名言。谈谈你对这句话的认识。

三、调研题

- 25. 你知道这些材料的化学成分吗?请调研或查阅资料。

- ①“方便袋”——
②“有机玻璃”——
③“光导纤维”——
④“的确良”——
⑤“轮胎”——
⑥“锂电池”——
⑦“电影胶片”——

- 26. 以科学原理为基础的新技术常常取代旧技术,就像光导纤维

维正在取代电话线,传真取代电报这样自然。科学技术推动了社会的发展。下述的每一项发明在它们的年代都是新技术,哪些旧技术、旧产品被它们取代了?

①蒸汽机,②聚乙烯塑料,③电报,④电灯,⑤圆珠笔。

- 27. 观察煤气灶与液化气灶有何不同?思考二者为什么不能混用?请教技工人员或老师探究原因。
- 28. 最近一项科学家研究报告发现,继“煤烟型”“光化学烟雾型”的空气污染后,现代人正身陷以“室内空气污染”为标志的第三污染时期。请同学们一道调查造成室内污染的原因及消除措施。



阅读思考

阅读材料 1

科学家的幸福与如何学习科学

我们每个人都在寻求自己的幸福之路。1980 年,我在瑞典接受诺贝尔奖时曾说过:我是获得了双重幸福的人。除了诺贝尔奖给我的声誉和名望外,研究工作本身也给了我难以用语言表达的欢乐——新的发现、开创新的事业和进入无人涉足过的新领域,都使我感到无比激动和愉悦。这种巨大的幸福不仅科学家能够得到,从事文学、音乐、艺术甚至商业的创造性工作,也可能获得与之相类似的回报。每一个愿意在已知的知识和经验之外的新领域里冒险的人,都有可能获此殊荣。这种冒险极富挑战性和诱惑力,值得我们为之竭尽全力。

对我来说,这种冒险开始于青年时代上中学的时候。那时,学校拒绝为我与一批非常聪明的学生采用那种不费脑筋的学习方法,我们向老师提出许多范围广泛的问题,但老师很少给予我们直接的回答,而是鼓励我们到有关的书籍中去自己找答案,并且得到的收获比我们预想的还要多。老师还经常教我们通过到图书馆查找资料和做实验的方法寻求答案。进入高等学府后,老师鼓励我们提出超出我们和他们知识和经验以外的问题,思考那些我们找不到答案的事情。此后,我成为课外科学俱乐部的成员,这里要求我通过实验解决某些与自然界有关的问题。开始是重复已经做过的实验,随后就要求我设计新的实验方法来解决我自己提出的难题。这是极富挑战性的。在任何时候,创新性的思维都是最宝贵的。也许正是这些早年的经历,激发了我探索未知世界并找出答案的欲望。

回想那段时间,我认识到:鼓励青年人自己去发现他们追求的答案,不是一种最容易的学习方法,但却是回报最丰厚的学习方法。或许教育能作出最重要的贡献,就是发展学生追求创造性



(保罗·伯格)

思考:本文对你学习最大的启示是什么?

阅读材料 2

怎样才能成为一名科学家

——有的科学家从小就勤奋学习,成绩优秀;但也有许多科

思考：“怎样才能成为一名科学家”？“刻苦学习”是答案吗？
读过本文后，你有何感触？如果你想今后成为一名科学家，现在
你应该如何“规划”自己的前程？



第一章 化学反应及其能量变化

第一节 氧化还原反应

问题探索

1. 初中学习了四种基本类型的反应,你学过的反应是否都能包含在这四种基本类型中?如不能请举例说明。

2. 如何判断一个反应是否是氧化还原反应?化合价的变动跟氧化还原反应有何关系?在一个氧化还原反应中,化合价升高总数与化合价降低总数有何关系?

3. 金属性、非金属性跟氧化性、还原性有何联系?根据 $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$ 这一反应,结合金属活动顺序表,你能分析得出氧化还原反应发生的一般规律吗?

4. 人们对氧化还原反应的认识,由得氧和失氧到化合价升降,最终到电子得失,体现了什么规律?

导学诱思

一、化学反应的类型

1. 四种基本类型的反应

(1) 表解

反应类型	表达式

(2) 这种分类的依据是_____。

2. 氧化还原反应和非氧化还原反应

(1) 表解

	得氧和失氧观	化合价升降观	电子得失观
氧化反应			
还原反应			
氧化还原反应			
氧化与还原关系			

(2) 氧化还原反应的判断依据是_____。

(3) 氧化还原反应的特征是_____。氧化还原反应的本质是_____。

(4) 化合价的变动跟电子转移的关系是_____。

(5) _____就是非氧化还原反应。

氧化与还原反应是同时发生,既对立又统一。

思考:四种基本类型的反应与氧化还原反应有何关系?请用文字表述。

二、氧化还原反应的有关概念

1. 氧化剂:_____。

还原剂:_____。

2. 氧化性:氧化剂具有氧化性,指得电子的性质或能力。

还原性:还原剂具有还原性,指失电子的性质或能力。

3. 被氧化:_____被氧化。

被还原:_____被还原。

4. 氧化产物:_____失电子被氧化后的产物。

还原产物:_____得电子被还原后的产物。

联系:

氧化剂(具有_____)—____电子—被____—发生____反应→____产物

还原剂(具有____性)—____电子—被____—发生____反应→____产物

常见的氧化剂有:(1)非金属单质 Cl_2 、 O_2 、S等;(2)高价金属阳离子 Cu^{2+} 、 Fe^{3+} 等;(3)高价或较高价含氧化合物 MnO_2 、 KMnO_4 、 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 、 HNO_3 、 H_2SO_4 (浓)、 HClO_4 、 HClO_3 、 HClO 等。

常见的还原剂有:(1)活泼或较活泼的金属 K、Na、Mg、Al、Zn、Fe等;(2)低价金属阳离子 Fe^{2+} 等;(3)非金属阴离子: Cl^- 、 Br^- 、 I^- 、 S^{2-} 等;(4)较低价的化合物 CO 、 SO_2 、 H_2SO_3 、 Na_2SO_3 、 NH_3 等;(5) H_2 、C等。

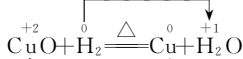
三、氧化还原反应中电子转移的表示方法——“双线桥”法
“双线桥”的含义:

- (1)表示元素化合价的变化过程。
- (2)表示变价过程中的反应类型。(氧化反应或还原反应)
- (3)表示变价过程中的电子转移情况。(写明得电子、失电子)

及电子的数目)以 $\text{CuO} + \text{H}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ 为例说明双线桥的画法。

- (1) 连接反应前后不同价态的同种元素
- (2) 线桥跨越等号。
- (3) 得失电子总数相等。

失去 $2 \times e^-$, 化合价升高, 被氧化



得 $2 \times e^-$, 化合价降低, 被还原

CuO 是氧化剂, H_2 是还原剂。

热点透视

一、关于化合价

化合价是认识氧化还原的前提与基础。

1. 化合价规则

- (1) 在化合物中, 正负化合价的代数和为零
(2) 单质中, 元素的化合价为零

2. 化合价的本质

- ### (1) 化合价的正与负

正价:失去电子或共用电子对偏离

负价:得到电子或共用电子对偏向

(2) 化合价的数值

化合价的数值等于得、失电子(或共用电子对)的数目

- ### (3) 化合价的变动

元素在氧化还原反应中,得到电子,化合价降低;失去电子,化合价升高。

3. 常见元素的化合价

元素	常规价	特殊价
H	+1	-1 (NaH、CaH ₂ 等)
O	-2	-1 (H ₂ O ₂ 、Na ₂ O ₂)
C	+2、+4	-4(CH ₄)、-1(C ₂ H ₂) -2(C ₂ H ₆ O)……
N	-3(NH ₃)、+2(NO)、 +4(NO ₂)、+5(HNO ₃)	-2(N ₂ H ₄)、+1(N ₂ O)、 +3(NaNO ₂)……
Fe	+2、+3	+ $\frac{8}{3}$ (Fe ₃ O ₄)
Cu	+2	+1(Cu ₂ O、Cu ₂ S)
Cl	-1、+1、+3、+5、+7	+4(ClO ₂)
S	-2、+4、+6	-1(FeS ₂)、+2(Na ₂ S ₂ O ₃)

$$\text{Mn}_2 + 4(\text{MnO}_2) + 6(\text{K}_2\text{MnO}_4) + 7(\text{KMnO}_4)$$
$$\text{Cr}_2 + 3[\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3] + 6(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)$$
$$\text{Pb}_2 + 2(\text{PbSO}_4) + 4(\text{PbO}_2)$$
$$\text{NH}_4^{+3}, \text{ClO}_3^{+5}$$

4. 化合价的有关规律

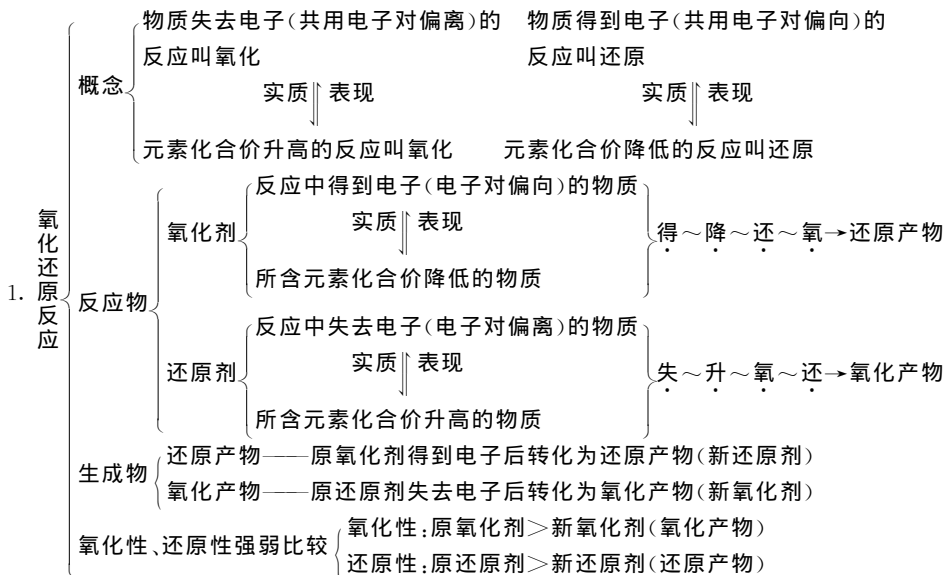
(1)金属元素一般没有负化合价,除零价外,只显正价,因为在反应中只能失去电子。

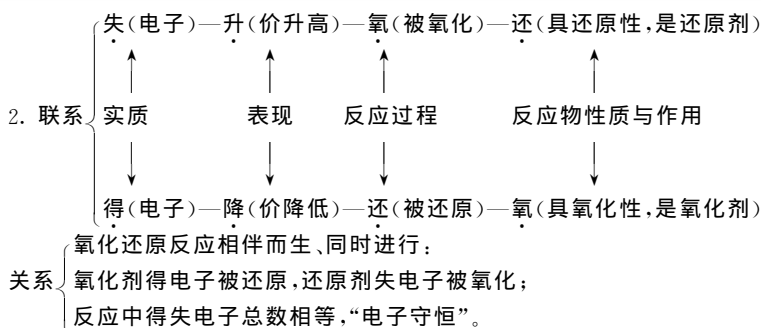
(2) 非金属元素(除氧、氟外)在反应中既可得到电子,亦可失去电子,故既可呈正价,也能显负价。

(3) 氧、氟的非金属性很强, 在反应中一般不失去电子, 故一般没有正化合价。

(4) 显最高化合价的元素, 在反应中只能得电子而不能失电子, 故发生氧化还原反应只能降低。相反, 显最低化合价的元素, 在反应中只能升价。

二、氧化还原反应中的概念与联系



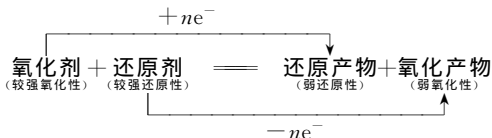


三、氧化还原反应的基本规律及作用

1. 守恒律——化合价有升必有降, 电子有得必有失。对于一个完整的氧化还原反应, 化合价升高总数与降低总数相等, 失电子总数与得电子总数相等。除此之外, 质量和原子个数也都守恒。

作用: 有关氧化还原反应的计算及配平氧化还原方程式。

2. 强弱律——较强氧化性的氧化剂跟较强还原性的还原剂反应, 生成弱还原性的还原产物和弱氧化性的氧化产物。



作用: 在适宜条件下, 用氧化性较强的物质制备氧化性较弱的物质, 或用还原性较强的物质制备还原性较弱的物质。亦可用于比较物质间氧化性或还原性的强弱。

3. 价态律——元素处于最高价, 只有氧化性; 元素处于最低价, 只有还原性; 元素处于中间价态, 既有氧化性又有还原性, 但主要呈现一种性质。

物质若含有多种元素, 其性质是这些元素性质的综合体现。

作用: 判断元素或物质氧化性或还原性的有无或可能, 但非难易。

4. 转化律——氧化还原反应中, 以元素相邻价态间的转化最易; 同种元素不同价态之间若发生反应, 元素的化合价只靠近而不交叉; 同种元素, 相邻价态间不发生氧化还原反应。

作用: 分析判断氧化还原反应中的物质变化及推测变化产物。

5. 难易律——越易失电子的物质, 失电子后就越难得电子, 越易得电子的物质, 得电子后就越难失去电子; 一种氧化剂同时和几种还原剂相遇时, 优先与还原性强的还原剂发生反应。同理, 一种还原剂遇多种氧化剂时, 氧化性最强的氧化剂优先发生反应。

作用: 判断物质的稳定性及反应顺序。

四、氧化性和还原性强弱程度的判断

1. 同种元素的不同价态物质氧化性与还原性强弱的判断

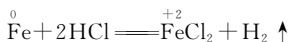
一般说来, 同一种元素从低价态到高价态的氧化性(得电子能力)逐渐增强, 还原性逐渐减弱; 从高价态到低价态的氧化性逐渐减弱, 还原性逐渐增强。

如: 氧化能力 $\text{HClO}^{+1} > \text{Cl}_2^0, \text{FeCl}_3^{+3} > \text{FeCl}_2^{+2}$

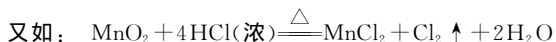
2. 不同物质间氧化性、还原性强弱的判断

① 根据与同一种物质反应的情况判断

如: $2\text{Fe}^0 + 3\text{Cl}_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{FeCl}_3^{+3}$



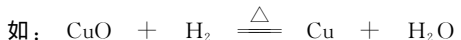
Cl_2 能将 Fe 氧化至 +3 价, 而 HCl 只能将 Fe 氧化为 +2 价, 故氧化能力 $\text{Cl}_2 > \text{HCl}$ 。



同是将浓盐酸氧化为 Cl_2 , MnO_2 必须在加热条件下才能进行, 而 KMnO_4 在常温下即可进行, 说明氧化能力 $\text{KMnO}_4 > \text{MnO}_2$ 。

② 根据同一氧化还原反应判断

要依据反应方程式比较物质还原性(或氧化性)强弱时, 应先在反应物中找出还原剂(或氧化剂), 然后在生成物中找出氧化产物(或还原产物)。结论是, 还原性: 还原剂 $>$ 还原产物(弱还原剂); 氧化性: 氧化剂 $>$ 氧化产物(弱氧化剂)。可将上述规律简化为: 比什么“性”找什么剂, “产物”之“性”小于“剂”, 联合对比自成一序。



氧化剂 还原剂 还原产物 氧化产物

氧化性: $\text{CuO} > \text{H}_2\text{O}$

还原性: $\text{H}_2 > \text{Cu}$

3. 外界条件对某物质氧化性或还原性强弱的影响

(1) 物质的浓度越高, 氧化性或还原性越强。

(2) 温度越高, 氧化性或还原性越强。

(3) 酸性越强, 氧化性越强; 碱性越强, 还原性越强。

4. 活动顺序表

(1) 金属活动顺序表

K Ca Na Mg Al Zn Fe Sn Pb (H) Cu Hg Ag Pt Au

失电子能力减弱, 还原性逐渐减弱

$\text{K}^+ \text{Ca}^{2+} \text{Na}^+ \text{Mg}^{2+} \text{Al}^{3+} \text{Zn}^{2+} \text{Fe}^{2+} \text{H}^+ \text{Cu}^{2+} \text{Fe}^{3+} \text{Ag}^+$

得电子能力增强, 氧化性逐渐增强

(2) 非金属活动顺序

$\text{F}_2 \text{Cl}_2 \text{O}_2 \text{Br}_2 \text{I}_2 \text{S} \text{P} \text{C} \text{Si} \text{H}_2$

得电子能力减弱, 氧化性逐渐减弱

$\text{F}^- \text{Cl}^- \text{Br}^- \text{I}^- \text{S}^{2-}$

失电子能力增强, 还原性逐渐增强

五、氧化还原反应的分析 and 表述

用“双线桥”法表示氧化还原反应中价变及电子得失, 是重要化学语, 必须熟练掌握且使用要规范。

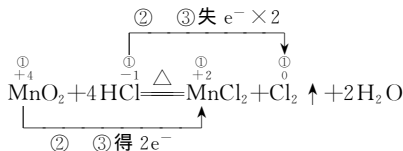
基本要求: (1) 两条线桥均由反应物指向生成物, 箭头和箭尾

均对准同种元素。

(2)线桥上或下要标明电子转移的数目,电子用 e^- 表示,且电子得失数目一定要相等。

基本步骤:

①标价态,②联双线,③注得失,④定本质。如:



④定本质: MnO_2 被还原是氧化剂(有氧化性); $\text{HCl}(\text{Cl}^-)$ 被氧化是还原剂(有还原性); MnCl_2 是还原产物, Cl_2 是氧化产物。在此反应中,氧化性: $\text{MnO}_2 > \text{Cl}_2 > \text{MnCl}_2 > \text{HCl}$;还原性: $\text{HCl} > \text{MnCl}_2 > \text{Cl}_2 > \text{MnO}_2$ 。

典例剖析

[例1]下列反应中,不属于氧化还原反应的是 ()

- A. $3\text{Cl}_2 + 6\text{KOH} \longrightarrow 5\text{KCl} + \text{KClO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
 B. $2\text{NO}_2 + 2\text{NaOH} \longrightarrow \text{NaNO}_3 + \text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 C. $\text{SnCl}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{SnO}_2 + 4\text{HCl}$
 D. $3\text{CCl}_4 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \longrightarrow 2\text{CrO}_2\text{Cl}_2 + 3\text{COCl}_2 + 2\text{KCl}$

解析:判断一个反应是否是氧化还原反应的关键是看在反应前后各元素有无价态的改变,故化合价是分析氧化还原反应的基础。

- A 中 $\overset{0}{\text{Cl}_2} \longrightarrow \overset{-1}{\text{KCl}} \quad \overset{+5}{\text{KClO}_3}$
 B 中 $\overset{+4}{\text{NO}_2} \longrightarrow \overset{+3}{\text{NaNO}_2} \quad \overset{+5}{\text{NaNO}_3}$
 都有价态变化所以是氧化还原反应。
 C 中 $\overset{+4}{\text{SnCl}_4} \longrightarrow \overset{+4}{\text{SnO}_2}$
 D 中 $\overset{+4}{\text{CCl}_4} \longrightarrow \overset{+4}{\text{COCl}_2} \quad \overset{+6}{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} \longrightarrow \overset{+6}{\text{CrO}_2\text{Cl}_2}$
 都没有化合价的改变,故都不是氧化还原反应。

答案:CD

点评:化合价是分析一切氧化还原问题的前提和基础,正确标对元素的化合价是分析正误的关键和突破口。

*[例2]下列叙述中正确的是 ()

- A. 含最高价元素的化合物,一定具有强氧化性
 B. 阳离子只有氧化性,阴离子只有还原性
 C. 失电子越多,还原性越强
 D. 强氧化剂与强还原剂不一定能发生氧化还原反应

解析:本题涉及了有关氧化还原反应的常见易模糊问题。

- A. 最高价只能有氧化性,但不一定有强氧化性,如 NaCl 中的钠元素;B. Fe^{2+} 主要表现还原性, MnO_4^- 却有强氧化性;
 C. 氧化性还原性强弱与得失电子的数目无直接关系,而是指得失电子的难易程度。如 $\text{Na} - e^- \longrightarrow \text{Na}^+$, $\text{Al} - 3e^- \longrightarrow \text{Al}^{3+}$,但还原性 $\text{Na} > \text{Al}$;D. 一般情况下,强氧化剂与强还原剂相遇即可发生氧化还原反应,但若是同种元素之间还必须存在中间价态才能发生反应,如浓 H_2SO_4 (强氧化剂)与 SO_2 (强还原剂)就不能发生反应。

答案:D

点评:氧化还原问题的内涵十分丰富,要学会借助元素化合

物的性质来分析认识氧化还原,这有助于加深对氧化还原的认识,有助于培养思维的广阔性。

(说明:带*号题目为综合性较强或思考容量较大的题目,同学们可视个人情况选做)

[例3](1)已知反应:

- $2\text{FeCl}_3 + 2\text{KI} \longrightarrow 2\text{FeCl}_2 + 2\text{KCl} + \text{I}_2$ ①
 $2\text{FeCl}_2 + \text{Cl}_2 \longrightarrow 2\text{FeCl}_3$ ②
 $\text{I}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HI}$ ③

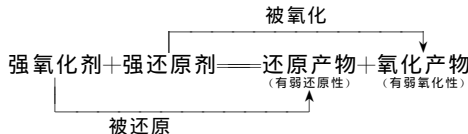
判断下列物质的还原能力由强到弱的顺序是 ()

- A. $\text{I}^- > \text{Fe}^{2+} > \text{Cl}^- > \text{SO}_2$
 B. $\text{Cl}^- > \text{Fe}^{2+} > \text{SO}_2 > \text{I}^-$
 C. $\text{Fe}^{2+} > \text{I}^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_2$
 D. $\text{SO}_2 > \text{I}^- > \text{Fe}^{2+} > \text{Cl}^-$

(2)已知: X_2 、 Y_2 、 Z_2 、 W_2 四种物质的氧化能力 $\text{W}_2 > \text{Z}_2 > \text{X}_2 > \text{Y}_2$,下列氧化还原反应能发生的是 ()

- A. $2\text{NaW} + \text{Z}_2 \longrightarrow 2\text{NaZ} + \text{W}_2$
 B. $2\text{NaX} + \text{Z}_2 \longrightarrow 2\text{NaZ} + \text{X}_2$
 C. $2\text{NaY} + \text{W}_2 \longrightarrow 2\text{NaW} + \text{Y}_2$
 D. $2\text{NaZ} + \text{X}_2 \longrightarrow 2\text{NaX} + \text{Z}_2$

解析:(1)根据氧化还原反应的规律:



氧化剂得电子后的还原产物,具有一定的还原性,但其还原性小于反应物中的还原剂。由此可知,根据反应方程式可以判断还原能力强弱:由反应①可知: $\text{I}^- > \text{Fe}^{2+}$,反应②可知: $\text{Fe}^{2+} > \text{Cl}^-$,反应③可知: $\text{SO}_2 > \text{I}^-$ 。综合可得物质的还原能力: $\text{SO}_2 > \text{I}^- > \text{Fe}^{2+} > \text{Cl}^-$ 。

(2)四种物质的氧化能力 $\text{W}_2 > \text{Z}_2 > \text{X}_2 > \text{Y}_2$,氧化能力强的单质可以氧化其后的阴离子成单质,即 $\text{W}_2 + 2\text{Z}^- \longrightarrow 2\text{W}^- + \text{Z}_2$ 。以此判断 W_2 可氧化 Y^- , Z_2 可氧化 X^- ,所以 B、C 为正确选项。

答案:(1)D (2)BC

点评:“两强变两弱”是氧化还原反应的重要规律,必须牢固掌握并能灵活运用。

素能培养

►1. 氧化还原反应的实质是 ()

- A. 得氧和失氧 B. 化合价的升降
 C. 有无新物质生成 D. 电子的转移

►2. 氧化剂在反应中 ()

- A. 得电子 B. 失电子 C. 被氧化 D. 被还原

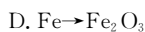
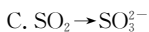
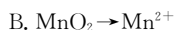
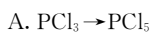
►3. 下列反应一定属于氧化还原反应的是 ()

- A. 化合反应 B. 置换反应
 C. 分解反应 D. 复分解反应

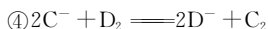
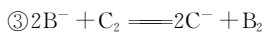
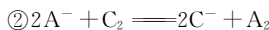
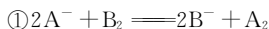
►4. 在反应 $2\text{KMnO}_4 \xrightarrow{\Delta} \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{O}_2 \uparrow$ 中,还原产物是 ()

- A. K_2MnO_4 B. MnO_2 C. O_2 D. KMnO_4

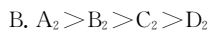
►5. 需加入适当的氧化剂才能实现的反应是 ()



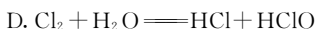
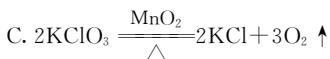
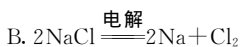
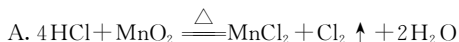
►6. 有下列反应(其中 A、B、C、D 各代表一种元素)



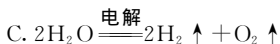
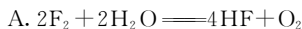
其中氧化性由强到弱的顺序为 …………… ()



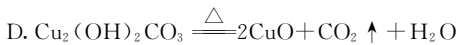
►7. 下列反应中氯元素全部被氧化的是(), 全部被还原的是(), 部分被氧化的是(), 部分被还原的是()。



►8. 下列反应中, 水只作氧化剂的是 …………… ()



►9. 下列反应属于非氧化还原反应的是 …………… ()



►10. 下面有关氧化还原的叙述正确的是 …………… ()

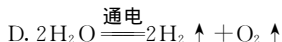
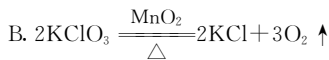
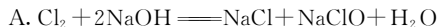
A. 金属单质在反应中只作为还原剂

B. 非金属单质在反应中只作为氧化剂

C. 金属原子失电子越多其还原性越强

D. Cu^{2+} 比 Fe^{2+} 氧化性强, Fe 比 Cu 还原性强

►11. 下列各反应中, 氧化反应与还原反应在同种元素中进行的是 …………… ()



►12. 下列说法正确的是 …………… ()

A. H^+ 的氧化性比 Cu^{2+} 强B. H_2O 既可作氧化剂, 又可作还原剂C. CO_2 既有氧化性又有还原性

D. Fe 只能作还原剂

►13. 下列类型的反应中, 生成物中肯定有单质的是 … ()

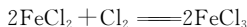
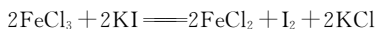
A. 分解反应

B. 复分解反应

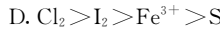
C. 化合反应

D. 置换反应

►14. 已知:



下列粒子中氧化能力由大到小的正确顺序是 …… ()



►15. 单质 X 和 Y 相互反应生成 $\text{X}^{2+} \text{Y}^{2-}$, 现有下列叙述: ① X 被氧化 ② X 是氧化剂 ③ X 具有氧化性 ④ Y^{2-} 是还原产物 ⑤ Y^{2-} 具有还原性 ⑥ X^{2+} 具有氧化性 ⑦ Y 的氧化性比 X^{2+} 氧化性强, 其中正确的是 …………… ()

A. ①②③④

B. ①④⑤⑥⑦

C. ②③④

D. ①③④⑤

►16. 下列有关氧化还原反应的叙述正确的是 …………… ()

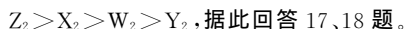
A. 肯定有一种元素被氧化, 另一种元素被还原

B. 在反应中不一定所有元素的化合价都发生变化

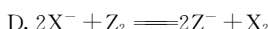
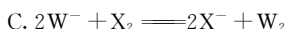
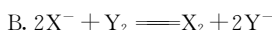
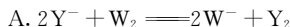
C. 置换反应一定属于氧化还原反应

D. 化合反应和复分解反应不可能是氧化还原反应

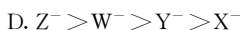
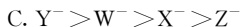
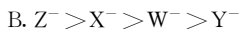
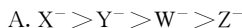
已知下列物质作为氧化剂时, 氧化性的强弱顺序是



►17. 下列反应不能进行的是 …………… ()



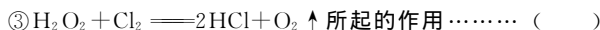
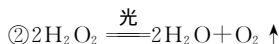
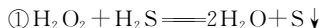
►18. 作为还原剂时, 还原性由强到弱的顺序是 …………… ()



►19. 某化合物的分子式为 H_xMO_{2x} , M 的化合价为 … ()



►20. 过氧化氢在下列 3 个反应中:



A. 起相同作用

B. 起不同作用

C. 只起氧化作用

D. 只起还原剂作用

►21. 在氧化还原反应中, 氧化剂 _____ 电子, 发生的反应是 _____ 反应; 还原剂 _____ 电子, 发生的反应是 _____ 反应。铁与氯气反应的方程式为 _____, 生成物中铁是 _____ 价, 铁与盐酸的反应式为 _____, 生成物中铁是 _____ 价, 事实证明, 氯气的氧化性比盐酸的氧化性(填强、弱) _____。

►22. 分析下列氧化还原反应中化合价变化的关系, 标出电子转移的方向和数目, 并指出氧化剂和还原剂。

