学校的理想装备
电子图书·学校专集
校园网上的最佳资源

九年义务教育初级中学教科书

化学

BOOK
内部资料 非卖品

编者的话

江苏是经济、文化比较发达的地区之一，为了适应经济建设对人才培养的需求，根据“在国家统一要求下，实行教材多样化”的教材建设方针，江苏省教委教研室组织编写了这本九年义务教育初级中学教科书（实验本）化学，供本省试用。参加编写工作的有高校的化学教师、中学化学教师和省、市教研员等。

本书以国家教委制订的《九年义务教育全日制初级中学化学教学大纲》（试用）为依据，结合我省的实际，以全面提高学生的素质为宗旨，力求使教材内容既有层次又有弹性，便教利学。

编写时，遵循理论联系实际的原则，注意加强本学科与自然、社会、生产和生活实际的联系；注重结合本学科的特点进行思想品德教育，引导学生掌握科学的学习方法和能力的培养；充分发挥化学实验在学习知识、训练技能、提高素质等方面的功能；努力搞好与小学自然、高中化学教学内容的上下衔接以及与数、理、生、地等学科内容的配合与相互渗透；适当渗透科学、技术、社会的教育思想，充实学生能够接受的现代科学技术内容，加大教材的弹性。

本书在体例上，除正文叙述外，还设有【问题讨论】、【思考与练习】、【社会实践】、【社会调查】等栏目。在实验方面，有供教师通过演示进行启发、验证、探索的【观察与思考】；有随堂进行的学生实验和与教师讲解相结合的【实验与思考】；还有【家庭小实验】、【实验习题】等多种形式。对于这些实验形式，尤其是【观察与思考】、【实验与思考】，教师可以根据教学的实际情况和教学条件进行适当的调整。在作业方面，也设有三个层次的习题，即每节后有作业题，每章后有复习题，全书最后有总复习题。此外，在相应的章节中还编入了一些选学内容，教师可以根据实际情况，遵照因材施教的原则选用，或作为学生课外阅读的材料。

有关学生实验内容，另外编有《九年义务教育初级中学教科书（实验本）化学实验》与本书配套构成初中化学必修课本。

本书在编写过程中，曾得到省内外许多专家教授的热情指导，在试用和修订过程中得到有关市、县（区）教育局（委员会）教研室和广大教师的热情支持并提供了许多宝贵的意见，谨此表示衷心的感谢。

教材建设是一项大工程，对提高教学质量关系很大，我们再次恳切期望试用学校的师生、教研人员及专家、学者提出批评和修改意见，以便作进一步修改，使之日臻完善。

编者

1994.1

第 1 章　有趣有用的化学

从现在开始，我们将要学习一门很有趣味、很有用处的自然科学——化学。其实，人们每时每刻都要接触到化学，它就在你的身边。

1.1 化学研究的对象

值得思考的现象

每一个人，每时每刻都会接触到许多事物和现象，如果你对它们都能仔细观察、认真研究，那么你就能学到许多知识。例如：

（1）坚固的钢铁制品，如刀、剪、机器等，在通常环境下尤其是在潮湿的环境中，很容易生锈。而用中国墨书绘的字画，却能经历千百年而不变。你知道这是什么原因？

（2）堆放着的大草堆、大煤堆等，在没有任何外来火源的情况下，有时会自动燃烧起来，这种现象曾被人们叫做“天火”烧。那么，“天火”到底是怎么回事？应该怎样防止“天火”烧呢？

（3）从前有一支钻井队，在美国南部的得克萨斯州勘探油矿，当他们的钻井打到地下很深的地方时，突然有一股气体以很高的压力从井中喷出来，顿时井口积起了许多白皑皑的“雪花”，年青的钻井队员好奇地跑过去捧起“雪花”玩，结果怪事出现了，“雪花”迅速消失却没有留下一滴水，而捧“雪花”人的手被严重地冻伤了。你知道这种“雪花”是什么东西？

（4）祖国的山河无限美好。许多地方有像《西游记》里描述的“洞天福地”那样神奇美妙的溶洞。例如江苏宜兴的慕蠡洞、善卷洞和张公洞，广西桂林等地的许多溶洞。洞中不仅有钟乳石、石笋、石柱，还有大厅、小室、石床、石凳以及小桥流水，洞顶洞壁有蛇、龙、虎、豹、人物、云彩等形象（参见书前的彩图），既美观又奇特。这些溶洞是怎样形成的呢？

此外，随着科学技术的日益发展，人们正在逐步实现着“点石成金”（就是变贱为贵、变废为宝）的美好理想。例如，人们已能用灰黑色的、最软的矿物之一——石墨（制铅笔芯的主要原料）制造出自然界最硬的贵重物质——金刚石（制玻璃刀头的材料，图 1－1）。

【观察与思考】

请观察几个化学小实验

（1）小小“照明弹”

观察一小段镁带的形态和色泽。用坩埚钳夹住这段镁带在酒精灯火焰上点燃后，观察燃烧时的现象和生成物的形态及色泽等（图 1－2）。

（2）肥皂泡“炸弹”

将盛在塑料袋中的无色气体（氢气和氧气的混合气体），通过玻璃导管吹入盛在蒸发皿里的肥皂水中，使形成少量肥皂泡，移开塑料袋，用燃着的木条去点燃肥皂泡，发生了什么现象（图 1－3）？

（3）“清水变牛奶”

向一只盛有 1/4 管稀硫酸的大试管中，加入几滴氯化钡溶液，充分振荡，

观察发生的现象，静置一段时间后，再观察（图 1－4）。

（4）铜绿受热的变化

加热图 1－5 装置中的铜绿（化学名称为碱 式碳酸铜），观察现象。

对于上面介绍的例子和从几个化学小实验中所观察到的有趣现象，同学们一时还说不出所以然来，但是等到学了有关的化学知识后，就会得到合理的答案。

五光十色的化学现象和丰富多采的化学实验充分说明化学知识很有用，可以说在日常生活和工农业生产等每一个领域，都要应用到化学知识。那么，什么是化学呢？我们将要在化学这门课中学习和研究些什么呢？

什么是化学？

化学研究的对象是物质。镰刀、斧头、铁锤、铁锅等是形状和用途各不相同的物体，但是构成它们的主要成分都是铁；玻璃杯、玻璃瓶、窗玻璃、玻璃弹珠等是不同的物体，但是，它们都是玻璃制品；冰、雪、露、水蒸气是不同的物体，但是，它们只是水的不同形态。构成物体的铁、玻璃、水等都是物质。同一种物质可以构成不同的物体，一个物体也可以由几种物质构成，例如，你用的铅笔就是由木材、油漆、石墨、粘土等几种物质构成的。世界上所有的物体，包括生物和非生物以及人体都是由物质构成的，所以说世界是物质的。

不同的物质有不同的特征（就是性质），并且物质都在不断地运动和变化着。化学是一门研究物质的组成、结构、性质以及变化规律的基础自然科学。

【实验与思考】

物质的变化和性质

（1）观察一支矿烛，它是由石蜡和棉纤维的烛芯制成的。石蜡是什么颜色、什么状态？是很硬还是较软？把一块石蜡放在水中，试验一下石蜡能否溶于水？它比水重还是比水轻？

（2）用火柴点燃一支矿烛，观察在点燃和燃烧过程中石蜡所发生的变化。用火柴点燃烛芯，可以看到烛芯下方的石蜡受热熔化，热的液态石蜡被吸上烛芯继续受热而化为气态石蜡，气态石蜡燃烧形成火焰（火焰是气体燃烧特有的现象）。过一会儿，吹熄烛火，可以看到烛芯上面有一丝“ 白烟 ”上升，这是由没有燃烧的石蜡蒸气形成的，如果立即用火柴去点燃这丝“ 白烟 ”，火焰会迅速窜回烛芯，矿烛又重新燃烧起来（图 1－6）。

（3）在烛火上方罩一只干燥的冷烧杯，片刻，烧杯壁蒙上了一层依稀可见的水雾，使透明的杯壁显得模糊（图 1－7）。将烧杯移离火焰，迅速正拿烧杯，并立即向其中注入少量澄清的石灰水，摇动烧杯，澄清的石灰水变浑浊。在小学

自然课中讲过这是通常用来检验二氧化碳存在的一种方法。通过上面的实验可以知道，石蜡在空气中完全燃烧，生成水和二氧化碳两种新物质。

（4）仔细观察矿烛的火焰，可以看到火焰分成三层，最内一层较暗，叫做焰心，中间一层明亮，叫做内焰，最外一层不明亮，叫做外焰。取一根火

柴梗，迅速插入火焰之中（如图 1－8 所示），约 1 秒钟后取出，可以看到，火柴梗放在焰心部分的并未烧焦，放在内焰的部分被烤黄了，而放在外焰的部分却被烧焦了。上面的情况说明焰心的温度不高，内焰的温度较高，外焰的温度最高。

从上面观察到的情况，可以知道，石蜡在燃烧过程中发生了许多变化。

物质变化有多种类型，主要有物理变化和化学变化两类。

（1）物理变化

石蜡受热熔化，熔化后的石蜡被吸上烛芯并继续受热气化，在这些变化中，石蜡的状态发生了变化，但没有生成其它物质。用粉笔在黑板上写字，把水蒸发成水汽，大气的水汽凝成雨、露、霜、雪，工厂里用铁铸成铁锅等过程中，所发生的变化都没有生成其它物质。科学上把这种没有生成其它物质的变化叫做物理变化。

（2）化学变化

和物理变化不同，气态石蜡被点燃，在空气中燃烧，生成水和二氧化碳这些新物质。前面所做的几个小实验中，镁带燃烧生成了白色粉末状的新物质——氧化镁并伴随着发热和发光；充在肥皂泡中的氢气和氧气的混合气体，点火发生猛烈的爆炸，生成了新物质——水；稀硫酸与氯化钡溶液混和生成不溶于水的白色新物质——硫酸钡；铜绿受热生成了黑色的氧化铜、水和二氧化碳等新物质。在这些变化中原物质都发生了变化，生成了其它物质，我们把这种生成其它物质的变化叫做化学变化。又叫做化学反应。日常生活中常见的纸张、煤炭、汽油、煤气等在空气中燃烧；酒变成醋；铁生锈等变化，都生成了其它物质，所以都是化学变化。

物质发生化学变化时，往往伴随着出现发光、发热或吸热、变色、气体的放出或吸收、生成沉淀等现象。这些现象常常可以帮助我们判断有没有化学变化发生。但是，应当指出，发生上述某些现象的变化，并不一定就是化学变化。例如，白炽灯泡中的钨丝通电而发光、发热就是物理变化；同样，没有明显地伴随着发生上述任何现象的变化，也不一定就不是化学变化。判断某一变化是不是化学变化，归根结底要看是不是生成了其它物质。

物质在发生化学变化的同时，一定发生物理变化。例如，在发生石蜡燃烧生成水和二氧化碳这一化学变化的同时，伴随着发生了石蜡的熔化、气化等物理变化。但是，物质在发生物理变化的过程中，不一定发生化学变化。例如，将石蜡放在试管中慢慢加热，石蜡熔化，然后再冷却，石蜡又凝固，在这个变化的全过程中，就只有物理变化而没有化学变化。

不同的物质具有不同的性质。物质的有些性质，例如石蜡在空气中燃烧生成水和二氧化碳；镁在空气中燃烧生成氧化镁；铁在潮湿的空气中生成铁锈等性质，要在化学变化中才能表现出来。物质的这类性质叫做化学性质。

物质的有些性质不需要发生化学变化就能表现出来，例如颜色、状态、气味、味道、熔点、沸点、硬度、密度、导电性、传热性等。物质的这类性质叫做物理性质。

作业 1

1.酒精灯的火焰与矿烛的火焰相似，你认为应用酒精灯火焰的哪一部位加热物体？为什么？

2.举例说明物理变化和化学变化，物理性质和化学性质的主要区别。

3.通过思考和调查，说出区别下列各组物质的方法，并说明哪些是依据物质的物理性质来区别的，哪些是依据物质的化学性质来区别的？

（1）酒和醋

（2）澄清的石灰水和水

（3）铁和铝

（4）棉织品和毛织品

1.2 分子

为什么不同的物质具有不同的性质呢？因为物质各自的组成和结构不同。

物质由微粒构成

米粒、蔗糖粒等可以碾成很细的粉；水或酒精等液滴可以分成许多细小的微滴。实践证明，一切物质都具有可分性，物质都是由微粒构成的。

一切物质既然都具有可分性，那么，物质是否可以无限制地分下去呢？分到什么层次仍能保持原物质的性质呢？下面我们以水为例来说明这个问题。

物质分割的一个层次——分子

（1）分子是构成物质的一种微粒

科学实验证明：把4℃时的$\frac{1}{20}$毫升（差不多是一滴）水，不断地分割下去，大约分成1.67×10^{21}个极微小的相同微粒时，这些微粒仍能保持水的化学性质[①]。如果再继续分割这些微粒，那么，得到的更小微粒就不再保持水的化学性质了。我们把这种仍能保持水的化学性质的最小微粒叫做水分子，水就是由水分子构成的。同理，蔗糖、酒精、氧气等许多物质[②]也是由相应的分子构成的。

所以，分子是保持物质化学性质的最小微粒。显然，同种物质的分子，性质相同；不同物质的分子，性质不同。

分子是很微小的，$\frac{1}{20}$毫升（约一滴）水中的水分子，如果让10亿人日夜不停地以每分钟数100个的速度来数，要数3万多年才能数完。而且这么巨大数量个水分子在聚集成一滴水时，分子与分子之间还有空隙。由此可见，水的分子是极微小的。跟水相似，其它物质的分子也是很微小的。

（2）分子是客观存在的和不断运动着的

分子虽然很微小，但是，人们早就通过以观察和实验为基础的综合分析和推理，得出了分子是真实存在、并在不断地运动着的结论。日常生活中，常常遇到可以说明这个结论的实际例子，如走到花园中，会嗅到花的香气，这是由于花中带香气的物质微粒扩散到空气中，刺激我们的嗅觉细胞而引起的；湿衣服能晾干，是由于构成水的微粒扩散到空气中去了；糖块放在水里会逐渐消失，而水却有了甜味，是因为糖的微粒扩散到水的微粒中间去了。

---

① 因为这些微粒太小了，要用放大几十万倍的仪器才能观察到，所以颜色、状态、硬度等物理性质都无从谈起。

② 以后我们会知道，不是所有物质都是由分子构成的，有些物质是由原子或离子等构成的。

（3）分子间存在一定的作用力（引力和斥力）

【观察与思考】

取一根直径约 1.5 厘米、长约 45 厘米，一端封口的玻璃管，先向管中注入近$\frac{1}{2}$管水，再沿管壁慢慢注入无水酒精至接近管口处，用橡皮筋圈扎在这个部位，做下记号（如图 1－9），并立即用橡皮塞塞紧管口，颠倒摇动玻璃管数次，使管中水与酒精充分混合，静止后，观察混合前后的总体积是否相等？为什么？

不难设想，分子间存在一定的引力和斥力，引力使分子聚集起来，水分子间、酒精分子间、酒精和水分子间都存在着引力；斥力使物体中分子间留有空隙，同种分子或不同种分子间也都存在着斥力。上面的实验中，构成酒精的分子之间和构成水的分子之间都有空隙，当两种物质混合时，分子间相互挤占了一些空隙，所以混合后的总体积比混合前的总体积要小。固态和液态物质的分子间的间隔都很小，而气态物质分子间的间隔很大。

【观察与思考】

取一根直径约 1.5 厘米、长约 20 厘米，一端有少量碘固体的密封玻璃管，用酒精灯微热玻璃管盛固体碘的一端，观察管内发生的现象（图 1－10）。

固体碘受热变成蒸气，碘蒸气遇冷又变成碘固体。这是因为受热后，碘分子的运动速度加大，分子间的间隔也加大，冷却后，碘分子的运动速度和间隔都变小。

随着科学技术的发展，现在已经能通过精密仪器，拍摄下放大了几十万倍的分子的照片，直接证实了分子是客观存在的（图 1－11）。

作业 2

1.填空

（1）直接证实分子客观存在的事实是：_____。

（2）分子是保持物质_____性质的_____微粒。同种物质的分子，性质_____；不同种物质的分子，性质_____。

（3）1 克水中的水分子，让 20 亿人日夜不停地以每人每分钟数 100 个的速度来数，大约要数年才能数完。

2.判断下列叙述的正误，正确的在题后括号中打“√”，错误的打“×”

（1）分子保持物质的所有性质（　　）

（2）一般物体受热膨胀主要是因为构成物体的分子受热体积增大了（　　）

（3）并非所有的物质都是由分子构成的（　　）

（4）液态和固态物质的体积很难被压缩，是因为它们的分子之间没有间隔（　　）

3.由分子构成的物质，在发生物理变化时，分子本身有没有变化？发生化学变化时怎样？

4.有半个水分子存在吗？为什么？

【家庭小实验】

向一块小玻璃片上滴一滴红墨水，晾晒到干，看到什么现象？为什么？将这块已晾晒干了的玻璃片轻轻放入盛有水的玻璃杯中，观察有何现象？为什么？

【选学】创立分子学说的科学家——阿佛加德罗

意大利科学家阿佛加德罗（1776—1856）早在 1811 年就发表了分子假说的论文，提出“相同体积的气体，在同温同压下，含有相同数目的分子”。但是由于受当时科技发展水平的限制，缺乏充分的实验证据，再加上人们迷信化学权威的论断，直到 50 年之后，阿佛加德罗已经去世，他的理论才被科学界普遍接受。在这中间，意大利化学家康尼查罗（1826—1920）等，对分子假说作了充分的科学论证。由此我们可以体验到，自然科学理论的形成和发展，是历代科学家艰苦努力的结果。

1.3 化学与人类社会

化学在生产、生活等方面的价值

化学是一门具有重大实用价值的科学。学习了化学，就能更好地认识和说明生活和生产中的化学变化和现象，就能控制这些变化，消除或者降低这些变化有害的方面，并使变化充分向有利的方面发展。例如，掌握了燃烧的化学原理，就可以合理利用燃料，防止火灾以及开发新的燃料来源等。运用化学原理，可以从自然界中提取或利用自然物质制造出自然界本来不存在的、人类需要的各种物质。例如从海水中提取盐类和其它有用的物质；用矿石冶炼多种金属；以空气、水、石油、煤炭等作原料，制造塑料、合成纤维、合成橡胶、化肥、农药、染料、洗涤剂、医疗药品等等。应用化学研究的成果，还可以探索生命现象的奥秘，研究新的生产流程，研制新材料，开发新能源，保护和改善人类生存的环境，促进农业发展，增加食物和营养品，使物理学、生物学、地学、天文学等自然科学得到进一步发展。总之，化学与社会生活、生产有着极其广泛的联系，对于我国实现工业、农业、国防和科学技术现代化具有重要的作用。

化学在提高人的素质方面的价值

作为一门基础自然科学，化学在提高人的素质方面具有重要的作用。例如化学对形成辩证唯物主义观念，提高人的科学文化素质，培养热爱社会主义祖国，立志献身科学事业，培养科学态度和掌握科学的学习方法，形成关心自然、关心社会的情感方面都有重要的作用。同时在培养能力和创新精神等方面也有重要的意义。

我国的化学与化学工业

我国是一个历史悠久的文明古国，在化学远未形成科学前的古代，我国人民就创造和积累了丰富多采的化学工艺技术和知识，它们是世界科技的宝藏，为近代化学的诞生和发展奠定了一定的基础。例如，我国是世界上最早发明烧制瓷器、制造火药、用酒曲酿酒、造纸等化学工艺的国家，在世界上最早开发了石油、煤和天然气。但是发人深省的是，在中华人民共和国成立

以前的近百年，我国包括化学在内的科学技术的发展停滞了。

解放后，我国的化学工业和化学工艺技术有了很大的发展和提高，化学科学研究也不断取得新的成就。我国的石油化工、冶金工业、基础化学工业、精细化工等都得到巨大的发展。目前，我国的化学工业已经发展成为一个具有相当规模、行业齐全的工业部门，但是与发达国家相比仍有一段差距。这就要求我们加倍努力学习和研究，奋发图强，以期将来能为祖国的建设和繁荣富强作出应有的贡献。

作业 3

1.学习化学有什么意义？

2.阅读一些介绍我国化学史和解放后我国化学科学、化学工业和化学工艺技术发展情况的资料，并和同学们共同讨论心得体会。

1.4 开启化学之门的钥匙

学习化学具有重大意义，那么怎样才能学好化学呢？让我们以我国著名的化学家、世界制碱工业的权威、我国化学工业的先驱和奠基人之一的侯德榜博士作为学习的榜样，启迪我们的思维，用作钥匙，开启学习化学的大门。

立志为祖国而学习

侯德榜出身于清末的农民家庭，少年时期，他眼见我国政治、经济落后，备受帝国主义列强掠夺、欺凌的状况，就立志以振兴国家和民族为己任，刻苦学习文化科学知识。他勤奋好学，酷爱读书，努力从书籍中汲取知识精华。少年时，他在为家中农田车水时，常常边车水边读书，留下了“挂车读书”的美谈。1911 年他在清华学堂学习时，期末考试中 10 门功课取得了不折不扣的 1 千分的特优成绩。为了国家科学和工业发展的需要，他不惜牺牲个人利益，几次放弃个人原来学有专长的专业，最后专攻制碱工程。

重视观察和实验侯德榜在学习、研究和工作中一直都非常重视实验和观察，对观察和实验严肃认真，一丝不苟，务求精确。在学习时，他为了熟练地掌握实验的基本功，在实验室里熬过了无数个不眠之夜。在化工建设和化工生产实践中，他组织了千百次大、中、小型的各种试验。他用实验检验化学理论、化学工艺流程和化工设备，用实验探求新知识和新方法。在实践中钻研、创新 1921 年第一次世界大战期间，为了打破在国民经济中具有重要作用的纯碱生产被外国制碱集团垄断的局面，侯德榜从国外回来，应聘出任塘沽永利制碱公司碱厂总工程师。他奋不顾身，团结广大技术人员和工人，经受了千百次失败的煎熬和考验，终于在 1929 年制出了质地优良的纯碱，在万国博览会上获得了金奖，解决了当时国民经济的急需，大长了中国人的志气。无私奉献不断进取侯德榜具有科学家的宽大胸怀，决不将科学技术作为谋求个人财富的工具。为了帮助世界贫穷国家，他毅然将苦战十余年的成果，写成《纯碱制造》一书，公诸于世，为世界人民办了件好事，为中国人民增了光。侯德榜具有为国为民不断进取的精神，继纯碱制造取得巨大成果之后，“为保卫祖国，振兴以农立国的中华”，他历尽千辛万苦，奋斗 5 年，于 1937 年初在南京建成了生产硫酸、氨、硝酸和硫酸铵的永利宁厂。半年后，由于该厂生产的硝酸与国防工业密切相关，为了适应抗日战争的需要，他又将工厂撤至四川五通桥（即新塘沽）建立新厂，为保存我国化工技术力量和夺取

抗日战争的胜利作出了重大贡献。同时，侯德榜根据生产实际，为提高原料利用率和防止副产物污染环境，在极端困难的条件下，着手研究新的制碱法，历经多年的学习、探索、创新，终于在 1942 年开拓出了被命名为“ 侯氏制碱法 ”（又称“ 侯德榜联合制碱法 ”）的新制碱法。他因此誉满全球，许多国家竞相聘请他去解决化工技术难题，建设碱厂。

1949 年 7 月，侯德榜克服重重困难，从印度回到祖国的怀抱，为振兴新中国的化学工业而尽心尽力。1958 年担任我国化学工业部副部长、已 70 高龄的侯德榜仍在为我国小合成氨和碳酸氢铵的生产和发展而奔忙，作出了重要贡献。去世前，他立下遗嘱，将自己最珍贵的藏书捐献给国家，作为后人攀登科学高峰的基础。共产党员侯德榜是我们学习的榜样。我们应该像他那样，高举爱国主义的旗帜，努力学好化学。

作业 4

【问题讨论】

结合自己的实际，谈谈你准备怎样学习化学？

复习与练习

一、整理知识

1.化学是一门研究物质的组成、结构、性质以及变化规律的基础自然科学。

（1）物质的组成和结构

①物质具有可分性，物质是由微粒构成的。

②分子是物质分割的一个层次，分子是保持物质化学性质的一种最小微粒。许多物质是由分子构成的，但不是所有物质都由分子构成。

③分子很小，是客观存在的，同种分子的质量和性质相同，不同种分子的性质不同。

④分子间存在一定的作用力（引力和斥力）。分子左聚集成物体时，分子与分子间有一定的间隙。固态和液态物质分子间的间隙很小，气态物质分子间的间隙很大。温度升高分子的运动速度增大，一般物质分子间的间隙增大。

⑤分子是不断运动变化着的。分子自身在物理变化中保持不变，在化学变化中发生变化。

（2）物质的性质和变化

①物质的性质即物质的特征。其中无需通过化学变化就能表现出来的性质叫做物理性质；在化学变化中才能表现出来的性质叫做化学性质。

②物质的变化即物质的运动。其中不生成其它物质的变化叫做物理变化；生成其它物质的变化叫做化学变化或化学反应。对于由分子构成的物质来说，物理变化中物质的分子不改变成其它分子或微粒，而化学变化中，物质的分子变成了其它物质的分子或微粒。

物质在发生化学变化的同时，一定发生物理变化；而物质在发生物理变化的过程中却不一定发生化学变化。物质在发生化学变化时往往伴随着出现发光、发热（或吸热）、变色、气体的放出（或吸收）、生成沉淀等现象。但是，有无上列某些现象，并不是判断化学变化的依据。

2.初步了解学习化学的意义和学习化学的主要方法。

二、练习题

1.下列叙述正确的是 [ ]

A.分子是保持物质性质的一种最小微粒

B.任何物质都是由分子构成的

C.分子间的间隙与温度变化无关

D.分子自身在物理变化中保持不变

2.化学变化的主要特征是 [ ]

A.有颜色的变化 .有新物质生成

C.有发光、放热现象 D.有固、液、气三态变化

3.下列变化属化学变化的是 [ ]

A.汽油挥发 B.冰融化成水

C.煤燃烧 D.糖溶于水

4.下列说法是否正确？为什么？

物质在变化中所表现出来的性质，就是物质的化学性质。

5.“木材能燃烧”、“木材燃烧了”、“点燃木材”这三种说法，在意义上有什么区别？

第 2 章　水元素和化学式

水是与我们关系最密切的物质之一。在小学自然课中，已学习过一些有关水的知识，本章将进一步学习水在自然界的存在、水资源的利用和保护、水的组成和性质等知识，并以此为基础，学习元素、化学式等基础知识和一些基本技能。

2.1 水是宝贵的自然资源

水的存在和水资源

（1）水在自然界的存在

地球是多水星球。地球表面积的约 75%被海洋、江河和湖泊所覆盖，其中海水占地球总水量的 96%以上。此外，还有占地球总水量约 2%～3%的地下水和冰川，以及少量的大气水、土壤水和生物水等。

（2）水和人类的关系

水是生命的源泉。人的生存离不开水。成年人体内含水量一般约占体重的 60%，每个成年人每天一般约需摄取 2.5 公斤水。人体失水 14%以上，就会昏迷直至死亡。

工农业生产也离不开水。工业上需要大量的淡水，用于分散物质、清洗原料或产品、传导热量或直接作为生产原料，农业上需要的淡水量更大，约占人类消耗淡水总量的 60%～80%。

水力可以发电。水上航运在人类的生产、生活中作用极大。

总之，水是人类的宝贵资源。但是，便于人类直接利用的淡水，远远不到地球总水量的 1%，而且分布很不均匀。随着人口的增多，社会生产和生活的日益发展和提高，人类对淡水的需要量不断增长。据报导，目前世界上缺水的国家已超过 100 个，我国的缺水城市已有 300 多个。水资源短缺已越来越成为严重的社会问题，因此保护并合理开发水资源、合理用水、节约用水，对世界和我国经济发展的意义十分重大。我国已制定了保护水资源的有关法律。

水的污染及其防治

生活用水和生产用水在使用后会混入多种多样杂质排放出来，最终又回到天然水体中。如果排入水体的杂质不多，由于水体具有巨大的自净能力[①]，不致造成危害；但当排入的杂质量超过一定限度时，水体中的毒物、病菌等有害杂质积累增多，就会使水质不断恶化，产生不良影响，例如会使渔业减产、产品质量降低、损害人类健康甚至危及生命。水质的这种恶化称为水的污染。

生活污水、工业“三废”（废水、废渣、废气）和流失的农药、化肥，是天然水体最大的污染物。因此在生活、生产中，必须加强对水质的监测，改进工艺设计，严格控制工业“三废”的排放量，并合理使用农药、化肥，有效地防治水的污染；同时要尽可能地净化处理污水、废水，供循环使用，并将其中的有用成分回收利用。总之，必须发展用水和废水处理的科学技术，增强环境保护意识，控制水的污染，保护宝贵的水资源。

【选学】自来水

[①] 污染物排入水体后，经过扩散稀释，并在复杂的生物化学过程中逐步分解（降解）而自然净化，称为水体自净。水体的自净能力是有限度的。

在自来水厂，人工净化水的方法和程序大体如图 2－1 所示。首先加入混凝剂，使悬浮在水中的微小颗粒状杂质被吸附凝聚后，在沉淀池中沉降分离。然后使沉淀池里的较澄清的水流经过滤池中的石英砂层、活性炭层得到更清的“ 滤后水 ”。滤后水经通入氯气进行“ 氯化 ”消毒灭菌后，即得到净化的“ 自来水 ”。

【社会实践】

参观自来水厂的生产过程或其它工厂污水处理的过程，并向相应的生产单位了解净化效果，写出报告。

水的物理性质

纯净的水，是一种无色、透明、没有气味、没有味道的液体。在 1.013×10^5 帕压强下，水的沸点是 100℃，凝固点（冰的熔点）是 0℃。在 4℃时水的密度最大（1 克/厘米 ^{3}）；水凝固成冰时，密度明显降低。

【思考与练习】

常压下水凝固成冰时，体积大约比相同质量的4℃时的水膨胀$\frac{1}{9}$。试计算冰的近似密度，并思考：在寒冷的冬天，为什么鱼还能生存在结冰的深水中？

【观察与思考】

取少量由碘分子构成的固态碘放入盛水的试管中，振荡并微热，观察现象。

实验表明，碘分子能分散到水分子之间形成碘水。无数事实证明，很多物质都能以微粒的形式分散到水中去。

纯净物和混合物

【实验与思考】

天然水和蒸馏水的比较（1）比较天然水和蒸馏水的物理状态

用相同规格的三支试管分别盛等体积的河水、井水、天然水和蒸馏水，比较它们的颜色和浑浊程度。

（2）检查水中是否含固态杂质

在一块洁净的玻璃片的不同部位分别滴上天然水和蒸馏水各一滴，将玻璃片平放在酒精灯焰的上方均匀地微热，使水滴蒸发。观察哪种水蒸干后玻璃片上留下固体痕迹。

实验证明，蒸馏水是比较纯净的水，而天然水中混有除水以外的其它物质。

化学上常根据物质是否纯净，把物质分为纯净物和混合物两大类。纯净物是由一种物质组成的。混合物是由两种或多种物质混合而成的。

纯净物具有一定的组成和性质。化学中研究的物质一般指的是纯净物。但是，绝对纯净的物质是没有的，通常所说的“ 纯净物 ”只是相对纯净的物质或高纯物。前者如蒸馏水，后者如用作半导体材料的高纯硅（纯度可达 99.999999999%）。

【观察与思考】

混合物中的各组成物质能保持原来的性质吗？

先将少量食盐和铁粉充分混合，然后分为两份，将其中一份加入盛有适量水的小烧杯中，充分搅拌后过滤。将滤液及滤渣分别移入蒸发皿并加热蒸

发至干。观察滤液蒸发后所得固体是不是食盐？再用磁铁分别吸烘干的滤渣及另一份混合物，结果如何？为什么？

由此可见，混合物的各组成物质一般能分别保持各自原有的性质。这说明一般混合物的各组成物质之间并未发生化学反应。

作业 1

1.设某初三年级学生的平均体重为45千克，人均含水量为体重的$\frac{2}{3}$。则每人体内平均含水多少千克？这些水的体积约为多少升？

2.将正确答案的序号填在题后的括号里

（1）下面关于水的叙述，正确的是 [ ]

A.温度越低，水的密度越大

B.矿泉水中分散有较多的矿物质

C.海水和河水的水分子不同

D.蒸馏水是比较纯净的水

（2）下列物质属于混合物的是 [ ]

A.冷却纯水所得混有冰块的水　　B.铁

C.空气　　D.氧气

3.观察你家或学校的周围有没有浪费水、污染水的现象，你有什么办法去解决吗？

【家庭小实验】

明矾的净水作用

在浑浊的天然水中加入适量的明矾并搅拌后静置，使浑浊的水澄清。

2.2 水的组成

水的通电分解分解反应

【观察与思考】

往图 2－2 所示实验室通直流电使水分解的装置（水电解器）中的玻璃管里注满水（水中加有少量硫酸或氢氧化钠以增强导电性），接通直流电源，观察电极上和玻璃管内发生的现象。通电一段时间后，分别小心地打开电解器中两支玻璃管顶端的开关，使管中的气体慢慢排出，同时使体积较小的一种气体通向带有火星的木条，再用燃着的木条点燃另一种体积较大（约为上一种气体体积的两倍）的气体。观察现象。

实验表明，水在直流电的作用下分解生成了两种气体：

一种是能支持木条燃烧的氧气；另一种是可以在空气或氧气中燃烧生成水的氢气。水在电流的作用下，分解为氢气和氧气的过程叫做水的电解。水的电解反应，可用文字式表示如下：

$$水 \xrightarrow{通电} 氢气+氧气$$

【问题讨论】

水的电解，是物理变化还是化学变化？能说“ 水是氢气和氧气的混合物 ”吗？为什么？

水电解时，水由一种物质变成了氢气和氧气两种物质。我们在第一章中

曾观察过加热试管中的一种绿色固态物质（碱式碳酸铜），变成了黑色固体（氧化铜）、水和能使澄清的石灰水变浑浊的气体（二氧化碳）三种物质的现象。像这种由一种物质生成两种或两种以上其它物质的化学反应叫做分解反应。

水的组成

我们已经知道水是由水分子构成的。水通电分解生成两种新物质的事实说明水分子必然能分割成更小的微粒，科学上把这类微粒称为原子。

科学研究已进一步证明，每个水分子是由 2 个氢原子和 1 个氧原子构成的，每个氢气分子是由 2 个氢原子构成的，每个氧气分子是由 2 个氧原子构成的。

所以，水的电解反应，可以用图 2－3 形象地表示出来：

【问题讨论】

为什么电解水时每 2 个水分子能变成 2 个氢气分子和 1 个氧气分子？

化学反应中的分子和原子

我们已经在水分子的构成中知道原子是构成分子的微粒。显然，原子是极其微小的，例如科学实验测知氢原子的半径大约为 3.2×10^{-11} 米；像油菜籽那样大的一粒铁屑中，竟含有 1×10^{19} 个以上的铁原子。原子是真实存在的，我们可以用电子显微镜拍摄原子的照片（如图 2－4）。和分子一样，原子具有一定的质量，并不断运动着。现在已经发现的原子有一百多类。这些原子间可以构成多种多样的分子；原子也可以直接构成物质，所以由这 100 多类原子可以形成种类繁多的物质。

通过第一章的学习，我们已经知道，分子是能够独立存在的，并保持该物质一切化学性质的一种最小微粒；通过水的电解反应，我们又知道水分子在化学反应中发生了变化，生成了其它物质——氢气和氧气，但是在这个化学变化中，氢原子和氧原子的种类和个数都保持不变，只是构成水分子的氢原子和氧原子重新组合，构成了新物质——氢气和氧气。进一步研究表明：

（1）分子由原子构成

在化学反应里，参加反应的物质（简称反应物）发生的变化是构成反应物的原子重新组合，生成了其它物质（简称生成物）。如果发生化学反应的物质（反应物）是由分子构成的，就是反应物分子中的原子重新组合生成了其它物质。

（2）原子是化学变化中的最小微粒

在化学反应里，原子本身的种类和个数都保持不变，只是重新组合成新物质。

【选学】原子-分子论*

（1）道尔顿提出原子论

早在公元前 5 世纪希腊哲学家德谟克利特就认为，万物都是由极微小的、不可分割的微粒——原子组成的。我国著名哲学家墨子（约前 468—前 376 年）等在《墨经》里也说物质到了不能再分时就成为物质的“端”。“端”是指物质的最小单位，与希腊哲学家所说的“原子”有相似的含意。但这种“原子”的观念是想象和推测出来的，在当时并无科学实验的验证。

19 世纪初，化学研究从定性进入定量阶段。英国化学家道尔顿做了大量测定物质组成的定量实验，根据实验事实和逻辑推导，在 19 世纪初接连发表了有关原子论及原子相对质量的论著，总结了当时的化学研究成果，标志着化学新世纪的开始。

虽然道尔顿还没有能够把原子和分子区别开来，但他的原子论无疑是创建分子论的一种基础。

（2）阿佛加德罗的分子论

电解水的实验证明水分解所得氢气和氧气的体积比是 2∶1，实验还证明 2 体积的氢气和 1 体积的氧气恰好完全反应生成水，在同温同压下这些水的蒸汽是 2 体积。类似的许多实验事实，导致意大利科学家阿佛加德罗提出了被称为阿佛加德罗定律的分子论。即在同温同压下，相同体积的气体具有相同数目的分子。

根据阿佛加德罗定律，可将同温同压下氢气和氧气完全反应生成水蒸气的体积关系解释为：每 2 个氢分子和 1 个氧分子恰能完全反应生成 2 个水分子。又已知每个氢分子和氧分子中各含 2 个原子，则可进一步推断：每个水分子是由 2 个氢原子和 1 个氧原子构成的。如图 2－6 所示。这种合理推断，现已被实验完全证实。

道尔顿的原子论和阿佛加德罗的分子论，是建立近代原子-分子论的基础。自从用原子-分子论来研究物质的性质和变化以后，化学才迅速发展成为一门科学。随着化学和其它科学技术的发展，现在，人们对物质结构的认识，早已远远地超过了原子-分子论的水平。

作业 2

1.填空

（1）水电解反应的文字式是_____，其反应条件是_____，反应类型属于_____反应。

（2）每一个水分子都由_____个氢原子和_____个氧原子构成。将纯净的水电解，每得到 1 个氧气分子，就得到_____个氢气分子。

2.将正确答案的序号填在题后的括号里

（1）下面对于化学变化的分析，错误的是　　[　　]

A.化学变化中，分子保持不变

B.化学变化中，原子保持不变

C.化学变化里反应物的分子必然发生变化 D.原子是化学变化中的最小微粒

（2）下列化学变化属于分解反应的是　　[　　]

A.镁+氧气 $\xrightarrow{\text{点燃}}$ 氧化镁

B.氢气＋氧气 $\xrightarrow{\text{点燃}}$ 水

C.硫＋铁 $\xrightarrow{\text{加热}}$ 硫化亚铁

D.碳酸钙 $\xrightarrow{\text{高温}}$ 氧化钙＋二氧化碳

2.3 原子的构成

原子的构成

在化学反应中，原子的种类和个数都保持不变，所以说原子是化学反应中的最小微粒。那末，原子是不是绝对不能再分了呢？科学实验已经证明：原子不但可以再分，而且具有复杂的构成。所有的原子，都由带正电荷的、位于原子中央的原子核和带负电荷的高速运动着的核外电子构成。不同的原子，原子核不同。最简单的原子核就是一个质子，一般的原子核由若干个质子和中子构成。如下表所示：

微粒名称			质量 (克)	单位 电荷数	构成规律
原子	核外电子		9.110×10^{-28}	-1	(1)质子和中子紧密地结合在原子核中。原子核带正电荷，体积很小，原子的全部质量几乎集中在原子核。电子在核外一定范围的空间内，按一定的规律作高速运动； (2)在原子中，核内质子数等于核外电荷数等于核外电子数，所以原子整体上呈电中性
	原子核	质子	1.673×10^{-24}	+1	
		中子	1.675×10^{-24}	0	

元素和元素符号

（1）元素

前面所讲到的氢原子和氧原子是不同类的原子，科学上是根据什么对原子进行分类的呢？是根据原子的核电荷数即原子核中的质子数对原子进行分类的。化学上把具有相同核电荷数的同一类原子总称为某元素，即元素是具有相同核电荷数的一类原子的总称。同种元素具有相同的化学性质。

运用元素的概念，根据水、氢气和氧气的分子构成，我们可以说：水中和氢气中都含有氢元素，水中和氧气中都含有氧元素，水由氢、氧两种元素组成。

由于氢气中氢元素的原子没有跟其它元素的原子相结合，氧气中氧元素的原子也没有跟其它元素的原子相结合，而水中氢元素的原子与氧元素的原子相互结合着，所以，水和氢气或氧气的性质截然不同，决不能说“水由氢气和氧气组成”或“水中含有氢气和氧气”。

【问题讨论】

自然界中并存着核内质子数和中子数都是 6 的“碳-12”的原子以及少量核内质子数为 6、中子数为 7 的“碳-13”的原子。为什么它们都属于碳元素？

已经发现的百余种元素在自然界里的分布并不均匀。从整个宇宙来看，含量最丰富的元素是氢和氦，太阳几乎全由氢和氦组成。地壳（包括大气）里所含各种元素的质量百分比见图 2－7。其中最多的氧元素广泛存在于大气、水、土壤、岩石中，仅次于氧的硅元素则大量存在于土壤和岩石中。

有些元素在地壳中只含量很少，例如，按质量百分比，在地壳中只含碳元素 0.087%、氢元素 0.76%、氮元素 0.03%，但它们却较多地存在于生物体中，如果没有这些元素，地球上的一切生物都将不复存在。

（2）元素符号

在国际上，现在统一采用元素的拉丁文名称的第一个大写字母来表示该元素。如果几种元素名称的第一个字母相同时，则再附加一个小写字母来区别。例如，用 Carbonium 中的 C 表示碳元素，用 Chlorinium 中的 Cl 表示氯元素。像 C、Cl 这样的符号称为元素符号。

下面列出一些常见元素的符号及其名称[①]：

元素名称	符号	元素名称	符号	元素名称	符号	元素名称	符号
氢	H	氩	Ar	铝	Al	溴	Br
氦	He	碳	C	钾	K	银	Ag
氮	N	硅	Si	钙	Ca	碘	I
氧	O	磷	P	锰	Mn	钡	Ba
氟	F	硫	S	铁	Fe	金	Au
氖	Ne	钠	Na	铜	Cu	汞	Hg
氯	Cl	镁	Mg	锌	Zn	铅	Pb

元素符号既表示某种元素，也可以表示某种元素的一个原子。

【选学】　人体中的元素

地壳中天然存在的许多元素都能在人体内找到。其中占人体质量 0.01%以上的元素叫做“常量元素”；占人体质量 0.01%以下的元素叫做“微量元素”。下表中列出的 11 种常量元素构成了人体质量的 99.45%以上，可见其生理功能的重要性。

元素在人体中的含量（%）

元素	人体中的含量(%)	元素	人体中的含量（%）	元素	人体中的含量(%)
O	65.00	Ca	1.50	Na	0.15
C	18.00	P	1.00	Cl	0.15
H	10.00	K	0.35	Mg	0.05
N	3.00	S	0.25		

人体缺少常量元素和某些微量元素，都会发生病变。有些元素如铅、镉、汞等进入人体能引起中毒，这些元素称为有毒元素。必须通过保护环境、控制污染、减少与有毒元素的接触，来防止有毒元素超过允许量进入人体而导致中毒。

原子量

原子的质量很小。例如已精确测得每个核内有 6 个质子和 6 个中子的碳-12 的原子，其质量只有 1.9926786×10^{-26} 千克。显然，用千克或克这样的常用质量单位来表示原子的质量是不合适的。因此，现在国际上统一规定以碳-12 的原子的质量的 1/12 作为原子相对质量的标准，其它原子的质量跟它

[①] 气态非金属元素的名称都有“气”字头，液态非金属元素的名称有“氵”旁，固态非金属元素的名称都有“石”字旁，金属元素的名称都有金字旁（汞除外）。对 1968 年以后发现的新元素，已另用该元素的原子核中的质子数即核电荷数来命名，如核电荷数为 104、105 的元素分别命名为“一〇四”和“一〇五”。

比较所得的数值，就是这种原子的原子量。原子量不同于原子质量，它只是一种比值，是没有单位的。例如，氢元素原子的质量为碳-12 原子质量的$\frac{1.0079}{12}$倍，则氢元素的原子量为1.0079，氧元素原子的质量为碳-12原子质量的$\frac{15.994}{12}$倍，则氧元素的原子量为15.994。各种元素的原子量详见本书附录[①]。

【选学】由我国化学家测定的原子量新值

我国著名化学家张青莲教授，1983 年当选为国际原子量委员会委员以来，已接连为精确地测定原子量的新值作出了卓越贡献：1991 年测定的铟元素的原子量新值 114.818±0.003，已由国际原子量委员会于同年审定为取代旧值 114.82±0.01 的新标准；1993 年测定的锑元素的原子量新值 121.760±0.001，已由国际原子量委员会于同年审定为取代旧值 121.757±0.003 的新标准。

作业 3

1.填空

（1）同一元素的原子核内有_____电荷数，即相同的_____数。元素是_____的总称。

（2）氧气（O■2）和二氧化碳（■CO2）中都含有___元素，该元素在这两种物质中所表现的性质_____（答是否相同），这是因为_____。

2.将正确答案的序号填在题后的括号里

（1）决定原子质量大小的主要是 [ ]

A.原子核外的电子数

B.原子核内的质子数

C.原子核内的质子和中子总数

D.原子核内的中子数

（2）下列叙述正确的是 [ ]

A.水由氢分子和氧原子组成

B.水由氢元素和氧元素组成

C.水和氢气中都含有氢元素，所以它们的化学性质相同

D.将氢气和氧气按一定比例混合起来就成为水

3.填表

元素名称	氮			镁	铁	钠	
元素符号		P	Al				Ca

[①] 像前面提到的碳元素那样，天然存在的氢、氧等许多元素的同类原子，它们各有若干种核内中子数不等的原子，按一定的个数比共存在一起。所以，这些元素的原子量，都是相关同类原子的平均原子量。例如，碳元素原子量的精确值是 12.011，这是多数碳-12 和少数碳-13 的原子量的平均值。

2.4 单质和化合物

单质

有些纯净物由同种元素组成，例如氢气、氧气、各种金属等。这些由同种元素组成的纯净物叫做单质。在已经发现的 100 多种元素中，单质属于金属的叫金属元素，其它一般统称为非金属元素。

化合物

由不同种元素组成的纯净物叫做化合物，例如水。化合物中各元素的原子都是相互结合着的，所以和各组成元素的单质的性质都不相同。例如，虽然水和二氧化碳中都含有氧元素，但都不表现出氧气的那种能支持燃烧的化学性质。

化合物的组成比较复杂。研究化合物的组成不但要测定其中所含的元素种类，还要测定各种元素之间的质量比或百分含量。

【练习与思考】

推断化合物的组成元素

已知铜、碳（木炭的主要成分）都是单质；铜或碳和氧气加热时都能发生化学反应，各生成一种化合物氧化铜或二氧化碳。试由已观察、讨论过的碱式碳酸铜的分解反应和水的电解反应，推断碱式碳酸铜的组成元素。

作业 4

将正确答案的序号填在题后的括号里

1.下列叙述错误的是 [ ]

A.氢气是单独存在的氢元素

B.水和氧气中的氧元素，它们的存在状态不同

C.由不同元素组成的物质一定是化合物

D.一种化合物的组成是一定的

2.下列物质中，属于单质的是（ ），属于化合物的是（ ），属于混合物的是（ ） [ ]

A.碳 B.空气

C.氧化镁 D.水

2.5 化学式

化学式

（1）化学式的概念

我们已经知道水有一定的组成：含有氢元素和氧元素，这两种元素的原子个数之比为 2：1。因此，我们可以用元素符号和数字组成的式子 H_2O 来表示水的组成。这种用元素符号来表示物质组成的式子叫做化学式。纯净物都有一定的化学式，这些是通过实验测定了物质的组成后得出来的。化学式是化学专用语言（化学用语）。因为化学式“ H_2O ”准确地表示了水分子的构成，所以 H_2O 也可以表示一个水分子。这种同时能代表分子的化学式也叫做分子式。分子式是化学式中的一种。虽然不少物质的化学式同时又是它们的分子

式，但是许多物质却并非如此。对此，同学们一时难以分清，为了简便起见本书一律用化学式表示物质的组成。

（2）化学式的写法

金属和多数固态的非金属单质，结构比较复杂，通常就用元素符号表示它们的化学式，例如单质铁用 Fe 表示，单质碳用 C 表示。

有些气体单质的分子由单个原子构成，这些单质的化学式就用元素符号表示，例如氦气的化学式为 He。

有些非金属单质是由分子构成的，如果它们的分子由 2 个原子构成，它们单质的化学式，就用在元素符号的右下角加 2 来表示，例如氧气的化学式为 O_2，氢气的化学式为 H_2 等。

单质的名称通常就是元素的名称（如果一种元素能形成几种单质，则要用一定的方法来加以区别）。如果单质在常温下是气态，则常在元素名称后加一“气”字来表示。如氢气、氮气等。

由两种元素组成的化合物，化学式的写法是：先写出组成这种化合物的各元素的元素符号，然后在每种元素符号的右下角用数字标出组成这种化合物的各种元素的原子个数比（如果是 1 个原子，则“1”字省略）。对于由氧元素与另一种元素组成的化合物，一般要把氧元素的符号写在另一元素符号的右方。对于由一种金属与一种非金属元素组成的化合物，一般要把非金属元素的符号写在金属元素符号的右方。例如氧化镁、二氧化碳、二氧化硫、氧化铁和四氧化三铁、氯化钠的化学式分别为 MgO、CO_2、SO_2、Fe_2O_3 和 Fe3O4、NaCl。上例还表明：由两种元素组成的化合物的名称，一般是从右向左读作“某化某”，有时还要读出化学式里各种元素的原子个数。

有关化学式的计算

（1）物质的式量

化学式中各元素原子量与其原子个数之积的总和就是式量。可见物质的式量也是个比值，是没有单位的。例如，H_2O 的式量＝1×2＋16＝18，即水的式量为 18；

NaCl 的式量＝23＋35.5＝58.5，即氯化钠的式量为 58.5；

CO_2 的式量＝12＋16×2＝44，即二氧化碳的式量为 44[①]。

从上述计算和讨论中可知，统一以碳-12 原子的质量作为标准，就能够得出一系列可以比较的原子量、式量，用来进行基本的化学计算。

（2）物质中各元素的质量比和质量百分含量

根据化学式可以计算某物质中各元素的质量比。例如计算 CO_2 中各元素的质量比的方法是

C 的质量：O 的质量＝12：16×2＝3：8

根据化学式可以计算某物质中各元素的质量百分含量。例如计算氮肥硝酸铵（NH_4NO_3）中氮元素的质量百分含量的方法是

先计算 NH_4NO3 的式量：

NH_4NO_3 的式量＝14＋1×4＋14＋16×3＝80

再计算氮元素的质量百分含量：

[①] 由于水的化学式 H2O 和二氧化碳的化学式 CO2 就分别是它们的分子式，所以 18 和 24 也分别是水和二氧化碳的分子量。分子量是式量的一种，它也是没有单位的比值。

$\frac{\text{N的原子量}\times 2}{NH_4NO_3}$的式量$\times 100\%=\frac{14\times 2}{80}\times 100\%=35\%$

如果要计算NH_4NO3中氧元素的质量百分含量，则其计算式应为$\frac{\text{O的原子量}\times 3}{NH_4NO_3}\times 100\%$，答案为60%。算得$NH_4NO_3$中氮元素和氧元素的质量百分含量后，则其中氢元素的质量百分含量必为：

1-35%-60%＝5%

【问题讨论】

水中各元素的质量百分含量是多少？根据水的组成回答：100 千克水完全电解可以得到多少千克氢气？

从上述问题讨论中可见，化学式所反映的物质组成还可用来解决一些相关的化学计算问题。

作业 5

1.将正确答案的序号填在题后的括号里

(1) 下列有关化学式 H_2O 的意义，表述错误的是 [ ]

A.表示一个水分子

B.式量为 18

C.表示水分子中含有氢分子和氧原子

D.表示水的组成

(2) 下列有关式量的分析，正确的是 [ ]

A.式量是有特定含意的、没有单位的比值

B.式量就是原子量

C.式量就是物质分子的质量

D.纯净物各有其一定的式量

(3) 化合物 NO_2 的名称是 [ ]

A.一氮化二氧 B.氮氧二

C.二氧化一氮 D.二氧化氮

(4) 下列化学式书写错误的是 [ ]

A.SZn（硫化锌） B.CaO（氧化钙）

C.Al（铝） D.NaCl（氯化钠）

2.填空

硫黄在空气中燃烧与氧气化合后所得产物中氧、硫元素的原子个数之比等于 2：1，则该产物的化学式是_____，其中氧、硫元素的质量比是_____。

3.计算三氧化硫中各元素的质量比和百分含量。

4.计算氮肥氯化铵（NH_4Cl）中氮元素的百分含量。至少需要施用多少氯化铵，才能向作物提供氮元素 28 千克？

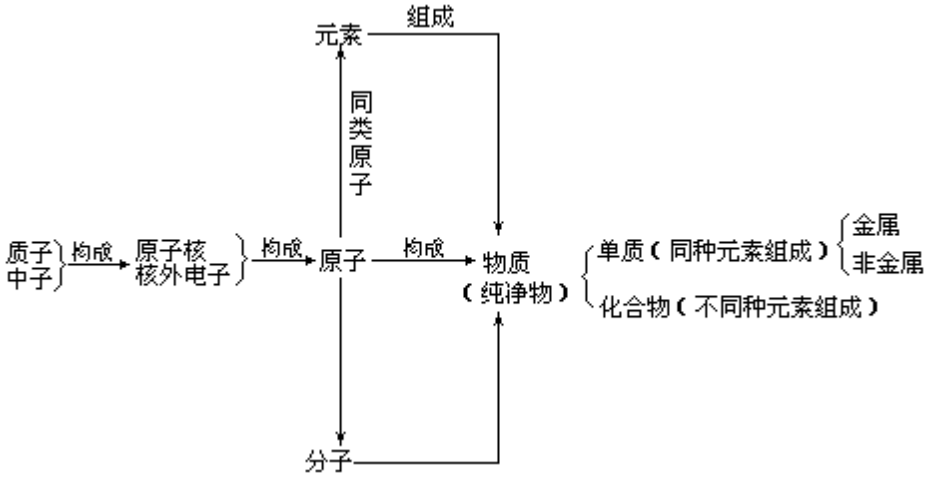
复习与练习

一、整理知识

1.水的存在、物理性质及其与人类的关系。

2.水的电解；水的组成；分解反应。

3.原子、分子、元素和单质、化合物的基本概念：



4.化学用语和化学量的初步知识、技能：

元素符号和原子量——化学式和式量——有关化学式的计算。

二、练习题

1.将正确答案的序号填在题后的括号里

（1）下列物质中，不属于由分子构成的单质是 [ ]

A.氧气 B.水

C.碳 D.铝

（2）下列叙述正确的是 [ ]

A.物质都由分子构成

B.原子不能再分

C.由铁元素和氧元素只能组成一种化合物

D.分子由原子构成

（3）下列有关元素概念的叙述，错误的是 [ ]

A.元素是核内具有相同中子数的一类原子的总称

B.元素是核内具有相同质子数的一类原子的总称

C.元素是具有相同核电荷数的一类原子的总称

D.元素是具有相等质量的一类原子的总称

（4）下列有关氢元素性质的描述，错误的是 [ ]

A.氢气可以在空气中燃烧

B.氢元素的原子量最小

C.电解可使水中的氢元素变成氢气

D.水中的氢元素可以在空气中燃烧

（5）化学式 SiO_2 可表示 [ ]

A.一种由硅原子和氧分子组成的化合物

B.一种由原子个数比为 1：2 的硅元素和氧元素组成的混合物

C.一种硅和氧气的混合物

D.一种由原子个数比为 1：2 的硅元素和氧元素组成的化合物

（6）化学式为 NH_3、NH_4Cl 和 $(NH_4)_2SO4$ 的三种化合物中氮元素的百分含量，从大到小的排列顺序是 [ ]

A.$(NH_4)_2SO_4$，NH_4Cl，NH_3

B.NH_3，$(NH_4)_2SO_4$，NH_4Cl

C.NH_3，NH_4Cl，$(NH_4)_2SO_4$

D.NH_4Cl，$(NH_4)_2SO_4$，NH_3

（7）关于化学式为 N_2O4 的物质的下列叙述，正确的是 [ ]

A.叫做二氧化氮　　B.叫做二氮化四氧

C.它的式量约等于 92　　D.叫做四氧化二氮

（8）下列物质中，具有固定组成的是 [ ]

A.空气　　B.天然水

C.氯化钠　　D.氢气和氧气的混合气体

（9）下列变化中，（ ）属于分解反应 [ ]

A.一氧化碳＋氧气 $\xrightarrow{\text{点燃}}$ 二氧化碳

B.糖＋水→“糖水”

C.铜＋氧气 $\xrightarrow{\text{加热}}$ 加热 氧化铜

D.氢氧化铜 $\xrightarrow{\text{加热}}$ 氧化铜＋水

2.已知 3.2 克氧气与 12.7 克铜刚好能化合成一种化合物，计算这种化合物中各元素的百分含量。

3.3.6 克水完全电解，可得氢气和氧气各多少克？若将所得气体混合后点火，生成多少克什么物质？

4.多少千克 $(NH_4)_2SO_4$ 中所含的氮元素，与 160 千克 NH_4NO_3 中氮元素的量相等？

5.元素 R（元素的代号）的一种含氧化合物的化学式为 RO_2，其中氧元素的质量百分含量为 50%。解答下列问题：

（1）计算 R 的原子量，并判断 R 可能是什么元素。

（2）元素 R 与氧元素可以组成另一种化合物，它的式量是 80，其中元素 R 的质量百分含量为 40%。试通过计算写出它的化学式。

6.已知氯酸钾（$KClO_3$）在一定条件下加热分解时，能完全变成氧气和另一种不含氧元素的化合物。问：

（1）4.9 克氯酸钾加热完全分解，至多可以制得氧气多少克？

（2）反应时所得另一种化合物中钾元素的质量百分含量是多少？

第 3 章　空气　氧气

空气是人类和生物生存所必需的物质，人的生命，如果没有食物，可以维持几个星期，如果没有水，可以维持几天，要是没有空气的话，连几分钟都不能维持。空气还起着调节气候的作用，同时也是一种重要的自然资源。

本章将研究空气的组成，并着重研究空气成分中的一种重要气体——氧气，还要研究怎样用化学符号来表示物质之间的化学变化——化学方程式。

3.1 空气

空气的成分

1.空气是一种混合物

我们在小学自然课本中已经学习过空气。在 18 世纪中叶以前，人们曾长期把它看作是一种单一的物质。后来，许多科学家对燃烧现象进行深入的研究后，才认识到空气是多种物质的混合物。18 世纪 70 年代，科学家又证明空气主要由氮气和氧气组成。

2.测定空气中氧气含量的方法

用来测定空气中氧气含量的方法很多，在实验室里常用下面的方法来粗略地进行测定。

【观察与思考】

将玻璃钟罩放入水槽搁稳在水底的三块小玻璃片上，以水面为基准线，将钟罩水面以上的容积划为 5 等分。装置如图 3－1 所示。再将盛在燃烧匙(插在橡皮塞中）内的适量红磷点燃，立即插入钟罩内，塞紧橡皮塞。红磷在钟罩内燃烧，有大量白烟生成，同时水面逐渐上升，当燃烧停止后，白烟逐渐消失，再向水槽中加水，使水槽中的水面与钟罩内的水面相平，这时可见到钟罩内水面上升了，进入钟罩里的水约占原有气体体积的 1/5。打开钟罩上的橡皮塞，再次将盛有燃着的红磷的燃烧匙伸入钟罩内，观察现象。

通过上述实验可以观察到，红磷燃烧消耗了钟罩内约 1/5 体积的气体后，燃烧停止，剩余的气体不支持红磷的燃烧。

【问题讨论】

1.红磷燃烧时，消耗了空气中的哪种成分？

2.为什么红磷燃烧时，只消耗了钟罩内气体的 1/5 体积而不是全部？

3.当第二次将盛有燃着的红磷的燃烧匙伸入钟罩内时，为什么火焰立即熄灭？

4.本实验能说明空气组成的哪些问题？

【选学】空气组成的研究

早在 18 世纪中叶，英国化学家布拉克和他的学生卢塞福，用动物的呼吸和蜡烛及磷的燃烧，发现了空气中含有不能维持动物生命和具有灭火性质的“浊气”，即氮气。

随着对燃烧现象的深入研究，瑞典化学家舍勒用多种方法制得了氧气，并研究了它的性质，还用实验证明这种气体也存在于空气中。空气中除了它，剩下来的就是“浊气”。差不多在同一时期，英国化学家普利斯特里，利用大的聚光镜来加热汞锻灰（成分是氧化汞）也得到了氧气。遗憾的是他们都

不知道这意味着发现了新元素。

法国化学家拉瓦锡知道了普利斯特里制取氧气的方法后，马上重复进行试验，他应用天平作为研究化学的工具，并注意了化学反应前后物质质量的变化，这就是著名的研究空气成分的实验。

拉瓦锡把少量的汞放在密闭容器里连续加热了 12 天（图 3－3），结果发现有一部分银白色的液态汞变成了红色粉末，同时容器里的气体体积减少了约 1/5，他研究了剩余的那部分气体，发现这部分气体既不能供给呼吸来维持动物生命，又不能支持燃烧，这就是现在所说的氮气。

拉瓦锡又把汞表面生成的红色粉末（氧化汞）全部收集起来，放在另一个容器里加热，结果得到了汞和氧气，而且氧气的体积恰好等于密闭容器里所减少的气体的体积。他再把得到的氧气加到前一个容器中，结果得到的气体跟空气的性质一样。通过这些实验，拉瓦锡得出了空气是由氮气和氧气组成的结论。

在 19 世纪末以前，人们深信空气中仅含有氮气和氧气，后来，科学家陆续发现了氦、氖、氩、氪、氙等稀有气体，才认识到空气中除了氮气和氧气外，还有少量二氧化碳、水蒸气和其它气体及杂质。按体积计算，空气中约有氮气 78%、氧气 21%、稀有气体 0.94%、二氧化碳 0.03%、其它气体及杂质 0.03%（图 3－4）。

【选学】稀有气体的发现和利用

1868 年法国天文学家詹森在观察日全食时，从太阳光谱中发现了一条新的谱线，从而最早发现了稀有气体，后来将这种稀有气体命名为氦（希腊文是“太阳”的意思）。

19 世纪末，英国物理学家雷利在研究氮气时，发现从空气中制得的氮气在标准状况[①]下的密度略大于从含氮化合物制得的氮气的密度，前者为 1.2572 克/升，后者为 1.2505 克/升，二者质量仅差几毫克，这微小的差异，本来是实验误差所允许的，但雷利没有忽视这微小的差异，他花了足足 2 年时间，又做了多次精密的实验，反复观察验证，结果表明实验并无差错。他想可能因为在空气中还有较重的不活泼的气体没有被发现。于是他和他的朋友英国化学家拉姆赛合作，再从科学实验中寻找答案。结果终于在 1894 年揭开了这个秘密。两位科学家共同发现了一种新元素组成的气体，这就是氩，希腊文是懒惰的意思，即性质不活泼。接着在 3 年内，拉姆赛又先后发现了氦、氖、氪、氙等气体。由于拉姆赛发现了 5 种稀有气体，为此，他获得了 1904 年诺贝尔化学奖。

稀有气体是氦、氖、氩、氪、氙等气体的总称，由于它们的化学性质很不活泼，一般情况下不跟其它物质发生化学反应，所以人们曾称它们为“惰性气体”。其实惰性气体的“惰”性并不是绝对的，随着科学技术的发展，后来发现，在一定条件下，有些惰性气体还是能跟某些物质发生化学反应生

[①] 标准状况指的是温度为 0℃和压强为 1.013× 105 帕时的状况。

成其它物质的。

由于稀有气体有它的特殊性质，在生产和科学研究中有着广泛的应用。

在一些工业生产中，常把它们用作保护气，例如用氩气来隔绝空气，防止金属在高温焊接时跟其它物质发生反应；又如把氩气和氮气的混合气体充入灯泡里，可使灯泡经久耐用。

氦气的密度仅次于氢气，用氦气填充气球或飞艇，要比用氢气安全得多，氦气混在塑料、人造丝、合成纤维中可制成非常轻柔的泡沫塑料、泡沫纤维。氦气还可用来代替氮气和氧气混和，作“人造空气”供深海潜水员呼吸用，防止微血管的阻塞。

氖气、氪气和氙气常用于激光技术；氪气和氙气能吸收 X 射线，可用于 X 射线工作时的遮光材料；氙气在医学上还可作麻醉剂。

稀有气体还有一个特性，在通电时会发出有色的光，不同的稀有气体会发出不同颜色的光。因此，它们在电光源中能制成五光十色的霓虹灯；在石英玻璃管里充入氙气的氙灯，通电时能发出比荧光灯强几万倍的强光，因此叫做“人造小太阳”，广泛应用于广场、飞机场、体育场等的照明（图 3－5）。

氩气的发现是从几毫克的差异开始的，这对我们培养一丝不苟的学习态度是很有启迪作用的。

空气的污染和防治

一个成年人平均每天呼吸约需要 1 万升的空气，重量相当于 13.6 千克，比吃进去的食物还要重好几倍。所以，空气的质量好坏是极为重要的。

大气的成分本来是比较稳定的，即使一些有害物质进入大气，由于自然界有巨大的自净能力，仍能使空气保持清新。但是近代由于工业、交通运输业的迅速发展，大量的废物，特别是有害气体和烟尘的排放，超过了自然界的净化能力，造成了空气的污染。

（1）空气的主要污染物和污染源

每年进入大气的污染物数量是十分惊人的，种类也很复杂，目前已被人们注意的就有 100 多种，其中对人类环境危害较大、影响范围较广的大气污染物是颗粒物质、一氧化碳、二氧化硫、氮的氧化物、碳氢化合物等。一般燃料燃烧会产生大量的二氧化碳，还有一氧化碳、二氧化硫和固体微粒，汽车排出的废气中，还常含有碳氢化合物、氮的氧化物等。据资料报导，1990 年全球由于人类活动而向大气排放的硫氧化物有 9900 万吨、氮氧化物有 6800 万吨，这是多么惊人的数字啊！

产生污染物的场所、设备等叫做污染源，其中人为污染源有工业污染源、农业污染源、交通运输污染源和生活污染源。工业污染源是目前危害最大的污染源，产生的污染物主要是在工业生产过程中排放的“三废”等；农业污染源产生的污染物，主要是农药、化肥以及动植物产品加工和它们的遗弃物腐烂后挥发到大气中的各种气体与固体微粒等；交通运输污染源产生的污染物包括泄漏的燃料、排放的废气，以及发出的噪声等；生活污染源产生的污染物包括居民生活中排出的各种污染物。

大气中的各种污染物，通过呼吸道侵入人体，损害人体的健康，影响作物的生长，造成鱼类的减少，破坏自然资源，而且还会腐蚀建筑物、仪器和设备等。

（2）如何防治大气污染

防治大气污染，首先应减少和防止大气污染物的排放，合理利用环境自净能力。实际上大气污染的形成同许多因素有关，如工业布局、燃料结构、净化手段等。如果工业过分集中，该区域污染物的排放量大，大气自然净化不了，必将造成当地的大气污染，所以工业布局要合理。能源结构要改变，燃烧方法要改进，工艺过程要优化。对废气要采取净化措施，如排出的烟气，可经电除尘装置净化后再排入大气，汽车上要安装尾气净化装置。要积极开展绿化造林，增加植被。植物不仅具有美化环境、调节气候的作用，还具有截留粉尘、吸收大气中有害气体，使空气得到净化的功能。此外，还应建立空气监测网和警报系统，当污染严重时，就发出警报，使排污单位立即采取措施，将污染程度迅速降下来。最后还要加强环境的法制管理，严格防止新的污染源产生。

【问题讨论】

1.空气污染会造成哪些危害？

2.为什么在公共场所要提倡禁止吸烟？

【社会调查】

调查你附近某区或某工厂空气污染的情况，并了解有无防治措施？效果如何？

作业 1

1.空气中含量最多的气体是_____；能支持燃烧的气体是_____；能使澄清的石灰水变浑浊的气体是_____；化学性质极不活泼的几种气体的总称是_____。

2.下列叙述错误的是 [ ]

A.空气是混合物

B.从整体上看，空气中的氧气与氮气的体积比约为 1∶4

C.新鲜的空气就是纯净物

D.居室内的空气一般比室外的空气含的二氧化碳多

3.造成空气污染的主要原因是什么？主要污染物是指哪些物质？

3.2 氧气的性质和用途

氧气是空气的主要成分之一，本节将着重讨论氧气的性质和用途。

氧气的物理性质

【观察与思考】

展示一瓶氧气，观察它的颜色、状态，并闻一闻它的气味。

在通常情况下，氧气是一种无色、无味的气体，在标准状况下氧气的密度为 1.429 克/升，比空气略重（空气的密度为 1.293 克/升）。氧气在 1.013×10^5 帕下，—183℃时液化，液态氧呈蓝色，—218℃时凝固为淡蓝色的雪花状固体。氧气不易溶于水，1 升水中大约能溶解 30 毫升氧气。氧气在水中虽然溶解得很少，但鱼类等水生动植物的生存，却有赖于溶解于水中的氧气。

氧气的化学性质

为了研究氧气的化学性质，让我们做几个实验，看看它跟哪些物质发生反应，反应需要什么条件，反应时有什么现象，反应后生成什么物质？

【观察与思考】

1.取一小块木炭，放在燃烧匙里，伸进盛有氧气的集气瓶，观察木炭是否燃烧。

2.再把木炭在酒精灯上加热到发红，先观察它在空气中燃烧的情况，然后连同燃烧匙伸进盛有氧气的集气瓶里，观察现象。

3.待燃烧停止后，立即向瓶内倒进一些澄清的石灰水，并加以振荡，再观察石灰水发生什么变化（图 3－7）。

【问题讨论】

1.木炭在氧气里燃烧和在空气里燃烧有什么不同？为什么？

2.木炭在氧气里燃烧有什么物质产生？用什么实验可以验证？

木炭（主要成分是碳）在氧气里燃烧比在空气里燃烧得更旺，同时发出白光并放出热量。

木炭跟氧气的反应，可用文字式表示如下：

$$\text{碳} + \text{氧气} \xrightarrow{\text{点燃}} \text{二氧化碳}$$
$$C \qquad O^2 \qquad\qquad CO^2$$

【观察与思考】

在燃烧匙里放少量硫粉，在酒精灯上点燃，注意观察硫在空气里燃烧时的现象，然后再把燃着的硫连同燃烧匙伸进盛有氧气的集气瓶里，注意观察硫在氧气里燃烧时的现象（图 3－8）。

硫在氧气里燃烧比在空气中燃烧得更激烈，发出明亮的蓝紫色火焰，生成一种叫做二氧化硫的带有刺激性气味的无色气体，并放出热量。这个反应也可

用文字式表示如下：

$$\text{硫} + \text{氧气} \xrightarrow{\text{点燃}} \text{二氧化硫}$$
$$S \quad O_2 \qquad\qquad SO_2$$

【问题讨论】

试想磷在氧气里燃烧与磷在空气中燃烧的现象会有什么差异？

【观察与思考】

铁丝也能燃烧吗？在什么条件下才能燃烧？铁丝燃烧是什么样的？

取一根无锈光洁的细铁丝，把它绕成螺旋状，一端系一根粗铁丝，另一端系上一小段火柴梗，手持粗铁丝，点燃火柴梗后连细铁丝一同伸进盛有氧气的集气瓶里（图 3－9），观察发生的现象（集气瓶内应预先装少量水或在瓶底铺上一薄层湿的细砂）。

【问题讨论】

1.为什么细铁丝一端要系上一小段火柴梗，并点燃后再伸进氧气瓶里？

2.细铁丝在氧气瓶里燃烧时，火星四射，生成的黑色固态物质（四氧化三铁）熔化而溅落瓶底，这些现象说明了什么？

3.本实验为什么要在集气瓶里预先装少量水或在瓶底先铺一薄层湿的细砂？

4.推测镁条在氧气里燃烧将会有什么现象（回忆过去镁条在空气里燃烧的实验）？

铁在氧气中燃烧的反应可用文字式表示如下：

铁＋氧气 $\xrightarrow{\text{点燃}}$ 点燃四氧化三铁

$Fe \quad O_2 \quad Fe_3O_4$

从上面一些实验可以看出：

1.物质在氧气中燃烧比在空气中燃烧剧烈，甚至有些在空气中一般不能燃烧的物质，却能在氧气中燃烧。

2.物质在氧气中燃烧时，一般都有大量的热放出。可见在化学反应中，不仅有新物质生成，还伴随有能量的变化。

木炭、硫黄、磷、铁等物质在氧气里燃烧时，生成了相应的二氧化碳、二氧化硫、五氧化二磷、四氧化三铁。像这种由两种元素组成，其中一种是氧元素的化合物叫做氧化物。在上述这些反应中还有一个共同点，就是由两种物质起反应而生成另一种物质，我们把由两种或两种以上物质生成另一种物质的化学反应叫做化合反应。

【观察与思考】

氧气除了和碳、硫、磷、铁等单质反应外，还可以和哪些物质反应呢？

把燃烧匙里点燃着的一小段蜡烛伸进盛有氧气的集气瓶里，观察现象。待燃烧停止并冷却后，仔细观察瓶壁上有什么现象？取出蜡烛，向瓶里倒进一些澄清的石灰水，振荡，观察石灰水有什么变化（图 3－10）？

【问题讨论】

蜡烛在氧气里燃烧是否也属于化合反应？为什么？

蜡烛（主要成分是由碳和氢两种元素组成的石蜡）在氧气里燃烧比在空气里燃烧得更旺，发出白光和放出热量，在冷的瓶壁上有水雾出现，产生的气体能使澄清的石灰水变浑浊，这说明石蜡与氧气反应除产生二氧化碳气体外还有水生成。所以这个反应不属于化合反应。

我们日常见到的煤、木材、汽油、酒精等物质在空气中燃烧，实质上也是跟空气中的氧气发生了化学反应。这些反应都是属于我们通常所说的氧化反应。氧化反应不一定都是化合反应。

综上所述，氧气不仅能跟多种非金属和多种金属反应，而且还能跟某些化合物反应，这些反应都放出热量，甚至剧烈地燃烧，可见氧气是一种化学性质比较活泼的气体。

氧气的用途

物质的用途是由物质的性质决定的。由于氧气具有易于跟其它物质发生反应并放出热量的性质，氧气在工农业生产和科学研究方面有着许多用途。供给呼吸和支持燃烧是氧气的重要用途，但在一般情况下只需空气就可以了，只有在特殊情况下，才需要使用纯氧，例如不能进行正常呼吸的病人，常需要供给富氧空气；在低氧或缺氧环境中工作的人，如宇航员、高空飞行员、登山运动员、潜水员等都要携带供氧设备；氧炔焰可以用来焊接或切割金属；炼钢炉里鼓入富氧空气可以加速冶炼过程，提高钢的质量和产量；在国防工业和宇航工业上，液氧可用于制造液氧炸药和火箭燃料的助燃剂等。图 3－11 简要地表示出氧气的一些主要用途。

【选学】臭氧

在空气中还存在着一种极微量的气体叫臭氧，它的化学式为 O_3，主要分布在距地面 10～15 千米的高空，形成一层臭氧层。

氧气在高压放电的条件下能转变成臭氧，它是化学性质比氧气更为活泼的氧元素的另一种单质。

$$\underset{(O_2)}{\text{氧气}} \xrightarrow{\text{放电}} \underset{(O_3)}{\text{臭氧}}$$

臭氧是一种浅蓝色有特殊臭味的气体，具有很强的氧化性和杀菌能力。

只要臭氧的浓度达到百万分之 0.02（质量），人的鼻子就能觉察到它的刺激性气味。有时我们在松树林里或雷雨过后，会觉得空气格外新鲜，就是因为这时空气中有一小部分的氧气转变成了臭氧。空气中含有极微量的臭氧，对人体健康是有益的。

臭氧层能大量吸收太阳光线中的紫外线，对地球上的生物起到保护作用。但是排放到空气中的一些有害物质（主要是氮的氧化物、氟氯烃等）能破坏臭氧层，据统计，臭氧在大气中的含量每减少 1%，太阳紫外线辐射到地面的量就增加 1.5%～2.0%，皮肤癌患者就可能增加 5%～7%。人类活动对臭氧层含量的影响已成为一个全球关注的问题。目前在南极上空已出现臭氧“空洞”，国际上正在积极研究，以防止臭氧层进一步遭到破坏。

作业 2

1.下列叙述正确的是 [ ]

A.将木炭或硫粉放入氧气瓶里，木炭或硫粉就会立即燃烧起来

B.氧气的性质很活泼，跟所有的物质都能发生剧烈的氧化反应

C.气态、液态和固态的氧都是无色无味的

D.氧化反应不一定是化合反应

2.在三个集气瓶里分别盛满空气、氧气、氮气，用什么简便的方法能鉴别它们？

3.用线段将在实验中观察到的下列物质燃烧时的现象，连接起来。

木炭在氧气里燃烧	火星四射，有生成物熔化溅落
硫在氧气里燃烧	发出白光，瓶壁有水雾
磷在空气里燃烧	生成大量白烟
细铁丝在氧气里燃烧	发出白光
蜡烛在氧气里燃烧	发出蓝紫色火焰

4.有些鱼塘装有增氧机，即一种装有叶片的滚盘，滚盘一半浸在水中，启动后不断旋转，将水不断抛出水面，然后再落到池塘里。试说明为什么要用增氧机？增氧的原理是什么？

5.某学生设计了比较氧气和空气密度的如下实验：将两个用玻璃片盖着的装有氧气的集气瓶，一个正放在桌上，一个倒悬着，去掉盖着的玻璃片，半分钟后，将带火星的木条分别伸入两瓶内，结果发现有不同的现象，于是他得出了正确的结论。你想实验中有什么不同的现象？为什么据此能得出正确的结论？

3.3 燃烧和缓慢氧化

在有历史记载以前，人类就已学会了取火，火逐渐成为人类改造自然的

强大手段。先是利用可燃物燃烧所放出的光和热来照明、取暖，继而烧烤食物，从而结束了人类茹毛饮血的时代，接着用来烧制陶器、冶炼金属等，可见燃烧与人类的生活和生产有着多么密切的联系。

什么是燃烧呢？通常所说的燃烧，指的是可燃物跟空气中的氧气发生的发光发热的剧烈的氧化反应。但是，并不是所有的氧化反应都表现为燃烧。那么，物质在什么条件下会发生燃烧呢？燃烧的条件

【观察与思考】

取一块薄的铁片，用铁夹固定在铁架台上，铁片上一边放一粒绿豆大小的白磷，另一边放少许红磷，使两者相距 10 厘米，铁片下面用酒精灯加热，并使火焰位于白磷和红磷两者中央（图 3－12），注意观察发生的现象。

通过上述实验，我们看到加热不久，铁片上的白磷就产生白烟并开始燃烧，而此时红磷尚未燃烧。

【问题讨论】

生煤炉时，要用纸和木柴“引火”，为什么？

实践证明，一般可燃物在空气或氧气中燃烧，必须要达到该物质着火燃烧所需要的最低温度，这个最低温度叫做该物质的着火点。不同的物质，着火点不同。

表 3－1　几种常见物质的着火点

可燃物	白磷	红磷	硫	木炭	酒精	无烟煤
着火点（℃）	40	240	260	320～370	558	700～750

【观察与思考】

在烧杯中注入约 1/2 体积的水，放入一块绿豆大小的白磷，用一个带有气唧的漏斗罩在白磷的上方，用气唧鼓入空气（图 3－13），观察白磷是否燃烧；停止鼓气，给烧杯加热，不久白磷在水下熔化成球状，观察白磷是否燃烧；然后再小心地鼓入空气，观察白磷是否燃烧。

【问题讨论】

1.为什么第一次捏动气唧时白磷并不燃烧？2.当加热烧杯中的水，白磷虽已熔化，为什么仍不能燃烧？

3.通过本实验能说明燃烧需要哪些条件？

由此可见，我们日常见到的可燃物要发生燃烧，必须同时具有两个条件，即（1）跟氧气（或空气）接触；（2）温度要达到可燃物着火点。

那么，当可燃物燃烧引起火灾时，你能想出灭火的两种方法吗？

缓慢氧化和自燃

【观察与思考】

将一张滤纸涂上白磷的二硫化碳[①]溶液，然后，用夹子夹住这张滤纸挂在铁架台上（图 3－14），暴露在空气中，静置，注意观察发生的现象。

【问题讨论】

为什么涂有白磷的二硫化碳溶液的滤纸，在空气里暴露不久，就能自发

[①] 二硫化碳是一种极易挥发的液体。

燃烧起来？

燃烧是一种剧烈的氧化反应。自然界里还有一些氧化反应却进行得很慢，以致不易觉察，这种氧化叫做缓慢氧化，如铁的锈蚀、食物的腐败、橡胶的老化等。可燃物缓慢氧化放出的热量如不及时散失，就会越积越多，使物体的温度逐渐升高，当达到它的着火点时，不经点火就会引起自发的燃烧，这种由于缓慢氧化而引起的自发燃烧叫做自燃。

上面实验中看到的涂有白磷的二硫化碳溶液的滤纸，暴露在空气中不久就自发燃烧起来，就是一种自燃现象。因为溶有白磷的二硫化碳不断挥发，将白磷的微小颗粒留在滤纸上，与空气中的氧气发生缓慢氧化反应，放出热量使滤纸表面的温度升高，很快达到白磷的着火点，白磷就燃烧起来，并点燃了滤纸。

生物的呼吸作用，就是从外界吸入氧气，在体内发生缓慢氧化，产生的热量用于保持体温和提供机体活动的能量。

【问题讨论】

学到这里，对第 1 章所说的“ 天火 ”你能作出科学解释吗？采取哪些措施可以防止“ 天火 ”的发生呢？

爆炸和爆炸极限

面粉厂、化工厂、纺织厂和一切仓库以及汽车加油站、煤矿矿井等地，都严禁烟火，甚至不准穿着带铁钉的硬底鞋进出，这是为什么呢？我们知道燃烧要有两个条件，即要供给充足的空气（或氧气）和温度要达到可燃物的着火点。而成包的面粉、整块的煤块，它们和空气接触仅在物体的表面，因此不易着火。如果面粉、煤粉悬浮在空气中，并且达到一定的含量，那就不同了，由于它们每一粒粉尘的体积很小，表面都和空气充分接触，任何微小的火种都会使它们急速燃烧，并在短时间内放出大量的热，产生的气体在有限的空间里迅速膨胀，压强骤然增大而引起爆炸。如果不是固体粉尘，而是可燃性气体或易燃液体的蒸气，也会有同样的结果。所以，一切可燃性气体、可燃性液体的蒸气和可燃性粉尘，在空气中达到一定的浓度时，遇火种都可能发生爆炸。这个浓度范围叫做爆炸极限。例如空气中混有 1.3%～6%体积的汽油蒸气时，遇火就可能发生爆炸，所以汽车加油站等地必须严禁烟火。

表 3－2 某些可燃性气体、可燃性液体的蒸气在空气中的爆炸极限

可燃物	爆炸极限（体积百分数）
汽油	1.3 ～ 6
乙醚	1.85 ～ 36.5
酒精	3.3 ～ 19
氢气	4.1 ～ 74.2
天然气	5 ～ 15
一氧化碳	12.5 ～ 74.2

我们在日常生活中，应十分注意防止厨房中的煤气或液化石油气的泄漏，以免一旦遇火引起爆炸。同时，也要注意通风，以免发生中毒事故。

常见易燃、易爆物的安全知识

易燃物通常指的是着火点低的可燃物。其中有气体，如氢气、乙炔、煤气等；有液体，如汽油、酒精、乙醚、丙酮等，它们极易挥发成气体；有固

体，如硫黄、红磷、镁粉、铝粉、樟脑、硝化棉等。还有如白磷等一类暴露在空气中就能自行燃烧的易燃物，以及遇水能剧烈反应产生可燃性气体而致燃的金属钾、钠和电石等。这些易燃物都应严格按照各自的储存和使用规则单独存放于阴凉通风并远离火种的特定场所。在用易燃物进行加热或燃烧时，要严格遵守操作规程，使用易挥发的可燃液体时，要防止其蒸气逸散，实验装置要严密，不能漏气，绝对不能在燃烧的火焰附近转移或添加易燃物。

易爆物一般是指某些因受到骤热、撞击、引燃，甚至磨擦等因素就能发生剧烈的化学反应，而导致爆炸的物质或混合物。典型的易爆物有硝化甘油、三硝基甲苯（TNT）等，还有一些强氧化性的物质如氯酸钾、高锰酸钾、硝酸钾、硝酸铵等与可燃物如木炭、红磷、镁粉、锌粉等的混合物。此外，还有可燃性气体、蒸气或粉尘与空气（或氧气）在爆炸极限范围内的混合物等。

易爆物必须隔离存放在安全的专用场所或设备中。强氧化性物质不能和可燃性物质存放在一起，并避免接近热源和阳光直射，杜绝火种，取用时要轻拿轻放。

在实验室实验过程中，固体试剂不能任意混合研磨，也不能将残液任意相混合，对剩余的含易爆物的废渣、废液要经处理确认安全后才能投入废物缸内，废物缸也要及时处理，不能搁置过久。

【社会调查】

到造纸厂或木材加工厂向工人师傅了解，堆放稻草和木屑时，是怎样防止自燃的。

作业 3

1.填空

（1）通常所说的燃烧指的是可燃物跟____发生的一种发光发热的_____。

（2）要使可燃物燃烧，必须具备的两个条件是_____和_____。

（3）自燃是由_____引起的_____。

2.用扇子扇燃着的煤炉，炉火会烧得更旺，而用扇子扇燃烧着的蜡烛，却一扇就熄，这是什么原因？

3.用线段将下列两边相关的词语连接起来

（1）氧气	是一种缓慢氧化过程
（2）金属生锈	可燃物燃烧所需的最低温度
（3）着火点	是一种化学性质较活泼的气体
（4）燃烧	是一种发光发热的剧烈的氧化反应

3.4 氧气的制法

氧气的用途很广，因此必须研究制取氧气的方法。

氧气的工业制法

空气中含有 21%的氧气，是工业上制取氧气的重要的廉价原料。现在工业上主要是用分离液态空气的方法来制氧气，先将空气进行净化，除去灰尘、二氧化碳和水蒸气等，再经压缩、降温，使空气转变为液态空气，然后再蒸发。由于液态氮气的沸点为-196℃，比液态氧气的沸点（-183℃）低，因此，

氮气首先从液态空气中蒸发出来，剩下的主要就是液态氧了。为了便于贮存、运输和使用，通常把氧气加压到 1.5×10^7 帕，贮存在钢瓶中。按国家规定，氧气的钢瓶为天蓝色、黑字。工业上制氧的过程可表示如下：

$$空气 \xrightarrow{加压降温} 液态空气 \xrightarrow{蒸发分离} \begin{cases} 氮气 \\ 液态氧 \end{cases}$$

氧气的实验室制法

在小学自然课本中已经学到了稍稍加热高锰酸钾就可以制得氧气，这是实验室常用的方法之一，这个反应的文字式可表示如下：

$$\underset{KMnO_4}{高锰酸钾} \xrightarrow{加热} \underset{K_2MnO_4}{锰酸钾} + \underset{MnO_2}{二氧化锰} + \underset{O_2}{氧气}$$

实验室还常用氯酸钾来制取氧气，用这种方法时，通常还要加入少量二氧化锰[①]，这是为什么呢？让我们观察下面几个实验。

【观察与思考】

1.把少量二氧化锰放在试管里，在酒精灯火焰上加热，用带火星的木条插入管口（图 3－16a），观察木条是否着火。

2.把少量氯酸钾放在试管里加热，用带火星的木条插入管口，观察木条是否着火，再继续加热直到熔化，用带火星的木条插入管口（图 3－16b），观察木条是否着火。

3.将上述盛有氯酸钾的试管，移离火焰，迅速撒入少量二氧化锰，再用带火星的木条插入管口（图 3－16c），观察木条是否着火？上列实验结果说明什么问题？上述实验事实说明，二氧化锰的成分里虽含有氧，但通常加热时没有氧气放出[①]；氯酸钾加热到较高的温度虽有氧气放出，但速度很慢；若加入少量二氧化锰，即使在稍低的温度下也能迅速地放出氧气。也就是说二氧化锰具有使氯酸钾在较低的温度下迅速发生化学反应放出氧气的功能。值得注意的是，人们通过实验还发现，二氧化锰在上述反应的前后，质量和化学性质都没有改变。这种在化学反应里能改变其它物质的反应速度，而本身的质量和化学性质在化学反应前后都没有改变的物质叫做催化剂（或叫做触媒），催化剂在化学反应中所起的作用叫催化作用。在化学工业里，经常要用适当的催化剂来改变生产中的化学反应速度，以提高单位时间的产量。

加热氯酸钾制取氧气的化学反应可用文字式表示如下：

$$\underset{KClO_3}{氯酸钾} \xrightarrow[加热]{催化剂} \underset{KCl}{氯化钾} + \underset{O_2}{氧气}$$

实验室如何应用上述反应来制取和收集氧气呢？

【观察与思考】

将带有导管的单孔塞子塞紧试管口，检查气密性后，把氯酸钾和二氧化锰按 3∶1 至 6∶1 的质量比混合均匀后，放在试管里，用铁夹固定在铁架台上，给试管加热，用排水集气法收集 1 瓶氧气，并用简单的方法证明生成的气体是氧气（图 3－17）。

[①] 也可加入少量氧化铬或氧化铁等。

[①] 二氧化锰在较高的温度（535℃）时也能分解放出氧气。

【问题讨论】

1.上述实验中试管口为什么要略向下倾斜？

2.是否能用排空气集气法收集氧气？为什么？

3.结束上述实验时，为什么要先从水槽中移走导管，然后再撤酒精灯？

作业 4

1.填空

（1）在实验室里常用_____或_____等物质加热分解来制取氧气。

（2）用排水集气法收集氧气的理由是_____，也可用向上排空气法收集氧气的原因是_____。

（3）在加热掺有少量二氧化锰的氯酸钾制氧气时，二氧化锰是这一反应的_____，反应前后，它的_____和_____都没有发生改变。

（4）催化剂能_____化学反应速度，它所起的作用叫_____。

2.加热氯酸钾和二氧化锰的混合物制取氧气后的残渣中，可能有哪些物质？哪种物质回收后仍能用于制氧气，为什么？

3.有人将氯酸钾和少量高锰酸钾混合后加热，发现很快就能放出大量的氧气，试解释这一现象。

4.在下列括号中填上有关物质的化学式：

（1）高锰酸钾 $\xrightarrow{\text{加热}}$ 锰酸钾 + 二氧化锰 + 氧气

（ ） （ ） （ ） （ ）

（2）氯酸钾 $\xrightarrow[\text{加热}]{\text{二氧化锰}}$ 氯化钾+氧气

（ ） （ ）（ ）

（3）氧化汞 $\xrightarrow{\text{加热}}$ 汞 + 氧气

HgO （ ） （ ）

（4）双氧水 $\xrightarrow{\text{催化剂}}$ 水 + 氧气

H_2O_2 （ ） （ ）

3.5 化学方程式

前面我们曾用文字来表示化学反应，但比较麻烦，而且也无法表示反应物和生成物的组成和各物质之间的量的关系，加上各国的语言文字不同，不便交流。用化学式可表示单质和化合物的组成，是否可以用化学式来表示化学反应呢？本节将学习有关这方面的内容。

质量守恒定律

化学反应的特征是有新的物质生成，那么反应物和生成物之间的质量究竟有什么关系？我们可以通过下面的实验来回答这个问题。

【观察与思考】

在一只干净的锥形瓶里，铺一层干燥的细砂，再放一块火柴头大小的白磷，用橡皮塞塞紧瓶口，把瓶子放在天平的左边托盘上，向右边托盘加上砝码，使天平达到平衡（图 3－18）。然后取下锥形瓶，用酒精灯微热，使白磷在瓶内燃烧（不能打开瓶塞，为什么？），等瓶内白烟消失并冷却到室温

后，再把锥形瓶放在左边托盘上，观察天平是否仍保持平衡。

【问题讨论】

1.白磷在锥形瓶中经微热产生白烟，发生的是物理变化还是化学变化？生成了什么物质？写出文字表达式。

2.反应前后的质量有无变化？

【观察与思考】

在锥形瓶里盛少量蓝色硫酸铜溶液，在橡皮塞上插一胶头滴管，管内吸有氢氧化钠溶液，将塞子把瓶口塞好（图 3－19），把整个装置放在天平的左盘上，在右盘上加上砝码，使天平达到平衡，然后挤压滴管的胶头，使氢氧化钠溶液滴到硫酸铜溶液里，观察有什么现象，天平是否仍保持平衡？

这个反应用文字式表示如下：

氢氧化钠+硫酸铜—→氢氧化铜（沉淀）+硫酸钠

NaOH　　CuSO4　　Cu（OH）$_2$　　Na_2SO_4

从上面两个实验看出，经过化学反应后，天平两边仍然保持平衡，说明在反应前后物质的总质量没有变化，即生成物的总质量仍等于反应物的总质量。

无数实验证明：参加化学反应的各物质的质量总和，等于反应后生成的各物质的质量总和，这个规律叫做质量守恒定律。

为什么物质在发生化学反应前后，各物质的质量总和相等呢？

我们已经知道，化学反应的过程，实质上是参加反应的各物质的原子重新组合的过程。从化学反应前后各物质的组成来看，原子的种类没有改变，原子的个数没有增减，质量当然也没有变化，所以，化学反应前后各物质的质量总和就必然相等。

【问题讨论】

蜡烛燃烧掉一部分后，质量变少了，而铁器生锈后，质量增加了，这些事实跟质量守恒定律有矛盾吗？为什么？

【家庭小实验】

利用你家中现有的条件，设计一个小实验来验证质量守恒定律。

化学方程式

根据质量守恒定律，我们可以利用物质的化学式来表示具体的化学反应，这种用化学式来表示化学反应的式子叫做化学方程式。这是国际上通用的化学语言，例如木炭在氧气中燃烧生成二氧化碳的化学方程式为：

$$C+O_2 \xlongequal{\text{点燃}} CO_2$$

这个式子不仅表明了反应物、生成物和反应条件，同时，通过式量还可以表示反应前后各物质之间的质量关系，即质量比，例如

$$\begin{array}{ccccc} C & + & O_2 & \xlongequal{\text{点燃}} & CO_2 \\ 12 & & 16\times2 & & 12+16\times2 \end{array}$$

就是说在这个反应中，每 12 份质量的碳跟 32 份质量的氧气化合，生成 44 份质量的二氧化碳。根据这种质量关系，可以应用化学方程式进行计算，因此，化学方程式在科学实验和生产上有着重要意义。

怎样书写化学方程式呢？

书写化学方程式必须遵守两个原则：一是以客观事实为基础，绝不能凭空设想，任意臆造事实上不存在的化学方程式；二是遵循质量守恒定律，即等号两边各种原子的种类和数目必须相等。

现以氯酸钾分解制取氧气的反应为例，说明书写化学方程式的具体步骤。

1.写出反应物和生成物的化学式

根据实验事实，在式子的左边写出反应物的化学式，在式子的右边写出生成物的化学式，如果反应物或生成物不止一种，就分别用加号把它们连接起来，并在式子左右两边之间划一短线。

$KClO_3——KCl+O_2$

2.配平化学方程式

根据质量守恒定律，式子两边的化学式前面要配上适当的系数（系数为1 时可省略），使方程式两边的每一种元素的原子总数都相等。这个过程叫化学方程式的配平。只有经过配平，才能使化学方程式反映出在化学反应中各物质间的质量关系。

配平化学方程式的方法很多，这里介绍一种比较简单的方法——最小公倍数法。例如在上边的式子里，左边的氧原子数是 3，右边的氧原子数是 2，两数的最小公倍数是 6，因此，$KClO_3$ 前面配上系数 2，在 O_2 前面配上系数 3。

$2KClO_3——KCl+3O_2$

再观察其它原子，式子左边的钾原子和氯原子数都是 2，右边的钾原子和氯原子数是 1，因此在右边 KCl 的前面配上系数 2。

$2KClO_3——2KCl+3O_2$

式子两边各元素的原子数配平后，把短线改成等号。

$2KClO_3===2KCl+3O_2$

3.注明化学反应发生的条件

化学反应只有在一定条件下才能发生，因此需要在化学方程式中注明反应发生的基本条件，如点燃、加热（常用△表示）、高温、通电、催化剂等，写在等号的上方（如有两种以上的反应条件，则把加热符号写在等号下方）。如果反应物没有气体，而生成物有气体产生，则在气体物质的化学式右边标上“↑”符号，如果反应物和生成物中都有气体，则气体生成物就不必标“↑”。如反应在溶液中进行，生成物中有沉淀产生，则在沉淀物质的化学式右边标上“↓”。例如：

$$2KClO_3 \xrightarrow[\triangle]{\text{催化剂}} 2KCl+3O_2\uparrow$$

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

【问题讨论】

书写化学方程式为什么要遵守质量守恒定律？

【思考与练习】

配平下列化学反应方程式：

1.$HgO—Hg+O_2$

2.$H_2O_2—H_2O+O_2$

3.$C_2H_2+O_2—CO_2+H_2O$

4.FeS_2+O_2—$Fe_2O_3+SO_2$

作业 5

1.根据质量守恒定律解释下列问题

（1）木炭燃烧后，灰烬的质量比木炭的质量小了。镁条燃烧后，生成物的质量比原来镁条的质量大了。这是为什么？

（2）一位学生按照课本上的装置和方法，做质量守恒定律的实验，但他没有把锥形瓶上的塞子塞紧，当磷在锥形瓶中燃烧后，天平失去了平衡，他便怀疑质量守恒定律，你认为对吗？问题出在哪里？为什么？

2.某物质在空气中燃烧，生成二氧化碳和水。据此可知该物质一定含有哪些元素，可能含有什么元素？

3.配平下列化学方程式，并注明反应条件（1）$Al+O_2$——Al_2O_3

（2）H_2+O_2——H_2O

（3）NH_4HCO_3——$NH_3+CO_2+H_2O$

（4）$KMnO_4$——$K_2MnO_4+MnO_2+O_2$

4.写出下列反应的化学方程式

（1）镁在氧气中燃烧，生成氧化镁。

（2）磷在空气中燃烧，生成五氧化二磷。

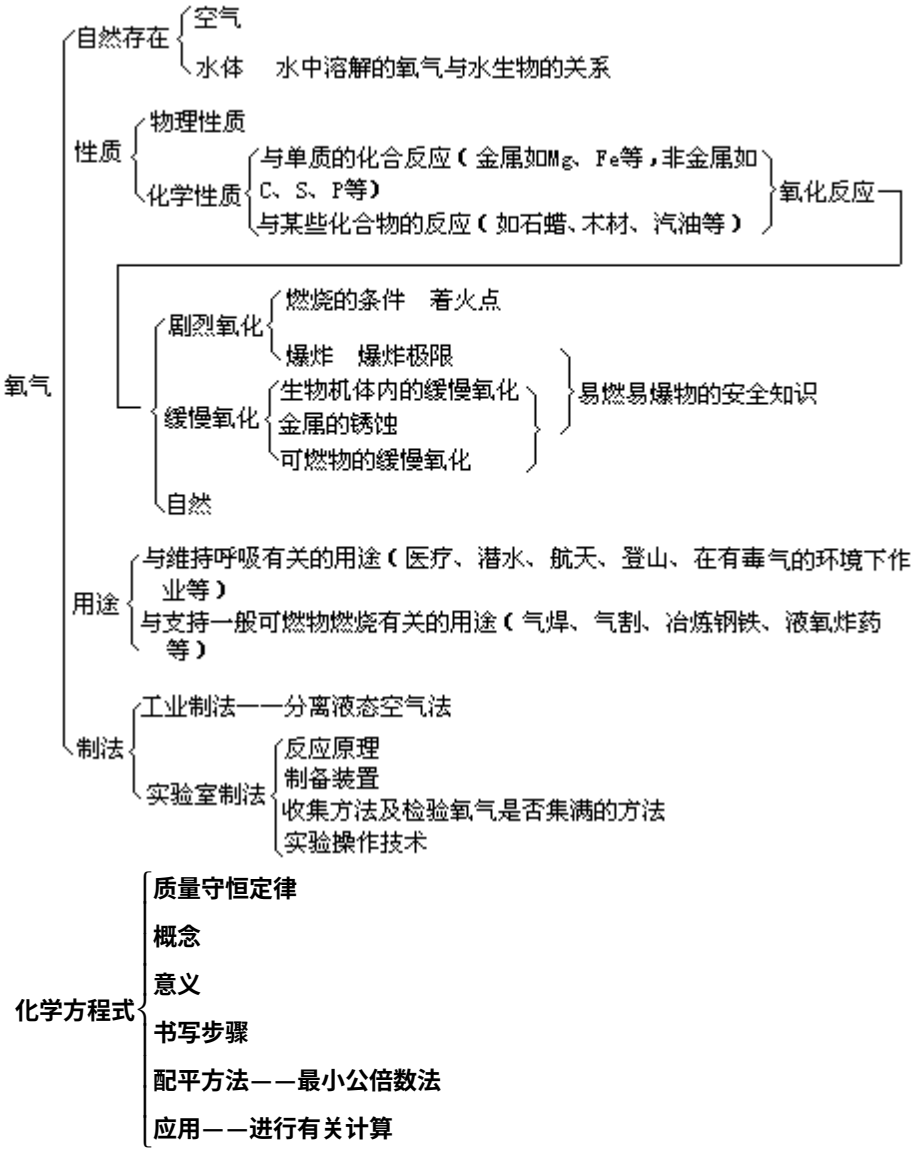
（3）氯酸钾受热分解，生成氯化钾和氧气。

（4）铁丝在氧气中燃烧，生成四氧化三铁。

复习与练习

一、整理知识

- 空气
  - 重要性
    - 生物赖以生存的重要物质
    - 重要自然资源
  - 成分
    - 氮气
    - 氧气
    - 稀有气体
      - 含义及种类
      - 特性
      - 用途
    - 其它气体和杂质
  - 污染及其防治
    - 污染的危害
    - 污染源
    - 污染物
    - 防治措施



二、练习题

1.下列制取氧气的方法中属于物理变化的有（　　），属于化学变化的有（　　）　　[　　]

A.加热氯酸钾制取氧气

B.用电解水的方法制取氧气

C.分离液态空气的方法制取氧气

D.加热高锰酸钾制取氧气

2.下列说法正确的是　　[　　]

A.分解反应是指一种物质能生成两种物质的反应

B.液态空气用来制取氮气和氧气属于分解反应

C.可燃物只要将温度升高到着火点以上或与氧气充分接触都可发生燃烧

D.在通常加热的条件下，高锰酸钾比氯酸钾容易分解放出氧气

3.下列变化过程属于缓慢氧化的是　　[　　]

A.镁带燃烧　　B.铁器生锈

C.引起白磷自燃的过程　　D.汽油燃烧

4.从以下 7 种物质中，选择适当物质填入题后的空格（填编号）中

（1）木炭（2）白磷（3）石蜡（4）细铁丝（5）铝（6）硫（7）氧气

A.能使带火星的木条着火的是_____

B.在氧气中燃烧时发出明亮的蓝紫色火焰的是_____

C.在空气里一般不会燃烧，在氧气里能燃烧并火星四射的是_____

5.①木炭②白磷③石蜡④铁丝⑤硫几种物质在氧气中燃烧有二氧化碳和水生成的是_____

6.加热氯酸钾和二氧化锰的混合物 327 克，直到反应不再进行为止，冷却后称量剩余物质为 231 克，试根据化学式和质量守恒定律计算生成氧气多少克？原混合物中含氯酸钾和二氧化锰各多少克？

7.实验室制取氧气的操作一般可归纳为下列 7 个步骤，在下列括号内填入该步骤的先后顺序号

第（　　）步给试管加热

第（　　）步用铁夹把试管固定在铁架台上

第（　　）步检查装置的气密性

第（　　）步将氯酸钾和二氧化锰放入试管中并用带导管的塞子塞紧管口

第（　　）步用排水集气法收集一瓶氧气

第（　）步熄灭酒精灯

第（　　）步将导管从水槽中取出来

8.有三个集气瓶，分别充满氮气、氧气和二氧化碳，用什么方法鉴别它们？

9.写出下列反应的化学方程式并注明反应条件

（1）镁在氧气里燃烧生成氧化镁

（2）碳酸氢铵（NH_4HCO_3）分解生成氨气（NH_3）、二氧化碳和水

（3）氢氧化钠溶液和硫酸铜溶液反应生成硫酸钠和氢氧化铜沉淀

（4）氢氧化铜受热分解生成氧化铜（CuO）和水

第 4 章　溶液

在小学自然课里我们已经学习过一些溶液的知识，日常生活中我们经常接触到溶液，工农业生产和科学实验中广泛地应用到溶液，自然界里一切生物的生理活动和许多自然现象都跟溶液有着密切的关系。究竟什么是溶液？怎样表示溶液的浓度？什么是饱和溶液？溶解度又是什么意思？这些就是本章要讨论的主要问题。

4.1 浊液和溶液

什么是浊液？

在第 2 章的学习中，我们已经知道，许多物质可以分散在水中。但是，不同的物质在水中的分散情况是不是都相同呢？

【观察与思考】

在 4 个试管里，各加入 10 毫升水，然后分别加入少量泥土、植物油、蔗糖和酒精，振荡，静置。观察每一步实验所发生的现象。

为了便于比较，我们将实验中观察到的现象列表如下：

表 4－1 几种物质在水中的分散情况

编号	加入水中的物质	加入后的现象	振荡后的现象	静置后的现象
1	泥土	泥土沉到水底	液体浑浊	泥土小颗粒逐渐下沉
2	植物油	植物油浮在水面，分为有界面的两层	液体浑浊	小油滴上浮，又分为上下两层
3	蔗糖	蔗糖下沉，并逐渐减少	液体澄清	液体澄清
4	酒精	液体澄清，不分层	液体澄清	液体澄清

由表 4－1 可以看出，泥土和植物油分别加入水中，振荡后得到的都是浑浊液体。但前者是由泥土的固体小颗粒分散在水中形成的，像这种固体小颗粒悬浮于液体里形成的混合物，叫做悬浊液（或悬浮液）；而后者是由植物油的小液滴分散在水中形成的，像这种小液滴分散在液体里形成的混合物，叫做乳浊液（或乳状液）。悬浊液和乳浊液统称浊液。

浊液里的固体小颗粒或小液滴都是由巨大数量的分子（或原子等）集合而成的。浊液静置后，其中的固体小颗粒或小液滴会逐渐下沉或上浮。所以浊液中物质的分散是不均一、不稳定的。

什么是溶液？

由表 4－1 还可以看出，少量蔗糖和酒精分别加入水中，振荡后得到的都不是浑浊液体，而是澄清液体。这是由于把蔗糖加入水中后，蔗糖表面的分子在水分子的作用下，逐渐向水中扩散，随着振荡，蔗糖分子就迅速、均匀地分散到水分子之间去了（图 4—1）。同样，酒精也以分子的形式均匀地分散到水中去了。

【问题讨论】

一杯糖水经充分搅拌后，它的各部分都一样甜。这是为什么？

蔗糖、酒精分别跟水混合后得到的两种液体，不但是均一的，而且是稳定的。只要温度不改变，液体不蒸发，无论放置多久，其中的蔗糖和酒精也不会分离出来。像这样一种或几种物质分散到另一种物质里，形成均一的、稳定的混合物，叫做溶液。上述两种液体就是溶液。

【问题讨论】

溶液与浊液有哪些区别？

溶剂和溶质

一种或几种物质分散到另一种物质里形成溶液的过程，就是溶解过程。我们把能溶解其它物质的物质叫做溶剂；被溶解的物质叫做溶质。溶液是由溶剂和溶质组成的。在上述两种溶液中，水是溶剂，蔗糖和酒精是溶质。

水能溶解很多种物质，是最常用的溶剂。用水作溶剂的溶液，叫做水溶液。通常不指明溶剂的溶液，一般指的是水溶液。例如，蔗糖溶液就是指蔗糖的水溶液。汽油、酒精等许多物质也能作溶剂。例如，汽油能溶解油脂，酒精能溶解碘等。用酒精作溶剂的溶液，叫做酒精溶液。例如，碘溶解在酒精里形成的溶液叫做碘的酒精溶液（俗称碘酒）。用其它物质作溶剂的溶液，它们的名称依此类推。

溶剂和溶质是相对而言的。例如，在酒精的水溶液中，酒精是溶质；而在碘的酒精溶液中，酒精却是溶剂。当固体、气体溶于液体时，固体、气体是溶质，液

体是溶剂。两种液体相互溶解时，通常把量多的一种作为溶剂，量少的一种作为溶质。但当液体和水相互溶解时，一般把水作为溶剂，另一种液体作为溶质，而不论它们各自量的多少。例如，95 份酒精与 5 份水组成的溶液，通常称作 95%的酒精的水溶液。

【观察与思考】

如图 4－3，在一个试管里加入 10 毫升汽油，然后滴入少量植物油；在另一个试管里加入 10 毫升植物油，再滴入少量汽油。将两个试管振荡后，观察实验现象。

我们看到，植物油和汽油能相互溶解，得到两种溶液。想一想：在这两种溶液中，溶剂、溶质分别是什么物质？这两种溶液的名称各是什么？

溶液和浊液的用途

在实验室和化工生产中，许多反应都在溶液中进行。这是为什么呢？

【观察与思考】

（1）在一个大试管里加入少量硝酸汞固体，再加入少量碘化钾固体，振荡试管，使两种固体混合，观察实验现象。

（2）在一个试管里加入少量硝酸汞溶液，再加入少量碘化钾溶液，振荡。有什么现象发生？

我们看到，当两种固体混合后，慢慢地出现一点橙红色；而将这两种物质的溶液混合后，则立即产生大量橙红色沉淀。

这个实验说明，将两种能够起反应的固态物质混合在一起，反应进行得很慢；如果把这两种物质分别配制成溶液，然后把两种溶液混合起来，反应就进行得快。这是由于两种固体混合时，反应仅在固体表面能接触到的那些分子（或其它微粒）之间进行，因此反应进行得慢。在溶液里，溶质都分散

为分子等微粒，它们不停地运动，相互接触碰撞的机会多，因此反应进行得很快。所以，在实验室和化工生产中，许多反应都在溶液中进行。

一切生物的生理活动都离不开溶液。人体以及其它动物的体液主要是溶液，食物的消化和吸收、营养物质的运输和转变都是在溶液中进行的。医疗上也用到很多溶液，例如，眼药水、消毒液、各种注射液如生理盐水、葡萄糖水等等。植物的生长也离不开溶液，土壤里含有的水分可以溶解很多物质，形成土壤溶液，植物生长所需要的养料就是从土壤溶液中吸收的。

【问题讨论】

我们在日常生活中经常接触到溶液，你能举出一些例子吗？

浊液也有很多用途。例如，人们用石灰和水配制成悬浊液来粉刷墙壁（现在常用的墙体涂料也是一种悬浊液）。医院里用 X 射线检查肠胃病时，要让病人服用硫酸钡的悬浊液（俗称钡餐）。在农业生产中，为了防治病虫害，常把一些不溶于水的固体或液体农药，配制成悬浊液或乳浊液喷洒在农作物上，这样，不仅使用方便，而且能节省农药，提高药效。

在工农业生产和科学实验中，最常用的是水溶液。因此，本章主要讨论水溶液的有关知识。

【选学】分散系

所谓分散系就是一种（或几种）物质的微粒分散在另一种物质中所组成的体系。其中，分散成微粒的物质叫做分散质，微粒分布在其中的物质叫做分散剂。溶液和浊液都属于分散系。对溶液来说，溶质是分散质，溶剂是分散剂。对浊液来说，其中被分散成固体小颗粒或小液滴的物质是分散质，分散它们的水或其它物质是分散剂。

从分散系的角度来看，溶液与浊液的主要区别在于它们的分散质微粒的大小不同。在溶液中，分散质（溶质）微粒的直径一般小于 10^{-9} 米。在浊液中，分散质微粒的直径一般大于 10^{-7} 米[①]，由于溶液中分散着的微粒极小，已基本上不受重力作用的影响，所以溶液具有均一性和稳定性。相反，浊液既不均一，也不稳定。

作业 1

1.将正确答案的序号填在题后的括号里：

把少量的下列物质分别放入水里，振荡后得到溶液的是（　　），得到悬浊液的是（　　），得到乳浊液的是（　　）。

A.精制食盐　　B.面粉

C.酒精　　D.煤油

2.分别指出下列各种溶液中的溶质和溶剂：　　[　　]

A.食盐水　　B.糖水

C.碘酒　　D.酒精的水溶液

3.下列说法对不对？对的在括号中打“√”，错的打“×”。

（1）溶液中各部分的性质都是一样的。　　（　　）

[①] 分散质微粒直径在 10-9～10-7 米之间的分散系，叫做胶体。有关胶体的知识将在高中学习。

（2）一杯糖水，在温度不改变、水分不蒸发的条件下，只要放置足够长的时间，糖就会慢慢沉降出来。（　　）

（3）任何无色透明的液体都是溶液。（　　）

【家庭小实验】

在 4 只盛有水的无色玻璃杯（或其它无色透明容器）中，分别加入少量的精盐、面粉（或粉笔灰）、植物油、酒精（或白酒）。用竹筷搅拌、静置。把实验中观察到的现象及结论（得到的是溶液或悬浊液或乳浊液）记录下来。

4.2 溶液的浓度

什么是溶液的浓度？

在日常生活中，我们有这样的经验：在一杯水中放入少量的糖，得到的糖水比较稀；如果放入的糖比较多，得到的糖水就比较浓。溶液的“浓”与“稀”粗略地表示了溶液中溶质含量的多少。但在很多情况下，人们必须确切地知道，一定量的溶液中究竟含有多少溶质。例如，施用农药时，就要较准确地控制一定量药液中所含农药的量，如果药液过浓或过稀，就会对农作物造成毒害或达不到杀虫的目的。再如，配制医用生理盐水时，也必须准确地掌握一定量盐水里溶解了多少食盐。否则，就会影响医疗效果，甚至对人体健康造成危害。我们把一定量溶液里所含溶质的量叫做溶液的浓度。

溶液浓度的表示方法

表示溶液浓度的方法很多，这里介绍几种常用的方法，主要讲质量百分比浓度。

（1）质量百分比浓度

用溶质的质量占全部溶液质量的百分比来表示的溶液的浓度叫做质量百分比浓度（简称百分比浓度）。例如，浓度为 5%的食盐溶液，表示在 100 份质量的该溶液中，有 5 份食盐，95 份水。同样，浓度为 10%的硝酸钾溶液，就表示在 100 份质量的该溶液中，有 10 份硝酸钾，90 份水（图 4-4）。

如何配制 100 克 10%的硝酸钾溶液呢？

【观察与思考】

用托盘天平称取 10 克硝酸钾，倒入烧杯中，再用量筒量取 90 毫升水（90 毫升水的质量约为 90 克，为什么？），倒入盛有硝酸钾的烧杯中，用玻璃棒轻轻搅拌，使硝酸钾全部溶解，100 克 10%的硝酸钾溶液就配成了。

根据百分比浓度的概念，可以得到下列关系式：

$$\text{百分比浓度} = \frac{\text{溶质质量}}{\text{溶液质量}} \times 100\% \qquad ①$$

运用这一关系式，可以进行有关百分比浓度的计算。

例 1　将 25 克食盐放入 100 克水中，配制成溶液。求此溶液的百分比浓度。

分析　因为溶液质量等于溶质质量与溶剂质量之和，所以由①式可得：

$$\text{百分比浓度} = \frac{\text{溶质质量}}{\text{溶质质量} + \text{溶剂质量}} \times 100\%$$

解　$$\frac{25}{25+100} \times 100\% = 20\%$$

答：此溶液的百分比浓度是 20%。

例 2　农业生产中通常用 10%～20%的食盐水来选种，现需配制 15%的食盐水 200 千克，需食盐和水各多少千克？

分析　先由①式求出所需食盐的质量，然后再算出水的质量。

解　200×15%=30（千克）

200-30=170（千克）

答：配制 200 千克 15%的食盐水，需要食盐 30 千克，水 170 千克。

例 3　把 50 克 98%的浓硫酸稀释成 20%的稀硫酸，需要水多少克？

分析溶液稀释前后，溶质质量不变。

解　设稀释后硫酸溶液的质量为 x 克。

$$50\times 98\% = x\times 20\%$$

$$x = \frac{50\times 98\%}{20\%} = 245(\text{克})$$

245-50=195（克）

答：把 50 克 98%的浓硫酸稀释成 20%的稀硫酸，需要水 195 克。

（2）体积比浓度

称量液体的质量不如测量它的体积方便，因此有时把两种液体按照一定的体积比配制成溶液。用两种液体的体积比来表示的溶液浓度，就是体积比浓度。例如 1：4 的硫酸，是指 1 体积硫酸（一般是指 98%、密度为 1.84 克/厘米^{3}的硫酸）与 4 体积水配制成的溶液。

想一想：如何用 10 毫升浓盐酸配制 1：5 盐酸？

【观察与思考】

用量筒量取 10 毫升浓盐酸，倒入烧杯里，用量筒量取 50 毫升水，把水倒入盛有盐酸的烧杯里，边加边搅拌，使盐酸和水混合均匀。

从这个实验可以看出，配制体积比浓度的溶液简便易行。但体积比浓度比较粗略，只适用于那些对溶液浓度的精确度要求不很高的场合，如农药药液的稀释、医院和实验室里配制某些溶液等。

【选学】百万分比浓度（ppm 浓度）

有些溶液的浓度极稀，用百分比浓度表示不方便，于是人们就用百万分比浓度来表示，ppm 就是百万分比的符号[①]。用溶质的质量占全部溶液质量的百万分比来表示的溶液浓度，就是 ppm 浓度。例如，某溶液的浓度为 3ppm，就是说该溶液的浓度是百万分之三，或者说 1 百万份质量的该溶液中，有 3 份质量的溶质。

ppm 浓度可以换算为百分比浓度。例如，上述 3ppm 的溶液，换算为百分比浓度为：$\frac{3}{1000000}\times 100\% = 0.0003\%$

由此可以看出，当溶液的浓度极稀时，用 ppm 浓度来表示是很方便的。

作业 2

1.将 45 克硝酸钾溶液蒸干，得到硝酸钾 5 克，求原溶液的百分比浓度。

---

① ppm 是“parts per million”的缩写。

2.把 1.8 千克食盐配制成 0.9%的生理盐水，需加水多少千克？

3.将 300 克 20%的氯化钾溶液分成质量相等的两份，一份中加入氯化钾固体 10 克，并使它全部溶解；另一份中加水 10 克。计算这两份溶液的百分比浓度。

4.配制 500 克 20%的葡萄糖溶液，需葡萄糖和水各多少克？

5.把 100 克 37%的盐酸稀释成 10%的盐酸，需加水多少克？

6.配制 1000 毫升 20%的硫酸（密度是 1.14 克/厘米^3），需要 98%的硫酸（密度是 1.84 克/厘米^3）多少毫升？

4.3 饱和溶液 不饱和溶液

什么是饱和溶液与不饱和溶液？

我们已经知道，溶质溶解在溶剂里形成溶液。那么，在一定条件下，溶质是不是可以无限制地溶解在一定量的溶剂里呢？

下面我们做一个实验来说明这个问题。

【观察与思考】

在 A、B 两个试管中分别加入 10 毫升水，然后将硝酸钾固体一份一份地（每份 1 克）加入两个试管中，振荡，等前一份完全溶解后，再加入后一份，直到加入的固体不能再溶解为止（保留这两支试管及其中的物质，供下面的实验用）。

这个实验说明了什么问题？

实验说明，在一定温度下（实验是在室温条件下做的）、在一定量的水里（实验中用的是 10 毫升），硝酸钾溶解的量是一定的，不能无限制地溶解。

我们把在一定温度下、一定量的溶剂里，不能再溶解某种溶质的溶液，叫做这种溶质的饱和溶液；还能继续溶解某种溶质的溶液，叫做这种溶质的不饱和溶液。在上面的实验中，当加入的硝酸钾固体还能继续溶解时，试管里的溶液是不饱和溶液，当加入的固体有剩余，不能再溶解时，试管里的溶液就是饱和溶液了。

想一想：在日常生活中，当在一杯水里加入少量食盐或蔗糖时，得到的是什么溶液？如果加入的食盐或蔗糖过多，食盐或蔗糖能不能完全溶解？得到的是什么溶液？

条件改变时，饱和溶液与不饱和溶液能相互转化

在讲饱和溶液与不饱和溶液时，为什么要指明“一定温度”和“一定量溶剂”这两个条件呢？如果这些条件发生变化，将会出现什么情况呢？

【观察与思考】

给上面实验中保留的 A 试管缓缓加热，边加热，边振荡，观察试管里剩余的硝酸钾固体有什么变化？

向保留的 B 试管中缓缓加入少量水，边加边振荡，观察试管里剩余的硝酸钾固体的变化情况。

我们看到，A 试管受热，温度升高后，原来不能再溶解的硝酸钾固体又继续溶解了，这说明溶液由饱和变为不饱和了。B 试管中加入水后，剩余的硝酸钾固体也全部溶解了，同样也是由饱和溶液变成了不饱和溶液（图 4－5）。

这个实验说明，在升高温度或增加溶剂量的情况下，硝酸钾的饱和溶液可以变为不饱和溶液，其它大部分固态物质溶解时也可发生类似的情况。

【问题讨论】

采用什么方法，可以使接近饱和的硝酸钾溶液变为饱和溶液？

由上可知，当温度或溶剂的量等条件发生改变时，饱和溶液与不饱和溶液可以相互转化。因此，只有指明“在一定温度下”和“一定量溶剂里”，溶液的“饱和”与“不饱和”才具有确定的意义。

饱和溶液一定是浓溶液吗？不饱和溶液一定是稀溶液吗？

让我们通过实验来回答这个问题。

【观察与思考】

如图 4－6，在 A、B 两个试管中各加入 10 毫升水，然后在 A 试管中加入 2 克食盐，在 B 试管中加入 0.1 克熟石灰，振荡，静置，观察现象。

我们看到，在 A 试管中，2 克食盐完全溶解在 10 毫升水里，得到的是不饱和溶液，但相对来说，其中的溶质较多，它是浓溶液。在 B 试管中，0.1 克熟石灰却不能完全溶解，静置后，试管底部有剩余的熟石灰，上面的澄清石灰水是饱和溶液，但此溶液中所含的溶质极少，它是稀溶液。

这个实验告诉我们，饱和溶液不一定是浓溶液，不饱和溶液不一定是稀溶液，“浓”和“稀”与溶液是否饱和没有必然的联系。当然，对于同一种溶质来说，在相同的溶剂中和相同温度时，它的饱和溶液要比不饱和溶液浓度大。

作业 3

1.用哪些方法可以使蔗糖的饱和溶液变为不饱和溶液？用哪些方法可以使接近饱和的蔗糖溶液变为饱和溶液？

2.下列说法对不对？对的在括号中打“√”，错的打“×”。

（1）把少量食盐加入一杯水中，有部分食盐沉降到杯底，因此这时的溶液一定是饱和的。（　　）

（2）在其它条件不变的情况下，将一瓶 20℃的硝酸钾饱和溶液温度升到 80℃，该溶液仍是饱和的。（　　）

（3）在相同温度下，蔗糖的饱和溶液一定比它的不饱和溶液浓度大。（　　）

（4）有一瓶很稀的某物质的溶液，它可能是不饱和溶液，但也可能是饱和溶液。（　　）

4.4 溶解度

溶解性

在相同条件下，有些物质容易溶解在水中，而有些物质很难溶解，这是我们熟悉的事实。下面我们来做一个实验。

【观察与思考】

在 A、B 两个试管中各加入 10 毫升水，然后在 A 试管中加入 5 克食盐，在 B 试管中加入 5 克蔗糖，振荡后观察现象。再在 B 试管中一份一份地（每份 5 克）加入蔗糖，振荡，等前一份完全溶解后，再加入后一份，直到有剩余蔗糖出现为止，记住共加入了几份蔗糖。这个实验说明了什么问题？

我们看到，在同一温度（室温）下，在相同体积（10 毫升）的水中，溶

解的蔗糖质量要比食盐多几倍。这说明在相同条件下，蔗糖溶解在水里的能力要比食盐强得多。广义地说，不同的物质溶解在同一溶剂里的能力各不相同。

同一种物质溶解在不同溶剂里的能力也不相同。例如，油脂很难溶解在水里，但却很容易溶解在汽油中；食盐容易溶解于水中，却难溶解于汽油中。

我们通常把一种物质溶解在另一种物质里的能力叫做溶解性。在一定条件下，溶解性的强弱主要跟溶质、溶剂本身的性质有关。例如，蔗糖在水中的溶解性比食盐强得多，油脂在汽油中的溶解性比在水中强得多。

溶解度

在很多情况下，人们往往需要精确地知道，在一定条件下，一种物质在另一种物质中最多能溶解多少。这时仅了解物质的溶解性是不够的，还必须研究物质的溶解度。

物质的溶解度有多种表示方法，下面各介绍一种固体溶解度和气体溶解度的常用表示方法。

（1）固体溶解度的表示方法

在一定温度下，固体的溶解度通常用溶质在 100 克溶剂中达到饱和状态时所溶解的质量（克）来表示[①]。如果不指明溶剂，通常所说的溶解度是指物质在水里的溶解度。例如，20℃时，硝酸钾在 100 克水里最多能溶解 31.6 克（此时溶液达到了饱和状态），我们就说硝酸钾在 20℃时的溶解度是 31.6 克。又如，食盐在 20℃时的溶解度是 36 克，就是说 20℃时，食盐在 100 克水中达到饱和状态时所溶解的质量是 36 克；或者说 20℃时，在 100 克水中最多能溶解 36 克食盐。

不同的物质在水中的溶解度是不同的（见表 4－2）。

表 4－2　几种固体的溶解度（20℃）

物　质	蔗糖	食盐	小苏打	熟石灰	大理石
溶解度（克）	203.9	36	9.6	0.165	0.0013

通常把在室温（20℃）时，溶解度大于 10 克的，叫易溶物质；溶解度为 1～10 克的，叫可溶物质；溶解度为 0.01～1 克的，叫微溶物质；溶解度小于 0.01 克的，叫难溶物质。

表 4－3 物质的溶解性分类（20℃）

溶解度（克）	＞10	1～10	0.01～1	＜0.01
溶解性	易溶	可溶	微溶	难溶

习惯上把难溶物质叫做“不溶”物质，实际上绝对不溶的物质是没有的。

【观察与思考】

取一小块普通玻璃，敲碎后在研钵中研成细粉。在一盛有少量蒸馏水的

[①] 严格地讲，溶解度的单位应为“克/100 克溶剂”，但由于使用时不够方便，所以习惯上一般用“克”作单位。

试管中滴入几滴酚酞试液[②]，有无现象发生？然后将玻璃粉末放入，振荡，观察有什么现象发生。

我们看到，将玻璃粉末放入滴有酚酞试液的蒸馏水中振荡后，溶液变成了红色。

由于玻璃的溶解度远小于 0.01 克，所以通常认为玻璃是不溶于水的，而实验事实却证明它并不是完全不溶于水。

我们已经知道，用升高温度的方法可以使硝酸钾的饱和溶液变为不饱和溶液。换句话说，随着温度的升高，硝酸钾的溶解度增大了。我们可以通过实验测出硝酸钾在各种温度时的溶解度。

表 4－4 硝酸钾在不同温度时的溶解度

温度 (℃)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
溶解度	13.3	20.9	31.6	45.8	63.9	85.5	110.0	138	169	202	246

用横坐标表示温度，纵坐标表示溶解度，根据表 4－4 中的数据，可以画出

硝酸钾的溶解度随温度变化的曲线，这种曲线叫做溶解度曲线（见图 4－7）。用同样的方法，也可以画出其它固体的溶解度曲线（见图 4－8）。

利用溶解度曲线，可以查出物质在不同温度下的溶解度。例如，氯化铵在 10℃时的溶解度约是 33 克；在 80℃时约是 66 克。食盐在 10℃时的溶解度约是 36 克（精确数值为 35.69 克）；在 80℃时约是 38 克。

【问题讨论】

通过对图 4－8 的分析、比较，你能说出固体的溶解度随温度变化的一般关系吗？

通过对图 4－8 的分析、比较，我们不难看出，大多数固态物质的溶解度随着温度的升高而增大；少数物质的溶解度受温度的影响很小，例如食盐。

也有极少数物质的溶解度随着温度的升高而减小，例如熟石灰（见图 4－9）。

【观察与思考】

取十分洁净的锥形瓶一只，注入澄清的石灰水至将满（以加热时不致溢出为宜），松松地加塞或盖上硬纸板，加热。观察有什么现象发生？

我们看到，澄清的石灰水加热后变浑浊了。这说明温度升高后，熟石灰的溶解度减小，有白色的熟石灰微粒从溶液中析出。

（2）气体溶解度的表示方法

由于称量气体的质量比较困难，所以气体的溶解度通常用该气体在压强为 1.013×10^5 帕和一定温度下，溶解在 1 体积水里达到饱和状态时的体积数

[②] 玻璃中的一些物质溶于水后，能与酚酞试液发生化学反应，使无色溶液变红。

[①]来表示。例如，氧气在 20℃时的溶解度为 0.031，就是说在 20℃、氧气的压强为 1.013×10^5 帕时，1 体积水里最多能溶解 0.031 体积的氧气。

想一想：“二氧化碳在 20℃时的溶解度为 0.88”这句话表示什么意思？

在日常生活中，我们可以看到这样的现象，用水壶烧开水时，水还没有沸腾，已有许多小气泡放出，在水壶的内壁上吸附着一层小气泡。我们还可以通过图 4－10 所示实验观察到同样的现象，这是为什么？当打开汽水瓶盖后，往往有大量气泡涌出，这又是为什么（图 4－11）？

这是因为气体的溶解度除了与气体本身和溶剂的性质有关外，还与温度、压强有关。当温度升高时，气体的溶解度减小；当压强增大时，气体的溶解度增大。上述水壶中的气泡，就是加热前溶解在水里的空气。汽水是在加压下使二氧化碳溶解在水里制成的，打开瓶盖后，压强减小，二氧化碳的溶解度也随之减小，形成大量气泡涌出。

关于溶解度的计算

（1）根据某一温度时某物质的饱和溶液中溶质和溶剂的质量，可以计算这种物质在该温度时的溶解度。

例 1　把 151 克在 20℃时的食盐饱和溶液蒸干，得到 40 克食盐，求食盐在 20℃时的溶解度。

分析　先根据“溶液质量=溶质质量+溶剂质量”，求出 151 克食盐饱和溶液中含有水的质量，再根据溶解度概念求出食盐在 20℃时的溶解度（即 20℃时食盐在 100 克水中达到饱和状态所溶解的质量）。

解　设食盐在 20℃时的溶解度为 x 克。

$$151-40=111\text{（克）}$$

$$\frac{x}{100}=\frac{40}{111}$$

$$x=\frac{40}{111}\times100=36\text{（克）}$$

答：食盐在 20℃时的溶解度是 36 克。

（2）根据某物质在某一温度时的溶解度，可以计算在该温度时，一定量饱和溶液里所含溶质和溶剂的质量。

例 2　已知硝酸钾在 20℃时的溶解度是 31.6 克。问配制 20℃的 1000 克硝酸钾饱和溶液，需硝酸钾和水各多少克？

分析　硝酸钾在 20℃时的溶解度是 31.6 克，即 131.6 克硝酸钾饱和溶液中含有硝酸钾 31.6 克。

解　设 1000 克硝酸钾饱和溶液中含有硝酸钾 x 克。

$$\frac{x}{1000}=\frac{31.6}{131.6}$$

$$x=\frac{31.6\times1000}{131.6}=240\text{（克）}$$

$$1000-240=760\text{（克）}$$

[①] 非标准状况时的气体体积数要换算成标准状况时的体积数。

答：配制 20℃的 1000 克硝酸钾饱和溶液，需硝酸钾 240 克，水 760 克。

（3）根据某物质在某一温度时的溶解度，可以计算一定量的溶质（或溶剂）配制成饱和溶液时，所需溶剂（或溶质）的质量。

例 3　已知蔗糖在 20℃时的溶解度是 204 克。在 20℃时，要把 98 克蔗糖配制成饱和溶液，需要水多少克？

分析　从题意可知，20℃时，204 克蔗糖溶于 100 克水中恰好配制成饱和溶液。

解　设 20℃时，98 克蔗糖配制成饱和溶液，需要水 x 克。

$$\frac{x}{100}=\frac{98}{204}$$

$$x=\frac{98\times 100}{204}=48\text{（克）}$$

答：20℃时，要把 98 克蔗糖配制成饱和溶液，需要水 48 克。

（4）已知某物质在某温度下的溶解度，求该物质饱和溶液的百分比浓度。

例 4　已知 20℃时蔗糖的溶解度是 204 克，求 20℃时蔗糖饱和溶液的百分比浓度。

分析　20℃时蔗糖的溶解度为 204 克，即 20℃时 204 克蔗糖溶解在 100 克水里得到（204+100）克饱和溶液。

解　$\dfrac{204}{204+100}\times 100\%=67.1\%$

答：20℃时蔗糖饱和溶液的百分比浓度为 67.1%。

【思考与练习】

已知 20℃时，氯化铵的溶解度是 37.2 克。求在 20℃时，500 克水中需加入多少克氯化铵，才能恰好配制成氯化铵的饱和溶液。

作业 4

1.填空

（1）通常把_____叫做溶解性。

（2）在一定温度下，固态物质的溶解度通常用_____来表示。

（3）氯化铵在 20℃时的溶解度是 37.2 克。在 20℃的氯化铵饱和溶液中溶质、溶剂、溶液的质量比为_____：_____：_____。

（4）固态物质的溶解度大多数随着温度的升高而显著_____；少数受温度的影响很小，例如_____；极少数随着温度的升高反而减小，例如_____。

2.下列说法对不对？为什么？

（1）将 36 克食盐溶解在 100 克水中，恰好制成饱和溶液，所以食盐的溶解度为 36 克。

（2）20℃时，在 100 克氯化钾饱和溶液中含有氯化钾 25 克，所以 20℃时氯化钾的溶解度为 25 克。

（3）20℃时，80 克硝酸钠可溶解在 100 克水里，所以硝酸钠在 20℃时的溶解度为 80 克。

3.根据图 4－8“几种固体的溶解度曲线”回答：

（1）氯化钾在 40℃和 80℃时的溶解度各是多少？

（2）70℃时，硝酸钾和硝酸钠的溶解度各是多少？

（3）硝酸钾和氯化钾两种物质中，哪种物质的溶解度受温度的影响较大？

4.溶解在水里的氧气和二氧化碳都能使金属生锈。因此，锅炉用水最好把这些气体排除掉。下面是可采用的两种方法：

（1）把锅炉用水放入密封的贮水箱内，然后从箱里抽出空气。

（2）把热的水蒸气通入锅炉用水。

为什么用这两种方法都能把水中的氧气和二氧化碳排除掉？

5.把正确答案的序号填在题后括号里

（1）物质溶解时，搅拌或振荡的作用是 [ ]

A.增大溶解度　　B.增强溶解性

C.加速溶解　　D.得到饱和溶液

（2）20℃时，下列4种物质分别溶解在水里恰好制成饱和溶液。其中溶解度最大的是 [ ]

A.1克物质溶解在10克水里

B.150克物质溶解在1000克水里

C.24克物质溶解在300克水里

D.0.3克物质溶解在1.5克水里

（3）在一定温度下，m克某固态物质溶解在n克水中，溶液恰好达到饱和。此温度下该物质的溶解度为 [ ]

A. $\frac{100m}{n}$ 克　　B. $\frac{100n}{m}$ 克

C. $\frac{100m}{m+n}$ 克　　D. $\frac{m}{n}$ 克

6.把20℃的53.6克氯化钾饱和溶液蒸干，得到13.6克氯化钾。氯化钾在20℃时的溶解度是多少？

7.硝酸钾在60℃时的溶解度是110克。现需配制60℃的硝酸钾饱和溶液。问：

（1）配制70克硝酸钾饱和溶液，需硝酸钾和水各多少克？

（2）70克硝酸钾应溶解在多少克水里？

（3）在70克水里最多能溶解多少克硝酸钾？

8.18℃时碳酸钾的溶解度是108克。在18℃时，溶解27克碳酸钾至少需要水多少克？在18℃时，27克碳酸钾如果已经溶解在35克水中，应再加多少克碳酸钾才能恰好制成饱和溶液？

9.把某温度下的30克食盐饱和溶液蒸干，得到食盐8克。试计算：

（1）该温度时食盐的溶解度。

（2）该温度时食盐饱和溶液的百分比浓度。

10.（1）60℃时，硝酸钾的溶解度是110克，计算60℃时硝酸钾饱和溶液的百分比浓度。

（2）10℃时，硝酸钾饱和溶液的浓度是17.3%，试计算10℃时硝酸钾的溶解度。

4.5 混合物的分离

人们在生产、生活中接触到的物质很多都是混合物，例如粗盐、煤炭、

各种溶液和浊液等等。化工生产、医药工业的粗产品中也含有杂质。为了适应各种不同需要，往往必须把混合物里的几种物质分开，以得到较纯净的物质，这个过程叫做混合物的分离。分离混合物的方法很多，这里介绍几种常用的方法。

过滤

我们知道，在自来水的生产过程中，有一个很重要的环节，那就是过滤。过滤是把不溶于液体的固态物质跟液体分离的一种方法。自来水厂的过滤池里铺有几层大小不等的砾石、砂子等滤料，水通过时，不溶于水的固态杂质被过滤除去（图 4－12）。

实验室里通常使用滤纸进行过滤。过滤时，液体穿过滤纸上肉眼看不见的小孔渗出，而固态物质被留在滤纸上，从而使固体跟液体分离。例如，提纯粗盐时，先把粗盐溶解在水中。然后过滤，把泥砂等杂质从食盐水中除去（图 4－13）。

【观察与思考】

按图 4－13 装配好过滤装置，然后过滤一杯粗盐水。观察操作方法，并比较过滤前后的食盐水有何变化，滤纸上留下了什么（保留过滤后的食盐水，供下面的实验用）？

结晶

【观察与思考】

在一个盛有 10 毫升蒸馏水的试管中加入少量明矾，振荡，加热，再继续加入明矾，制成饱和溶液。将盛有热饱和溶液的试管放到冷水中冷却，观察实验现象。

我们看到，盛有明矾热饱和溶液的试管冷却后，有明矾固体析出（图 4-14）。

如果将食盐水盛放在敞口容器中，随着水分的逐渐蒸发，溶液先由不饱和变为饱和，接着有食盐固体从溶液中析出（图 4－15）。

从溶液中析出的明矾固体和食盐固体，都具有一定的几何形状，这些具有规则的几何外形的固体叫做晶体（图 4－16）。晶体从溶液中析出的过程叫做结晶。运用适当的方法，还可以制得一些物质的大晶体，蒸发溶剂与降低温度是两种常用的方法。

利用结晶可以提取或提纯物质。例如从海水提取食盐，就是把海水引到盐田里，让水分自然蒸发，得到粗制的食盐晶体。粗盐再经溶解、过滤后，给食盐水加热，使水分蒸发，可得到精制的食盐晶体。

【观察与思考】

将图 4－13 所示实验中保留的食盐水倒入蒸发皿中，用蒸发溶剂的方法制取精盐。观察操作方法和实验现象。

降低温度使晶体从溶液中析出的例子也很多，图 4－14 所示的实验就是一例。再如，我国内蒙古的许多湖泊里含有天然碳酸钠，冬季温度降低时，湖水中的碳酸钠就成为晶体析出。

对于溶解度受温度影响不大的固态物质（如食盐），一般用蒸发溶剂的方法使晶体析出。对于随温度升高溶解度明显增大的固态物质（如硝酸钾、明矾），通常用降低温度的方法使晶体从溶液中析出，但也可以用蒸发溶剂的方法。析出晶体后的溶液叫做母液。

含有几种可溶固态物质的混合物，可根据它们的溶解度受温度影响的不同，用结晶的方法加以分离。

【观察与思考】

将硝酸钾和食盐的混合物 10 克（其中食盐较少）放入烧杯里，注入 15 毫升水，加热，使混合物全部溶解后冷却，观察硝酸钾晶体的析出。然后过滤，硝酸钾留在滤纸上，而食盐仍在溶液里。这是为什么？

这是由于硝酸钾的溶解度受温度变化的影响较大（80℃时，硝酸钾的溶解度为 169 克，20℃时为 31.6 克）。当热的硝酸钾饱和溶液冷却后，就会有硝酸钾晶体析出。而食盐的溶解度受温度变化的影响较小（80℃时食盐的溶解度为 38.4 克，20℃时为 36 克），而且混合物中食盐的含量较小，温度降低后，还没有达到饱和状态，因此大部分食盐仍留在母液中。经过过滤，就达到了初步分离硝酸钾和食盐的目的。

结晶的方法在工业生产和科学实验中有广泛的应用，它可用于物质的分离、提纯等。例如，在制糖工业中，先将甘蔗汁或甜菜汁经过滤除去杂质后，浓缩、结晶制得粗糖，再经溶解、脱色、结晶等操作而得到精制糖。

【选学】　重结晶　蒸馏

1.重结晶

物质在结晶的过程中经常会吸附一些可溶性杂质，因此经过一次结晶得到的晶体中往往仍含有少量杂质，如在上面的实验中，析出的硝酸钾晶体里仍含有少量食盐。如果要得到纯度更高的硝酸钾晶体，可再重复一次上述实验中的操作，即先把得到的硝酸钾晶体加入蒸馏水中，加热，制成饱和溶液，冷却，使硝酸钾再次结晶，然后过滤，食盐留在母液里。这样的分离方法叫做重结晶或再结晶。如果在工业生产或科学实验中，对物质的纯度要求很高，则必须进行多次重结晶，才能得到高纯度的物质。

2.蒸馏

给液体加热，使它变为蒸气，再使蒸气冷却，凝聚成液体，这种方法叫做蒸馏。通过蒸馏，可以把沸点不同的物质从混合物中分离出来，也可以把溶解在液体中的不挥发性杂质去掉，以分离和提纯物质。蒸馏在工业生产中和实验室里有广泛的应用，蒸馏水就是用蒸馏的方法得到的。下面我们来看一看实验室里是怎样制取蒸馏水的。

【观察与思考】

按图 4－17 将蒸馏烧瓶、冷凝管等仪器装配好。在蒸馏烧瓶里加入普通水（如自来水）至烧瓶容积的一半左右，再加入一些碎瓷片，然后用插有温度计（150℃）的橡皮塞塞紧（注意温度计水银球的位置），给蒸馏烧瓶加热，观察温度的变化。当水温达到约 100℃时，水沸腾，水蒸气经过冷凝管冷凝后，收集在锥形瓶中，这就是蒸馏水。

以上介绍了分离混合物的几种常用方法，在分离混合物时，往往不是单

一的使用某种方法，而是几种方法交替使用。提纯物质的方法很多，其他方法将在高中化学课里或社会实践中进一步学习。

作业 5

1.如何分离下列混合物？

（1）混有少量泥沙的食盐。

（2）混有少量食盐的明矾粉末。

2.（1）70℃时，50 克水中最多能溶解硝酸钾晶体多少克？能得到硝酸钾饱和溶液多少克？

（2）20℃时，50 克水中最多能溶解硝酸钾晶体多少克？

（3）如果使 70℃的 119 克硝酸钾饱和溶液的温度降到 20℃，将有多少克硝酸钾晶体析出？（提示：硝酸钾的溶解度可由表 4－4 查得）

【家庭小实验】

想办法利用家中的器具，提纯混有少量泥砂的食盐。

复习与练习

一、整理知识

- 溶液
  - 组成
    - 溶质
    - 溶剂
  - 特征
    - 均一
    - 稳定
  - 浓度
    - 质量百分比浓度及有关计算
    - 体积比浓度
    - ppm浓度
  - 配制(一定百分比浓度的溶液)
  - 分类
    - 饱和溶液→溶解性、溶解度及有关计算
    - 不饱和溶液
    - 浓溶液
    - 稀溶液

- 浊液
  - 悬浊液
  - 乳浊液

- 混合物的分离
  - 过滤
  - 结晶
    - 蒸发溶剂
    - 改变(一般是降低)温度
  - 重结晶
  - 蒸馏

二、练习题

1.填空

（1）一种或几种物质_____到另一种物质里，形成____的混合物，叫做溶液。溶液中被溶解的物质叫做_____，溶解其它物质的物质叫做_____。

（2）要使一杯接近饱和的硝酸钾溶液转化为饱和溶液，可采用的方法有_____或_____或_____。

（3）将 60℃的 73 克氯化钾饱和溶液蒸干，得到氯化钾晶体 23 克，则 60℃时氯化钾的溶解度是_____。

（4）用_____的质量占_____的质量的_____来表示的溶液浓度，叫做质量百分比浓度。

2.将正确答案的序号填在题后的括号里

（1）室温时将 0.05 克某物质溶于 10 克水中即达到饱和，则一般认为该物质属于 [ ]

A.易溶物质　　B.可溶物质

C.微溶物质　　D.难溶物质

（2）20℃时，50 克水里最多溶解 5 克甲物质；60℃时，100 克水里最多溶解 10 克乙物质。则甲、乙两物质的溶解度（$S_{甲}$、$S_{乙}$）的关系是 [ ]

A.$S_{甲}>S_{乙}$　　B.$S_{乙}>S_{甲}$

C.$S_{甲}=S_{乙}$　　D.无法比较

（3）图 4－18 是 a、b、c 三种固态物质的溶解度曲线，下列说法中不正确的是 [ ]

A.当 a 中含有少量 b 时，可用结晶法提纯 a

B.在 t_1℃时，它们的溶解度由大到小的顺序为 b＞c＞a

C.这三种固态物质的溶解度都随着温度的升高而增大

D.在 t_2℃时，a、c 的饱和溶液的质量百分比浓度相同

（4）提纯含有少量泥砂的食盐，下列操作顺序正确的是 [ ]

A.溶解、过滤、蒸发、结晶

B.溶解、蒸发、结晶、过滤

C.过滤、蒸发、结晶、溶解

D.溶解、蒸发、过滤、结晶

（5）将一瓶 80℃的硝酸钾饱和溶液盖紧后，冷却到室温。下列叙述错误的是 [ ]

A.硝酸钾的溶解度减小　　B.有硝酸钾晶体析出

C.溶剂质量不变　　D.溶液浓度不变

（6）一定温度下，某固体的溶解度是 S 克，则它的饱和溶液的质量百分比浓度 [ ]

A.大于 S%　　B.小于 S%

C.等于 S%　　D.无法确定

（7）一定温度下，某物质饱和溶液的质量百分比浓度是 C%，则该温度下这种物质的溶解度为 [ ]

A. $\frac{100C}{100-C}$ 克　　B. $\frac{100C}{100+C}$ 克

C. $\frac{C}{100+C}$ 克　　D. $\frac{C}{100-C}$ 克

（8）从 0.5 升 10%的盐酸溶液中取出 5 毫升，则此 5 毫升盐酸溶液的浓度是 [　　]

A.0.1%　　B.10%　　C.0.5%　　D.1%

（9）有 100 克浓度为 10%的某溶液，要使它的浓度增大一倍，可采用的方法是 [　　]

A.使溶质的质量增加一倍

B.蒸发溶剂，使溶剂的质量减少一半

C.使溶质、溶剂的质量都减少一半

D.蒸发溶剂，使溶液的质量减少一半

3.下列说法是否正确？正确的在题后的括号中打“√”，错误的打“×”。

（1）凡是均一、稳定的液体都是溶液。　　(　　)

（2）饱和溶液不一定是浓溶液，不饱和溶液不一定是稀溶液。　　(　　)

（3）对于同一种固态物质，它的饱和溶液的浓度总是大于它的不饱和溶液的浓度。　　(　　)

（4）20℃时，将 36 克食盐完全溶于 100 克水，得到饱和溶液，因此食盐在 20℃时的溶解度是 36%。　　(　　)

（5）50 克 10%的食盐水中再加入 50 克 10%的食盐水，这时溶液的浓度为 20%。　　(　　)

4.一定温度下，将 40 克 10%的某物质的溶液蒸发掉 16 克水后（温度不变），溶液恰好饱和。试计算：

（1）该饱和溶液的质量百分比浓度。（2）该物质在此温度时的溶解度。

5.医用碘酒的浓度为 2%。用 5 克碘配成医用碘酒时，需密度为 0.8 克/厘米^{3}的酒精多少毫升？得到碘酒多少克？

6.若要配制 10%的硫酸溶液 1000 克，需 98%的浓硫酸（密度 1.84 克/厘米^3）多少毫升？

*　　*　　*　　*　　*

7.有一氯化铵溶液，它的质量百分比浓度是 C%，密度是 d 克/厘米^3。写出下列数学表达式：

（1）在 m 毫升该溶液中含有氯化铵的质量。（2）在 n 毫升水中（水的密度取 1 克/厘米^3）溶解氯化铵，可配制上述溶液多少毫升？

8.20℃时食盐的溶解度是 36 克。现有 20℃的浓度为 15%的食盐溶液 100 克，问在此溶液中至少还需加入多少食盐才能达到饱和？

9.将一定量的 10%的硝酸钾溶液蒸发掉 54 克水后，剩余溶液的体积为 100 毫升（密度为 1.06 克/厘米^3）。计算剩余溶液的质量百分比浓度。

第 5 章　氢气

通电分解水，能产生氧气和氢气。前面我们已经学习了有关氧气的初步知识，本章将要学习有关氢气的初步知识。首先从氢气的性质和实验室制法开始。

5.1 氢气的性质

氢气的物理性质

【观察与思考】

观察集气瓶中氢气的颜色、状态。将这瓶氢气倒置在水槽内的水中，取下瓶塞或毛玻璃片，轻轻摇动，观察氢气在水中的溶解性。取出这瓶氢气，闻一闻它的气味（怎样闻？）

在通常状况下，氢气是没有颜色、没有气味、难溶于水的气体。在压强为 1.013×10^5 帕、温度为-252℃（21K）时变成无色液体，在-259℃（14K）时变为雪状固体。

【观察与思考】

观察如图 5－1 所示的实验，可见用氢气吹出的肥皂泡冉冉地飘向上方，这说明了什么？实验室如果用排空气法收集氢气，集气瓶瓶口应向下还是向上？

在相同条件下，氢气是密度最小的气体。标准状况下，1 升氢气的质量是 0.0899 克，约是同体积空气的 1/14。

【思考与练习】

节日里的大型氢气球中若充 100 升氢气（假设为标准状况），球的质量为 80 克，则欲使该气球升空所悬挂饰物的质量应少于多少克？

氢气的化学性质

氢气在常温下性质稳定，但在高温或点燃等条件下，能跟许多物质发生化学反应。

1.氢气具有可燃性

【观察与思考】

按图 5－2 所示方法，点燃已确证为纯净的氢气，观察火焰的颜色和冷而干燥的烧杯内壁上出现的现象，以及手接触烧杯的感觉。

纯净的氢气在空气里点燃时能安静地燃烧，产生淡蓝色的火焰，同时放出大量的热，生成的唯一产物是水。这一反应的化学方程式是：

$$2H_2+0_2\xlongequal{\text{点燃}}2H20$$

【观察与思考】

如图 5－3，把盛氢气的集气瓶瓶口朝下拿着，同时把一根燃着的木条缓缓伸至瓶底，观察瓶口和瓶内出现的现象。

木条在氢气中不能燃烧，而瓶口的氢气却能在空气中燃烧。说明氢气在空气中可以燃烧，但一般可燃物不能在其中燃烧，即氢气不能支持一般可燃物的燃烧。

【选学】氢气在氯气中燃烧

按图 5－4 所示的方法，先在空气中点燃纯净的氢气，然后把导管伸进盛氯气的瓶里，观察火焰的颜色、瓶口出现的现象和手接触集气瓶的感觉。

纯净的氢气在氯气中也能安静地燃烧，产生苍白色火焰，同时放出大量的热。生成的氯化氢极易与空气中的水蒸气结合成酸雾。氯化氢的水溶液就是通常所说的盐酸。化学方程式如下：

$$H_2+Cl_2 \xlongequal{\text{点燃}} 2HCl$$

可见燃烧不一定要有氧气参加反应。任何发光发热的剧烈的化学反应都可以叫做燃烧。

如果氢气不纯，混有空气（或氧气等）点燃时，可能会怎样呢？

【观察与思考】

取一个一端开口、另一端钻有小孔的纸筒（或塑料筒等），用纸团堵住小孔，先按图 5-5a 收满氢气。把储存氢气的装置移开，拿掉堵小孔的纸团，如 5-5b 图点燃氢气，观察发生的现象。

我们观察到，刚点燃时，氢气安静地燃烧，过一会儿，听见有嗡嗡声，最后突然听到“砰”的一声爆炸，筒被高高弹起（图 5－5c）。你能解释上述现象吗？氢气和空气混合爆炸极限是 4.1%～74.2%（氢气的体积百分含量）。所以，在点燃氢气时必须十分注意安全。

怎样安全使用氢气呢？

十分重要的步骤是：在直接点燃或加热氢气前，一定要检验氢气的纯度，只有确证氢气已经纯净后，方可点燃或加热由氢气发生装置导管中排出的或小口容器中的氢气。

具体的做法如下：

【观察与思考】

用排水法或向下排空气法收集一试管氢气。随后用拇指堵住管口，移近火焰，移开拇指点火（图 5－6），如果听到尖锐的爆鸣声，就表明氢气不纯。重复上面的实验，再检验，直到点燃试管中的氢气，只听到轻微的“噗”声，才表明氢气已纯净。实验中必须注意，如果采用向下排空气法收集氢气，经检验不纯，应该用拇指堵住试管口一会儿，然后再收集氢气检验纯度。否则会发生危险。这是为什么？

2.氢气具有还原性

氢气不但能跟氧气反应生成水，而且能跟某些氧化物起反应。现在用氢气跟氧化铜（CuO）的反应为例说明。

【观察与思考】

按图 5－7 所示方法和步骤进行实验，观察并思考下列问题：

装置中的试管口为什么要微微向下倾斜？实验开始，为什么要先通氢气（图 5－7b），后加热氧化铜（图 5－7c）？反应完成停止加热后，为什么还要继续通入氢气，直到试管冷却（图 5－7d）？

由实验可见，氧化铜由黑色逐渐变为光亮红色的铜，同时管口有水滴生

成，即氢气和氧化铜反应生成了水和铜。在这个反应中，氢气夺取了氧化铜中的氧。像这种氧化物中的氧被夺去的反应属于还原反应。氢气夺取氧化物中氧的这个性质，称为氢气的还原性。在这个反应中，氧化铜失去氧称为被还原。

$$CuO+H_2 \xrightarrow{\triangle} Cu+H_2O$$

氢气还能还原氧化钨（WO_3）、氧化铁（Fe_2O_3）等金属氧化物。反应方程式如下：

$$WO_3+3H_2 \xrightarrow{高温} W+3H_2O$$

$$Fe_2O_3+3H_2 \xrightarrow{高温} 2Fe+3H_2O$$

氢气的用途

由于氢气是最轻的气体，它在点燃或加热的条件下具有可燃性和还原性，因而有广泛的用途（图 5－8）。

【选学】氢能源

作为能源，氢气具有其它能源所不具备的优点。第一，可以用广泛存在的水作原料来制取。第二，燃烧时放出的热量多，放出的热量约为同质量汽油的三倍。第三，最大的优点是它燃烧后的产物是水，不污染环境。

发展氢能源需要解决如何廉价地大量制备氢气，以及如何安全贮存、运输氢气等问题。世界各地的科学家正在致力于这方面的研究。

目前，用液氢做燃料的飞机已试飞成功。1988 年我国已试制成功世界上第一台水解式氢氧发动机，它是用水电解产生的氢气、氧气自控运行的装置，适用于作各种汽车、火车、船舶、拖拉机等的发动机燃料。

作业 1

1.填空

（1）直接点燃或加热氢气发生器中导出的氢气以前，必须检验_____，如果氢气中混有_____，就有发生_____的危险。反应的化学方程式为_____。

（2）做用氢气还原氧化铜的实验时，观察到_____色的氧化铜粉末变成_____色的_____，干燥的试管壁上出现_____。此时氢气表现_____性，氧化铜被_____。

2.问答

（1）用排空气法收集氧气和氢气，集气瓶瓶口方向有什么不同？为什么？

（2）实验室用排水法收集完氧气，为什么要先撤导管后撤酒精灯？而用氢气还原氧化铜后，为什么要先撤酒精灯后撤氢气导管？

3.配平下列反应的化学方程式，说明反应的实际用途。

（1）$WO_3+H_2 \xrightarrow{高温} W+H_2O$

（2）$N_2+H_2 \xrightarrow[催化剂]{高温高压} NH_3$

4.列表比较氢气和氧气的性质。

5.2 氢气的实验室制法

在人类生活的环境中几乎不存在氢气，氢气通常是用含氢化合物经过化学反应制得的。下面我们来学习氢气的实验室制法。

在学习氢气的实验室制法时，需要知道：①用什么药品、在什么条件下、通过什么反应来制取；②制取装置和操作步骤以及注意事项；③如何检验所制得的气体。

实验室制取氢气的反应

【观察与思考】

实验室里，通常用稀硫酸（H_2SO_4）或盐酸（HCl）等酸的溶液，分别与锌、铁等金属反应来制取氢气。

我们按图 5－9 所示方法与步骤进行实验。从 a 到 b 的操作中，观察稀硫酸与锌反应产生气体的现象。由 c 所示操作，观察当燃着的木条接近产生气体的试管口时，听到发出尖锐爆鸣声或轻微“噗”声，同时气体发火燃烧的现象，这种气体就是氢气。待反应停止后，倒出试管中的少量溶液，按 d 操作蒸发水分，冷却后，观察蒸发皿中留下白色固体的现象，这种物质是反应的另一产物——硫酸锌（$ZnSO_4$）。

上述反应可以表示如下：

$$Zn+H_2SO_4（稀）====ZnSO_4+H_2\uparrow$$

如果用铁代替锌，反应又可以表示为：

$$Fe+H_2SO_4（稀）====FeSO_4+H_2\uparrow$$

如果用盐酸代替稀硫酸来作上述实验，结果同锌跟稀硫酸的反应类似，除生成氢气外，同时生成另一种物质——氯化锌或氯化亚铁，只是铁或锌与同一酸反应，铁的反应进行得稍慢。反应的化学方程式分别是：

$$Zn+2HCl====ZnCl_2+H_2\uparrow$$

$$Fe+2HCl====FeCl_2+H_2\uparrow$$

制取氢气的发生装置

与制取氧气不同，实验室制取氢气是用块状固体（金属）和液体（稀硫酸或盐酸），在不需要加热的条件下平稳地进行反应的。据此，可以设计出多种实验室制取氢气的发生装置，比较简单的有以下几种（见图 5－10）。

【问题讨论】

1.图 5－10a、b、c、d 四种氢气发生装置有哪些不同之处？

图 5－10 实验室制取氢气的发生装置[①]

2.上述四种氢气发生装置的实验情况有什么不同之处？

将 2 讨论的结果填入下表：

[①] 装置 d 的使用方法：将反应管的下肢旋转向上，锌粒就和稀 H2SO4 接触，即可发生反应。

图 5 － 10	a	b	c	d
能否在反应发生过程中加酸				
控制反应的发生和停止是否方便				

【选学】启普发生器

实验室里制取较多的氢气常用启普发生器（图 5－11）。它由球形漏斗（1）、容器（2）和导气管（3）三部分组成。最初使用时，将仪器横放，把锌粒由容器（2）上插导气管的口中加入，然后放正仪器，再将装导气管的塞子塞好。接着由球形漏斗口加入稀硫酸。使用时，扭开导气管活塞，酸液由球形漏斗流到容器（2）的底部，再上升到中部跟锌粒接触而发生反应，产生的氢气从导气管（3）放出。不用时关闭导气管的活塞，容器内继续反应产生的氢气使容器内压强加大，把酸压回球形漏斗，使酸液与锌粒脱离接触，反应即自行停止。使用启普发生器制取氢气十分方便，可以及时控制反应的发生或停止。

收集氢气的装置

【观察与思考】

用排水法（图 5－12a）和向下排空气法（图 5－12b）收集由氢气发生器中导出的氢气。用玻璃片盖住盛氢气的集气瓶，瓶口向下倒放在桌面上（如图 5－12c），观察氢气的颜色和气味。

【问题讨论】

实验室里收集氢气与氧气的方法有什么相同之处和不同之处？从氢气的制取实验中你能知道氢气的哪些物理性质？

【家庭小实验】

选用墨水瓶、塑料小瓶、圆珠笔芯等，制作一套制取氢气的装置，参加班级的展览、讨论。并在老师的指导下进行实验。

【选学】氢气的工业制法

工业上广泛采用红热的碳与水蒸气反应、天然气和石油加工工业中的甲烷（CH_4）与水蒸气反应、高温分解甲烷、电解水或食盐水等方法，生产氢气。

作业 2

1.实验室通常用金属如____或____分别和酸溶液如____或___反应制取氢气。而工业上常用____、____和____等为原料制取氢气。

2.指出图 5－13 所示实验室制取氢气的装置中 a、b、c 仪器的名称，并指出图中的错误。

3.实验室制取氢气和制取氧气相比较，下列说法中，不正确的是

[　　]

A.都需要检查装置的气密性

B.都可以用排水法收集

C.都必须加热

D.用氯酸钾、二氧化锰制氧气，用铁、盐酸制氢气，均可以控制反应的发生和停止

5.3 金属活动性顺序

置换反应 我们已经知道,用金属锌或铁分别与稀硫酸或盐酸反应可以制取氢气。如果用其它金属代替锌和铁，情况怎样？

【实验与思考】

（1）取少量镁条、铝片、铜片分别放入三支试管中，再向三支试管中各加入约 5 毫升稀盐酸，观察现象，看是否有气体产生，如有气体产生，再检验产生的气体是不是氢气。

（2）取少量镁条、铝片、铜片分别放入三支试管中，再分别向三支试管中各加入约 5 毫升稀硫酸，观察现象，看是否有气体产生，如有气体产生，再检验产生的气体是不是氢气（图 5－14）。

从实验中，我们观察到镁或铝都能分别与稀盐酸或稀硫酸反应，生成氢气，而且镁的反应更激烈，而铜与稀盐酸或稀硫酸则不发生反应。把完全反应后的少量溶液倒入蒸发皿中或滴一滴在玻璃片上，微热，蒸发去水分后，冷却，可以观察到都有固体留下。它们分别是氯化镁（$MgCl_2$）或氯化铝（$AlCl_3$）、硫酸镁（$MgSO_4$）或硫酸铝［$Al_2(SO_4)_3$］。$MgSO_4$）或硫

【思考与练习】

写出下列反应的化学方程式：

镁和稀盐酸_____

镁和稀硫酸_____

铝和稀盐酸_____

铝和稀硫酸_____

上述反应情况跟前面学过的化合、分解反应比较，有什么不同？

我们把由一种单质跟一种化合物起反应，生成另一种单质和另一种化合物的反应叫做置换反应。以上实验室制取氢气的反应就属于置换反应。

金属活动性顺序

镁、铝、锌、铁能把稀盐酸或稀硫酸中的氢置换出来，而铜却不能，说明金属镁、铝、锌、铁的化学性质比铜活泼。在图 5－14 的实验中，我们还发现，镁与稀盐酸或稀硫酸反应，比铁与稀盐酸或稀硫酸反应更激烈，说明金属镁的化学性质比铁更活泼。

【问题讨论】

1.根据实验事实，你能否排出铁、镁、铜金属活动性由强到弱的顺序？

2.如果要把氢的活动性列于其中，应安排在哪种金属之前？

经过长期实践，人们总结出最常见的金属的化学活动性顺序如下：

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

——————————————————————→

金属活动性由强逐渐减弱

排在金属活动性顺序中氢前面的金属，一般能从稀盐酸或稀硫酸等酸溶液中置换出氢；而且越活泼的金属反应越激烈，排在镁前面的很活泼的金属如 K、Ca、Na 还能激烈地从冷水中置换出氢。

因此，活泼的金属在自然界里只存在于化合物中，而不活泼的金属可能有单质存在于自然界。

化学性质很活泼的金属，保管和贮存时要作为易燃易爆的危险品处理。例如实验室中的少量钠常保存在煤油里，贮藏于危险品柜中。而不活泼金属一般很稳定，常被用来制作精密仪器、装饰品、硬币等。

【问题讨论】

利用金属在金属活动性顺序中所处的位置，不但可以帮助我们推断该金属的存在形式、性质、用途等，而且可以帮助解决实践中遇到的具体问题。例如：

（1）从反应能否发生，反应速度是否易于控制，反应物的来源和价格等方面综合考虑：实验室里制取氢气，为什么不选用 K、Ca、Na 或 Cu、Hg、Ag 分别与稀盐酸或稀硫酸反应？

（2）银粉中混有铁粉，如何将铁粉除去？实验中所选用的仪器和主要操作有哪些？

（3）家用食醋中含有醋酸（醋酸和稀盐酸、稀硫酸相似，组成中有可以被金属置换的氢）。试推断：能否用铁或铝制容器来盛放醋？为什么？

原子团

在锌或铁等金属与稀硫酸发生置换反应时，硫酸分子里的 SO_4 部分，在反应前后没有变化，只是反应前跟氢原子结合，反应后跟锌或铁原子结合。通常把硫酸分子里的 SO_4 部分叫硫酸根（图 5－15）。

硫酸根在许多化学反应里，作为一个整体参加反应，好像一个原子一样。这样的原子集团叫做原子团。除硫酸根外，氢氧化钙［$Ca(OH)_2$］中的氢氧根（OH）、碳酸钠（Na_2CO_3）中的碳酸根（CO_3）、硝酸铵（NH_4NO_3）中的铵根（NH_4）和硝酸根（NO_3）也都是常见的原子团。

【思考与练习】

实验室制取氧气所用的氯酸钾（$KClO_3$）和高锰酸钾（$KMnO_4$）中，分别含有氯酸根、高锰酸根原子团，它们的化学式分别是什么？

作业 3

1.选择题

（1）下列金属中，活动性比铁稍强的是　　［　　］

A.钠　　B.铜　　C.锌　　D.铅

（2）下列金属中，不能跟稀盐酸发生置换反应的是　　［　　］

A.铝　　B.银　　C.铁　　D.锌

（3）下列反应中，属于置换反应的是　　［　　］

A. $Zn+2HCl====ZnCl_2+H_2\uparrow$

B. $2KMnO_4 \xlongequal{\triangle} K_2MnO_4+MnO_2+O_2\uparrow$

C. $Fe+CuSO_4 \xlongequal{\triangle} FeSO_4+Cu$

D.$4P+5O_2 \xrightarrow{点燃} 2P_2O_5$

2.完成下列反应的化学方程式，并说明其所属基本反应类型（指化合、分解或置换反应）。

（1）H_2O——$H_2\uparrow+O_2\uparrow$ [ ] 反应

（2）（ ）$+O_2$——MgO [ ] 反应

（3）$Fe+HCl$——（ ）$+H_2\uparrow$ [ ] 反应

（4）（ ）$+H_2SO_4$——$Al_2(SO_4)_3+H_2\uparrow$ [ ] 反应

3.为避免对环境的污染，同时增加经济效益，可以利用某工厂废渣中所含铁屑与废酸中所含硫酸（含量 9.8%）来生产硫酸亚铁和氢气。写出有关化学方程式。

5.4 有关化学方程式的计算

化学方程式既表示物质经过反应生成了什么物质，又表示变化中各物质之间的质量关系，因此化学方程式是从质和量两方面表示物质变化的重要化学用语。

计算的依据

化学方程式从量的方面表明下列事实，即化学反应不但符合质量守恒定律，而且各反应物和生成物之间都有固定的质量比，以上两点是我们根据化学方程式进行计算时必须时刻记住的。例如：实验室里用 24 克镁条与足量的盐酸完全反应，得到的氯化镁一定是 95 克，氢气一定是 2 克。参加反应的盐酸中氯化氢的质量一定是 73 克，即镁、盐酸中的氯化氢、氯化镁、氢气之间的质量比一定是 24：73 95：2。这个结论，我们可以通过对化学方程式的分析得到：

$Mg + 2HCl ==== MgCl_2 + H_2\uparrow$

24　　2×（1+35.5）=73　　24+35.5×2=95　　1×2

质量比　24 ： 73 ： 95 ： 2

有关反应物或生成物质量的计算

在工农业生产和科学实验里，我们可以根据化学方程式来进行一系列计算。首先，我们研究根据化学方程式由一种反应物（或生成物）的质量求生成物（或反应物）的质量。

例 1　通电完全分解 2.7 克水，可以得到多少克氢气？

解　（设出未知数）：

设通电分解 2.7 克水后可以得到 x 克氢气

（写出有关化学方程式）：

$$2H_2O \xrightarrow{通电} 2H_2\uparrow+O_2\uparrow$$

（找出质量关系）：

2（1×2+16）　2（1×2）

36　4

2.7 克　x 克

（列出算式）：

$$36：4=2.7：x$$

（求算结果）：

$$x=\frac{2.7\times 4}{36}=0.3\text{（克）}$$

（回答题中的问题）

答：通电分解 2.7 克水，可以得到 0.3 克氢气。

例 2　在实验室中用氢气还原氧化铜制取 10 克铜，需要氧化铜多少克？

解　设需要氧化铜 x 克

$$CuO + H_2 \xrightarrow{\triangle} Cu + H_2O$$

63.5+16　　63.5

x 克　　10 克

$$79.5：63.5=x：10$$

$$x=\frac{79.5\times 10}{63.5}=12.5\text{（克）}$$

答：需要氧化铜 12.5 克。

作业 4

1.选择题

（1）已知 A+B=C+D，10 克 A 与一定质量的 B 完全反应生成 7 克 C 和 9 克 D。则 A 和 B 反应的质量比是　　[　　]

A.1：1　　B.5：3　　C.7：9　　D.不定

（2）镁、锌和铁分别与足量的稀硫酸充分反应，产生氢气的体积与镁、锌和铁的质量关系如图　5－16 所示。则图中 a、b、c 分别表示　　[　　]

A.镁、锌、铁　　B.锌、镁、铁

C.铁、镁、锌　　D.镁、铁、锌

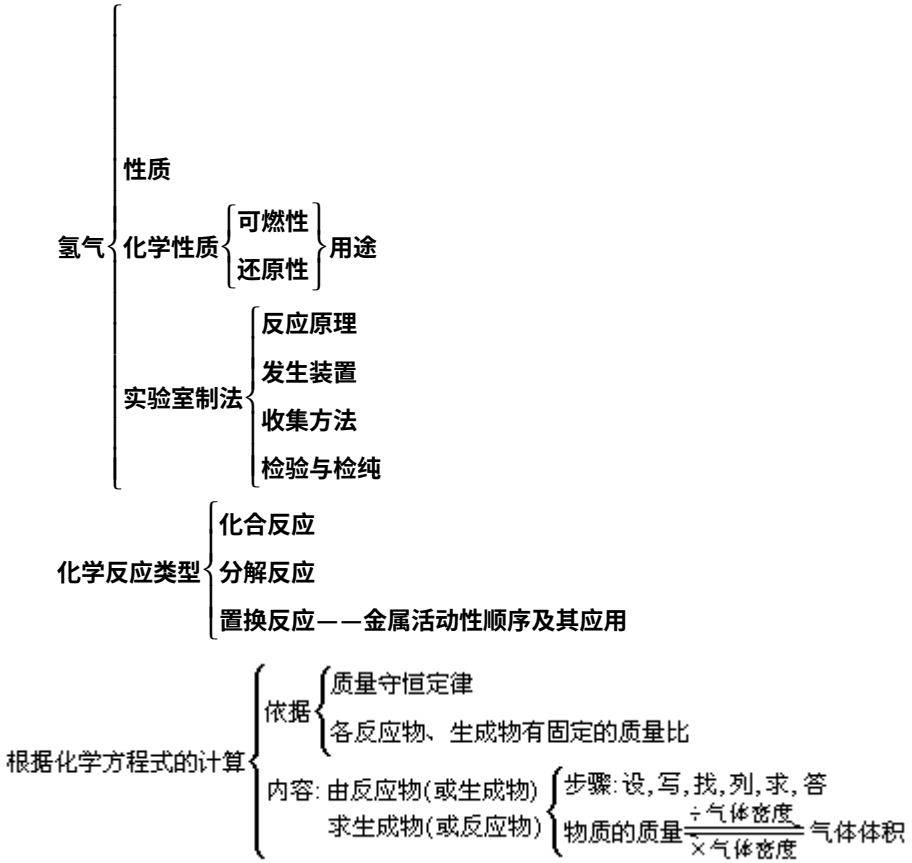
2.用氢气还原氧化铜的反应里，氢气与氧化铜反应的质量比为_____。若用足量的氢气充分还原 7.95 克氧化铜，可以得到_____克铜。

3.在实验室中用 3.7 克锌跟足量的盐酸反应，可以制得氢气多少克？这些氢气在标准状况下占有的体积是多少升？（标准状况下氢气密度为 0.09 克/升）

4.制取 4.8 克氧气，至少需要氯酸钾多少克？

复习与练习

一、整理知识



二、练习题

1.选择题

(1) 实验室制取氢气通常可以用 [　　]

A.铁与盐酸　　B.钠与稀硫酸

C.锌与稀硫酸　　D.铜与盐酸

(2) 氢气用来冶炼某些金属是利用它　　[　　]

A.密度小　　B.难溶于水

C.可燃性　　D.还原性

(3) 在利用氢气还原氧化铜的实验中进行如下操作：①加热、②停止加热、③通入氢气、④停止通氢气，正确的操作顺序是　　[　　]

A.③、①、②、④　　B.③、①、④、②

C.①、③、②、④　　D.①、③、④、②

(4) 实验室里制取氢气，在图 5－17 所示发生装置中，正确的是　　[　　]

(5) 下列说法中，正确的是　　[　　]

A.2 克氢气和 1 克氧气反应生成 3 克水

B. 2 克氢气最多可以从氧化铜中置换出 63.5 克铜

C.制取 2 克氢气需要 56 克铁与足量盐酸反应

D.氢气和氯气反应的质量比为 2∶35.5

2.排出 Ag、Ca、Fe、Al、Cu、Zn、Na 的活动性由强到弱的顺序_____。

3.在下列化学式中原子团的下方画一曲线，并写出原子团的名称（例如 $KClO_3$ 氯酸根）。

Na_2CO_3　$NH_4)_2SO_4$　$Al(NO_3)_3$　KOH

_____　_____　_____　_____

4.如何用向下排空气法收集氢气并检验它的纯度？

5.完成下列转化的化学方程式，并指出反应所属的类型（指化合、分解、置换）。

$$CuO \xrightarrow{①} H_2O \xrightarrow{②} O_2 \xrightarrow{③} CuO$$

6.气体 A 在气体 B 中燃烧时，火焰呈苍白色，并生成气体 C。将 C 溶于水，所得的溶液中加入锌，又得到气体 A。则 A、B、C 各是哪种气体？写出有关反应的化学方程式。

7.3 瓶无色气体分别是空气、氧气和氢气。如何鉴别它们？

8.电解 9 千克水只得到 0.5 千克氢气，此时水发生电解的实际百分率是多少？用 0.5 千克氢气最多可以从三氧化钨（WO_3）中冶炼出多少钨？

9.将一定量的锌放入足量的稀硫酸中制取氢气，结果制得的氢气质量与时间的关系如图 5－18 所示。

（1）曲线 OA 段，表示在__分钟内，置换反应生成氢气的质量逐渐____。

（2）曲线 AB 段表示在____分钟后，由于____已反应完，反应____，氢气的质量不再_____。

第 6 章　物质构成的初步知识化合价

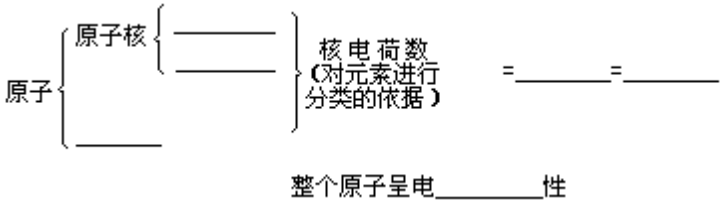
我们已经知道不同物质具有不同的性质，这是为什么呢？学习了本章关于核外电子排布的初步知识和离子化合物、共价化合物、化合价、电离、酸、碱、盐等初步概念后，就可以有初步的了解。

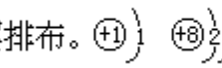
6.1 核外电子排布的初步知识

原子核外电子的排布

【思考与练习】

根据已学过的有关原子的构成知识填充下列空格：



我们知道电子是质量很小的带负电的微粒，它在原子核外一定的空间内作高速运动。科学研究证明：氢原子只含有一个电子，通常情况下，这个电子在离核尽可能近的区域运动。而在含有多个电子的原子里，各个电子的能量并不相同，通常能量低的在离核较近的区域运动，能量高的在离核较远的区域运动。人们用电子层来表明运动着的电子离核远近的不同，把能量最低、离核最近的叫第一层，能量稍高、离核稍远的叫第二层，由里往外依此类推，分别叫第三、四、五、六、七层。原子核外电子的分层运动，又叫原子核外电子的分层排布。化学上用原子结构示意图来表示原子核和原子核外电子的分层排布。 

左图为氢原子和氧原子的原子结构示意图：图中小圈代表原子核，圈内的数字+1、+8 表示核内分别有 1 个和 8 个质子，小圈外的弧线表示电子层，弧线上的数字表示该层的电子数。经科学研究证明，核电荷数从 1 到 18 的元素，原子结构示意图如图 6－1。

原子核外电子排布和元素的性质

【问题讨论】

上列各种元素的原子核外第一层最多有几个电子？最外层最多有几个电子？氦、氖、氩三种元素原子最外层电子数有什么特点？它们的化学性质有什么特点？

锂、铍、钠、镁、铝等金属元素原子的最外层电子数一般是多少？

氟、氯、氧、硫、氮等非金属元素原子的最外层电子数一般是多少？

从图 6－1 可以看出：元素的原子核外，第一电子层最多有 2 个电子，最外电子层最多有 8 个电子（最外层为第一层时是 2 个）。像氖、氩等元素，它们原子的最外层都有 8 个电子，氦原子核外仅有一个电子层只有 2 个电子，它们的最外层都已达到最多数目，化学性质比较稳定，一般不跟其它物质发生化学反应，所以这些元素又称惰性气体元素。通常原子最外层有 8 个电子（如果最外层是第一层，只要有 2 个电子）的结构，是一种相对稳定结构。

金属元素，像锂、铍、钠、镁、铝等，它们原子的最外层电子的数目一

般少于 4 个，在化学反应中比较容易失去最外层电子而使次外层变成最外层，达到 8 个电子的稳定结构（如果只有一层则是 2 个电子）。

非金属元素，像氟、氯、氧、硫、氮等，它们原子最外层电子的数目一般多于 4 个，在化学反应中，比较容易获得电子，也使最外层达到 8 个电子的稳定结构。

综上所述，元素的性质，特别是化学性质跟它的原子的最外层电子数目关系十分密切。

【选学】人类对“ 原子王国 ”的探索

原子内部结构究竟怎样？世界上许多科学家为揭开原子内部的奥秘付出了艰辛的劳动。

直到 19 世纪末，人们还认为原子是不能再分的。后来，生产技术的发展为精密的实验提供了条件，在 1897 年，英国科学家汤姆生发现了电子，并认为一切原子中都含有电子，人们开始揭示原子内部的秘密，认识到原子本身还具有复杂的结构，还可以再分。

后来，英国科学家卢瑟福成功地进行了α粒子散射实验，提出了原子的核式结构模型。

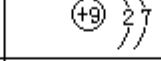
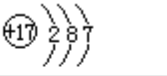
原子核带正电、电子带负电，异性相吸，为什么电子不会掉到原子核上？丹麦科学家玻尔根据科学实验和物理学的理论提出：原子核外的电子遵循一定的规律在固定的、分层的“ 轨道 ”上作高速运动，形成离心力与核对电子的引力间的平衡，所以电子不会掉到原子核上。

近百年来，许多科学家都投身于原子结构的研究，今天人们认识到原子中的电子以极高的速度在极小的原子核外空间运动，它们的运动状态与宏观物体的运动状态不同，没有固定的轨道和轨迹，也无法测定其瞬间的空间位置，只能用电子在核外某空间单位体积中出现机会的多少来描述。近期，人们还发现构成原子的微粒不只是质子、中子、电子，还有正电子、介子、超子等基本粒子，美籍华人丁肇中教授 70 年代还发现了 J 粒子和胶子。

探索在继续，人类对原子结构的认识在深化，为了揭开原子内部的奥秘，科学家仍在不断的努力。

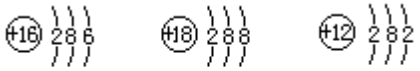
作业 1

1.根据氟和氯的原子结构示意图，填写下表空白，比较电子层结构的异同。

原子结构示意图		
电子层数		
最外层电子数		

2.用所学的核外电子排布的初步知识解释 核电荷数为 10 的氖元素的化学性质稳定,而核电荷数为 9 的氟元素和核电荷数为 11 的钠元素化学性质都非常活泼。

3.下列为甲、乙、丙三种元素的原子结构示意图，试判断哪种是金属元素？哪种是非金属元素？哪种是惰性气体元素？



甲　　乙　　丙

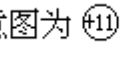
6.2 离子化合物和共价化合物

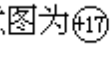
上一节我们学习了原子核外电子排布的初步知识，在此基础上，本节将着重学习不同元素的原子是怎样形成化合物的。

离子化合物

【观察与思考】

装置见图 6－2，在集满氯气的瓶口上放一小块铁丝网（最好是不锈钢丝网），取一小块钠，用滤纸吸干煤油后用坩埚钳夹住，在铁丝网上来回摩擦，使钠的碎屑落入集气瓶里。注意观察，钠屑一遇到氯气就发生燃烧，并生成白色固体氯化钠。在这个实验中，钠和氯的原子发生了怎样的变化呢？

钠的原子结构示意图为  ，钠原子最外层有 1 个电子，次外层有 8 个电子。在化学反应中，钠原子容易失去最外层 1 个电子，使次外层变成最外层。

氯的原子结构示意图为  ，氯原子最外层有 7 个电子，在化学反应中，氯原子容易得到 1 个电子，使最外层达到 8 个电子。

当氯跟钠反应时，气态钠原子最外层的 1 个电子转移到气态氯原子的最外层上去，这样两个原子的最外层都变成 8 个电子的稳定结构。

如图 6－3 所示，在化学反应过程中，钠原子因失去 1 个电子而带上了 1 个单位的正电荷；氯原子因得到 1 个电子而带上了 1 个单位的负电荷。这种带电的原子或原子团叫做离子。带正电的离子叫做阳离子，如钠离子（Na^+）；带负电的离子叫做阴离子，如氯离子（Cl^-）。这两种带有相反电荷的离子之间有静电引力，同时两个离子的核之间以及它们的电子之间又有斥力。当引力与斥力达到平衡时就形成了化合物氯化钠，它整体上呈电中性。化学反应方程式是：

$$2Na+Cl_2====2NaCl$$

像氯化钠这种由阴、阳离子相互作用而构成的化合物，叫离子化合物。氧化钙（CaO）、硫酸锌（$ZnSO_4$）、氢氧化钠（NaOH）等都是离子化合物。构成离子化合物的微粒不是分子，而是阴离子和阳离子。

共价化合物

【观察与思考】

装置见图 6－4，点燃纯净氢气，观察发生的现象。再慢慢挤压盛满氯气的塑料袋，让氯气通入玻璃管，再观察发生的现象。

实验结果表明：氢气在氯气中继续燃烧，产生的火焰呈苍白色，生成无色、有刺激性气味的气体，在空气中形成“白雾”。科学实验证明该气体是氯化氢，化学式是 HCl。

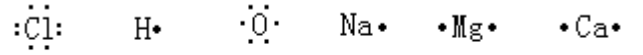
氯和氢都是非金属元素，它们的原子是怎样构成氯化氢的呢？

观察氯原子的原子结构示意图 ，不难看出氯原子的最外电子层有 7 个电子，在化学反应中，氯原子有获得一个电子形成最外层 8 个电子稳定结构的倾向，而氢原子核外只有一个电子层，且只有 1 个电子，它在化学反应中也有获得 1 个电子、形成最外层 2 个电子稳定结构的倾向。氢原子和氯原子都不能把对方的电子夺过来。它们相互作用的结果是双方各以最外层 1 个电子组成一个电子对，这个电子对为氢原子和氯原子所共用，并在两个原子核外的空间运动，从而使双方最外层都达到稳定结构。这种电子对叫共用电子对。在氯化氢里共用电子对受氯原子和氢原子两个核的共同吸引，使两个原子形成了氯化氢的分子。在氯化氢分子里，由于氯原子对电子对的吸引力比氢原子稍强，电子对偏向氯原子一方，因此氯原子一方略显负电性，氢原子一方略显正电性，但分子整体仍显电中性。这一反应的化学方程式是：

$$H_2+Cl_2====2HCl$$

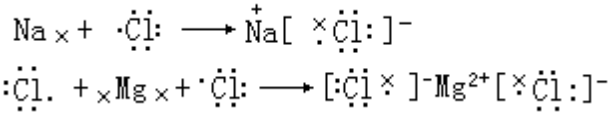
像氯化氢这样原子间以共用电子对形成的化合物，叫做共价化合物，如水（H_2O）、二氧化碳（CO_2）等都是共价化合物。

在上述化学反应中，一般是原子的最外层电子发生变化，因此，为了简便起见，我们可以在元素符号周围用小黑点（或×）来表示原子的最外层电子，这种式子叫做电子式。例如：

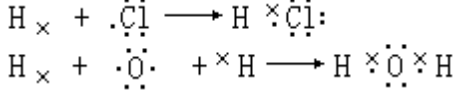


氯原子　氢原子　氧原子　钠原子　镁原子　钙原子

离子化合物氯化钠、氯化镁的形成过程可用电子式表示如下：



共价化合物氯化氢、水的形成过程，也可用电子式表示如下：



作业 2

1.将正确答案的序号填在括号里

（1）组成氯化钠固体的微粒是　　[　　]

A.氯化钠分子　　B.氯原子和钠原子

C.钠原子和氯气分子　　D.钠离子和氯离子

（2）钠原子的原子结构示意图为 ，比钠原子少 1 个电子而又多 1 个质子的微粒是　　[　　]

A. 　　B.

C. 　　D.

2. 填写下列空白（1）三种微粒的结构示意图分别为： 、 、 ，则这三种微粒具有_____同的核外电子排布，但它们的核电荷数_____同，微粒的电性也_____同。

（2）惰性气体元素氦、氖、氩的原子结构示意图分别为： 、 、 ，则锂离子 与惰性气体元素_____的原子具有相同的核外电子排布，硫离子 与惰性气体元素_____ 的原子具有相同的核外电子排布，铝离子 与惰性气体元素_____的原子具有相同的核外电子排布。

（3）填写下列符号所表示的微粒名称 H_____ H_2_____ K^+_____

Mg^{2+}_____ SO_4^{2-}_____

（4）下列示意图表示何种微粒？

硫的 _____ 氩的 _____

3.今有 A、B、C 三种元素，A 元素原子的核电荷数是 16，B 元素的阳离子带 2 个单位正电荷，且核外电子排布与 C 元素的原子相同。C 元素原子核外有两个电子层,最外层有 8 个电子,下列三种结构示意图各代表什么微粒？

代表 _____ 代表 _____

代表 _____

6.3 化合价

化合价 我们已经知道钠跟氯气起反应生成氯化钠（NaCl）、氢气跟氯气起反应生成氯化氢（HCl），在氯化钠和氯化氢中，组成元素的原子个数比都是 1∶1；而在镁跟氯气反应生成氯化镁（$MgCl_2$）和氧气跟氢气反应生成水（H_2O）时，组成元素的原子个数比都是 1∶2。更多的科学事实证明：元素之间相互化合时，各元素原子的个数比有一定的数目，这个数目比使离子化合物中的阴、阳离子或共价化合物中各元素原子的最外电子层都成为稳定结构，形成稳定的化合物。化学上把一种元素一定数目的原子与其它元素一定数目的原子化合的性质，叫做这种元素的化合价。

元素的化合价是元素的一种性质，这种性质是它的原子内部结构的反映，元素的化合价不但有一定的数值，而且有正价和负价。那么元素的化合价跟它的原子结构有什么关系呢？

1.离子化合物中元素的化合价

在离子化合物里，元素化合价的数值，就是这种元素的一个原子得失电子的数目。原子失去电子成为带正电的阳离子，该元素的化合价是正价；原子得到电子成为带负电的阴离子，该元素的化合价是负价。显然，在离子化合物中，离子所带电荷的正负和数目与化合价是一致的。例如在氯化镁这种化合物里，1 个镁原子失去 2 个电子，镁为+2 价；而 1 个氯原子得到 1 个电子，氯为-1 价。

2.共价化合物中元素的化合价

在共价化合物里，元素化合价的数值，就是这种元素一个原子提供（或接受）跟其它元素的原子形成共用电子对的电子数目。化合价的正负由电子对的偏移来决定。由于电子带有负电荷，电子对偏向哪种元素的原子，那种元素就为负价；电子对偏离哪种元素的原子，那种元素就为正价。例如在水这种化合物里，由于一个氧原子跟两个氢原子形成 2 个共用电子对，而一个氢原子跟氧原子只形成 1 个共用电子对，且共用电子对偏离氢原子，偏向氧原子，所以，氧为-2 价，氢为+1 价。

【问题讨论】

不论在离子化合物还是共价化合物里，正负化合价的代数和为什么都等于零？

在化合物里，金属元素通常显正价，非金属元素通常显负价。但在非金属氧化物里，氧一般显负价，另一种非金属元素显正价。氧和氢在它们各自的化合物里，氧通常显-2 价，氢通常显+1 价。

另外，在不同条件下，同一元素的原子得失电子（或形成共用电子对）的数目可以不同，因此，这些元素就显示出可变化合价。例如在不同条件下，铁可显+2 价或+3 价，硫可显-2 价、+4 价或+6 价。

元素的化合价是元素的原子在形成化合物时表现出来的一种性质。因此，在单质分子里，元素的化合价为零。

不仅元素表现出一定的化合价，某些原子团也表现出一定的化合价。如在氢氧化钙中，钙为+2 价，氢氧根为-1 价，在硫酸镁中，镁为+2 价，硫酸根为-2 价；在硝酸铝中，铝为+3 价，硝酸根为-1 价；在碳酸钠中，钠为+1 价，碳酸根为-2 价；在磷酸钾中，钾为+1 价，磷酸根为-3 价等。

常见元素及根的化合价见表 6-1。

表 6-1　常见元素及根的化合价

名称	符号	常见的化合价	名称	符号	常见的化合价
钾	K	+1	氯	Cl	-1、+1、+5、+7
钠	Na	+1	氧	O	-2
银	Ag	+1	硫	S	-2、+4、+6
钙	Ca	+2	碳	C	+2、+4
镁	Mg	+2	硅	Si	+4
钡	Ba	+2	氮	N	-3、+2、+4、+5
锌	Zn	+2	磷	p	-3、+3、+5
铜	Cu	+1、+2	铵根	NH_4	+1
铁	Fe	+2、+3	氢氧根	OH	-1
铝	Al	+3	硝酸根	NO_3	-1
锰	Mn	+2、+4、+6、+7	硫酸根	SO_4	-2
氢	H	+1	碳酸根	CO_3	-2
氟	F	-1	磷酸根	PO_4	-3

在化合物中，各元素的化合价可以在化学式各元素符号的上方表示出来；

根价也可在根的上方表示出来。例如：$\overset{+2}{Ca}(\overset{-1}{OH})_2$、$\overset{+2}{Mg}\overset{-2}{SO_4}$、$\overset{+3}{Al}(\overset{-1}{NO_3})_3$、$\overset{+1}{Na}_2\overset{-2}{CO_3}$，$\overset{+1}{K}_3\overset{-3}{PO_4}$ 还有 $\overset{+1}{Na}\overset{-1}{Cl}$、$\overset{+1}{H}_2\overset{-2}{O}$ 等。

【选学】根中元素的化合价与根价的关系

氢氧根为 -1价（$\overset{-1}{OH}$），根中氧为 -2价、氢为 +1价，氢氧根中含有1个氧原子、1 个氢原子，其化合价的代数和是：（-2）+（+1）=-1。

硫酸根为 -2价（$\overset{-2}{SO_4}$），根中硫为 +6价、氧为 -2价，硫酸根中含有1个硫原子、4 个氧原子，其化合价的代数和是：（+6）+（-2）×4=-2。

磷酸根为 -3价（$\overset{-3}{PO_4}$），根中磷为 +5价、氧为 -2价，磷酸根中含有1个磷原子、4 个氧原子，其化合价代数和是（+5）×1+（-2）×4=-3。

综上所述，根价等于根中各元素的化合价与该元素原子数乘积的代数和。

化合价和化学式大家知道，化学式是用元素符号表示物质组成的式子，而化合价则反映了形成某种物质的不同元素间原子的个数关系，因此它们之间有密切的联系。根据化合物中各元素正负化合价代数和为零的原则，我们可以从化学式计算元素的化合价，以及应用化合价写出已知物质的化学式或检查化学式的正误。

例 1　标出下列物质中各元素的化合价：

氯化镁　金属锌　氢氧化钠　硫酸铜

解　先写出各物质的化学式

$MgCl_2$　Zn　NaOH　$CuSO_4$

然后在各化学式元素符号的上方标出相应的化合价

$\overset{+2}{Mg}\overset{-1}{Cl_2}$　　$\overset{0}{Zn}$　　$\overset{+1}{Na}\overset{-2}{O}\overset{+1}{H}$　　$\overset{+2}{Cu}\overset{+6}{S}\overset{-2}{O_4}$

例 2　试确定氯酸钾中氯元素的化合价。

解　先写出氯酸钾的化学式

$KClO_3$

查表可知钾元素化合价为+1 价，氧元素化合价为-2 价，而氯元素的化合价为-1、+1、+5、+7 等。根据在化合物里正负化合价的代数和都等于零的规则，可以求出氯酸钾中氯元素的化合价。

设氯酸钾中氯元素的化合价为 x

则　　1+x+（-2）×3=0

x=+5

答：在氯酸钾里，氯元素的化合价为+5。

例 3　已知铝为+3 价，氧为-2 价，写出氧化铝的化学式。

解（1）写出组成化合物的两种元素符号，正价的元素写在左边，负价的元素写在右边。

AlO

（2）求出两种元素的正、负化合价的绝对值的最小公倍数。

3×2=6

（3）求各元素的原子数：

$$\frac{\text{最小公倍数}}{\text{正价数(或负价数)}} = \text{原子数}$$

Al：$\frac{6}{3}=2$　　O：$\frac{6}{2}=3$

（4）把原子数写在各元素符号右下方，即得化学式（如果原子数为 1 时，则可省略不写）

Al_2O_3

（5）检查化学式，只有当正负化合价的代数和等于零，化学式才算正确。

（+3）×2+（-2）×3=0

答：氧化铝的化学式是 Al_2O_3。

应该注意的是，只有确实知道有某种化合物存在，才能根据元素化合价写出它的化学式。切不可应用化合价任意写出实际上不存在的物质的化学式。

【思考与练习】

根据常见元素的化合价表，写出钠、镁、铝、硅、磷、硫、氯的最高价氧化物的化学式。

作业 3

1.填空

（1）在化合物里，氢元素的化合价通常为__价，氧元素的化合价通常为__价。金属元素在化合物中通常显__价，非金属元素在跟金属或氢元素化合时，通常显__价。

（2）在单质里，元素的化合价为__。

（3）在化合物里，元素的正负化合价的代数和为__。

2.镁离子与氯化镁中+2 价的镁在表示方法上一般有何区别？

3.标出下列化学式中每种元素的化合价

SiO_2　SO_3　CO_2　I_2　MgO　K_2O　AgCl　$MgCl_2$　Cu　O_2　$KMnO_4$　$KClO_3$　$Al(OH)_3$　$Fe2O_3$　H_2SO_4

4.已知在下列化合物中氢为+1 价，氧为-2 价，试判断其它元素的化合价。

Na_2O　SO_2　WO_3　HClO　$Fe(OH)_2$　$HClO_4$　MnO_2

5.把下表中正价元素和负价元素所组成的化合物的化学式填在相应的空格内。

负价元素 \ 正价元素	^{+1}H	^{+2}Na	^{+2}Ba	^{+2}Cu	^{+3}Al	^{+2}Fe	^{+3}Fe
^{-1}Cl							
^{-2}O							

6.在下列式子里各物质名称的下面，写出这种物质的化学式：

（1）水+二氧化碳——→碳酸

（2）磷+氧气 $\xrightarrow{\text{点燃}}$ 五氧化二磷

（3）氧化钠+水—→氢氧化钠

6.4 电离酸、碱、盐的初步概念化合物水溶液的导电性

【观察与思考】

图 6-5 表示的是能同时试验几种物质导电性的装置，其中主要包括低压电源、石墨电极、显示电路里有无电流通过的电灯泡，以及盛有待试验物质的容器（4 组容器，每组 3 只）四部分。在 12 只容器里依次加入：

干燥的食盐晶体、硝酸钾晶体、氢氧化钠晶体、蔗糖晶体、酒精、蒸馏水、食盐溶液、硝酸钾溶液、氢氧化钠溶液、磷酸溶液、蔗糖溶液、酒精溶液。

将石墨电极分别插入待试验物质中，连接低压电源，观察灯泡是不是发光。

从上面的实验可以看到，干燥的食盐晶体、硝酸钾晶体、氢氧化钠晶体、蔗糖晶体、酒精都不导电，蒸馏水也不导电[①]，可是，食盐、硝酸钾、氢氧化钠、磷酸的水溶液却能够导电，蔗糖和酒精的水溶液不能导电。

【观察与思考】取几克硝酸钾晶体（或其它易熔的盐，如氯化锌等）加入瓷坩埚内，放在铁架台上，加热到硝酸钾晶体熔化，插入电极，连接低压电源，观察灯泡是不是发光。

从上面的实验可以看到，熔化的硝酸钾能够导电。

电离方程式　我们知道，电流是由带电微粒按一定方向移动而形成的。金属能够导电，就是由于金属中存在能自由移动的、带负电的电子。为什么食盐、硝酸钾、氢氧化钠等物质在干燥时不导电，而溶于水或熔化时却能导电呢？说明这些物质的水溶液或熔化而成的液体里，存在着能自由移动的、带电的微粒。

我们已经知道食盐是离子化合物，在食盐的晶体里含有带正电的钠离子（Na^+）和带负电的氯离子（Cl^-），由于静电的作用，它们按一定规则紧密地排列着，这些离子不能自由移动，因而干燥的食盐不能导电。

当食盐在水里溶解时，由于水分子的作用减弱了钠离子和氯离子之间的吸引力，使食盐晶体离解成能自由移动的带电的钠离子和氯离子（图 6-6），因而食盐溶液能够导电。

食盐晶体受热熔化时，由于离子的运动随温度升高而加快，克服了带不同电荷的离子间的引力，产生了能自由移动的钠离子和氯离子，因而食盐在熔化状态也能导电。

硝酸钾、氢氧化钠等离子化合物在溶于水或熔化时，也产生能够自由移动的离子，因此也能够导电。

化合物溶于水或受热熔化时，离解成自由移动的离子的过程，叫做电离。

某些共价化合物如氯化氢、硫酸等，虽然熔化（即液态）时基本不电离，但溶于水时却能电离。所以这些化合物液态时基本不导电，而其水溶液却能导电。

化合物的电离可用电离方程式来表示：

$NaCl====Na^+ + Cl^-$

$NaOH====Na^+ + OH^-$

---

① 严格地说，蒸馏水也能导电，只是导电能力非常弱，用上述实验装置不能测出。

KNO_3====K^++NO3$^-$

【选学】　氯化氢在水里的溶解和电离

氯化氢为共价化合物，它的电子式为H×$\dot{\underset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}}$：共用电子对强烈偏向氯原子一方，但不是离子。当氯化氢溶于水时，在水分子及其运动的作用下，如图 6—7 所示，迅速电离成为在溶液中自由移动的氢离子和氯离子（严格地说是水合氢离子和水合氯离子）。

溶液里或熔化的化合物里，电离生成的阳离子所带的正电荷总数和阴离子所带的负电荷总数是相等的，所以整个溶液或熔化的化合物不显电性。

1.酸的电离

酸、碱、盐的电离

【观察与思考】

用图 6-5 试验物质导电性的装置，分别试验盐酸、硝酸和硫酸溶液的导电性。

实验表明，盐酸、硝酸和硫酸等酸溶液能够导电，它们的电离方程式如下：

$$HCl====H^+ + Cl^-$$

$$HNO^3 === H^+ + NO_4^{2-}$$

$$H_2SO_4 === 2H^+ + SO_4^{2-}$$

由上式可以看出，盐酸、硝酸、硫酸在水溶液里都能电离生成氢离子，而且电离生成的阳离子全部是氢离子。我们把电离时所生成的阳离子全部是氢离子的化合物叫做酸。盐酸、硝酸和硫酸都属于酸类。

在酸的分子里，除去在水溶液里能够电离生成的氢离子，余下的部分是酸根离子，例如，Cl^-、NO_3^-3、SO_4^{2-}都是酸根离子。酸根离子所带负电荷的数目等于酸分子电离时生成的氢离子的数目。

2.碱的电离

【观察与思考】

用图 6-5 试验物质导电性的装置，分别试验氢氧化钾和氢氧化钡溶液的导电性。

实验表明，跟氢氧化钠相似，氢氧化钾、氢氧化钡的溶液都能够导电，电离方程式如下：

$$KOH===K^+ + OH^-$$

$$Ba(OH)_2===Ba^{2+} + 2OH^-$$

由上式可以看出，跟氢氧化钠一样，氢氧化钾、氢氧化钡在水溶液里都能电离生成氢氧根离子（OH^-），而且电离生成的阴离子全部是氢氧根离子（OH^-）。我们把电离时所生成的阴离子全部是氢氧根离子的化合物叫做碱。氢氧化钠、氢氧化钾、氢氧化钡都属于碱类。

综上所述，碱在电离的时候，除生成氢氧根离子外，还生成金属离子。氢氧根离子带一单位负电荷，因此，在碱里跟一个金属离子结合的氢氧根离子的数目等于这种金属离子所带正电荷的数目。

3.盐的电离

【观察与思考】

用图 6-5 试验物质导电性的装置，分别试验碳酸钠、硫酸镁、氯化钡溶液的导电性。

实验表明，跟氯化钠相似，碳酸钠、硫酸镁、氯化钡的溶液都能够导电，电离方程式如下：

$$Na_2CO_3 === 2Na^+ + CO_3^{2-}$$

$$MgSO_4 === Mg^{2+} + SO_4^{2-}$$

$$BaCl_2 === Ba^{2+} + 2Cl^-$$

综上所述，碳酸钠、硫酸镁、氯化钡、氯化钠等物质在水溶液里都能电离出金属离子和酸根离子，像这样电离生成金属阳离子和酸根阴离子的化合物叫做盐。

【选学】 酸式盐和碱式盐

有这么一类化合物，它们在溶于水时电离生成金属阳离子、氢离子和酸根离子。例如，硫酸氢钠的电离方程式如下：$NaHSO_4 = Na^+ + H^+ + SO_4^{2-}$**。**

这类化合物属于酸类还是盐类呢？由于它们电离生成的阳离子不都是氢离子，所以不属于酸类；又由于它们电离时有金属阳离子和酸根阴离子生成，所以属于盐类。但是，这类盐电离时除生成金属阳离子和酸根阴离子外，还有氢离子生成，所以叫做酸式盐。像 NH_4HCO_3、$NaHCO_3$、$Ca(H_2PO_4)_2$ 等都是盐类中的酸式盐。

还有一类化合物，它们电离生成金属阳离子、酸根和氢氧根阴离子，这类化合物叫做碱式盐。像 $Mg(OH)Cl$、$Cu_2(OH)_2CO_3$ 等都是盐类中的碱式盐。

对于盐类中电离只生成金属阳离子和酸根阴离子的，就叫做正盐。这样我们可将盐简单分类如下：

盐 { **正盐**
酸式盐
碱式盐

酸碱指示剂 我们知道物质的组成和结构决定物质的性质，还知道酸类电离生成的阳离子都是 H^+，碱类电离生成的阴离子都是 OH^-。那么酸类和碱类是否具有酸类的共同性质和碱类的共同性质呢？让我们通过下面的实验来回答这个问题。

【实验与思考】

参照下表进行实验，并将结果记录在表中。

试管		所盛的溶液	滴加的试剂	反应后溶液的颜色
组别	编号			
一	1	稀硫酸	紫色石蕊溶液	
	2	稀盐酸		
	3	蒸馏水		
二	1	稀氢氧化钠溶液		
	2	稀氢氧化钾溶液		
	3	氢氧化钙溶液		
三	1	稀硫酸	无色酚酞溶液	
	2	稀盐酸		
	3	蒸馏水		
四	1	稀氢氧化钠溶液		
	2	稀氢氧化钾溶液		
	3	氢氧化钙溶液		

不同的酸溶液与紫色石蕊溶液或无色酚酞溶液反应，结果类同，即石蕊溶液变红色、无色酚酞溶液不变色。不同的碱溶液与紫色石蕊溶液或无色酚酞溶液反应，结果类同，即石蕊溶液变蓝色、酚酞溶液变红色。以上的实验事实以及其它的许多事实，都说明酸类和碱类各自都具有共同的性质。

像石蕊和酚酞这类能跟酸或碱的溶液起作用，而显示不同颜色的物质，叫做酸碱指示剂，通常简称指示剂。实验室常用指示剂来鉴别酸和碱的溶液。

【问题讨论】

有 3 瓶无色的未贴标签的溶液，只知道它们分别是氯化钠、硫酸、氢氧化钙的稀溶液。你能用一种试剂迅速地将它们鉴别出来吗？

【选学】元素周期表简介

通过本章的学习，我们认识到元素的性质决定于元素的原子结构。元素

的化学性质跟它的原子的最外层电子数目关系密切。

如果把元素按照核电荷数由小到大的顺序从左到右排列（按照这个顺序给元素编号，叫做原子序数，原子序数在数值上跟这种原子的核电荷数相等），并将核外电子层数相同的元素排在一个横行上，再把不同横行中最外电子层排布相同的元素按电子层数递增的顺序由上而下排成纵行，这样得到的一个表叫做元素周期表（见书末附录III），它反映了元素之间相互联系的规律。

在元素周期表里每一个横行叫做一个周期，每一个纵行叫做一个族（其中Ⅷ族有 3 个纵行）。在元素周期表里共有 7 个周期，16 个族。

元素周期表反映了元素的原子结构和性质间的联系，内容非常丰富，下面仅作简单说明。

1.同族元素性质相似

例如，0 族元素氦、氖、氩、氪、氙、氡都是稀有气体元素。它们原子的最外层都有 8 个电子（氦只有 2 个电子），化学性质比较稳定，一般不跟其它物质发生化学反应。ⅦA 族元素氟、氯、溴、碘、砹通称卤族元素，都是非金属元素，它们原子的最外层都有 7 个电子，在化学反应中易获得 1 个电子，它们的化合价常为-1 价，最高正价为+7 价（氟除外），它们的最高价氧化物的水化物都是较强的酸（氟除外）。ⅡA 族元素铍、镁、钙、锶、钡、镭通称碱土金属，都是金属元素。它们原子的最外层都有 2 个电子，在化学反应中较易失去，它们的化合价为+2 价，它们的氧化物的水化物都是较强的碱。

根据原子结构和性质的相似性，将元素分成不同的族，对我们学习元素及其化合物的知识将十分有利。

2.金属性和非金属性的递变

在同一周期中，从左向右，电子层数相同，核电荷数递增，金属性逐渐减弱，非金属性逐渐增强，最后以稀有气体元素结尾。例如第三周期中，钠的金属性最强，镁次之，氯的非金属性最强，末尾的氩是稀有气体。

在同一族（仅限于 A 族）中，从上到下，元素原子的电子层数递增，金属性逐渐增强，非金属性逐渐减弱。例如第ⅤA 族中，氮、磷、砷的非金属性逐渐减弱，到锑、铋已是金属元素。

由上述规律可推知，元素周期表左下角的元素的金属性最强，元素周期表右上角的元素的非金属性最强。

元素周期表右方的粗折线表明金属和非金属的分界线。

3.化合价的变化

一般说来，元素的最高正化合价跟它的族序数相同。例如ⅡA 族的镁、钙的最高正化合价为+2；ⅦB 族的锰的最高化合价为+7；ⅤA 族的氮、磷、砷的最高正化合价为+5 等。非金属元素的负化合价跟它的最高正化合价绝对值的和等于 8。例如ⅤA 族的氮、磷、砷的最高正化合价为+5，负化合价为-3；ⅦA 族的氯、溴的最高正化合价为+7，负化合价为-1。

元素周期表是学习和研究化学的重要工具，以后进一步学习化学时，还将深入学习元素周期律和元素周期表的知识。

【家庭小实验】

溶液导电性试验

参考图 6-8 试验物质的导电性装置，在家里用干电池、小灯泡（手电筒

用）、石墨棒（由废干电池中拆下）来试验食盐溶液、碳酸钠（纯碱）溶液、酒精溶液（可用烧酒）、糖水能不能导电。

作业 4

1.铜和铝为什么能导电？硝酸钾晶体不能导电，为什么它的溶液能导电？

2.下列说法是否正确？为什么？

（1）食盐水能导电是因为食盐水中含有能自由移动的、带负电的电子。

（2）石墨能导电，所以，石墨中有能自由移动的离子。

（3）硝酸溶液能导电，在硝酸溶液中存在能自由移动的H^+和NO_3^-离子。

3.硝酸钾溶液中含有带电的微粒（K^+和NO_3^-），为什么用手接触硝酸钾溶液没有触电的感觉？

4.为什么用湿手接触正在通电的电器设备更容易发生触电事故？

5.写出下列物质在溶液里的电离方程式：

（1）盐酸（2）硫酸（3）氢氧化钾（4）氢氧化钙（5）氯化钾（6）硝酸镁（7）硫酸钠（8）氯化铁

6.填空

（1）电离时生成的_____全部是_____的化合物叫做酸。如_____、_____等都是酸。

（2）电离时生成的_____全部是_____的化合物叫做碱。如_____、_____等都是碱。

（3）电离时生成_____和_____的化合物叫做盐。如_____和_____等都是盐。

7.在下列空白处填写相应的化学式

化学式 阳离子 / 阳离子	H^+	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Cu^{2+}	Fe^{3+}
OH^-	H_2O					
Cl^-						
NO_3^-						
SO_4^{2-}						

复习与练习

一、整理知识

1.原子核外电子的排布

（1）多电子原子的电子在核外是分层排布的，可用原子结构示意图来表示，熟悉 1—18 号元素的核外电子排布。

（2）元素的化学性质与其原子最外层电子数目有密切的关系。

2.化合物的形成

（1）稀有气体元素原子最外层有 8 个电子（氦为 2 个电子）的结构是相

对稳定结构，其它元素的原子都有趋于达到稳定结构的倾向，这是元素的原子构成分子、形成离子的内在原因。

（2）带电的原子（或原子团）叫做离子。带正电的离子叫做阳离子，带负电的离子叫做阴离子。

（3）由阴、阳离子相互作用而构成的化合物，叫做离子化合物。

以共用电子对形成的化合物，叫做共价化合物。

3.化合价

（1）一种元素一定数目的原子与其它元素一定数目的原子化合的性质，叫做这种元素的化合价。通常以氢的化合价为+1 作为化合价的标准。

（2）在离子化合物里，元素化合价的数值，就是这种元素的一个原子得失电子的数目。失去电子的原子为阳离子，带正电，这种元素的化合价是正价；得到电子的原子是阴离子，带负电，这种元素的化合价是负价。在共价化合物里，元素化合价的数值，就是这种元素的一个原子与其它元素的原子形成共用电子对时提供或接受电子的数目。电子对偏向哪种原子，哪种元素就为负价；电子对偏离哪种原子，哪种元素就为正价。

（3）不论在离子化合物还是在共价化合物里，正负化合价的代数和都等于零。根据这个原则，可以检查化合物化学式的正误，也可以在已知化合价时书写化合物的化学式。只有确实知道有某种化合物存在时，才能根据元素的化合价写出它的化学式。

4.电离和酸、碱、盐的初步概念

（1）电离、电离方程式

化合物溶解于水或受热熔化时，离解成自由移动的离子的过程叫做电离。

电离过程用电离方程式表示。熟悉电离方程式的写法。

（2）酸、碱、盐的初步概念

酸：电离时生成的阳离子全部是氢离子的化合物叫做酸。

酸=nH^++酸根离子 n^-

碱：电离时生成的阴离子全部是氢氧根离子的化合物叫做碱。

碱=金属离子 $^{n+}$+nOH^-

盐：电离时生成金属阳离子和酸根阴离子的化合物叫做盐。

二、练习题

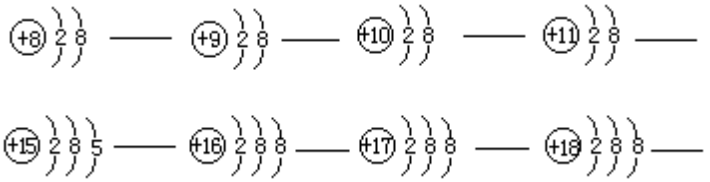
1.写出下列物质的化学式

氧化铁 氯化铁 硫酸铝 氯化钾

2.标出下列化学式中各元素的化合价

N_2 Fe CO CaO $Ba(OH)_2$ H_3PO_4 $KClO_4$ $KMnO_4$ $Fe_2(SO_4)_3$ $FeCl_2$

3.写出下列结构示意图所代表的原子或离子的符号（参考图 6-1）



4.将正确答案的序号填在括号里

（1）元素的化学性质主要决定于原子的 [ ]

A.核外电子层数 B.最外层电子数

C.核内中子数 D.原子量

（2）下列数据分别表示四种元素的核电荷数，最外层电子数最多的一种元素是（参考图 6-1） [ ]

A.1 B.16 C.9 D.12

（3）下列微粒具有相同电子层结构的是（）

A.Na 和 Na^+ B.Mg 和 Mg^{2+}

C.S^{2-}和 Ar D.F^-和 Ar

（4）下列电离方程式错误的是 [ ]

A. H_2SO_4 ==== $2H^+ + SO_4^{2-}$

B. Na_2CO_3 === $2Na^+CO_3^{2-}$

C.Ba（NO_3）$_2$ === $Ba^{2+} + 2NO_3^-$

D.Ca（OH）$_2$ === Ca^{2+} + （OH）$_2^-$

（5）化合物的溶液能导电的原因是 [ ]

A.有自由电子存在

B.在电流作用下产生了自由移动的离子

C.化合物中有离子

D.有能够自由移动的离子存在

（6）对能够导电的溶液，下列说法正确的是 [ ]

A.阴、阳离子个数一定相等

B.每个阴、阳离子所带的正、负电荷数相等

C.每个阴、阳离子所带的电荷数就是它们在化合物里显示的化合价数

D.每个阴、阳离子所带的电荷数不一定相等，但阴、阳离子个数一定相等

第 7 章　碳和碳的化合物

在第 2 章中，我们已经了解到碳元素在地壳中的含量仅占 0.087%，但碳的化合物却超过 1 千万种，是物质世界里最庞大的家族。它们在国民经济和日常生活里占有非常重要的地位。本章将学习碳的单质、氧化物、碳酸钙以及甲烷、酒精、石油和煤等重要的含碳物质的知识。

7.1 碳的单质

提起碳的单质，我们就会想到生活中常用到的煤和木炭，其实煤并不是碳

的单质，木炭才是碳的一种单质。碳的单质有无定形碳、石墨和金刚石等。

碳的几种单质

（1）无定形碳

与木炭相似的碳的单质还有活性炭、焦炭和炭黑等，它们通称为无定形碳。

【观察与思考】

在一瓶充满红棕色二氧化氮气体的集气瓶里，投入几小块木炭，用玻璃片盖住瓶口，摇动瓶子，观察集气瓶里气体颜色的变化（图 7-1）。

在锥形瓶里注入小半瓶水，滴入一滴红墨水，使略显红色。投入几小块木炭，轻轻振荡，静置澄清后观察锥形瓶中水溶液的颜色（图 7-2）。

通过实验，我们看到红棕色的二氧化氮气体和水溶液的红色变浅或消失了。进一步的科学实验证明，木炭具有将一些气体或微粒吸附在它表面的性能。由于木炭具有疏松、多孔道的结构，因此它的表面积很大，这样，它跟气体或溶液的接触面也就很大，所以吸附能力很强。

工业上为了进一步提高木炭的吸附能力，常把木炭在隔绝空气的条件下加强热，并不断通以洁净的水蒸气。通过这种方法清除附着在木炭孔隙表面的油质，使它内部的微细孔道更为畅通，表面积更大。这种经处理过的木炭，就叫做活性炭。活性炭广泛地用于净化某些气体或液体，如制糖工业中用它来除去糖液中的色素；冰箱用它作除臭剂；防毒面具的滤毒罐（图 7-3）、自来水厂净水器中也都用到活性炭。

炭黑是一种疏松、质轻而极细的黑色粉末。焦炭是一种浅灰色具有金属光泽的多孔坚硬固体。它们也有多种用途，如炭黑常用来做墨、油墨、颜料等，把炭黑加到橡胶制品中可增强耐磨性。焦炭被广泛地应用在冶金工业上。

无定形碳虽然多种多样，但科学工作者用 X 射线研究它们的结构时，发现它们都是由同一种碳的单质——石墨的微小晶体和少量杂质构成的。

（2）石墨

石墨是我们经常见到的一种物质，它是一种深灰色的有金属光泽而不透明的片状固体。

石墨有优良的导电性和传热性，熔点高并能经受温度的骤然升降，在一

般条件下化学性质稳定，与许多化学药品不发生作用，可以用作干电池的电极、高温电炉的电极、熔融钢和其它金属的坩埚，还可以将它制成块料和管道等用来砌耐酸塔和槽等。

石墨是最软的矿物之一，将石墨在纸上划过，其微细碎片会留在纸上，现出深灰色的痕迹，利用这种性质，人们把石墨作为在制造铅笔芯的主要成分。

如果我们用手摸一下石墨的粉末，会感到有滑腻的感觉。说明石墨有润滑作用，又因为石墨的熔点高、能耐高温，所以工业上常把石墨作为在高温下运转的机器的润滑剂。

此外，石墨在原子反应堆中用作中子减速剂。

【选学】铅笔上的“ H ”和“ B ”

铅笔的笔芯是由石墨粉和粘土粉按一定比例混和，经过加温压制而成的。这是由于石墨质软，用纯石墨做笔芯既易折断又易磨损，掺入一些粘土粉可以增强笔芯的硬度。粘土掺得越多，铅笔芯就越硬，写出来的字迹就越淡；掺得越少，铅笔芯越软，写出来的字迹就越浓越黑。生产上取“ 黑 ”的英文单词“ Black ”的第一个字母“ B ”表示铅笔芯的“ 软 ”，B 越多，铅笔芯越软，“ 6B ”铅笔常用作绘画的工具。生产上取“ 硬 ”的英文单词“ Hard ”的第一个字母“ H ”表示铅笔的“ 硬 ”，H 越多，铅笔芯越硬，“ 6H ”铅笔常用作制图的工具。我们学习中常用的铅笔型号是“ HB ”，它表示软硬适中。

（3）金刚石

你一定看到过划玻璃吧，用玻璃刀在玻璃上一划，玻璃上就留下一道痕迹，用手一掰，玻璃就分成两半了。玻璃刀为什么有如此神奇的功能呢？原来在玻璃刀的刀头上镶有一小颗自然界中硬度最大的物质，这就是金刚石。

纯净的金刚石是一种无色透明、呈正八面体形状的碳的晶体。金刚石经过仔细琢磨成许多面以后，就成为璀璨夺目的装饰品——钻石（图 7-4）。天然采集到的金刚石常因含有杂质而带棕、黑等颜色。1977 年 12 月我国在山东省临沭县发现了一颗无色透明、重达 158.786 克拉（5 克拉等于 1 克）的特大金刚石——常林钻石，这在世界上也是不多见的。

利用金刚石特别坚硬的性质，工业上用它来切割、加工坚硬的金属、大理石等，把它镶嵌在钻探机的钻头上用来钻凿坚硬的岩层。

【选学】人造金刚石

金刚石的用途很广泛，但天然存在的量很少，而且多数颗粒很小，无法满足人们的需求。因此人们提出了金刚石的人工制造问题。

由于金刚石和石墨都是碳的单质，所以人们把注意力集中到把石墨转变成金刚石的实验上来。经过无数次的试验，终于用铬、铁、铂等做催化剂，在 1600～1800℃和 5×10^{9}～6×10^{9} 帕的条件下，以石墨为原料制得了人造金刚石。目前世界上每年生产约 20 吨的人造金刚石。我国第一颗人造金刚石于 1962 年研制成功。现今江苏省的南京、苏州等地也都有生产人造金刚石的工厂。

【选学】碳的几种单质的结构

金刚石和石墨都是由碳元素组成的单质，但在物理性质上却有如此大的差别，这是什么原因呢？经过研究知道，原来在金刚石和石墨的晶体里，碳原子的排列是不相同的，所以它们的物理性质也就不同了。

在金刚石晶体中，碳原子交错整齐地排列成立体结构，形成一个牢固的整体（图 7-5），因而显得特别坚硬，而石墨晶体中的碳原子是呈层状排列的（图 7-6），很容易发生层间的滑动、散开，所以石墨很软。

近年来，科学家又发现和制得了碳的第三种单质分子。这种碳分子是由 60 个碳原子所组成的一个闭合的笼状结构（图 7-7），好似一只足球，故可写成 C_{60}。科学是无止境的，随着 C_{60} 的发现和深入研究，必将对化学乃至众多学科的发展产生不可估量的影响。

碳的化学性质　（1）常温下很稳定大家知道，用墨写的字、作的画，虽年深日久，仍不变色，所以我们现在还能欣赏到古代书法家和画家的“墨宝”、“真迹”。这说明了在常温下碳的化学性质是不活泼的，但随着温度的升高，碳的化学活动性大大增强，在高温下，能够跟多种物质起反应。

（2）碳跟氧气的反应

我们已经学过，木炭能在空气或氧气里燃烧，生成二氧化碳并放出大量的热。

$$C+O_2 \xlongequal{\text{点燃}} CO_2$$

如果燃烧不充分，则生成物是一氧化碳。

$$2C+O_2 \xlongequal{\text{不充分燃烧}} 2CO$$

金刚石、石墨和无定形碳都是碳的单质，所以它们在空气或氧气中充分燃烧都生成二氧化碳一种产物。

【选学】黑火药

黑火药是制造爆竹、烟火等的原料。将木炭粉、硫黄粉和硝酸钾（KNO_3）这三种粉末按一定比例混和起来，就得到黑火药。所以黑火药是一种混合物。

当黑火药燃烧时，反应很剧烈，放出大量的气体（主要是二氧化碳、氮气以及一些固体生成物）和大量的热。这些气体生成物受热后体积骤然膨胀，几乎达到原来火药体积的 2000 倍，因而发生爆炸。爆炸时，固体生成物的微粒分散在气体里，形成浓密的白烟。

黑火药是我国古代四大发明之一。据史书记载，在 1 千多年前我国就掌握了用上述三种成分配制黑火药，并用于军事上，当这项技术经过阿拉伯传至欧洲时，已经是 13 世纪中叶了。

（3）碳跟某些氧化物的反应——碳的还原性

【观察与思考】

把烘干的木炭粉和黑色的氧化铜粉末按质量比 1∶10 混合均匀，装入一

弯曲的硬质玻璃管中，铺成薄层，塞上小塞子，夹在铁架台上，玻璃管另一端插入盛有澄清石灰水的试管里（如图 7-8）。加热，观察石灰水及玻璃管内黑色粉末的变化。

【问题讨论】

从实验看到试管中的澄清石灰水变浑浊，证明反应后有什么物质生成？在玻璃管壁上看到的红色物质是什么？

通过这个实验，说明碳和氢气一样具有还原性，也能从氧化铜里还原出铜，反应的化学方程式是：

$$2CuO+C \xlongequal{\text{高温}} 2Cu+CO_2\uparrow$$

在冶金工业中常利用碳的这种还原性，将某些金属氧化物还原成金属。

此外，碳在高温下还能跟二氧化碳反应。当二氧化碳遇到炽热的炭，就生成了一氧化碳。

$$CO_2+C \xlongequal{\text{高温}} 2CO$$

这个反应是需要吸收热量的。在煤层较厚的煤炉中，常有这个反应发生。工业上可利用这个反应来制取煤气（主要成分是一氧化碳）。

作业 1

1.下列说法错误的是（将答案的序号填入括号内）　[　　]

A.金刚石和石墨分别在氧气中充分燃烧，前者生成一氧化碳，后者生成二氧化碳

B.金刚石具有高硬度，可以镶在钻探机的钻头上，用以钻凿坚硬的岩层

C.石墨的熔点高、化学性质比较稳定、软而有润滑作用，所以工业上用作在高温下运转的机器的润滑剂

D.活性炭之所以能作冰箱除臭剂，主要是因为它具有很大的表面积，吸附性能好

2.将木桩埋入地下之前，为什么常把埋入地里的一段表面用火稍微烧焦？

3.比较碳和氢气的化学性质，举例说明并写出有关反应的化学方程式。

4.由一种单质和一种氧化物按一定的量组成的黑色粉末状混合物，加热后黑色粉末转变成光亮的红色金属，同时产生一种能使澄清石灰水变浑浊的无色气体，则这种黑色粉末的成分可能是什么？写出上述变化的有关化学方程式。

5.碳在高温时还原氧化铁的化学方程式是：

$$2Fe_2O_3+3C \xlongequal{\text{高温}} 4Fe+3CO_2\uparrow$$

要使 50 克氧化铁完全还原，至少需要多少克碳？

【家庭小实验】

1.参考图 7-9，利用废旧物品做一个简易净水器。下述制作方法可供参考。

取一根直径约 3～4 厘米、长约 60～80 厘米的玻璃管或塑料管作为过滤柱，配上一只中央插入一根细玻璃管的塞子（橡皮塞、热水瓶塞等都可以）。在过滤柱底部塞子的上方先填上几层纱布（或棉花、人造海绵），加上洗净了的粗砂粒约厚达 5 厘米，然后加进经烘烤过的小木炭块约厚达 40 厘米。在木炭上再加上洗净了的粗砂粒约厚达 5 厘米，最后再铺上几层纱布（或棉花、人造海绵），这样，当水从玻璃管上端加入时，下面滴下的便是洁净的水了。

2.找一把由于生锈而难以打开的铁锁，用铅笔芯的粉末填入锁孔作为润滑剂，使之容易打开。

7.2 二氧化碳

二氧化碳是我们比较熟悉的一种碳的氧化物，本节将研究它的性质、用途和制法。

二氧化碳的物理性质

【观察与思考】

在天平的左盘放一只烧杯，右盘加砝码使之达到平衡。取一瓶二氧化碳，先观察其颜色和状态，然后倾倒入烧杯中。观察天平是否继续保持平衡（如图 7－10）。

二氧化碳是一种无色的气体，几乎没有气味（浓度大时，略带酸味）。从实验可以看出，二氧化碳可以像倾倒液体一样从一个容器倾倒到另一个容器中。这说明了二氧化碳的密度要比空气大得多。在标准状况下，二氧化碳的密度是 1.997 克/升，约是空气的 1.5 倍。

【观察与思考】

取一瓶汽水，打开瓶塞，立刻塞上配有导管的橡皮塞，并使瓶中逸出的气体经过一个空试管通到澄清的石灰水中（如图 7－11）。观察现象。实验告诉我们，汽水中溶有二氧化碳，说明二氧化碳可溶于水。在通常情况下，1 体积的水大约可溶解 1 体积的二氧化碳。如果增加压强，二氧化碳还可以溶解得更多些。汽水中的二氧化碳就是在加压的情况下溶解的。在加压的同时，不断降温冷却，二氧化碳先变成液体，最终形成雪花状固体。在常压和温度为-78.5℃时，固体二氧化碳能直接气化而不留下液体，因而称为“干冰”。

【问题讨论】

现在你能判断第 1 章“值得思考的现象”（3）中所提到“雪花”是什么物质了吗？

【选学】温室效应

人和动植物的呼吸、石油产品和煤等燃料的燃烧都会产生二氧化碳。而绿色植物的光合作用却吸收二氧化碳，放出氧气，所生成的氧气又供给人类和动植物的呼吸和燃料的燃烧。由于自然界二氧化碳存在着这样的循环（图 7－12），所以空气中二氧化碳的含量（体积）一般都稳定在 0.03%左右。随着工业生产的发展，各种燃料燃烧后所放出的二氧化碳越来越多，而由于天灾和人为的乱砍滥伐，大片的森林在不断地减少，这样，空气中二氧化碳的含量就渐渐增加。在地球的大气层中，二氧化碳就像温室里的玻璃，能将太阳辐射的热量保留在大气中，因此，二氧化碳的增多必将使地球的气温不

断上升，这就是所谓的“温室效应”。随着科学研究的深入，人们发现能产生温室效应的气体，除二氧化碳外，还有一些其它气体，它们统称为“温室气体”。大气中二氧化碳浓度的增大，对生态环境、疾病的流行等都有一定的影响，近年来人们很关心由于温室效应而引起的地球气候变暖的问题。很多科学家认为由于地球气温的上升，将会使地球的冰帽融化，据计算机预测将会导致海平面上升，大片沿海土地淹没，同时，土壤中将有更多的水成为蒸汽进入大气，有些地区的土地将会沙漠化。但也有一些科学家持不同看法，他们认为全球变暖后海平面上升的情况并不像计算机预测的那样严重。相反，由于气温上升，二氧化碳浓度增大，可能将促进绿色植物的光合作用，使一部分作物增产。“人类只有一个地球！”为了保护人类赖以生存的地球，我们应该采取措施防止温室效应的进一步发展。目前科学家们正在致力研究减少、去除和回收温室气体的方法和途径。

二氧化碳的化学性质

（1）不可燃，也不支持一般可燃物的燃烧

【观察与思考】

分别将固定在铁皮架上的三支短烛点燃，插入烧杯里，使最上层一支短烛的火焰刚好超出烧杯口的高度（图 7－13）。沿烧杯壁慢慢倾倒二氧化碳，注意观察燃着的蜡烛先后发生的现象。这个实验说明了二氧化碳的一个重要性质，即二氧化碳不能燃烧且在通常情况下也不能支持一般可燃物的燃烧。

我们已经知道空气中二氧化碳浓度稍高时，人的呼吸就感到困难，甚至引起窒息。在干涸的深井、深洞的底部和久未开启的菜窖底部等处都有可能贮有较多的二氧化碳。

【问题讨论】

在进入深井、深洞或菜窖之前，为什么要检验其中二氧化碳的浓度是否过大？怎样检验？

（2）与水反应生成碳酸

【观察与思考】

如图 7－14，取甲、乙两支试管，各注入等量经煮沸过的冷蒸馏水，向甲试管的水中通入二氧化碳，片刻后在两支试管中各滴入 2～3 滴紫色石蕊试液，比较两试管的颜色。再将甲试管中的溶液加热至沸。观察颜色的变化。

未通二氧化碳的水中滴入石蕊试液，颜色仍显紫色，而溶有二氧化碳的水中滴入石蕊试液，溶液显红色。这说明了二氧化碳不仅溶于水，而且和水发生了反应，生成了一种酸性物质，这种物质就是碳酸。

$$CO_2+H_2O===H_2CO_3$$

所以，二氧化碳又叫“碳酸气”。

将滴有石蕊试液的碳酸溶液加热至沸后，溶液从红色又变成了紫色，说明溶液又不显酸性了。这是因为碳酸很不稳定，容易分解成二氧化碳和水。当加热时，分解出的二氧化碳从溶液里逸出，最终只剩下水，所以溶液又变成了紫色。

$$H_2CO_3===CO_2+\uparrow H_2O$$

（3）与石灰水［Ca（OH）$_2$的溶液］反应生成碳酸钙和水

二氧化碳还有一个重要的化学性质，就是能使澄清的石灰水变浑浊。这是由于二氧化碳与氢氧化钙反应生成难溶的碳酸钙沉淀的缘故。

$$Ca(OH)_2+CO_2===CaCO_3\downarrow+H_2O$$

这个反应常用来检验二氧化碳的存在。

【问题讨论】

在墙壁外层抹了石灰浆［$Ca(OH)_2$和水的浆状物］后，常在室内生一堆炭火。这是为什么？当生了炭火之后的短时间内墙壁反而更加潮湿，这又是为什么？二氧化碳的制法

（1）实验室制法

实验室常用石灰石（或大理石）和稀盐酸[①]反应制取二氧化碳。反应如下：

$$CaCO_3+2HCl===CaCl_2+H_2CO3$$

$$H_2CO_3===CO_2\uparrow+H_2O$$

反应的总化学方程式为

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

【观察与思考】

如图 7－15 所示，在锥形瓶中放入大理石或石灰石，从长颈漏斗中注入稀盐酸。观察锥形瓶中所发生的现象。收集一瓶二氧化碳（及时检验是否已经集满）。

【问题讨论】

1.是不是凡有二氧化碳生成的反应都适宜于作为实验室制取二氧化碳的反应原理？2.实验室为什么要采用向上排空气集气法来收集二氧化碳？收集时为什么要将导气管插到瓶底？

3.检验二氧化碳是否集满集气瓶时，燃着的火柴应放在集气瓶口还是插入集气瓶中？为什么？

（2）工业制法

工业上二氧化碳是高温煅烧石灰石制取生石灰的副产品。

$$CaCO_3\xlongequal{\text{高温}}CaO+CO_2\uparrow$$

把石灰石放在石灰窑里高温煅烧，在窑顶就可收集到二氧化碳。

工业上还常用燃烧炭或含碳化合物的方法获得二氧化碳。二氧化碳的用途

二氧化碳是一种工业原料，制取纯碱、尿素、糖和汽水等都用到二氧化碳。二氧化碳与氢气等在一定条件下反应可以制取甲醇、甲酸等化工原料。

固体的二氧化碳——干冰可用作致冷剂。用飞机从高空撒布干冰，能够促使空气里的水蒸气冷凝。这是人工降雨的一种方法。

植物进行光合作用需要二氧化碳，所以二氧化碳可作为肥料施用于温室里。

二氧化碳能有效地抑制昆虫、细菌等的生长，所以可以用来贮藏粮食、水果、蔬菜等。

二氧化碳是一种良好的灭火剂。它的密度比空气大，能覆盖在燃烧着的

---

① 硫酸虽然也能跟碳酸钙作用生成二氧化碳，但由于产物硫酸钙微溶于水，将包在块状碳酸钙的外面，致使反应难以继续。故实验室用大理石制取二氧化碳，一般都选用稀盐酸。

物体上面，隔绝空气，使燃烧物停止燃烧。

【观察与思考】

往大试管里注入纯碱（Na_2CO_3）的浓溶液。在盛有浓盐酸的小试管中插入一根细竹片，竹片的长度稍短于大试管的高度，小心地将小试管放进大试管内（注意不要使浓盐酸流出），把具喷嘴的塞子塞紧如（图 7－16）。然后将大试管倒转过去，使两种溶液混合。观察现象（注意实验时切勿将喷嘴对着别人或实验者自己）。

【问题讨论】

1.在上列实验中两种溶液混合后立即发生反应放出大量气体，所放出的是何种气体？

2.这个反应的原理是什么？能参考已学过的化学知识写出这个反应的化学方程式吗？

3.为什么所生成的气体会连同溶液一起从喷嘴口喷射出来？

通常使用的泡沫灭火器的原理与上列实验大致类似。除泡沫灭火器外，常用的灭火器还有干粉灭火器和液态二氧化碳灭火器等。

【选学】灭火器简介

泡沫灭火器泡沫灭火器有内、外两只筒，分装着两种药液，药液内加入了发泡剂。当将它倒转过来时，筒内两种药液互相混合，便立即发生反应，从喷嘴里喷出大量充满二氧化碳的泡沫。这些泡沫粘附在燃烧物上，使燃烧物与空气隔绝而达到灭火的目的。但由于其药液有腐蚀性，所以只能用以扑灭一般的火灾。

液态二氧化碳灭火器在加压的情况下，把液态二氧化碳装入小钢筒里就制成了液态二氧化碳灭火器。由于用它灭火不会留下任何痕迹，又不损坏物体，所以常用它来扑灭图书档案、贵重设备、精密仪器等的火灾。但当液态二氧化碳从钢筒喷嘴喷出时，因急剧气化而吸收大量的热，致使钢筒温度迅速下降，所以使用时一定要手握钢筒木柄，然后再打开阀门，以免冻伤手。

干粉灭火器灭火器内的干粉主要是碳酸氢钠（$NaHCO_3$）等物质。使用时，利用压缩的二氧化碳将干粉吹出来达到灭火的目的。由于它具有流动性好、喷射率高、不腐蚀容器和不易变质等优良性能，所以干粉灭火器除可用来扑灭一般火灾外，还可用来扑灭油、气的火灾。

平时要保养好灭火器，经常检查灭火器的喷嘴孔。如果喷嘴孔被堵塞，救火时二氧化碳气体无法喷出，不仅不能灭火，有些灭火器还会爆炸，造成事故。

作业 2

1.将正确答案的序号填入题后的括号内

（1）质量相同的下列气体，所含分子数最少的是 [　　]

A.氢气　　B.氧气

C.氮气　　D.二氧化碳

（2）下列说法正确的是　　[　　]

A.实验室一般不贮存碳酸

B.二氧化碳能灭火的原因是它能形成干冰覆盖在燃烧物表面

C.二氧化碳通入澄清石灰水中，立即生成碳酸

D.盛石灰水的试剂瓶内壁的白色固体一定是氢氧化钙

（3）实验室用石灰石制取二氧化碳，一般不用硫酸的原因是 [ ]

A.硫酸不与石灰石起反应

B.反应太剧烈，收集气体困难

C.生成的二氧化碳不纯

D.会生成微溶物覆盖在石灰石块表面，使反应难以继续进行

（4）实验室制取二氧化碳（参看图 7－15）一般有如下五步：①检查装置的气密性、②按要求装配好仪器、③向漏斗中注入盐酸、④向锥形瓶中加大理石小块、⑤收集气体。正确的操作顺序是 [ ]

A.①→②→③→④→⑤

B.②→①→④→③→⑤

C. ①→④→②→③→⑤

D.②→③→④→①→⑤

2.用两种不同的实验方法，证明二氧化碳的密度比空气大。

3.有 A、B、C、D 四瓶气体，已知是氧气、氢气、氮气和二氧化碳，但不知各盛于何瓶。

（1）把燃着的木条分别伸入四瓶，B、C 两瓶火焰熄灭，D 瓶木条燃烧更旺，A 瓶的木条熄灭但气体燃烧，据此现象，应得出何种结论？

（2）在 B、C 两瓶中分别倒入澄清石灰水，振荡后 B 瓶有浑浊现象，C 瓶无明显变化。据此现象，又该得出何种结论？

4.在两只等质量的烧杯中加入等浓度等体积的稀盐酸，置于已调平的天平的两边托盘上。向左边的烧杯里放入一块石灰石，右边的烧杯里放入一块与石灰石等质量的锌粒。待石灰石和锌粒都已全部反应完毕后，试通过计算回答：天平的指针偏向哪边？

【家庭小实验】

1.制醋蛋

所谓“醋蛋”是指用醋浸制的鸡蛋。醋蛋具有帮助消化、降低血压等功能，是一种老年人的保健食品。取一只大口玻璃瓶，放入一只洗净揩干的新鲜生鸡蛋，倒入市售的一种浓度较大的食醋至将鸡蛋淹没为止。此时将会看到蛋壳上有许多小气泡形成，待蛋壳全部溶解后，捣烂混合均匀就可食用了。

食醋中含有一种酸叫醋酸，而鸡蛋壳的主要成分是碳酸钙。它们之间的反应跟大理石与盐酸之间的反应相似，浸制时看到的小气泡就是二氧化碳。

2.自制汽水

取容积 1.25 升饮料瓶一只装入冷开水，然后加入柠檬酸 63 克及适量的食糖（有条件的可以滴入食用香精少许或橙皮浸出液少许）。待全部溶解后，贮存在冰箱的冷藏室内。这些柠檬酸溶液大约是常用玻璃杯的 6 杯。另称取小苏打 82 克，分成六等份用纸包成 6 包备用。饮用时将上述柠檬酸溶液分成 6 杯，每一杯柠檬酸溶液中加入一小包小苏打，立即搅拌均匀，随即饮用。

7.3 石灰石和大理石

石灰石和大理石都是自然界中以碳酸钙为主要成分的岩石。此外，白垩

的主要成分也是碳酸钙。

石灰石

石灰石又称石灰岩。

【观察与思考】

观察石灰石标本的颜色和状态。取一块石灰石，滴几滴稀盐酸在其表面，观察现象。

石灰石是一种青灰色或灰白色的岩石，质坚硬，是建筑业上常用的石料。能与盐酸作用生成二氧化碳、水和氯化钙（$CaCl_2$）；加热煅烧能得到生石灰和二氧化碳。生石灰是氧化钙的俗名，它也是建筑业的重要原料。生石灰和水反应生成熟石灰［$Ca(OH)_2$，又称消石灰］，并放出大量的热。

$$CaO+H_2O====Ca(OH)_2$$

熟石灰与砂、水混匀称为灰砂，常用来砌墙；与稻草、纸浆混匀叫做纸筋灰，用来涂抹墙面。将石灰石和粘土按比例混合磨细，经煅烧就制成水泥。所以，石灰石是建筑业上的重要原料。

大理石

【观察与思考】

观察大理石标本或大理石制品。取一块大理石，滴几滴稀盐酸在其表面，观察现象。

大理石因盛产于我国云南的大理而得名，一般呈白色，其化学性质与石灰石相同。大理石中如含有不同杂质，就会产生各种不同的颜色。磨光了的大理石非常美观，可用作建筑、艺术雕刻和装饰品的材料。颜色洁白的细粒结晶的大理石叫“汉白玉”，质坚硬，是上等的建筑材料，北京天安门前的华表就是汉白玉制品。江苏如皋定慧寺的一尊“卧佛”，身长 3.7 米，重 6.5 吨，是由整块汉白玉雕琢而成，为国内所罕见。

【问题讨论】

自然界的石灰石的主要成分是碳酸钙，它经过下列一系列的变化又变成碳酸钙：

石灰石→生石灰→熟石灰→碳酸钙

你能用化学方程式来表示这个变化过程吗？

【选学】岩洞的形成和硬水

在第 1 章中，我们已经介绍了自然界中一种有趣的化学现象——岩洞。这些岩洞中有千姿百态的石笋、石柱和钟乳石，有潺潺的地下河。洞中有洞、洞中有湖，使游人如入仙境，流连忘返。制造这种美丽的岩洞的“主角”是碳酸钙、二氧化碳和水。

形成岩洞的地下岩石主要是石灰岩。当它遇到溶有二氧化碳的水时，就会生成可溶性的碳酸氢钙，溶解于其中。

$$CaCO_3+CO_2+H_2O===Ca(HCO_3)_2$$

经过长年累月的溶解，一个岩洞就形成了，所以这种岩洞又叫做“溶洞”。

溶有碳酸氢钙的水如果受热或压强变小时，溶解在水中的碳酸氢钙就会分解而重新转化成不溶性的碳酸钙沉积下来。

$$Ca(HCO_3)_2===CaCO_3\downarrow+CO_2\uparrow+H_2O$$

溶洞中的石笋、石柱和钟乳石就是这样形成的。

自然界中的这种变化至今仍在不断地进行着。我国很多地区都有这样的地理景貌。这种地貌在地理学上称为“喀斯特地貌”。

自然界里溶有较多的碳酸氢钙以及碳酸氢镁、硫酸钙、硫酸镁等杂质的水叫做硬水。溶于水中的这些杂质越多，水的硬度就越高。井水、泉水、海水往往是硬水。人们饮用的水需要有一定的硬度，但长期饮用硬度过高的水是于健康不利的。硬水煮沸时，溶在水中的碳酸氢钙、碳酸氢镁会转化成碳酸钙、氢氧化镁等沉淀形成锅垢，如果锅炉中使用硬水，锅炉内壁将会结上锅垢，这样不仅降低了炉壁的导热性，浪费燃料，而且由于锅垢的厚薄不匀，受热时还容易出现裂缝，使炉壁受热不匀，有可能会引起锅炉爆炸。所以硬水必须进行软化处理后才能作锅炉用水。

作业 3

1.将正确答案的序号填入括号内

（1）下列物质的主要成分不是碳酸钙的是 [ ]

A.石灰石 B.大理石

C.生石灰 D.白垩

（2）相同质量的碳酸钠和碳酸钙分别跟足量的盐酸反应，生成的二氧化碳在标准状况下的体积之比 [ ]

A.是 1∶1B.是 2∶1

C.等于碳酸钠和碳酸钙的式量之比

D.与碳酸钠和碳酸钙的式量成反比

2.草木灰的成分中有一种含钾的化合物。把盐酸加入草木灰中，有一种无色、基本上无气味的、能使澄清石灰水变浑浊的气体生成。你认为草木灰中有可能含有哪种含钾的化合物？写出有关的化学方程式。

3.有三包白色固体，已知它们是氯化钠、碳酸钙和碳酸钠，采用什么简便的方法将它们一一区分开来？

7.4 一氧化碳

一氧化碳是碳的另一种氧化物。一氧化碳的分子比二氧化碳分子少一个氧原子。在性质上它和二氧化碳有何不同呢？本节将讨论这个问题。

一氧化碳的物理性质

【观察与思考】

用排水法收集一试管由贮气袋中排出的一氧化碳（注意：为避免集满后一氧化碳的逸出，当收集到一氧化碳接近试管口时就停止通入一氧化碳）。观察试管内一氧化碳的颜色和状态。然后将试管倒立着离开水槽，移向点燃的酒精灯火焰上，检验纯度。

一氧化碳是一种无色、无气味的气体，难溶于水（在通常状况下，1 体积水仅能溶解约 0.02 体积的一氧化碳）。在标准状况下一氧化碳的密度为 1.250 克/升，略小于空气。

【问题讨论】

你能通过对比，说明一氧化碳和二氧化碳在物理性质上的异同吗？

一氧化碳的毒性

我们都知道煤气是有毒的。冬天用煤火取暖时，如果不装烟囱或烟囱排气不良，就会发生煤气中毒事件。煤气中毒，实际上就是一氧化碳中毒。这是一氧化碳不同于二氧化碳的又一特性。

一氧化碳为什么有剧毒呢？主要是由于它与血红蛋白的结合能力比氧气强得多。当一氧化碳吸进肺部与血红蛋白结合后，氧气就难以再跟血红蛋白结合。这样就造成了人体各组织的缺氧。吸入少量一氧化碳就会感到头痛，吸入多量会中毒而死。由于一氧化碳通常状况下化学性质比较稳定，不溶于水，无色无气味，不易被人察觉，所以要特别小心防止一氧化碳中毒。

【问题讨论】

煤气厂为什么常在家用煤气中掺入微量具有恶臭的气体？

由于一氧化碳能严重危害人体健康，所以将它排放到大气中就污染了空气。据估计，目前每年排放到大气中的一氧化碳总量为 3～4 亿吨。其中人为排放出的一氧化碳有一半以上来自汽车排放的废气，其余主要来自煤等燃料的燃烧和石油的炼制、钢铁的冶炼等。因此，防止和控制一氧化碳对空气的污染是非常重要的。

一氧化碳的化学性质

（1）一氧化碳具有可燃性

【观察与思考】

点燃已经检纯了的一氧化碳。观察火焰的颜色。把一个内壁蘸有澄清石灰水的烧杯罩在火焰上（图 7－18），观察石灰水有什么变化。

一氧化碳跟氢气一样具有可燃性。在空气或氧气中燃烧时火焰呈浅蓝色，生成的产物是能使澄清的石灰水变浑浊的二氧化碳。

$$2CO+O_2 \xrightarrow{点燃} 2CO_2$$

我们常在煤炉里煤层的上方看到蓝色的火苗，这就是一氧化碳在燃烧（图 7－19）。一氧化碳燃烧时也放出大量的热，所以它是一种很好的气体燃料。

（2）一氧化碳具有还原性

【观察与思考】

按照图 7－20 安好装置，在玻璃管里铺放一薄层氧化铜，在试管里注入澄清石灰水。通入一氧化碳，等估计装置中的空气排净后点燃从安装在试管上的尖嘴管中排出的一氧化碳（为什么？），然后给玻璃管加热。仔细观察实验发生的现象。实验结束时，先撤除给玻璃管加热的酒精灯，再继续通一氧化碳片刻，然后停止实验。观察玻璃管中氧化铜的变化情况。

从实验看到黑色的氧化铜变成光亮的红色，澄清的石灰水变浑浊。说明一氧化碳跟氢气、碳一样也具有还原性。反应的化学方程式如下：

$$CuO+CO_2 \xlongequal{\triangle} Cu+CO_2$$

在冶金工业上常利用一氧化碳还原金属氧化物得到金属。例如炼铁炉中就是用一氧化碳还原铁矿石中的氧化铁而得到生铁的。反应的化学方程式如下：

$$Fe_2O_3+3CO \xrightarrow{\text{高温}} 2Fe+3CO_2$$

【问题讨论】

通过本段课文的学习，你能总结出一氧化碳有哪些不同于二氧化碳的化学性质吗？

放热反应和吸热反应

我们已经学习了不少的化学反应。一般说来，化学反应在发生过程中常伴随着能量的变化，有些反应会放出能量，有些反应要吸收能量。而这些能量的变化又常常以热的形式反映出来，所以有些反应有放热现象，有些反应有吸热现象。

【观察与思考】

取两只保温杯，杯盖上都具有两个孔，其中一孔上装有自制的气体温度计，另一孔用橡皮塞塞住。在两杯中各注入 80°C左右的等量的热水（约半杯）。将自制气体温度计上调节螺丝松开后盖上杯盖。待两气体温度计上 U 形管内液柱水平后再将调节螺丝旋紧。打开橡皮塞，在一只杯中加入碳酸氢铵固体，另一只仅打开橡皮塞不加任何物质（图 7－21）。仔细观察气体温度计上 U 形管内液柱的升降情况，并比较两杯上 U 形管内液柱升降的幅度。

从实验可知，加入碳酸氢铵的装置中，气体温度计内空气的体积收缩了。说明溶液中发生的反应吸收了热量而使温度下降了。这个反应是碳酸氢铵的分解反应，80°C的水是加热用的，反应的化学方程式如下：

$$NH_4HCO_3 \xrightarrow{\triangle} NH_3\uparrow+H_2O+CO_2\uparrow$$

像这种在反应过程中要不断吸收热量的反应叫做吸热反应。通常在化学方程式的右边用“ -热量 ”来表示吸热反应。例如：

$$NH_4HCO_3 \xrightarrow{\triangle} NH_3\uparrow H_2O+CO_2\uparrow$$

热量

$$C+CO_2 \xrightarrow{\triangle} 2CO—热量$$

$$C+H_2O \xrightarrow{\text{高温}} CO+H_2—热量$$

由于吸热反应的过程要吸收热量，所以反应时往往要采用加热或高温等手段不断提供热量，才能使反应正常进行下去。否则，随着温度的不断下降，反应最终将停止。

【观察与思考】

采用图 7－21 的装置，在两保温杯中各加入等量的稀硫酸小半杯，盖紧。待两气体温度计上液柱水平后，旋紧调节螺丝。打开塞子，一杯中加入锌粉，另一杯中不加任何物质。观察对比两气体温度计中液柱的升降幅度。

从实验可知，加入锌粉的装置中，气体温度计内空气的体积膨胀了。说明发生的反应放出了热量，使溶液的温度升高了。这个反应是锌和稀硫酸的置换反应。

$$Zn+H_2SO_4====ZnSO_4+H_2\uparrow$$

像这种在反应过程中会不断放出热量的反应叫做放热反应。通常在化学方程式的右边用“ +热量 ”来表示放热反应。例如：

$$Zn+H_2SO_4===ZnSO_4+H_2\uparrow+热量$$

$$2H_2+O2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2H_2O+热量$$

$C+O_2 \xrightarrow{\text{点燃}} CO_2$+热量

【问题讨论】

既然放热反应进行的过程中有热量不断放出，为什么在生活、生产、实验中有些放热反应还需要“点燃”或“高温”才能发生呢？

作业 4

1.将正确答案的序号填入括号内

（1）区别一氧化碳和氢气的最好方法是根据它们的 [ ]

A.有无可燃性　　B.颜色和气味

C.燃烧时火焰的颜色　　D.燃烧的产物

（2）一氧化碳没有的性质是 [ ]

A.还原性　　B.能被石灰水吸收

C.可燃性　　D.能发生化合反应

（3）下列说法正确的是 [ ]

A.要使反应开始并正常进行，吸热反应一定要加热，放热反应都不需要加热

B.碳充分燃烧生成二氧化碳是放热反应，碳与二氧化碳反应生成一氧化碳是吸热反应

C.一氧化碳有毒的原因是因为它能与血液里的氧气结合成二氧化碳

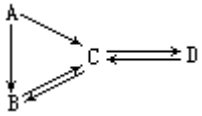
D.一氧化碳还原氧化铜成为铜的反应不属于置换反应

（4）一种无色气体 X 和红热的木炭反应得到另一种无色气体 Y，Y 和氧化铜共热又得到 X 和铜。则气体 X 和 Y 依次为 [ ]

A.一氧化碳和二氧化碳　　B.氧气和一氧化碳

C.二氧化碳和一氧化碳　　D.氧气和二氧化碳

2.有 A、B、C、D 四种常见物质，其中 A 是黑色固态非金属单质，D 是白色难溶于水的含钙元素的盐类，B、C 均为无色气体，但 B 难溶于水，而 C 可溶于水。它们之间存在着如下转化关系：



则 A、B、C、D 可能是什么物质？写出上列转化关系的化学方程式。

3.称取含有杂质的氧化铜样品 20.2 克，用一氧化碳进行还原（杂质不反应），将生成的二氧化碳跟足量的澄清石灰水完全反应，得到白色沉淀 25 克，求此样品中杂质的质量百分含量。

【选学】氧化-还原反应

我们在学习氧气的化学性质时已经知道，物质跟氧气发生的许多化学反应属于氧化反应；在学习氢气的化学性质时，又知道氧化物中的氧被夺取出来的反应属于还原反应。我们还知道，氧气具有氧化性，能氧化一些物质；氢气、一氧化碳、碳具有还原性，能还原一些物质。究竟什么叫氧化，什么

叫还原？它们之间有什么关系？

1.氧化反应与还原反应

让我们一起来分析下面的几个氧化反应和还原反应。

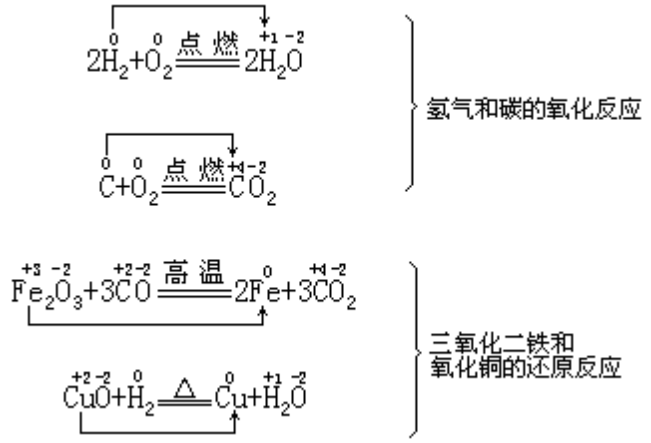
$2H_2+O_2 \xrightarrow{点燃} 2H_2O$……氢气发生了氧化反应（被氧化）

$C+O_2 \xrightarrow{点燃} CO_2$……碳发生了氧化反应（被氧化）

$Fe_2O_3+3CO \xrightarrow{高温} 2Fe+3CO_2$……三氧化二铁发生了还原反应（被还原）

$CuO+H_2 \xrightarrow{\triangle} Cu+H_2O$……氧化铜发生了还原反应（被还原）

如果我们把上述反应前后各元素的化合价标出来：

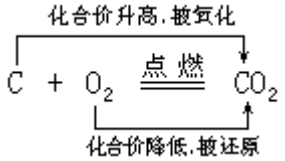


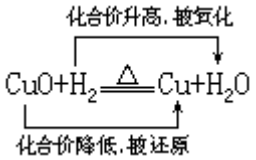
很容易看出，发生氧化反应（即被氧化）的氢气中的氢元素和碳中的碳元素，反应后化合价都升高了；发生还原反应（即被还原）的氧化铜中的铜元素和三氧化二铁中的铁元素，反应后化合价都降低了。我们把这种使物质组成元素化合价升高的反应叫做氧化反应，元素化合价降低的反应叫做还原反应。

2.氧化-还原反应

如果我们进一步分析上面所举的两个氧化反应，可以看出在氢气或碳被氧化，化合价升高的同时，氧气中 0 价的氧元素经过反应后化合价降为-2 价；再分析所举的两个还原反应，可以看出在三氧化二铁或氧化铜被还原，铁或铜的化合价降低的同时，一氧化碳和氢气中+2 价的碳元素和 0 价的氢元素经过反应后化合价分别升高为+4 价和+1 价。由此我们可以说，前两个反应中氧气发生了还原反应，后两个反应中一氧化碳和氢气发生了氧化反应。

大量的事实证明，化学反应前后如果存在着元素化合价的升高，必然同时也存在着元素化合价的降低，氧化反应和还原反应总是同时发生的。为此，我们把凡反应前后元素的化合价发生变化的反应叫做氧化-还原反应，可用如下图式表示：





反应前后元素的化合价都不变的反应叫做非氧化-还原反应，例如：

$$CaCO_3+2HCl====CaCl_2+CO2\uparrow+H_2O$$

【问题讨论】

下列哪些反应属于氧化-还原反应，哪些反应属于非氧化-还原反应？

$$Fe_2O_3+3CO \xlongequal{高温} 2Fe+3CO2$$

$$CaO+H_2O===Ca(OH)_2$$

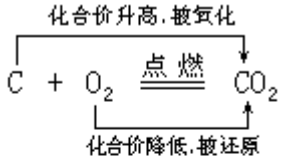
$$CO_2+C \xlongequal{高温} 2CO$$

$$2Na+Cl_2 \xlongequal{点燃} 2NaCl$$

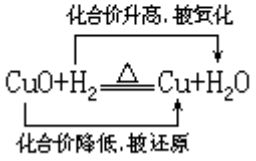
$$H_2+Cl_2 \xlongequal{点燃} 2HCl$$

3.氧化剂和还原剂

在氧化-还原反应中，具有氧化性的物质称为氧化剂，具有还原性的物质称为还原剂。很明显，氧化剂在反应中化合价必然降低，被还原（即发生还原反应）；还原剂在反应中化合价必然升高，被氧化（即发生氧化反应）。



（还原剂）（氧化剂）



（氧化剂）（还原剂）

一般来说，在氧化-还原反应中氧化剂和还原剂分别是两种反应物，但也有一些氧化-还原反应，氧化剂和还原剂是同一种物质，例如：

$$2\overset{+1}{K}\overset{+5}{Cl}\overset{-2}{O_3} \xlongequal[\triangle]{MnO_2} 2\overset{+1}{K}\overset{-1}{Cl}+3\overset{0}{O_2}\uparrow$$

反应中的氯酸钾既是氧化剂，又是还原剂。

【问题讨论】

1.下列氧化-还原反应中，氧化剂、还原剂各是何种物质？

$$4P+5O_2 \xlongequal{点燃} 2P_2O_5$$

$$H_2+Cl_2 \xlongequal{点燃} 2HCl$$

$$Zn+2HCl===ZnCl_2+H2\uparrow$$

2.将正确答案的序号填入题后的括号中

（1）某试剂能与二氧化碳反应，使二氧化碳转化成一氧化碳，则该试剂在此反应中属于 [　　]

A.氧化剂　　B.还原剂

C.被还原的物质　　D.催化剂

（2）下列反应中，不属于化合反应、分解反应、置换反应，但属于氧化-还原反应的是　　[　　]

A.用石灰石制取生石灰

B.将木炭粉和氧化铜粉末混合加热

C.二氧化碳溶于水

D.一氧化碳通过灼热的氧化铁

3.写出下列各氧化-还原反应的化学方程式，并指出何种物质被氧化、何种物质被还原？何种物质是氧化剂、何种物质是还原剂？

（1）三氧化钨和氢气反应　　（2）氧化锌和一氧化碳反应

（3）氢气和氧气化合　　（4）高锰酸钾分解制取氧气

4.将碳和氧化铜的混合物加热，收集到 11 克二氧化碳。则有多少克氧化剂被还原了？用去了多少克还原剂？

5.已知二氧化碳和金属镁有如下反应：

$$2Mg+CO_2 \overset{点燃}{=\!=\!=} C+2MgO$$

试分析此反应中何种物质被氧化、何种物质被还原？何种物质是氧化剂、何种物质是还原剂？

7.5 甲烷酒精甲醇醋酸

我们已经学习了碳的氧化物、碳酸和碳酸盐，它们都是含碳的化合物。在本章开头，我们曾提到含碳的化合物超过 1 千万种。本节将讨论和介绍的甲烷、酒精、甲醇、醋酸以及乙烯、糖类、油脂、蛋白质和合成纤维、塑料、橡胶等都属于碳的化合物。这些含碳的化合物有一些共同的性质，例如大多数都难溶于水、熔点低、受热易分解、易燃烧、不易导电等。人们把这类含碳的化合物叫做有机化合物，简称有机物。一般把不含碳的化合物叫做无机化合物，简称无机物。碳的氧化物、碳酸和碳酸盐虽然也是含碳的化合物，但由于它们的组成和性质跟无机物很相似，因此一向把它们作为无机物来研究。

甲　烷

下面我们先来学习一种最简单的有机物——甲烷。

家居农村的同学可能都有过在池塘中游泳的经历吧，当你的双脚捣动池底的淤泥时，常会感到有些气体从你的身旁向水面逸出。这种气体叫沼气，它是由植物的残体在隔绝空气的情况下分解而生成的。沼气的主要成分就是甲烷。

【观察与思考】

用排水法收集一试管从贮气袋中排出的甲烷，观察它的颜色和状态。用与检验氢气和一氧化碳纯度相同的方法检验甲烷的纯度。然后点燃从导气管放出的已经检纯了的甲烷，观察火焰的颜色。在火焰上方罩一个冷而干燥的烧杯（图 7－22），观察烧杯壁上有什么现象发生。迅速地把烧杯正放于桌上，将少量澄清石灰水注入烧杯，振荡观察石灰水有什么变化。

【问题讨论】

通过以上实验的观察可知：

1.甲烷具有哪些物理性质？

2.甲烷燃烧的产物有哪些？

3.甲烷的成分里一定含有哪些元素？

甲烷是一种无色、无气味的气体，密度比空气小，难溶于水，它由碳、氢两种元素所组成，化学式是 CH_4。

甲烷的重要化学性质之一是能燃烧生成二氧化碳和水，并放出大量的热。

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

所以甲烷是一种很好的气体燃料。由于点燃甲烷跟氧气或空气的混合气体会发生爆炸，因此，在点燃甲烷前，先要检验纯度。在煤矿的坑道里存在着一种叫坑气的可燃性气体，其主要成分也是甲烷，所以在采煤坑道里禁止使用明火。

自然界里除了在池沼和坑道里存在甲烷外，在某些地下深处蕴藏着一种以甲烷为主要成分的可燃性气体——天然气，它是当今世界上最重要的气体燃料。我国是最早使用天然气的国家。据记载，我国在 1000 多年前就已经利用天然气熬制井盐了。

甲烷除用作燃料外，还是一种重要的化工原料。

近年来，我国农村正在推广建造沼气池来人工制造沼气，据 1990 年统计，我国已有沼气池 338.1 万个。沼气池是一个密闭的容器。把秸秆、杂草、树叶、人畜粪便等废弃物质投到沼气池中，经过几天的发酵就有大量的沼气生成。只要控制好条件，定期取出旧料、添加新料，沼气就能持续不断地产生，所产生的沼气不但可用来烧饭、点灯，还可用来发电。沼气池中的物料发酵后，成为一种很好的肥料。所以大力推广和综合利用沼气不但可以解决或缓解农村燃料的短缺问题，而且还可以改善环境卫生，提高肥料的质量，对发展农业生产具有十分重要的意义。

酒精

【实验与思考】

取盛有酒精的试剂瓶，观察其颜色和状态，打开瓶塞，闻其气味。

取一支试管，注入酒精 1 毫升，再逐滴加入蒸馏水直至 2 毫升，观察其溶解情况。

另取两支试管，分别注入酒精和蒸馏水各 2 毫升，分别加入少量松香粉末，观察它们的溶解情况。

酒精是大家十分熟悉的物质。它是一种无色透明的液体，具有特殊的气味，易挥发，能与水以任何比例互溶。通常所用的酒精一般是 95%的酒精溶液；医用消毒酒精是 75%左右的酒精溶液。各种饮料酒中都含有不同量的酒精。有些在水中难溶的有机物可以溶解在酒精里。

生产酒精可用高粱、玉米、山芋等为原料，将它们经过发酵等步骤先制得酒，再将酒蒸馏而得酒精。“酒精”这个俗名就是由此而来的，它的学名叫“乙醇”，化学式常写作 CH_2H_5OH。

酒精对人体有兴奋神经、加速血液循环的作用。但饮酒过量，会引起神经麻痹、视觉模糊、失去控制，并刺激心脏、损害肝脏和大脑，有害健康。大量饮酒，身体将造成永久性损害，甚至死亡。

酒精燃烧时生成二氧化碳和水，同时放出大量的热。

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

所以酒精是一种很好的液体燃料，除实验室用作酒精灯的燃料外，还常作内燃机的燃料。此外，酒精也是一种重要的化工原料和溶剂。

甲醇

【实验与思考】

取盛有甲醇的试剂瓶，观察其颜色和状态。打开瓶塞，闻它的气味，并与乙醇相比较。取一支试管，注入甲醇 1 毫升，再逐滴加入蒸馏水直至 2 毫升，观察其溶解情况。另取一支试管，注入甲醇 1 毫升，逐滴加入酒精直至 2 毫升，观察两者的互溶情况。取小棉团一块，用镊子夹住，蘸取甲醇少许，点燃，观察现象，并与乙醇的燃烧相比较。从实验可知甲醇的性质与乙醇十分相似：它也是一种无色透明具特殊气味的易挥发液体；也能与水以任意比例混溶，而且能以任意比例与乙醇相混溶；也能燃烧，燃烧产物也是二氧化碳和水。但甲醇的组成与乙醇不同，它的化学式常写作 CH_3OH。它不同于乙醇的重要特性之一是具有毒性。饮用含甲醇 10 毫升/千克以上的酒就能使眼睛失明，若严重中毒能致死，致死量为 25 克。由于一般工业酒精中含有一定量的甲醇，所以严禁用工业酒精调制饮用酒类。

甲醇也是一种重要的化工原料，工业上还常用它作为抗冻剂和溶剂。

醋酸

醋酸是食醋的主要成分，它的学名叫乙酸，化学式常写作 CH_3COOH。纯净的乙酸是一种有强烈刺激性气味的无色液体，温度低于 16.6℃时凝结成像冰一样的晶体，所以无水的乙酸又叫做冰醋酸。醋酸作为一种酸，跟盐酸、硫酸一样溶于水时也能电离，而且电离出来的阳离子也全部是氢离子。每一个发生电离的醋酸分子只能电离出一个氢离子（H^+）和一个醋酸根离子（CH_3COO^-）。

【观察与思考】

在试管内注入醋酸溶液 2 毫升，投入一片除去表面氧化物的镁条，观察现象。再取一支试管倒扣在该试管上方，用排气法收集所产生的气体，然后管口向下移到酒精灯的火焰上点燃，观察现象（图 7－24）。

从实验可见，醋酸也能跟活泼金属发生置换反应放出氢气。所以家用的铝制器皿不要盛放食醋和醋腌食品，以免被腐蚀。

工业上醋酸是一种用途很广的化工原料，制造醋酸纤维、香料等都要用到醋酸。

【选学】有机化合物的应用

有机化合物与我们人类的关系十分密切。可以毫不夸张地说，人类的生存和生活一步也离不开有机化合物。

首先，人类赖以生存的三大营养要素——糖类、油脂和蛋白质都是有机化合物。

糖类包括葡萄糖、麦芽糖、蔗糖、淀粉和纤维素等。大米、面粉的主要成分就是淀粉。通常用 $(C_6H_{10}O_5)_n$ 来表示淀粉的组成，其中 n 的数值达几百

到几千，化学式量从几万到几十万。这种化学式量很大的化合物叫做高分子化合物。淀粉进入人体后，在生物催化剂——酶的作用下，先转变成麦芽糖（化学式为 $C_{12}H_{22}O_{11}$），然后转化成葡萄糖（化学式为 $C_6H_{12}O_6$）。葡萄糖被肠吸收后进入血液，随着血液输送到人体各组织，其中大部分氧化而提供生命活动所需的能量。纤维素是组成和淀粉相似的一类高分子化合物，它的化学式量也达几十万。纤维素大量地存在于植物体内。棉花就是最常见的纤维素，它是纺织工业的原料。木材中也含有大量纤维素，我们学习上用的纸就是以纤维素为主要原料制成的。

我们平常食用的豆油、花生油、菜油、猪油、牛油、羊油等都属于油脂。油脂在人体内经过酶的作用转化成高级脂肪酸和甘油。这两种物质经吸收后除一部分在体内重新生成脂肪外，另一部分也被氧化而提供生命活动所需的能量。油脂常用来制肥皂。肥皂的主要成分是高级脂肪酸的钠盐，它是用油脂与碱反应而制成的。

蛋白质是构成细胞的基本物质。动物的各种肌肉组织、血液等的主要成分都是蛋白质，植物的各种器官也都含有蛋白质，所以它广泛存在于生物体内。蛋白质的种类很多，结构非常复杂，但它们的分子里都含有氮元素，都是由多种不同的氨基酸（最简单的氨基酸是化学式为 $\begin{matrix}CH_2COOH\\|\\NH_2\end{matrix}$ 的氨基乙酸）按一定顺序结合起来的有机高分子化合物。像 1965 年我国科学家在世界上第一次用人工方法合成的蛋白质——结晶牛胰岛素的分子就是由 51 个氨基酸分子结合而成的。蛋白质进入人体后，在酶的作用下转化成多种氨基酸，这些氨基酸在体内重新结合成人体所需要的各种蛋白质。所以蛋白质是人们不可缺少的营养要素之一。

上面所介绍的淀粉、纤维素和蛋白质都是自然界中存在的天然有机高分子化合物。在生活中，我们还经常接触到许多由人工合成的有机高分子化合物，称为合成有机高分子化合物。这类高分子化合物主要有塑料、合成纤维和合成橡胶三大类，常称为三大合成材料。

塑料是一类具有可塑性的有机高分子化合物材料。它们在一定的温度下会软化而具有可塑性，趁热把它们压制成型，冷却后就形成各种形状的塑料制品。由于它们具有良好的绝缘性和耐腐蚀性，所以用途很广。常见的塑料有聚乙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯和酚醛树脂等。聚乙烯常用来制成食品袋、食品包装薄膜、塑料餐具等。聚氯乙烯常制成农用薄膜、各种管材、板材等。聚苯乙烯常用来制成玩具、收音机和电视机的机壳、建筑材料和包装材料等。酚醛树脂常和其它物质配制成“电木粉”，用以压制各种电器外壳。

纤维有天然纤维和化学纤维两大类。天然纤维中又有植物纤维和动物纤维两种。像棉花就属于植物纤维，而蚕丝、兔毛、羊毛等就属于动物纤维。化学纤维也有两种，一种叫人造纤维，它是以天然纤维为原料经加工而成的纤维，如“人造丝”；另一种就是三大合成材料中的合成纤维，它是利用石油、天然气、煤和农副产品等作为原料，经过多步化学反应而制成的纤维。由于合成纤维具有高强度、耐酸碱、密度小、弹性好等特点，所以在工业、国防和日常生活中应用十分广泛，常见的合成纤维有锦纶、涤纶和腈纶等。锦纶就是平常所说的“尼龙”，常用来编织内衣、手套和尼龙袜等。涤纶又叫“的确良”，常织成面料、制成服装。腈纶也叫“奥纶”，常用来制成毛

线、毛衣、膨体纱等。江苏省仪征化纤联合企业年产合成纤维和切片达 50 万吨，是目前亚洲最大的化纤厂。

橡胶也有两大类。一类叫天然橡胶，它是用橡胶树中的胶乳炼制而成的；另一类就是合成橡胶，它是根据天然橡胶的化学结构，利用石油、天然气等为原料由人工合成的。由于橡胶树是一种亚热带植物，不可能大面积种植，所以天然橡胶的产量有限。这样，合成橡胶工业的发展就具有十分重要的意义和广阔的前途。目前合成橡胶广泛应用于国防、工业、农业、医疗、交通和日常生活中。常用的合成橡胶有丁苯橡胶、顺丁橡胶和氯丁橡胶等。

从以上介绍中可以看出，三大合成材料主要是以石油、天然气等为原料合成的。其中在天然气中和石油加工工业中提取的乙烯，更是重要的合成原料。像塑料中的聚乙烯、聚苯乙烯，合成纤维中的腈纶，合成橡胶中的丁苯橡胶等都是以乙烯为原料来合成的。乙烯的化学式为 C_2H_4，常温下为气态。它除了是三大合成材料的基础原料外，又是农药、有机溶剂、化学试剂等的原料。乙烯还是一种植物生长调节剂，可用来催熟果实。所以乙烯工业的发展可以带动其它石油化工的发展。国际上都是以乙烯的产量来衡量一个国家化学工业特别是石油化工的发展水平的。扬子石油化工公司以年产 30 万吨乙烯而著名于大江南北。

作业 5

1.将正确答案的序号填入括号中 [ ]

(1)在①碳 ②甲烷 ③二氧化碳 ④甲醇 ⑤碳酸钙 ⑥醋酸 ⑦碳酸等物质中，都不属有机物的组合是 [ ]

A.①③⑤⑦ B.①③⑤⑥⑦ C.③⑥⑦ D.③⑤⑥

(2) 下列气体：①氧气 ②氢气 ③一氧化碳 ④二氧化碳 ⑤氮气 ⑥甲烷分别与空气混合后接触明火，都不可能发生爆炸的组合是 [ ]

A.②③⑥ B.①④⑤

C.④⑤⑥ D.①③⑤

(3) 某物质在空气里燃烧后的生成物只有二氧化碳和水，对这种物质组成的下列叙述，正确的是 [ ]

A.该物质组成中只含氢、碳两种元素

B.该物质组成中一定含有氢、碳两种元素，还可能含有氧元素

C.该物质组成中碳元素与氢元素的原子个数比为 1∶4

D.该物质组成中氢元素与氧元素的原子个数比为 2∶1

2.A、B、C 三瓶气体分别是甲烷、氢气和一氧化碳中的一种。点燃气体，用干燥的冷的烧杯罩在火焰上方，在 B、C 的火焰上方的烧杯内壁有水滴出现，A 的火焰上方的烧杯内壁没有水滴。燃烧后分别向烧杯中注入澄清的石灰水，振荡，A、B 杯内石灰水变浑浊，C 杯内没有变化。则原 A、B、C 瓶中各是何种气体？写出有关的化学方程式。

7.6 石油煤

到目前为止，石油和煤仍然是世界上主要的两大能源。石油被称为“工业的血液”，煤被誉为“工业的粮食”。本节将分别介绍这两大主要能源。

石油

【观察与思考】

取一支试管，注入原油 2 毫升。观察其颜色和状态。再注入水 2 毫升，振荡后静置，观察现象。

从油田里开采出来没有经过加工处理的石油叫做原油。它是一种黑色或深棕色的粘稠状液体，有特殊的气味，不溶于水，比水轻。在地层中，石油常与天然气共生。

石油是由古代动植物遗体经过非常复杂的变化而形成的多种化合物的混合物。其中大部分是液态化合物，同时也有一些气态和固态化合物溶于液态化合物中。所以它没有固定的熔点和沸点，而且其化学成分也随产地的不同而有所不同，颜色也因产地而异。但是组成石油的基本元素都是碳和氢，同时还含有少量的硫、氧、氮等。

石油本身虽然没有固定的熔、沸点，但组成石油的各化合物都有各自的熔、沸点。其中含碳原子少的化合物沸点低，含碳原子多的化合物沸点高。如果将石油加热，则石油中沸点低的组分先气化，经冷凝先分离出来。升高温度又可将沸点较高的组分再气化，经冷凝再分离出来。工业上就是运用与此相类似的原理，将原油加工成汽油、煤油、柴油等不同矿物油供各行各业使用。煤

煤是人们所熟知的一种固体燃料。一般根据它们含碳量的不同可分为无烟煤、烟煤、褐煤和泥煤等。由于它们的含碳量不等，所以燃烧时放出的热量也各不相同。

煤的种类	含碳量（%）	热含量
无烟煤	88 以上	高
烟煤	60	高
褐煤	22	低
泥煤	11	低

煤主要是由古代的植物埋在地下，在隔绝空气的情况下经过长期的一系列复杂变化而形成的一种由有机物和无机物所组成的复杂的混合物。工业上常把煤在隔绝空气的条件下加强热使之分解，从而得到焦炭、煤焦油、氨水和焦炉煤气等工业原料。其中焦炭是重要的冶金原料；氨水可作为肥料和化工原料；焦炉煤气是一种很好的气体燃料；煤焦油中含有多种化合物，是重要的化工原料。通过这样的加工处理，煤就既可作为燃料又可作为很好的工业原料，做到物尽其用。煤的综合利用具有十分重要的意义。我国石油和煤炭工业的发展

我国是世界上最早发现和利用石油和煤的国家之一。据史书记载，勤劳智慧的中国人民至迟在汉代就懂得用煤做燃料；宋代已经出现了世界上最早的石油加工厂。我国有着丰富的煤和石油资源。煤炭资源总储量居世界第三位；石油资源储量居世界第八位。但是在解放以前，我国基本上没有自己的石油工业，煤炭工业也很落后，因而使我国长期成为帝国主义倾销“洋油”的市场。解放以后，我国先后开发和建立了大庆、胜利、华北、中原、大港

等石油基地和一批煤炭基地。沿海、近海许多区域也发现了丰富的石油资源，许多新的石油基地正在开发和建设中。1990 年我国石油产量就已居世界第五位；煤产量达 11.1 亿吨，居世界第一位，不仅能满足本国的需要，而且已经出口。能源

天然气、石油和煤是目前世界上最主要的能源。随着经济的发展和人民生活的不断提高，人们对能源的需求量也不断上升，依靠地球上现存的天然气、石油和煤远不能满足需要。另外，这些资源本身是一种宝贵的工业原料，单纯作为燃料使用是极大的浪费。因此，我们不但要节约使用现有的能源，提高能源的综合利用率，还要开发新能源以适应当前飞速发展的社会需求。像氢能源、核能、太阳能、风能、地热能、潮汐能等都是当前正在或准备开发的新能源。

我国的能源资源十分丰富。除煤和石油外，水力资源蕴藏量居世界第一位，太阳能居世界第二位，其它如风能、核能等资源也很丰富。可以说，世界各国具有的能源资源我国几乎都有，我国已成为世界第三能源大国。

作业 6

将正确答案的序号填入题后的括号内

1.在①用加热冷凝的方法从石油中提取汽油②从煤中提取煤焦油③木炭吸附色素④二氧化碳转化成干冰⑤二氧化碳溶于水等五种变化中，都属于物理变化的是 [ ]

A.①②③④⑤ B.①③④

C.①③⑤ D.④⑤

2.下列说法正确的是 [ ]

A.石油是多种液态化合物的混合物，所以没有固定的沸点

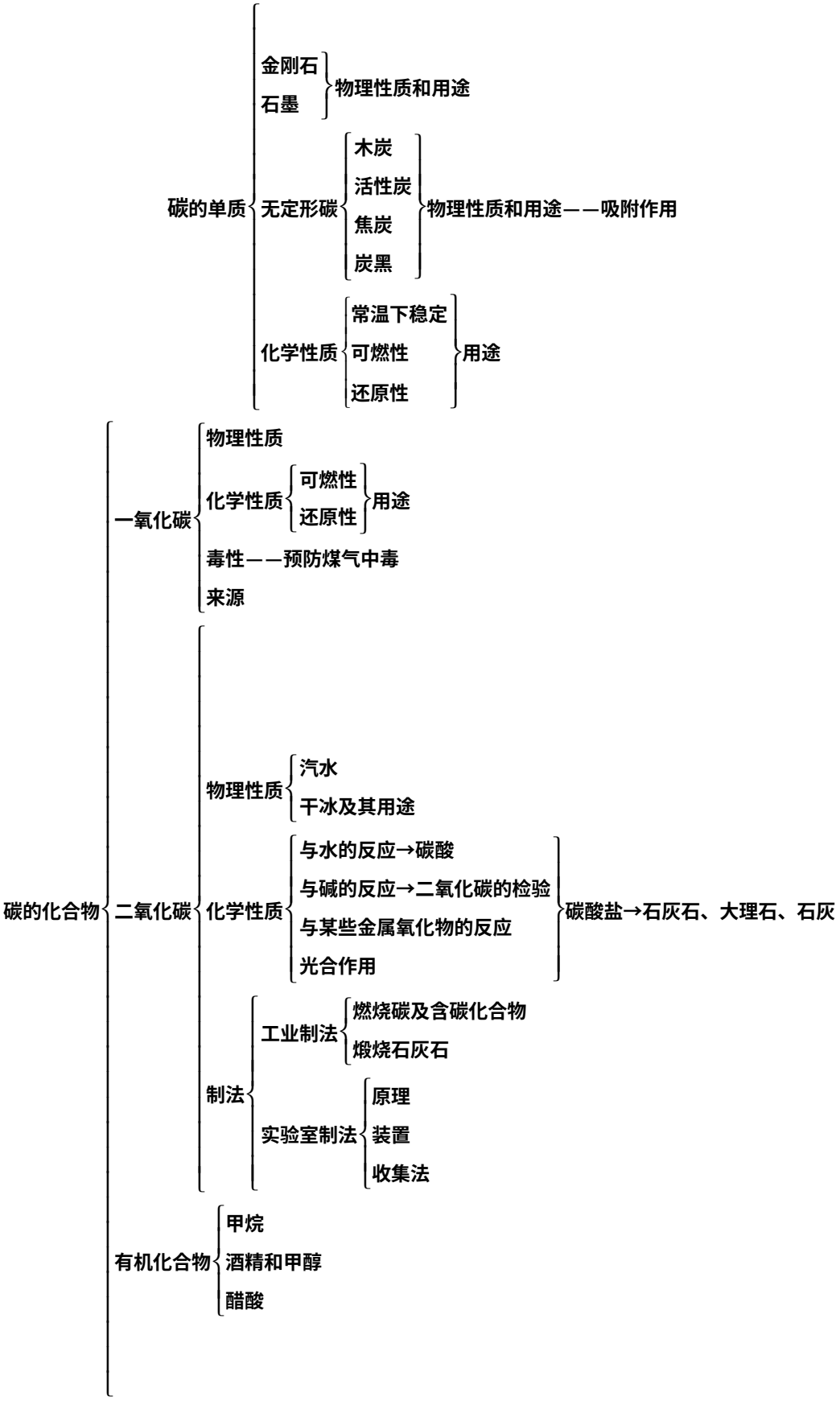
B.煤是一种由有机物和无机物所组成的复杂混合物

C.天然气是一种以一氧化碳为主要成分的气体燃料

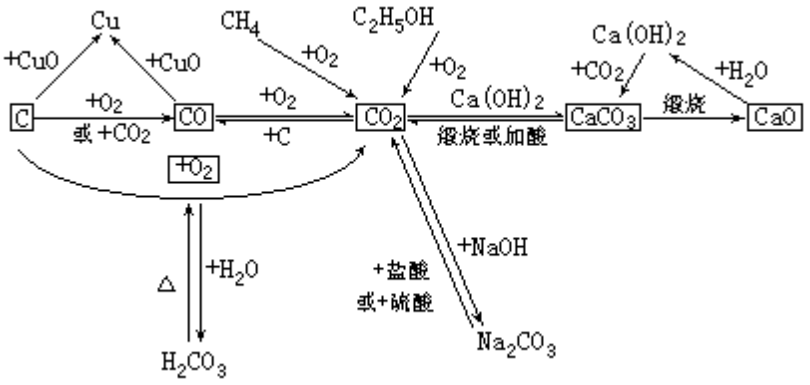
D.日常生活中常把“煤炭”连在一起作为一个词来使用，这是因为它们的成分是相同的

复习与练习

一、整理知识



有关物质之间的相互关系：



二、练习题

1.将正确答案的序号填入相应的空白里

（1）现有下列气体：①氧气②氢气③二氧化碳④一氧化碳

A.能在空气中燃烧的是_____

B.能用向上排空气法收集的是_____

C.通入滴有紫色石蕊试剂的水中，能使石蕊变红色的是_____

D.能使灼热的氧化铜还原成铜的是_____

E.能使澄清石灰水变浑浊的是_____

F.能灭火的是_____

G.具有剧毒的是_____

（2）现有下列物质：①石墨②碳酸③氢氧化钙④干冰⑤大理石⑥纯碱⑦酒精⑧水⑨甲烷⑩金刚石

A.属于单质的是_____

B.属于氧化物的是_____

C.属于酸的是_____

D.属于碱的是_____

E.属于盐的是_____

F.属于有机物的是_____

2.将正确答案的序号填入题后的括号内

（1）下列哪种物质的组成中不含碳元素 [ ]

A.石灰石 B.白垩 C.生石灰 D.干冰

（2）下列物质中属于纯净物的是 [ ]

A.白酒 B.煤气 C.冰醋酸 D.石油

（3）下列实验操作错误的是 [ ]

A.检验集气瓶内二氧化碳是否集满时，应该用燃着的木条放在集气瓶口

B.做一氧化碳还原氧化铜的实验，结束时应先停止通入一氧化碳，然后再撤去加热用的酒精灯，以防一氧化碳逸出

C.用排气法收集二氧化碳时，应将导管插到集气瓶的底部

D.在贮气袋的导管口点燃甲烷之前，必先检验甲烷的纯度

（4）一氧化碳在氧气中燃烧，反应前后发生改变的是

[ ]

A.分子总数　　B.原子总数

C.质量总和　　D.质子总数和中子总数

3.将一种黑色粉末状单质 A 放在硬质玻璃管内，在高温的情况下通入无色气体 B，玻璃管的另一端得到了另一种气体 C。将另一种黑色粉末状化合物 D 放于硬质玻璃管内，在加热的情况下通入气体 C，则玻璃管的另一端得到了气体 B，且管内黑色粉末 D 转变成亮红色。则 A、B、C、D 可能各是何种物质？写出有关的化学方程式。

第 8 章　铁

人类已经发现了 100 多种元素，有 80 多种是金属元素，铁是金属元素的一种。铁和由铁炼成的钢是我们最熟悉的金属。工业机器、农业机械、交通运输工具、国防武器、现代建筑等等都要以它为主要材料，它对我国社会主义建设和人民的生活起着重大的作用。

铁有哪些性质？铁和钢有什么差异？铁和钢是怎样炼成的？钢铁为什么会生锈？怎样保护钢铁制品？这些都是本章学习的主要内容。

8.1 铁的性质

世界上冶炼的金属总量中约有 90%以上是钢铁（几乎全部的铁都炼成钢）。为什么铁会被人类大量使用呢？这是因为铁具有许多优良的性质。那么，铁具有哪些性质呢？

铁的物理性质

纯铁是一种具有银白色光泽的金属，熔点为 1535℃，沸点为 2750℃，密度为 7.86 克/厘米 ^{3}，质软，有延展性，能导电，导电性比铜、铝小。铁能被磁体吸引，在受到磁场作用时，本身能产生磁性。由于铁具有这种特性，它可用于制造发电机和电动机的铁芯，还可制造电磁起重机、通讯器材等。

铁的化学性质

铁是一种比较活泼的金属，它在一定条件下可以跟多种非金属单质及某些化合物发生化学反应。

（1）铁跟氧气的反应

在常温下，铁在干燥的空气里很难跟氧气化合，但加热到约 500℃时，铁与空气中的氧气化合生成一种黑色的四氧化三铁（回忆铁丝在氧气中燃烧的实验）。

$$3Fe+2O_2 \xrightarrow{\text{点燃}} Fe_3O_4$$

（2）铁跟酸的反应

铁在金属活动性顺序里的位置在氢的前面，因此它可跟盐酸或稀硫酸发生置换反应而产生氢气和相应的盐。

【观察与思考】

在两个试管中各放入几根无锈的小铁钉，然后分别注入 5 毫升的稀盐酸和稀硫酸。观察反应现象。

通过实验，我们看到生成氢气的同时，试管中液体的颜色由无色逐渐变为浅绿色，这是氯化亚铁、硫酸亚铁溶液的颜色。

铁跟盐酸或稀硫酸反应的化学方程式是：

$$Fe+2HCl====FeCl_2+H_2\uparrow$$

$$Fe+H_2SO_4\text{（稀）}====FeSO_4+H_2\uparrow$$

铁跟浓硫酸或浓硝酸在常温下没有显著的反应，这是因为铁遇到这些酸会在表面生成很薄的致密的氧化物保护膜，覆盖在铁的表面，使铁跟酸隔离而阻止了反应的进行。由于这种性质，铁或钢的容器可以盛放浓硫酸或浓硝酸。

（3）铁跟硫酸铜的反应

【观察与思考】

如图 8－1，将洁净的粗铁丝（或铁片）放入盛有硫酸铜溶液的试管中，过一会儿取出。观察铁丝有什么变化。

我们看到，浸没在硫酸铜溶液中的铁丝表面覆盖了一层红色的铜，溶液由蓝色逐渐变成浅绿色，这说明铁能从硫酸铜溶液里置换出铜。

$$Fe+CuSO_4====FeSO_4+Cu$$

用铁从硫酸铜溶液中把硫酸铜成分中的铜置换出来，这是生产铜的一种方法，这种方法的应用以我国为最早，在西汉时期已有记载，在宋朝则已应用于生产。这在世界化学史上是一项重大发明。

作业 1

1.将正确答案的序号填在题后的括号里

（1）关于铁的物理性质的下列叙述不正确的是 [ ]

A.纯铁是黑色的　　B.铁具有延展性

C.铁能被磁化　　D.铁的导电性比铝小

（2）通常状况下，铁在氧气里燃烧的产物是 [ ]

A.Fe_3O_4　　B.FeO

C.Fe_2O_3　　D.FeO 和 Fe_2O_3 的混合物

（3）把铁片放入下列溶液中充分反应，溶液的质量比反应前减轻的是 [ ]

A.稀 H_2SO_4　　B.HCl

C.$CuSO_4$ 溶液　　D.$FeSO_4$ 溶液

2.铁制容器可以盛放浓硫酸或浓硝酸的原因是什么？

3.在含有 24 克硫酸铜的溶液中，至少应该放多少克铁才能使硫酸铜反应完全？最多置换出多少克铜？

8.2　生铁和钢

常见的铁和钢，并不是纯净的铁，而是铁与碳等元素熔合而成的具有金属特性的物质，即铁的合金。合金是指由一种金属跟一种或几种金属（或金属跟非金属）一起熔合而成的具有金属特性的物质。在日常生活和工农业生产中所使用的金属，大部分是合金。生铁和钢是应用最广的铁合金。生铁和钢的比较

（1）生铁

我们日常生活中用到的铁锅、体育锻炼中用的哑铃、机床的底座等常用生铁制成。

生铁是含碳量在 2%～4.3%之间的铁合金。生铁中除含有碳外，还含有硅和锰以及少量的硫和磷等。根据生铁中碳的含量和存在形式不同而引起性能方面的差异。生铁一般分为白口铁、灰口铁和球墨铸铁等。

白口铁的断口呈暗白色，质硬而脆，不能用于机械加工和铸造，主要用作炼钢的原料，也叫做炼钢生铁。

灰口铁的断口呈深灰色，比炼钢生铁软，能够进行机械加工和铸造，被

叫做铸造生铁（简称铸铁）。但这种铁的抗拉强度较差，不能锻轧，只能用于制造各种铸件，如铁管、化工机械和机床底座等。

球墨铸铁中的碳以球状石墨的形式存在，其机械强度、耐磨、耐热、耐压等性能均比普通铸铁好，性能接近于钢，而价格却比钢便宜得多。因此，可以代替钢来铸造机械的齿轮和轴等零件。

（2）钢

钢是含碳量在 0.03%～2%之间的铁合金。钢较硬，有韧性、弹性，可以锻打、压延和抽丝，也可以铸造，广泛用于制造机械、交通工具和武器等。

钢按它的化学成分一般可分为碳素钢和合金钢两大类。

碳素钢根据含碳量的多少，把含碳量低于 0.3%的叫低碳钢；含碳量在 0.3%～0.6%之间的叫中碳钢；含碳量在 0.6%以上的叫高碳钢。钢的含碳量越高硬度越大，含碳量越低韧性越强。低碳钢和中碳钢常用来制造机械零件、钢筋、钢管和一般钢铁制品等；高碳钢用来制造刀具、量具和冲压模具等。

合金钢合金钢是指在碳素钢中加入一种或几种其它元素而制成的具有特殊性能的钢。各种合金钢各具有不同的特殊性能。例如，加入铬、镍等可增加钢的耐腐蚀性能，称为不锈钢；加入钨等可使钢的硬度增大。闻名世界的南京长江大桥和上海南浦大桥等，都使用上了我国生产的合金钢。

铁的冶炼

铁元素在自然界里分布很广，其含量在地壳里所有金属元素中占第二位，仅次于铝，约占地壳总质量的 4.75%。地壳里找到的铁矿种类很多，常用来炼铁的有磁铁矿（主要成分是 Fe_3O_4）、赤铁矿（主要成分是 Fe_2O_3）和菱铁矿（主要成分是 $FeCO_3$）等几种。

我国的铁矿资源丰富，分布较广。东北的鞍山、湖北的大冶、四川的攀枝花等地有大型的铁矿，为我国钢铁工业的发展提供了雄厚的物质资源。

铁矿石是怎样炼成铁的呢？

【观察与思考】

在玻璃管中，放入红棕色的不被磁铁吸引的氧化铁粉末，玻璃管两端各放少许玻璃丝或石棉纤维。如图 8－2 所示，安装好装置，通入一氧化碳，然后加热，观察发生的现象。冷却后，将玻璃管里的固体倒入表面皿中，用磁铁试验该固体能否被吸引。

我们可以看到，氧化铁的颜色逐渐变黑，原来澄清的石灰水变浑浊，表明反应中生成了二氧化碳，从玻璃管中倒出的固态物质能被磁铁吸引，证明有铁生成。反应的化学方程式为：

$$Fe_2O_3+3CO \xrightarrow{\text{高温}} 2Fe+3CO_2$$

工业上炼铁，在处理原料、设备和操作过程方面要比实验演示的复杂得多。但上述反应也是工业上炼铁的主要化学反应原理。炼铁的过程，主要就是在高温下用一氧化碳还原铁的氧化物。被还原出来的铁中还含有碳（2%～4.3%）及其它杂质（硅、磷、硫、锰等），所以冶炼得到的不是纯铁，而是铁的合金。这种合金，就是生铁。

炼铁的主要设备是高炉（又叫炼铁炉），如图 8－3 所示。高炉是由炉喉、炉身、炉腰、炉腹、炉缸等五个部分组成的。

炼铁的主要原料是铁矿石、焦炭、石灰石[①]和空气。

在实际生产中，采用的原料或生成物一般都含有一定量的杂质，在进行计算时，必须注意到这个问题。

例题　某炼铁厂用 2500 吨含 $Fe_2O_3$76%的赤铁矿石，最多可炼出多少吨铁？

解　2500 吨赤铁矿石中含 Fe_2O_3 的质量为

2500×76%=1900（吨）

设：1900 吨 Fe_2O_3 可炼出 x 吨铁

$$Fe_2O_3+3CO===2Fe+3CO_2$$

答：2500 吨含 $Fe_2O_3$76%的赤铁矿石最多可炼得含铁 1330 吨的生铁。

【思考与练习】

炼 300 吨含 2.5%杂质的生铁，问需要含 $Fe_2O_3$78%的赤铁矿石多少吨？

钢的冶炼

我们已经知道，生铁与钢在成分上的主要区别是生铁中含碳量高以及有害元素硫、磷等含量较高。因此炼钢过程的主要化学反应原理是在高温条件下，用氧气或铁的氧化物把生铁中所含过量的碳及其它杂质氧化为气体或炉渣而除去。

炼钢的方法主要有转炉法、平炉法和电炉法。目前被广泛采用的是较先进的氧气顶吹转炉炼钢法。我国钢铁工业的发展

我国冶炼钢铁有悠久的历史。早在周代就已掌握了炼铁技术，并开始使用铁来制造工具。铁制农具的出现与使用，使大规模的开垦土地和精耕细作成为可能，大大地促进了生产力的发展。因此，钢铁的生产和使用是人类文明和社会进步的一个重要标志。我国使用铸铁的时间要比欧洲早出 1900 多年，这是我国古代劳动人民对世界冶金技术的伟大贡献。

在古代和中世纪的一段很长的历史时期内，我国的钢铁生产技术一直处在世界领先地位。此后由于长期封建统治，钢铁生产没有得到应有的发展。自 1890 年至 1948 年，旧中国只生产了 760 万吨钢。

1949 年我国的钢产量只有 15 万吨，居世界第 26 位；1957 年达到 535 万吨；1988 年的钢产量达到 5918 万吨，居世界第 4 位；1993 年的钢产量达到 8800 万吨，充分证明了我国的钢铁工业在新中国成立后得到了飞速的发展。

作业 2

1.将正确答案的序号填在题后的括号里

（1）生铁与钢相比，根本区别在于生铁的　　[　　]

A.含碳量较高

B.含硅、锰、硫、磷等杂质较多

C.含碳量较高，含硅、锰、硫、磷等杂质也较多

D.机械性能不如钢

[①] 石灰石的主要作用是将矿石中熔点很高的二氧化硅转变为熔点较低的硅酸钙等炉渣，以便排出炉体。反应的化学方程式为：CaCO3CaO+CO2 ↑，CaO+SiO2CaSiO

(2) 生铁具有的性能是 [ ]

A.硬 B.脆 C.韧 D.软

(3) 生铁中机械性能最好的是 [ ]

A.灰口铁 B.白口铁

C.球墨铸铁 D.炼钢生铁

(4) 下列钢中属于合金钢的是 [ ]

A.高碳钢 B.低碳钢

C.不锈钢 D.中碳钢

(5) 在高炉炼铁反应中，作还原剂的主要是 [ ]

A.$CaCO_3$ B.CO_2 C.SiO_2 D.CO

2.填空

(1) 生铁是含碳量在_____之间的铁合金，钢是含碳量在__之间的铁合金。

(2) 炼铁的主要原料是____、____、____、____表示炼铁的主要化学反应方程式是____。

(3) 钢的冶炼过程是在_____下，用_____把生铁中所含_____转变为气体或炉渣而除去。

3.焦炭和空气在高炉中是怎样产生一氧化碳的？写出有关的化学反应方程式。

4.有一种磁铁矿含 Fe_3O_4 65%，计算 300 吨这种磁铁矿里含铁多少吨？

8.3 钢铁的锈蚀和防护

钢铁的锈蚀

【观察与思考】

铁在潮湿的空气中能跟氧气发生化学反应，生成铁锈。

如图 8－5 所示，取三支试管和三根除去锈和油污的铁钉及其它用品，进行以下实验。

(1) 在第一支试管中放一根铁钉，注入蒸馏水，使铁钉半露水面、半入水中。

(2) 在第二支试管中放入一根铁钉，浸没在煮沸过的冷蒸馏水中，再注入少量机油，使水和空气隔绝。

(3) 将第三支试管用酒精灯烘干，然后放入一根铁钉，用橡皮塞塞紧试管口。

将三支试管放置在教室里，数日后观察铁钉有没有起变化。

【问题讨论】

通过上述实验，请你想一想，铁在什么条件下最易生锈？采用什么措施可以防止铁生锈？

铁锈蚀就是铁单质转化为铁的化合物的过程。铁在空气中的锈蚀，实际上是铁、氧气和水等物质相互作用，发生了一系列复杂的化学反应。铁锈成

分复杂，主要是氧化铁，它是一种疏松多孔的物质，水分和空气中的氧气能穿过铁锈的空隙，不断向里层渗透并继续跟铁反应，直至铁被完全锈蚀。钢铁还会被环境中其它物质（如酸、碱、盐等）锈蚀。据估计，全世界每年约有年产量 20%左右的钢铁因锈蚀而损失。为此，钢铁的防锈具有重大的意义。钢铁的防锈

钢铁生锈既然是由于钢铁表面跟潮湿的空气或环境中的其它物质接触引起化学反应而造成的，如将钢铁表面与潮湿的空气或环境中的其它物质相隔绝就能防锈。常用的防锈方法有以下几种：

（1）保持钢铁制品表面的清洁、干燥。

（2）在钢铁制品外面涂上一层保护膜。常用的有沥青、油漆、塑料、橡胶、搪瓷等。

（3）采用金属镀层保护。例如在钢铁表面镀上一层不易生锈的金属，如锌、锡、铬、镍等。

（4）使钢铁表面产生氧化膜。如将钢铁制品放在氢氧化钠和亚硝酸钠溶液中进行氧化处理，使其表面生成一层致密的氧化膜，阻止钢铁的生锈，通常称为“发蓝”或“发黑”，自行车车轴、锯条等就常常这样处理。

此外，还可制成不锈钢。即在碳素钢中加入一定量的某些元素，如钨、镍、铬、钼等，从根本上改变金属的内部结构，提高其抗腐蚀性能。

【家庭小实验】

钢铁的锈蚀和防护

1.将洗净的潮湿菜刀放置一昼夜后，观察菜刀表面有些什么变化？

2.将菜刀洗净擦干后，涂上一层植物油，放置一昼夜，观察菜刀表面有没有显著变化？

以上实验能够说明什么问题。

作业 3

1.钢铁在什么条件下最易生锈？铁锈的主要成分是什么？

2.写出防止自行车生锈的几条措施，并说明理由。

8.4 常见的金属和几种合金

铜和铝（1）

铜

纯铜是紫红色质软的金属，有金属光泽，密度为 8.92 克/厘米 ^{3}，熔点为 1083℃，可以轧成片、抽成丝，具有优良的导电性和导热性，它的导电性仅次于银。

铜在常温下不与干燥空气中的氧气化合，但在潮湿的空气里也会慢慢地被腐蚀，逐渐产生一层绿色物质。这是由于铜在空气中的氧气、水蒸气和二氧化碳作用下生成了铜绿 $Cu_2(OH)_2CO_3$（碱式碳酸铜），它具有毒性，所以铜制的暖锅或食具，它的内部必须镀一层锡。

我国早在 4000 多年前，就会炼铸铜器。现在铜已被广泛用于制造电线、仪器或机器上的零件以及子弹、炮弹等。铜还能与多种金属制成合金。

（2）铝

铝是一种银白色的金属，有良好的导电性、导热性和延展性，对光的反射性能也很好。铝的密度为 2.7 克/厘米 ^{3}，约为铜的 1/3。铝的熔点为 660℃，沸点为 2467℃。

铝是一种活泼的金属，它在空气中容易被氧化，表面生成一层致密的氧化铝薄膜，使铝不再与空气、水或水蒸气进一步作用。为了保护铝器，我们不要任意擦掉铝器表面那种没有光泽的薄膜。铝及铝表面上的这层薄膜，容易溶于酸、碱或食盐的溶液中，所以不要用铝器盛放这些溶液或汤汁，否则铝器易被腐蚀。

纯铝的导电性仅次于银、铜，且密度小、耐腐蚀，故除在电线、电缆工业、无线电工业和电器制造工业中有广泛应用外，还用于制造化学反应器、冷冻装置、石油精炼装置、医疗器械等。利用铝对光的反射能力强的特性，还用它制造天文望远镜、太阳灶反射镜等。

铝的合金一般具有硬度大、密度小、耐腐蚀等优点，是制造飞机、船舶、汽车、火车、导弹、火箭、人造卫星的材料。因此，铝是现代工业中很重要的金属。几种合金

金属有许多优良的性质，但人们平时使用的大多数不是纯金属，而是它们的合金。合金的性能跟组成元素的种类和数量有很大关系。因此人们调整合金的成分，可熔炼出各种具有特殊性能的合金品种。

下面列出几种常用合金的成分、性能和用途。

种　类	熔合元素	性能	用途
黄　铜	铜、锌、锡	坚硬、耐腐蚀	制造机器零件、管材等
青　铜	铜、锡	耐腐蚀、易铸造成形	制造形状复杂的铸件、精致的工艺品
硬　铝	铝、铜、镁、锰、硅	质轻而坚硬	制飞机、汽车等
焊　锡	锡、铅	熔点低、能粘接金属	焊接金属
不锈钢	铁、铬、镍	耐锈蚀	制医疗机械、化工设备
碳素钢	铁、碳	坚硬	作建筑材料。制造机械零件、锅炉、船舶、桥梁等
武德合金	铋、铅、锡、镉	熔点很低	制保险丝

当前，合金的品种已超过万种，远远超出金属自身的种类。合金大大拓宽了金属材料的应用范围和使用价值。

【选学】金属元素与人体健康的关系

经科学研究证明，人体中含有多种金属元素，它们与人体的健康关系紧密。

根据元素在人体中含量的不同，分为常量元素和微量元素；在微量元素中，又可分为必需的微量元素和有害的微量元素。

必需的微量元素有锰、铁、钴、铜、锌、钼、碘、钒、铬、硒、氟、硅、锡等 13 种；有害的微量元素是砷、汞、镉、铅等。必需的常量元素和微量元素的含量不足或过量都会影响人体的健康。

钙是骨骼和牙齿的主要成分。儿童缺钙会得佝偻病，成年人缺钙则得软

骨病。血液中也含有少量的钙，它对血液的凝固起重要作用。

钠、钾是组成人体体液的重要成分。正常人每天需要食盐 5～10 克。钠、钾太少，会感到乏力，甚至引起心律紊乱、神志不清；而钠太多，则引起高血压和心脏病，因此，饮食不要太咸。

铁大部分存在于血红蛋白中，血红蛋白是人体内氧的输送者，缺乏铁就会产生贫血。

铜在人体中含量甚微，主要功能是辅助造血。缺铜还会引起脱发症，影响脑的发育等。

锌大部分分布在骨骼、肌肉、血浆和头发中，是合成人体各种激素、酶、遗传物质等必需的元素，儿童缺锌会引起发育迟缓、影响智力和视力等。

一般说来，各种食物中都含有丰富的金属元素，食盐、天然水中也含有各种金属盐类。它们是人体金属元素的主要来源。人体中的金属元素有一定的含量，过少或过多均能影响健康，产生疾病。因此，人们在饮食中应将荤菜、素菜、粗粮、细粮科学地搭配好，以保证人体的健康。

作业 4

1.铝的下列用途各利用了它的什么主要性质？

（1）飞机和汽车的外壳材料（2）电线

（3）炊具：锅、壶（4）保护金属的镀层

2.铝的化学性质很活泼，为什么通常的铝制品在空气中却很耐腐蚀？

3.为什么合金比纯金属的用途更广泛？

复习与练习

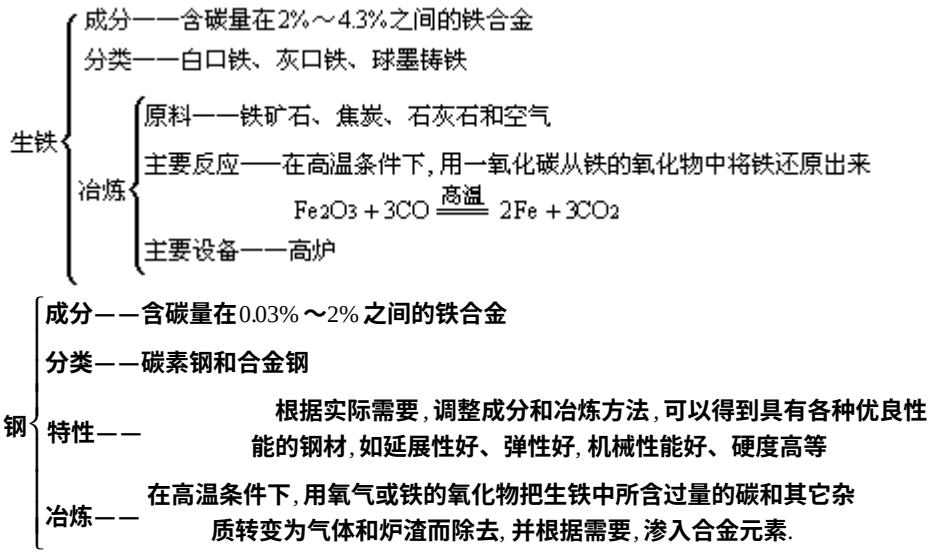
一、整理知识

1.铁的化学性质

铁的化学性质比较活泼，在一定条件下，可以跟多种物质，如氧气、盐酸、稀硫酸、硫酸铜溶液发生化学反应。

- 铁的化学性质
  - 跟氧气反应
    - 干燥空气中——稳定
    - 潮湿空气中——易锈蚀
    - 纯氧气中(点燃)——生成Fe_3O_4($3Fe + 2O_2 \xrightarrow{点燃} Fe_3O_4$)
  - 跟酸反应
    - 盐酸$Fe + 2HCl === FeCl_2 + H_2\uparrow$
    - 稀硫酸$Fe + H_2SO_4(稀) === FeSO_4 + H_2\uparrow$
  - 跟硫酸铜溶液反应$CuSO_4 + Fe === FeSO_4 + Cu$

2.生铁与钢生铁



3.钢铁的锈蚀和防护

铁的锈蚀是铁转化为铁的化合物的过程。铁在大气中受到氧气、水等的共同作用而锈蚀，还会被环境中的其它物质锈蚀。防护的主要方法是将钢铁表面与潮湿的空气及其它有害物质相隔绝或制成耐锈蚀的合金等。

二、练习题

1.将正确的答案序号填在题后的括号里

（1）下列化学方程式不正确的是 [ ]

A.$Fe+CuSO_4====FeSO_4+Cu$

B.$Fe+2HCl====FeCl_2+H2\uparrow$

C.$2Fe+3H_2SO_4$（稀）$===Fe_2(SO_4)_3+3H_2\uparrow$ D.$3Fe+2O_2 \xrightarrow{点燃} Fe_3O_4$

（2）将铁棒插入下列溶液中，能使溶液质量增加并有气体放出的是 [ ]

A.K_2SO_4 B.NaCl

C.$CuSO_4$ D.稀 H_2SO_4

（3）下列说法正确的是 [ ]

A.铜绿 $[Cu_2(OH)_2CO_3]$ 有毒

B.合金是由两种或多种金属熔合而成的

C.铁锈的主要成分是 Fe_3O_4

D.焊锡的主要成分是锡和铝

2.现有含 $Fe_20378\%$的赤铁矿石（杂质不含铁）2500 吨，问最多可冶炼出含杂质 4%的生铁多少吨？

第 9 章　酸碱盐

酸、碱、盐、氧化物是四类重要的无机化合物。它们在日常生活、工农业生产、科学研究等方面有广泛的应用，在自然界和生物的生命活动中，起着十分重要的作用。本章将学习一些常见的酸、碱、盐，总结各类物质的通性，初步掌握各类物质之间的关系，以便同学们日后能应用这些规律，解释一些有关现象，解决一些简单的化学问题。

9.1　常见的酸

在日常生活里，酸是经常遇到的一类化合物。这一节，我们将学习盐酸、硫酸、硝酸三种常见的重要的酸。

一、盐酸

盐酸是氯化氢的水溶液。我们的胃液里就含有盐酸。吃到胃里的食物在胃液的作用下分解消化，最后为人体所吸收。但胃液里的盐酸与其它物质混和在一起，难辨其“庐山真面目”。那末纯净的盐酸具有什么样的性质呢？

【观察与思考】

取纯净的浓盐酸和工业用浓盐酸各一瓶，观察它们的颜色和状态。打开瓶塞，用手轻轻地在瓶口扇动，小心地嗅盐酸的气味，并观察瓶口附近发生的现象。想一想，为什么（图 9-1）？

纯净的盐酸是一种无色的液体，易挥发，有强烈的刺激性气味，有酸味。工业用盐酸通常带有黄色，那是因为混有杂质的缘故。常用的浓盐酸约含有 37%～38%的氯化氢，密度为 1.19 克/厘米 ^{3}。若打开盛有浓盐酸的瓶塞，就会看到瓶口附近形成“白雾”。这是由于从浓盐酸里挥发出来的氯化氢跟空气里的水蒸气接触，重新结合为盐酸小液滴，许多盐酸小液滴散布在空气中，看起来像白雾。盐酸跟指示剂的反应我们已经知道，紫色石蕊试液遇盐酸变红色，无色酚酞试液遇盐酸不变色。盐酸跟金属的反应我们还知道，盐酸能跟金属锌起反应，生成氯化锌和氢气。反应的化学方程式是：

$$Zn+2HCl===ZnCl_2+H_2\uparrow$$

盐酸还可以跟金属活动顺序表中排在氢前面的金属如钾、钙、钠、镁、铝、铁等发生置换反应，生成相应的金属氯化物（属盐类）和氢气。

【实验与思考】

盐酸跟金属氧化物的反应把一根表面生锈的铁钉放入盛有稀盐酸的试管里，过一会儿取出，用水洗净，观察铁钉表面及溶液的颜色有什么变化。铁钉表面的锈没有了，溶液由无色变为黄色。这是由于盐酸跟铁锈（主要成分是 Fe_2O_3）起反应，生成可溶性氯化铁的缘故。工业盐酸常带黄色，主要就是因为其中含有三氯化铁等的缘故。反应的化学方程式如下：

$$Fe_2O_3+6HCl===2FeCl_3+3H_2O$$

其它一些金属氧化物如氧化铝、氧化铜等也能跟盐酸起反应生成相应的可溶性金属氯化物和水。

【思考与练习】

完成下列化学方程式：

Al2O3+HCl——

CuO+HCl——

以上反应，常用来清除金属表面的金属氧化物。

【实验与思考】盐酸跟碱的反应在盛有少量氢氧化铜固体的两支试管里，分别加入适量的水和盐酸。对照观察发生的变化。实验表明，氢氧化铜是一种蓝色的固体，不溶于水，但能溶于盐酸，实质上就是氢氧化铜和盐酸反应生成溶于水的蓝绿色的氯化铜（属于盐类）和水。反应的化学方程式是：

$$Cu(OH)_2+2HCl===CuCl_2+2H_2O$$

盐酸还能跟其它的碱如 NaOH、KOH、$Ca(OH)_2$ 等反应生成相应的盐和水。

【问题讨论】

胃酸分泌过多，就会引起胃病，为了缓解这种病痛，医生有时给病人服用一种叫做胃舒平的药物。胃舒平的主要成分是氢氧化铝 [$Al(OH)_3$] 。你能说出治疗的化学原理吗？盐酸跟盐的反应我们已经学习过盐酸能与碳酸钙（属于盐类）反应生成氯化钙（属于盐类）和碳酸（属于酸类）。碳酸不稳定，分解成二氧化碳和水。反应的化学方程式如下：

$$2HCl+CaCO_3==CaCl_2+H_2CO_3$$
$$\hookrightarrow H_2O+CO_2\uparrow$$

盐酸还能跟其它盐如硝酸银（$AgNO_3$）反应。

【实验与思考】

在盛有少量稀盐酸的试管里滴加几滴硝酸银溶液，观察发生的现象。盐酸跟硝酸银溶液起反应，生成白色凝乳状的氯化银沉淀和稀硝酸（氯化银不溶于水和稀硝酸）反应的化学方程式如下：

$$HCl+AgNO_3====AgCl\downarrow+HNO_3$$

这个反应常用于检验盐酸和其它电离时能产生 Cl^- 离子的化合物如 NaCl、KCl 等。

【问题讨论】

试推测氯化钠溶液与硝酸银溶液反应的结果。并做一做这个实验，验证一下你的推测是否准确？从盐酸分别与金属氧化物、碱、盐进行反应的形式来看，它们的共同点是参加反应的两种化合物相互交换成分，生成另外两种化合物，如图 9-2 所示。像这类由两种化合物互相交换成分生成另外两种化合物的反应，叫做复分解反应。至此，我们已经学习过了从反应形式上分类的四种基本反应类型，它们分别是化合反应、分解反应、置换反应和复分解反应。

【思考与练习】

试判别下列反应各属何种基本反应类型。

$$C+O_2\xlongequal{点燃}CO_2$$

$$2KClO_3\xlongequal{MnO_2}2KCl+3O_2\uparrow$$

$$Zn+2HCl====ZnCl_2+H_2\uparrow$$

$$NaOH+HCl====NaCl+H_2O$$

盐酸不仅在人的生理活动中有着十分重要的作用，同时也是一种重要的化工产品。它除了用于金属表面除锈外，还用于制造各种金属氯化物如氯化锌等以及某些试剂和药物，例如盐酸麻黄素等。

【选学】石蕊指示剂是怎样发现的

石蕊指示剂是化学上最早用来鉴别溶液酸碱性的一种试剂。它是在 17 世纪被英国化学家波义耳首先发现的。

波义耳十分重视观察，有极敏锐的观察能力。他能在不易被常人注意的自然现象和实验现象中发现化学原理和化学试剂。石蕊指示剂就是在一个极平常的现象中发现的。在一次实验时，波义耳正在倾倒浓盐酸，不小心将酸沫溅到了刚从花园里采摘来的紫罗兰花瓣上了。波义耳对鲜艳的花朵受到盐酸的污染很惋惜，于是立即把花朵放到清水杯里漂洗。漂洗中，波义耳惊奇地看到，紫罗兰竟由紫色变为红色。波义耳立即想到，这是紫罗兰里的色素遇到盐酸发生了反应,因而改变了颜色。那末别的酸能否产生类似的现象呢？他把实验室里所有的酸都找来，一一给予试验，结果表明，紫罗兰遇酸都变为红色。接着波义耳又想到，其它植物色素在酸的作用下能不能变色？植物色素能不能跟碱发生反应？波义耳搜集了玫瑰花、地衣、五倍子、某些树皮以至植物根等，把它们制成了各种颜色的浸出液，并分别用酸、碱溶液试验。结果发现，有些只是在酸的作用下变色，有些则在碱的作用下变色。但从石蕊地衣中提取的紫色浸液最有意思，它遇酸变红色，遇碱变蓝色。从此，波义耳就把紫色的石蕊试液用作鉴别溶液酸碱性的一种专用试剂，并把它叫做酸碱指示剂，简称为指示剂。

【家庭小实验】

用石灰水和食醋（最好是白醋）分别试验一些有色花瓣或水果皮中的植物

色素，看它们的颜色发生什么变化（如果用花瓣、果皮的汁液或酒精浸出液来

试验，效果更好）。

二、硫酸

硫酸是一种十分重要的化工产品，在工农业生产中有着广泛的用途。它的产量多少，往往是一个国家工业化程度高低的标志。我国的硫酸工业发展十分迅速，1965 年硫酸产量已居世界第三位，1992 年的年产量达 1396 万吨。

硫酸的物理性质

【实验与思考】

观察浓硫酸的颜色和状态。纯净的浓硫酸是无色、油状液体，它与浓盐酸不同，不易挥发。常用的浓硫酸的浓度是 98%，密度是 1.84 克/厘米 ^{3}，能以任意比例溶于水。

【观察与思考】

如图 9-4，取大的表面皿两只。其中一只倒入少量浓硫酸，用玻璃棒使

之展成薄层，待用，另一只不加任何物质。另取两只 1000 毫升的大烧杯，悬罩在两只盛有开水的小烧杯上，经 3～4 秒钟，再移罩到两只表面皿上，观察现象。

从以上实验看到，罩在盛有浓硫酸的表面皿上的烧杯，其壁上的水雾倾刻消失，而另一只烧杯壁则依然一片模糊。这表明浓硫酸具有吸水性。因此，浓硫酸通常可用作干燥剂（图 9-5）。

【实验与思考】

浓硫酸的一些特性用玻璃棒蘸浓硫酸在纸上写字，过一会儿，观察纸上有什么变化。用火柴梗蘸一点浓硫酸，放置一会儿，观察火柴梗有什么变化。浓硫酸能以 2∶1 的原子个数比（和组成水的氢、氧原子个数比一样）夺取纸张、木材、衣服（它们都是由含碳、氢、氧等元素的化合物组成的）等物质里的氢和氧，使它们脱水碳化。上面的实验里，纸、火柴梗的颜色变黑，就是发生了碳化的结果，说明浓硫酸具有脱水性。硫酸对皮肤或衣服有很强的腐蚀性，如果不慎在皮肤或衣服上沾上硫酸，应立即用布轻轻拭去，再用大量水冲洗。即使是稀硫酸沾在衣服上，时间稍长，也会使衣服腐蚀，因此使用硫酸时要十分小心。

【实验与思考】

怎样稀释浓硫酸把浓硫酸沿着烧杯壁缓慢地注入盛有水的烧杯里，并用玻璃棒不断地搅动，用手接触烧杯外壁，注意温度的变化。以上实验表明，硫酸易溶于水，溶解时放出大量的热。稀释浓硫酸时，若把水滴入浓硫酸，由于水的密度较小，浮在硫酸的上面，溶解时放出的热不易散失，使水暴沸而骤然气化，结果就像水滴入灼热的油锅一样，带着酸液向四周飞溅，引起伤害事故。因此，在稀释浓硫酸时必须严格遵守以下操作规程：一定要把浓硫酸沿着器壁慢慢地注入水里，并不断地搅拌，使产生的热量迅速地扩散，切不可把水倒进浓硫酸里。

稀硫酸的主要化学性质

【实验与思考】

把紫色石蕊试液和无色酚酞试液分别滴 2～3 滴到两只盛有 2 毫升稀硫酸的试管中，观察溶液颜色的变化。实验表明，紫色石蕊试液遇稀硫酸变红色，无色酚酞试液遇稀硫酸不变色。

【实验与思考】

1.把稀硫酸滴入盛有少量铁粉的试管，振荡，观察发生的现象，检验产生的气体。

2.在盛有少量稀硫酸的试管里，加入一根生锈的铁钉，振荡，观察发生的变化。

3.在盛有少量氢氧化铜的试管里，加入少量稀硫酸，振荡，观察发生的变化。

4.在盛有少量稀硫酸的试管中，滴入少量氯化钡溶液，观察发生的现象。再加入几滴稀硝酸，观察沉淀有无变化。

把以上实验所观察到的现象、结论以及有关化学方程式填入表 9-1。

表 9-1　稀硫酸的化学性质

反应物		现　象	化学方程式或结论
指示剂	石蕊		
	酚酞		
铁			
三氧化二铁			
氢氧化铜			
氯化钡溶液			

以上实验表明，稀硫酸具有跟盐酸相似的化学性质：紫色石蕊试液遇稀硫酸变红色，无色酚酞遇稀硫酸不变色，稀硫酸也能跟锌、铁等金属，氧化铁等金属氧化物，氢氧化铜等碱，氯化钡等盐起反应。例如：

$$Fe+H_2SO_4====FeSO_4+H_2\uparrow$$

$$Fe_2O_3+3H_2SO_4====Fe_2(SO_4)_3+3H_2O$$

$$Cu(OH)_2+H_2SO_4====CuSO_4+2H_2O$$

$$BaCl_2+H_2SO_4====BaSO_4\downarrow+2HCl$$

硫酸和氯化钡溶液反应生成不溶于稀盐酸或稀硝酸的白色硫酸钡沉淀。因此，氯化钡等可溶性钡盐常常用来检验硫酸和含有硫酸根（SO_4^{2-}）离子的溶液。

【问题讨论】

试比较硫酸跟盐酸的共性和特性。

硫酸广泛用于金属除锈，精炼石油，生产化肥、农药、染料及冶炼有色金属等。三、硝酸硝酸也是一种重要的无机酸，在实验室和工农业生产上有着极为广泛的用途。

【观察与思考】

硝酸的物理性质观察浓硝酸、稀硝酸的颜色、状态。用手在瓶口轻轻扇动，小心地嗅硝酸的气味，观察浓硝酸瓶口附近的状况。

从以上观察可知，纯净的硝酸是无色的液体，有刺激性气味，浓硝酸常因含有二氧化氮而呈黄色，它与盐酸相似，有挥发性。

【问题讨论】

从观察中可以看到，浓硝酸瓶口附近有“白雾”，试解释这种现象。

硝酸的腐蚀性硝酸有强烈的腐蚀性，因此在使用硝酸时要特别小心。

【实验与思考】

硝酸的主要化学性质把紫色石蕊试液和无色酚酞试液分别滴 2～3 滴到盛有 2 毫升稀硝酸的试管中，观察颜色的变化。

实验表明，紫色石蕊试液遇稀硝酸变红色，无色酚酞试液遇稀硝酸仍无色。

硝酸也能跟金属氧化物（如氧化铜、氧化镁等）以及碱（如氢氧化钠、氢氧化镁等）反应生成盐和水。

$$CuO+2HNO_3====Cu(NO_3)_2+H_2O$$

$$Mg(OH)_2+2HNO_3====Mg(NO_3)_2+2H_2O$$

硝酸跟盐酸和稀硫酸不同，有很强的氧化性，能跟绝大多数金属反应，但反应中一般不放出氢气。硝酸的用途极为广泛，常用于生产化肥、炸药、染料、药物、涂料等。

四、磷酸

磷酸（H_3PO_4）也是一种重要的酸。纯净的磷酸是无色的晶体，容易吸收水分，易溶于水。常用磷酸的水溶液含有 70%～80%磷酸，是一种粘稠的液体。磷酸的一些主要化学性质与其它酸相似。磷酸的主要用途是制造磷肥、磷酸盐、染料、医药。磷酸在生物体内也起着很重要的作用。

作业 1

1.将正确答案的序号填在题后的括号里

（1）打开下列试剂的瓶塞，在瓶口出现“白雾”的是 [ ]

A.浓硝酸　　B.浓硫酸

C.浓盐酸　　D.稀盐酸

（2）在实验室制备氢气可以用 [ ]

A.铁屑跟盐酸起反应　　B.锌粒跟硝酸起反应

C.氧化锌跟盐酸起反应　　D.铜与稀硫酸混和

（3）在 4 个小烧杯里分别盛放相等质量的下列物质，在空气里放置一定时间后，烧杯内物质的总质量显著增加的是 [ ]

A.浓盐酸　　B.蔗糖溶液　　C.浓硫酸　　D.浓硝酸

2.写出下列物质间反应的化学方程式

（1）镁跟盐酸

（2）铝跟稀硫酸

（3）氧化钙跟稀硝酸

（4）稀硫酸跟氧化铝

（5）硫酸跟氢氧化钠溶液

（6）稀硫酸跟氯化钡溶液

3.现有 3 个试管，分别盛有稀盐酸、稀硫酸和稀硝酸，怎样鉴别它们？

4.烧水用的铝壶壁上沉积的水垢（主要成分是碳酸钙和氢氧化镁），可以加入适量的盐酸把它除掉，但盐酸不能过量。为什么？写出有关的化学方程式。

5.1 克锌和 1 克铁分别跟足量的稀盐酸起反应，各生成多少克氢气？

6.150 毫升浓度为 6%的盐酸（密度为 1.028 克/厘米 ^{3}）跟足量的硝酸银溶液起反应，计算生成的氯化银的质量。

7.实验室欲用浓硫酸、水、锌粒三种物质，制取干燥的氢气，应该怎样操作？写出操作步骤。

8.取硫酸与盐酸的混合酸 2 克，滴加氯化钡溶液到沉淀不再生成为止，

此时共生成 2.33 克硫酸钡沉淀。求硫酸在混合酸中所占的质量百分比。

9.2　酸的通性

我们已经学习了几种酸的性质，现在来进一步认识酸类物质的一般性质，也就是酸的通性。

酸类的通性

1.酸溶液与酸碱指示剂的反应

【练习与思考】

若把紫色石蕊试液和无色酚酞试液分别滴入盛有醋酸溶液的两支试管中，各显什么颜色？用实验检验你的结论。

酸溶液能跟酸碱指示剂反应。例如，紫色的石蕊试液遇酸变红色，无色酚

酞遇酸仍无色。

2.酸跟金属的反应

酸能和金属活动性顺序中氢以前的金属起置换反应，生成盐和氢气。

酸+金属—→盐+氢气

3.酸跟碱的反应

酸能跟碱起反应生成盐和水。

酸+碱—→盐+水

【实验与思考】

在盛有稀氢氧化钠溶液的锥形瓶里滴入几滴酚酞试液，溶液变为红色。再用胶头滴管慢慢滴入稀盐酸，同时不断地振荡溶液，一直到溶液刚刚变为无色为止。

像这类酸跟碱作用生成盐和水的反应，叫做中和反应。

中和反应是复分解反应的一种。中和反应在生产和科学研究中应用很广。例如，在化工生产和科学实验里，当溶液有过量的酸或碱时，常用适量的碱或酸来中和。在农业生产中，若土壤的酸性过强，常用熟石灰［$Ca(OH)_2$］中和。

【选学】滴定管

在科学研究中，中和反应是用如图 9-8 所示的装置进行的。图中左边是酸式滴定管，右边是碱式滴定管。酸式滴定管通常装酸液，用以中和。滴定碱液。碱式滴定管通常装碱液，用以中和滴定酸液。

滴定时，左手调节滴定管活塞以控制液滴的流速。右手握锥形瓶颈，并不断地摇晃，使溶液迅速地充分混和。滴定前，在锥形瓶里事先滴入几滴指示剂，以帮助判断中和反应是否完成。

4.酸跟某些金属氧化物的反应

【实验与思考】

把适量的稀硫酸加入到盛有少量氧化铜的试管里，振荡，观察现象，写出化学方程式。

酸跟某些金属氧化物反应的生成物与酸和碱反应的生成物一样也是盐和水。像这种能跟酸起反应生成盐和水的氧化物叫做碱性氧化物。氧化铜、氧

化钙、氧化镁等都是碱性氧化物。许多金属氧化物是碱性氧化物。

酸的上述性质可用文字式表达如下：

酸+碱性氧化物→盐+水

能溶于水的碱性氧化物与水化合生成相应的碱。例如：

$$Na_2O+H_2O===2NaOH$$

$$K_2O+H_2O===2KOH$$

5.酸能跟某些盐反应

酸能跟某些盐反应，生成另一种酸和另一种盐。即

酸+盐—→新酸+新盐

例如： $HCl+AgNO_3====HNO_3+AgCl\downarrow$

$$H_2SO_4+Na_2CO3 = H_2CO_3+Na_2SO_4$$
$$\hookrightarrow H_2O+CO_2\uparrow$$

以上酸类物质的五条通性，除表明酸类物质能与如金属、碱性氧化物、碱、盐等物质反应的性质外，还反映了酸类物质与其它各类物质之间的关系。例如“酸+金属→盐+氢气”不仅表明酸具有与某些金属反应的性质，而且还说明酸和金属相互反应生成盐和氢气这种关系。酸和其它物质之间的关系可以用图 9-9 来表示。

酸所以都有一些相似的性质，是由于酸在水溶液里都能电离，并且电离生成的阳离子都是氢离子的缘故。

酸的分类和命名分析下列各种酸的组成：

硝酸（HNO_3）、硫酸（H_2SO_4）、磷酸（H_3PO_4）、盐酸（HCl）、氢硫酸（H_2S）

显然，从组成上看，前三种酸的分子里都含有氧原子，后两种酸分子里无氧原子。我们把分子中含氧原子的这一类酸叫做含氧酸，分子里无氧原子的这类酸叫做无氧酸。在水溶液里每个分子最多可以电离出一个氢离子的酸叫做一元酸，如 HNO_3 和 HCl 就是一元酸；每个分子最多可以电离出两个氢离子的酸叫做二元酸，如 H_2SO_4 和 H_2S 等；显然，每 H_3PO_4 分子中最多可以电离出三个氢离子，就叫做三元酸。含氧酸的命名，一般根据它的分子里除氢、氧两元素以外的另一种元素的名称而命名为“某酸”。例如：H_2SO_4 叫做硫酸，H_3PO_4 叫做磷酸，H_2CO_3 叫做碳酸等等。无氧酸的命名是在氢字的后面加上另一元素的名称，叫做“氢某酸”。例如，HCl 叫做氢氯酸（俗名叫盐酸），H_2S 叫做氢硫酸等等。

作业 2

1.填空

（1）_____、_____、_____、_____是含氧酸，_____、_____是无氧酸。

（2）_____、_____是一元酸，_____、_____是二元酸，_____是三元酸。

2.将正确答案的序号填在题中的括号里

（1）如果要制备氢气，可用下列（　　）组中的物质互相作用

A.铜和稀硫酸　　B.银和稀硝酸

C.汞和稀盐酸　　D.铝和稀硫酸

（2）如果要制备 $CuCl_2$，可用下列（　　）组中的物质互相作用

A.铜和稀盐酸　　B.氧化铜和稀盐酸

C.氢氧化铜加稀盐酸　　D.铜加稀硫酸，再加稀盐酸

3.把足量的稀硫酸加入盛有少量氧化铜和铜的混合物的试管里，加热过滤，在滤纸上剩下什么物质？在滤液里含有什么物质？写出有关的化学方程式。

4.某工厂化验室洗涤一定量石油产品中的残余硫酸，共消耗 15%的氢氧化钠溶液 40 克(洗涤后溶液呈中性),问在这些石油产品里含有硫酸多少克？

5.把锌和铜的混合物 50 克和足量稀硫酸起反应，最多可得到氢气 1.1 克，求混合物里含锌和铜各多少克？

9.3 常见的碱

碱也是一类常见的化合物。这一节，我们将着重学习两种常见的重要的碱：氢氧化钠和氢氧化钙。

一、氢氧化钠

氢氧化钠是一种十分重要的碱，制造肥皂、冶炼金属、纺织、造纸、精炼石油等工业部门都离不开它。氢氧化钠有如此广泛的用途，是因为它有许多重要的性质。

【实验与思考】

氢氧化钠的物理性质用药匙取一小块氢氧化钠放在表面皿上，观察它的颜色、状态。过一会儿再观察，看它有什么变化。把一小块氢氧化钠放入盛有少量水的试管里，振荡，观察氢氧化钠溶解的情况，用手接触试管，有何感觉？通过以上实验可知，氢氧化钠是一种白色固体，极易溶解于水，溶解时放出大量的热。暴露在空气里的固态氢氧化钠能吸收空气里的水分而逐步溶解在自己所吸收的水分中，这种现象叫做潮解。因此，氢氧化钠可用作某些气体（如氧气、氢气）的干燥剂。

【观察与思考】

氢氧化钠的腐蚀性把少量纯毛绒线放入盛有氢氧化钠溶液的试管中，用玻璃棒搅拌并加热，观察变化。

氢氧化钠有强烈的腐蚀性，因此，它的俗名又叫作苛性钠、火碱、烧碱。使用氢氧化钠时必须十分小心，防止皮肤、衣服被它腐蚀，万一沾到氢氧化钠应立即用水冲洗。

氢氧化钠的化学性质

1.氢氧化钠与酸碱指示剂的反应

【实验与思考】

把紫色石蕊试液和无色酚酞试液分别滴2～3滴到盛有2毫升氢氧化钠溶液的试管中，观察溶液颜色的变化。实验表明，紫色石蕊试液遇氢氧化钠溶液变成蓝色，无色酚酞试液遇氢氧化钠溶液变成红色。

2.氢氧化钠与某些非金属氧化物的反应

【实验与思考】

如图 9-10 所示，准备好双孔塞（插有带小气球的短玻璃管和盛有氢氧化钠浓溶液的滴管）。取两个分别装有二氧化碳和二氧化硫的集气瓶，用两只上述准备好的双孔塞将集气瓶塞紧。把滴管中的氢氧化钠溶液挤压入集气瓶，振荡，观察小气球的变化。

瓶中的小气球膨胀，是因为瓶中的氢氧化钠跟二氧化碳反应生成碳酸钠和水，或氢氧化钠跟二氧化硫反应生成亚硫酸钠和水。二氧化碳或二氧化硫气体在反应中消耗掉了，集气瓶中的气体压强下降，空气通过短玻璃管进入气球，使气球膨胀。这两个反应的化学方程式是：

$$2NaOH+CO_2====Na_2CO_3+H_2O$$

$$2NaOH+SO_2====Na_2SO_3+H_2O$$

工厂废气中的 SO_2 可以利用以上反应用氢氧化钠吸收，以减轻 SO_2 对大气的污染。

氢氧化钠不仅易吸收空气中的水分，而且也吸收空气中的 CO_2，因此，固体氢氧化钠必须密闭保存，以免变质。

实验证明，氢氧化钠还能与其它一些非金属氧化物如 P_2O_5 等反应，生成物跟碱与酸反应的生成物一样，也是相应的盐和水。这类非金属氧化物叫做酸性氧化物。

3.氢氧化钠与酸的反应

【实验与思考】

在盛有 3 毫升氢氧化钠稀溶液的试管里，滴加一滴酚酞试液，再逐步滴入稀硫酸，边滴边振荡，直到红色刚好褪去为止。

实验中氢氧化钠跟硫酸反应生成硫酸钠和水。氢氧化钢还能跟其它酸如盐酸、硝酸等发生中和反应生成相应的盐和水。反应的化学方程式如下：

$$2NaOH+H_2SO_4====Na_2SO_4+2H_2O$$

$$NaOH+HCl====NaCl+H_2O$$

$$NaOH+HNO_3====NaNO_3+H_2O$$

4.氢氧化钠与某些盐的反应

【实验与思考】

在两个试管里分别注入 2～3 毫升硫酸铜和氯化铁溶液，观察它们的颜色和状态。在两个试管中分别滴加氢氧化钠溶液，观察试管里的变化。

实验表明，无色的氢氧化钠溶液能跟蓝色的硫酸铜溶液反应生成硫酸钠和蓝色的氢氧化铜絮状沉淀；能跟棕黄色的氯化铁溶液反应生成氯化钠和红褐色的氢氧化铁絮状沉淀。反应的化学方程式如下：

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

$$FeCl_3+3NaOH====Fe(OH)_3\downarrow+3NaCl$$

氢氧化钠溶液还能跟其它一些盐如硫酸铁［$Fe_2(SO_4)_3$］、硝酸铜 Cu（NO_3）$_2$］等的溶液反应生成另一种不溶于水的碱和另一种盐。

【思考与练习】

试写出氢氧化钠溶液分别跟硫酸铁溶液、硝酸铜溶液反应的化学方程式。

制造氢氧化钠的烧碱工业是一种基础化学工业，在国民经济中占有十分

重要的地位。我国的烧碱工业发展迅速，1990 年的年产量已达 329.3 万吨，居世界第五位。

二、氢氧化钙

氢氧化钙俗称熟石灰或消石灰。它是一种广泛使用的建筑材料，可用来制造漂白粉，农业上可用以制造波尔多液、石灰硫黄合剂等农药，还可用来降低土壤的酸性等等。这些用途都与氢氧化钙的性质有关。氧化钙与水反应生成氢氧化钙

【实验与思考】

取一小块生石灰（化学式为 CaO）放在试管里，观察它的颜色和状态。用滴管向生石灰上滴加少量的水，观察有什么现象发生？生石灰是白色、坚硬的块状物质。把水滴到生石灰上，过一会儿观察到块状的生石灰膨胀、崩裂，变成白色粉末，并放出大量的热。生石灰和水发生反应，生成的白色粉末就是熟石灰。熟石灰微溶于水，得到的水溶液叫石灰水。氢氧化钙固体和水混和所得的悬浊液叫石灰乳，常用来粉刷墙壁。

生石灰与水反应的化学方程式是：

$$CaO+H_2O=Ca(OH)_2$$

氢氧化钙的化学性质

1.氢氧化钙与指示剂的反应

【实验与思考】

将紫色石蕊试液和无色酚酞试液分别滴入盛有澄清石灰水的试管，观察颜色变化。实验表明，紫色石蕊试液遇氢氧化钙溶液变为蓝色，无色酚酞试液遇氢氧化钙溶液变为红色。

2.氢氧化钙与某些非金属氧化物的反应

我们已经学习过，将 CO_2 气体通入澄清的石灰水，液体变浑浊。这是因为氢氧化钙的溶液与二氧化碳气体发生反应，生成了不溶于水的碳酸钙。细小的碳酸钙颗粒悬浮在溶液中，使溶液变浑浊。反应的化学方程式是：

$$Ca(OH)_2+CO_2===CaCO_3\downarrow+H_2O$$

氢氧化钙还能跟其它非金属氧化物如 SO_3 等反应生成相应的盐和水。

【思考与练习】

写出氢氧化钙跟三氧化硫反应的化学方程式［生成硫酸钙（CaSO4 沉淀）和水］。

3.氢氧化钙与酸的反应

【实验与思考】

把稀盐酸滴入盛有少量粉末状氢氧化钙固体的试管里，振荡，观察现象。

实验表明，氢氧化钙能跟盐酸起反应生成氯化钙和水。

$$Ca(OH)_2+2HCl====CaCl_2+2H_2O$$

氢氧化钙还能跟其它一些酸如硫酸、硝酸等发生中和反应生成相应的盐和水。

4.氢氧化钙与某些盐的反应

【实验与思考】

在盛有澄清石灰水的试管里滴入碳酸钠饱和溶液，观察有什么现象。

实验表明，氢氧化钙溶液能跟碳酸钠溶液反应生成氢氧化钠和碳酸钙沉淀。反应的化学方程式如下：

$$Ca(OH)_2+Na_2CO_3===2NaOH+CaCO_3\downarrow$$

氢氧化钙溶液还能跟其它一些盐如 $FeCl_3$、$CuCl_2$ 等的溶液反应生成另一种碱和另一种盐。

【思考与练习】

试写出氢氧化钙溶液分别跟 $FeCl_3$、$CuCl_2$ 的两种溶液反应的化学方程式。

触摸氢氧化钙的水溶液有滑腻感，它对皮肤、衣服有腐蚀作用。

9.4 碱的通性酸碱度的表示方法——pH 值

碱的通性从以上的学习中，可以看出碱类有许多相似的性质，主要有以下几点。

1.碱溶液跟酸碱指示剂的反应

碱的水溶液能跟酸碱指示剂反应而使指示剂呈现一定的颜色，如使石蕊试液呈蓝色，使酚酞试液呈红色等。

2.碱跟某些非金属氧化物（酸性氧化物）的反应

碱跟酸性氧化物反应生成盐和水，例如：

$$Ca(OH)_2+CO_2====CaCO_3\downarrow+H_2O$$

$$2NaOH+SO_3===Na_2SO_4+H_2O$$

碱跟酸性氧化物反应的文字表达式为：

碱+酸性氧化物→盐+水

非金属氧化物大多数是酸性氧化物。许多酸性氧化物能溶于水，跟水化合生成酸。例如：

$$CO_2+H_2O====H_2CO_3$$

$$SO_3+H_2O===H_2SO_4$$

3.碱和酸的反应

碱能和酸发生中和反应，生在盐和水即

碱+酸→盐+水

【实验与思考】

把盐酸滴入盛有少量氢氧化铁的试管，观察现象。

这一反应的化学方程式是：

$$Fe(OH)_3+3HCl====FeCl_3+3H_2O$$

4.碱跟某些盐的反应

碱溶液能跟某些盐溶液起反应，生成另一种碱和另一种盐。即：

碱+盐→新碱+新盐

例如：　$3KOH+FeCl_3====Fe(OH)_3\downarrow+3KCl$

以上碱类的四条通性，不仅表明了碱具有能跟酸性氧化物、酸、盐等类物质反应的性质，同时也反映了碱与其它各类物质之间的关系。这种关系可以用图 9-11 来表示。

碱类物质之所以具有一些相似的性质，是由于碱类在水溶液里电离生成

的阴离子都是氢氧根离子的缘故。

碱的命名

碱是根据它的组成——氢氧根离子和金属离子的名称，命名为“氢氧化某”。如 $Mg(OH)_2$ 叫做氢氧化镁，$Cu(OH)_2$ 叫做氢氧化铜等等。如果某种金属能形成带不同数量电荷的离子时，一般把具有高价金属离子的碱叫做‘氢氧化某”，把具有低价金属离子的碱叫做“氢氧化亚某”，如 $Fe(OH)_3$ 叫做氢氧化铁，$Fe(OH)_2$ 叫做氢氧化亚铁等等。

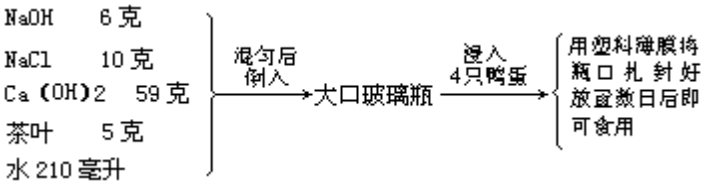
【家庭小实验】

1.自制叶脉书签

向少量稀氢氧化钠溶液（或适量新制的熟石灰和纯碱混和加水煮沸所得的悬浊液）中，投入几片树叶并使树叶浸泡在溶液中，煮沸 6～10 分钟。取出树叶放在清水里洗去碱液，再用毛刷轻轻刷去叶肉，将叶脉晾至半干后着上你喜欢的颜色。晾干后一张漂亮的叶脉书签就做成了。

2.自制皮蛋

按以下配方和步骤自制 4 只无泥皮蛋。



pH 值——酸碱度的表示法酸或碱能使指示剂变色，这是酸碱的重要化学性质。利用这条性质，可以根据指示剂在溶液中的颜色来确定溶液的酸碱性。但在实际生活中，仅仅知道某种溶液是酸性还是碱性是很不够的，还必须测定和控制溶液的酸、碱性强弱程度，即溶液的酸碱度。溶液的酸碱度常用 pH 值表示，pH 值的范围通常在 0～14 间（图 9-12）。

pH 值等于 7 时，溶液呈中性，pH 值小于 7 时，溶液呈酸性，pH 值越小，溶液的酸性越强；pH 值大于 7 时，溶液呈碱性，pH 值越大，溶液的碱性越强。

【思考与练习】

图 9-13 是人体内几种体液或代谢产物的正常 pH 值，其中哪些偏酸性，哪些偏碱性，哪一种酸性最强，哪一种碱性最强？

pH 值的测试

测定溶液的 pH 值有多种方法，可以根据检测要

求的精确度选用不同的方法，如果要求精确些，可以用酸度计（图 9-14）等仪器。简单的方法通常是使用 pH 试纸。pH 试纸是浸渍过多种酸碱指示剂的试纸。这种试纸在不同酸碱度的溶液里，显示不同的颜色。测定时，把待测溶液滴在 pH 试纸上，然后把试纸显示的颜色跟标准比色卡对照，便可知道溶液的大致 pH 值。

【实验与思考】

取一小撮菜叶、少许土壤、一小块水果，分别捣烂，各放到一支试管里，分别加入蒸馏水 3 毫升。用玻璃棒搅拌，静置。把三条 pH 试纸分开放在玻璃片上，分别用玻璃棒蘸取菜叶、土壤、水果的浸出液滴在 pH 试纸上，测定三

种浸出液的 pH 值。并把测定结果按酸性由强到弱或碱性由弱到强的顺序排列。

【实验与思考】

向一只烧杯中加入水 120 毫升、浓盐酸 1 毫升，搅匀后用 pH 试纸进行测试。然后从此烧杯中取出 1 毫升溶液，倒入另一只洁净的烧杯里，加水稀释到 100 毫升再进行测试。比较两次测试结果。

测定溶液的 pH 值在生产实际中具有重大意义,因为化工生产中的化学反应要在适当的 pH 值范围内才能正常进行。大多数农作物最适宜在中性或接近中性的土壤里生长，当土壤的 pH 值小于 4 或大于 8.5 时，一般农作物就难以生长，一些农作物最适宜生长的 pH 值范围如表 9-2。

表 9-2 一些农作物最适宜生长的 pH 值范围

农作物名称	水稻	小麦	玉米	大豆	棉花
最适宜生长的 pH 值范围	5.5～7.0	6.2～7.5	6.5～7.5	6.5～7.5	6.5～7.5
农作物名称	西瓜	茶	柑桔	马铃薯	烟草
最适宜生长的 pH 值范围	6	5～5.5	5.5～6.5	5.5～6	5～5.5

【社会调查】

采访农技人员，了解一下哪些农作物适宜于生长在略带酸性的土壤中？偏碱性的土壤可以种哪些农作物？

【家庭小实验】

用干净的玻璃杯盛接一杯雨水，观察雨水是否澄清，用 pH 试纸测试雨水的 pH 值。根据你居住的环境，分析雨水 pH 值正常或偏高、偏低的原因。

【选学】酸雨

正常雨水的 pH 值是 5.6。这种微弱的酸性是下雨时，雨水溶解了空气中的二氧化碳所造成的。如果雨水的 pH 值降低到 4.0～4.5，就是酸雨。形成酸雨的原因很多，也很复杂，目前仍在探索之中。但燃烧含硫的煤所生成的硫的氧化物如 SO_2，汽车发动机燃烧产物中含有的氮的氧化物如 NO_2 等释放到空气里，遇雨水便生成相应的亚硫酸、硝酸，亚硫酸经氧化生成硫酸，是造成酸雨的原因之一。

酸雨的危害极大，它可以导致江湖水质、土壤等酸化，从而使生物死亡。还使金属锈蚀加快，建筑物、文物古迹受腐蚀损坏。据考察发现，北京故宫里的大理石、芦沟桥石狮等古建筑，近数十年来因腐蚀而受到的损失比前数百年还要严重。目前，防止酸雨的根本措施是减少废气的排放量。

作业 3

1.填空

（1）氢氧化钠又名_____、_____、_____，这是因为它有强烈的__。氢氧化钠必须密闭保存，因为它能吸收空气里的_____、并能跟空气里的_____起反应。

（2）长期存放石灰水的试剂瓶内壁常附有一层白膜，要洗去这层白膜最好的方法是_____（填序号）。

A.用水洗　　B.用氢氧化钠溶液洗

C.用盐酸洗　　D.先用盐酸荡洗后再用水冲洗

（3）下列各溶液中能跟石灰水反应，但没有明显现象的是_____（填序号）。

A.稀盐酸　　B.氯化铁溶液

C.硫酸铜溶液　　D.酚酞试液

（4）只用一种试剂就能方便地区分稀盐酸、食盐溶液、澄清石灰水。这种试剂是__（填序号）。

A.无色酚酞试液　　B.石蕊试液

C.氯化铁溶液　　D.氢氧化钠溶液

（5）三种无色溶液 A.蒸馏水、B.石灰水、C.稀盐酸，其 pH 值由小到大的排列顺序是____＜____＜____。

（6）下列物质溶于水形成的溶液，pH 值大于 7 的是____（填序号）。

A.二氧化碳　　B.二氧化硫

C.氧化钙　　D.氯化钠

（7）向盛有氢氧化钠溶液的锥形瓶里滴入几滴无色酚酞试液，溶液变成__色，此时溶液的 pH 值_____7（填大于或小于）。当逐滴向锥形瓶中滴入盐酸并振荡，至溶液刚巧褪色时，pH 值约为 8。继续滴入盐酸，溶液的 pH 值继续变_____（填大或小）。

2.完成下列化学方程式

（1）$Ca(OH)_2+CO_2$——

（2）$Fe(OH)_3+H_2SO_4$——

（3）$NaOH+CuCl_2$——

（4）$NaOH+SO_3$——

（5）$Ca(OH)_2+K_2CO_3$——

3.用三种简便的方法（每种方法只能用一种试剂）区别两瓶无色液体：澄清石灰水和蒸馏水。写出有关反应的化学方程式。

4.将 10 克氢氧化钠溶于 40 毫升水中（水的密度为 1 克/厘米 ^{3}）

（1）求溶液的质量百分比浓度。

（2）中和该溶液需 30%的硫酸溶液多少克？

5.生石灰是用石灰石（主要成分是 $CaCO_3$）在高温下分解而制得的。怎样用实验方法判断在生石灰中是否有未分解的石灰石？

6.有 A、B 两种溶液，A 溶液的 pH 值是 4.5，B 溶液的 pH 值是 9.5。取这两种溶液少许放入两支试管。如果分别滴入无色酚酞试液，有什么现象发生？如果分别滴入几滴紫色石蕊试液，有什么现象发生？若要 A 溶液 pH 值升高，B 溶液 pH 值降低，可以采用什么措施？

7.酸雨的降落，会使以大理石和石灰石为建筑材料的建筑物和雕像腐

蚀，想一想，为什么？以酸雨中的两种成分硫酸（由亚硫酸氧化而得）、硝酸为例，写出有关化学方程式。

【社会实践】

采集能反映当地水质的水样若干份，用 pH 试纸测定它们的 pH 值，并从酸碱度分析当地水环境的污染情况。

9.5 盐化学肥料

日常生活里人们说到盐，就是指食盐。但在化学上，凡电离时生成金属离子和酸根离子的化合物都叫做盐。因此食盐是盐，硫酸铜是盐，家里发面用的纯碱并不是碱而是盐。

食盐

食盐是氯化钠的俗名。纯净的食盐是一种无色的晶体，熔点高达 801℃，沸点是 1413℃，易溶于水，食盐的水溶液有咸味。

不纯净的家用食盐通常含有氯化镁等杂质，因而容易吸收空气中的水分而变潮。食盐主要来自海水，内陆有的地方用井水制盐，有的地方还有干涸的盐湖。我国有极为丰富的食盐资源。

氯化钠是生活必需品，是维持人体正常生理机能所不可缺少的物质，它在人体中的含量约为 0.66%。家庭中用它作调味品和配制副食品的防腐剂，医药上用它配制生理盐水，许多化学工业都用它作基本原料，如制盐酸、氢氧化钠、金属钠等。

【选学】食盐在人体中的作用

0.9%的氯化钠溶液中的钠离子跟人体内血浆中的钠离子浓度几乎相等，符合生理要求，所以称为生理盐水。如果人体由于腹泻、呕吐或大量出汗而失盐过多时，要注射生理盐水或服用盐开水，以补充体内适当的盐分。浓的食盐溶液会使水分从细胞渗出，使蛋白质凝固，所以有杀菌作用。人体内的氯化钠通过汗液、尿液和粪便等排出体外。如果事先收集一些汗液盛放在试管里，滴入几滴硝酸银溶液，可以观察到有乳白色的氯化银沉淀生成，反应的化学方程式如下：

$$NaCl + AgNO_3 === AgCl\downarrow + NaNO_3$$

每人每天都要摄取一定量的食盐以维持体内氯化钠的正常浓度，但食盐的摄入量要适度，通常情况下，一个成年人每天需要食盐 5～10 克，如果摄入过多，将产生血压升高等不良影响。对心脏病、肾病的患者，应当限制食盐摄入量。

纯碱

碳酸钠在工业上叫做纯碱，是化学工业的重要产品之一，广泛用于玻璃、制皂、造纸、纺织、洗涤剂等工业上。家庭里蒸馒头或洗涤衣物时常用到它。碳酸钠是一种白色粉末状物质，易溶于水，它的水溶液显碱性[①]。当它从溶液里结晶析出时，晶体里结合着一定数目的水分子，这样的水分子叫做结晶水。

[①] 碳酸钠是一种盐，但在水溶液中，它能跟水发生反应而生成很少量的氢氧化钠，使溶液显碱性，所以俗名叫纯碱。

碳酸钠晶体的化学式是 $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$。含有结晶水的物质叫做结晶水合物。计算结晶水合物的式量时要把结晶水的式量计算在内。例如：

$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ 的式量=23×2＋12＋16×3＋18×10=286

【实验与思考】

取一小块碳酸钠晶体放在表面皿上，过几天后，观察碳酸钠晶体有什么变化？

碳酸钠晶体在常温时放在干燥的空气里，能逐渐失去结晶水而成为粉末，这种现象叫做风化。

【实验与思考】

把少量盐酸滴入盛有少量碳酸钠的试管里，然后把燃着的火柴接近管口，观察发生的现象。

由以上实验可见，燃着的火柴熄灭。碳酸钠和碳酸钙相似，跟盐酸起反应也有二氧化碳气体生成，反应的化学方程式如下：

$$Na_2CO_3＋2HCl====2NaCl＋H_2O＋CO_2↑$$

组成里含有CO_3^{2-}离子的盐跟盐酸或其它一些酸起反应后都能生成二氧化碳，利用这种反应可以制备二氧化碳，也可以鉴别盐中是否含有CO_3^{2-}离子。

在自然界，某些盐湖里或碱性土壤里常含有碳酸钠，我国内蒙古自治区的某些盐湖里就出产天然碱（俗称口碱）。胆矾

【观察与思考】

观察胆矾的颜色和状态。

胆矾是含有结晶水的硫酸铜晶体，呈蓝色，它的化学式是 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$。

【实验与思考】

取少量研碎的胆矾晶体放入干燥的试管，按图 9－15 装置加热，观察现象。胆矾受热失去结晶水（注意：不是风化）得到无水硫酸铜，无水硫酸铜是一种白色粉末。反应的化学方程式是：

$$CuSO_4 \cdot 5H_2O \xrightarrow{\triangle} CuSO_4＋5H_2O$$

【实验与思考】

将上述实验所得到的无水硫酸铜倒入表面皿内，在它上面加几滴水，观察现象。无水硫酸铜与水又结合成胆矾。这个反应常用来检验液体中是否含有水分。反应的化学方程式是：

$$CuSO_4＋5H_2O＝CuSO_4 \cdot 5H_2O$$

【实验与思考】

把一锌片浸入盛有硫酸铜溶液的试管里，过一会取出，观察变化。

从实验可以看到，锌片表面覆盖着一层红色的铜，说明锌跟硫酸铜发生了置换反应。

$$CuSO_4＋Zn====ZnSO_4＋Cu$$

硫酸铜溶液还能跟金属活动性顺序表中氢前面的一些金属（除钾、钠、钙等外）如铁发生置换反应，生成相应的新盐和单质铜。

【实验与思考】

在盛有硫酸铜溶液的试管里滴入氢氧化钾溶液，观察现象。

实验表明，硫酸铜溶液能跟氢氧化钾溶液反应生成氢氧化铜沉淀和硫酸钾。

$$CuSO_4 + 2KOH = = = = Cu(OH)_2\downarrow + K_2SO_4$$

硫酸铜溶液还能跟其它一些可溶性碱如氢氧化钠、氢氧化钙等反应，生成氢氧化铜沉淀和相应的新盐。

【选学】　农药

农药是农用药剂的简称。凡是用于保护和提高农业、林业、畜牧业、渔业生产的药剂（除肥料外）都可以叫做农药。

根据防治对象的不同，农药大致可分为杀虫剂、杀菌剂、除草剂、杀鼠剂、植物生长调节剂等。

根据农药的原料来源可分为植物性农药（土农药）和化学农药。化学农药根据它们的成分可分为无机农药（如砷制剂、氟制剂、铜制剂等）和有机农药（如有机氯剂、有机磷剂、有机硫剂等）。

根据农药加工的剂型可分为粉剂、乳剂、烟剂、颗粒剂、熏蒸剂等等。

农药是我们跟危害农业的病、虫、鼠、杂草等进行斗争，保证农业丰收的有效武器。但它们本身却是有毒物质，有些对人、畜有很大毒性，因此，容易造成环境污染，危害生物，导致疾病。例如，前苏联曾培育出两种有名的瓜——查尔朱甜瓜和阿基特拉西瓜，就是因为受到农药的侵害，发出了苦味，甜瓜变成了苦瓜。因此，在传统农药使用了 40 年后的今天，科学家正在致力寻找生物制剂来取代传统的化学农药，以克服化学农药的弊端。例如科学家已研制出一种用蟹甲、虾甲培养的微生物，这种微生物可以有效地制服寄生在植物根部危害植物的线虫等等。总之，如何用自然力取代传统的化学农药，已是当今世界农药发展的趋势。

【家庭小实验】

自制波尔多液

在一个容器里（不要用铁制容器）加入约 1 克胆矾，再加水约 90 毫升，制成硫酸铜溶液。在另一容器里加入约 1 克生石灰，再加入少量水，使生石灰变成熟石灰，再加水到 10 毫升，配成石灰乳。将硫酸铜溶液慢慢倒入石灰乳中，同时用玻璃棒不断搅拌，即成波尔多液。

波尔多液可以用来防治农作物的稻热病、叶斑病等。

盐的性质

在常温下盐大都是晶体。不同种类的盐在水中的溶解性不同（参看附录 2）。现在简单地归纳一下盐类在水溶液里所表现的一些化学性质。

1.盐跟某些金属的反应

【实验与思考】

（1）在盛有 $CuCl_2$ 溶液的试管里浸入一根铝丝，过一会取出，观察有什么变化。

（2）取光亮的铜片一长条，插入 $Hg(NO_3)_2$ 的溶液中，数秒钟后将铜片取出、冲洗、用滤纸吸干，观察变化。

（3）在盛有硫酸锌溶液的试管里浸入一根铜丝，过一会儿观察有什么变化。

从以上实验知道，铝能把铜从铜盐溶液里置换出来，铜能把汞从汞盐溶

液里置换出来，但铜不能把锌从锌盐溶液里置换出来。由此可见，金属与盐反应跟金属与酸的反应一样，一般只有排在金属活动性顺序表前面的金属，才能把排在后面的金属从它们的盐溶液里置换出来，一般生成另一种盐和另一种金属。反应可用文字式表达为：

盐＋金属→新盐＋新金属

2.盐跟酸的反应

盐跟酸起反应，一般生成另一种盐和另一种酸。用文字式表达为：

盐＋酸→新盐＋新酸

例如

$BaCl_2+H_2SO_4====BaSO_4\downarrow+2HCl$

$$Na_2CO_3+H_2SO_4(\text{稀})===Na_2SO_4+H_2CO_3$$
$$\hookrightarrow H_2O+CO_2\uparrow$$

3.盐跟碱的反应

盐溶液跟碱溶液起反应，一般生成另一种盐和另一种碱。用文字式表达为：

盐＋碱→新盐＋新碱

例如　$Na_2CO_3+Ca(OH)_2====CaCO_3\downarrow+2NaOH$

$FeCl_3+3NaOH===3NaCl+Fe(OH)_3\downarrow$

4.盐跟另一种盐的反应

两种盐溶液起复分解反应一般生成另外两种盐。用文字式表达为：

盐＋盐→两种新盐

例如　$AgNO_3+NaCl====AgCl\downarrow+NaNO_3$

$BaCl_2+Na2SO_4===BaSO_4\downarrow+2NaCl$

以上四条，既表明了盐能跟金属、碱、酸、盐等类物质反应的性质，又反映了盐跟其它各类物质之间的关系。这种关系可以用图 9－16 给以描述。

复分解反应发生的条件

以上所学习过的盐跟酸、盐跟碱、盐跟盐以及酸跟碱之间的反应都属于复分解反应。那么是否所有这些物质之间都能发生复分解反应呢？

根据实验的结果表明，酸、碱、盐之间有的能发生复分解反应，有的就不能发生。进一步研究证明，两种化合物在溶液中相互交换成分，若生成物里有沉淀析出或有气体放出，或有水生成，那末复分解反应就可以发生，否则就不能发生。例如

$KCl+AgNO_3===KNO_3+AgCl\downarrow$

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

$NaOH+HCl====NaCl+H_2O$

以上这些复分解反应都可以发生。

如果把 NaCl 稀溶液和 KNO_3 稀溶液混和在一起，既没有沉淀析出，也没有气体放出或水生成，通常就认为并没有发生复分解反应。

【思考与练习】

下列物质间能不能发生复分解反应？如能发生反应，写出反应的化学方程式。

1.盐酸溶液和氢氧化钙溶液

2.氯化钠溶液和硝酸钾溶液

3.硫酸铜溶液和氯化钡溶液

4.碳酸钾溶液和盐酸

酸、碱、盐在水中是否溶解，对判断复分解反应能否发生是非常重要的。一般说来钠盐、钾盐、铵盐、硝酸盐都是可溶的；氯化物中除氯化银、氯化亚汞难溶外，多数是可溶的；硫酸盐中除硫酸钡难溶，硫酸银、硫酸钙微溶外，其余多数是可溶的。（见第 208 页溶解性表）

盐的命名

根据组成不同，可以从不同角度给盐类分类。我们已经学习过的只是由金属阳离子和酸根组成的一类盐，例如 $NaCl$、Na_2CO_3、$CuSO_4$ 等等。其中无氧酸盐的命名是在非金属元素和金属元素名称中间加一“化”字，叫做“某化某”，如 $NaCl$ 叫做氯化钠，K_2S 叫做硫化钾等等。含氧酸盐的命名是在酸的名称后面加上金属的名称，叫做“某酸某”，如 Na_2CO_3 叫做碳酸钠，$CuSO_4$ 叫做硫酸铜。

如果一种金属元素具有多种化合价，对于低化合价金属元素的盐的命名，常在金属名称的前面加个“亚”字。例如，$Fe_2(SO_4)_3$ 叫做硫酸铁，$FeSO_4$ 叫做硫酸亚铁；$CuCl_2$ 叫做氯化铜，$CuCl$ 叫做氯化亚铜。

对于含有相同酸根离子或相同金属离子的盐，常给它们一个统称。例如，含有 SO_4^{2-} 的盐如 Na_2SO_4、$MgSO_4$ 等统称硫酸盐，含有 K^+ 的盐如 KCl、K_2SO_4 等，统称钾盐。

【思考与练习】

读出下列盐的名称

$BaCl_2$　　$NaNO_3$　$Cu(NO_3)_2$

写出三种盐酸盐、三种碳酸盐的化学式，并加以命名。

化学肥料

从植物学的学习中，我们已知道农作物的正常生长发育和开花结果，除了需要一定的光照、水分、空气、温度条件外，还需要从外界吸收各种营养元素作为养料。有好多种盐类含有农作物所需的营养元素，因而在农业上被大量地用作化学肥料。化学肥料简称化肥，是用矿物、空气、水等作原料，经过化学加工制成的。

表 9－3 农作物体内主要营养元素的大致含量和来源

营养元素	占农作物干重(%)	来源
C	45.0	空气和水
O	43.0	
H	6.5	
N	2.0	从土壤中吸收或利用空气中的氮
K	1.5	从土壤中吸收
Ca	0.6	
P	0.5	
S	0.5	
Mg	0.3	
Mn	0.05	

续表

营养元素	占农作物干重（%）	来源
Fe	0.02	从土壤中吸收
Zn	0.01	
B	0.005	
Cu	0.001	
Mo	0.0001	
Cl	痕迹	
Co	痕迹	
总计	99.986	

农作物生长所需的化学元素主要有碳、氢、氧、氮、磷、钙、钾、镁、硫、锰、铁、锌、硼、铜、钼等十几种。硼、锰、铜、锌、钼等元素，农作物所需量很小，称为微量元素。这些元素必须及时得到补充，才能使农作物正常发育生长。其中有些元素来源比较丰富，如碳、氢、氧三种元素在空气和水中大量存在，容易满足农作物的需要，但有些元素如氮、磷、钾三种元素在一般土壤中的含量远不能满足农作物的需要，需要从外界补充，这就要施肥。肥料有两类，一类是农家肥料[①]，如厩肥、人粪尿、绿肥等，一类就是用化学方法制成的化肥。化肥的种类很多，主要有以下几类。

1.氮肥

氮是农作物体内蛋白质、核酸和叶绿素的主要成分，氮肥能促使农作物的茎、叶生长茂盛，叶色浓绿。目前农村常用的氮肥有硫酸铵［$(NH_4)_2SO_4$］、硝酸铵（NH_4NO_3）、碳酸氢铵（NH_4HCO_3）、氯化铵（NH_4Cl）、氨水（$NH_3 \cdot H_2O$）和尿素［$CO(NH_2)_2$］等。

2.磷肥

[①] 除化学肥料外，我国农村还大量使用农家肥料（如厩肥、人粪尿、绿肥等）。农家肥料跟化学肥料相比，常含多种营养元素，但含量较少；一般较难溶于水，经腐熟后逐步溶于水；肥效较慢但持久；可以就地取材，成本低廉；能改良土壤结构。

磷肥能促进农作物根系发达，增强抗寒抗旱能力，还能促进农作物提早成熟，穗粒增多，籽粒饱满。常用的化学磷肥的成分是磷酸盐，如磷矿粉（主要成分是磷酸钙）、钙镁磷肥（主要成分是磷酸钙和磷酸镁）、过磷酸钙（主要成分是磷酸二氢钙和硫酸钙）、重过磷酸钙（主要成分是磷酸二氢钙）等。

3.钾肥

钾肥能促使农作物生长健壮，茎秆粗硬，增强对病虫害和倒伏的抵抗能力，并能促进糖分和淀粉的生成。常用的化学钾肥有硫酸钾（K_2SO_4）、氯化钾（KCl）等。

4.复合肥料

复合肥料是含有两种或两种以上营养元素的化肥，如磷酸二氢铵（$NH_4H_2PO_4$）、磷酸氢二铵［（NH4）$2HPO_4$］、硝酸钾（KNO_3）、磷酸二氢钾（KH_2PO_4）等。

5.微量元素肥料

主要有硼肥、锰肥、铜肥、锌肥、钼肥等。它们的施用量很少，但植物缺乏这些微量元素，就会影响生长发育，减弱抗病能力。

化肥的合理施用

化肥的施用必须合理，才能有利于农作物生长，提高经济效益。化肥的施用需要考虑多种因素，例如，化肥的性能、不同的农作物及其不同生长期的不同需要、土壤的性能等。这将涉及到气象、地理、生物等多方面的知识，而了解化肥的化学特性也是一个重要方面。

【实验与思考】

往试管里放入少量碳酸氢铵，在酒精灯上微微加热，嗅一嗅有什么气味。用湿润的无色酚酞试纸接近试管口，看到什么现象？

实验表明，碳酸氢铵不稳定，在温度稍高的条件下很易分解，得到有刺激气味的氨（NH_3）以及二氧化碳和水。氨的水溶液也是一种碱，能使无色酚酞试纸变红。反应的化学方程式如下：

$$NH_4HCO_3 \xrightarrow{\triangle} NH_3\uparrow + CO_2\uparrow + H_2O$$

因此，当用碳酸氢铵作氮肥时，最好把它制成粒状，并深施到土层中（5厘米以下），这样可以减少碳酸氢铵的分解，提高利用率。

化肥施用是否合理与使用者的科学素养有关。科学地施用，可以使化肥的利用率提高到70%～80%以上。

我国的化肥产量，1985年已居世界第三位，1992年的年产量达2099万吨。

【选学】常用化肥简介

1.氨水、铵盐

氨水是氨（NH_3）的水溶液，以一水合氨形式表示：$NH_3 \cdot H_2O$。

市售氨水是浓度为20%左右、含氮量大约在15%～17%的无色液体，易挥发，有强刺激性气味。氨水对多种金属有腐蚀作用，能“烧伤”农作物和人的皮肤，刺激人的眼、鼻和喉的粘膜，施用时必须加水稀释。

氨水是一种速效肥料，能很快被农作物吸收，不留残余物，不会污染土壤。

为克服氨水易挥发、呈液态难运输的缺点，工业上利用酸跟氨起反应，制成固态铵盐用作肥料，例如：

$NH_3+H_2O+CO_2===NH_4HCO_3$　　NH_4HCO_3　　俗称碳铵

$NH_3+HNO_3===NH_4NO_3$　　NH_4NO_3　　俗称硝铵

$2NH_3+H_2SO_4===(NH_4)_2SO_4$　　$(NH_4)_2SO_4$　　俗称硫铵

$NH_3+HCl===NH_4Cl$

以上生成的四种铵盐都是白色晶体，易溶于水。贮存和施用铵肥时不要跟石灰、草木灰等碱性物质混合。这是因为铵盐能与碱反应，生成氨气散失到空气中使肥效丧失。例如：

$$(NH_4)_2SO_4+Ca(OH)_2===CaSO_4+2H_2O+2NH_3\uparrow$$

2.尿素

尿素的化学式是 $CO(NH_2)_2$，为白色针状、菱状晶体，常制成颗料状，含氮量约 46%，为含氮量很高的氮肥。将其施入土壤后能缓慢地被农作物吸收，肥效比较持久，对土壤又没有不良影响，是一种优良的氮肥。

3.过磷酸钙

过磷酸钙是常用的化学磷肥，俗称普钙。它是用适量硫酸跟粉碎后的磷矿石［主要成分 $Ca_3(PO_4)_2$］反应制得的。

$$Ca_3(PO_4)_2+2H_2SO_4===\underbrace{Ca(H_2PO_4)_2}_{\text{过磷酸钙}}+2CaSO_4$$

经过上述反应，难溶的 $Ca_3(PO_4)_2$ 转变为可溶性的 $Ca(H_2PO_4)_2$（叫做磷酸二氢钙），容易被植物吸收。还有一种磷肥叫重过磷酸钙，是用磷酸与磷矿粉作用而得的磷酸二氢钙。反应方程式如下：

$$Ca_3(PO_4)_2+4H_3PO_4===3Ca(H_2PO_4)_2$$

过磷酸钙、重过磷酸钙也不能跟石灰、草木灰混合施用。

4.氯化钾、硫酸钾、草木灰

草木灰的主要成分是碳酸钾。

氯化钾、硫酸钾、碳酸钾都是易溶于水的白色晶体。它们都是很好的钾肥。

作业 4

1.填空

（1）粗盐在空气里容易变潮是因为其中含有_____、_____等杂质。

（2）胆矾的化学式是_____，它是_____色的晶体，把它放在蒸发皿中加热后变成_____。

（3）_____、_____等都是硝酸盐；_____、_____等都是钙盐。

（4）_____盐、_____盐、_____盐等盐类易溶于水；_____盐、_____盐等盐类大多不溶于水。

（5）常用的含氮化肥有_____、_____、_____，常用的磷肥有_____、_____、_____，常用的钾肥有_____、_____。

2.计算下列物质的式量

（1）$FeSO_4\cdot 7H_2O$　　（2）$CaSO_4\cdot 2H_2O$

（3）$CaCl_2\cdot 6H_2O$　　（4）$KAl(SO_4)_2\cdot 12H_2O$

3.有 6 种试剂：$Fe(OH)_3$、NaOH、H_2SO_4、$CaCO_3$、Na_2CO_3、CuO，写出两两相互反应的化学方程式。

4.有一不纯的硫酸铵样品，经分析知道它含 20%的氮（杂质不含氮），求样品里含 $(NH_4)_2SO_4$ 的百分率。

5.下表列出的是食盐和纯碱晶体在不同温度下的溶解度

溶解度 / 温度 / 物质	0℃	10℃	20℃	30℃
NaCl	35.7	35.8	36.0	36.3
$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$	7	12.5	21.5	38.8a

试据此设计一种方法从食盐和纯碱晶体的混合物中分离食盐和纯碱。

6.用实验方法证明 $KClO_3$ 中含有 Cl、O 两种元素，写出实验步骤及化学方程式。

9.6 单质、氧化物、酸、碱、盐的相互关系

通过以上学习，我们已初步认识到，各类无机化合物之间是互相联系的。现在把单质、氧化物、酸、碱、盐各类物质的相互关系用图 9－17 简单地总结一下。

各类物质间的相互关系

由图 9－17 可以看出，各类物质之间的关系大体上可分为三个系列：一是从金属到盐和从非金属到盐的四个纵列关系；二是金属和非金属、酸性氧化物和碱性
氧化物、碱和酸、盐和盐四对横行关系；三是酸性氧化物或碱性氧化物和碱或酸、盐和酸或碱的四个对角交叉关系。

1.四个纵列关系

（1）金属→碱性氧化物→碱→盐

【实验与思考】

切一小片金属钠，放入蒸发皿中，注意金属钠表面的颜色变化，在酒精灯上微热，直到变为白色粉末。滴入水，观察溶解情况。滴入几滴无色酚酞试液，观察颜色变化。然后滴加盐酸，用玻璃棒搅拌，直到溶液变为无色为止。

【思考与练习】

试写出以上实验过程中有关反应的化学方程式，并用化学式填充图 9－18 中的空白圆圈。

以上实验表明了由金属（Na）→碱性氧化物（Na_2O）→碱（NaOH）→盐（NaCl）的衍生关系。当然，实现这个变化过程，就具体物质而言，是需要一定条件的，如由 $Na \rightarrow Na_2O$ 必须要有氧参加。又如要想直接由碱性氧化物与水化合制取碱，一般说来，只有可溶性的碱如 NaOH、KOH、$Ca(OH)_2$ 等才能由相应的碱性氧化物 Na_2O、K_2O、CaO 等直接与水化合来制取。

$$Na_2O + H_2O = 2NaOH$$

$$K_2O + H_2O = 2KOH$$

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$$

不溶性碱如 $Fe(OH)_2$、$Cu(OH)_2$ 则不能由它的对应碱性氧化物 FeO、CuO 直接与水化合来制取，而要用下面将要讨论的对角交叉关系中的可溶性盐如 $FeCl_2$、$CuSO_4$ 等跟可溶性碱如 KOH 等反应来制取。

$$FeCl_2+2KOH====Fe(OH)_2\downarrow+2KCl$$

$$CuSO_4+2KOH====K_2SO_4+Cu(OH)_2\downarrow$$

（2）非金属→酸性氧化物→酸→盐

【实验与思考】

用燃烧匙盛一小块木炭在酒精灯上点燃，放入盛有氧气的集气瓶，观察现象。待木炭熄灭后，加入紫色石蕊试液，盖上玻璃片振荡，观察溶液颜色变化。再加入少量澄清石灰水，振荡，观察变化。

【思考与练习】

试写出以上实验过程中有关化学方程式，并用化学式填充图 9－19 中的圆圈。

以上实验表明了由非金属（C）→酸性氧化物（CO_2）→酸（H_2CO_3）→盐（$CaCO_3$）的衍生关系。实现这个变化过程，也是需要一定条件的。一般说来，可溶性酸才有可能用对应的酸性氧化物跟水直接化合制得。

（3）金属＋酸→盐＋氢气

例如 $Zn+H_2SO_4===ZnSO_4+H_2\uparrow$

（4）金属＋盐→新盐＋新金属

例如 $Fe+CuSO_4===FeSO_4+Cu$

（3）（4）两个纵列的反应属于置换反应。当然也是有条件的，一般来说，只有金属活动性顺序中氢以前的金属才能从酸溶液中置换出氢；只有较活泼的金属才能从盐溶液中置换出较不活泼的金属。

2.四对横行关系

（1）金属与非金属的反应

【实验与思考】

取废热水瓶胆碎片一块，放在酒精灯上加热片刻，然后离开火焰，用棉花或毛笔蘸少许硫粉，在镀银的一面轻轻擦抹，观察变化。

实验表明，银能跟硫反应生成硫化银（无氧酸盐）

$$2Ag+S\xlongequal{\triangle}Ag_2S$$

（2）酸性氧化物与碱性氧化物的反应

例如把加热过的 MgO 粉末撒入盛有 SO_3 的干燥烧瓶，能发生发光发热的剧烈反应。这个反应的化学方程式是：

$$MgO+SO_3===MgSO_4$$

（3）碱与酸的反应

例如 $Mg(OH)_2+H_2SO_4===MgSO_4+2H_2O$

（4）盐与盐的反应

例如 $Ba(NO_3)_2+Na_2SO_4===BaSO_4\downarrow+2NaNO_3$

3.四组对角交叉关系

（1）碱性氧化物与酸反应

例如 $CaO+2HCl===CaCl_2+H_2O$

（2）酸性氧化物与碱反应

例如　$SO_3+2NaOH===Na_2SO_4+H_2O$

（3）碱与盐反应

例如　$CuCl_2+2NaOH===Cu(OH)_2\downarrow+2NaCl$

（4）酸与盐反应

例如　$BaCl_2+H_2SO_4===BaSO_4\downarrow+2HCl$

【问题讨论】

碱—酸，盐—盐，碱—盐，酸—盐四组反应属于基本反应类型中的哪一类？这类反应的发生需要什么条件？

怎样推测物质的可能性质

根据图 9－17 所揭示的反应规律可以推测某种物质的可能性质。例如，生石灰（CaO）属于碱性氧化物，可能具有的性质是（1）能跟酸性氧化物起反应生成盐；（2）能跟酸起反应生成盐和水；（3）能跟水反应生成碱。实验证明，生石灰可以发生如下反应：

$$CaO+CO_2===CaCO_3$$

$$CaO+2HCl===CaCl_2+H_2O$$

$$CaO+H_2O===Ca(OH)_2$$

制取某种物质的可能途径

根据图 9－17 所揭示的反应规律，还可以预测制取某种物质的可能途径。例如，NaOH 属于碱类。根据图 9－17 可知，制取碱有两种可能途径：（1）用碱性氧化物跟水直接反应；（2）盐跟碱反应。实验证明，用 Na_2O 跟水直接反应可以制取 NaOH：

$$Na_2O+H_2O====2NaOH$$

生产上，用氢氧化钙跟碳酸钠反应也可以制得 NaOH：

$$Ca(OH)_2+Na_2CO_3===CaCO_3\downarrow+2NaOH$$

通过以上学习，我们对单质、氧化物、酸、碱、盐各类物质之间相互关系的一些规律有了初步了解。这有助于我们掌握知识体系，正确书写化学反应方程式等。但这些规律仅仅是初步的，物质之间的反应和相互关系比较复杂，所以，我们切不可凭借所学过的这些知识任意扩展。判断一个反应能否发生，最终必须以事实为依据，这些事实可以通过实验或查阅文献资料等而得知。

【问题讨论】

举出五种制备硫酸锌的可能方法。

作业 5

1.完成下列化学反应方程式

（1）Zn＋（　　）——Cu＋（　　）

（2）NaOH＋（　　）——$Cu(OH)_2$＋（　　）

（3）CuO＋（　　）——$CuSO_4$＋（　　）

（4）（　　）＋H_2SO_4——H_2＋（　　）

（5）（　　）＋HCl——（　　）＋CO_2＋H_2O

（6）（　　）＋H_3PO_4——$Ca_3(PO_4)_2$＋（　　）

2.在氧化镁、三氧化硫、盐酸、熟石灰等四种物质里，哪两种物质放在一起会发生反应？写出反应的化学方程式。

3.举出五种制备氯化镁的方法。

4.要制取 8 千克 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$，需用 CuO 和 20%的 H_2SO_4 溶液多少千克？

5.把足量的稀硫酸倒入盛有少量锌粉、铜粉、氧化锌、氧化铜的混合物的试管中，加热，待完全反应后过滤，滤纸上剩下什么物质？滤液里有什么物质？为什么？写出有关化学方程式。

6.现有五种物质：石灰石、锌、碱式碳酸铜、盐酸、水。请你在上述五种物质中选取适当的物质完成下列要求，并写出有关化学方程式。（1）制取消石灰（2）制取氯化铜（3）制取氧化铜（4）制取单质铜

（5）制取氢氧化铜

7.将足量盐酸滴加到 100 克 $BaCO_3$、$BaSO_4$ 的混合物中，直至 CO_2 全部逸出为止，蒸干后，固体质量为 102.2 克，求原混合物中 $BaCO_3$ 的百分含量。

【选学】 氧化物与高科技

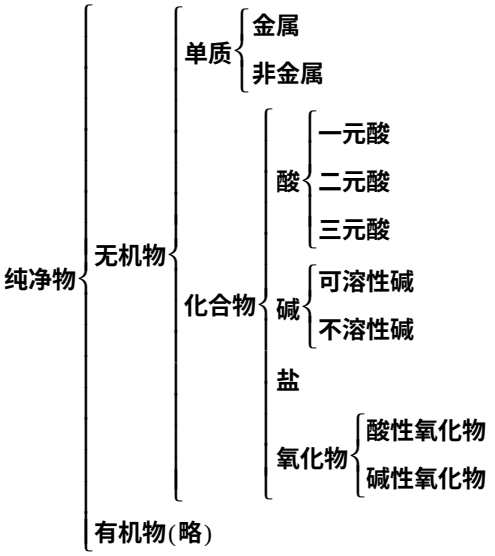
我们知道，氧化物是这个多彩物质世界的重要成员，无论是大气中的二氧化碳，组成地壳的二氧化硅（SiO_2）和三氧化铝（Al_2O_3），画画用的颜料如锌白（ZnO）、铬绿（Cr_2O_3）、铁红（Fe_2O_3）以及建筑用的生石灰（CaO）等等都是组成物质世界不可缺少的材料。

随着人们对氧化物认识的逐步深入，在当今高科技领域，氧化物也开始发挥越来越重要的作用。例如，科学家发现，二氧化碳在气液二相共存的超临界状态，在一定的温度和压强下，可以代替有机溶剂，进行油漆喷洒，从而解决了长期以来油漆喷洒过程中有机溶剂所引起的污染问题。又如用氧化物为主而制成的高科技产品耐磨陶瓷发动机，不需要润滑与冷却，从而极大地提高了机械效率，基本实现了物理学家多少年来“机械无摩擦”的设想。近年来，全世界掀起了一股“超导热”，各国竞相研制高温超导体。氧化铜是目前超导体基质材料之一。超导体在一定的温度条件下，电阻会完全消失。如果用超导体代替目前的输电线路，可以实现远程无能耗输电，从而产生极大的经济效益。超导体的研制成功无疑将引起一场新的技术革命。我国在超导材料的研究方面已进入世界先进行列。

复习与练习

一、整理知识

1.物质的简单分类



上列各类物质相互关系的初步知识。

2.复分解反应

由两种化合物互相交换成分生成另外两种化合物的反应，叫做复分解反应。

溶液中复分解反应发生的条件是：有沉淀生成或有气体放出，或有水生成。

3.化学反应的四种基本类型

（1）化合反应　　A＋B＋…→AB…（反应物可以是两种以上）

（2）分解反应　　AB…→A＋B＋…（生成物可以是两种以上）

（3）置换反应　　A＋BC→AC＋B

（4）复分解反应　　AB＋CD→AD＋CB

4.金属活动性顺序及其应用

在金属活动性顺序中，金属的位置越靠前，它的活动性就越强。

在金属活动性顺序里，排在氢前面的金属能置换出酸里的氢；排在前面的金属一般能够把排在后面的金属从它们的盐溶液里置换出来。

5.溶液酸碱度的表示法——pH 值

溶液的 pH 值等于 7 为中性，pH 值小于 7 为酸性，pH 值大于 7 为碱性。

6.化学肥料

多数化肥产品属于盐类，常用的化肥是含氮、磷、钾三种元素的化肥，此外还有复合肥料和微量元素肥料。化肥只有合理施用才能提高化肥的利用率，降低生产成本，增加效益。

二、练习题

1.填空

（1）盐酸的 pH 值_____7，氢氧化钠溶液的 pH 值_____7。把氢氧化钠溶液滴入盐酸中，盐酸的 pH 值_____。

（2）CO2 通入石灰水中，生成_____和_____，CO_2 是_____氧化物。

（3）生石灰跟盐酸起反应，生成_____和_____，生石灰是_____氧化物。

（4）在金属活动性顺序中，铝排在铜的_____，因此铝的活动性比铜_____，铝能置换酸中的氢而铜则_____。

（5）按照物质分类，锌属_____，生石灰属_____，五氧化二磷属_____，

烧碱属_____，胆矾属_____。

2.将正确答案的序号填在题后的括号里

（1）同质量的下列物质与足量盐酸混和，发生反应，产生气体质量最大的是 [ ]

A.锌　　B.铜

C.碳酸铁　　D.铁

（2）在通常条件下，下列物质中，可以用金属跟稀盐酸直接反应制得的是 [ ]

A.$CuCl_2$　　B.AgCl

C.$HgCl_2$　　D.$FeCl_2$

（3）有两片质量相等的锌片，使其中一片跟足量的稀硫酸起反应，另一片先煅烧成氧化锌，然后也跟足量的稀硫酸起反应。用两种方法制得的硫酸锌的质量 [ ]

A.第一种方法制得的硫酸锌的质量大

B.相等

C.第二种方法制得的硫酸锌的质量大

D.无法比较

（4）有一种盐酸盐，通过实验分析含氯 47.65%，这种物质是 [ ]

A.NaCl　　B.KCl　　C.$CaCl_2$　　D.$MgCl_2$

（5）下列说法中正确的是 [ ]

A.在 pH 值为 10 的溶液中，加入无色酚酞溶液后不变色

B.食盐溶液能够导电是由于电流通过溶液时，产生了自由移动的钠离子和氯离子

C.化合物电离产生的阳离子数目和阴离子数目一定相等

D.碱具有通性的原因是由于各种碱在水溶液里能电离出 OH^- 离子的缘故

3.完成下列反应的化学方程式，并注明反应类型

（1）$Mg+O_2$——

（2）$Mg+HCl$——

（3）$MgO+H_2SO_4$——

（4）$Mg(OH)_2+HNO_3$——

（5）$Mg+CuCl_2$——

（6）$MgSO_4+BaCl_2$——

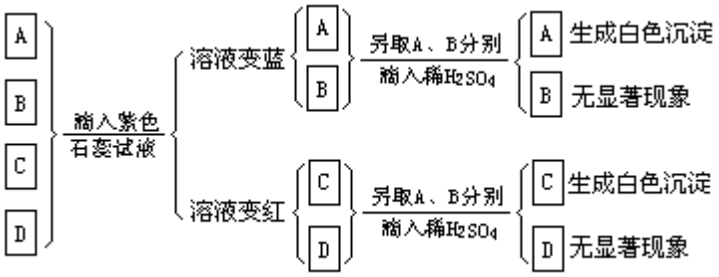
（7）$MgCl_2+NaOH$——

4.写出下面一系列物质变化的化学方程式

(1)$Cu\rightarrow CuO\rightarrow CuSO_4\rightarrow Cu(OH)_2\rightarrow CuSO_4\rightarrow Cu$

(2)$C\rightarrow CO_2\rightarrow CaCO_3\rightarrow CaO\rightarrow Ca(OH)_2\rightarrow CaCl_2$

5.有 4 瓶无色溶液 A、B、C、D，分别是盐酸、硝酸、氢氧化钠溶液和氢氧化钡溶液：



A、B、C、D 分别是什么溶液，写出有关化学方程式。

6.用化学方法解决下列问题，并写出有关化学方程式。

（1）盐酸中是否含有硫酸？

（2）烧碱中是否含有消石灰？

7.计算

（1）现有浓度为 98%、密度为 1.84 克/厘米 ^{3} 的浓硫酸，要配制 500 克 20%硫酸，需用浓硫酸和水各多少毫升？怎样操作？

（2）向 5 克食盐水中滴入硝酸银溶液到不再产生沉淀为止。把得到的 AgCl 沉淀充分干燥后称量，质量为 0.1 克。求这种食盐水的百分比浓度。

（3）某校办厂用废铁屑跟废硫酸反应来制取硫酸亚铁，现用废硫酸 9.8 吨（含纯硫酸 20%）跟足量的废铁屑反应（杂质不与铁屑反应生成 $FeSO_4$）。问最多可生产 $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 多少吨？

【选学】　化学的今天和明天

化学的内容像浩瀚的大海，我们从初中化学中所学到的只是“沧海一粟”。然而通过这些最初步、最基本的化学知识，已经可以体验到现代化学正在帮助人们解决工业、农业、交通、环境保护、医疗保健、能源以及衣、食、住等方面面临的问题。学习化学、研究化学、应用化学、发展化学已经成为人类社会发展必不可少的重要方面。下面我们仅从几个侧面来看一看化学的今天和明天。

研制新材料

技术的发展离不开材料。对于材料，过去都是先研究它们的性质，再根据性质来确定它们的用途，尽可能做到物尽其用。现在，随着科学技术的进步，要求根据实际需要先提出材料应具有的性质，然后研究制备出能满足这些性能的材料。就是说，现在要求人们能够根据化学所提供的大量信息，像设计、建筑房屋那样，设计并选择出最佳路线，制备出具有指定结构和性能的新材料来。例如，现在已经有设计新型塑料、化纤、橡胶等的“高分子设计”；寻找新药物的“药物设计”；制作新型催化剂的“催化剂设计”以及“农药设计”和“合金设计”等等。目前这些工作虽然都是初步的，但是却展示了化学合成工作的新前景。

所谓新材料，指的是那些新发展或正在发展的、具有优异性能的结构材料和具有特殊性能的功能材料。例如，计算机技术用的半导体超纯材料、信息记录材料；无线电技术用的人工晶体材料；激光技术用的光存储材料；光纤通信用的光导纤维材料；遥感技术用的传感功能材料；新能源中用的超导材料、太阳能电池材料、储氢材料；生物工程用的人工器官材料等等。这些材料各具独特的优越性能。例如，有一种叫做形状记忆合金的材料，是在某

个温度值下能够恢复原形的金属，利用它制造的汽车外壳，即使被撞瘪，只要浇上热水，车体就会恢复原形。这种合金还具有超弹性，能像橡皮那样弯曲、伸缩。又如，用有机纤维和合成树脂的结合物在特定条件下碳化而成的碳纤维，它的强度比钢大，密度比铝小，耐腐蚀性比不锈钢强，耐热性比耐热钢好，又能导电，是一种具有许多宝贵的电学、热学和力学性能的新颖材料。用碳纤维或碳纤维增强的塑料、玻璃、陶瓷和金属等材料来代替金属或合金，在化工、机电、造船，特别是飞机制造和宇航器材等部门中有着广泛的应用。

开发新能源

随着社会生产的发展和人类生活水平的不断提高，人类对于能源的需求量越来越大，而煤和石油等矿物能源因被大量消耗渐近枯竭，同时矿物燃料在燃烧过程中产生的大量废气和烟尘会对环境造成污染。这样，提高现有能源的利用率并减少污染、探索和开辟新能源就成了人类社会急待解决的新问题。所谓新能源，指的是那些已被人类发现、具有优越性能、但目前尚未广泛开发和利用的能源，如核能、太阳能、海洋能、地热能、生物能，以及前面曾经讲到过的利用太阳能制得的氢能等等。

以太阳能为例，它和常规能源相比，具有成本低、无污染、潜在量极大、无需运输等许多优点。目前化学上利用太阳能主要有两种方式，一是传热式，像太阳能热水器、太阳灶等就是以这种方式利用太阳能的装置；二是发电式，这种方式主要是通过光电池将太阳能直接转化成电能或化学能，这种方式具有许多优点，但目前的问题是电极材料还不理想，转换率还不高，有待进一步开发。科学家们正设想在太空建立太阳能卫星电站，用宇宙的太阳能发电，再将所得电能用微波传送到地面上供人们利用。

探索新流程

化学的任务之一，就是把自然界普遍存在的廉价原料转变为有用的产品。能以经济上合理的规模进行由原料到产品的化学转变过程，就是一种化学工艺流程或化学流程。充分利用原料、节省能源、降低成本、提高效益、减少废料、加强环境保护、经常提供新产品等化工生产目标的实现，都依赖于化学流程的发展和更新。目前，新流程的研究前沿是以催化剂领域为基础的。例如：

（1）由半导体材料制成的化学电池，吸收光后，由于光催化作用引起电极与溶液界面上发生氧化还原反应。据此，人们正在探索，由太阳能诱发光催化反应，把水分解成氢气和氧气，用以作为燃料的化学流程。

（2）有许多化学反应在常温条件下进行得很慢，如果用提高温度来加快反应速度，既要消耗能源，又会产生副反应，在这种情况下常常选用酶催化。但是，天然酶很少能适应大规模工业生产的要求，所以人们正在探索人工酶催化的新流程。

不断探索新课题化学要不断为满足人类日益增长的各种需求探索新课题和攻克新的科学堡垒，例如：

（1）为了改善人类生活的环境，消除汽车排放物

对空气造成的严重污染，化学家研制了一种用铂基催化剂充填的催化转化器，这种装置能使燃料完全燃烧，大大减少了一氧化碳和碳氢化合物的产生。但是，这种催化剂的价格昂贵而且只适于用无铅汽油的汽车，所以不能普遍推广。目前人们正在加倍努力寻求普遍适用的新催化剂。

（2）科学家们在经过多年研究，搞清楚了根瘤菌固氮酶是一种含铁和钼的蛋白质络合物之后，又经多年探索，现在已经能用人工合成的、模拟生物固氮的钼络合物为催化剂，在常温常压下把氮转化为氨，转化率高达 90%。这种成果一旦投入工业生产，将彻底改变化肥生产的面貌，对增产粮食发挥巨大的作用。

（3）人们还在设想用人工合成叶绿素和酶来进行光合作用。这样，只要利用大气和水等就可以生产出大量的糖、淀粉、脂肪和蛋白质，从而摆脱人类单纯依靠大自然以及农业供应食物的局面。

（4）随着科学技术的进步，研制抗衰老药物、防治癌症和艾滋病的药物等各种卫生保健品的工作，正在日新月异地取得突破性的成果。

（5）随着人类社会的发展，陆地资源已面临枯竭。包括化学在内的科学技术，正在引导和帮助人们向开发海洋资源和宇宙资源进军。海洋水体及底部的资源是很丰富的。例如，已经发现海底石油蕴藏量约 218 亿吨，天然气储量约 139.264 亿立方米；还有一种叫做锰结核的矿体，其中含有锰、铜、钴、镍、锆、铁等 20 多种有用元素，估计总储量约为 3 万亿吨，而且正以每年约 1 千万吨的速率继续生长着，如能合理开发，可供人类使用 24000 年以上。全世界 13 亿立方公里的海水中还溶有多种化学物质，其总量达 5×10^{16} 吨，其中有黄金 600 万吨，白银 5000 万吨，铀若干亿吨。

总之，现代化学的发展，涉及广泛的领域和内容，有着广阔的前景。

总复习题

1.填空

（1）盛放石灰水的瓶中常形成一层不溶于水的白色固体，它是____，化学式为____；用____可以将这种固体除去，主要反应的化学方程式为____。

（2）胆矾晶体中结晶水的质量百分含量为____，把 25 克胆矾溶于 75 克水中所得溶液的质量百分比浓度为____。

（3）有甲、乙两组试剂，甲组：Na_2CO_3、HCl、$CuSO_4$；乙组：Ca（OH）$_2$、$BaCl_2$、Fe。其中甲组中的能与乙组中的所有物质反应，乙组中的____能与甲组中的所有物质反应。

（4）使一杯接近饱和的硝酸钾溶液转化为饱和溶液，可用__、__、__三种方法。

（5）用简易装置制备氢气的主要操作步骤有：①加入锌粒，注入盐酸；②连接装置；③检查装置气密性；④塞上带导管的橡皮塞；⑤检验氢气的纯度；⑥固定在铁架台上；⑦收集氢气准备做性质实验。其正确的操作顺序应为____（填序号）。

（6）向 40 克 10%的 NaOH 溶液中加入 60 克 20%的 NaOH 溶液，混和后，溶液的质量百分比浓度为____，pH 值____7（填大于、等于或小于）；上述混合溶液，恰好能跟____克 10%的稀 HCl 完全反应，反应后溶液中的溶质是____，溶液的质量百分比浓度为____，pH 值____7（填大于、等于或小于）。

（7）20℃时，将 15.8 克硝酸钾加到 50 克水中配成饱和溶液，则该溶液的质量百分比浓度为____，20℃时硝酸钾的溶解度为____。若将上述溶液稀释到 100 克，此时溶液的质量百分比浓度为____。

（8）下表括号内为混合物中含有的少量杂质，分别写出除去杂质应选用的试剂及有关的化学方程式。

混合物	选用试剂	反应的化学方程式
HNO_3（HCl）		
NaOH（Na_2CO_3）		
SiO_2（Fe_2O_3）		

（9）有 A、B、C 三种物质，已知 A 为钠盐、B 为氯化物、C 为碱。经下列实验操作，其结果分别是：

①A、B 的溶液混和后无沉淀或气体产生；

②B、C 的溶液混和后出现蓝色沉淀；

③A、C 的溶液混和后出现白色沉淀，该沉淀不溶于稀硝酸。

则可能 A 为__，B 为__，C 为__（填化学式）

（10）从 Zn、$BaCl_2$、Fe（OH）$_3$、NaOH、$KClO_3$、$CuCl_2$、Na_2SO_4、CaO、H_2O、H_2SO_4等物质中，选出适当的物质，按下列要求写出化学方程式：

①化合反应_____

②分解反应_____

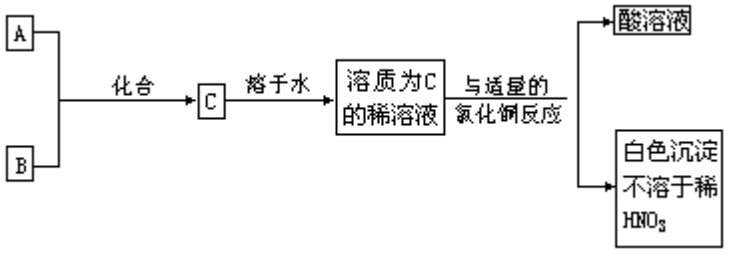
③置换反应_____

④复分解反应：a_____（酸与盐反应）

b_____（碱与盐反应）

c_____（盐与盐反应）

（11）A、B、C 分别代表一种纯净物，试根据下面实验所得出的它们的转变关系，推断它们各为什么。



则可能 A 是____或____，B 是____或____，C 是____，最后一步转变的化学方程式是_____。

2.选择题（每题只有一个选项符合题意，请将所选项的序号填在题后的括号里）

（1）下列变化中，属于化学变化的是 [ ]

A.白磷自燃

B.分离液化空气制氧气

C.干冰变成二氧化碳气体

D.在晾干的咸菜表面出现食盐晶体

（2）不宜用排空气集气法收集的气体是 [ ]

A.H_2 B.O_2 C.CO_2 D.CO

（3）遇火不可能发生爆炸的混合物是 [ ]

A.氢气和空气 B.水煤气和空气

C.散布有面粉尘的空气 D.二氧化碳和空气

（4）区别 CO 和 H_2，可用的方法是 [ ]

A.通到水中观察溶解性的大小 B.将燃烧产物通入石灰水观察现象

C.点燃后观察火焰颜色 D.观察与灼热的氧化铜是否反应

（5）只用一种试剂来鉴别 NaOH、Ca（OH）$_2$、稀 H_2SO_4 三种溶液，这种试剂是 [ ]

A.氯化钡溶液 B.紫色石蕊试液

C.碳酸钠溶液 D.无色酚酞试液

（6）下列物质在盛有氧气的集气瓶中燃烧后，瓶壁有水雾出现，注入少量石灰水，振荡后出现浑浊的是 [ ]

A.一氧化碳 B.氢气

C.木炭 D.甲烷

（7）下列反应中，没有沉淀产生的是 [ ]

A.氯化氢气体通入硝酸银溶液

B.二氧化碳通入氯化钙溶液

C.氯化钡溶液中加入三氧化硫

D.二氧化硫通入过量的饱和石灰水中

（8）分别将少量下列各组物质同时加到足量水中，得到无色透明的混合溶液的是 [ ]

A.$FeCl_3$、KOH、NaCl B.K_2SO_4、$BaCl_2$、HCl

C.$CuSO_4$、HCl、KCl D.Na_2CO_3、KCl、Na_2SO_4

（9）在 $CuCl_2$ 和 $MgCl_2$ 的混合溶液中加入过量的锌粉，充分反应后过滤，留在滤纸上的物质是 [ ]

A.Zn B.Cu C.Cu 和 Mg D.Zn 和 Cu

（10）实验室里制取氧气大致可分为下列步骤：a.点燃酒精灯，加热试管；b.检查装置的气密性；c.将高锰酸钾装入试管，用带导管的塞子塞紧试管，并把它固定在铁架台上；d.用排水法收集氧气；e.熄灭酒精灯；f.将导气管从水槽中取出。

正确的操作顺序是： [ ]

A.b—c—a—d—e—f B.c—b—a—d—e—f

C.b—c—a—d—f—e D.c—b—a—d—f—e

（11）有 X、Y、Z 三种金属，将 X 和 Y 浸入稀硫酸中，Y 溶解，X 不溶解；将 X 浸入 Z 的硫酸盐溶液，在 X 的表面有 Z 析出。则 X、Y、Z 的金属活动性按由强到弱的顺序为 [ ]

A.Z、Y、X B.Y、Z、X

C.Z、X、Y D.Y、X、Z

（12）有 50 克 5%的 NaCl 溶液，若将其浓度增加一倍，应采用的方法是 [ ]

A.把溶剂蒸发掉一半 B.加入 2.5 克 NaCl 固体

C.把溶剂蒸发掉 25 克 D.加入 50 克 5%的 NaCl 溶液

（13）甲元素原子与乙元素原子的质量比为 a：b；而乙元素原子与碳-12 原子的质量比为 c：d，则甲元素的原子量为 [ ]

A. $\frac{bc}{12ac}$　　B. $\frac{12ac}{bd}$　　C. $\frac{12bd}{ac}$　　D. $\frac{ad}{12bc}$

（14）在氢气还原氧化铜的实验中，如果反应生成 12 克水，那么剩余固体的质量比原来氧化铜的质量约减少　　[　　]

A.10.7 克　　B.12.3 克　　C.16.2 克　　D.22.1 克

（15）X 和 Y 两种元素可以组成两种化合物 A 和 B，A 中含 X 的质量百分数为 50%，B 中含 X 的质量百分数为 40%，若已知 A 的化学式为 XY_2，则 B 的化学式为　　[　　]

A.XY　　B.X_2Y　　C.XY_3　　D.XY_4

（16）50°C时的某饱和溶液冷却至室温后，析出少量无水晶体，下列说法中不正确的是　　[　　]

A.溶剂的质量没有改变

B.留下的溶液仍然饱和

C.溶液中溶质质量改变

D.溶液的浓度保持不变

（17）固态物质 a 与盐酸反应生成溶液 c，c 与 NaOH 溶液反应得到沉淀 b，b 加热又转变为 a，则 a 是下列物质中的　　[　　]

A.$Fe(OH)_3$　　B.Mg　　C.Na_2O　　D.CuO

（18）一块质量为 6.5 克的不纯锌块中，可能含有下面一种金属，当该锌块与足量的稀硫酸完全反应后，得到氢气 0.19 克，则锌块中可能含有的金属是　　[　　]

A.Cu　　B.Fe　　C.Mg　　D.Al

（19）有 a 克硝酸钾溶液，质量百分比浓度为 25%，若要使其浓度变为 50%，可选择的方法是　　[　　]

①加入硝酸钾 0.5a 克　　②加入硝酸钾 0.25a 克

③蒸发掉 0.5a 克溶剂　　④蒸发掉 0.4a 克溶剂

A.②③　　B.①④　　C.①③　　D.②④

（20）只用①$Fe_2(SO_4)_3$②$Na_2CO_3$③$AgNO_3$④石蕊试液中的一种，就能将 $BaCl_2$、HCl、NaOH 三种无色溶液一次鉴别出来的有

[　　]

A.①②　　B.①②④　　C.①②③　　D.①③④

（21）失去标签的四瓶无色溶液，只知它们是盐酸、碳酸钠、氯化钙、硝酸钾，取标有 A、B、C、D 的四支试管，分别加入四种溶液各少许，将 A 试管中的溶液分别加到其它三支试管中，B 试管中出现白色浑浊，C、D 试管中无现象，则可判断 A 试管内原溶液是　　[　　]

A.盐酸　　B.碳酸钠　　C.氯化钙　　D.硝酸钾

（22）已知一种碳原子（质子数、中子数均为 6）的质量为 m 克，铁的原子量为 n，则一个铁原子的质量约为　　[　　]

A. $\frac{12}{mn}$ 克　　B. $\frac{12m}{n}$ 克　　C. $\frac{mn}{12}$ 克　　D. $\frac{n}{12m}$ 克

（23）下列说法中，不正确的是　　[　　]

A.金属活动性顺序表中氢前面的金属能置换出酸中的氢

B.催化剂不一定都能加快反应速度

C.金属氧化物不都是碱性氧化物

D.冷却饱和溶液，必有晶体析出

（24）有浓度为5%的$MgSO_4$溶液240克，若蒸发掉215.4克水，剩下的水刚好与溶质形成$MgSO_2 \cdot xH_2O$，此x的值为 [ ]

A.7 B.6 C.5 D.3

（25）在下列溶液中加入铁粉，溶液质量增加的是 [ ]

A.硫酸铜 B.硝酸银 C.硫酸钠 D.稀硫酸

3.简答题

如下图所示实验，已知A为H_2、CO中的一种或两种的混合物，甲装置中的黑色粉末为氧化铜、炭粉中的一种或两种的混合物，根据下列要求回答：

（1）若黑色粉末是纯净物，甲、乙、丙三装置依次出现红色、蓝色、浑浊，则A气体是____，黑色粉末是____。

（2）若A为纯净物，反应现象同题（1），则A气体是____，黑色粉末是____。

（3）若题（1）乙装置中物质增重3.6克，丙装置中物质增重4.4克，则至少要通入A气体____克。

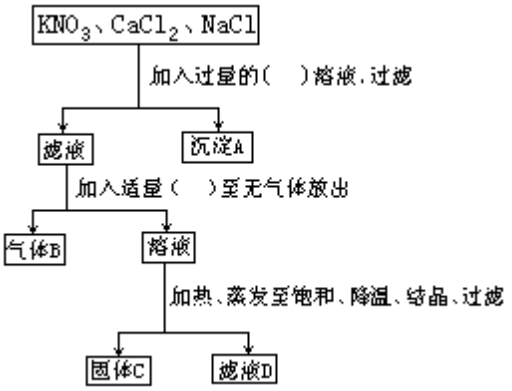
（4）若题（2）甲装置生成红色物质6.4克，乙装置中物质增重0.9克，则黑色粉末的质量至少要____克。

4.实验题

（1）将下列实验报告的空白处填写完整。

样品序号	实验步骤	实验现象	结论
溶液A	（1）取少量溶液滴加氢氧化钠溶液。 （2）过滤，将滤渣转移到坩埚中，加热 （3）滤液中滴加$BaCl_2$和稀HNO_3	（1）_____ （2）_____ （3）_____	A是$Fe_2(SO_4)_3$溶液
溶液B	（1）_____ （2）_____	（1）溶液B变浑浊 （2）无色溶液变红色	B是$Ca(OH)_2$溶液
溶液C	（1）取少量溶液加入少量 锌粒。 （2）取少量溶液滴加紫色 石蕊试液。 （3）取少量溶液滴加$AgNO_3$溶液和稀HNO_3	（1）有大量气泡产生，锌粒溶解 （2）溶液变为红色 （3）有白色沉淀生成，该沉淀不溶于稀硝酸	C是_____

（2）为除去硝酸钾中混有的少量氯化钙和氯化钠，设计了如下实验方案。请在括号中填上适当的试剂，在横线上用化学式表示有关物质，写出有关反应的化学方程式。



A____，B____，C____，D____和____。

有关反应的化学方程式：

生成沉淀 A_____

生成气体 B_____

5.计算题

把表面已氧化的镁条 5.2 克放入盛有足量盐酸的烧杯中，充分反应后称量，溶液的质量比原来表面已氧化的镁条与盐酸的质量总和减少 0.4 克。

求：①镁条中氧化镁的质量百分含量。

②氧化前镁的质量为多少克？