

BAI KE SHI JIE ZHI SHI CONG SHU

百科世界知识丛书

科学素质教育文库

第三辑



9

奇幻的化学

(下册)



广州出版社

科学素质教育文库：

百科世界知识丛书·第三辑

9

奇幻的化学

(下册)

柯焕德 主编

刘崇华 编著

广 州 出 版 社

奥新登字 16 号

责任编辑 辛 子

责任校对 容晓风

封面设计 一点工作室

书 名 百科世界知识丛书(第三辑)

编 者 柯焕德主编

出版发行 广州出版社(广州市人民中路同乐路 10 号 邮编:510121)

经 销 各地新华书店

印 刷 北京海德印务有限公司

规 格 787 × 1092 毫米 32 开本 82.5 印张

字 数 1396 千字

版 次 1997 年 11 月第 1 版

印 次 2004 年 9 月第 2 次

印 数 20001—30000 册

书 号 ISBN7 - 80592 - 707 - 3/G·131

定 价 163.00 元

前 言

宇宙中存在的万事万物是形形色色、多种多样的，但不管它们有多大区别，却都是客观存在的，都是物质的或由物质组成的。天空中的太阳、月亮；大地上的山川、生物；我们吃的食物、穿的衣物、住的房屋、用的工具以及我们身体本身都是物质。

化学正是研究物质的一门科学，它主要任务是探讨各种各样物质的组成、性质，以及它们之间变化的规律。许多物质产品小至一针一线，大至飞机、卫星都留下过化学的足迹。可以毫不夸张地说，化学是人类认识物质世界和改造物质世界的最有力武器。

不仅如此，化学与我们每一个人的生活也有着十分密切的关系。因为我们都是生活在一个持续不断的化学变化的环境中。虽然并不是每个人都对化学感兴趣，但至少化学本身蕴含着许多奇幻之处。铁为什么容易生锈？电池为什么能产生电？黑色的活性碳为什么能用于漂白？矿石里为什么可提炼出纯金属？地下

的石油为什么可用来合成纤维、塑料？……

本书正是结合了身边许多有趣的化学现象，介绍了化学的基本知识，旨在给青少年读者某些启示，普及化学知识，激发起对化学的兴趣。

《奇幻的化学》分上、下册。此为下册。

目 录

七、浅谈化学平衡	(1)
1. 相差悬殊的化学反应速度	(1)
2. 可逆反应和化学平衡	(4)
3. 奇妙的生物催化剂——酶	(10)
八、神秘的电化学	(15)
1. 能够导电的溶液	(15)
2. 电解冶金	(18)
3. 化学电源	(23)
4. 漂亮的金属外衣与电镀	(28)
5. 钢铁的电化学腐蚀与电化学保护	(32)
九、溶液的世界	(37)
1. 物质的溶解	(37)
2. 酸、碱、盐与离子反应	(41)
3. 神奇的酸与王水	(45)
十、奇妙的表面世界	(51)
1. 表面与表面张力	(51)

2. 固体表面与吸附	(55)
3. 表面的清洁工——合成洗涤剂	(59)
4. 用途微妙的表面活性剂	(63)
十一、科学工业生产之眼睛——分析化学	(69)
1. 历史悠久的化学分析	(69)
2. 仪器分析的主力军——光谱分析	(73)
3. 感觉灵敏的电分析	(78)
4. 奇妙的色谱分析	(82)
十二、充满生机的有机化学	(88)
1. 神奇的碳原子与有机化合物	(88)
2. 粮食与碳水化合物	(92)
3. 蛋白质与肉食有机化学	(96)
4. 油脂有机化学	(101)
十三、打开自然宝库的钥匙——天然产物化学 ...	(107)
1. 找出真正的主角:天然产物化学	(107)
2. 风中的消息:昆虫信息素	(111)
3. 食物的增产:植物激素及生长调节物	(113)
4. 结束语:无尽的探索	(116)

七、浅谈化学平衡

1. 相差悬殊的化学反应速度

化学反应的共同特征是物质间相互作用产生新物质。但是不同的化学反应进行的快慢程度也不同,而且相差悬殊。火药的爆炸,照相底片的感光,在一瞬间,就能完成;酸碱中和反应以及其他溶液中的离子反应等,它们的反应速度也是进行得十分快的。而气体间的反应,尤其是有机化合物间的反应,其反应速度就进行得很慢,往往需要几分钟,几个小时,甚至几十个小时才能完成。地层中煤和石油的形成,以及岩石的风化等,反应速度就更慢了,往往要过几百年、几千年、几万年的时间,才可观察到它们反应进行的痕迹。

化学反应速度除了与物质本身性质有关,还会受到许多外界因素的影响,掌握这些规律,我们就可以利用它来控制反应速度,使之按我们所希望的速度进行。譬如,制造炸弹,爆炸时的威力除了与它的大小有关,更重要的是一个快字。可以设想,如果有一个炸弹,反

应进行得很慢,假如需要一年才能反应完了,这个炸弹的威力自然也就不存在了。类似的对于那些工业生产上许多我们需要的化学反应,我们总希望进行得快些,提高单位时间的产量,从而增加效益;反之,对于一些有害的化学反应,如金属的腐蚀,塑料和橡胶的老化,放在冰箱中冷藏的食品等,当然就希望它们变化的速度越慢越好。

化学反应的本质是分子中的原子重新组合,即反应物分子中原子间脱离关系,按某种新的结合方式形成产物反应。这过程通常是靠分子碰撞来实现的。大家知道,分子是在永不停息地做无规则运动。因此,分子间相互碰撞次数也是十分多的,但是,并非所有分子间一碰撞就会发生化学反应,而是只有部分能量较高的分子碰撞才可能发生反应,这种分子称为活化分子。活化分子的平均能量高于普通分子平均能量的部分称为活化能。一个分子获得活化能成为活化分子就像爬过一个山坡一样,活化分子就是处在山顶的分子,它通常是不太稳定的,容易变成产物或者去活化(失去活化能)变回反应物分子。

不同物质间的化学反应所需的活化能不等,活化能小的化学反应速度快,因为分子不需费多大工夫就可获得活化能而被活化,例如,稀溶液中进行的离子反应一般活化能都很小。因此,这些反应在一瞬间即可

完成。反之,对活化能较大的反应,如合成氨反应,分子比较难活化,通常要通过强加一些苛刻条件(如高温)使其活化而发生反应,否则,反应难以进行。

反应物的性质是决定反应速度的内因,这些我们通常是无法改变的。幸运的是,化学反应速度还受许多外界条件的影响。这样,我们就可以通过控制这些外界条件来控制化学反应的速度。例如,常温常压下,将氢气和氧气放在一起长时间仍不发生反应。但如果升高温度到 500°C 以上,立即有爆炸性反应发生。另外,如果我们选用合适的催化剂(一种改变反应速度的物质),则即使在常温常压下,氢气和氧气也能以较快的速度化合成水。

一般说来,温度是影响反应速度的一个主要因素,同一反应由于温度不同,反应速度有较大差别。温度越高,反应速度越快。这就告诉我们,在生产或化学实验中,可以用加热的方法使反应速度加快;如果反应速度太快,或者由于反应本身放热而使产品分解,甚至会有着火、爆炸的危险时,就可以采用冷却的方法降低反应速度。

此外,浓度也是影响反应速度的主要因素,大家知道,一定温度下,铁丝在空气中只能加热到红热,而在纯氧中却能燃烧起来,火星四射,反应非常剧烈。为什么铁丝在氧气中能烧起来,而在空气中却燃烧不起来

呢？这正是由于空气中氧气浓度较低(21%体积),比在纯氧(100%)低得多的缘故。反应物浓度越大,反应速度也越快。

升高温度,增大浓度能够加快化学反应速度可以从活化分子数增加加以解释。因为温度升高,分子运动速度加快,使得分子间的碰撞次数增加,此外,升高温度,对活化能大小虽然没什么直接的影响,但升高温度就意味着外加了能量,能够使更多的分子获得活化能而受到活化,两方面因素使活化分子数目增多,而且碰撞次数也大大增加从而使反应速度加快。浓度增大,反应速度加快现象也是容易理解的。增大反应物的浓度,就是增多了反应物分子的数目,而一定温度下,活化分子占分子总数的百分数是个比较固定的数值,所以,反应物浓度的增加就等于活化分子数目的增多,反应速度就随着加快。

此外,还有一种神奇的物质,能够大大改变化学反应的速度,这就是催化剂,催化剂的独特本领在于能够改变反应过程,降低反应活化能。

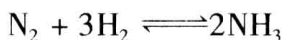
2. 可逆反应和化学平衡

日常生活中,我们常常可以看到许多过程可以反

过来发生,水遇热蒸发,变成水蒸汽;水蒸汽冷凝,又能化成水。水在低温时结成冰,冰在加热时,又溶化成水。固体溶质溶于水,形成水溶液;饱和溶液加热在蒸发掉部分水或降低温度时,常常又重新析出固体结晶。这些现象都是自然界经常发生的物理变化。

化学变化也有类似的情况。例如,蓝色的 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (王水硫酸铜)加热失去水生成白色无水硫酸铜(CuSO_4)和水,反之,无水硫酸铜一遇水又会与水结合生成蓝色 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 晶体。 H_2 在 O_2 中燃烧可以生成 H_2O ,而 H_2O 电解可分解为 H_2 和 O_2 ,这些可以反过来发生的反应往往需要在不同条件下进行。事实上,即使在某种固定条件下,许多化学变化也都是有一定的可逆性,也就是说,在同一条件下,能够向正反应方向及逆反应方向进行。只是这种可逆性大小不一样。那些逆反应倾向十分弱小的反应,从整体上有反应实际上是只朝着某一个方向进行,例如在氧化锰作催化剂下,氯酸钾受热分解放氧的反应,这类反应习惯上称为不可逆反应。也有许多反应逆反应倾向比较强,如将氢气和碘一并装入一个密闭的试管中,并加热到一定的温度、保持一段时间后,当打开试管时,可以看到有氢碘酸的白雾出现,但紫色碘蒸气并未完全耗净,仍留存。反之如果再把纯的碘化氢装入密闭试管中,加

热到同一温度,也保持一段时间,打开试管,便会看到有紫色碘蒸汽生成,同时也有碘化氢残留下来。可见,这两个反应在同一条件下是能够同时进行的,氢气同碘可化合成碘化氢,同时,碘化氢又分解成氢气和碘。类似这种能够同时向相反方向进行的化学反应实例也是举不胜举。合成氨工业中的水煤气变换反应及合成氨反应都是可逆反应。



由于可逆反应有逆反应在同时进行着,所以,这种反应不能使反应物完全转化生成物,正如前面的 H_2 和 I_2 化合成 HI 后必定有未化合的 I_2 和 H_2 , HI 分解成 I_2 和 H_2 也必定有残留的 HI 。任何可逆反应进行到一定程度后,就是产物和反应物的混合物。由于混合物的组成不再随时间变化了,达到一种平衡状态,我们就称这种平衡为化学平衡。

自然界的平衡现象是十分普遍的,有力的平衡,热的平衡,电的平衡等等,它们一般是两个大小相等,方向相反的相互作用互相被抵消的一种状态。譬如,对于一个连通器,向一边加水,水压高的一边必然会往低的方向流去,随着另一边压力的增大及加水那边压力减小到一定程度,两者压力相等即达到压力平衡。化

学平衡的建立,也是基于正反应速度与逆反应速度相等的一种状态。仍以 HI 分解成 H_2 和 I_2 为例说明化学平衡的建立。

起始时,无 I_2 和 H_2 ,因而只有 HI 分解产生 H_2 和 I_2 的正反应,但只要产物 H_2 及 I_2 一经产生,同时就存在 H_2 及 I_2 化合成 HI 的逆反应,只不过,在起始时,由于混合物中有大量的 HI,而 H_2 及 I_2 的量很少,因而正反应 HI 分解的速度远远超过 H_2 及 I_2 化合逆反应的速度。随着反应逐渐进行,HI 的浓度会逐渐减小,另一方面, H_2 及 I_2 的浓度逐渐增大,这必然会引起 HI 分解反应速度的降低及 H_2 及 I_2 化合反应速度的加快,足够时间后,两者速度达到相同时,随后的反应(包括正逆反应)虽然仍然在不停地进行着,它们的速度都不等于零,但是由于一正一反相互抵消,因此,产物及反应物的浓度不再随时间变化而变化,即达到平衡状态。有趣的是,这种平衡还是一种动态平衡。打个比方,有辆公共汽车,已经满员,到站后有五位乘客由前门下车,同时又有五位新乘客由后门上车。这样,汽车就总是满员,人数依旧不变。这就是一种动态平衡。和其他一切平衡一样,化学平衡也是在一定条件下产生的,是暂时的一种稳定状态,只有在外界条件保持不变,平衡才能相对稳定,一旦条件有所变更时,平衡也可能会

遭到破坏,转化为不平衡继续反应,直到重出现正逆反应速度相等,在新的条件下建立起平衡。新平衡与旧平衡相同,反应物及产物的组成要发生改变,这种变化也称平衡的移动。如果产物相对含量增加了,说明平衡往正反应方向移动了,反之,若产物相对含量降低了,说明平衡往逆反应方向移动了。

对于工业生产上许多可逆化学反应,我们通常总希望它能尽可能往某个方向进行。例如,合成氨 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ 反应,人们尽可能使 N_2 与 H_2 完成化合生成所需要的 NH_3 。再如,在炼铁炉里进行的一氧化碳还原铁矿石的反应。即: $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{CO} \xrightarrow{\text{高温}} 3\text{Fe} + 4\text{CO}_2$,也是尽可能希望 CO 都转化为 CO_2 。但是,早在 100 多年前,在英国伦敦,就有一位工程师通过化验分析,发现在炼铁炉出口的气体中,总有许多还未反应掉的 CO ,这么多 CO 没有参加反应,也就没得到利用,的确是一种浪费。但是,在当时,并不了解可逆反应及化学平衡,因此,错误地认为残余的 CO 是由于反应不充分造成的。后来,该工程师把炉身增加许多,增加 CO 与铁矿石接触时间,从而使两者充分反应。但是,再次化验结果表明,加高后的炼铁炉出口气里仍然存在着大量 CO ,情况并没有多大的改善。事实上,要使 CO

尽可能转化为 CO_2 , 就是一个希望化学平衡由 CO 向 CO_2 方向移动的问题。

1887年, 法国科学家勒沙特列, 提出一个化学平衡移动的总规律, 这就是: “浓度、温度可以移动平衡, 改变某个条件, 平衡就能向能减弱这种改变的方向移动。”例如, 增加反应物浓度就使平衡向正反应方向移动, 因为向正反应方向移动会使反应物浓度有所降低。再如, 升高温度就使平衡向吸热方向移动, 因吸热会使体系温度有所降低。

掌握平衡移动规律, 对于工业生产条件的选择是十分重要的。如合成氨 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ 是一个放热反应, 因此, 降低温度有利于使反应向正反应方向移动, 有利于合成。因此, 该反应温度不能太高, 当然, 在实际生产时, 也不是温度越低越好, 因为我们不能只考虑平衡因素, 对于一个反应, 我们还不得不考虑其反应速度, 如果温度太低, 反应速度太慢, 那么, 即使 N_2 及 H_2 化合得再完全也是徒劳的。因为, 那样会使单位时间产量大大降低, 对生产十分不利。

3. 奇妙的生物催化剂——酶

在化学实验室和工厂里,有一类奇妙的物质,这类物质只要少量存在时,就可以使某些化学反应的速度大大加快(也有少数是使反应速度大大减慢),而这类物质在化学过程完毕后,却又依然故我,并无变化。这一类有趣的物质,化学家给它取了个名字,叫做催化剂。

催化剂在现代工业中的作用是毋庸置疑的。许多熟知的工业反应如合成氨工业中氮气与氢气的反应, SO_2 氧化制 SO_3 , 氨氧化制硝酸,尿素的合成,合成橡胶,高分子的聚合反应等等,都需要催化剂。有趣的是,在生物界中如植物、动物和人体内,广泛地存在另一类催化剂,例如植树对 CO_2 的光合作用,有机体内的新陈代谢,蛋白质、碳水化合物和脂肪的分解作用,都需要一种被称为酶的生物催化剂。

作为生物催化剂的酶,它在加速化学反应上所显示的本领比一般化学工业上所用催化剂更为高明,其催化效率比一般催化剂要高几万甚至十万亿倍。比如用无机酸作催化剂来使淀粉水解成葡萄糖,即使在加