

華东師範大學函授教材

基本化學

— 講 授 提 綱 —

華东師範大學化學系無機化學教研組編

下 冊

華东師範大學出版

第九章 鹵族元素

元 素 名 称	符 号	原 子 量	原 子 序 数	各 層 电 子 之 分 佈				
氟	F	19.00	9	2	7			
氯	Cl	35.457	17	2	8	7		
溴	Br	79.916	35	2	8	18	7	
碘	I	126.91	53	2	8	18	18	7

一、鹵族元素的通性

1. 氟, 氯, 溴, 碘, 以及用人工方法制造的第85号元素——砹構成週期系第七族的主副族, 前四个元素能与金屬直接化合生成典型鹽类, (例如NaCl) 故称鹵素(即“成鹽族”之意)。

2. 鹵素原子的外層均具有七个电子, 特別容易獲得一个电子而成負一价的离子, 所以它們是典型的非金屬。

3. 鹵素也能顯示正价, 最大的正价为七, 相当於族的序数, 但目前所知, 只有在氯及碘的化合物中, 鹵素才具有最大的正价, 溴的最高正原子价为五, 氟僅有負价, 含正价的鹵素化合物(鹵素的含氧化合物)一般較含負价的鹵素化合物為不穩定, 故前者几乎不存在於自然界中。

4. 由於鹵素最外电子層結構相同, 使它們的性質很相似, 且形成相同形式的化合物, 但它們間所有的共同性也有着質的差別。

二、自然界中的鹵素

1. 鹵素的化学性質很活潑, 所以在自然界中只能以化合物的形式存在, 主要是氫鹵酸的鹽类。

基 本 化 学

2. 氟以难溶的鹽, 主要以螢石 CaF_2 的形式存在於自然界中, 我國螢石礦的產区遍佈浙江, 山东, 河南, 綏远, 云南, 貴州, 廣東, 湖南及东北各省等地, 以浙江的武义, 金華, 义烏等处为最多, 磷灰石礦 $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$ 中也含有大量的氟, 此外少量的氟包含在生物的組織內, 如骨骼, 牙齒, 毛髮中。

3. 氯在自然界中最重要的化合物是氯化鈉或食鹽, 大部份食鹽存在於海洋的水中, 其中含量約有 3 % 左右, 我國沿海各省都盛產海鹽, 此外, 山西, 陝西, 甘肅等省出產池鹽, 四川產井鹽, 貴州, 云南, 西康則出產岩鹽, 食鹽为制造其他氯的化合物的主要原料, 是我國重要的資源。

4. 溴和碘在自然界中的存量很少, 通常与氯以溶解的狀態同时存在於海洋中, 碘在海水中能被一些海藻吸收, 普通食用的海帶灰中含有 2—3 % 的碘, 动物体的甲狀腺內也含有碘的化合物。

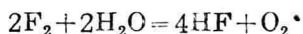
三、鹵素的性質用途及制法

1. 物理性質

名称 物理性質	氟 (F_2)	氯 (Cl_2)	溴 (Br_2)	碘 (I_2)
聚 集 狀 态	气 体	气 体	液 体	固 体
顏 色	淺黃綠色	黃 綠 色	紅 褐 色	黑 紫 色
比 重	1.11(液体)	1.57(液体)	3.12	4.93
熔 点 ($^{\circ}\text{C}$)	-218	-101	-5.7	113
沸 点 ($^{\circ}\text{C}$)	-188.2	-34	59	183
原子半徑 ($\text{\AA}$)	0.67	1.07	1.19	1.36

(一) 由上表所列的性質, 可知鹵素的物理性質和聚集狀態, 顏色, 比重, 熔点等等, 随着原子序数的增加而有規律的遞变。

(二) 鹵素較难溶於水, 而氟不能溶於水, 因他劇烈的分解水。



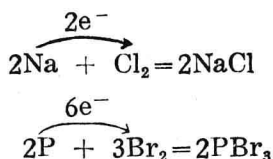
鹵素在有机溶剂中較在水中容易溶解, 利用这个性質, 可用有机

溶剂使卤素自水溶液中分离出来。

2. 化学性质

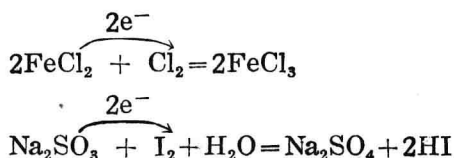
(一) 卤素与单质及化合物的作用。

卤素为非常活泼的元素，它们能与大多数的金属或非金属元素直接化合。例如：

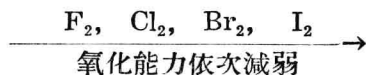


卤素与金属间的反应，一般很猛烈，同时有热和火焰发生。

卤素不但能与许多金属及非金属直接作用，也能与许多化合物作用，例如：



在所有上述卤素与单质及化合物的反应中，卤素表现出一共同的性质，即在反应过程中，它们获取了其他物质中的电子而与之结合。在反应过程中，夺取其他物质中的电子并与之相结合的物质称为氧化剂，卤素原子显著地表现出结合电子的能力，因此卤素是强的氧化剂，其中氧化能力，以氟为最强，碘为最弱。



(二) 卤素活泼性的比较

卤素虽然都很活泼，但是它们的活泼性在程度上有差别，例如它们的氧化能力，以氟为最强，而碘最弱。

卤素的化学活泼性，彼此间所以有程度上的差别，可以从原子结构或卤原子的相对大小来理解。

卤素活泼性的大小，与它们的原子获取电子的能力有关，愈容易获取电子的，即愈易与其他物质起作用，活泼性愈大；卤素原子随着

各种氧化剂或藉电流的作用来实现。

(一) 电解法

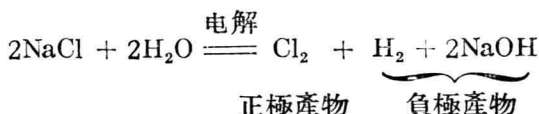
(1) 氟的制备:

氟和电子的结合能力很大,是所有元素中最强大的氧化剂,任何氧化剂均不能使氟化物中的氟离子氧化而释出氟,故氟的制取,只有用电解其熔化的盐的方法来得到,电解时,氟在正极析出:



(2) 氯的制备:

电解食盐溶液可大量制取氯,工业上即以此法制氯。



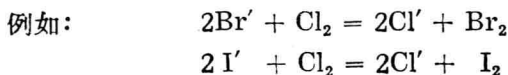
(二) 化学氧化法

除氟以外,氯,溴,碘的制取,可用各种氧化剂如 MnO_2 , KMnO_4 , PbO_2 等氧化氢卤酸来实现。

例如:以 KMnO_4 氧化盐酸以取得氯的反应式如下:



利用氯,溴及碘三者活泼性的不同,工业上通常以氯与溴化物或碘化物的溶液作用来制取溴和碘。



4. 卤素的用途:

氟:制备有机的氟的化合物,作为耐高温的润滑剂。

氯:大量地用来漂白纸张,布疋,消毒饮水,在化学工业上氯被用来制备一系列的產品,如漂白粉,综合药物和染料的中間產物等,农业上,用氯来撲滅農作物害虫。

溴:制造某些藥品,染料以及照像底片所需的溴化銀。

碘:用作藥剂,10%的碘酒精溶液——碘酒,是最优良的消毒剂和止血剂。

四、鹵化氫及鹵化物

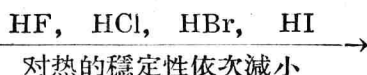
1. 鹵化氫及氫鹵酸的性質

(一) 鹵化氫的物理性質:

所有鹵化氫均為無色而有刺激嗅味的气体, 易液化, 易溶於水而生成氫鹵酸, 因而在潮濕的空气中, 它們都会發烟。

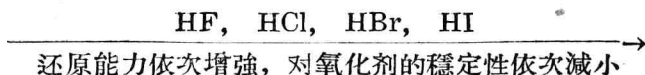
(二) 对热穩定性

气态鹵化氫在加热时, 都会發生热分解, 它們分解的难易程度, 即对热的穩定性, 由於原子与电子結合的能力自氟至碘依次減小而按下例順序減小。

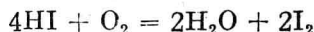


(三) 鹵化氫的还原性

鹵原子与电子結合的能力由氟至碘依次減弱, 反之, 从鹵离子來看, 它們給出电子的能力, 当由氟至碘依次增強, 即鹵离子的还原能力自氟至碘依次增強, 这說明鹵化氫对氧化剂的穩定性將按下列順序遞变。

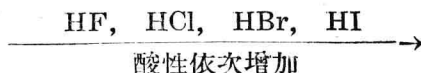


事实上, 氫碘酸在常温下即很易为空气中的氧所氧化而析出碘。



(四) 鹵化氫水溶液的酸性

鹵化氫溶於水成氫鹵酸, 除氫氟酸外, 其他氫鹵酸均为強酸, 其酸性依下列次序增加。

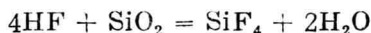


在 0.1N 溶液中, 各氫鹵酸的离解度如下:

HF	HCl	HBr	HI
8%	92.6%	93.5%	95%

(五) 在鹵化氫中, 氟化氫具有一特性, 即它能与 SiO_2 作用生

成气态的四氟化硅 SiF_4 。



因为 SiO_2 是玻璃的組成部份,故按次特性,可用氟化氫來刻蝕玻璃。

2. 鹵化氫的制法

(一) 合成法: $\text{H}_2 + \text{X}_2 = 2\text{HX}$ (X代表鹵素)

(二) 鹵化物与不揮發性酸相作用:



M代表一价金屬, X代表氟或氯, 此法不適用於制造 HBr 或 HI , 欲制 HBr 或 HI , 可以濃 H_3PO_4 代替濃 H_2SO_4 。



3. 重要的鹵化物

(一) 氯化鈉 (NaCl) —— 氯化鈉在人类日常生活上及工業上均有重要的意义, 是不可缺少的調味品及很好的防腐劑, 在工業上, NaCl 是制造氯、鹽酸、氫氧化鈉、碳酸鈉的原料, 染色工業及制皂工業也需用到氯化鈉。

(二) 氯化鉀 (KCl) —— 重要的無機肥料 (鉀肥)。

(三) 氯化鈣 (CaCl_2) —— 具有很強的吸水能力, 用作干燥劑。

(四) 氯化汞 (HgCl_2) —— 俗稱昇汞, 劇毒, 能防止木材, 解剖标本的腐爛, 其稀溶液在醫藥上用作消毒劑。

(五) 溴化鉀 (KBr) 或溴化鈉 (NaBr) —— 用作神經鎮定劑。

(六) 溴化銀 (AgBr) —— 感光性強, 用以制造感光紙及感光板。

(七) 碘化鉀 (KI) —— 用作藥劑。

(八) 氟化鈉 (NaF) —— 農業上用以殺滅害虫, 浸漬木材, 可作为木材的防腐劑。

五、鹵素的含氧化合物

鹵素不能直接与氧作用, 故它們的氧化物及含氧酸是用間接的方法制得的, 它們都是不穩定或較不穩定的化合物。

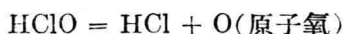
在实际应用上,氯的含氧化合物最为重要,种类也较多,故下面仅讲述氯的含氧化合物。

1. 次氯酸和次氯酸盐

(一) 氯与水起水解作用时,生成盐酸及次氯酸。

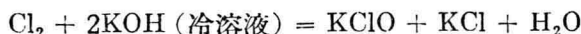


(二) 次氯酸很不稳定,在溶液中逐渐按下式分解,见光则分解得更迅速。

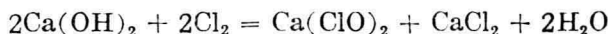


分解的结果生成原子氧,故次氯酸具有很强的氧化能力,氯的漂白作用即由生成的次氯酸所引起,因此完全干燥的氯,没有漂白能力。

(三) 通氯入冷碱溶液,由于水解生成之两种酸为碱所中和而使水解反应向右移动,结果可得含有次氯酸盐和氯化物的溶液,称为次氯酸钾的消毒液,可用作家庭消毒剂及漂白之用。



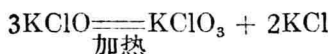
(四) 氯与干燥石灰作用,即可得到漂白粉或氯化石灰,它是很具有实用价值的次氯酸盐和氯化钙的混合物。



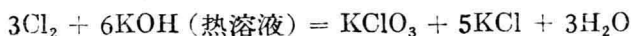
漂白粉系具有刺激性臭味的白色粉末,在潮湿的空气中,受 CO_2 的作用而逐渐分解,析出次氯酸。故漂白粉具有强的氧化能力,可用以漂白植物性纤维(布,纸),用作消毒剂,和防禦毒气。

2. 氯酸和氯酸盐

(一) 将次氯酸钾溶液加热,则它失去漂白性能而转变成氯酸钾。



或将氯通入苛性钾的热溶液,亦可制得氯酸钾。



由于 KClO_3 在冷水中的溶解度小,故上述溶液冷却时, KClO_3 即自溶液中结晶析出,而与 KCl 分离。

(二) 氯酸鹽的用途：

氯酸鉀系制造火柴，煙火的原料之一，彈藥工業上用以制爆破藥。

氯酸鈉 (NaClO_3) 在農業上用作除草劑。

(三) 与氯酸鉀相应的氯酸 (HClO_3) 僅存於水溶液中，其濃溶液不安定，易分解，沒有实用价值。

六、鹵离子的定性鑑定方法

1. 与可溶性銀鹽（如 AgNO_3 ）的作用。

鹵离子	与可溶性銀鹽的反应	沉澱的顏色	沉澱在氨水中的溶解度
Cl'	$\text{Cl}' + \text{Ag}^+ = \text{AgCl} \downarrow$	白	易 溶
Br'	$\text{Br}' + \text{Ag}^+ = \text{AgBr} \downarrow$	淡 黄	难 溶
I'	$\text{I}' + \text{Ag}^+ = \text{AgI} \downarrow$	黄	不 溶

2. 微量之溴化物 (Br') 或碘化物 (I') 的檢驗法

(一) 溴化物：

於微量酸性的溴化物試液中，加入少量氯仿 (CHCl_3) (或二硫化碳, CS_2)，再逐滴加入氯水，游离溴被氯置換而析出，使有机溶剂的液層呈現黃褐色，此証示 Br' 离子的存在。

(二) 碘化物：

若以碘化物試液作上述方法相同的檢驗，有机溶剂液層呈現紫色，表示有 I' 离子存在。

3. 在澱粉存在下与氯水或溴水的反应鑑定 I' 。

在碘化物試液中，加入氯水或溴水，碘即被置換而析出，遇澱粉溶液顯出深藍色。

第十章 氧族元素

元素名称	符号	原子量	原子序数	各層电子的分佈					
氧	O	16	8	2	6				
硫	S	32.066	16	2	8	6			
硒	Se	78.96	34	2	8	18	6		
碲	Te	127.61	52	2	8	18	18	6	
钋	Po	210	84	2	8	18	32	18	6

一、氧族元素的通性

1. 週期系第六族的主副族元素有氧, 硫, 硒, 碲, 和钋, 它們都屬於氧族。(钋是放射性元素, 在化学上还研究得少)

2. 氧族元素原子的外層具有六个电子, 能和二个电子結合而成帶二个負电荷的离子, 故具有非金屬的特性。例如在与金屬和氫所形成的化合物中, 它們都呈負二价。

氧族元素也能表現为正价, 常見的为+4 和+6 价。最高正原子价为6, 与它們所处的族数相同。氧在所有的化合物中总是負二价(除 OF_2 以外)

3. 氧族元素的物理性質和化学性質, 随原子序数的增加而有規律地变化。由氧到碲, 随着新电子層的出现, 引起原子半徑的增大, 因此对电子的結合能力減弱, 非金屬性減弱, 同时中性原子的氧化能力減低, 而負离子的还原性增強。

氧族元素最重要的物理常数

常 数	氧	硫	硒	碲
比重	12.0 (液态)	2.07 (斜方晶硫)	4.81	6.24
熔点 ($^{\circ}\text{C}$)	-218.8	112.8	220	450
沸点 ($^{\circ}\text{C}$)	-183	444.6	685	1390
原子半徑 ($\text{\AA}$)	0.69	1.04	1.16	1.43
R'' 离子半徑 ($\text{\AA}$)	1.32	1.74	1.91	2.11

二、氧

1. 自然界中的氧

氧为地球上分佈得最廣的元素,以游离状态存在於空气中,以化合物状态存在於水、各种礦物、石層以及一切动植物体的組成中。氧約佔地壳总重量的一半。

空气中除含有氧外,尚含有游离的氮及惰性气体,在 100 公里高度以下,大气的組成約如下表:

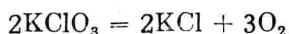
	百 分 含 量	
	按 体 積	按 重 量
氮	78.16	75.5
氧	21.19	23.2
惰 性 气 体	0.94	1.3

此外空气中还含有不定組成的二氧化碳,水蒸气,灰塵,微生物等。

2. 氧的制法,性質及用途

(一) 氧的制法

(1) 實驗室法: 加热氯酸鉀以制取之



制取时如有催化劑如二氧化錳、三氧化二鉄或三氧化二鉻等存在,則作用更快。

2. 工業法:

工業上,从液态空气中大量制取氧。液态空气基本上是液态氧(54%)、液态氮(44%),和液态氬(2%)的混合物,把液态空气置於某特种裝置中蒸發时,則由於各組成成分的沸点不同(液态氧的沸点为 -183°C ,液态氮的沸点为 -195.8°C),氮先蒸發出來,剩余物就成为几乎是純氧的物質(含雜質不超过3%,主要是氬,因为它的沸点和氧的很接近)。

其他电解水也可以得到氧。

(二) 氧的性質

(1) 物理性質

氧是无色, 无味, 无嗅的气体, 比空气重, 在标准状态下, 一升氧重1.429克, 在水中的溶解度不大, 0°C 时, 100体积水中溶解氧约5体积, 20°C 时——约3体积; 水中生物即赖此生存。

(2) 化学性質

氧是最活泼的化学元素之一, 除卤素、惰性气体及少数的贵金属外, 氧和其他元素能直接化合(卤素及贵金属的氧化物只能用间接的方法制得) 元素与氧化合的作用, 称为氧化, 剧烈的氧化作用有光和热发出来的, 称为燃烧, 许多物质在氧中燃烧要比在空气中强烈得多, 将刚熄灭的小木片放入氧气瓶中, 能又燃烧起来, 利用此法, 可以鉴定氧的存在。

氧在生物界中起着极其重要的作用。最重要的生理过程之一——呼吸作用, 即对有机体供应生命所必需的能量作用, 就是有氧参加而实现的。另一个有同样重要性的有氧参加的过程是已死动植物的腐烂和分解; 这过程, 把组成动植物体的复杂有机物质转变为较简单的物质(最后变为 CO_2 , 水及氮) 然后这些物质又重新参加自然界中总的物质循环。

(三) 氧的用途

(1) 纯氧与可燃性气体(如氢, 乙炔, 煤气等) 混合后在特殊的燃烧器中燃烧, 可获取高温, 用来熔化如铂, 石英等高熔点物质或焊接和切割金属。特别广泛应用的是氧炔焰, 火焰温度可高达 3000°C 。

(2) 液态氧与可燃物如木屑, 碳粉或油等的混合物, 称为液氧炸药, 具有强烈的爆炸性, 应用于爆炸作业上。

(3) 在医药上, 当发生有某些中毒现象时, 可用纯氧呼吸, 其他如高空飞行员, 潜水员, 救护队也靠装有氧的装置来帮助呼吸。

(4) 氧对加强一系列的冶金(如炼铁工业) 及化学工业的生产过程有着重大的实际意义。

3. 氧的同素異性体——臭氧

(一) 臭氧的存在和制法

当电火花通过氧气时，即有一种特殊臭味的气体生成，此即臭氧，故在雷雨之后，空气中有臭氧生成，此外有些有机物质如树脂氧化时也能生成臭氧，所以针叶森林的空气中，有臭氧存在。含有臭氧的空气，对人的健康是有益的，因臭氧能杀死空气中有害的微生物。

应用无声放电，作用于氧，可以人为的制取臭氧。

(二) 臭氧的性质

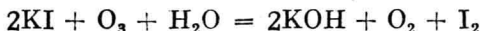
(1) 臭氧是无色而有特殊臭味的气体，为氧的同素異性体，由三个氧原子所组成 (O_3)，在水中的溶解度比氧大得多。

(2) 臭氧的最特征的化学性质是具有强的氧化能力，它是强氧化剂，氧化时，臭氧分子放出一个氧原子而转变为一个普通的氧分子。



臭氧几乎能和所有的金属（除金、铂、和铱外）生成金属氧化物，如发亮的银片在臭氧的作用下，因生成 Ag_2O_2 而迅速变黑。浸过松节油的纸在臭氧中会燃烧起来，有机颜色在臭氧中会褪色。

臭氧与碘化钾溶液作用时，能使 I^- 离子氧化成碘



利用此反应，可以淀粉碘化钾试纸来检验臭氧的存在。

(三) 臭氧的用途

因为臭氧具有强的氧化能力，故可用来消毒水和空气，也可用来漂白织物，油类，脂肪和糖浆等。

4. 氧化物的分类

氧和其他元素的化合物称为氧化物。氧化物根据它们与水的关系和由它们所生成的氢氧化物的性质的不同，分为五类：

(一) 酸性氧化物：

如果由氧化物所生成的氢氧化物是酸，这种氧化物就称为酸性氧化物，包括非金属的氧化物 (CO_2, SO_2 等) 以及某些高级的金属氧化物。 (CrO_3, Mn_2O_7 等)

酸性氧化物的主要特征,是能与鹼作用而生成鹽。

例如: $\text{CO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

(二) 鹼性氧化物:

如果由氧化物所生成的氫氧化物是鹼,这种氧化物就称为鹼性氧化物,鹼性氧化物都是金屬氧化物。最活潑的金屬如鉀,鈉,鈣等金屬的氧化物可直接与水化合生成可溶性的鹼,此等可溶性的鹼,称为碱。大多数的鹼性氧化物不与水相作用,对应於这些氧化物的氫氧化物不溶於水,它們是靠碱作用於对应金屬的鹽來制得。

例如: $\text{CuSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$

鹼性氧化物的主要特征是能与酸相作用而生成鹽。

例如: $\text{MgO} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{MgSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

(三) 兩性氧化物:

具有酸性氧化物及鹼性氧化物的性質的氧化物称为兩性氧化物,它們既溶於酸,又溶於碱。例如: ZnO 即屬兩性氧化物。

$\text{ZnO} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (具有鹼性氧化物的特性)

$\text{ZnO} + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{ZnO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (具有酸性氧化物的特性)

以上三类氧化物都能生成鹽,所以称为成鹽氧化物。

(四) 惰性氧化物:

不能生成氫氧化物,同时也不能与酸或碱作用的氧化物,称为惰性氧化物。例如: NO 。

(五) 过氧化物:

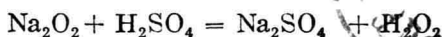
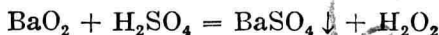
是氧化物中特別的一組。它們僅僅在形式上列入氧化物一类,而實質上是很弱的酸——过氧化氫——的鹽类,其結構与普通氧化物不同,在一般的氧化物中,氧与其他元素的原子直接化合,而在过氧化物中,氧原子除了与其他元素的原子直接結合外,同时氧原子本身間也結合着。

例如:普通二氧化鉛 PbO_2 其結構为 $\text{O} = \text{Pb} = \text{O}$

过氧化鋇 其結構为 $\text{Ba} \begin{array}{c} \diagup \text{O} \\ | \\ \diagdown \text{O} \end{array}$

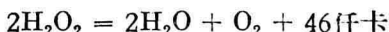
5. 过氧化氫

(一) 制法: 可用过稀硫酸与过氧化钡或过氧化钠作用來制取。



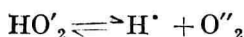
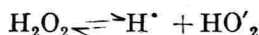
(二) 性質:

(1) 純过氧化氢是无色粘稠的液体, 与水能以任何比例混合。不穩定, 能分解成水和氧, 並放出大量的热而爆炸。

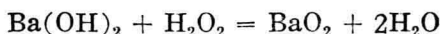


水溶液較穩定, 在陰涼的地方可以保存相当久。見光或有催化劑如二氧化錳等存在时, 过氧化氢分解加快, 磷酸鹽能使过氧化氢分解減慢。

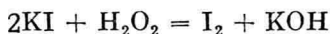
(2) 过氧化氢具有非常弱的二元酸的性質 ($K = 1.5 \times 10^{-2}$) 可以离解出 H^+ 离子, 但离解度不大。



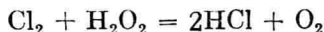
过氧化氢与鹼作用生成鹽, 即过氧化物, 故过氧化物實質上屬於鹽类而不是氧化物。



(3) 过氧化氢最特征性的化学性質是它具有強烈的氧化能力, 能氧化許多物質, 例如: 它能使 KI 氧化而析出碘。



(4) 过氧化氢与很強的氧化剂作用时, 也能顯示出还原性質, 例如:



(三) 用途:

(1) 3% 的过氧化氢溶液用作洗淨伤口, 漱洗喉嚨等的消毒劑。

(2) 过氧化氢能使許多有機的有色物質氧化而褪色, 故是布疋麥稭和羽毛的優良漂白劑, 漂白时, 它並不損害被漂白的料子。

三、硫

1. 硫的存在, 性質及用途

(一) 自然界中的硫

硫在自然界中，有以游离状态存在的，也有成化合物状态存在的。在自然界中的硫的化合物，主要是各种金属的硫化物矿，其中很多是有价值的矿，可用来提炼金属，如方铅矿 PbS ，闪锌矿 ZnS 等，而黄铁矿 FeS_2 则是制硫酸的主要原料，我国安徽马鞍山是有名的黄铁矿产区。

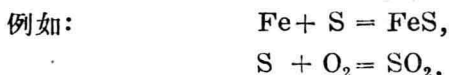
除金属硫化物外，硫也以硫酸盐的形式存在于自然界中，如石膏 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ，重晶石 BaSO_4 ，芒硝 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ，以及海水中的 MgSO_4 。

此外，生物体组织内的蛋白质中含有硫，如动物的毛髮，脂甲，角蹄等组成中，都含有硫。

(二) 硫的性质

(1) 硫有几种同素异性体，如斜方硫，单斜硫及弹性硫等，斜方硫为黄色透明结晶，能溶于二硫化碳，单斜硫呈针状结晶，也能溶于二硫化碳，弹性硫是一种无定形的，透明，柔软而有弹性的褐色物质，它完全不溶于二硫化碳，几种同素异性体中，以斜方硫为最稳定，在普通温度下，硫的其余变体都会逐渐转变成斜方硫，故一切天然硫都是斜方硫。

(2) 硫是相当活泼的元素，能与许多金属及非金属元素起作用，特别是与金属化合得容易而作用激烈，生成金属硫化物。



(3) 硫能以过多的量和物质化合成多硫化物，例如多硫化钠 Na_2S_x (Na_2S_2 , Na_2S_3 , Na_2S_4 , Na_2S_5) 多硫化钙 CaS_x 多硫化铵 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$ ，在农业中，多硫化物用来防治害虫。

(三) 硫的用途

(1) 农业上用硫来防治植物（特别是葡萄与棉花）的害虫。

(2) 橡胶工业上用硫来进行橡胶的硫化作用，生橡胶具有粘性，硫化后才具有优良的品质——弹性，韧性等，生橡胶中硫的含量很大时，就形成硬橡皮，是电的优良绝缘体。