

無機化學

上册

傅鷹

北京大學

544
692
=1

8/640/19

目 录

(上 册)

第一章 緒 論

1. 化学的范围.....	1
2. 物質及其状态.....	2
3. 性質.....	2
4. 物質的种类.....	3

第二章 重量的关系

1. 物質不灭定律及Einstein公式.....	5
2. 定比定律和倍比定律.....	7
3. 如何測定重量的比例.....	9
4. Dalton的原子理論.....	10
5. 化学反应的种类.....	11
6. 原子量.....	12
7. 气体的化合物体积定律.....	13
8. Avogadro 的臆說.....	14
9. 化合量.....	16
10. Cannizzaro 的貢獻.....	16
11. 原子量約值之測定.....	19
12. 精確原子量的測定.....	20
13. 分子式.....	23
14. 化学方程式.....	24
15. 方程式之应用.....	25
16. 結 論.....	26

附: 原子量表

第三章 与化学变化

1. 热及其測定.....	27
---------------	----



2. 能的意义及分类	29
3. 能与化学的关系	30
4. 能的互变	30
5. 工	31
6. 热力学第一定律	32
7. 热力学第二定律	33

第四章 物質之形态(1)气体

1. 气体的体积与其压力的关系——Boyle 定律	36
2. 温度的测定及标度	38
3. 温度的影响——Charles 定律	40
4. 理想气公式, $PV = nRT$	40
5. 气体分子量的测定	42
6. 气体反应与体积的关系	45
7. 气体的分子运动理论	46
8. 分子运动理论的应用	48
9. 气体的克分子比热 *	51
10. 分压定律	53
11. 热能与他种能的分别 *	54
12. 真的气体——Van der Waals 公式	55
13. 精确分子量的测定	57
14. 分解现象	58
15. 总结	60

第五章 物質的形态(2)液体和固体

1. 气体之液化, 临界现象	61
2. 液体的一般性質	62
3. 液体之蒸发	63
4. 蒸气压力	64
5. 缔合现象 *	67
6. 液体晶体之互变	67
7. 流体与晶体之别	70

8. 晶体的形状	71
9. 晶体的对称性	75
10. 晶格	76
11. 晶体的内部结构	78
12. 研究晶体结构的一些结果	85
13. 总结	88

第六章 分子結構

1. 原子价	89
2. 化合物的公式	91
3. 原子结构大意	91
4. 分子之构成 (一), 电价化合物	97
5. 原质正负性的应用 (1) 稳定性, (2) 顶替反应, (3) 相加反应	99
6. 分子之构成 (二), 共价化合物	103
7. 络合物或配位化合物	105
8. 杂化*	107
9. 双键及三键	108
10. 钝气结构式的例外	109
11. 电价与共价	111
12. 共振論	113
13. 总结	117

第七章 溶液

1. 一些名詞	118
2. 表示濃度的方式	119
3. 一些現象	121
(1) 溶解过程中体积和温度的改变, (2) 分子的结构与溶度, (3) 温度的影响, (4) 压力的影响——Henry 定律, (5) 溶解的速度	
4. 稀溶液的性質	127
(1) 蒸气压力之降低, (2) 沸点的升高, (3) 凝固点之降低, (4) 渗透压力	

5. 溶質可以揮發的溶液.....	135
6. 容量分析.....	138
7. 總結.....	139

第八章 電解質的溶液

1. 酸、鹼、鹽.....	140
2. 電解質水溶液的依數性.....	141
3. 電解質溶液的一種特性——電導.....	141
4. 電解定律.....	144
5. 電導與當量電導.....	146
6. Arrhenius 的電離理論.....	147
7. 電離理論的一些應用.....	149
(1) 中和熱, (2) 稀溶液的熱中和, (3) 溶液的顏色, (4) 溶液的反應	
8. 強電解質與弱電解質.....	151
9. 有效濃度或活度.....	152
10. 離子相互作用理論.....	156
11. Brønsted 的酸鹼理論.....	159
12. 總結.....	162

第九章 熱化學

1. 吸熱反應與放熱反應.....	164
2. 反應熱的測定.....	165
3. 熱化學方程式的意義.....	166
4. Hess 定律.....	167
(1) 間接求反應熱 (2) 間接求生成熱 (3) 自生成熱求反應熱	
5. 恒壓反應熱與恒容反應熱.....	170
6. 反應熱與溫度的關係.....	171
7. 總結.....	174

第十章 反应速度

1. 反应速度的意义	175
2. 质量作用定律	177
3. 反应的种类	179
4. 反应速度的公式	180
5. 影响反应速度的一些因子	181
(1) 浓度, (2) 反应物的性质, (3) 溶剂的性质, (4) 温度,	
(5) 催化剂	
6. 反应的发生	183
7. 温度的影响Arrhenius 公式	185
8. 催化现象	186
(1) 均相催化, (2) 多相催化及吸附, (3) 多相催化反应的速度与浓度的关系	
9. 应用	192

第十一章 化学平衡(一)一般原则

1. 化学反应的可逆性	194
2. 化学平衡	195
3. 平衡的条件	195
4. Le Chatelier-Braun 原则	197
5. 质量作用定律, 平衡常数	198
6. 简单计算	201
7. 温度及压力对于平衡的影响	202
8. 同时平衡	205
9. 多相平衡	206

第十二章 化学平衡(二)

电解质溶液的平衡

1. 水之电离	208
2. 酸和碱	209

3. 弱电解质的电离度	210
4. 电解质的混合溶液	212
5. 缓冲溶液	214
6. 水解	216
7. 如何改变浓度	218
(1) 挥发性, (2) 溶度, (3) 电离, (4) 络离子	
8. 络离子	220
(1) 不稳定常数, (2) 含氮络离子, (3) 氰化络离子, (4) 卤化络离子, (5) 水化络离子, (6) 用途	
9. 沉淀与溶解	224
(1) 溶度积, (2) 例题	
10. 两性物	227
11. 化学反应的系统化	229

第十三章 氧化与还原

1. 氧化与还原反应	231
2. 氧化数	232
3. 如何平衡氧化还原方程式	235
4. 实验条件与反应之关系	237
5. 氧化剂表	240

第十四章 电势化学

1. 一些名词	243
2. 电流之产生	244
3. 电势的测定	246
4. 电池的符号	247
5. 电势的符号及一些计算实例	249
6. 电势与自由能的关系	252
7. 氧化还原电势	252
8. 浓度对于电势的影响	253
9. 标准电势与平衡	255
10. 分解电势	256

第十五章 週期定律

1. 早期的研究	259
2. 週期定律	260
3. 週期表早期的成就	262
4. 現代的週期表	266
5. 週期表与电子結構	267
6. 性質間的关系	268
(1) 週期性, (2) 原子价, (3) 原子半徑及电离勢, (4) 金屬 性与非金属性	
7. 直的关系	271
(1) 正支, (2) 副支, (3) 性質的逆变	
8. 橫的关系	274
(1) 正支, (2) 副支	
9. 週期性的应用	276
(1) 稳定性, (2) 酸鹼的強度, (3) 溶度, (4) 化合物性質的 預示	
10. 週期表的缺点	279

第十六章 原子結構

1. 原子的簡史	281
2. Avogadro 常数之測定	283
3. 关于电子	287
4. 核型原子	289
5. 原子序数	291
6. 同位素	292
7. 原子光譜常識	293
8. Bohr 的氫原子理論	295
9. 电子的分布	300
10. 总结	305

第一章

緒論

1.1 化学的范围

一家大百貨商店的窗子里陈列着一件很漂亮的旗袍，过往的人們全要看它一看。同是一件旗袍，但是对于观众所引起的感想却不一样。一个經濟学家会想到这件衣服的价錢和利潤；历史学家会联想到服装变迁的沿革。一个化学家所注意的却是这件衣服的材料——絲、棉、人造絲，所用的是那一种染料，会不会脱色等等。从这个例子就可以看出化学有一点与众不同，他所注意的全是一些与物質有关的问题。由此可知化学是一种研究物質的科学。

物質科学可以从許多方面来討論。設有一块玻璃。一个物理学家所注意的是此物对于紫外綫是否透明，其介电常数有多大，能經得起多大的拉力等等問題。一个化学家却注意这块玻璃中有多少鉛、矽、鈉、鈣，这些东西是怎样联起来的，改变其成分对于玻璃的性質，如耐酸、耐热、透明等等有何影响。物理学家和化学家虽然全研究物質，但是化学家特別注意物質的組成和其性質的关系。严格說来，物理学和化学是分不开的。有許多从前認為是純粹化学的問題，如分子的結構，化学反应的速度等等現时正引起物理学家的注意；也有許多物理的問題，如溶液的电导、光与物質的关系等等現正为化学家所研究。我們將物質科学分为物理、化学、地質、气象等等只是为研究上的便利而已。

除了物質的組成之外还有一类的问题也是化学家所注意的。有一种人造絲其中有炭、氫、氧、氮，但是将这些东西放在一起却得不到人造絲。化学家要知道在何种情形下这些东西才会变成人造絲。換言之，化学家要知道在何种情形下某种变化才会发生。这类与物質的組成有关的变化叫做化学反应。

有时化学家所注意的是另一类的问题。例如买了一吨煤，我們所注意的不但是燃燒之后产生什么东西，而更关心的是这一吨煤能生多少热。又如一个蓄电池放电之时我們所注意的不但是电极和电池中的硫酸生了什么作用，而更注意电池的電势

和电流。热和电能全是能。因此我們可以說，有时化学家所注意的是一种变化发生时能够产生或消耗多少能。

总结起来，化学討論：

1. 物質的組成与其性質的关系；
2. 如何能夠使一种化学反应发生；
3. 一种反应发生时能夠供給或需要多少能。

1.2 物質及其状态

化学既然是物質的科学，第一个問題当然是：什么是物質？这个問題似乎很简单，实际上却非常复杂。物質的定义几乎是和女子的服装一样，可以有多种多样的。我們沒有工夫去叙述这个概念的历史。化学是一种实验的科学，因此我們从实验的观点給物質下一个定义：凡是有重量的东西就是物質。根据这个定义，思想、道德、爱情等等全不是物質，而鋼鉄、石油、馒头、肥料等等才是物質。

一切的物质全可以有三种形态：气态，液态，固态。若是一种东西沒有一定的形状而且它的体积永远和盛它的器皿一般大，这种形态就叫做气态。若是一种东西的形状是不定的，但其体积是一定的，那就是液态。若形状和体积全是一定的，即是固态。在普通的温度及压力下空气是气体，水是液体，食盐是固体。

这三种物态的特点将来还要討論。此处所要提起的是物体的形态和它所处的环境有很大关系，一杯水在普通的温度及压力下是液体，但是在低温时可成固体的冰，在高温可成气体的水蒸气。其他各物也是如此。通常所謂之固体，液体，气体全是指普通的温度及压力下說的，而不意味着某种东西天生的就是固体，某物天生的就是液体。

1.3 性 質

化学家的一个最重要任务是辨别物質，只靠物質的形态不能解决这个問題。要想認識物質必須知道它的性質。

有些性質如大小，輕重，长短等等是一切物質所公有的。此种性質叫做屬性，不能作辨别物質之用，想辨别物質須知道各种物質的特性，此書所說的性質皆是指

特性而言。

所謂特性者是一種物質所独有的性質，特性可分為兩類：物理性質及化學性質。前者是物質自己所表現的性質，后者多半是遇見他種物質時所表現的性質。測定物理性質之后原來的物質仍然存在；測定化學性質之后，物質就變了。例如，測定了折光率之后，水仍是水，而白糖遇見了濃硫酸之后就變成黑炭了。通常用以辨別物質的物理性質有沸點，融點，折光率，密度，顏色，導電率，硬度，蒸發熱，膨脹系數，臨界溫度等等，遇見各種試劑時所發生的各種現象就是化學性質。例如，黃金和某種銅的合金在外表上是很相似的，但若以硝酸處理，則后者溶解而前者不溶。這個現象表示二者的化學性質不同。

一種物質的性質有許多種。在辨別物質時若想將其所有的性質全測定一番，顯然是太不方便，因此，作實驗的人必須有所選擇。選擇的標準可以說是因人因地而異，但是有一個原則可以使我們省了無限的麻煩。這個原則是：若是兩個物體有幾種性質完全一樣，則其他的性質也完全一樣（Ostwald）。例如，純水是无色、无味、无嗅的液体，其沸點（在一氣壓下）是 100°C ，其結冰點是 0°C ，其折光率（在 20°C ）是1.33299。沒有另一種東西的性質與此完全相符。因此若是遇見一種液体其這幾種性質也是這樣的，我們就可以斷定其為水，而不必再去測定它的密度，膨脹系數，導電率等等。

1.4 物質的種類

應用上述辨別物質的方法，化學家發現可以將物質分為兩大類，有一類東西的性質是全体一律的。例如，有一大缸水，無論從缸中的那一部分取出一些水來而測定其性質，結果全是一樣的。這類東西叫做均勻的物體，取一塊花崗石詳細觀察，就會發現其性質並不完全相同：有些部分很硬，有的顏色發紅，有的是一片片的，硬的是石英，紅的是長石，片狀的是雲母，象花崗石這類的東西叫做不均勻的物體，組成一個不均勻物體的那些均勻部分，如石英，長石，雲母等等，在化學術語中謂之相。不均勻的物體不一定是多相的，均勻的物體必是一相的。

凡是只含一種東西的就叫做純物質，如上文所說的水。含多種東西的就叫做不純物質，如花崗石。水是一相的，花崗石是多相的，也許因此就引起了一種見解，認為一相的東西全是純物質，而多相的全是不純的。此種見解是不對的。在某溫度

及压力下水，冰及水蒸气可以共存。这个体系* 虽然有气相，液相和固相，却只有一种物质， H_2O ，故此仍然是纯物质。将水和酒精混在一起只有一相，但是我们可以用物理或化学的方法证明其中含两种物质，因此不是纯物质。在此例中我们可以任意改变水和酒精的比例。凡是一相之中有数种物质，其量可以由我们任意改变，这种体系就叫做溶液。溶液并不一定全是液态的。例如，空气就是气态溶液，许多合金是固态溶液。无论一个体系是一相的还是多相的，只要其中所包含的不止一种物质，这个体系就叫做混合物。

将一种混合物分为几种纯物质之后，我们又遇见一个新问题：不纯的物质可以变为几种更简单的纯物质，但是纯物质是否可以再简单化？经过许多化学家研究的结果，我们知道有的纯物质可以化简，有些东西却不能。例如，水虽是一种纯物质，但是我们可以将其再分为两种纯物质，氢和氧，用普通的化学或物理的方法我们不能将氢和氧变成更简单的物质。这类最简单的东西叫做原质。（更精确的现代定义将来再提）。由原质所组成的纯物质叫做化合物。原质这个概念始于Boyle (1627-1691)。这个概念之成立是化学史中第一件大事。在十七世纪之前有许多化学家认为物质可以无限制的改变。古时中外炼丹家的点铁成金的企图就是从这个观点出发的。这些化学家的工作为我们累积了许多化学知识和方法，但是整个化学界却走入歧途。自从Boyle的学说为化学家所承认之后，化学才走上另一个途径。此后的进步一日千里，到今日成为精确科学之一。我们今天认为此种概念平淡无奇，但是若一比较Boyle以前和以后的化学，就知道Boyle的工作对于化学是何等重要了。

* 凡是我们所注意的那部分物质就叫做体系。例如讨论一杯水时，这水就是我们的体系。又如将空气贮于瓶内而研究其性质，这瓶气体就是我们的体系。

第二章

重量的关系

无论那一种科学最初全是定性的。科学家所注意的多半是研究对象的性质，而不是各种东西或性质间的数量关系。不注重数量关系那种科学就不能成为精确的科学。最初化学家所注意的是制备各种东西而研究其性质。经过了几千年间若干人的努力，人们知道了许多事实和方法，但是对于将化学从定性的变为精确科学贡献最大的是 Lavoisier* (1743-1794)。他深切认识到定量实验的重要性，经常的使用天秤**，而且以极其清楚的实验结果说服了当时的化学家。自从化学家普遍的使用天秤之后，化学才渐渐的变为精确科学了。

2.1 物质不灭定律及 Einstein 公式

人能不能创造物质？这是一个很老的问题。在中国古代有太极两仪，五行生剋之说；在古代印度及希腊有地、水、火、风之说。根据这种见解，点铁可以成金，物质是可以创造的。也有一派人主张，无中生有是不可能的，物质是不能创造的。主张虽然不同，却全是从形而上学出发，没有实验的根据，不能解决问题。

现在看看科学家如何解决这个问题。物质的最重要特点是有重量。物质的多少和其重量成正比。倘若我们能够创造或消灭物质，则经过一番处理之后物质的重量

* 比 Lavoisier 约早四十年 Ломоносов 就作过些定量的实验。但是因为他站在时代前面太远了，同时他的结果也没有 Lavoisier 的那么清楚和彻底，所以未能引起科学家的注意而很快的就被遗忘了。直到廿世纪初年化学家才发现有这样一个天才，一个历史上第一流的化学家对于化学的发展未曾起他所应起的作用。这不但是 Ломоносов 的不幸，也是整个化学的不幸。

** 在唐朝葛洪就用过天秤，作过定量的实验。因为他是个炼丹家，其作实验的目的是寻求长生不老，点铁成金的仙丹，所以不能将他的结果发展成化学。评论古人不能不顾时代。倘若考虑到他的时代（三至四世纪），我们可以自豪的认为葛洪是历史上最大化学家之一。

就未必和处理之前一样，倘若不能创造或消灭物质，则处理前后的重量必是一样的，Lavoisier所用的就是这个标准。他使几种物质发生化学反应，并测定反应前后物质的重量。经过多年实验他得到一个结果：化学方法只能改变物质的成分而不能改变物质的量。这个结论就是现时所谓之物质不灭定律。因为这是一个最基本的問題，需要极精确的实验结果才能圆满解决，而Lavoisier时代的工具及技术不能满足这种严格要求，所以后来不断的有人改进实验技术来研究这个问题。在十九世纪中叶Stas作了許多极精确的实验来考验这个定律。他用水银和碘制备碘化银，所得产物之重量与原来碘和银的总重量只相差0.002%。十九世纪和廿世纪之交Landolt及本世纪初期Manley将实验的精确程度又大大的推进了。他们的实验是这样的。用一个有两只脚的玻璃管(图2.1)，将一种东西装在左边，将另一种装在右边，封死管子，然后用极精细的天平称之。将左右两方的东西混合使其发生反应，再称之。

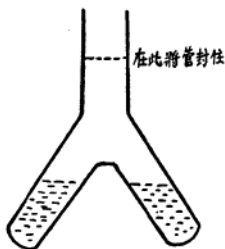


图 2.1

Manley所用的管子和药品共重109克，混合前后重量之差小于0.006毫克。这就是说，倘若重量因反应而改变，这个改变比一千万分之一还小些。这个误差是在实验误差范围内的，因此科学家承认这个定律是科学中最精确的定律之一。

根据 Einstein 的特殊相对论原则，物质的质量是和它的能量成正比的。这个关系就是著名的 Einstein 公式：

$$E = mc^2. \quad (2.1)$$

式中之E代表能量，m代表质量，C代表光的速度，其数值是 2.9979×10^{10} cm/sec. 根据这个公式，物质可以转变为辐射能，辐射能也可以转变为物质。我们先看看这个结论对于一般化学现象有何影响。

例：实验的结果告诉我们：1000 克的硝化甘油爆炸之后能放出 8.0×10^{13} 尔格 (erg) 的能。根据式 (2.1)，此反应所产生辐射能的质量是

$$m = \frac{E}{C^2} = \frac{8.0 \times 10^{13} \text{ ergs}}{9 \times 10^{20} \text{ cm}^2/\text{sec}^2} = 0.89 \times 10^{-7} \text{ 克},$$

因此爆炸产物之重量是699.999999911克。这个数量与原来的1000克相差非常之小，小到不能以现时的实验技术来测定。自实用的观点，我们可以说，在化学反应中物质不灭定律是完全正确的。自1939起这种情形改变了。在那一年 Hahn 和 Strassmann 公布了他们的原子核分裂的实验结果。从此原子能时代就开始了，原子核分裂

所产生的能量远超过最激烈的反应，因此重量的改变就不能再忽略了。

例：1000克铀235分裂的结果放出 8.23×10^{10} 尔格的能量。根据Einstein公式，此变化所产生辐射能的质量是

$$m = \frac{E}{C^2} = \frac{8.23 \times 10^{10} \text{ ergs}}{9 \times 10^{20} \text{ cm}^2/\text{sec}^2} = 0.915 \text{ 克}。$$

自1000减去0.915得999.085克，此即所余的重量。

讀者切須注意，原子核分裂的現象並不意味着物質的消灭或能量的消灭。在本世紀之前科學家承認兩個獨立的基本定律：物質不滅定律及能量不滅定律（見下章）。現時科學家將這兩個定律合而為一，將其叫做質量不滅定律。此處的“質量”是指物質的質量和能的質量之總合。在一個體系中物質的質量或能的質量皆能變更，但是此二質量的總合卻是不變的，這個定律包括了前兩個定律，其範圍顯然更大。隨着科學的進步，從前所發現的定律往往成為後來發現的定律之特殊實例。現時所認為最廣泛的定律，將來很可能變為更廣泛的定律之一部分。無論多么偉大的科學家也不能不受時代的限制，因此根據十九世紀的科學知識所得到的結論到了廿世紀就可能過時了。“後之視今亦猶今之視昔”。一個真正的科學家應該運用嚴格的邏輯從當時的科學成績以得到與事實相符的結論。倘若墨守權威的見解而不顧科學的進步，遇到了與古老說法不符的新事物就大驚小怪，認為是離經叛道，那就違反了歷史唯物論的精神了。

2.2 定比定律和倍比定律

已經知道了化合物是由原質所組成的，我們要知道在化合物中各種原質的量是不是一定的。這個問題在十八、十九世紀之交曾引起很激烈的爭論。Berthollet主張化合物的成分不是一定的。只須改變所用各物之量，化合物的成分就隨着改變。Proust反對這種主張，認為化合物中各原質重量的比例是一定的。他制出些碳酸銅，証實此種人造的化合物與天然的一樣，而且二者之成分也相同。從這個及其他實驗結果Proust得到一個結論：在一種真正的化合物中各原質重量的比例是一定的。這就是定比例定律。後來Stas用多種不同的方法制出各種化合物，其結果完全証實了Proust的結論。例如，他用了四種不同的方法制出氯化銀，然後再分析之。此四種氯化銀的成分至多才相差0.004%。後來還有許多其他化學家也得到類似的結果。因為這些實驗結果及Dalton的原子理論的出現，定比例得到了化學家的普遍承認，

而将其当作化合物的界說。

近年来 Berthollet 的主張在一定限度內又复活了。有些金屬与金屬及金屬与非金屬的化合物之成分在一个小範圍內是可以改变的。例如， γ 黄銅的理想成分（即符合于定比定律的成分）是 Cu_5Zn_8 ，相当于62%的 Zn。在事实上 Zn 量可自59至67%。現時对于这类化合物的存在是这样解釋的。設有○和●两种原子，他們所成之化合物的理想晶体是图2.2a。但是因为制备时○很多，有些原来晶格中的一个●

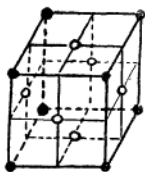


图 2.2 a



图 2.2 b

可能被一个○所代替而得到b型的晶体。这两种晶体成分当然要差一些。至于相差的多少不但要看二原子的相对量，而且还要看晶格的类型，因此成分的变更只能在一定範圍之內，而不是象Berthollet所主張的那样，可以任意改变的。我們將这类的化合物叫做Berthollet型的，而将一切有机物，盐类， H_2O ， HCl 等等与定比定律相符的叫做Dalton型的化合物。这个例子又一次說明科学中的概念不是一成不变而是可以随着实验結果之增加而改变的。

氢和氧化合可以成水，又可成过氧化氢；銅与氧化合时可得两种化合物，一黑一紅；碳与氧化合时可得两种东西，一种有毒，一种无毒。这类的事实不胜枚举。Proust虽然知道这些事实，却没有表示过意見。从这类现象Dalton得到了一个結論：若是几种原質能成一种以上的化合物，則在这些化合物中各原質的比例是簡單的倍数。这就是倍比定律。例如在紅色的氧化銅中100克的銅与12.58克的氧化合，而在黑色的氧化銅中，100克銅則与25.16克氧化合。 $12.58:25.16=1:2$ 。

在四十年前定比和倍比定律皆被認為是最精確的定律，沒有例外。現在我們知道，即使不考慮Berthollet型的化合物，这两个定律也可以有例外。我們知道普通氫氣中实际有三种重量不同的原子，其重量之比是1:2:3。水的組成既然是二氢一氧，則氧氢重量的比例至少有三个，2:16，4:16，6:16。但是为什么这个比例总是2.016:16呢？这是因为天然氫氣中这三种氢的比例是固定的。一般我們所用的氫氣是这种固定比例的混合物，而不是先将三种氢分开，然后使其单独与氧化合，因此結果是和只用了一种重量为1.008的氫氣一样。不但氢是如此，其他各原質也絕大多數是如此，不过其原子量的相对差別沒有氢那么多而已。这种原子量不同而性質相同的原質叫作同位素。例如氧有三个同位素， O^{16} ， O^{17} ， O^{18} ，他們的原子量之比是16.000:17.0049:18.00369，在天然气体中的百分比是99.76:0.04:0.20。

2.3 如何測定重量的比例

上节所說的只是結果，現在用两个例子來說明这类的結果是怎样得出來的。

(1) 測定氧化銅中的化合比例——在一个磁船中放一些极細的銅粉。將磁船放在一个玻璃管中，加热至高温度然后通入純淨的氧气或空气。在此种情形下氧即与

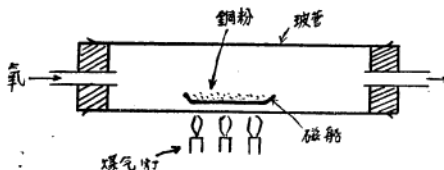


图 2.3

銅化合成黑色的氧化銅。冷后将磁船取出用精細天平称之。將磁船重新放在玻璃管中，再通氧气而燒之，重复上述的操作直到重量不再变为止。所增之重量就是氧的重量。已知銅的重量，又知氧的重量，二者的比例就可以很容易的算出來了。今以在我們實驗室中所得的結果作說明：

磁船之重	8.428克
磁船加銅粉之重	9.278克
銅粉之重	0.850克
燒后（即加氧后）之重	9.488克
氧重 = 9.488 - 9.278	0.210克

自这些数据我們知道黑色氧化銅中銅氧重量之比是85:21。若以百分数来表示則銅是

$$106:85 = 100:x, \quad x = 80.2\%,$$

氧是

$$103:21 = 100:y, \quad y = 19.8\%,$$

(2) 測定水的化合比例——在一个磁船中装些黑色的氧化銅。將磁船放玻璃管中燒之，同时通过干的氫气。在高温时氫气能和氧化銅中的氧化合成水。使所得的水蒸气和未化合的氫气通过吸水剂（可用 CaCl_2 或 P_2O_5 ），水气即被留住，而氫气逃出。吸水剂所增之重即水之重；氧化銅所失之重即是所得的水中氧之重量。二者之差自然就是氫的重量。由此即可得水中氫氧的比例。实验的装置略如下图。