

丛书主编 李醒民 肖显静



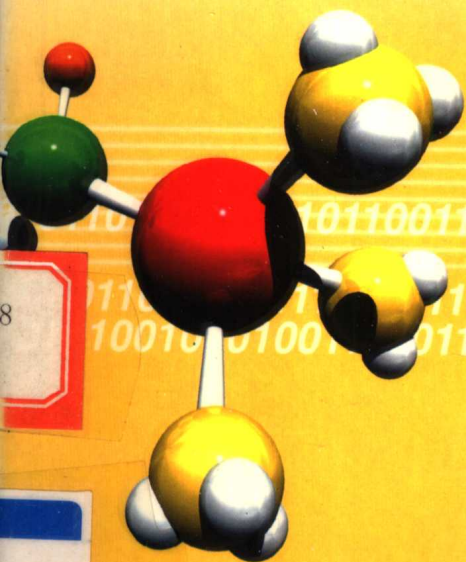
中学生科学素养丛书

- 通向化学发现的途径
- 化学理论形成的轨迹
- 怎样成为一名化学家
- 担负起化学家的责任

# 化学

ZAI HUAXUE WUTAI DE BEIHOU

## 在化学舞台 的背后



肖显静 编著

陕西科学技术出版社

丛书主编 李醒民 肖显静



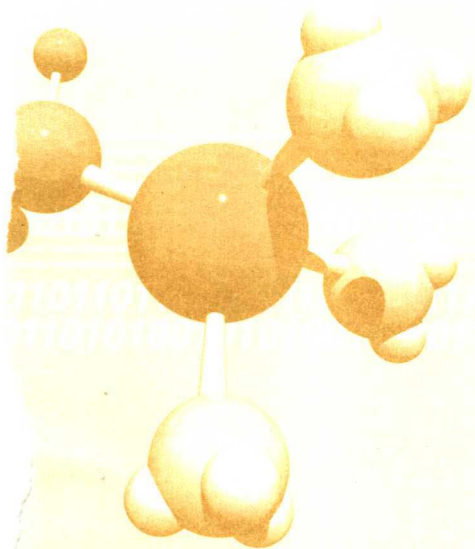
中学生科学素养丛书

# 化学

## 在化学舞台的背后

ZAIHUAXUE WUTAI DE BEIHOU

肖显静 编著



陕西科学技术出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

化学·在化学舞台的背后/肖显静编著. —西安: 陕西科学技术出版社, 2003. 11

(中学生科学素养丛书)

ISBN 7-5369-3701-6

I. 在... II. 肖... III. 化学课—中学—课外读物  
IV. G634.83

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 089248 号

---

|       |                                                                                                                                  |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 出 版 者 | 陕西科学技术出版社<br>西安北大街 131 号 邮编 710003<br>电话(029)87211894 传真(029)87218236<br><a href="http://www.snstp.com">http://www.snstp.com</a> |
| 发 行 者 | 陕西科学技术出版社<br>电话(029)87212206 87260001                                                                                            |
| 印 刷   | 西安信达雅印务有限责任公司                                                                                                                    |
| 规 格   | 787mm × 1092 mm 16 开本                                                                                                            |
| 印 张   | 13                                                                                                                               |
| 字 数   | 208 千字                                                                                                                           |
| 印 数   | 1 - 5000                                                                                                                         |
| 版 次   | 2004 年 1 月第 1 版<br>2004 年 1 月第 1 次印刷                                                                                             |
| 定 价   | 20.00 元                                                                                                                          |

---

版权所有 翻印必究

(如有印装质量问题,请与我社发行部联系调换)



# 敞开您的心扉：聆听科学！

## ——《中学生科学素养丛书》总序

李醒民

亲爱的青少年朋友，您手中的这套丛书，是我们特意为您编写的。

跨入中学的大门，您在课堂上或迟或早要学习各种各样的科学知识，要理解抽象的科学概念，要记忆繁杂的数学公式。可是，您知道那些知识是怎样被创造出来的吗？您清楚那些概念和公式是如何被发明或被发现的吗？

我们猜想，您恐怕不会了解得太多。

至于科学家在与他的问题苦斗时的心路历程和精神状态，以及在“山重水复疑无路”的困惑之后，瞥见“柳暗花明又一村”美景时的惊奇和狂喜，您大概就更加不甚了了。

因此，急需一套丛书弥补这一缺憾——《中学生科学素养丛书》于是应运而生。

在这套丛书中，我们拟通过一个个小故事，力图历史地勾勒出科学家的所思所想、亦苦亦乐，并穿插少许认识论和方法论的议论，借以收到虚实相间、情理交融的效果。

我们热诚地祈望，青少年朋友从中不仅能学到一些科学知识，更重要的是能把握科学方法，领悟科学精神。您要明白，科学方法是科学的本质，科学精神是科学的灵魂。手握科学方法，遇到问题往往事半功倍；心怀科学精神，人生也会变得富有意义和情趣。

青少年朋友，您可能十分崇敬大科学家和大思想家爱因斯坦。爱因斯坦曾借他人之口，给教育下了一个极其精妙的定义：“如果一个人忘掉了他在学校里所学到的每一样东西，那么留下来的就是教育。”

这样的“教育”无疑是人们常说的“素质教育”，《中学生素质教育丛书》的立



意和旨趣恰恰就在这里。

我们相信，只要您打开书页，静静地读下去，您肯定会情不自禁地徜徉其间，或流连忘返，或低回默思。

青少年朋友，敞开您的心扉吧，请聆听科学的真谛！

像春日轻柔的雨丝，  
无声地沁透您的心脾。  
像夏夜徐徐的清风，  
刹那间凉彻您的肌肤。  
燃起您的热情的，  
是漫山遍野醉人的红叶。  
涤荡您的魂灵的，  
是一望无垠的皑皑白雪。  
智慧的科学  
——有崇实尚理的精神，  
有从善如流的情怀——  
似春雨、夏风，又似秋叶和冬雪。

2003年1月16日于中国科学院研究生院



## 目 录

## 引 论

## 化学教育的新途径

1

## 第一篇 通向化学发现的途径

## 1 实验是最好的老师

——选择恰当的实验种类

6

## 2 架起化学认识的桥梁

——化学仪器面面观

13

## 3 运用电解法发现新元素

——以钾钠钙镁的发现为例

16

## 4 分析化学发展中的发现

——以氯的发现为例

19

## 5 利用物理方法为化学研究服务

——从本生灯到分光镜

25

## 6 机遇偏爱有准备的头脑

——抓住机遇做出科学发现

29

## 7 怎样选择化学实验课题

——炼金术的功与过

31

## 8 怎样更好地完成化学实验

——用科学理论来指导

35

## 9 透过现象看本质

——从归纳中探求因果关系

39



- 10 假说—演绎方法的应用  
——从天花疫苗的发现看 43
- 11 非理性思维也是发现的一种形式  
——苯分子结构发现的启示 46
- 12 化学不只是发现还是创造  
——从分析还原走向合成综合 53

## 第二篇 化学理论发展的形式是假说

- 1 丑小鸭变成白天鹅  
——元素概念的变化 59
- 2 否定旧假说建立新理论  
——从燃素说的抛弃到燃烧学说的诞生 62
- 3 科学假说不断发展  
——原子分子理论的创立 66
- 4 众里寻它千百度  
——原子量的测定和分子式的确立 71
- 5 在实验的基础上提出科学假说  
——从电结合假说到电离理论 76
- 6 在修正错误和完善自我中进步  
——元素周期律的发现和发展 81
- 7 理论是逐步完善和发展的  
——早期有机化学理论的演进 86
- 8 理论构建的历史条件性  
——化合价理论的建立 90
- 9 理论的建立是一个过程  
——经典有机结构理论的发展 93



## 10 理论不能与实验事实相矛盾

——酸碱理论的演化

101

## 11 大胆猜测小心反驳

——化学反应机理研究

104

## 12 理论和实验共同推动科学的发展

——原子结构模型的完善

107

## 第三篇 做一名优秀的化学家

## 1 淡泊名利,献身科学

——卡文迪许

113

## 2 敢于牺牲,百折不挠

——莫瓦桑

115

## 3 勇于探索,精益求精

——拉姆塞

119

## 4 教书育人,诲人不倦

——李比希

124

## 5 追求学问,矢志不渝

——舍勒

128

## 6 成也兴趣,败也兴趣

——奥斯特瓦尔德

130

## 7 穷且益坚,自学成才

——法拉第

133

## 8 少有壮志,终有成就

——李远哲

139

## 9 咬定青山,坚忍不拔

——拜耳

143



10 知耻后勇,开拓奋进

——格利雅

145

第四篇 担负起化学家的责任

1 人类光辉的典范

——居里夫人的品格

148

2 科学家的道德责任

——哈伯的功与过

152

3 化学是把双刃剑

——诺贝尔的喜悦与遗憾

157

4 国民经济的支柱

——化学的重要作用

160

5 环境破坏的原因

——化学难辞其责

165

6 利用化学保护环境

——绿色化学新理念

171

7 如何识别伪科学

——“水变油”的谎言

177

8 化学战的伦理何在

——令人生畏的化学武器

181

9 追寻历史的脚步

——化学与文物考古

186

10 化学使人更健康

——药物化学的正副作用

189

参考文献

194

后 记

196



# 引 论

## 化学教育的新途径

中学的化学教育包括两个方面：一是学校组织进行的化学教学；二是学生通过阅读课外化学科普读物而受到的教育。这两方面都应该从化学的内涵考虑。化学包括解释层面、精神层面、器物层面和社会层面。“解释层面”就是化学知识部分。“精神层面”包括化学研究方法、化学思想及化学认识和应用活动所体现出来的科学精神，它是科学得以发生和发展的内在要素，正是这几方面的结合，产生了化学知识，确认并解释着自然。然而，化学不止这些。化学对自然的认识成果还可以转化为化工，用来变革自然，为人类服务，这是化学的“器物层面”。化学又是一把“双刃剑”，在极大地推动社会发展的同时，也带来了一些负效应，这是化学的“社会层面”。了解这些，对于正确地认识化学非常重要。完整的中学化学教育应该包括这四个层面。中学生化学素养的构成也应该包括这四个层面。

不言而喻，上述四个方面不是分离的，它们具体体现在化学研究活动的具体过程之中。由此可见，完整的化学教育不仅仅是单纯向学生灌输现有的化学知识，更重要的是向学生展现化学研究活动的历史过程，让学生充分了解和理解历史上的化学研究者在从事化学研究的过程中运用了什么样的实验方法，做出了什么样的科学发现，创立了什么样的科学理论，并且这些科学理论又是怎样发展的。这样，学生对化学研究方法、化学知识和化学思想、科学精神也就有了一个感性的认识，并因此掌握化学研究的本质。要知道，学生学习化学的过程应该与科学家所从事的化学研究活动只有量的差别而没有本质的差别。只有将科学家所进行的科学研究活动转化为学生的研究性学习，才能使被教育者了解化学知识，具备化学思想，掌握化学方法，理解化学的社会应用价值。然后在此基础上发扬科学精神，更好地认识和改造自然。



针对上面的教育思想,考察我国目前的化学教育,就可发现存在较大的缺陷,没有将化学的上述“四个层面”结合起来进行。具体表现在以下几方面:

(1)从教材看,文化大革命后,我们的教材编写从“以社会为中心”转向“以知识体系为中心”,按照循序渐进、系统化的原则,选取了经过长期实践筛选、积累下来的化学知识。这对于体现化学知识的系统性,使师生在有限的时间内学习更多的化学知识,更有效地解决化学学科内的理论问题很有好处。然而,照此编排的化学知识体系舍弃了化学发展的具体过程,展示的是一个成熟的、静止的、无疑的化学知识,缺乏化学知识发展的历史性、渐进性和探索性,从而也就失去了化学研究工作者在研究过程中对化学研究方法的探索以及科学精神的展现。这对于完善中学生科学普及教育,提高他们的科学素养十分不利。实际上,化学知识的创立是一个过程,目前化学课本上所介绍的那些成熟的化学知识是由历史上的化学工作者采用一定的化学研究方法,发扬卓越的科学精神,经过艰苦的探索,一步一步完善、演变、发展而来。理解了这点对于提高学生的科学素养十分重要。

新世纪伊始,教育部颁布了义务教育各科新的课程标准(实验稿),随之各套以新标准为依据编制的新教材从2001年秋季开始在全国38个实验区使用,这标志着新一轮义务教育改革正式在实践层面拉开序幕。2002年新教材开始向全国推广。新教材具有下列特点:难度降低;与日常生活联系起来;设有科学、技术、社会栏目;加强了科学精神与人文精神的渗透与融合。所有这些对于将科学的四个层面结合起来具有重要意义。但是,在有限的篇幅内进行这样的处理,不足之处在于重点不够突出,不能对每一个问题讲深讲透。

(2)从教学看,由于现在教科书中的化学知识是一个个确定了的、正确的知识点的结合而非化学发展的历史展现,教学过程成了知识点的传授与学习过程。学生在学习过程中根本体会不到化学知识的来龙去脉,体会不到课本上的化学知识并非化学工作者一蹴而就,而是经过无数前人艰苦探索,经历一次次失败、一次次完善而获得的,是科技应用于社会并受社会推动的结果。这样,学习过程成了被动接受的记忆过程,成了一种程式化的努力。结果是,尽管学生掌握了一些化学知识,但是没有在了解化学发展及其应用的过程中体会化学的研究方法、化学思想、科学精神以及化学对于社会发展的意义。

(3)从应试教育看,强化了上述状况。长期以来,应试教育在我国中学教育中占据主导地位,在高考、中考中得高分成为老师学生的共同愿望。要想得高分就要在运用化学知识解题上下功夫,这成了化学教育的全部。化学教育成了浓



缩了的化学知识教育。重化学，轻化工；重化学理论，轻化学实验；重化学知识、轻化学方法、化学思想和科学态度；重理论难题的解决，轻实际问题的处理。由此化学教育成了化学教条的教育。化学探索过程和探索方法以及学生对事物的好奇心、求知欲望、学习动机、学习态度和学习热情或受到忽视，或受到压抑甚至窒息。化学知识的记忆成了最高目标，而科学探究的态度、方法、精神等成了一个可有可无的东西。这必然造成化学的完整意义的失落，导致中学生高分低能，不能从历史的角度理解化学，既影响他们进一步进行科技创新，也影响到他们在今后的日常生活中用化学的观点看问题。

(4) 从中学生的化学科学普及教育看，对于中学生化学素养的培养也存在较严重的不足。一是中学化学教材、教辅、教学参考类图书占有绝大份额，而化学科普类图书，尤其是带有创新性的科普读物较少。二是以往出版的中学生化学科普读物大多着眼于化学家传、化学故事、前沿化学进展以及高新化工技术的发展，对化学发展的系统历史及其体现在该历史中的化学研究方法、化学思想和科学精神涉及不多，对于化学对社会的影响关注较少。这直接影响到中学生深刻理解化学知识、化学研究方法、化学思想、科学精神和化学的社会应用价值。三是过去出版的中学生化学科普读物与中学化学教材体系以及中学化学教育没有多大关系，两者相互脱离，直接结果是学生不能将所接受的中学科学教育与科普读物的内容结合起来，这既影响中学阶段化学教育的效果，也影响到中学生化学普及教育。

如对于化学实验，高中阶段乃至大学阶段的学生所做的实验基本上是在重复别人已经做过的成熟实验，其实验仪器、实验对象、实验步骤基本上是按部就班的。学生只要依葫芦画瓢就行了。当然，这对于学生了解某一实验实施的过程以及掌握基本的实验操作技能必不可少。但是，这样的实验教学不能充分发挥学生的主观能动性，给学生造成了一种假象，即认为化学实验不过如此，只要按步骤进行就行了，不需要理论的渗透。如此，学生就不能体会到一个原创性实验的艰辛，不能体会到我们今天所做的实验是前人经过长时间探索而完善起来的，很少意识到在实验过程中是需要我们开拓创新，充分发挥自己的主观能动性的，更体会不到科学探索、科学发现的乐趣。其实，重复别人的实验只是重复性劳动，独创性的实验才是创造性劳动。创造性劳动比重复性劳动更具创造性、开拓性，更具科学认识的价值。实际上，科学研究对象正从宏观向宇观、微观扩张，科学仪器也向“微型化”、“巨型化”、“复杂化”的方向发展。这两者都需要实验者不仅要掌握与实验相关的理论知识，而且要掌握高超的实验技能；不仅要



知道怎样做实验,而且要知道为什么这样做实验以及怎样更好地做实验。这些都需要实验者必须具有坚实的专业基础知识和操作仪器技能,需要实验者勇于开拓创新,充分发挥主观能动性,以不屈不挠、坚忍不拔的精神取得成功。

再比如,目前中学化学教育向学生展示的是成熟的、正确的化学理论,没有向学生展示这一理论是怎么来的。实际上,目前中学化学教科书上向学生所介绍的化学理论不是化学家一下子就创立的,而是许许多多的化学家经过不懈的努力,经过猜测、验证、反驳,抛弃错误的假说,发展完善部分正确的假说而来的。要知道,化学研究是一项对未知事物的理性的、探索性的事业,必须经历由表到里、由浅到深、由部分到整体、由不正确到较正确再到正确的认识过程。如果没有许许多多前人的探索甚至是错误的探索,正确的探索者也会失去对错误道路的认识而陷入盲目,也就不可能获得正确的认识。在科学认识的同一时期,对同一问题认识的科学家有很多,任何一个人的认识对于其他人来说都是一种启发和观照。从这个意义上来说,无论是成功的还是失败的都是对自然的认识,都有助于对自然获得正确的认识。舍弃了这一点,直接向学生介绍成熟的化学理论,就不能使学生发现化学理论建立的方法以及其中所经历的艰辛,使学生体会不到化学理论的真理相对性,从而把化学理论当成一个个教条来接受。这对于培养学生的理论思维能力十分不利。

也正是由于上述两方面的欠缺,学生就不能体会在具体的化学研究活动过程中,化学家对待科学的态度、工作的作风、所遵循的价值观人生观,体会不到化学家的成长历程,从而也就不能体会到化学家科学精神的可贵和重要,也就不能具备良好的科学精神。

至于化学对社会的影响,正面的教育比较多,而对化学所产生的负面作用介绍的就比较少了。这对于学生正确认识化学的社会作用是很不利的。

综合上面几点,需要我们进行研究,以便推进中学化学教材改革以及改进中学生化学科普读物出版的形式和内容,改革教学方式,提高中学生的化学素养。

对此,一条有效的途径是针对上面所述中学化学教育的欠缺,出版一本化学科普读物。该读物力争在通晓中学化学教科书科学知识体系结构以及知识点的基础上,应用相关学科如科学技术史、科学哲学、科学方法论、科学思想史、自然科学的哲学问题、科学技术与社会等知识,构建与现行的中学化学教材相配套的知识体系。这样的知识体系力图在阐述化学家的活动、化学事件的发生、化学理论以及化学实验的发展、化学的社会应用的基础上,阐明化学发展的脉络,



展现化学家科学活动的实况，反映他们的成功及失败的教训，凸现化学研究方法、化学思想、科学精神在化学研究中的作用，体现所有这些方面的统一。不仅如此，它还将化学的社会应用恰当地嵌入化学发展的历程中，以体现化学的“社会层面”。

本书就是在这样的思想指导下完成的。具体内容分为四个部分：

第一部分通过物质及其元素的发现史，通过化学史的其他案例，说明各种经验方法和理性方法在获取实验事实以及在创立科学假说、科学理论中的的作用，让学生具体了解各种方法，并且深入理解实验过程中理论的作用。

第二部分通过展现各种化学理论的创立过程，让学生深入理解化学理论是逐步完善发展的，理解化学理论的发展形式是假说的本质内涵，由此形成化学理论的真理性是相对的观念。

第三部分通过对历史上一些化学家在化学研究活动过程中所采取的态度、作风、精神的展示，以感性的形式向学生展示化学研究过程中所应该具备的科学精神，使学生受到人生观、价值观、科学观等的教育，树立为科学而奋斗的志向。

第四部分通过向学生展示化学在社会中的应用所产生的正面作用和负面作用，使学生理解化学也是一把双刃剑，从而理解化学家所应该承担的社会责任。

总之，该书力图打破原有中学生化学科普读物的框架，开创一种新的中学化学科普读物形式：与现行的中学化学教育紧密关联，学生和教师有兴趣且有力量接受这一知识体系，而不是该知识体系中的某一部分；学生能够在了解化学发展及其应用的过程中，理解化学的全面含义。这样就将中学化学教学与化学普及教育紧密结合起来，为提高中学生的科学素养找到了一条有效的途径。可以作为中学师生化学教学参考书和课外读物，也可作为科学素养课的选修教材。这对于完善我国中学化学教育的体系结构，弥补传统化学教育的缺陷，加强中学生的化学科普教育，提高他们的科学素养，具有十分重要的理论意义和实践意义。



# 第一篇

## 通向化学发现的途径

考察科学的认识过程，一般是首先通过科学实验等获得实验事实，然后对实验事实进行科学概括，做出科学假说，最后再对具有猜测性质的假说进行经验的检验。这其中涉及两种最普遍的科学方法：实验法和假说—演绎法。它们是通向科学发现的两条途径。对于化学发现也不例外。化学实验法是获取化学实验事实的主要手段，是建立和检验化学假说和理论的有力工具。没有它，化学实验事实的获得是不可能的，化学理论的建立和检验也是不可能的。不过，必须清楚，化学实验法不是固定不变的，它与物理学、生物学等其他学科的发展紧密联系在一起，并随着其他学科的进步而进步。化学实验与理论也不是分离的，它的设计、实施等都需要化学理论甚至是其他学科理论的指导。只有这样，才能更好地设计完成化学实验，以发现更多的经验事实和更好地检验化学理论。而对于科学归纳法和假说—演绎法，它似是对实验事实进行解释和做出预言的方法，是创立科学理论的主要途径。

### 1 实验是最好的老师

#### ——选择恰当的实验种类

在化学研究过程中，我们做了成千上万个实验。根据实验者的预定目的，可以分为定性实验、定量实验、析因实验、对照实验、模拟实验等。至于在科学实验过程中选择什么类型的实验，需要根据具体情况进行具体分析。

##### (1) 定性实验

它的目的是判定某对象实体是否存在，其性质、结构如何，各要素之间具有



何种内在联系等。

如氨气,有哪些性质呢?可用图 1-1 所示的定性实验来确定。

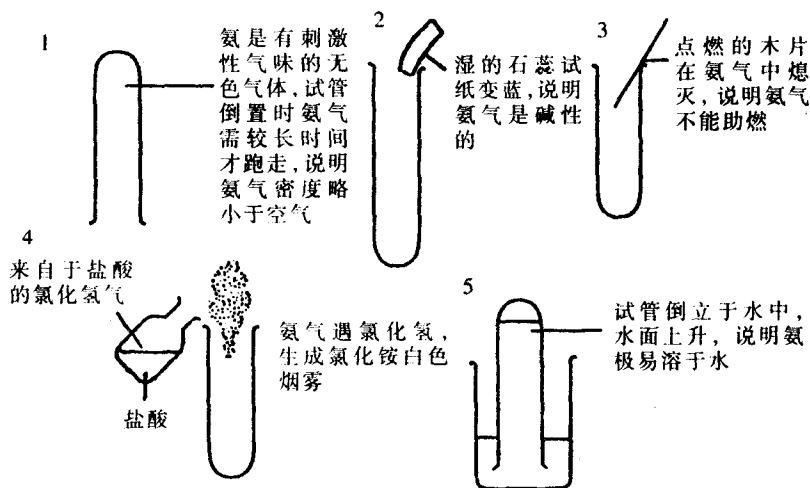


图 1-1 检验氨气性质的 5 个试管试验

不仅如此,利用性质 5,还可以做喷泉实验(见图 1-2)。

进一步地,如果要确定氨气中含有哪些元素,可做下列实验:让氨气先通过加热的铁丝(见图 1-3)。收集到的气体中含有氢气,而这氢气只能来自氨气,因此氨中必定含有氢。

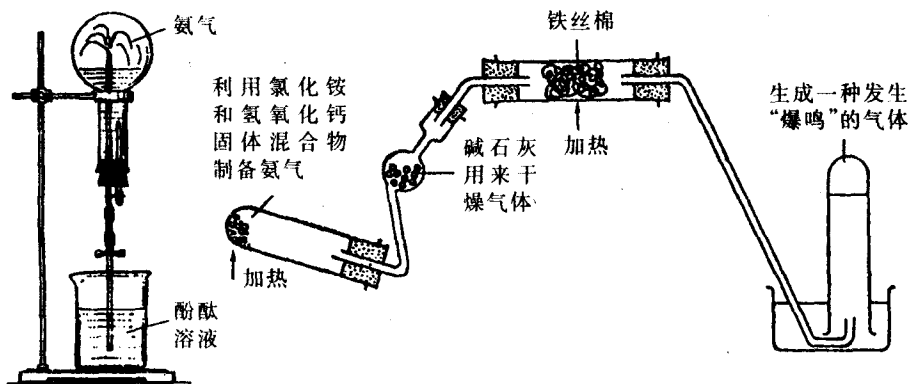
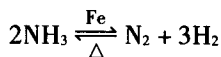
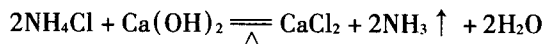


图 1-2 喷泉实验

图 1-3 氨气中含有氢的实验



所发生的化学反应方程式为：



氨气中除了含有氢元素外还有什么元素呢？我们可以将氨气通过加热的氧化铜。当氨气与氧化铜一起加热时，氨中的氢夺走氧化铜中的氧，留下铜（见图1-4），生成了一种气体。经检验该气体为氮气，其中的氮元素必定来自氨。所以，氨中含有氮元素。上面的反应方程式为：

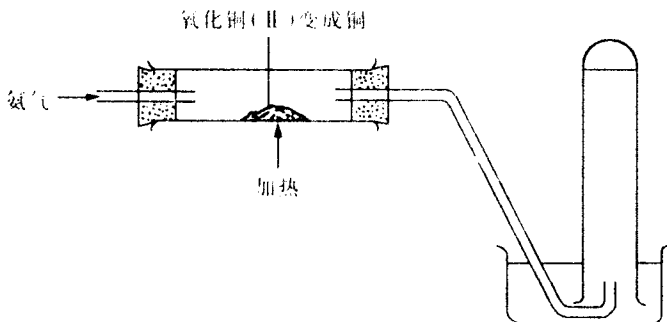
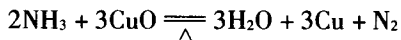


图1-4 氨气中含有氮的实验

综合上述两个实验，氨含有氢和氮，它的分子式是  $\text{NH}_3$ 。

定性实验在科学研究中具有重大作用，它是进行定量实验的基础。因为只有确定了某些因素是否存在，各个因素间是否有联系和相互作用，才能进一步去安排定量实验。同时也只有通过定性实验，知道了试样的定性组成及其大约含量（大量、中量、小量、微量），才能正确地选用定量分析的方法和应当运用的实验仪器，否则，定量实验是很难完成的。

虽然定性认识是定量认识的基础，是考察量的前提，是进行定量认识不可缺少的。但是，定性认识往往是认识事物的开始，具有某些相对性与局限性。首先，它缺乏定量化的严格精确的观察、测量、统计、计算和表述，不能对特定事件给出严密的描述、说明、解释和阐述。所以，它往往不是给出确定的求解难题的具体方式，而仅仅是给出了某种研究的大致方向或趋势，具有不精确性。其次，它不具有严格的操作规则或实践规则的约束，因此，它的研究结构具有很大的