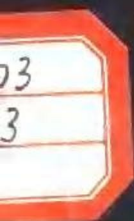




科学实验



1503
13
13,880-03

科学实验

王树茂 编著

辽宁人民出版社

一九八六年·沈阳

科学实验

Kexue Shiyan

王树茂 编著

辽宁人民出版社出版 辽宁省新华书店发行
(沈阳市南京街6段1里2号) 大连印刷工业总厂印刷

字数: 76,000 开本: 787×960 $\frac{1}{32}$ 印张: 47/8

印数: 1—13,650

1987年3月第1版

1987年3月第1次印刷

责任编辑: 王志华

责任校对: 杨立中

封面设计: 马书林

统一书号: 2090·72

定价: 0.92 元

GF48/18

编 者 的 话

这套科学方法论丛书是为科技人员和准备投身于科技事业的青年同志们编写的。每一本小册子讲一个专题，如果把各本小册子的内容汇集起来，大体上包括了科学研究过程中所用的基本方法。

说到方法，很自然地会想到我们常常碰到的问题。

“搞科学就是要如实反映客观对象，还讲什么方法？”确实，自然科学知识是对客观实际的反映，但是，在科学研究中，要真正做到从实际出发，如实反映客观对象却不是一件简单的、轻而易举的事情。虽然自然界的客观规律是可以被人们正确反映和认识的，但自然界不会主动地把它规律交给人们去把握，人们也不可能一眼就看穿客观现象的本质。要让自然界暴露出它的真实面目，非得想点办法不可，对于科学研究来说，只讲物质世界不依赖于人的意识，是人们认识的客体，这还不够；科学探索的成果如何，在相当程度上还决定于进行研究的人——认识主

体，决定于认识主体是否有良好的素质和足够的才能，其中包括对科学方法的了解和训练。科学研究工作者掌握了正确的方法，善于能动地变革现实让自然界暴露其现象，善于能动地改造制作所获得的实际资料，就能更好地坚持从实际出发的原则。揭示和把握自然界的规律。

“搞科学就是要刻苦，要认真，不能靠走捷径，不必讲方法。”毫无疑问，科学是老老实实的学问，科学家应当是老实人，谁不肯下苦功，不肯费力气，就不能攀登科学的高峰。然而，这只是事情的一个方面——科学家又应当是聪明人，会巧干，善于避免失误，力求少走弯路。科学发展史上的许多事例表明：在大致相同的物质条件下同样刻苦地进行实验，结果是巧于安排的研究者取得了更重要的发现；根据大致相同的实验结果同样认真地进行加工，善于思索的科学家会作出较高水平的理论创造。

科学方法论的学习对于科技工作者、理工科大学生来说是必要的，对于哲学工作者来说也是有益的。在现代条件下，要探讨认识论和逻辑问题，就必须关心自然科学的成就和自然科学的研究方法。

那么，是不是看过了一些小册子就能领会科学方法的诀窍，走进发现和发明的殿堂呢？问题

可

也不这样简单。方法对头终究是取得科学成果的一个条件，如果从事探索活动的人力物力不足，科研体制不当，科技政策失误，再好的方法也无济于事。而且，任何科学方法论的著述都只能在理论原则上给人们以启发，只能着重介绍前人和他人 在研究过程中的经验教训，而一个人要真正掌握正确的方法就不能只靠看书，还要靠自己的理解、实践和总结。学习科学方法论也要理论联系实际，也要把读书和应用结合起来。

我们这套丛书是吸取了科学方法论方面的已有的研究成果，着眼于普及宣传而编写的。在编写时力求做到正确准确，生动活泼，深入浅出。同时，我们又深感力不从心，无论是编者或作者，从事自然科学方法论的教学和研究工作者都为时不长，造诣不深，错误和缺点一定很多。我们希望读者能对这些小册子提出宝贵意见。

这套丛书是由大连工学院、辽宁社会科学院、东北工学院等单位的自然辩证法工作者参加编写的。辽宁省自然辩证法研究会对编写工作给予了大力支持，不少同志对丛书初稿提出了宝贵的修改建议，在此一并致谢。

陈昌曙

一九八四年五月

前 言

科学实验是一种以认识为直接目的的探索活动，是人类认识客观世界的事物、性质和规律性，从而能动地改造客观世界的实践活动。从认识论的角度了解科学实验的诞生和历史发展，熟悉科学实验的特点、功能和局限性，掌握科学实验的选题、设计、条件控制等艺术，以及定性、定量、对比、析因、人的实验等形形色色的科学实验类型，不仅对科学技术工作者是必要的，而且对哲学和自然辩证法工作者来说也是不可缺少的。呈现在读者面前的这本小书，就是为读者提供有关这些方面的基础知识的。如果这本小书能够给读者以某些启发的话，那对笔者来说就是一种欣慰了！

笔者深知，这本小书充其量只是一本“棋谱”。棋谱对于学下棋的人来说固然重要，然而不学棋谱也可以下棋，只不过输得快一些就是了；但是只会背棋谱，一味拘泥于棋谱中的套路，也是下不好棋的。要想真正了解、掌握和运用科学实验这种方法，单靠这本“棋谱”那是远

远不够的，还要靠自己在科学实验这种实践活动中不断摸索和提高。

在这本小书的撰写过程中，笔者参考并引用了许多前辈和专家的著述；初稿完成以后，曾得到了韩增禄和杨德荣同志的帮助和指导，在此一并致以深深的谢意。

由于笔者学识浅薄，造诣不深，书中的缺点和错误一定不少，恳请读者批评指正。

王树茂

于辽宁社会科学院

自然辩证法与科技发展研究所

一九八四年六月

目 录

第一章 科学实验的诞生和发展	1
一、阿基米德和皇冠	1
——最原始的实验	
二、宗教神学的叛逆者	8
——科学实验的兴起和发展	
三、“哲学仪器”和“智慧工具”	15
——十九世纪科学实验的全面繁荣	
四、阿波罗载人登月飞行计划	21
——现代科学实验的几个特点	
第二章 科学实验的特点和作用	28
一、脚步声和口水	28
——什么是科学实验	
二、一场突如其来的搏斗	35
——科学实验能够使人获得丰富的感性 知识和规律性的认识	
三、幼芽和大树	44
——科学实验是创立科学理论的基础和先导	
四、微生物是从哪里来的?	51
——科学实验是检验知识真理性的标准	
五、水能变成土吗?	58
——科学实验的局限性	

六、“聚水”引起的一场轩然大波……	64
——科学实验必须有理论思维作指导	
第三章 科学实验的艺术……	72
一、鸡瘟和疫苗……	72
——科学实验的选题	
二、640 与 81……	76
——科学实验的设计	
三、怎样鉴定真聋和假聋？……	81
——科学实验中的反应变量	
四、白盘子与黑豆子……	87
——控制是实验的灵魂	
五、回旋加速器的发明与诺贝尔奖金 的获得……	94
——科学实验的手段	
六、科赫的一件憾事……	101
——实验结果的解释和评价	
第四章 科学实验的类型……	107
一、形形色色的实验……	107
——科学实验的分类	
二、富兰克林是怎样捕捉雷电的……	112
——定性实验	
三、光速是怎样测定的……	115
——定量实验	
四、“童鱼”是怎样诞生的……	118
——析因实验	
五、鸡毛和石子哪个落得快……	121
——对比实验	

六、生命起源的化学途径是怎样	
实现的.....	123
——模拟实验	
七、怎样消除运动员的疲劳.....	126
——人的实验	
附：科学实验研究报告的格式和写法	
.....	136
参考文献.....	139

第一章 科学实验的诞生和发展

一、阿基米德和皇冠

——最原始的实验

科学的发展同前一代人遗留下来的知识量成正比，因此在最普遍的情况下，科学也是按几何级数发展的。

——恩格斯

公元前 287 年，古希腊叙拉古国的海罗在锡拉丘兹称王之后，他为了显示自己的丰功伟绩，决定在一座圣庙里放上一顶金皇冠，奉献给不朽的神灵。海罗与制造商谈好了价钱，签订了合同，并精确地称出黄金交给了制造商。不久，制造商送来了做工极其精美的皇冠，大王极为满意。看起来皇冠的重量与所给的黄金重量完全相符。但后来有人告发说，在做皇冠时，商人盗窃

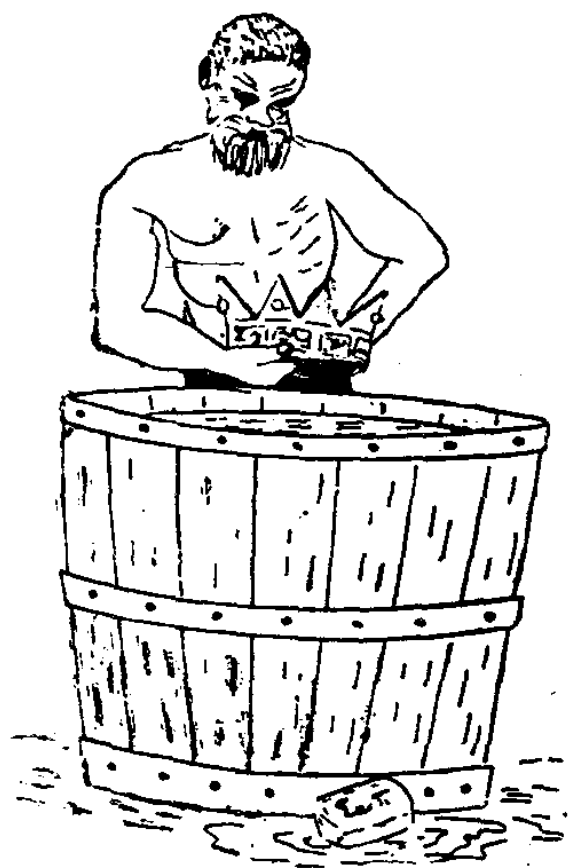


图1 阿基米德与皇冠

了金子，加上了等量的白银。海罗认为自己受了骗，实乃奇耻大辱，但又没有办法把窃贼的嘴脸揭露出来，于是他召见当时著名的力学家阿基米德，命他想想办法。阿基米德虽然日夜冥思苦想，甚至在洗澡的时候也想着这件事。当他

进澡盆时，发现自己的身体越往里浸，从盆里溢出的水就越多。简单的事实启发了智慧的头脑，他一下子从澡盆里跳出来，光着身子欣喜若狂地往家跑，他边跑边重复地大叫：“找到了！找到了！”

根据洗澡这个原型启发，阿基米德设计了一个实验。他作了两件重量与皇冠相同的物体，一件是黄金的，另一件是白银的。做好之后他把一个大容器用水装得满满的，并把银制品放了进去。溢出来的水的体积与沉入容器中的白银体积是相等的。然后他把物体取出来，用量杯把水注

入容器，以补偿溢出的水，直到恢复原来的满度。这样他就求出了与确定量的水相对应的白银的体积。

做完这个之后，他又把金制品放入装满了水的容器中，然后取出来，照上次一样用量杯把溢出来的水再装满，他发现这次溢出的水没有上次那么多，稍微少了一点点。也就是说，金子的体积比相同重量的银子的体积小多少，水也正好少多少。最后，他又用水装满容器，并把皇冠放进同样多量的水中，发现皇冠排出的水比同样重的金制品排出的水要多。因此，他断定制造商在金子里掺进了白银……①

阿基米德的这个揭开王冠之谜的实验，可谓是科学史上最古老的实验之一了。虽然操作上比较繁琐，但它却相当准确地测出了金皇冠里所掺进的白银量。诚然，阿基米德的这个实验是受观察的启发（洗澡时看到水从澡盆中溢出），并且是在观察的基础上进行的，没有什么复杂的仪器和设备，但它却为揭示浮体定律（任何固态物体浸入液体中所失去的重量，等于它排开的液体的重量）奠定了实验基础。

在古代，由于生产力水平的低下，自然科学

① 〔美〕乔治·伽莫夫：《物理学发展史》，商务印书馆，1981年版，第14—15页。

还处于幼年的时期，因此人们对自然现象的研究和认识，主要是通过直接观察来进行的，科学实验只不过刚刚产生一点点萌芽而已。类似阿基米德那样，为了认识自然现象而自觉地、通过简陋手段专门安排来进行的一些观察和比较，可以看作是科学实验的先声。中国古来有“神农尝百草，一日而遇七十毒”（《淮南子·修务训》）的传说。实际上这就是采用试错法，通过对比来鉴定食物和草药的一种实验。到了公元前四世纪，我国的《墨经》一书中已有某些实验的记载。墨翟和他的弟子对力、力的平衡和杠杆、斜面等在观察的基础上作过一些定性的实验；通过平镜、凸镜和凹镜的实验研究，发现了物象位置的大小与镜面曲率之间的关系。

古代的炼丹术，也是一种原始的实验。炼丹术是指企图从普通药物中炼制出长生不老药“金液”和“还丹”的方术。我国是炼丹术出现最早的国家，至迟在公元前二世纪的西汉武帝时，就有了炼丹术^①。司马迁的《史记·封禅书》生动地记载了汉武帝的炼丹家李少君、栾大等人的活动。东汉和唐的炼丹术也有一定程度的发展。至宋代，炼丹术才开始走下坡路。前后一千多年

^① 《化学发展简史》，科学出版社，1980年版，第51页。

间，虽然炼丹术是为封建统治阶级寻求长生不老的目的服务的，无益于国计民生，但是炼丹家们却运用了当时积累起来的化学知识，利用当时已有的化学原料和设备作了不少化学实验，通过人工的办法，实现了物质间的化学转变。

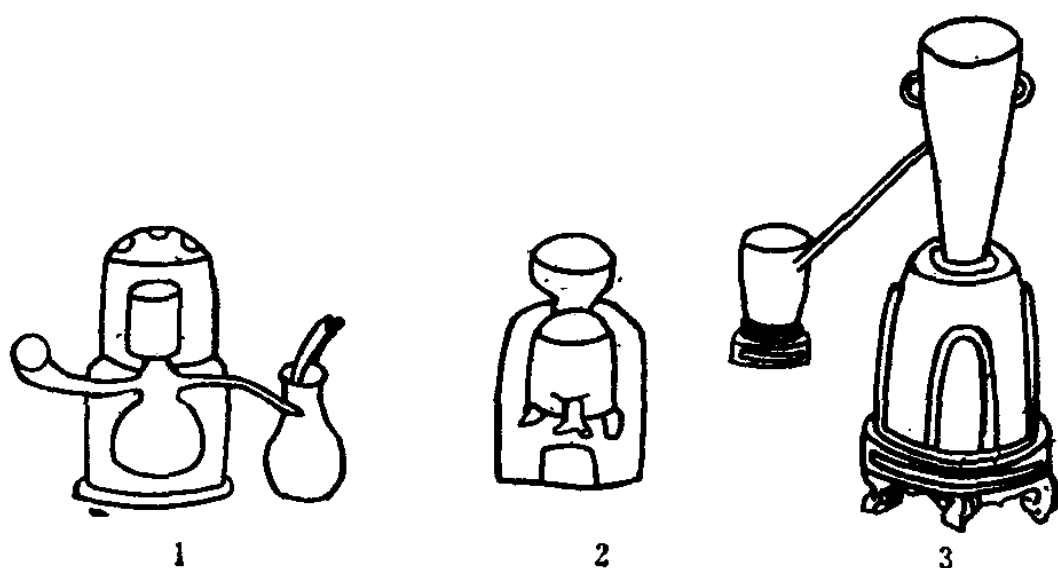


图2 中国古代炼丹设备

中国的炼丹术大约在公元七世纪至九世纪时传到了阿拉伯，从而促进了阿拉伯炼金术的发展。早期炼金家贾伯(Geher)曾通过蒸馏明矾得到了硫酸，并将硝酸和盐酸混合制得“王水”。贾伯十分倡导实验。他说：“谁不作研究和实验，则他任何时候都一事无成。……术士们感到高兴的不是因为有了大批材料，而仅仅是因为得到了完善的实验方法”^①。贾伯的著作在中世纪

^① 《化学发展简史》，科学出版社，1980年版，第61—62页。

欧洲有较大的影响。

从公元五世纪到十四世纪，是欧洲文明的“黑暗时代”。在这一个时期，宗教神学占了统

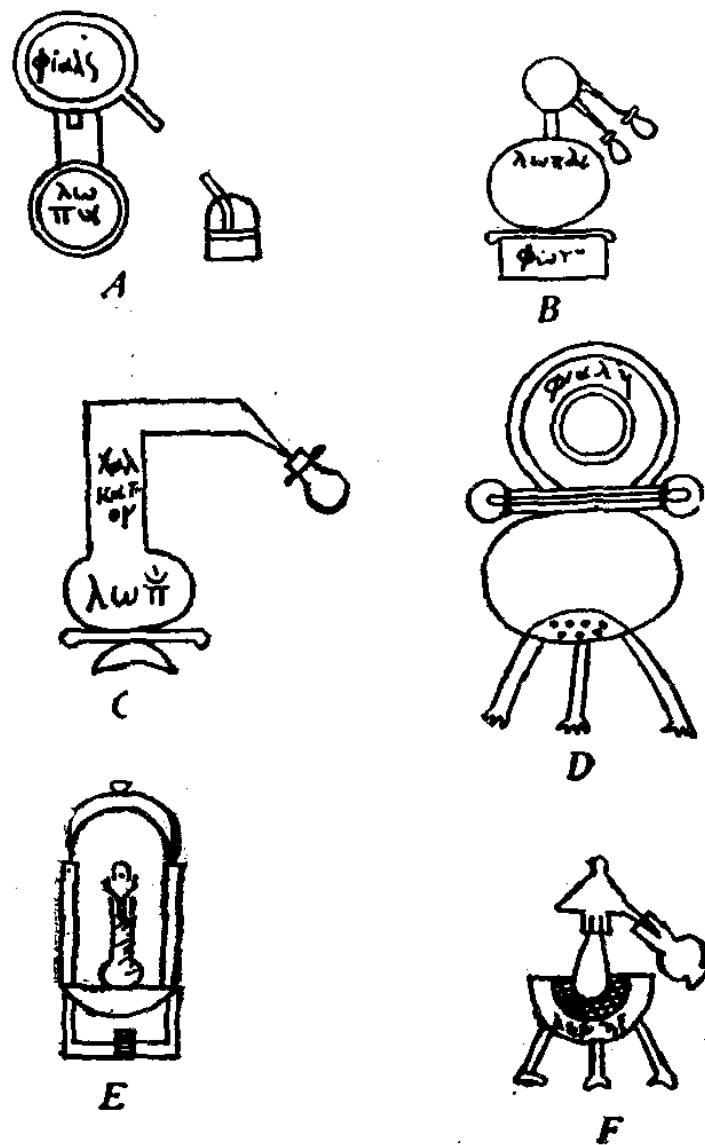


图3 化学实验仪器装置图

抄自巴黎国立图书馆中收藏的左世谋斯和其他人的希腊文手稿。这些仪器的希腊文名称在字典中查不着。A、B、C、F 表示蒸馏装置，Ambix 后来称为 Alembic（蒸馏釜），在手稿中把它的下部称为 *lopyas*，把上部称为 *Phiale*。它们有时用灯（*phota*）有时用沙浴（如图 F）加热。D 是一个 Kerotakis 或升华装置，E 为在沙浴上加热 *phiai* 的装置，C 是个铜制蒸馏釜。

（引自 J·R·柏廷顿《化学简史》）