

# 门捷列夫之梦

——从炼金术到元素周期表



译文科学

清华化工博士  
知名科普 UP 主  
毕导作序推荐

PAUL STRATHERN  
MENDELEEV'S DREAM

# 门捷列夫之梦

从炼金术到元素周期表

上海译文出版社

[英] 保罗·斯特拉森 著 王加祥 译

## 版权信息

### COPYRIGHT

书 名：门捷列夫之梦：从炼金术到元素周期表（译文科学）

作 者：【英】保罗·斯特拉森

译 者：王加祥

出 版 社：上海译文出版社

出版时间：2025 年 6 月

ISBN：9787532799121

字 数：170 千字

Digital Lab 是上海译文出版社数字业务的实验部门，成立于 2014 年 3 月。我们致力于将优质的资源送到读者手中。我们会不断努力，做体验更好、设计更好的电子书，加油！

上海译文出版社 | Digital Lab

# 目录

推荐序：元素都是天上掉下来的吗？ .....	4
引子.....	10
第一章、起源.....	18
第二章、炼金术的实践 .....	41
第三章、天才和胡言乱语 .....	67
第四章、帕拉塞尔苏斯 .....	89
第五章、试错法.....	124
第六章、科学的要素 .....	157
第七章、重生的科学 .....	196
第八章、从未见过的东西.....	228
第九章、燃素之谜.....	246
第十章、谜底揭晓.....	273
第十一章、化学公式 .....	292
第十二章、寻找隐藏的结构 .....	305
第十三章、门捷列夫 .....	315
第十四章、元素周期表 .....	343
进一步阅读 .....	353

# 推荐序：元素都是天上掉下来的吗？

毕导（毕啸天）

在人类知识的浩瀚星空中，总有一些理论如同璀璨的恒星，照亮人类认知世界的漫漫长路。让科学工作者最振奋的，当然是那些天才头脑创造出的伟大成就。但从我作为一个科普工作者的经历来讲，最能引发人好奇心的，还是历史上大师们的奇妙故事。

当人们聊到伟大的数学家时，常会说起欧拉的美丽公式、高斯尺规作图画正十七边形、阿基米德的尤里卡时刻。聊到伟大的物理学家时，也常会为如何给牛顿、爱因斯坦、麦克斯韦、海森堡等大佬排座次而兴奋不已。

但聊到伟大的化学家时，大脑似乎很容易卡壳，除了门

捷列夫、居里夫人之外，能再说出三个化学家都算是很厉害了！为什么大家对化学的了解相对较少？作为一名化工专业的学生，我一直为此感到遗憾。我心中对此问题的答案是，我们在初高中很少学习化学史，这让化学在许多人心中像一门知识从天而降、需要死记硬背的学科。

我记得在我上初二那年，科学老师说，下学期就要开始学习化学了，大家假期先预习一下，把元素周期表 1 至 20 位背出来。现在看来这简直就是天降神器！我们在还不知道化学为何物时，开局拥有的武器就是人类化学集大成的巅峰之作——元素周期表。很快，课本上的水就被写作了  $H_2O$ ，氯化钠是  $NaCl$ ，硫酸是  $H_2SO_4$ ，一切都像呼吸一样自然。这让小时候的我十分困惑。人类是怎么发现元素的？门捷列夫之前的化学家们为什么如此有想象力和洞察力？他们是如何通过观察和实验，在历史的长河中静静积蓄力量，最终让元素周期表在 1869 年水到渠成地被总结出来？

我开始兴奋地学习化学！但遗憾的是，课本中的化学史似乎只由几个独立的小故事组成。有一天，拉瓦锡推翻了燃素说，建立了质量守恒定律。又有一天，道尔顿提出世界是原子的。最后门捷列夫把人类已经发现的元素组合成了一张漂亮的表，化学的大厦就此构建起来了。

但事情当然不是这么简单啊！亲爱的读者朋友们，请你现在想象一下，如果给你一瓶水，你要如何观察、研究它，才能发现它放大一百亿倍后其实是一堆由两个氢原子和一个氧原子组成的小东西在疯狂地运动？人类从诞生的第一天起就一直在喝这种液体，直到近代才把它抽象成了  $H_2O$  这样简洁而深刻的结构，这个过程中人类经历了何种努力和磨难？

我的初中科学课本对此写得简单而平静。第一章第一节是认识水的基本特征，第二节就指出，给水通电会在两极分别得到氢气和氧气，而将它们混合点燃又会得到水，所以水是由氢和氧组成的。仿佛给任何人一些电池、试管，都很容易分析出水的化学本质。

但看了《门捷列夫之梦》这本书，你会知道历史上对水的认识有多么波折。波义耳曾经收集过酸与金属反应时产生的气体。卡文迪许发现这种气体的密度只有空气的  $1/14$ ，而它燃烧后会留下一种液体。卡文迪许仔细研究，确认了这液体就是水。脑补一下这个搞笑的场景吧！卡文迪许在实验室里好奇地打量着这种全新可燃气体点火后的产物，满脸疑惑，这怎么会是我们喝的水呢？随后拉瓦锡将组成水的两种元素命名为“氢”和“氧”，道尔顿曾假定水由这两种原子  $1:1$  构成，后来的科学家们才确定水应该是  $H_2O$ 。从古希腊哲学

家泰勒斯提出万物皆水，到人们弄清水究竟是什么，这中间至少经历了测出地球重量的卡文迪许、近代化学之父拉瓦锡、原子论的开创者道尔顿三位顶级科学家的前赴后继。读完了书中这个故事后，我现在喝水都满怀敬畏和谦卑。

《门捷列夫之梦》这本书充满了有趣的故事！它从古希腊的四元素说开始，讲到炼金术士们对化学有意无意的推动，再到科学启蒙中化学由玄学转为科学的艰难突破，最终到门捷列夫提出至高之作——元素周期表为止。它以史诗般的叙事，将这一伟大理论的诞生历程娓娓道来，带我们走进那个充满激情与探索的时代，见证科学与智慧如何冲破蒙昧的迷雾。

如同本书结尾所说，这是一个关于人类探索精神的非凡寓言。化学的进步不是摘果实，人们无法通过按部就班的研究接近化学的本质。化学的进步也不是孤立的智力游戏，而是时代文明的共振。奇妙反应的发现、抽象理论的提出、数理水平的进步、观测技术的革命、宗教社会的影响，这些因素交织在一起，共同构成了化学跌跌撞撞的前进故事。

感谢作者保罗·斯特拉森以宏大的叙事格局回溯了化学。化学史的伟大，在于它展现了人类最可贵的品质：永远对未知保持好奇。对于热爱化学的读者而言，这本书是一次重返

智慧源头的朝圣；对于普通读者，它也是一本故事性十足的枕边读物。希望当读者再次凝视元素周期表时，看到的不再是冰冷的符号，而是无数灵魂在历史长河中闪烁的光芒。

最后感谢出版社邀请我为本书作序。我只是一名科普博主，并未在学术领域取得什么成就，但请相信我对化学发自内心的热爱！如果你也喜欢化学，就赶紧翻过这一页，穿过门捷列夫的书房，踏上爱琴海的海岸，开启属于你的化学之旅吧！

化学家是一群奇特的凡人，他们被一种近乎疯狂的热情所驱使，在烟雾与蒸气、煤烟与火焰、毒药与贫困中寻求快乐。然而在这些看似艰难的环境中，我似乎甘之如饴，宁愿死也不愿与波斯国王交换位置。

——约翰·约阿希姆·贝歇尔，《物理世界的隐藏结构》（1667年）

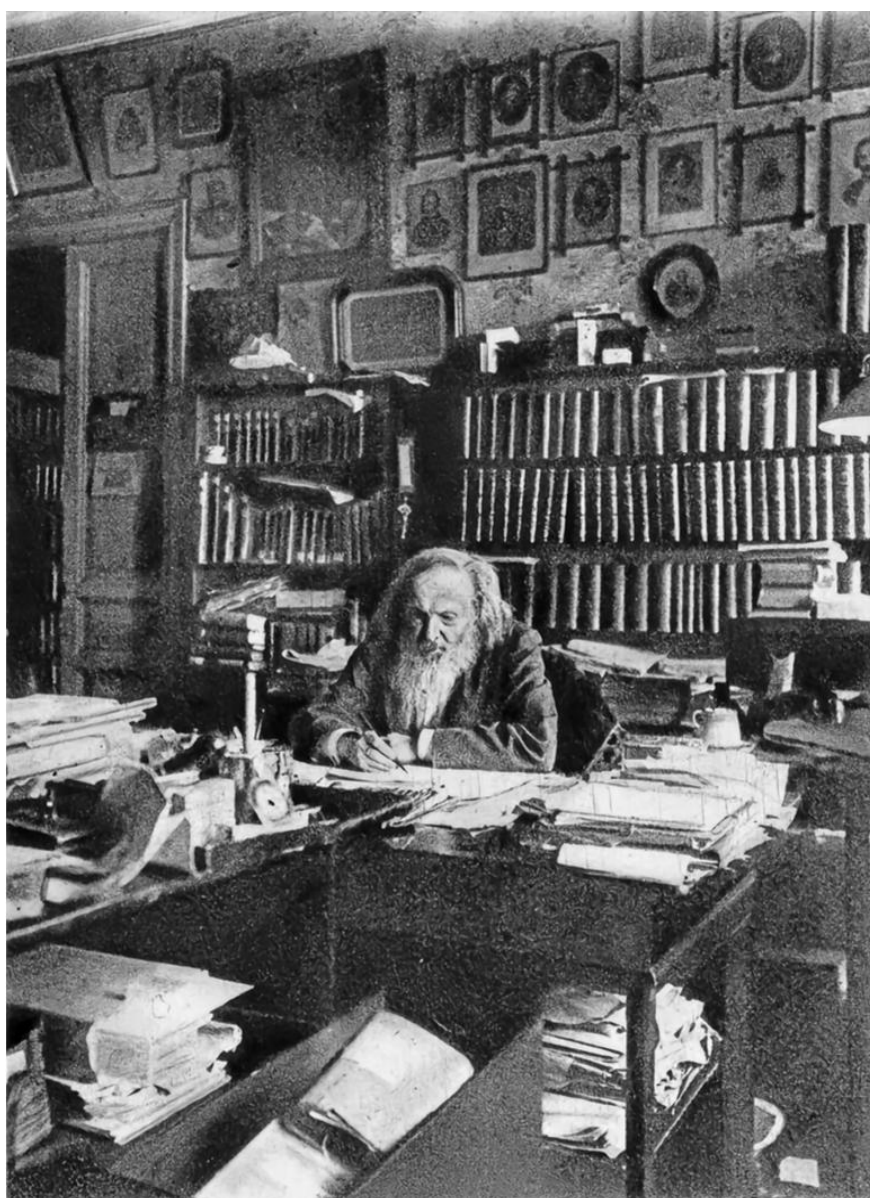
这些元素转变成自身，就像乐器上的一个音调被改变了一样。

——《科弗代尔圣经》，智慧书，  
第十九章，第18节

# 引子

有一张褪色的照片，展示了 19 世纪晚期在圣彼得堡工作的俄罗斯化学家德米特里·门捷列夫。照片里的门捷列夫坐在一张堆满杂物的大桌子旁，看起来像某个西伯利亚的萨满，置身于萨满现代继承者的生活环境：天才教授的书房。他留着又长又乱的白色胡须，胡须末端分成三个明显的尖点，这表明他在心不在焉地思考时，曾不停地用手指梳理胡须。他那蓬乱的白发一直垂到肩膀。门捷列夫有每年理发的习惯。一到暖和的春天，他就叫来一个当地的牧羊人，让他用羊毛剪来处理这件事。因这团蓬乱的头发，苏格兰化学家威廉·拉姆齐爵士曾将门捷列夫描述为“一个奇特的外国人，他的每一根头发都特立独行”。拉姆齐认为门捷列夫来自西伯利亚，说他是“一个卡尔穆克人，或者是那些古怪的生物之一”。

在照片中，门捷列夫正全神贯注地在一张纸上书写，他修长手指的指尖夹着蘸水笔。宽阔而不规则的桌面其余部分则是一片混乱：纸张层层叠叠，一个杯子放在碟子上，还有若干用途不明的仪器。桌子下方的架子上，杂乱无章地堆放着科学论文。



门捷列夫在书桌前

在门捷列夫的后面有一个书柜，里面整齐地摆放着三排装订好的书籍。在这些书籍中间，一把贴着标签的大钥匙悬挂在他的头顶正上方——仿佛一个科学的光环，或是一个感叹号。（尤里卡！）书柜上方，那个时代的图案墙纸被不均匀排列的昏暗画框覆盖着，里面是过去伟大科学家的肖像。伽利略、笛卡尔、牛顿和法拉第在昏暗中俯视着这个头发蓬乱的人，后者在一片混乱的环境中不停地写着什么。

1869年，门捷列夫正在苦思化学元素的问题。它们是构成宇宙语言的字母。到这个时候，已经发现了63种不同的化学元素，包括史前时代就已为人所知的铜和金，也有最近在太阳大气层中探测到的铷。人们知道这些元素中的每一种都是由不同的原子组成的，而且每种元素的原子都有其独特的性质。然而，有些元素被发现具有大致相似的性质，因此可以将它们归为一组。

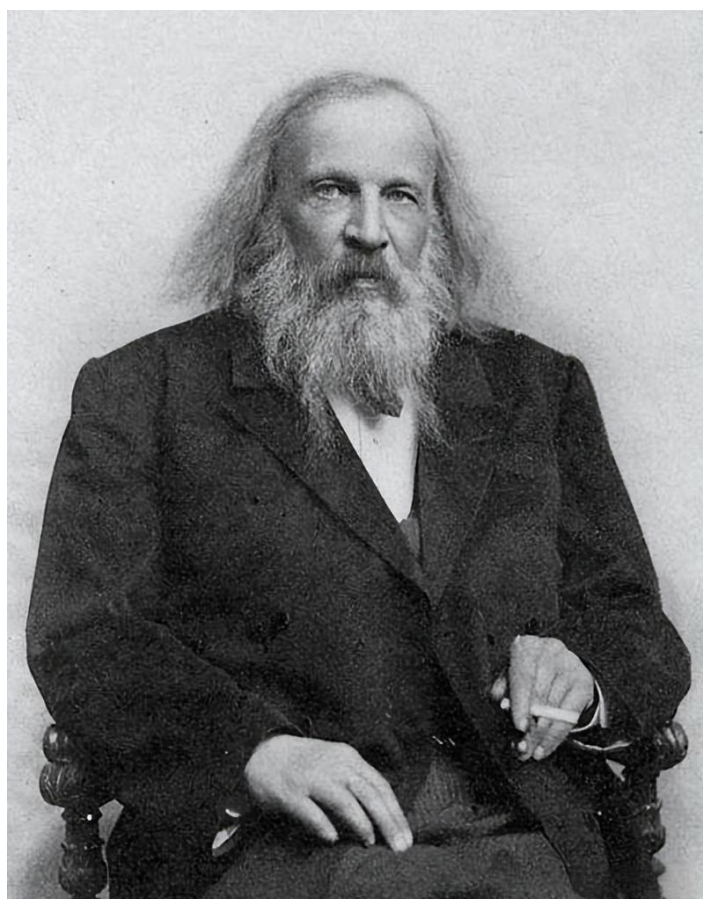
另外，人们还发现不同元素的原子具有不同的原子量。比如，最轻的元素是氢，其原子量为1。最重的已知元素是铅，原子量被认为是207。这意味着元素既可以按照原子量递增的顺序线性排列，也可以根据相似的性质进行分组。一些科学家开始怀疑这两种分类方法之间存在某种关联，存在某种所有元素都基于其上的隐藏结构。

在过去的十年里，达尔文发现所有的生命形式都是通过进化发展而来。而两个世纪前，牛顿也已经发现宇宙是根据万有引力运行的。化学元素是这两者之间的关键一环。如果能发现其结构，对化学的意义就像牛顿对物理学和达尔文对生物学的意义一样。它将揭示宇宙的蓝图。

门捷列夫深知他的探索意义重大。这可能是在未来几个世纪揭开物质终极秘密、发现生命基础模式的第一步，甚至可能因此了解宇宙的起源。

门捷列夫坐在书桌前，在哲学家和物理学家的肖像下面，继续思考这个看似无法解决的问题。元素的重量各不相同，它们有不同的性质。你可以给它们编号，也可以将它们分组。这两种模式之间一定存在某种联系。

门捷列夫是圣彼得堡大学的化学教授，以其渊博的元素知识而闻名。他了解元素，就像校长了解他的学生——有坏脾气且难以相处的，有霸道的，有顺从的，有潜力尚未充分发挥的，还有必须提防的危险分子。然而，尽管他竭尽全力，仍然无法从这些纷繁复杂的特征中辨别出一个整体的指导性原则。科学的宇宙不可能仅仅建立在一些具有独特性质的粒子的随机集合上。在某个地方，一定存在一个原则。否则，那将是不科学的。



1869年2月17日，门捷列夫的同事A. A. 伊诺斯特兰采夫拜访了他，并留下了这次会面的记录。这段记述多少有些后见之明的想象和润色，但提供了一些背景细节。门捷列夫本人也对他当时的所作所为和想法有过各种略有不同的描述。

显然，三天以来，门捷列夫几乎没有间断地为元素的问题绞尽脑汁。但他意识到，时间已经不多了。就在这一天，他计划从莫斯科车站乘早班火车到他在特维尔省的乡间小

庄园去。这位化学教授要前往特维尔志愿经济合作社，与当地的奶酪制造商代表团会面，就生产方法向他们提出建议，然后对当地的农场进行为期三天的考察。他的木制旅行箱已经收拾妥当，放在大厅里。透过他书房的窗户，可以看到马拉的雪橇在街上等着。车夫紧裹着衣服在雪地里跺着脚，孤独的老马在冰冷的空气中，呼哧呼哧地吐着一团团白色热气。

但仆人们不敢去打搅门捷列夫。他的脾气是出了名的暴躁，有时甚至会气到跳脚。但要是他错过了火车怎么办？

俄罗斯的科学发现心理学家 B. M. 凯德洛夫 (B. M. Kedrov) 和其他研究门捷列夫的学者们推测，即将搭乘火车的紧迫感对门捷列夫的思想产生了影响。也许正是这一点使他产生了白日梦般的灵感。在从圣彼得堡到特维尔的长途旅行中，门捷列夫经常通过玩纸牌“接龙”来消磨时间。他把木箱放在两膝之间，然后把牌面朝下放置。当银色的桦树、湖泊和树木繁茂的小山从窗外滑过时，他开始三张三张地翻牌。当他看到 A 时，他会一张接一张地把它们取出，放在箱子顶部排成一行：红桃、黑桃、方块、梅花。然后继续翻牌，红桃 K，红桃 Q，方块 K，红桃 J……慢慢地，不同花色的牌开始顺着往下排，10、9、8……不同花色的数字依次排列——这和将元素按原子量排序，并分为不同族群的过程完全一样！

在那个早晨的某个时刻，门捷列夫一定是从书房门口喊了一声，命令仆人让等候的马拉雪橇离开，并通知车夫，教授现在要改乘下午的火车了。

门捷列夫回到他的书桌前，开始翻找抽屉。最后，他抽出了一叠白色的卡片。（他可能听到了马拉雪橇的铃铛声逐渐消失在雾蒙蒙的雪地中。）门捷列夫开始在空白的卡片上写字。他首先写出一种元素的化学符号，然后是它的原子量，最后是其特征性质的简短列表。当他填满了 63 张卡片后，他把它们面朝上摊在书桌上。

他开始盯着卡片，一边沉思，一边用手指梳理胡须的末端。时间一分一秒地流逝，他把所有注意力都集中到了面前卡片的海洋，思绪和半成形的想法在脑海中交织，他完全沉浸在自己的世界里，但仍然看不出一个整体的模式。

大约一个多小时后，他决定尝试另一种策略。他把卡片收集起来，尝试分成几组摊开。又过了一个小时，他的眼皮开始因疲惫而颤动。最后，在绝望中，他决定试试最明显的方法，把卡片按原子量升序排列。但这样做不可能有任何结果，因为其他人都试过了，而且重量只是一种物理性质。他要寻找的是一种将化学性质联系起来的模式。这时，他开始困得点头，差点向前倒在纸牌上，几乎要睡着了。恍惚中，他似

乎意识到窗外有雪橇在等着他。它还在那儿吗？还是已经回来了？该赶下午的火车了吗？那是最后一班了，千万不能错过。

当门捷列夫的视线再一次沿着原子量上升的方向扫过时，他突然注意到了一件令他心跳加速的事情：某些相似的性质似乎在元素中重复出现，而且它们之间似乎有规律的数字间隔。这里肯定有东西！但又是什么呢？那些间隔开始时有一定的规律，但后来似乎逐渐消失了。尽管如此，门捷列夫很快就相信他即将取得重大突破。一定有个明确的模式在那里，但他还不能完全掌握它。门捷列夫一时精疲力竭，身子向前倾，蓬乱的头枕在手臂上。他几乎立刻就睡着了，还做了个梦。

# 第一章、起源

要理解门捷列夫试图解决的问题，有必要回溯到科学思想的起源。这一人类进化史上的开创性事件可以精确地定位到一个确切的时间和地点——2500 年前的古希腊。

传统上认为，真正科学思维的首次出现归功于泰勒斯。他生活在公元前 6 世纪的希腊城市米利都，位于爱奥尼亚海岸（今土耳其西南部）。

在这一时期，讲希腊语的人占据了整个爱琴海沿岸，包括散落的岛屿和孤立的平原。这种支离破碎的地理环境，在一定程度上解释了为什么希腊世界一直是一个由经常争吵的城邦和岛屿国家组成的集合体，他们的贸易殖民地网络遍布整个地中海地区。在这一时期，就像在他们整个辉煌时期

一样，古希腊人仅仅通过他们的语言才联合在一起，以致他们对占据的领土没有一个统一的名称。是罗马人第一次用“Graecia”这个词来形容希腊人居住的土地，而他们自己则称自己为“Hellenes”（源于色萨利一个不知名的古老部落的首领名称）。有人认为，古代希腊人甚至不是一个种族实体，而是由几种不同类型的人组成，他们使用一种共同的语言，拥有共同的文化和宗教。

为什么人类首先会在这个特定的地区开始以一种本质上理性的科学方式进行思考，这仍然是一个谜。早在一千多年前，巴比伦人和古埃及人就已经发展出了具有高度先进思想的优秀文明。巴比伦的占星家站在塔庙的高台上观察夜空，辨别星辰的分布模式和运行轨迹。当每年的洪水从尼罗河谷退去，留下一片泥泞的土地时，埃及的书吏们就会重新计算每一块土地的确切面积，过程中甚至会用到小至  $1/300$  的数学单位。这种先进的观察和测量一直是巴比伦和埃及祭司阶层的领域。这些技术能力，以及它们所引发的任何理论猜想，都是宗教实践的一部分。技术的微妙与神学中的微妙融合在一起，产生了诸如数字魔法和星象反映命运之类的观念。这些迷信以“幸运”数字和“个人星座”的形式延续至今。

相比之下，古希腊宗教中那些在奥林匹斯山上嬉闹和风流的神祇，简直是个笑话。在迈锡尼文明崩溃后的黑暗时代，

希腊宗教依然停留在幼稚阶段，没有任何严肃的准科学思想与众神的那些夸张行为产生联系。

但这是关键所在。当科学的好奇心在古希腊首次萌发时，它与任何宗教都没有联系。它不需要遵从某些根深蒂固的神学教条，也不会被引导进入某种形而上学的幻想之地。它是完全自由的——除了理性和它所面对的现实世界之外，不受任何东西的约束。

根据传说，泰勒斯喜欢在米利都附近的山上散步。我们可以想象出当时的情景：耀眼的阳光下，他所在的海港城市展现在眼前：洁白的大理石柱，网格状的街道，精确而脆弱得如同蛋壳上的微缩模型。亚洲大陆的海湾和岬角一直向北延伸，宁静的爱琴海一片蔚蓝，远方的岛屿在炎热的雾气中变得很模糊。也许有一艘商船正缓慢地航行在静静的海湾，它或许正从城市的某个殖民地返航——比如尼罗河三角洲、黑海或西西里岛，又或许正是出发远航，目的地是比赫拉克勒斯之柱（直布罗陀）更远的西班牙银矿。

当泰勒斯沿着山坡上的小路漫步时，他注意到了一些岩石上明显嵌有贝壳化石，从而意识到这些山丘曾经是海洋的一部分。他由此推测最初的世界一定完全由水组成，并得出结论：水是万物起源的基本元素。因此，米利都的泰勒斯通

常被认为是第一位哲学家，也是已知的第一个具有真正科学思维的人。

早期的哲学包括科学——后者被称为“自然哲学”。泰勒斯的思想是科学的，因为它可以为其结论提供证据。而它之所以是哲学，是因为它用理性得出了这些结论，而不是去诉诸天神或神秘的形而上的力量。论证完全是在这个世界的范围内进行的，其结论可以通过收集证据来证明或反驳。

我们对米利都的泰勒斯所知甚少。据说他曾预言过一次日食，现在我们已经知道那次日食发生在公元前 585 年。这是我们掌握的关于他生活年代的唯一真实证据。据传他在观察天空时从山上摔了下来，这至今仍是哲学家的典型形象。但泰勒斯并不傻。有人曾问他，既然他这么聪明，为什么还仍然贫穷。他回答说致富很容易，并证明了这一点。经过观测，他意识到接下来橄榄收成会很好，随即租用了当地所有的橄榄压榨机。到了橄榄丰收的季节，他的垄断地位使他可以随心所欲地收费。

泰勒斯开创了一种新的哲学式的思维方式，西方文明的知识体系就建立在这之上，其影响无论如何夸大都不为过。回顾过去，我们可以看到这种新的思维方式从一开始就包含了某些基本假设。这些假设决定了我们所掌握的知的形式

和内容，甚至在 2500 年后的今天也依然如此。正是这些假设奠定了后来所有科学思想的基础。泰勒斯提出了这样一个问题：“为什么事情会以这样的方式发生？”在回答这个问题时，他假设答案必须与构成世界的基本物质有关。他还假设，在世界的多样性之下，存在着一种根本的统一性。但也许最重要的是，他假设这个问题是有答案的，并且答案可以归结为一个可以检验的理论（theory，这个单词源自希腊语，意思是“观察、思考或推测”）。

传闻中的泰勒斯是在看到一些高于当时海平面的贝壳化石后得出了他的理论，但他的推测过程可能远不止于此。他一定看到过安纳托利亚山上升起的薄雾变成了云，也一定观察过暴风雨中云层里的雨水落在爱琴海上。土地先变成潮湿的空气，然后又变成了水。就在米利都以北几英里处，一条大河蜿蜒流过宽阔的平原，进入大海。这是古老的迈安德河，英语中的“曲折”（meander）一词就源于此。泰勒斯会观察到河水慢慢淤积起来，变成泥泞的土地，还会从附近山坡上的泉眼处看到，泥土又变成了水。我们现在不难想象泰勒斯是如何产生“万物皆水”这个念头的。然而，第一个带着这个想法踏入未知世界的人，一定具有非凡的想象力。

有趣的是，这并不是公元前 6 世纪人类思想发展史上的唯一重大进步。地球其他地方的人们也正在影响他们整个文

明的发展进程，而且彼此基本独立。中国出现了孔子和老子，佛陀开始在印度传教，崇拜火的查拉图斯特拉在波斯创立了琐罗亚斯德教（这对犹太教和伊斯兰教都产生了重大影响）。与此同时，地中海地区也不只是出现了爱奥尼亚的第一批哲学家。在该世纪末，毕达哥拉斯生活在意大利南部，位于希腊世界的另一端。毕达哥拉斯的宗教教义对基督教中的非犹太教元素有重要贡献，比如《新约》中的一些寓言。除此之外，毕达哥拉斯的数字宗教影响还体现在音乐理论和现代科学的信仰中，即认为宇宙的最终运作可以用数字来描述。这些发生在公元前6世纪的事件决定了东方文明和西方文明的发展方向。

对于西方世界来说，最重要的发展当然要归功于米利都的泰勒斯，他是第一位哲学家和科学家。他认为世界是由一种元素（水）发展而来的，这一理论仅仅是个开始。其观点一经提出，就迅速被泰勒斯在米利都的学生们发展起来，他们被称为米利都学派。其中之一是阿那克西美尼，他发现了泰勒斯论证中的薄弱环节：如果万物最初都是水，那么如何解释现在世界的多样性呢？水是如何成为万物的？阿那克西美尼认为基本元素不是水，而是空气。世界被空气包围着，而空气在中心附近被逐步压缩。先是压缩成了水；水再被压缩，就变成了土；再压缩，就变成了石头。一切都是空气，

只是处于不同程度的凝结状态。

这是对泰勒斯思想的重大发展，也是第一次解释世界多样性的尝试——用量的差异来解释质的不同。

一种新的思维方式被发现了。一场伟大的、至今仍未解决的哲学辩论随之开始，每个人都可以加入。泰勒斯对此的反应未被记录，他或许曾经科学地思考，但被科学地反驳又是另一回事，然而这确实发生了。在泰勒斯去世时，阿那克西美尼似乎还是个年轻人，是他讲述了泰勒斯最后的故事。在给毕达哥拉斯的一封信中，他写道：“泰勒斯晚年遭遇了不幸的命运。晚上，他一如往常和女佣出门观察星辰。但当他凝视天空时，忘了自己身在何处，一步从悬崖掉下。”阿那克西美尼预见到自己的命运会更糟。在给毕达哥拉斯的另一封信中，他哀叹道：“当我面对的是屠杀或奴役时，又怎么能想到研究星辰呢？”此时，希腊世界的各个城邦正受到波斯帝国的威胁。波斯帝国已经向西扩张到安纳托利亚，正在接近爱琴海海岸。在公元前 494 年，波斯军队占领了米利都。阿那克西美尼的命运不得而知，米利都学派在诞生后不到一个世纪就结束了。米利都的遗迹保存至今，就位于距离迈安德河的淤积河口几英里处的内陆。

但是哲学在米利都陷落后幸存了下来。希腊城邦凭借一

些运气和传奇般的英雄主义，成功抵御并战胜了入侵的波斯大军。这场抵抗的高潮之一是发生在公元前 490 年的马拉松之战。在该战役中，希腊军队以寡敌众，将整个波斯军队打得溃不成军。为了把胜利的消息从马拉松传到雅典，一名信使在跑完 26 英里 385 码（42.195 千米）到达目的地后倒地身亡。现代马拉松比赛就是为了纪念这一事件，也采用了完全相同的比赛距离。

到米利都陷落时，哲学已经从爱奥尼亚海岸传播到爱琴海岛屿，并从那里扩散到希腊世界的其他地方。以弗所是爱奥尼亚的主要城市，面对波斯人的进攻，以弗所采取了简单的权宜之计：与敌人合作，对抗米利都等商业对手。以弗所最著名的哲学家赫拉克利特，同样是个问题人物。他出生于公元前 540 年左右，是一个傲慢、厌世的人。到了老年，他对以弗所的同胞们非常反感，于是离开了城市，在山中过着流浪的生活，靠吃草和草药为生。另一方面，他的哲学却是平静、微妙而深刻的。

赫拉克利特对构成世界的基本元素有自己的看法。根据他的说法，这一元素是火。

阿那克西美尼已经认识到有必要解释世界的多样性。赫拉克利特则认为阿那克西美尼只部分回答了这个问题。空气

变成了水、土、石头等等，这是什么意思？如果它不再是空气，那么它就不可能是构成世界的单一物质。这是一个复杂而严肃的问题。赫拉克利特认识到，只要这个“单一者”被视为一种物质，比如气，甚至水，这个问题就无法回答。有必要将“单一者”视为非物质。“世界过去是，现在是，将来也永远是一团生生不息的火，逐渐点燃，逐渐熄灭。”对赫拉克利特来说，世界处于一种不断变化的状态。从他的名言中也可以很好地理解这一观点，例如“人不能两次踏进同一条河流”和“太阳每天都是新的”。火被认为是宇宙的基本模式或秩序，它在变化中保持不变。

数千年以来，具有科学头脑的哲学家们都倾向于忽视赫拉克利特的观点，认为他的观念仅仅是神秘主义——直到 20 世纪科学的出现。直到那时，他思想中微妙的科学性才显现出来。赫拉克利特不断变化的火与现代物理学中的能量概念惊人地相似。这是一种可以容纳相对论和量子物理学中不确定性的哲学视角。（在相对论中，根据爱因斯坦的  $E=mc^2$ ，质量等同于能量。因此，能量在理论上可以转化为物质，就像赫拉克利特所说的变化或者火一样。）

赫拉克利特一手造成了自己的悲惨结局。以草和草药为食的贫乏饮食最终迫使他离开山上的隐居生活，回到了以弗所。然而，他现在已不是瘦骨嶙峋，而是浮肿，这是一种会

导致患者身体组织积水的病症。他表现出特有的傲慢，用谜语的形式向当地医生索要治疗方法：“你们能在大雨后制造干旱吗？”当医生们被这个气象问题难住时，他决定自己治疗。他躲进一个牛棚，把自己埋在粪肥中，看来是希望借助这一温热环境排出体内的有害液体。然而，这种极端的方法被证明是无效的，他最终因中毒而死亡。

终极的元素现在被认为是水、空气或火。那到底是哪一种呢？这个问题似乎有一个显而易见的答案。为什么只能有一个？为什么不能有多个？为什么不能是三者皆有一一再加上第四个元素来解释世界的固体性质呢？摆在面前的答案似乎是世界是由四种基本元素构成的：土、气、火和水。

这种多元的观念一下子把科学思维从单一性的束缚中解放出来。事后看来，这个明显的妥协指向了一种对元素全新且戏剧化的理解。可惜，这只是后见之明。这个“明显”的妥协——四种基本元素的概念——后来被证明是人类思想中最大的错误之一，其后果对我们的理性发展来说是一场灾难。

当早期哲学在爱奥尼亚和古希腊世界传播时，人类的心灵仿佛突然得到了净化。思想的演进像是镜头聚焦，以前模糊不清的迷信和形而上学现在变得清晰起来。我们看得见了！

人类正在学习如何观察周围的世界。相反，世界由四种元素组成的观念就像一种疾病，它将在接下来的两千年里一直束缚着科学思维的发展。

这绝不是最先提出这一观点的天才哲学家的错。四元素理论是由恩培多克勒提出的，他生活在公元前 5 世纪，生活在西西里岛的希腊殖民地。他受到毕达哥拉斯的影响，后者至今仍然是希腊早期最神秘的人物之一。毕达哥拉斯是有史以来最优秀的数学家之一，他发现了  $\pi$  是无理数，并证明了以他命名的定理。他还创立了一个宗教，融合了纯粹的精神洞察和纯粹的歪门邪道，当然这也是其非凡天赋的体现。恩培多克勒将追随他的导师，成为一名思想家和江湖骗子。他的四元素理论是天才之作，但他并未止步于此，而是通过提出更高层次的理论扩展了这一世界观。他声称世界上没有任何东西被创造或毁灭，并坚持认为所有的东西都是由四种元素的不同组合构成的。在这里，第一次隐隐约约出现了化学概念的开端。

和毕达哥拉斯一样，恩培多克勒也是一个既领先又落后于时代的奇特人物。这种跨越两个时代的矛盾思想，造就了历史上一些最具原创性的头脑。就像是莎士比亚曾将中世纪和文艺复兴的思维相互结合，牛顿同时对炼金术和数学物理有所贡献，恩培多克勒正是这类人物的早期代表。尽管当时

大多数希腊哲学都已采用散文形式，他却选择回溯到更早的时代，将科学思想束缚于诗歌的框架之中。他的杰作《论自然》是一部五千行的史诗，可惜我们只能看到其中的片段。这部作品像是一种烈性鸡尾酒，既有辉煌的原创思想，也有纯粹的胡说八道。就前者而言，已经出现了进化论思想——不仅仅是一种诗意的幻想，还是一个在某些细节上非常完善的成熟理论。恩培多克勒从解剖学角度来设想进化：四肢、器官、头部等解剖单位以不同的方式组合在一起，最初有各种各样奇怪的组合生物，比如“人面牛的后代”（就像希腊神话中的半人马和半羊人），但只有那些最能适应环境的生物才能生存下来。由于最终没有任何东西被创造或毁灭——换句话说，世界的成分保持不变——他可以说：“我曾经是一个男孩和一个女孩，一丛灌木和一只鸟，以及一条跳跃的游鱼。”直到两千多年后，西欧才重新出现类似水准的进化论思想。

天才和胡闹之间的界限有时会非常小，一个极具说服力的江湖骗子能够轻易跨越这一界限，甚至也能成功说服自己。恩培多克勒斯为了向他的追随者证明自己是不可朽的，最终跳进了埃特纳火山的火山口。这一跳的结果众说纷纭，然而此后多年恩培多克勒再无露面，这显然对他不利。

从理论角度看，恩培多克勒的四元素观念可能并不准确，但是讽刺的是，它在化学实践方面显示了相当深刻的洞察力。

如果我们仔细考察土、水、气和火，就会发现它们的意义要大得多。土是固体，水是液体，气是气体，而火很容易被看作是能量。这是一种非常实用的物质分类方法——这种分类方法更像是出自一位初具雏形的实用化学家之手，而不是理论哲学家。

然而，这种实用的元素分类观念并没那么意外。在这个阶段，化学的概念还只是一些模糊的见解，但在不知不觉中，其实践已经开始了。古人早已接触过化学过程。

最早可辨认的化学家群体是女性，巴比伦的香水制造者会使用已知最早的蒸馏器来生产她们的商品。历史上已知的第一位化学家是“香水制造者塔普提”，公元前 2000 年的一块美索不达米亚楔形文字碑上提到了她。

实践远远早于理论。到了希腊时代，古代世界已经发现了六种以上的金属元素和几种非金属元素。古埃及人知道金、银、铜和铁，这四种金属在《旧约》中也有提及。腓尼基人曾用铅来给他们的木锚配重，但当他们航行到西班牙时，发现银的数量远超他们的运输能力，于是他们丢弃了铅，改用银来给锚配重。随后，他们前往更远的英国，在那里他们参与了康沃尔矿区中另一种金属元素的贸易——锡。

事实上，那是青铜，一种锡和铜的合金。正是它赋予了

大约公元前 3000 年在地中海地区开始的时代以青铜时代之名。也是在青铜时代期间（约公元前 1250 年），迈锡尼人占领了特洛伊。当锡和铜熔合在一起时，就形成了坚硬的金属青铜。这种合金被用于制作装饰品和餐具，但它最重要的用途是制造武器和盔甲。直到大约 2000 年后，青铜被一种由铁和碳冶炼而成的更坚硬的合金所取代，从而开启了铁器时代。

古人所知的另一种金属元素是汞，古代中国和印度的文献中都有提到，在公元前 1500 年的埃及墓葬中也发现了汞。由于其特殊的外观和性质（镜面般的光泽、液态金属、剧毒），汞从一开始就被人们敬畏，并被认为具有魔力。

至于非金属元素，碳和硫肯定是最早知道的。罗马作家普林尼曾提到历史悠久的西西里硫磺矿，其产品被用于药物和硫磺火柴。碳则以烟灰和木炭的形式为穴居人所知。在公元前 2000 年的《旧约》和印度《吠陀经》中，也有提到这种元素最坚硬、最珍贵的形式——钻石。

古希腊人和古罗马人都知道一种他们称之为“砷”的物质。但这并不是其单质，而是硫化物；他们用它来处理兽皮和毒害对手。然而，尽管古人知道这些元素，但并不把它们当作“元素”来理解——这样的概念超出了他们的认知范围。元素的概念起源于哲学家，而不是化学家。换句话说，起源

于思想家，而不是实践者。泰勒斯提出的终极元素是水的理论才是“元素”这一科学概念的开端。

阿那克西美尼发展了这一理论后不久，古希腊人又提出并发展了一种极具独创性的科学思想。公元前5世纪的哲学家留基伯提出了一个问题：“物质是离散的还是连续的？”换句话说，事物是可以被无限分割，还是存在一个不可分割的极限？留基伯认为后者是不言自明的。这使他提出了原子（atom）的概念，而在希腊语中，atomos的意思是“不可分割的”。留基伯是第一个提出世界由不可分割的原子构成的人。令人惊讶的是，他在泰勒斯开启科学思想仅一个世纪后便有了这一结论。留基伯可能出生在米利都，但肯定在波斯入侵前离开了。他似乎在希腊大陆北部的阿卜德拉建立了一所学校。在那里，留基伯最著名的学生德谟克利特进一步发展了他的原子理论。德谟克利特认为，原子的数量是无限的，它们在空间中永恒运动。原子的种类也是无限的，它们在形状、大小、重量和热量上各不相同。他认为，世界上所有可见的变化，都是这些不变的原子组合和重组的结果。

与元素和进化的思想相似，德谟克利特的观点显得非常现代——远远超前于他的时代。这种独创性在人类思想中是前所未有的，仿佛一旦希腊人提出某种哲学思想，就很快把它们想透了，几乎达到了极限。伯特兰·罗素曾说：“几乎所

有主导现代哲学的假说都是希腊人首先提出的。”但这也是一把双刃剑。正如我们将看到的，当希腊思想出现错误转向时，它可能会在未来几个世纪里把人类的理性发展引向错误的道路。

德谟克利特在世时，希腊哲学在雅典进入了黄金时代。当时雅典已成为希腊世界最富有、最强大的城市，是希腊文化的顶峰。雅典卫城上，帕特农神庙比例匀称的石柱高耸，这是历史上最杰出的建筑成就之一。在这座城市音效绝佳的全景式露天剧场里，曾上演过埃斯库罗斯、索福克勒斯和欧里庇得斯的悲剧。正是在这里，希腊悲剧在一代人的时间里，从原始的宗教仪式发展成为舞台上的深刻戏剧。然而，当哲学进入黄金时代之时，雅典却开始渐渐衰落，原因是雅典与斯巴达陷入了漫长且灾难性的伯罗奔尼撒战争。具有讽刺意味的是，这个在整个哲学史上至今无可匹敌的黄金时代，在很大程度上是对德谟克利特、恩培多克勒、赫拉克利特等人成就的对抗。

第一位伟大的雅典哲学家是苏格拉底，他出生在公元前477年左右，于公元前399年被判处死刑。苏格拉底是哲学史上最伟大的人物之一，既可爱又恼人。他被德尔菲神谕称为“所有人中最聪明的人”，但他声称自己一无所知，随即开始证明其他人知道得更少。在集市上，他有时会在学生面前

使用这种“辩证法”来批评雅典学识渊博的人——这种做法使他在高层中很少有朋友。几乎可以肯定，这是他后来被以“腐蚀青年”罪名审判和判处死刑的原因之一。苏格拉底的辩证法是假装不知道，然后对他的对手所提出的知识提出质疑，追问它的意义，分解它的概念基础。这是一种早期的分析（analysis）方法，而在希腊语中，analytika 的意思是“解开”。

分析对于阐明含义是必要的，但苏格拉底使用它的方式倾向于解构而非建立知识。科学尚处于萌芽阶段，其概念尚且模糊，知识停留在理论层面，常常经不起这种攻击。苏格拉底发现很容易在这种“学问”中挑出漏洞。（今天的科学也仍然存在种种问题，但其价值在于能在现实中发挥作用，而非停留在哲学层面。）

苏格拉底对原子、进化或构成世界的基本元素不感兴趣。相反，他的哲学是建立在内省的基础上的，他最喜欢说的一句话是“认识你自己”——他认为这是唯一的真知识。哲学从此背离了世界，带来了灾难性的后果。

苏格拉底的继任者是他伟大的学生柏拉图，他延续了这一传统。哲学不再关注科学推测，而是将注意力转向抽象概念。数学、真理和美的价值远高于“表象”。我们周围世界的

特殊性只是一堆偶然混杂的幻象，只有理念才是真实的。

柏拉图出生在一个雅典贵族家庭，后来成为古典时代最伟大的哲学家。有人说，他提出了哲学中所有重要的问题，从那以后，所有的哲学都不过是柏拉图的注脚。这话有一定道理，但远非全部真相，因为它显然不适用于所谓的“自然哲学”，即科学。柏拉图不可能问“什么是电？”因为他不了解电是什么。这似乎显而易见，却至关重要。虽然科学不再被视为哲学的一部分，但它确实对我们的知识和自我理解产生了影响。由于哥白尼、达尔文和弗洛伊德的影响，我们对自身的看法与柏拉图及其同时代人的看法有着根本的不同。我们可以理解希腊悲剧，对其中强烈的情感力量产生共鸣，但我们已经不再以这种方式思考和行动了。

公元前 387 年，柏拉图在雅典郊区的橄榄林中创办了柏拉图学园。这个原始的“学园”是第一所公认的大学。其入口上方写着：“不懂几何者不得入内。”抽象的推理、抽象的理念、抽象的几何——甚至柏拉图的政治教学也集中于乌托邦的理念，而非社会现实。数学在学园里至高无上，但这里教授的几何仅限于能用尺子和圆规绘制的图形。只有这样的图形才是理想的（即对应于“真实的”理念）；其他一切都属于现实世界的偶然混杂，只是一种幻觉或“仅仅是表象”，并被斥为“机械的”。几何学只关注圆、三角形和正多边形，但

在自然界中并不精确存在这些精确的图形。德谟克利特通过将数学应用于自然界，得出了原子的概念，即不断分割世界，直到无法继续。柏拉图则只对将数学应用于数学本身感兴趣，这种态度在如今“纯粹”数学的概念中仍然存在。

希腊三大哲学家中的第三位是亚里士多德，他是柏拉图的学生。如果说苏格拉底曾经是“雅典的牛虻”，柏拉图是哲学家中的哲学家，那么亚里士多德则是第一位百科全书式的天才。他走遍了爱琴海，并一度成为年轻的亚历山大大帝的导师——尽管没有记录表明这位古代世界最博学的人究竟教了（或试图教给）这位古代世界最狂妄的人什么。除了数学之外，亚里士多德几乎在每个领域都做出了重大贡献。他对一切都感兴趣，其藏书反映了这一点。在此之前，从来没有一个普通公民能收集到如此多的书卷。随着亚里士多德的出现，反科学的偏见才得以结束。但此时损害已经造成。虽然亚里士多德是历史上最优秀的科学家之一，但他也受到了柏拉图思想的影响。（至今，我们仍在用“柏拉图式的”一词形容没有实质进展的爱情。）亚里士多德的成就为科学的发展指明了方向，直到现代时期仍在产生影响。他在自然哲学的各个领域都做出了重大贡献，从植物学到地质学，从心理学到动物学等。事实上，正是他首先把科学划分成了许多领域，其最高成就是发明了逻辑学。



亚里士多德的经典半身像由于这是罗马人基于希腊时期半身像制作的复制品，因此很可能与真实的亚里士多德十分相似

那么，他到底错在哪里呢？亚里士多德颠覆了柏拉图的哲学，认为理念只能存在于体现它们的特定事物中。尽管如此，他的思想仍然受到柏拉图式世界观的影响。他认为物体具有性质（qualities），即寓于其中的柏拉图式理念，而不是实际的属性（properties）。这里有一个微妙但根本的区别：一个由实体或物体组成的世界可能有“性质”，而一个由原子组成的世界则只有“属性”——你不会在原子中看到理念的

体现。也正因如此，即便是亚里士多德这样的天才，仍然会接受土、气、火、水为四大基本元素。这些都是性质。

当亚里士多德把他卓越的科学头脑运用在这个错误上时，错误被进一步放大，导致了灾难性的后果。通过推理和观察，亚里士多德认为四种元素各自有其位置。土位于中心，其次是水，水之上是气，气之上是火。世界上所有的运动都是元素试图找到它们应有的位置。因此，石头沉入水底，气泡从水中升起，火焰向上穿过空气，如此等等。

但是太阳、月亮和其他天体显然不是这样运动的，所以亚里士多德提出了第五种元素。这种稀薄的元素，他称之为“以太”（aether）。这种元素的含义依旧残存在我们的一些单词中，比如“ethereal”（天上的、轻盈的）和“quintessence”（本质，字面意思是“第五元素”）。从月亮往上的天界都是这个以太世界的一部分。由于与其他四种元素无关，天体不受同样的法则约束，这就解释了它们为什么不会落到地面上。这个更高的以太世界包含同心的透明水晶球，以地球为中心像洋葱一样一层层排列。月亮、太阳、行星和恒星都嵌在这些球面上，它们各自的旋转产生了天体的运动。当这些透明的水晶球相互摩擦时，能发出人耳听不到的美妙和声，即“天球的音乐”。

亚里士多德的权威以及他思想的卓越使这一切都被接受了。地球被认为是宇宙的中心，尽管几位前苏格拉底思想家已经意识到并非如此。这一点，再加上认为天空由不同元素组成，并遵循不同运行规律的观念，实际上使天文学的研究陷入了停滞，直到 16 世纪哥白尼的出现。

亚里士多德与恩培多克勒和莎士比亚一样，是跨越两个时代的天才。他对政治的态度也许最能说明他的历史地位。不同于柏拉图不切实际的乌托邦，亚里士多德将政治视为一个需要科学探讨的主题。为了找到最好的政治制度，亚里士多德的藏书中收集了希腊所有城邦的宪法。要是有什么城邦前来向他咨询制定宪法的建议，亚里士多德就能起草出一部宪法，这部宪法不仅契合那个特定城邦的实际情况，而且还包含了其他所有城邦宪法中的精华之处。如果说有什么办法行得通，一定就是它了。但这并未奏效，也不可能奏效。

为什么呢？讽刺的是，这一切都归咎于亚里士多德的学生——亚历山大大帝。亚历山大成功地统一了希腊，他采用的方法很简单，就是通过征服他们。随后，他认定他所统一的希腊不应再面临被帝国入侵的威胁，于是他便向东进发去征服波斯人。完成这一目标后，他决定继续前进，征服整个已知世界。撇开狂妄自大的问题不谈，可以说亚历山大的战略是错误的。此时波斯帝国已经衰落，而西边的罗马共和国

刚刚开始扩张。亚历山大辉煌地征服了东方的一切，但一个半世纪后，其帝国的残余便开始遭受来自西方的入侵。尽管存在种种不足，亚历山大还是短暂地建立起了当时世界上最大的帝国。城邦（polis）被大都市（metropolis，字面意思是“母城”）所取代。城邦时代结束了，帝国时代开启。民主被帝国主义取代。尽管亚里士多德才智超群，但他关于如何实现最佳政治体制的思考已变得完全多余。

只是同样的事情没有发生在他的元素科学思想上。认为世界是由土、气、火和水组成的观念已经过时，再多的聪明才智也无法挽救建立在这一前提上的科学理论。接下来，对元素的研究将走向一个完全不同的方向，这个方向既不科学，也不合理。对元素的科学研究，正在踏入一个更为黑暗的领域。

## 第二章、炼金术的实践

传统上一般认为，炼金术始于亚历山大港。公元前 331 年，亚历山大大帝在尼罗河口建立了这座城市，作为他征服的埃及领土的首都。在两个世纪内，它已成为世界上最大的城市，是埃及、希腊和其他黎凡特文化的繁荣大熔炉。它的港口矗立着世界七大奇迹之一的法罗斯灯塔。这座 450 英尺高的灯塔通过反射器集中光束，其发出的光芒即使在地平线以外的海面上也清晰可见。

但亚历山大港最引以为傲的是它的缪斯神庙（或博物馆），它的图书馆是古典时代最好的图书馆。这里收藏了超过七万卷典籍（以卷轴和莎草纸的形式保存），吸引了来自整个地中海世界的学者。这座图书馆使亚历山大港成为古代最重要的学术中心，其地位甚至超越了柏拉图和亚里士多德时期

的雅典。希腊化时代的主要知识分子，如欧几里得、阿基米德和被誉为“古代哥白尼”的阿里斯塔克都曾在此求学。此后，天文学家托勒密和历史上第一位伟大的女性数学家兼哲学家希帕蒂亚也在这里从事研究。亚里士多德丰富的私人藏书最终也被收入这座图书馆，而在后来与图书馆相关的教学机构中，他的哲学思想发挥了核心作用。

但在亚历山大港，希腊思想遇到了一种更为古老的学问，被称为埃及技艺或 khemeia（我们现在“化学”一词的词源）。khemeia 的起源已经无从考证。这个词出现在古埃及象形文字中，与死者的墓葬有关。罗马历史学家普林尼甚至提到，埃及本身最初就被称作 khemeia（意为“黑色”），这个名字源自尼罗河三角洲肥沃的黑色土壤。这种神秘学问的相关记载出现在多个早期文献中，包括《以诺书》（《旧约》的伪经之一）。根据《以诺书》记载，堕落天使们为了讨好某些女性，将 khemeia 的秘密知识传授给了她们。

最初，这方面的知识主要包括对死者进行防腐处理的化学过程。这是为了让尸体在前往死者世界的旅途中得以保存的必要操作。由于这种与冥界的联系，khemeia 的实践者开始被视为魔术师和巫师。然而，其实践很快发展到包括其他由古埃及人发现的化学过程，如玻璃制作、染色，特别是冶金术。因此，khemeia 与已知的七种金属元素——金、银、

铜、铁、锡、铅和汞——联系在一起。这一点，加上它与死者之间的关联，成了一整套形而上学知识体系的基础。埃及人注意到，和元素有七个一样，行星或者“流浪的星辰”也有七个，包括太阳、月亮、金星、火星、土星、木星和水星，它们在不变的星空背景中运动。没过多久，他们就把这七个元素和七颗行星分别联系起来，比如太阳与金，月亮与银，金星与铜，等等。我们现在对金属汞（mercury）的称呼就来自水星的名称。和占星术一样，早期的炼金术士认为他们的科学揭示了宇宙的一个秘密，即地球（以及人类）如何与宇宙发生关联。

从纯实用的角度来看，这种联系也为巫师和魔术师提供了一种保护其行业秘密的方法。他们不必直接描述如何将两种金属熔炼成青铜，而是可以用金星（铜）和木星（锡）的结合来指代这一过程。

他们也可以用将基础元素（原始行为）转化为黄金（高贵品质）的比喻，来描述各种提升精神的修行。所有这些知识都归功于埃及的智慧之神——长着朱鹮头的托特。当希腊人遇到这位神祇时，他们将其等同于自己的神灵赫耳墨斯——众神的信使。因此，炼金术的神秘实践被称为“赫耳墨斯的技艺”。

然而，当希腊哲学传统遇到 khemeia 时，炼金术才真正诞生。哲学家们此前已经成功地将科学从宗教中分离出来，但现在却出现了倒退：这两者又重新结合在了一起。更糟糕的是，这个错误还进一步加剧：khemeia 的实践者原本已经认识到七种真正的元素，现在却将这些抛弃，转而采用亚里士多德的四种元素。

然而，起初在我们看来是灾难的事情，却成了新的灵感源泉。一旦 khemeia 采用土、气、火、水作为四大元素，人们很快就认识到这些并非固定不变的元素，而是类似于冷热、干湿的状态。而状态是可以改变的——热会变冷，湿会变干。如果元素也能相互转化，那些神秘的古代文献中暗示贱金属可以转化为黄金的说法，或许从字面意义上也是可能的。（事后看来，这里又引入了另一个错误：把物理变化和化学变化混为一谈。）

炼金术的核心抱负现在显现出来了：它既不追求精神智慧，也不追求化学技术，而是以纯金为目标。表面看来，这似乎与科学发展毫无关联。然而讽刺的是，科学的萌芽确实开始出现了。当炼金术士们与元素斗智斗勇时，他们逐渐创造出的一套科学知识体系，补充了哲学家们的知识。随着罗马帝国一点一点地接管了亚历山大大帝旧帝国的残余领地，希腊哲学传统正在走向衰落。罗马人是实践者，而非思想家，

他们没有给希腊思想增添任何原创的东西。（据说，数学史上唯一记载的罗马人，就是杀死阿基米德的那个人。）

炼金术现在也反映了这种衰落。它陷入了半神秘主义的胡言乱语；其创造性的科学能量被投入到其他领域，尤其是对黄金的实际追求中。为了解决这个特定的难题，人们想出了许多巧妙的方法。虽然这种智力活动（至少是其中一部分）似乎降低了追求的境界，但低级的狡猾手段却开始大行其道。在烟熏火燎的阴暗密室中，邈邈的巫师骗子取代了在晴空下讲学的长袍哲人。在他们各自的时代，两者都是大众嘲笑的对象，这是创新者永恒的命运。尽管如此，炼金术和哲学都以各自的方式延续了下来。然而，可以说我们从前者那里受益更多。如今到了紧要关头，我们或许可以没有哲学，但绝对离不开化学。

已知最早精通黑暗技艺的人是门德斯的波洛斯（Bolos of Mendes），一位生活在公元前 200 年左右的希腊化埃及人。在他的主要著作《物理与神秘》中，他列举了多种深奥实验，每个实验都以一句咒语结束：“一种本性与另一种本性相契合，一种本性毁灭另一种本性，一种本性支配另一种本性。”这是否在描述某些物质如何溶解于其他物质，某些物质如何相互腐蚀，以及某些物质如何形成化合物？这句咒语多少暗示了对化学的真正理解。遗憾的是，波洛斯描述的实际实验

似乎与这种理解相悖，主要集中在生产银和金的各种方法上。这些实验大量引用了希腊哲学和宇宙学的内容，晦涩难懂到足以抵挡此后几个世纪证明或证伪的努力。

但真相终将水落石出。1828年，人们在底比斯发现了一份古老的莎草纸，上面列出的实验与《物理与神秘》中的实验极为相似，但去除了所有理论和眼花缭乱的晦涩内容。莎草纸清楚地表明，书中所描述的生产黄金和白银的方法纯属骗局，目的就是要欺骗无知的人。不幸的是，在这两千年间，炼金术经历了兴起、繁荣和最终的衰落，但都未受到这些被藏起来的纸片的影响。所以波洛斯是个骗子，但从其他迹象（包括他的伪造行为）来看，他似乎对化学的基本性质有所了解，即元素本身不能通过化学实验来改变。

但帕诺波利斯的佐西莫斯（Zosimos of Panopolis）则不同，他被认为是早期最伟大的炼金术士，大约在公元300年的亚历山大港从事炼金术。炼金术仍然是一种“实践”，但这里的“实践”相比医学或科学，更接近于音乐表演：这一预演阶段并未发展出实质性的成果。

佐西莫斯编纂了一部炼金术百科全书，共28卷，每卷对应一个希腊字母。（古希腊实际上只有24个字母，但在拜占庭时代暂时增加了更多字母。）这部百科全书的内容与现实

之间的联系同样松散，其写作风格时而隐晦、时而神秘、时而朦胧。符号化的公式和加密的实验说明比比皆是。只是偶尔，神秘主义和隐喻的迷雾会散开，显露出一些不那么虚无缥缈的东西。佐西莫斯一度将炼金术定义为“水的组成、运动、生长、具象和非具象化，从物质中提取精神并将精神重新束缚于物质之中”的研究。在这里，神秘主义和真正的化学实践似乎以隐喻的方式共存。但他究竟在说哪一种呢？这种模棱两可是其典型特征。其他章节中涉及的比如将贱金属“提纯”为黄金的内容，更显得晦涩难懂。然而，即使这些段落也包含了一些引人深思的片段，表明他对化学实践有着敏锐的理解。

书中所描述的实验涉及化学过程中的几个不同阶段。

将蛋黄与磨碎的蛋壳混合。把混合物倒入密封容器中，煅烧 41 天。然后让容器在木屑的余烬上冷却。此时，你会发现容器内的物质已完全变成绿色。将这些残留物加水煮沸，溶液蒸发后会变成圣水。不要用手直接接触，只能用玻璃器具。将圣水放入密封容器中，煮 2 天。然后把容器里的东西倒在海螺壳上，抹平并放在阳光下曝晒。水会逐渐变稠，形成肥皂状物质。熔化 1 盎司白银，加入这种物质，你就得到了黄金。

实验的各个阶段通常以特定颜色为特征，标志着特定处理步骤成功完成，而这些颜色在残留物、蒸气或溶液中显而易见。比如在某种情况下，必须经过黑色、白色和绿色阶段，然后才会出现预示着黄金产生的红色。在许多此类实验中，有色化合物都是清晰可辨的——它们实际上是硫酸盐和硫化物。实验中的蒸馏、过滤和溶解等操作步骤也都有明确的描述。有一段措辞含糊的文字甚至暗示，佐西莫斯可能是第一个分离出砷元素的人。不过他指的更可能是一种化合物，比如硫化砷。最引人注目的是，佐西莫斯似乎已经明白催化剂的存在可以诱发化学变化。催化剂是一种引入实验的额外物质，它能促使其他成分发生反应或加速反应过程，而在整个过程结束时自身保持不变。佐西莫斯描述了几种将贱金属转化为黄金的化学过程，这些过程都需要使用他称之为“酞剂”的催化剂。

然而，对将贱金属转化为黄金的痴迷并非炼金术实践的全部。具有讽刺意味的是，这种神秘化有时反而会带来科学上的意外收获——可以说是错错得正。佐西莫斯所描述的一些炼金术过程中，提到了通过将金属转化为黄金来“治愈病态的金属”。不出所料，偶尔有新手炼金术士误解了这一点，完全走上了错误的道路。通过这种方式，炼金术在不经意间变得有用起来。这些误入歧途的炼金术士没有去“治愈病态

的金属”，而是寻找治疗真正疾病的方法。就这样，在为化学科学奠定了一些零散基础之后，炼金术士们无意中创立了科学药剂学，试着用化学方法来治病。

然而这种美好并未持续太久。炼金术很快从治疗肉体疾病转向了治疗精神疾病。就像在很多教化文学作品中一样，寓言、象征和隐喻的深层含义，远远超越了药剂相互作用、人体化学反应等简单又直白的事情。从贪婪到医药，再到救赎——正题、反题、合题——炼金术的演变遵循了它任性的辩证发展路径。然后，由于人性的本质，它又回到了最初的起点：黄金！

在炼金术的整个发展过程中，贪婪、医药和救赎这三个要素一直是炼金术不可分割的一部分。事实上，它们不仅在亚历山大港的炼金术中发挥了核心作用，而且在同一时期全球其他地区发展起来的炼金术中也发挥了核心作用。到公元后的早期，可辨认的炼金术实践已经在南美、中美洲、中国和印度建立起来了。所有这些实践的动机都同样混合了上述三要素。这些地区独立发展了他们自己的炼金术。可能的例外是印度，它也许是通过犍陀罗受到了西方的影响——犍陀罗是亚历山大大帝在印度建立的希腊国家，持续了几个世纪。这种独立发展表明，炼金术是人类进化中一个普遍存在的阶段，是我们智力发展的必要垫脚石。当然，它们之间也存在

差异，往往带有它们所处社会的特征。例如，西方炼金术一直痴迷于制造黄金，而中国的炼金术则更专注于医药和救赎，并在寻求长生不老的过程中，将这两方面融合。因此，中国的“长生不老药”承诺的是永恒的青春或不朽。（英语中的“灵药”即“elixir”实际上在许多世纪之后才出现，但这个词最能体现这种药的特性。）这些长生不老药是由那些非常享受生活、希望长生不老的人服用的。在中国，只有统治阶层才属于这一类。不幸的是，随着长生不老药变得越来越复杂，它们的毒性也越来越大。根据科学史家李约瑟的说法，有一批皇帝死于长生不老药中毒。西方后来也有了类似的药物，虽然看起来彼此独立，但背后的轻信心理是相似的。

我们很容易嘲笑激励炼金术发展的目标：数不清的财富、灵丹妙药、长生不老等等。然而，正是这种实践给我们带来了化学。那么现代化学的目标又是什么呢？具有讽刺意味的是，通过分裂原子成功实现了元素的嬗变，我们对元素的研究将我们推到了自我毁灭的边缘。与此相比，早期炼金术中的贪婪、骗术和江湖术士的行径反倒显得无伤大雅了。

但亚历山大港的炼金术已时日无多。炼金术士们秘密行事，著作晦涩难懂，这使得炼金术既无法像数学那样成为一种智力活动，也不能像日益兴盛的基督教那样发展成一种宗教，始终未能融入社会。公元 296 年，在佐西莫斯去世后仅

几年，戴克里先皇帝便在整个罗马帝国颁布了炼金术禁令，下令焚毁所有炼金术著作。这场大规模的行动是我们今天对早期炼金术知之甚少的原因之一。戴克里先的敕令首次在官方文献中提及了“khemeia”一词。正如炼金术文献中许多复杂的寓言一样，这既是首次，也是最后一次。颇具讽刺意味的是，戴克里先禁止炼金术是因为他认为它会成功——他担心大量生产黄金会破坏帝国摇摇欲坠的经济。

一个世纪后的公元 391 年，亚历山大图书馆被基督徒洗劫并焚毁。这座收藏了浩瀚古典学术的宝库化为灰烬，永远从地表上消失，如今我们只能从其他著作中的零星记载窥见人类所遭受的巨大损失。尽管 khemeia 的实践活动在图书馆中并无一席之地，但其更具科学性的发现很可能已被一些思想开明的自然哲学家记录下来。是否真的有某位炼金术士首次分离出砷？是否有 khemeia 的学者抛弃了亚里士多德错误的四元素理论，重新回归到德谟克利特的原子理论？如果确实如此，几乎可以肯定会产生一些重要发现，但这一切我们永远无法得知。

炼金术从此消失于地下，淡出历史的视野。有趣的是，一个基督教派别——聂斯脱利派，似乎将炼金术的秘密带到了下一个目的地。此时，基督教已被出生于塞尔维亚的皇帝君士坦丁宣布为罗马帝国的国教。为了统一这个内部纷争不

断的帝国，君士坦丁将首都东迁至博斯普鲁斯海峡沿岸的拜占庭，即现代伊斯坦布尔的所在地。

这座城市不久就以皇帝的名字命名为君士坦丁堡。几十年之内，这里的贵族就以奢侈著称。许多人拥有十几座房子，有上千名奴隶可供他们支配。在他们的宫殿里，象牙门后是铺着马赛克地板的大厅，丝绸帷幔下摆放着镀金并镶有宝石的沙发，香炉中不断溢出香气。（的确，品味从来不是拜占庭人的强项。）

325 年，君士坦丁召集帝国各地的基督教领袖，在马尔马拉海边的尼西亚（今伊兹尼克）召开会议。这些领袖对《圣经》的解释存在广泛分歧，但君士坦丁强迫他们接受官方立场，特别是在基督的神性及其与上帝平等等问题上。这本质上是一个政治举动，君士坦丁要将教会与国家的权力合并起来，加强他对帝国的控制。然而异端问题仍然困扰着帝国。一个多世纪后，431 年的以弗所会议被召集来处理聂斯脱利派的问题。这个基督教教派认为基督具有神性和人性两种独立的本质，实际上是在一个身体里合二为一。此后聂斯脱利派被宣布为异端，其追随者被迫向东逃往波斯。在那里，这个曾引起争议的异端最终被当地崇拜火的琐罗亚斯德教徒所容纳。

许多聂斯脱利派教徒继续秘密从事炼金术，他们掌握着这门黑暗技艺的奥秘。这些知识最终传给了琐罗亚斯德教徒，他们对炼金术理论和实践中神秘的火产生了浓厚兴趣。

在亚洲，这一源自欧洲的神秘学问开始蓬勃发展。与此同时，其他更有学术价值的知识传统却日渐衰落。公元 529 年，信奉基督教的皇帝查士丁尼关闭了雅典已有 9 个世纪历史的柏拉图学园，宣布它是“异教学术”的中心。这一天通常被认为是“黑暗时代”的开始，这种黑暗将在接下来的 5 个世纪里笼罩欧洲。

此时，蛮族已经占领了分裂的罗马帝国的西半部。只有东部的拜占庭帝国幸存下来，其首都君士坦丁堡位于欧洲东部，隔着博斯普鲁斯海峡与亚洲海岸相望。古代世界曾诞生了卓越的数学家阿基米德，也创造了罗马工程的非凡壮举。然而，在此后将近 7 个世纪的时间里，欧洲再未出现一位名副其实的原创科学家。

拜占庭帝国的第一个巨大的外部威胁来自东方。（出人意料的是，这个威胁后来反而成了欧洲科学的救星。）以前，阿拉伯人只是居住在阿拉伯半岛干旱地区不起眼的游牧民族。到了公元 7 世纪，一切都因一个人而改变。这个人是来自麦加绿洲的商人，他在公元 610 年得到了天使长加百列的

启示。在这个启示中，40 岁的商人穆罕默德受命引领他的阿拉伯同胞去完成一项使命，使犹太教和基督教的宗教传统结出最终的硕果。而要完成这一使命，唯有顺从独一真主——安拉。伊斯兰教就此建立起来。在阿拉伯语中的“伊斯兰”（Islam）就意为“谦卑或归顺”，“和平”（Salaam）和“穆斯林”（Muslim）源自同一词根。

穆罕默德成功地将阿拉伯半岛的部落统一在伊斯兰教之下。在宗教热情的鼓舞下，阿拉伯人开始了一场自亚历山大大帝以来前所未有的征服运动。在一个多世纪的时间里，阿拉伯人建立了一个帝国，西起西班牙，横跨整个北非和中东，东至印度北部和中国边境。

公元 670 年，阿拉伯舰队甚至围攻了君士坦丁堡，这座城市是罗马帝国最后的残存之地，也是基督教世界的中心。投降似乎只是时间问题。之后阿拉伯人便能横扫南欧，与已经进军西班牙的同胞形成包围之势，并最终越过比利牛斯山脉，一路推进到法国中部的图尔。欧洲似乎注定要成为穆斯林统治的大陆。

这个计划被一个叫卡利尼库斯（Callinicus）的炼金术士挫败了。卡利尼库斯可能出生在埃及，父母是希腊人。他在阿拉伯人抵达之前逃离，随身携带着“希腊火”的秘密配

方。希腊火的秘密现已失传，但其主要成分似乎是蒸馏过的原油。天然形成的原油湖在中东地区很常见，其可燃性在促使波斯人成为拜火教徒方面发挥了重要作用。原油经过蒸馏产生了一种原始形式的石油，然后可再将其与硝酸钾（作为助燃的氧化剂）和生石灰（与水反应产生热量）混合。当希腊火被倾倒在波斯普鲁斯海峡的水面上时，它点燃了阿拉伯舰队的木制船体，所有试图扑灭它的尝试只会引发更大的火势。阿拉伯舰队被摧毁，欧洲的基督教信仰因此得以保留，这件早期的“秘密武器”是由拜占庭帝国的第一位也是唯一一位科学家制造的。

阿拉伯人对这一希腊学问的应用范例印象深刻，并很快开始在叙利亚和美索不达米亚发现了更多古代知识的遗产。他们从巴格达的聂斯脱利派那里学会了 khemeia 的技艺，并很快将其称为 al-chemia。（前缀 al 在阿拉伯语中是定冠词，意为“这、那”。）当阿拉伯人开始研究并推进希腊学问时，他们开始引入自己的词汇。现今英语中的酒精（alcohol）、碱（alkali）、代数（algebra）和算法（algorithm）等词都源自阿拉伯语。

在接下来的 500 年里，化学以及大多数其他科学（包括数学）的历史，几乎都由阿拉伯人主导。阿拉伯炼金术的核心理论以《翠玉录》为基础，这部作品出自传奇人物赫耳墨

斯·特里斯墨吉斯忒斯（希腊语中意为“三重至大的赫耳墨斯”）之手。关于这位神秘人物有各种说法：有人说他生活在摩西时代（公元前 13 世纪），有人说他是希腊神赫耳墨斯或古埃及神托特的后裔，还有人说他就是赫耳墨斯本人。随着时间的推移，他的名字与一系列作品联系在一起，其中最重要的就是《翠玉录》，它传承了许多古代 khemeia 的秘密，包括将贱金属转化为黄金的方法。

阿拉伯人迅速认识到这一过程的巨大潜力，并决心全力投入。希腊的各类学问（从天文学到哲学，从数学到炼金术）开始吸引最优秀的阿拉伯人才。在炼金术领域，第一位杰出人物是贾比尔·伊本-海扬，后来在欧洲被称为“贾比尔”（Geber，几个世纪以来，他被错误地认为是 al-geber 即代数的发明者）。贾比尔出生于 760 年左右，生活在巴格达，当时阿拉伯帝国在传说中的哈伦·拉希德（他的名字直译为“正直的亚伦”）统治下处于鼎盛时期。这正是《天方夜谭》中描绘的时代，谢赫拉扎德通过向哈里发（据说就是哈伦）讲故事来逃避死刑判决。一夜又一夜，她用一千零一个关于阿拉丁、水手辛巴达、阿里巴巴等的传奇故事让他入迷。巴格达本身甚至更加神奇。9 世纪的巴格达已成为世界上最富有的城市，幼发拉底河畔棕榈树环绕的码头停靠着来自桑给巴尔和中国等遥远地方的帆船。城市中心是直径两英里的圆形城

区，由三圈城墙守卫，中央矗立着金色宫殿和大清真寺，四条主干道从这里通向阿拉伯帝国的四方。在城墙外郊区的喷泉和绿树成荫的花园中，坐落着学术中心和公立医院。与之形成对比的是露天市场。这是一种巨大的有顶棚的集市，配有阳台和塔楼，充满了香水商、铸剑师和盔甲匠人的异域喧嚣。摊位上出售苏门答腊的肉桂、非洲的丁香，甚至还有菠菜和大黄等当时欧洲尚无人知晓的奇特农产品。在繁忙的广场上，说书人讲述着阿拉丁和他的神灯的故事，吞火者和吞剑者竞相吸引人们的注意，印度丝绸商人则在竞拍努比亚奴隶。与此同时，在欧洲，罗马已沦为废墟；而在德国森林深处一座阴冷的城堡里，一位身着丝绸长袍的阿拉伯使者送给查理曼一座精密的水钟，令后者惊叹不已。

炼金术传入阿拉伯世界时，同样引起了人们的好奇和惊叹。阿拉伯人的思想与这种希腊-埃及思想遗存的首次碰撞，催生了一系列富有创造性的活动，尽管这些活动并非都具有科学性。《古兰经》积极鼓励医学以及科学和数学的研究，认为这是洞察真主旨意的途径。即使在现代伊斯兰传统主义中，理论上仍然如此，只是这种研究的成果在很大程度上受到了回避。贾比尔并未受这些限制的约束，满怀热情地开始了对黄金的探索，并由此确立了他作为有史以来最伟大的炼金术士之一的地位。

对我们而言更重要的是，贾比尔不同于他的许多贪婪的同行，他以科学的方式来处理物质转化问题。虽然他的化学思维建立在错误的前提之上，但其分析仍然达到了最高水准。正是他启发化学家们开始思考物质终极构造的新可能性。

贾比尔修改了亚里士多德的四元素学说，特别是关于金属的学说。根据贾比利的观点，金属是由两种成分构成的：硫和汞。硫（意为“燃烧的石”）的特征是可燃性要素，而汞则包含了理想化的金属性要素。当这两种要素以不同比例结合时，就形成了不同的金属。因此，贱金属铅可以被分离为汞和硫，如果以适当的比例重新组合，就可以变成金。与佐西莫斯一样，贾比尔确信这个过程需要一种催化剂，它可以促进这一过程，但在结束时保持不变。佐西莫斯称之为“点化剂”，而赫耳墨斯·特里斯墨吉斯忒斯等人留下的希腊文献则称之为 xieron（意为干燥或粉状物质），这个词在阿拉伯语中演变为 al-iksir（炼金药）。一种能将贱金属转化为黄金的物质想必具有神奇的特性。炼金药很快就被视为一种能够治疗多种疾病的药物，继而被奉为包治百病的万能药，最终成为能赋予永恒青春或不朽的“长生不老药”。

阿拉伯人的炼金思想至此完全独立地达到了中国炼金术在约 800 年前达到的水平，这种相似的追求也反映了人类的一种普遍且顽固的愿望。

贾比尔炼金术的进步在化学理论形成雏形时具有重要意义，同时他在我们所谓的“真正”化学领域也取得了进展。虽然在《翠玉录》中记载了在火山口边缘发现的挥发性神秘物质卤砂（氯化铵），但贾比尔是第一个对其性质进行系统研究的人。这是一种简单的化合物，它与几种常见的物质反应，可以形成完全不同的其他化合物。贾比爾的研究使他接近了对化学反应的理解，即什么是化学反应，以及其中发生了什么。

贾比尔常用的一种物质是醋，他通过蒸馏将其制成浓醋酸。这种酸早已为希腊人所知，他们对其溶解某些物质的能力感到着迷。贾比尔还成功制备了稀硝酸溶液——这种物质潜在的酸性更强。这些都构成了基础化学实验所需的简单原料，阿拉伯人正在逐步理解化学及其作用。

贾比尔在哈里发的大臣贾法尔的庇护下得以从事他的研究。贾法尔成为贾比爾的朋友和赞助人，在他的实验工作和写作中鼓励他。但生活在充满勾心斗角的哈伦·拉希德宫廷是一件危险的事情。当贾法尔失宠并被处决时，贾比爾被迫逃往他家乡的村庄避难。在这里，他平静地度过了余生，撰写了他的杰作《完美大全》，这本书全面总结了他在炼金术和化学领域的广博知识。

然而，阿拉伯炼金术士的主要兴趣仍然在于追求黄金。这一追求激发了阿拉伯世界第二位伟大的炼金术士拉齐（Al-Razi，后来在欧洲被称为 Rhazes）的灵感。拉齐实际上是一位波斯人，于 10 世纪早期在巴格达崭露头角。和那个时期许多阿拉伯世界的思想家一样，拉齐有着广泛的学术兴趣。他曾撰写了一部音乐百科全书，并创作了富有深刻见解的哲学和诗歌作品。他对科学的关注始于大约 35 岁偶然结识的一位巴格达药剂师。随后他对医学产生了浓厚兴趣，并被任命为巴格达主要医院的首席医师。他在诊断和治疗疾病两个方面都有所成就。拉齐的著作表明，他是第一个认识到天花和麻疹分属不同类型的人。其著作还描述了石膏粉的制备方法，以及如何用它来制作用于骨折的石膏铸模。与贾比尔一样，拉齐的科学著作非常清晰和详细，以至于人们可以精确地重现他的实验细节。那些重现过其实验的人都证实了他的研究结果的准确性和可靠性，这在当时并不常见——除了阿拉伯人擅长的数学领域。不过，在炼金术转化理论方面，拉齐似乎无可避免地遵循了传统，保持着晦涩难懂的隐喻式表达，但这种风格对于他继续自己的研究是必要的。

拉齐的主要作品叫做《秘典》。幸运的是，这部著作并没有止步于其书名的神秘色彩。事实上，它清晰地概述了拉齐的化学知识和相关实践，因此也是阿拉伯时代的主要科学著

作之一。拉齐的强项和独创性主要体现在分类学上。在某一阶段，每一门科学都需要一位分类天才，使这门学科能够被划分成不同的领域，进而以各自独立的方式发展。当然，亚里士多德是此方面的第一个伟大典范，他对古典世界已知的所有科学进行了分类。而拉齐则在早期化学中扮演了类似的角色。

《秘典》分为三个部分。第一部分描述了阿拉伯炼金术中已知的所有设备：一系列玻璃器皿和仪器，这些设备后来成了化学实验室的标准配置，并在很大程度上作为标准保持到 19 世纪。第二部分描述了“配方”，即那个时期已知的技术，如蒸馏、升华（固体成为气体）、煅烧（固体成为粉末）和溶解（固体成为溶液）。在后两个过程中，物理变化和化学变化之间的区别仍然模糊不清。《秘典》中最有趣的部分是关于物质的，其中包括一长串已知的化学物质和矿物质。拉齐在这一部分首次将物质分为动物、植物或矿物三大类。他还列出了炼金术士使用的不同类型的材料。这些材料包括：“体”（金属）、石、盐和“灵”（挥发性液体）。在最后一类中，他纳入了汞和卤砂（氯化铵）。贾比尔早期对卤砂的研究似乎引发了炼金术士的广泛兴趣，也使他们进行了更多相关实验。于是炼金术士们开始对各种物质的性质进行真正的化学研究。我们可以从拉齐列出的不同类型的材料中看到，他

也在尝试建立元素分类体系。他对化学理论的贡献还体现在对贾比尔学说的发展上。贾比尔认为固体由硫（可燃性）和汞（挥发性）构成，而拉齐在此基础上增加了第三种要素，认为盐是固体的必要部分，因为它既不挥发也不易燃。

不幸的是，炼金术给拉齐的晚年带来了一些苦难。为了讨好权贵，或许是为了寻求一个安稳的职位，拉齐撰写了一篇关于炼金术的论文，并亲自献给了波斯东北部呼罗珊的埃米尔。埃米尔在阅读这份精美的献礼时，对炼金术产生了浓厚的兴趣，随即召见拉齐，命令他进行一次公开实验以展示物质的转化。拉齐含糊其辞地解释说，单是实验器材就需要耗费一大笔钱。尽管如此，埃米尔还是付给了他一千枚金币，并让他建立实验室来进行演示。到了约定的日子，埃米尔带着拉齐关于这一主题的著作来到现场，准备见证贱金属转化为黄金的过程，以便能够跟进每一个步骤。然而，尽管这位年迈的炼金术大师在坩埚、蒸馏器和熔炉间折腾了数小时，却始终未能产出任何可以冒充黄金的东西。埃米尔勃然大怒，随即用书击打拉齐的头部。据说这就是导致拉齐晚年失明的原因，此后他在“贫困和默默无闻”中度过了余生。奇怪的是，这位伟大炼金术士的失败并未阻止后世众多追随者的脚步，他们仍然坚信拉齐最终破解了炼金术的奥秘。拉齐于 930 年前后去世，终年 70 多岁，但他仍然当之无愧地被认为是阿

拉伯世界最优秀的科学家之一。

在拉齐去世半个世纪后，出现了最伟大的穆斯林知识分子阿维森纳（Avicenna，在阿拉伯语中是伊本·西纳）。阿维森纳可能是历史上唯一一位对医学、哲学、物理学、阿拉伯政治和炼金术都做出了重大贡献的人物。对于这样一位智力超群的人物，这或许并不令人意外——他对炼金术最重要的贡献，就是质疑炼金术存在的根本目的，即将贱金属转化为黄金的能力。不用说，这让他炼金术界没什么朋友。

阿维森纳于 980 年出生于撒马尔罕附近，是一位波斯税务官的儿子。他自幼便展现出非凡的才能，据说在 10 岁时就能凭记忆背诵整部《古兰经》。他的卓越智力很快就引起注意。在伊斯法罕和德黑兰接受教育后，他在不同的穆斯林领袖手下供职，有时担任维齐尔（相当于宰相）。这份工作即便在太平盛世也充满风险，在阿拉伯帝国衰落和分崩离析的时期更是危机四伏。阿维森纳遭受了中东政治生活中常见的职业风险：他不止一次侥幸逃脱死刑，遭遇绑架的勒索，辗转于地牢和藏身之所。

然而无论古今，高风险总伴随高回报：他享受着名声和财富，有数不清的女人，想必也有数不清的妻子。尽管《古兰经》禁止饮酒，但据说阿维森纳对葡萄酒的消费量惊人。

他是如何在这一切中找到时间进行深刻而广泛的智力活动的，至今仍是一个谜。或许在那个时代，养尊处优的大臣们甚至不需要假装自己工作得很辛苦。

阿维森纳在他的科学著作中提出，除非受到外力的作用，否则物体会保持静止或继续以恒定速度作直线运动。这就是比牛顿还要早 600 年的第一运动定律。阿维森纳还通过一个富有诗意的意象，指出了时间与运动之间不可分割的联系：如果世界万物都静止不动，那么时间就失去了意义。（时空关系的数学证明直到爱因斯坦时期才最终完成。）

在医学领域，阿维森纳是罗马时代的医学巨匠盖仑与 17 世纪发现血液循环的哈维之间最重要的医学家。阿维森纳的医学专长直接源于他从拉齐那里吸收的炼金术知识，以及他自己的炼金术研究。与拉齐一样，他认为医学是一门科学。在他看来，矿物或化学药物的疗效远胜于自古以来便盛行的草药和民间偏方。阿维森纳编纂了一份详尽的化学药物清单，详细记录了各种化学物质用作药物时的效果，以及它们可以治疗的疾病。这部药典很快就被奉为这一领域的权威著作。

阿维森纳的科学和哲学工作最终因政治事件而中断。他作为波斯国王的大臣失宠了，不得不隐匿躲藏以保全性命。

直到国王病得很重，宫廷医生们束手无策，声称只有阿维森纳才能挽救他的生命时，他才出现。这时阿维森纳的存在至关重要，他的安全也得到了保障。后来国王战败，阿维森纳的智慧被视为战利品的一部分——尽管他曾指挥过波斯战争，却立即被敌人指派了工作。（这一早期的传统在第二次世界大战中仍然盛行，当时俄罗斯人和美国人都争相获取德国最优秀的火箭科学家，无论他们是否与纳粹有关。）

与此同时，阿维森纳继续尽其所能地进行他的哲学思考。这和他的化学一样，都是建立在亚里士多德的错误观念之上，并进一步受到日益严格的伊斯兰正统教义束缚。如果没有这种束缚，阿维森纳很可能已经发展出一种真正具有原创性的哲学。他对哲学和科学知识的渴求，实际源于一种颇具现代特征的存在主义困惑，正如他的诗歌所表现的那样：

我多么希望知道我是谁，

我在这个世界上寻求什么。

尽管阿维森纳声称自己无知，但他并不是一个能容忍愚蠢的人，他尖刻的性格使他几乎没有朋友。他甚至不屑一顾其医学导师拉齐的哲学著作，讥讽地建议他应该把精力局限

于“检查粪便和尿液”上。阿维森纳于 1037 年去世，死因可能是中毒。

几年内，阿维森纳在哲学和医学方面的著作在整个阿拉伯世界得到了广泛的传播。1095 年，当托莱多被西班牙人收复时，当地的大图书馆里都发现了他的药典。但在此之前，其中的秘密已被非洲的康斯坦丁带入欧洲——他是历史上那种突然出现的人物，我们只知道他的名字与一件重大事迹和一些零星事实相关，让人不禁想象他一生中的传奇经历。康斯坦丁可能出生在迦太基的一个穆斯林家庭，并在巴格达接受教育。一天，他带着阿维森纳的药典神秘地出现在萨莱诺的医学院。在将这部著作翻译成不太标准的拉丁语后，他在卡西诺山修道院皈依基督教成了一名修士，并于 1087 年在那里去世。在接下来的几个世纪里，阿维森纳的药典将成为欧洲最具影响力的医学著作，也成了现代药学的先驱。

## 第三章、天才和胡言乱语

随着阿拉伯帝国的分裂和衰落，其对科学和数学的伟大贡献也走到了尽头。这些知识连同阿拉伯思想家们保存和研究的大量希腊典籍一起，开始向西方传播。在此之前，欧洲仅有少量亚里士多德的著作幸存下来。由于征服了西班牙，加之十字军对圣地的零星占领，越来越多的亚里士多德著作重现于世，并被从阿拉伯语翻译成拉丁语——当时拉丁语仍是全欧洲通用的学术语言。

当这些新的著作到达西方时，西方社会大体上还处于一种停滞的、等级分明的状态。教会承载着整个社会不可质疑的价值体系。地球位于宇宙的中心，教皇是上帝在人间的代表，所有问题的答案都指向上帝。

那个时代与其说是反科学的，不如说是无关科学的。在一个没有进步的时代，人们笃信永恒的精神价值高于现实的变迁，因而根本不需要科学。判定一个人是否有罪，靠的是严刑拷打或者浸水椅，而不是法医鉴定或合理的论证。面对黑死病，人们的应对措施是祈祷而非预防。14世纪中叶，黑死病横扫欧洲，夺去了超过三千万人的生命，相当于当时欧洲人口的三分之一。这场恐怖的灾难在很大程度上导致了这一时期思想的停滞：欧洲在此后近一个世纪里都处于创伤状态。然而，具有讽刺意味的是，正是这场瘟疫对封建秩序造成的广泛破坏，为社会变革开辟了道路。

科学思维在当时被边缘化，看不到出路。然而，就像所谓“黑暗时代”的知识传承一样，科学的光芒在这个宗教弥漫的社会边缘微弱地闪烁。人们常说，中世纪对科学没有任何贡献。这种说法并不完全正确。当时的技术进步虽然不多，也不引人注目，但依旧以它自己的方式发挥了重要作用。其中，最典型的例子就是独轮车的发明。更重要的是，人们还发明了马蹄铁、马颈圈，以及机械钟。技术进步缓慢而坚定地向前推进，就像一匹老马，蹒跚前行，这一进程被城镇大钟的齿轮和钟锤记录着，钟声准时敲响。这些时钟不仅标记着天体的缓慢运动，还为晨祷和晚祷报时，并告知人们日出和日落时城门的开启和关闭。尽管这些传统看似永恒不变，

但时间的流逝还是不经意间进入了一个对时间测量要求更高的时代。当时并不需要分钟，更不用说秒，但为了保持时钟的准确性，人们开始使用这些计时单位。分和秒仿佛正在那里不断累积，等待时机，进入一个更加繁忙和精确的时代。

同样地，中世纪思想正以不可阻挡之势迈向一个前所未有的精确化时代。中世纪的思维接受了科学的基本前提：因果关系。任何事件的发生都是由先前的原因引起的——这一思想继承自亚里士多德。作为中世纪神学家和哲学家的代表人物，托马斯·阿奎那运用这一理念来证明上帝的存在，他认为上帝是启动整个过程的第一因。

然而，这种科学与神学的交织最终被证明是灾难性的。科学通过质疑既有假设而不断前进，而质疑神学则会被视为异端。这就在科学与上帝之间制造了一场不必要的冲突，并一直延续至今。

在许多方面，炼金术仿佛是为中世纪的思想量身定制的。在这里，形而上学与现实世界紧密交织：贱金属可以转化为黄金，肉体的欲望可以升华为精神的追求。但这种想法也很危险。炼金术试图改变世界：将粗鄙的自然提升至黄金般的完美，从混沌中创造秩序。这本属于上帝的职责范围，而任何试图扮演上帝的行为都是亵渎神灵。

尽管如此，在欧洲第一批伟大的炼金术士中就有一位牧师：大阿尔伯特（Albertus Magnus）。他后来被罗马天主教会封为圣徒，现在则被看成是科学家的守护神。大阿尔伯特约于 1200 年出生在德国南部。他曾在帕多瓦学习，后来成为那个时代巴黎最杰出的教师。（托马斯·阿奎那 20 岁时，从意大利南部徒步前来，成为他的学生）。



炼金术士的实验室和图书馆

13 世纪早期的学术状况使得学者们尚能怀抱“了解一切”的志向。大阿尔伯特不仅接受了这一挑战，还致力于拓展人

类在哲学、化学（按现代标准）、生物学以及炼金术等领域的知识。他渊博的学识让那些心怀嫉妒的同僚给他贴上了“魔法师”的标签。然而，这一评价并不恰当：以当时的标准来看，他的研究方法既科学又正统（他接受亚里士多德提出的限制性规则）。在炼金术方面，他倾向于怀疑将贱金属转化为黄金的可能性，但仍保持开放态度——或许是因为亚里士多德未曾对此表态。他在炼金术实验室中进行了大量富有创见的精巧实验，他的实验笔记表明，他几乎可以确定是第一个分离出砷元素的人。

尽管炼金术带有异端和魔法的特性，但它吸引了大阿尔伯特和当时许多真正求知的学者，因为它似乎提供了一条发现真理的新颖且独特的途径。这是唯一一种致力于探索物质世界真相的知识探索。简而言之，在那个时期，炼金术是研究物质的唯一实际科学。在此之前，人们对变化的认识局限于亚里士多德划分的那些类型——如抛体运动、衰老过程、四季更替等。大阿尔伯特或许是第一个认识到化学变化与这些完全不同的学者。

大阿尔伯特似乎能在亚里士多德主义的框架内轻松生活。然而，与他同时代的伟大科学家罗杰·培根却并非如此。罗杰·培根约出生于1214年，后来成为方济各会修士，在牛津和巴黎学习并任教。与大阿尔伯特一样，培根的知识也兼

具广度和深度。他甚至尝试编写一部包含人类所有知识的百科全书，但最终不得不承认失败。这对培根来说实属罕见，因为他是一个极其自信的人，经常贬低他人的智识缺陷。培根的性格并不具备修道士的特质：贫穷和贞洁他或许能勉强忍受，但顺从对他来说几乎是不可能的。

罗杰·培根的才华引起了教皇克雷芒四世的注意，后者成了他的赞助人。克雷芒四世去世后，培根的敌人开始报复。最终，方济各会的领袖将他囚禁在巴黎长达 15 年，并下令销毁他的所有著作。幸运的是，一些志同道合的修士秘密保存了部分著作，不过他的《大著作》直到他去世近 450 年后的 1733 年才得以出版。

培根的思想与达·芬奇在笔记中描绘的许多构想有着显著的相似之处，然而培根的设想却比达·芬奇早了 200 年，而且在许多方面甚至超越了达·芬奇。他预言了蒸汽船、汽车、潜艇，甚至飞行器的出现，并推测人类终有一天能够环球航行。在他的一封信件中，首次在欧洲提到了火药。因此，人们曾长期认为火药是他发明的。

后来的历史学家认定火药源自中国，但近期有学者提出欧洲可能独立发明了火药，如果确实如此，培根也很可能是这一发明的功臣之一。这些非凡的想象展现了他独特的创造

性思维。更为务实的是，他强调实验是科学进步的唯一真正途径，这一点意义深远。（培根的性格使他能够在牛津实验室里安静地投入大量时间。）他还强调应用数学是科学实验中获得精确真理的途径。这两个理念直到近 4 个世纪后的伽利略时代才真正得到确立。

尽管培根具有超前的科学视野，他依旧坚信炼金术的基本前提：将贱金属转化为黄金的可能性。在这一点上，他受到了亚里士多德思想的影响。亚里士多德对生物学情有独钟。他认为，在自然界，一切事物的存在似乎都有一个目的，不管是玫瑰花的尖刺，还是猫的胡须。基于这一原则，亚里士多德及其追随者在他们的哲学研究中，都相信该目的就是努力趋向完美。比如，对人类而言，精神会努力超越肉体；对金属而言，所有的贱金属都会努力成为黄金。但大自然需要一些物质媒介来协助完成这一任务。培根接受了阿拉伯人的观念，即借助一种“灵药”来催化贱金属向黄金的转换过程。然而，没有证据表明他曾成功进行过这种物质的实验。

接下来，我们不得不面对一个必然的问题：炼金术究竟是如何能够存续那么长时间而不被揭穿？为什么没有被简单地认定为一场骗局？当然，炼金术士们刻意制造的神秘感起到了重要作用。他们通常用隐喻来描述所做的实验，这些带有神秘主义色彩的做法使得外行人很难理解那些实验。同

样，只有精通这门技艺的人才能理解其中的符号。但还有更为根本的因素在起作用，那就是人们愿意相信，更不用说还有贪婪和欲望的驱使。神秘主义、秘传知识和无限回报的前景，这种令人陶醉的组合满足了人类原始的需求。与此同时，炼金术也在以自己的方式演变为一门研究物质的科学，标志着我们对物质世界认知的进步。除了追求黄金，炼金术也体现着人类对知识的渴求。如果它被揭穿为骗局并从人类知识中消失，那么整个化学概念也可能会迷失数个世纪。和占星术相似，炼金术是人类追求知识过程中的一条弯路，一个错误。然而，正如占星术在心理学成为科学之前就帮助我们分析和刻画人的个性特征、促使我们思考自我一样，炼金术也让我们得以不断追问物质世界的本质，探寻更加准确的答案。

运用现代标准回溯历史时，将事实与传说区分开来总是容易的。但在当时，界限则更为模糊。我们该如何看待罗杰·培根最伟大的创造，这个让他在去世后的几个世纪里仍为人们所铭记的作品？据说这位构想出潜艇和飞机的远见者制造了一台属于他自己的机器。这是一个有着“黄铜头”的机械人。一天晚上，培根睡觉时，它开始说话，然后就破碎了。难道培根在这方面也比弗兰肯斯坦早了 500 年吗？

培根最终以落魄之身结束了他的一生。1291 年，在巴黎的牢房里关了 15 年后，他因健康原因被释放。当时已年过七

旬、身患重病的他回到了牛津，并于次年在那里去世。

此时，炼金术已经进入了一个新的创造性繁荣期，它的目标开始变得如史诗般宏伟。具有讽刺意味的是，这在一定程度上源于一场灾难性的损失。1204年，第四次十字军东征的法国士兵占领了君士坦丁堡，废黜了皇帝。在一片混乱中，甚至把一个醉酒的妓女置于圣索菲亚大教堂巨大穹顶下的皇帝宝座上——这里是基督教世界最重要的教堂之一。在随后的劫掠中，无数古希腊和拜占庭手稿遗失，其中包括大量炼金术典籍。事实证明，这对炼金术而言，好坏参半。手稿遗失留下了巨大的知识断层，这反而激发了13世纪炼金术士们开展原创性研究，而不是一味钻研古代深奥文本，其结果是炼金术的重大发展。阿拉伯人的灵药如今演变成了“哲人石”。这种传说中的东西与神秘的探索、终极的学问和各种形式的“真理”相联系。一位14世纪的西班牙炼金术士，维拉诺瓦的阿诺德（Arnold of Villanova）曾这样描述：“自然界中存在着某种纯净的物质，一旦发现并通过炼金术使其达到完美状态时，它将使所有接触到的不完美物体变得完美。”其他人的描述更加离奇。尽管从未有人真正见过这块难以捉摸的石头，但它被描述为一种重而发光的粉末，散发着天界般的芳香。当它呈红色时，可以把贱金属变成黄金；呈白色时，则能把贱金属变成白银。如同独角兽一般，哲人石

具有各种引人注目的特质——除了真实存在。

将“哲人”一词引入炼金术的这种不恰当的做法表明，这门“科学”已经偏离了它最初与哲学的联系。回想一下，亚里士多德观察一块石头被吸引到水池底部，附着其上的气泡随后在水中上升并返回空气中，他由此思考四种元素如何被吸引到其自然位置。这才是真正的哲学家工作时的清晰和精确，与“哲人石”之类的幻想相去甚远。然而，化学从本质上说一直是一门晦涩的学问。对“哲人石”的探索也不例外。在炼金术士的洞窟里，在刺鼻的烟雾和充满寓意的芬芳云雾中，这种探索可能会通向任何方向。事实上，根据名为《世界荣光》的炼金术著作，哲人石无论老少，人人都熟悉它。它存在于郊外、乡村和城镇，存在于上帝创造的万物之中。然而，它却被所有人轻视。无论贫富，人们每天都要接触它，仆人把它扔到街上，孩子们拿它玩耍。没有人珍视它，尽管除了人的灵魂之外，它是世上最珍贵的东西，甚至能够摧毁君主和王侯。然而，它仍被视为最卑鄙、最低贱的东西。

如今，“哲人石”听起来像是一个谜，一个矫情的文学象征，甚至是一则关于危险欲望的说教。然而，正如19世纪德国化学家尤斯图斯·李比希（Justus Liebig）所言，“世界上最优秀的想象力也想不出比哲人石更好的概念来激发人类的思想和才能。没有它，化学就不会是今天的样子。为了

证实哲人石这种东西并不存在，必须对地球上已知的每一种物质进行彻底的搜查和分析。而这正是它产生神奇影响的原因所在。”

到 14 世纪中期，欧洲各地修道院的抄写员都在复制描述寻找哲人石的炼金术手稿。这些手稿中包含了许多关于化合物性质的重要研究。但这些早期的、无意中成为化学家的人，在很大程度上仍然是匿名的。抄写僧侣们一方面是由于无聊，一方面是由于能力有限，保持了中世纪手稿中常见的匿名或虚假署名的传统；在某些情况下，原作者自己也难辞其咎——他们因缺乏自信而将自己的作品归于某些更早的权威。这一时期的一些最重要的研究成果是由一位自称为“贾比尔”的炼金术士完成的，他以 8 世纪的阿拉伯炼金术士贾比尔为名。这位 14 世纪的行家据信是一位西班牙修士，现在通常被称为“伪贾比尔”。

其他人则没有那么谨慎低调。一些炼金术士甚至出版了回忆录，其中一位详细描述了他的成功探索。巴黎书记员尼古拉斯·勒梅（Nicolas Flamel）在《象形文字图说》中讲述了他如何展开一次横跨法国和西班牙的炼金术朝圣之旅，在那里他遇到了一位名叫坎彻斯的犹太医生。坎彻斯临终前向他透露了点金术的部分奥秘：“基本原理我已掌握，但最初的准备工序却是世间最难的事。不过经过约 3 年的反复试错，

我终于也掌握了这一环节。这期间，我专注于研究和实验，别无他事。”他最后记载道：“在人类复兴之年 1382 年 4 月 25 日傍晚 5 点左右，我将红石投入等量的水银中……成功将其转化为几乎相同量的纯金，这些金子比普通黄金更纯净，更柔软，更易加工。”遗憾的是，他具体的操作方法都用传统寓言形式记述，至今仍让那些渴望复制他点金术的读者无法参透。无论我们是否相信勒梅的说法，有一点是确凿的：尽管他出身卑微，但他很快就成了一个非常富有的人，以慷慨捐赠巴黎各大教堂而闻名。在巴黎克吕尼博物馆至今仍保存着一块当时的大理石牌匾，记录着他的一次捐赠。

但勒梅并不是唯一一个成功的人。根据传统说法，并有当时的记录佐证，加泰罗尼亚僧侣雷蒙德·吕利（Raymond Lully）也成功完成了这项“伟大的工作”。他既是一位苦行的神秘主义者，也是一位成功的炼金术士。据说他用炼制的黄金偿还了挥霍无度的英国国王爱德华二世的债务，这位同性恋国王在位期间大多时间都在与反同性恋的贵族们斗争。在吕利成为僧侣之前，很可能也曾像爱德华二世一样行为放纵。一些学者出于保护目的，一直否认这些传闻及其炼金术倾向，但事实是，当时人们坚信这一切，包括他作为炼金术士的成就——历史不是实际发生了什么，而是我们相信发生了什么。尽管骗子横行，但这一时期确实有许多诚实的炼金

术士，他们完全相信自己所做的事情，而且他们也有充分的理由。中世纪哲学家在亚里士多德原始哲学的基础上，发展出了他们自己的亚里士多德主义。根据这一理论，大自然对完美的追求也发生在地下的矿物中：石块变成岩石，岩石变成金属，这种进化过程持续不断。随着时间推移，贱金属在完美阶梯上慢慢攀升——先变成锡，然后是银，最终成为黄金。

这种想法并不像看起来那么牵强。相比中世纪科学家观察到的其他转变，土质矿石经过熔炼产生纯金属是一个简单的过程。他们还需要解释更难理解的现象，比如腐肉是如何变成蠕虫的，毛毛虫如何变成蝴蝶，种子又是如何长成参天大树。这些都是真实的嬗变现象。相比之下，将一种金属转化为另一种金属反而是一个简单、容易令人信服的过程。

然而，与此同时，这些炼金术士也为我们今天所知的化学奠定了理论基础。14 世纪的炼金术士在不懈地寻找“哲人石”的过程中，成为第一批了解酸的本质的人。古人唯一知道的酸是醋中的弱醋酸。公元 8 世纪，贾比尔配制了一种稀硝酸溶液，同时其他阿拉伯炼金术士也发现了可以通过蒸馏醋获得浓度更高的醋酸。但即使是浓醋酸也几乎没有腐蚀性，它似乎并不具备很强的反应活性。真正的突破发生在 1300 年之后，伪贾比尔发现了我们今天熟知的硫酸。这是一种几乎

能溶解、腐蚀或与任何物质发生反应的液体！这一发现被誉为自大约 3000 年前发现如何从矿石中炼铁以来最重大的化学进步。随着时间的推移，硫酸也同样改变了世界。（直到 20 世纪中叶，一个国家的工业发展水平的指标都是其每年使用的硫酸量。）



炼金术

除了硫酸，伪贾比尔还描述了如何制造浓硝酸——它被称为“强水”(aqua fortis)，因为它几乎可以溶解除金以外的任何东西。在此之前，大多数炼金术士对酸的使用仅限于那些自然产生的弱酸，比如醋中的醋酸，或酸奶中的乳酸。从矿物中获取强酸的发现为实验开辟了一个全新的前景。物质可以溶解在这些酸中，金属被它们腐蚀形成盐，溶液混合时会形成沉淀。炼金术士偶然发现了使他们能够进行大量基本化学反应的方法——化合物的形成和溶解，以及化合物之间的互相转化。同时，他们还发现了一种分离出元素单质的方法，而在此之前这些元素只能以化合物形式存在。但所有这些认识都只是我们的后见之明。炼金术士们并没有真正的理论框架来整理他们的实验结果。他们是在黑暗中摸索。他们所发现的只是实用的方法。他们知道怎么做，但并不真正知道自己要做什么。

然而，炼金术士们自己却不这么认为。他们很清楚自己要做什么。他们的实验只有一个目的：将贱金属转化为黄金。化学发现要么被用于实现这一目的，要么被忽视。至于对这些新发现蕴含的其他可能性进行系统探索？在他们看来根本毫无意义。

尽管采取了这种狭隘的方法，但还是在不经意间取得了一些系统性的进展。实现这一目标的关键在于“灵药”的概念。中世纪的欧洲从阿拉伯人那里继承了一种混乱的灵药观念。灵药是诱发嬗变过程的催化剂，而人们始终认为这种物质本身具有魔力，同时也能赋予人永生。通过联想，它很快就被认为具有药用功效。这种概念上的模糊性在 14 世纪中期的鲁佩西萨的约翰（John of Rupescissa）的著作中得到了体现。关于他的生平，人们所知甚少，只知道他曾因诋毁教皇英诺森六世的道德而被监禁，讽刺的是，英诺森六世是当时表现较为端正的教皇之一。另一方面，鲁佩西萨的约翰的著作同样晦涩难懂。在某些地方，他用于诱发嬗变的催化剂，几乎与他为医治某些疾患开出的药物完全相同。清除铅中的杂质元素和清空肠道似乎被视为相同的过程，两者都需要同样激烈的治疗。而吞服一种设计用于在 400℃左右熔融金属中工作的催化剂，其后果简直不堪设想。

不管患者如何抗议，这将成为一种趋势的开始。为了获得收入，炼金术士们很快就开始针对不同的病症开出不同的药剂。很快，特定的药剂便被认定为特定病症的专门疗法。使用化学物质来治疗特定疾病的理念源自贾比尔的药典——经过非洲的康斯坦丁的翻译，这一药典现已在欧洲广泛传播。欧洲炼金术士生产的灵药进一步强化了这一理念，药剂

学由此在欧洲诞生。

这种做法得益于有史以来最重要的灵药的发现。它是通过精心蒸馏葡萄酒制成的，后来被称为“生命之水”（aqua vitae）。14 世纪出生于西班牙的维拉诺瓦的阿诺德是首位制得近乎纯净酒精的炼金术士。阿诺德的思想是神秘主义和科学洞察力的奇妙结合。他观察到，当木材在不通风的房间里燃烧时，会产生有毒气体——这使他成为一氧化碳的发现者。他还相信，哲人石存在于所有物质中，并可以从中提取出来。这种神秘的想法与他通过蒸馏葡萄酒来制备纯酒精的做法相呼应。在炼金术的象征体系中，酒精被视为穿透葡萄并留存于果汁中的阳光精华（以太黄金）。看来，品酒文学也始于这一时期。

维拉诺瓦的阿诺德是一位精通阿拉伯语的博学医者。他直接研读阿维森纳药典的阿拉伯文原著，而不是依赖非洲的康斯坦丁那份略显随意的译本，因此他开出的处方比同行更为精准。在整个南欧，维拉诺瓦的阿诺德被公认为当时最杰出的医生，常被召至王室和教皇的病榻前（在他有生之年，教皇更换了近 20 位）。为患病而脾气暴躁的君主和过度放纵的教皇治病是一件危险的事情——失败可能让病人和医生都丢掉性命，但成功也会带来同样诱人的回报。阿诺德从阿拉贡国王佩德罗三世那里获赠一座宏伟的城堡，又从一位教

皇处获得了蒙彼利埃大学的高薪教授职位，还在意大利、西班牙和法国南部拥有多处乡村庄园，这些都是他继续研究葡萄酒蒸馏的理想场所。

与硝酸一样，人们发现酒精是一种不同的、更微妙的溶剂。它还具有防腐特性，在医学上可用作消毒剂来清洁伤口。然而，一些没那么仁慈的人则试着将这种神奇的新液体用在自己身上。这种习惯迅速传遍欧洲，“aqua vitae”被翻译成多种语言：在法语中变成了 eau de vie，在斯堪的纳维亚语中变成了 akvavit，在盖尔语中则变成了 usquebaugh（即威士忌）。这样的实验想必没有得出结论，因为它们一直持续到今天。

作为副产品，炼金术士们提出了重要的科学思想。然而，炼金术本身的成果充其量只是些假黄金。毫不奇怪，这门黑暗技艺现在进入了第三个衰退期——前两次分别发生在罗马帝国末期和阿拉伯帝国解体时期。1317年，教皇约翰二十二世再次禁止了炼金术。（此前，教皇本人曾在著名学者维拉诺瓦的阿诺德指导下研究这门技艺多年。关于教皇禁止炼金术的动机，当时众说纷纭：有人说是因为幻想破灭，有人说是因为他缺乏才能而恼羞成怒，还有人声称他想垄断这一领域，并在阿维尼翁教皇宫殿的地下室里秘密从事炼金术。他去世时留下了一笔来历不明的黄金财富，价值一千八百万法

郎，这些怀疑似乎得到了印证。关于这笔巨额财产的来源，形而上学家和会计们争论了多年。)

但教皇的禁令只是将炼金术逼入地下。这门神秘的技艺深深打动了人性深处的某些东西——黄金、秘密、深奥的学问，这种结合对求知者来说始终具有无法抗拒的吸引力。即使是中世纪最伟大的思想家，神学家兼哲学家托马斯·阿奎那，也对此感兴趣。在接受了他的老师大阿尔伯特的指导后，据说他写了一部名为《炼金术宝典》的作品，以及几部类似的论著。这些作品的作者身份至今仍有争议。然而，根据炼金术历史学家 A. E. 韦特 (A. E. Waite) 的说法：“现代化学家仍在使用的某些术语首次出现在托马斯·阿奎那的这些假托著作中——例如‘汞合金’一词，用来表示汞和另一种金属的化合物。”很难想象，赫耳墨斯哲学的含混玄说和经院哲学的严谨神学是如何在阿奎那的头脑中共存的。然而具有讽刺意味的是，正是这些看似混乱的理论对欧洲人的思想和所谓的人生哲学产生了根本性的影响。

最能说明这一点的是古老的炼金术著作《翠玉录》，由神秘的赫耳墨斯·特里斯墨吉斯忒斯所写。这部作品可能写于公元 1 世纪左右的亚历山大，后来成为阿拉伯炼金术的核心文献，并可能于 15 世纪开始在欧洲流传。据信，它是 1453 年拜占庭帝国的首都君士坦丁堡陷落于奥斯曼土耳其人之

前，随着希腊学者逃离君士坦丁堡而带到西方的众多古籍之一。这次迁徙极大地促进了古典学术的复兴，并最终孕育了文艺复兴，但同时也带来了许多形而上学的糟粕。

《翠玉录》包含了许多晦涩难解的说法。“下方之物如同上方之物，上方之物如同下方之物，以此成就唯一的奇迹。”但在这一切之中，它也包含着一个非常明确的信条。根据《翠玉录》，上帝创造人类时，赋予了人比此前所认识到的更多神性。人类不仅具有理性灵魂，还被赋予了创造能力。但要运用这种神圣的力量，人必须首先揭示自然的奥秘。要做到这一点，只能通过“拷问”自然——用火焚烧，用酸溶解，再通过蒸馏等其他炼金术工序。成功掌握这些技术的人将获得永生，拥有支配物质的力量、无尽的财富，并能将世界转变为乐土。从中不难看出，这一愿景最终演变成了科学的核心信念：通过技术创新、实验和科学思维，人类可以统治自然，改造自然，将自己的意志强加于世界。科学史家 L. 皮尔斯·威廉姆斯指出：“这本质上是现代科学观，值得注意的是，这种观念只在西方文明中出现。可能正是这种态度使得西方在经历几个世纪的落后之后，在开发利用物质世界方面超越了东方。”最为顽固的炼金术中蕴含着科学幻想的种子，无论我们是否认同，这种幻想至今仍在推动着世界发展。

科学思想正在完成一个完整的循环。它始于希腊哲学，

如今又回到了最初的清晰状态。在此过程中，它吸收了许多非科学的观念。其中一些并不那么容易摆脱，有些甚至被证明是非常有用的。《翠玉录》充满了神秘的思想 and 对应关系：最初的七种元素与七大行星相关，而这七大行星又控制着一周的七天。黄金与太阳相关，其对应星期日（Sunday）；白银与月亮相关，其对应星期一（Monday）。这些炼金术的观念至今仍然残存在我们的日历中。其他类似的观念甚至在最伟大的科学思想中也发挥了作用。《翠玉录》融入了许多柏拉图晚期的神秘主义，包括认为太阳是我们精神和物质启蒙之源的观点。这源自柏拉图著名的洞穴寓言：我们犹如被束缚在黑暗洞穴中的囚徒，背后的火光把影子投射在我们面前的洞壁上，我们却误将这些幻影当作真实。只有当我们学会摆脱这个虚幻的世界，我们才能开始看到洞穴外太阳的真正光芒。太阳是真实的存在，是我们世界的中心。

当哥白尼将这一观点转化为科学事实，宣布地球和行星围绕太阳运行时，他的灵感并非完全源于科学。在其著作《天球运行论》中，他特别提到赫耳墨斯·特里斯墨吉斯忒斯，将其作为支持自己革命性观点的权威。纵观全书，哥白尼的语言始终保持着浓厚的柏拉图主义色彩。事实上，正是柏拉图思想的影响导致了他的一个重大错误。根据柏拉图的说法，天体（即行星）只能遵循“真正的”几何学，而这种几何学

仅限于那些能用圆规和直尺绘制的理想图形。正是这一点使得哥白尼认定行星轨道必定是标准的圆形；直到后来人们才发现它们实际上是椭圆形的。

科学正在进入一个全新的发现时代，这将永远改变我们看待世界的方式。然而，与此同时，科学依然受制于仍然深受旧有思维方式的束缚，其整体认知视野也同样受其影响。这些矛盾的力量在哥白尼一位声名显赫的同时代人身上得到了集中体现，他在很多方面都是这个科学时代的缩影。

## 第四章、帕拉塞尔苏斯

特奥弗拉斯图斯·波姆巴斯特·封·霍恩海姆，在历史上更广为人知的名字是帕拉塞尔苏斯（Paracelsus）。他于1493年末出生在瑞士的爱因西德伦村，就在一年前，哥伦布到达美洲，“华丽者”洛伦佐在文艺复兴时期的佛罗伦萨去世。火药改变了战争，连最坚不可摧的封建城堡也变得不堪一击；复式记账法改变了银行业，使其能够为大型商业企业提供融资和审计服务；古腾堡发明的印刷机现已在从英国到意大利南部的整个西方广泛使用。欧洲正站在一个新历史时代的门槛上。

帕拉塞尔苏斯的中间名“波姆巴斯特”（Bombast）并非偶然——多年来，人们认为现在的“夸夸其谈”一词就来自他的名字，而他的行为无疑助长了这一理解。但一开始，情

况完全不同。帕拉塞尔苏斯自幼体弱多病，患有佝偻病。他的父亲是私生子，他的母亲曾是一名债役女工（实际上就是奴隶，由雇主占有）。这种在生理和社会地位上的双重困境，塑造了帕拉塞尔苏斯复杂而矛盾的性格。据说他在婴儿期就被阉割，具体原因和过程不明，可能是因病所致。在他的一生中，他始终没有胡须，面容带着几分女性化。他对性事没有兴趣，并以喧闹、放荡的酗酒习性来掩饰自身的缺陷。

帕拉塞尔苏斯的母亲在他还是个孩子的时候就去世了，他跟着父亲搬到了奥地利的菲拉赫。这段穿越阿尔卑斯山、长达 250 英里的徒步旅程，无疑在他成长的关键时期留下了深刻印记，也使他一生都保持着不受束缚的性格。在菲拉赫，帕拉塞尔苏斯的父亲在当地的矿业学院教授炼金术的实践和理论。然而，他的父亲并不像是那种被人勉强容忍的巫师，也不像现代大学里的超自然心理学教授，他所教授的学科放在今天就是实用和理论冶金学。毫无疑问，老帕拉塞尔苏斯在业余时间也尝试过各种元素嬗变，而年轻的帕拉塞尔苏斯则在烟雾缭绕的炼金室里担任他的助手。这样的做法并不矛盾。当时的冶金学理论仍然认为金属是在地下“提炼”出来的，从低级形态逐渐演变成银，最后变成金。炼金术的嬗变实验，本质上就是试图用科学方法加速这一自然过程。



帕拉塞尔苏斯，47岁

帕拉塞尔苏斯早年与父亲相处的经历使他精通矿物的性质和处理。刚开始他可能在当地矿山和工坊担任学徒监工，而这段经历进一步拓展了他的专业知识。这些矿山和工坊属于同样热衷炼金术的西吉斯蒙德·富格尔。富格尔是德国显赫商业家族的一员，该家族在15、16世纪的欧洲商业中扮演着举足轻重的角色。富格尔家族的采矿业务范围从匈牙利延伸至西班牙，其银行代理网络更是遍布从冰岛到黎凡特的广

大地区。这个家族甚至积累了足够的财富，通过大规模的贿赂来确保查理五世，而非法国的弗朗西斯一世成为神圣罗马帝国皇帝。（富格尔家族在北欧和东欧享有盛誉；此时的南欧和西欧，则是由更具文化气息、持续时间更长的美第奇银行王朝扮演着类似角色，并在某些方面超越了富格尔家族。）在富格尔矿井工作时，帕拉塞尔苏斯学到了他永远不会忘记的重要一课：在这里，炼金术理论永远服从于实践，成功与否取决于实际产出。

1507 年左右，年仅 14 岁的帕拉塞尔苏斯结束了在富格尔家族的工作，随后徒步走访欧洲各大学求学。这在中世纪并不罕见，但帕拉塞尔苏斯如此年轻就开始游学，既反映出他过人的才智，也显示出他桀骜不驯的性格。在接下来的几年里，他过着流浪学者的生活。在符腾堡，他聆听了炼金术士兼占星家特里特米乌斯的讲座，后者发明了最早被广泛接受的速记符号之一。在巴黎，他师从安布洛瓦兹·帕雷，这位首创人体动脉结扎术的军医现在被公认为现代外科之父。由于性格傲慢且常与人争执，帕拉塞尔苏斯很难在一个地方久留。晚年时，他声称自己在意大利的某所大学获得了学位，但具体是哪所大学至今仍不明确。他还经常提及自己 1517 年在费拉拉获得的医学博士学位。历史学家无法核实帕拉塞尔苏斯的这一说法，因为费拉拉大学当年的记录已经遗失，而

帕拉塞尔苏斯很可能对此事心知肚明。

20岁出头的时候，帕拉塞尔苏斯在意大利北部第一次开始宣扬他的非正统学术思想。尽管文艺复兴时期的人文主义已经诞生，相比于宗教，人们开始重新重视人本身的重要性，也即人的价值和尊严，但欧洲的大学仍然牢牢扎根于中世纪的传统。大学里的课程依旧用拉丁语授课，所有的争论都是通过诉诸古典的权威文本来解决，而非依据现实或人类经验这些世俗依据。而这些权威又是谁呢？首先是亚里士多德的影响力此时已经开始束缚学术发展，使得任何进步都几乎不再可能。而在医学领域，盖仑和阿维森纳也具有类似的影响力：罗马时代的伟大医生盖仑，在他那个时代治愈过皇帝，但他对人体解剖学细节的认识是建立在解剖狗和猪的基础之上；阿维森纳在处方医学上的初步探索也被奉为该领域的最终定论。

帕拉塞尔苏斯对此不屑一顾。他很快就完全摒弃了学院式教学，认为学习医学只有一条途径：“医生必须走访老妇人、吉卜赛人、巫师、流浪部落、老强盗等法外之徒，向他们学习。医生必须是个旅行者……知识源于经验。”帕拉塞尔苏斯身体力行，再次踏上旅途。然而，尽管他宣称以求知为目标，但这并非出于谦逊之心。此前，人们都用他的出生时的名字称呼他：特奥弗拉斯图斯·封·霍恩海姆。而现在，这位中

间名为“波姆巴斯特”的人给自己取名“帕拉塞尔苏斯”，意为“超越塞尔苏斯”。塞尔苏斯是公元1世纪的罗马医生，当时他的著作刚被重新发现，并在学术界风靡一时。帕拉塞尔苏斯一眼就看出，塞尔苏斯的著作大多只是对早期希腊文献的简单复述，尤其是公元前4世纪的“医学之父”希波克拉底的著述。但在过去两千年间世界已经进步，这种对古典思想的盲目崇拜只会激怒这位出身低微的年轻人。他坚信自己胜过任何塞尔苏斯，完全有权利这样自称，并决心要证明给他们看。

在接下来的7年里，帕拉塞尔苏斯在欧洲的大小道路上四处游历。他时而担任军医谋生，时而巡回行医。偶尔，他会被请去为一些患病的贵族诊治，并因此获得丰厚的报酬；而在其他时候，他则不得不沦落到在市场上兜售自制药物。就这样，他游历了荷兰、苏格兰、俄罗斯，一直到达君士坦丁堡。他从不忌讳夸大事实，声称自己去过更远的地方，如埃及、圣地和波斯。但后来，在一个难得的谦虚时刻，他承认：“我既没有去过亚洲，也没有去过非洲——尽管有这样的传言。”无论走到哪里，他都会学习当地的知识，尤其是化学化合物及其作用、民间偏方和炼金术实践。无论他走到哪里，人们都记得他。据一位同时代的人说：“他生活得像猪，看起来像个赶羊人。他在最放荡的乌合之众中找到了最大的乐趣，

大部分时间都在酗酒。”但大多见过他的人都对他印象深刻，称他为“德国的赫耳墨斯”“高贵而受人爱戴的学识王子”和“知识之王”。帕拉塞尔苏斯总是会激发这样矛盾的反应，他的教导也奇怪地反映了这一点。这个粗俗、大嗓门的人物无疑带有江湖郎中和市井骗子的特质，但他留下的科学思想，尽管有时表述不清、缺乏原创性，却为未来指明了方向。这是走出中世纪泥潭、踏上科学方法坚实基础的第一步。或许，这项工作正是需要他这样的人来完成。

以 1522 年他访问君士坦丁堡为例。在苏莱曼大帝统治时期，奥斯曼帝国的首都对异教徒来说绝非善地。即便是来自欧洲的使节，也常常被当作间谍扔进恐怖的耶迪库勒地牢（外交官确实自古以来便带有间谍的性质，而苏莱曼大帝对外交的细节并不在意）。然而，正是在君士坦丁堡，帕拉塞尔苏斯重新发现了一些失传的拜占庭炼金术秘密，并首次将它们带到欧洲。他还接触到了一些同样引人瞩目的真正科学知识。当地农妇采用一种原始的医疗方法，似乎可以预防天花等疾病。她们会切开静脉，将沾有天花病毒的针插入其中。后来，帕拉塞尔苏斯成为欧洲首位提出“小剂量的致病之物也能治病”理论的医生。不过，这一遗产如同他的其他成就一样具有两面性：有些人认为这是对接种原理的理解，比其他地方早了大约两个世纪；另一些人则认为这预示着更具争

议的顺势疗法。

1521年，帕拉塞尔苏斯出席了沃尔姆斯议会，目睹了马丁·路德被要求为他对天主教会的攻击进行辩护。这位倔强的矿工之子公然反抗教皇，嘲讽教会贩卖赎罪券如同兜售“天堂门票”，这种反抗精神让帕拉塞尔苏斯感到他们志同道合。当路德坚定地宣称“我就站在这里，别无选择”并拒绝认错时，他点燃了将分裂欧洲的新教之火。这一幕深深触动了帕拉塞尔苏斯，使他以同样的视角看待自己的使命。然而，他始终保持着天主教徒的身份，虽然不是传统意义上的信徒，但他谨慎地避开了宗教争议。他选择将科学作为自己的战场。

但除了抗议，帕拉塞尔苏斯到底想向世界传达什么？是发现新的科学方法（或重新发掘那些长期被主流学界忽视的民间实践方法）？是偏好经验重于权威？还是坚持那些行之有效的办法？这些理念固然各有其特点，但它们尚未构成一个连贯的学说。

帕拉塞尔苏斯很快完成了这一工作，并宣称医用化学是自己的理念。虽然这个想法本不是他首创，但他为推进这一理念做了大量工作，这一理念实际上已与他的名字紧密相连。医用化学的目标是将化学确立为医疗实践的核心（英语中

“iatrochemistry”一词源自希腊语 iatros,意思是“医师”)。

实际上，当时的化学本质上仍然是炼金术。但帕拉塞尔苏斯明确宣称，炼金术试图炼成黄金是在浪费时间。炼金术的技术应该为医学服务——用于研制化学疗法来治疗疾病，为特定疾病配制特定的药物。这样，医学就能从一门不太可靠的技艺转变为一门科学。医学知识可以写在书上，所有的医生都可以参考，然后配制他们需要的任何药物。每一种药都将有一个清晰的、普遍接受的名称，并附有对其制备方法的简单、清晰的描述。这种医学著作不应像炼金术教科书那样充斥着模棱两可的比喻和过多的理论。从现在起，重点将放在实践和治疗方法的科学应用上，不需要理论，也不需要民间偏方和草药治疗。

不可否认，帕拉塞尔苏斯在两个问题上自相矛盾。首先，他仍然相信炼金术总有一天会炼出黄金，并为此在一生中进行了反复的实验。此外，他仍然坚信在民间流传的有关草药和植物疗法的说法。这里的区别似乎在于，这些（可以接受的）方法得是由他提出或注意到的，而非有竞争关系的其他医生。

一如既往，帕拉塞尔苏斯的见解融合了新与旧、大胆与荒谬。他主张应该全面研究矿物的性质；只有这样，才有可

能将它们指定为治疗特定疾病的适当药物。他坚持认为，化合物的制备必须遵循精确方法，使用纯净的化学物质，而不是像炼金术士那样随意混合。这种坚持后来促成了化学史上最重要的见解之一。确实，对我们来说，它的极大重要性似乎是显而易见的，但在帕拉塞尔苏斯的时代并没有人意识到。当时人们还不明白，化合物的性质受到构成它们的元素的影响。这一事实使我们清楚地认识到，帕拉塞尔苏斯时期的早期化学在很大程度上仍然处于黑暗之中。炼金术仅仅带领化学触及了真理的表层，而物质本质及其属性在很大程度上依然是未知的领域。

帕拉塞尔苏斯又一次实践了他所宣扬的观念。他对化合物的研究非常彻底，他所研究和开具的许多药物处方至今仍在现代药房中广泛使用，包括锌盐和铜盐、铅和镁的化合物，以及用于治疗皮肤病的砷制剂等。然而，与此同时却始终对同行的科研进展持贬低态度。解剖术被斥为“死亡的解剖学”，也嘲讽人体内部机能对疾病的影响（当然，他自己证实的案例除外）。

尽管帕拉塞尔苏斯涉足炼金术，但他无疑是一位新兴的化学家。他相信所有生命实际上都是一系列化学过程，身体只不过是一个化学实验室。当身体生病时，这是由于化学物质不平衡或功能失调所致。这可以通过引入平衡性化学物质

或启动适当的化学反应来纠正。到目前为止，一切都还不错。但这样一位有远见的化学家还是又一次被落后的理论束缚了手脚。帕拉塞尔苏斯的元素观是传统观念的变体。他接受了亚里士多德的土、气、火和水，也接受了阿拉伯人对三个要素的发展：硫（赋予可燃性或燃烧性）、汞（赋予挥发性及其对立面）和盐（赋予固体性）。帕拉塞尔苏斯认为这些要素是基本的，并通过对木头在火中燃烧的传统描述来论证：由于汞具有凝聚作用，所以当它以烟雾形式离开时，木头就会散开；过程中烟代表挥发性（汞），发热的火焰代表可燃性（硫），残余的灰烬代表固体性（盐）。这三个要素并非物质本身（物质由四元素构成），而是物质的运作方式。

1524年，帕拉塞尔苏斯终于回到了菲拉赫的家乡，随身带着一把大剑，并声称这把剑是在威尼斯军队服役时获得的。这把剑此后成了他的护身符和标志性物品，无论去往何处都会带在身边。许多帕拉塞尔苏斯的肖像中都有这个意味深长的弗洛伊德式象征，据说他甚至睡觉时也不离身。帕拉塞尔苏斯的父亲热情地欢迎他回家，此时他的父亲已是当地社区德高望重的长者。但随着名气的提升，他也愈发自负。这位饱经沧桑的游历智者很快就觉得他可以为所欲为、畅所欲言。1525年在萨尔茨堡，他因公开支持农民战争，差点丧命，幸而逃脱。他的故事中充斥着这样的情节：有些毫无疑问是夸

张的，但许多都颇为真实，很可能源自实际发生的事件。暴饮和对权威的鲁莽抗议是反复出现的主要主题。

1527年，帕拉塞尔苏斯来到巴塞尔。当地一位有影响力的人物约翰·弗罗本纽斯因右腿残疾，求医无果，最后把他召来。当地的医生都主张截肢，但帕拉塞尔苏斯及时劝阻了这一极端做法。随后，他实施了一次惊人的治疗。他究竟是如何做到这一点的尚不清楚，但毫无疑问，他确实做到了。

于是帕拉塞尔苏斯结交了一位重要的朋友——弗罗本纽斯。他是一位富有的出版商，具有人文主义理想，其出版事业使他接触到了欧洲众多顶尖的知识分子。在帕拉塞尔苏斯为弗罗本纽斯治疗期间，荷兰文艺复兴时期的学者伊拉斯谟恰好就住在他的家中。

伊拉斯谟是一位学识渊博的人，他以自己独立的思想见解而自豪。他的观点几乎不受天主教教义的影响，也不同于那些与路德结盟、往往思想狭隘的改革者。伊拉斯谟这种不偏不倚的态度，为接下来一百年间哲学、数学和科学领域的突破性进步扫清了道路。伊拉斯谟深知自身不足，正是他创造了“盲人之国，独眼为王”这句名言。这句话与帕拉塞尔苏斯的境况极其贴切，尽管他本人可能不会承认这一点。

伊拉斯谟和帕拉塞尔苏斯一见如故。很难看出这位体弱

多病的老学者和那个饱经风霜、喜欢喧闹的游历术士有什么共同之处。伊拉斯谟很可能“皱着眉头，目光呆滞”地坐在那里，听着他那位衣衫褴褛的朋友热情洋溢地谈论医用化学理论，但他显然并不怀疑这些话的真实性。他请帕拉塞尔苏斯治疗他的痛风和肾病，帕拉塞尔苏斯及时想出了治疗方法。伊拉斯谟对帕拉塞尔苏斯的医术和学识印象深刻，曾写信说：“我无法给你提供与你的医术和学识相配的报酬。”作为当时最杰出的思想家，这样的赞誉实在难能可贵。伊拉斯谟甚至提出要帮助帕拉塞尔苏斯找到一份配得上他才能的工作。

在伊拉斯谟和弗罗本纽斯的推荐下，帕拉塞尔苏斯获得了巴塞尔大学医学系讲师和镇医官的职位。那时他才 33 岁，已经秃顶，宽阔粗犷的面容因没有胡须和略带中性气质而显得柔和。他开始显露出岁月的痕迹：艰苦的旅行和生活在他身上留下了印记。现在他终于准备好要有所成就了——只要他遵守规矩。

但这就是问题所在。帕拉塞尔苏斯天生就无法循规蹈矩。学期开始时，他把即将到来的讲座计划钉在大学大门外的布告栏上。他宣布，与传统不同，他的讲座将对所有人开放，而且将用德语授课，以便所有人都能听懂。甚至连当地的炼金术士和地位低下的理发师也被邀请参加。当局不可避免地

感到愤怒，他们很快认出了这一姿态背后的灵感来源：十年前，路德将他的《九十五条论纲》钉在维滕贝格教堂的大门上，反对赎罪券和天主教会的主张。路德也不再使用拉丁语布道，而是倾向于使用平民百姓的德语。“你们为什么称我为医学界的路德？”帕拉塞尔苏斯故作天真地问当局，“你们是想把我们两个都烧死吧。”但他心里明白，自己只是在挑战医学正统观念，并不会被处以火刑的危险。他追求的是英雄般的角色，渴望在整个欧洲声名远扬，而他在巴塞尔的所作所为必将帮他实现这一目标。

尽管有耸人听闻的宣传，但帕拉塞尔苏斯的演讲本身并未让人失望。他在开场演讲时摒弃了学术长袍，穿着炼金术士的皮围裙登场。礼堂里挤满了学生、市民、学者和当地医生，他们都来看看这位特立独行者会做出什么样的表演。他们并没有失望。帕拉塞尔苏斯开场就宣布，他将揭示医学科学中最大的秘密。随后，他戏剧性地揭开了一盆粪便。医生们开始厌恶地离开大厅，而帕拉塞尔苏斯在他们身后喊道：“如果你们不愿倾听腐烂发酵的奥秘，你们就不配被称为医生。”帕拉塞尔苏斯认为，发酵是人体这个“实验室”中最重要的化学过程。

帕拉塞尔苏斯随即全盘否定了当时流行的身体健康理论——这一次轮到学者们集体离场了。当时的正统医学以希

波克拉底的“四体液”理论为基础，认为人体由血液、黏液、黄胆汁和黑胆汁四种体液构成。这些体液在体内的平衡状态决定着人的身心特质，不仅影响一个人的气质，还会表现在其面部肤色上。胆汁质的人容易发怒，脸色发黄（特别是在愤怒时，血色尽失的面容更显黄色）；而当血液占主导地位时，一个人往往具有乐观的气质，并且面色红润。时至今日，我们仍在使用“乐观的”（sanguine，意为“血液质的”）、“冷静的”（phlegmatic，意为“黏液质的”）或“充满怒气的”（filled with bile，意为“充满胆汁的”）等说法来形容人的性格，这正是这一理论在现代语言中留下的痕迹。

每一种体液都在一个主要器官中占有一席之地：心脏（血液）、大脑（黏液）、肝脏（黄胆汁）和脾脏（黑胆汁）。这四种体液显然源自四大元素——血液对应火元素，黑胆汁对应土元素，诸如此类。当一个人生病时，那是因为他或她的体液失衡。例如，一个发烧的病人体内有过多的热量，也就是火元素。这个元素与血液相对应，所以为了治疗发烧，医生会给病人放血，从而减少体内的热量。这一精巧的理论说服力如此之强，以至于吸血水蛭在两千多年的时间里一直是医生治疗用具的一部分。即便在四体液说被证明错误很久之后的19世纪，水蛭的使用反而达到了顶峰。在维多利亚时代，任何一位称职的出诊医生，他的医药箱里都不会缺少水

蛭。

四体液还与四季、人生的四个阶段以及罗盘的四个方位有着整体性的联系。它们甚至受到四大行星的支配：月球、火星、木星和土星。直到今天，一个容易忧郁的人有时仍被描述为具有“土星气质”(saturnine)。于是，医学、天文学、占星术、心理学和炼金术被统一整合到一个充满相互呼应关系的符号世界中。

帕拉塞尔苏斯却对这一切持反对态度。人类必须从这个形而上的象征主义牢笼中解放出来，进入现实的广阔天地。天地之间并不存在对应关系，人类并非站在万物的中心，更谈不上反映天地两界。（就在帕拉塞尔苏斯在瑞士演讲的同时，在欧洲的另一端的波兰，哥白尼也用他的日心说体系将人类从宇宙的中心位置移开。不过，哥白尼因为担心后果，直到临终前的 16 年里都不敢公开发表这一理论。）

帕拉塞尔苏斯认为，真理在于医用化学。疾病应该用适当的药物来治疗，这些药物可以从矿物中提取。医用化学的确凿事实将取代与亚里士多德四元素相联系的、空洞的“体液”理论。事后看来，这一转变对化学的意义至关重要。此后，研究重点将转向探究化学化合物实际的、多种多样的性质，而不再是将化学性质归因于物质中四种元素的平衡。如

果说之前化学只有四个音符，那么现在它将拥有一个完整的键盘可供演奏。

所以帕拉塞尔苏斯成为现代化学之父？可惜并非如此。他性格过于奔放，思想也过于复杂，无法将自己局限于纯科学领域。作为一个典型的智识分裂的例子，帕拉塞尔苏斯还发明了一个理论，这个理论现在看来像是古怪的中世纪主义的缩影。更重要的是，他坚信这一理论，并将其用于医疗实践，尽管这与他那些开创性的科学理论完全相悖。

帕拉塞尔苏斯的“象征理论”认为大自然具有至高智慧。医生的责任是寻求理解自然的语言，因为自然会以简单的形式表明如何实现特定的治疗。植物带有特定的标记，医生必须学会解读这些标记。例如，兰花因其形状酷似睾丸，这意味着它可以治疗性病；丁香叶呈心形，因此对心脏病有益；而白屈菜茎内汁液呈黄色，则被视为治疗黄疸病的良药，诸如此类。

虽然帕拉塞尔苏斯声称他的这种智慧是“从农民”那里学来的，但就连他的同时代人也对这一说法持怀疑态度，认为农民比他更明事理。象征理论体现了帕拉塞尔苏斯那些极为反常乖张行为的所有特征。他不仅要攻击中世纪学者，还要证明自己要比他们做得更出色。

他也确实攻击了他们。在首次授课掀起轩然大波的3周后，帕拉塞尔苏斯带领一群欢呼的学生来到圣约翰集市，该集市正在大学前的广场上举行。在这里，他开始公开焚烧盖仑和阿维森纳的作品，并在火焰上洒上硫磺和硝石。一些学者声称这具有象征意义，意在展示他对化学物质力量的信念，以及对过时著作的摒弃。然而任何曾经把含有这两种物质的烟花扔进篝火的人都会明白，帕拉塞尔苏斯的行为根本不是这样的。他所追求的是壮观的效果。他如末日审判般咆哮：“如果你的医生知道他们的王子盖仑被关在地狱里，并从那里给我写信，他们一定会用狐狸尾巴在身上画十字。阿维森纳也一样坐在地狱之门的前厅里。”在这里，我们第一次听到这位天才的江湖骗子的真正咆哮。帕拉塞尔苏斯在敌人面前从不退缩：“在审判日，你们的脖子有祸了！我知道，王权将属于我。荣誉和荣耀也将属于我。不是我赞美自己，是大自然赞美我。”在火堆和咆哮的背后，还有一个微妙的信息——愤怒的当局对帕拉塞尔苏斯的意图看得太清楚了。就在6年前，路德在维滕贝格城门前公开焚烧了教皇利奥十世威胁将其逐出教会的教皇诏书。这与帕拉塞尔苏斯否认“医学路德”这一称号的表态形成了鲜明对比。

帕拉塞尔苏斯陶醉于他新获得的地位，并毫不顾忌地说出他所认为的真相：“所有大学和古代作家的天赋加起来，还

不如我的屁股。”学生们崇拜他，他的讲座成了公众瞩目的事件，而他在酒馆里的酗酒行为则引起了公愤。不可思议的是，即便如此他依然保持着创作力，持续进行原创研究。他的秘书奥波里努斯回忆道：

他把时间花在日日夜夜的饮酒和暴食上，难得有一两个小时能保持清醒……尽管如此，当他喝得酩酊大醉，回家向我口述时，他的思路依然如此连贯且有逻辑，就连一个清醒的人也无法改进他的手稿。

奥波里努斯似乎和他的主人相处得颇为艰难：

只要我和他在一起，他一整夜都不脱衣服，我猜这是因为他喝醉了。午夜过后，他常常醉醺醺地回到家，穿着衣服、带着剑就倒在床上，这把剑据他说是从刽子手那里得来的。在入睡前还会突然起身，像个疯子一样拔出剑来，将它扔在地上或砸向墙壁，以至于有时我害怕他会杀了我。

工作时情况更糟：

他的厨房里不停地燃烧着火：他的碱、升华油（发烟硫酸）、沉淀剂、砒霜油、番红花，或者是他那神奇的奥珀德尔托克，或者天知道是什么混合物。有一次他差点要了我的命——他让我去查看蒸馏器里的挥发性液体，并让我用鼻子凑近它，于是烟就钻进了我的嘴巴和鼻子。我被有毒的蒸气熏晕了……他假装自己能预言重大事件，并掌握着重大的秘密和奥秘。所以我从来不敢窥探他的私事，因为我很害怕。

我们有必要详细引用一下饱受折磨的奥波里努斯的证词，从中其主人性格的方方面面都暴露无遗：

他是个挥霍无度的人，有时穷得分文不剩，但第二天却又会向我展示一个装满钱的钱袋。我常常好奇他是从哪里弄来的钱。每个月他都要定制一件新外套，把旧的送给第一个遇到的人；不过，这些外套通常都太脏了，我从来不要。

帕拉塞尔苏斯有时可能会认同路德，但他提到大自然在赞美他，并断言在审判日“王权”将属于他，“荣誉和荣耀”

也将归他所有，这些都暗示了他更大的妄想。因此，他对宗教的态度也就不足为奇：

我从未见过他祈祷，也不曾听他询问过当时在我们镇上流行的福音教义。他不仅对我们德高望重的牧师表示蔑视，还扬言要像纠正希波克拉底和盖仑的错误那样，有朝一日要纠正路德和教皇的谬见。他还说，迄今为止所有解释《圣经》的人都未能真正领会其中的真谛。

一位神学家回忆道：“我曾与他进行过几次宗教和神学的讨论。我没有发现他有丝毫遵循正统教义的迹象。相反，他大谈特谈自己发明的魔法理论。”与此同时，他的名声不断传播，他的讲座吸引了越来越多的听众。他那些极具天赋的学生们对他说的每一个字都如痴如醉，坚信医用化学才是未来的方向。他们将自己视作他的门徒。此时的他已势不可当。他终于获得了自己应得的地位，跻身于那个时代的伟人之列。

在这一切之中，很难想象帕拉塞尔苏斯是如何抽出时间履行他作为镇医务官的日常职责的。但他确实做到了，而巴塞尔的医生和药剂师们很快就懊悔不已。他不满足于仅仅讲授医用化学，还决心将其付诸实践。他坚持要巡查当地所有的药店。结果可想而知：货架上的浸剂、熏剂、软膏和香脂

被斥为毫无价值，药剂师们配制的处方被贬为“肮脏的药汤”。他的宣言令学生们振奋不已：“在我死后，我的门徒将冲出来，把你们拉到阳光下，并揭露你们那些肮脏的药物，迄今为止，你们一直用这些药物谋害王公贵族的性命。”在他自己的“厨房”里，他在可怜的奥波里努斯的协助下开始配制自己的药物，并免费分发给病人和穷人。

医生们的境况也好不到哪里去。虽然他们通过了纽伦堡的考试，但这并不意味着他们有资格占到便宜。即使是他们最富有、最有权势的病人也可能因为过分敬畏而不敢质疑他们的做法，但帕拉塞尔苏斯却敢于挑战。他认为医生们采用的放血和折磨病人的行为都是无稽之谈，用苔藓或干粪填塞伤口的治疗方法更是有害无益。他们开的药丸、药水和洗剂都是不必要的。医生的目标应该是治愈病人，而不是中饱私囊，并把钱输送到他们的密友药剂师的口袋里。

但他的建议也不全是负面的。多年来，他在欧洲各地游历，为各种各样的病人治疗他们的疾病，这使他在实际治疗疾病方面积累了相当丰富的专业知识。他在这一领域的理论以丰富的临床经验为基础——只是偶尔会带有一丝不合常规的色彩。

即使是他备受争议的“象征理论”，实际上也反映了对良

好医疗实践更深层次的理解。大自然有它自己的力量，必须让这些力量不受阻碍地发挥作用。“只要防止感染，大自然自己便会治愈伤口。”

这种做法或许有其合理性，但它导致药剂师货架上的药物和药水滞销。帕拉塞尔苏斯简洁有力的治疗方法，也揭开了医术长期以来高高在上的神秘面纱。此前，帕拉塞尔苏斯只是遭人嘲笑和愤怒的对象，但现在情况变得更加严峻，因为他开始触及一些人的经济利益。不过，帕拉塞尔苏斯向穷人提供免费药品和医疗建议的做法，使他在底层民众中广受欢迎。出版商弗罗本纽斯和他的人文主义同仁给了他强大的支持。虽然帕拉塞尔苏斯也有其缺点，但他的思想与当时席卷欧洲的新思潮不谋而合。他就像一把新扫帚，正在清扫过去所有的迷信和偏见。

然后，灾难降临了。就在帕拉塞尔苏斯于大学发表首次演讲的五个月后，弗罗本纽斯在前往法兰克福的途中去世。帕拉塞尔苏斯的敌人抓住这个机会，散布谣言称他用新研制的化学药品毒害了弗罗本纽斯。然而事实恰恰相反。帕拉塞尔苏斯曾强烈劝阻年迈体弱的弗罗本纽斯不要骑马往返法兰克福，这段路程长达 400 英里。帕拉塞尔苏斯的医学判断最终被证明是正确的：弗罗本纽斯死于中风，而不是化学药品。

但帕拉塞尔苏斯在巴塞爾的日子已經屈指可數了。5 個月後，事情終於因為一場官司到了緊要關頭。一位富有的教士請帕拉塞尔苏斯醫治，承諾如果成功就支付他高達 100 荷蘭盾的診金。帕拉塞尔苏斯用自製藥物很快治好了這位教士。然而，教士卻只支付了 6 荷蘭盾，聲稱這個數額足以補償他付出的時間和精力。帕拉塞尔苏斯把他告上了法庭。當地的法官中包括幾位人文主義者，他們本應主持公道。

但事態的發展對帕拉塞尔苏斯極為不利，法庭最終作出了不利於他的判決。這一次輪到帕拉塞尔苏斯被激怒了。他以其特有的爆發方式，公開譴責地方官員腐敗且互相勾結。在當時，誹謗城市官員是一項嚴重罪行，可能會被判處長期監禁，甚至死刑。當局隨即發出了對帕拉塞尔苏斯的逮捕令。幸運的是，他得到了消息，在夜幕的掩護下成功逃離了這座城市。

帕拉塞尔苏斯在巴塞爾的 10 個月是他職業生涯的巔峰。此後，他又重新踏上旅途——有時在追隨者家中享受幾個月的舒適生活，有時則淪落為近乎以“神奇療法”謀生的流浪醫者。一份報告描述他當時身著“乞丐的裝束”。

1528 年，帕拉塞尔苏斯來到了繁榮的商業中心紐倫堡。他的名聲早已傳開，很快就被向當局舉報為騙子。據說為

了反驳这一指控，帕拉塞尔苏斯展示了他的医术，治愈了一些当地所有医生都束手无策的象皮病病例。如果他的治疗真的奏效，那将是一项非凡的成就——因为直到 19 世纪末期，人们才找到治愈这种疾病的方法。然而，根据他的传记作者哈特曼的说法，证实帕拉塞尔苏斯这一壮举的证词“至今仍保存在该城市的档案中”。

两年后，帕拉塞尔苏斯再次造访纽伦堡。（这可能就是同一次访问，因为他四处奔波、行踪不定，具体时间难以确定。虽然这个故事与前一个相似，但同样有证据可以证实其真实性。）据说这次他公开嘲笑盖仑和阿维森纳的理论，惹恼了当局，这些理论在当时仍然是当地著名医学院教学大纲的主要内容。因此，帕拉塞尔苏斯被要求通过治愈一些梅毒患者来证明他的新方法的优越性。梅毒在 16 世纪早期席卷了整个大陆。人们普遍认为这种疾病是由西班牙水手从新发现的美洲带到欧洲的，不过现在一些学者认为，《圣经》中提到的某些“麻风病”其实可能就是梅毒。

在这种疾病的早期（或其剧烈的复发阶段），其症状极其可怕且令人痛苦不堪。患者的皮肤上布满脓疱，这些脓疱逐渐发展成溃烂的疮口，肌肉在化脓的恶臭中从骨头上腐烂脱落。纽伦堡的 14 名梅毒患者被隔离在城墙外的栅栏里，当地医生已对治愈他们不抱希望。据说帕拉塞尔苏斯治愈了其中

的 9 人，这一壮举在城市档案中亦有记载。

1530 年，帕拉塞尔苏斯发表了一篇关于梅毒的全面描述，这是第一部真正具有临床意义的梅毒病症概要。他声称，只要按照规定的时间间隔服用严格控制剂量的汞化合物，梅毒是可以治愈的。不过现在我们知道，其他医生早在几年前就已开始使用这种治疗方法，但帕拉塞尔苏斯是否知晓此事尚不确定。汞化合物此后成为治疗梅毒的标准药物，但它所带来的痛苦几乎与疾病本身不相上下，其剧烈毒性有时甚至会致患者死亡。正是这种治疗方法催生了一句流行谚语：“与金星（Venus，指维纳斯）共度一夜，一生与水星（Mercury，指汞）相伴。”这作为标准疗法一直持续到 1909 年，直到革命性的萨尔瓦桑疗法出现，才改用砷化合物进行治疗。

4 年后，帕拉塞尔苏斯在施特津运用他的顺势疗法结合接种法来救治鼠疫患者。据记载，他采用了一种特殊的治疗方法：将感染者的粪便取极少量掺入面包团中制成药丸，用于治疗 and 预防鼠疫。

在他四十出头的时候，帕拉塞尔苏斯决定是时候把他丰富的医学知识系统地写下来。他最终于 1536 年出版了名为《大外科医书》的专著。这部著作很快就广受欢迎，帕拉塞尔苏斯第一次过上了相对富裕的生活。如今他声名远播，甚

至王公贵族都找他来诊治。然而，他争议性的言行举止仍然让他备受非议。就连他最忠实的学徒也觉得他难以相处：“他能自言自语好几个小时。当他对别人说话时，别人几乎听不懂。他在炉子前花很多时间熬制药粉，却不让任何人帮忙。有人跟他说话他就会勃然大怒。他时常突然发作，像受伤的野兽一样大叫。助手稍有差错，他就会失去耐心。”

然而，他的作品质量却无人能及。就比如他对“石垢病”的描述——他用这个词指代痛风、关节炎、胆结石和类似的疾病。在中世纪时期，人们的饮食富足但不均衡，这些疾病十分普遍，很少有人能逃过晚年痛风的痛苦。

根据希波克拉底的说法，痛风是由四种体液的不平衡引起的，这种不平衡导致了体液的“回流”，使其无法正常流入足部。对希波克拉底来说，痛风、关节炎和类似的疾病是衰老过程的表现，因此无法治愈。帕拉塞尔苏斯不同意。他认为这些都是化学疾病，可以用医用化学来治疗。它们是由石垢积聚引起的，在关节炎中，石垢会使关节僵硬；在痛风中，石垢会在足部沉积，形成疼痛的结节。这和酒石沉积在酒桶，或牙石沉积在牙齿上的过程一样。人体内的石垢来自食物和液体，通常通过消化过程被清除。在某些情况下，由于消化出现问题或者当地的水里有过量的石垢。（帕拉塞尔苏斯吹嘘说，在他的家乡瑞士，水是如此纯净，没有人患痛风、关

节炎或胆结石。)如果病情不太严重,可以通过摄入一种与之发生反应的物质,如罗谢尔盐(酒石酸钾钠),从而将石垢排出体外。这是历史上最早描述化学失衡如何导致疾病的详细记录之一,也是最早的科学医学病因学案例。

帕拉塞尔苏斯最有效的药物之一是“鸦片酊”(laudanum)。这是一种由生鸦片调制而成的药剂,他用它来缓解各种病症。事实上,有时他似乎几乎将其视为万能药。他声称自己发明了这种药物,但很可能是从君士坦丁堡旅行时带回的。无论如何,这种药物确实由他命名,可能源自拉丁语 laudare,意思是“赞美”。他将药方保密多年。当富有的病人要求使用这种具有神奇舒缓效果的新药时,帕拉塞尔苏斯会收取高额费用,声称药中含有金箔和无孔珍珠。据当时的记载,他制作的鸦片酊是“形如鼠粪”的药丸。后来,这个名称被用来指鸦片的酒精溶液,直到19世纪末期都一直是医疗界的主要药物,但过度使用往往导致成瘾。这种药物后来成了浪漫主义诗人最钟爱的饮品,正是致使德·昆西、波德莱尔和柯勒律治上瘾的“鸦片”。帕拉塞尔苏斯远不是最后一个把麻醉剂视为万能药的人,三百多年后,维也纳的年轻医生弗洛伊德在可卡因问题上也犯了同样的错误。

帕拉塞尔苏斯在开具化学药物处方时同样显得轻率。由于过分自信自己绝对无误,他经常给病人服用汞化合物和铋,

尽管这些物质已知是有毒的。那些德高望重的医生和药剂师反对帕拉塞尔苏斯的方法，可能也并不完全是出于无知迷信或自私的商业考量。

在帕拉塞尔苏斯的研究中，我们可以看到化学元素开始从炼金术的迷雾中显现出来。那么，这些元素本身又是怎样的呢？在这方面，帕拉塞尔苏斯也展现出了卓越的才能。锌矿石自史前时代起就已为人所知，铜锌合金（黄铜）也是如此。然而，帕拉塞尔苏斯可能是第一个意识到锌具有金属性质的人。他还发现了一种分离具有金属性的砷的方法：将砷的硫化物与蛋壳混合，并将得到的物质描述为“像银一样白”不过在实际分离出这种元素方面，大阿尔伯特可能比他更早。

帕拉塞尔苏斯很可能还是第一个描述铋和钴这两种元素性质的人，尽管他肯定不是它们的发现者。帕拉塞尔苏斯第一次遇到铋是在富格尔的矿场。那个时期的奥地利矿工是亚里士多德金属演化理论的坚定信徒。按照这一理论，经过自然界漫长的嬗变过程，形成了三种不同类型的铅：普通铅、锡和铋，其中铋最接近银。因此，当他们发现了新的铋矿脉时，都会惋惜地感叹：“唉，我们来得太早了。”他们相信，再过几年，这些铋就会变成银。

帕拉塞尔苏斯描述了铋的性质，但他当时并未意识到这

是一种元素。他只是发现用当时掌握的技术无法进一步分解这种物质。化学当时还不是一门系统完整的科学，更像是一系列不断发展的技术。但越来越明显的是，从炼金术的地狱厨房中，逐渐发展出了一门与追求黄金完全不同的学科。据称，帕拉塞尔苏斯是首位将这门新兴学科命名为“化学”的人。

帕拉塞尔苏斯也是第一个提到金属钴的人。钴的化合物自古以来就为人所知。埃及人和希腊人用它来给玻璃和人造珠宝染色，使其呈现出迷人的半透明蓝色，在图坦卡蒙的陵墓中就能找到这样的例子。英语中的“钴”源自希腊语 kabalos，这是古代迷信的矿工给矿井中怀有恶意的地下妖精起的名字。据说这些妖精会引起岩崩和爆炸，有时还会对矿工施魔法——英语中的“哥布林”(goblin)也来源于此。几个世纪以来，所有的钴化合物都被矿工认为是妖精放置在矿井里的剧毒物质，歌德甚至在他的《浮士德》中提到了它们。虽然中世纪的炼金术士已在无意中首次分离出了钴，但帕拉塞尔苏斯似乎是第一个认识到钴是一种新的金属元素的人。

这是两千年以来，人们首次开始发现新的元素。借助新技术，这一时期又发现了另一种金属元素——铋。这种元素自古以来就为人所知，但通常只是以硫化物的形式存在。中

东的女性喜欢用它来把眼睛和眉毛弄黑，以增加她们的魅力。《圣经》中有几处提到这种做法，最有名的是臭名昭著的耶洗别，她“画了眼睛，装饰了头发，站在窗口往下看”。（后来她被扔下窗口，被狗啃食。）耶洗别用来画眼睛的物质在阿拉伯语里叫“kohl”。经过一系列词义演变，这个词被用来描述蒸馏液体，最终蒸馏液体（al-kohl）这个词变成了酒精（alcohol）。锑（antimony）这个词的起源就更牵强了。其中涉及 15 世纪的传奇修道院长和炼金术士巴兹尔·瓦伦丁努斯（现在知道这是一个名叫约翰·托尔德的人的笔名，他是 16 世纪一位受人尊敬的德国市议员，他练习炼金术，但仍希望保住他的工作）。据说有一天下班后，瓦伦丁努斯把坩埚中一些含有锑的东西从他的房间窗口倒出去被猪吃了下去。这些猪先是生病，而当它们恢复健康时，又吃了大量的食物来弥补它们失去的体重。但因为它们是名副其实的猪，所以吃得太多了，体重反而增加了。作为修道院长，瓦伦丁努斯认为这是催肥修道院猪只过圣诞的好方法，于是他更进一步，偷偷在修士们的食物中加入锑，想让他们也增重。不幸的是，许多苦修士的身体因为长期禁食而变得非常虚弱，还没来得及给自己增重就死了。他们吃下的这种物质被称为“antimonakhos”（意为“反僧侣”，由此得名“antimony”）。这是一个离奇的故事。然而遗憾的是现代学者指出这个说法站不住脚，因为在非洲的康斯坦丁翻译阿维森纳药典时就已提到

“antimony”一词，比传说中的瓦伦丁努斯要早几个世纪。

尽管帕拉塞尔苏斯在化学方面做出了卓越的贡献，但无法否认的是，他也是一位深受古老巫师传统影响的炼金术士。在他的一生中，他一直在热切地寻找“哲人石”，并确信这是一种长生不老药。他甚至一度声称自己已经找到并服用了它。在被赶往下一个目的地之前，他常常在市場广场上向目瞪口呆的听众宣称自己将获得永生。

然而即使在炼金术领域，帕拉塞尔苏斯也始终保持着严谨的科学化学观。在他看来，宇宙是由一位至高无上的化学家创造的。他认为《圣经》中记载的创世神话不过是一个化学寓言，描述了一场为期7天的宏观实验。这也许可以解释他为何声称只有他一个人理解《圣经》，以及他为何对这种独特理解的具体内容始终保持沉默——毕竟，将上帝视为化学家的观点可能与梵蒂冈的神学理念相悖。

因为宇宙是由一位化学家创造的，所以它遵循化学定律。化学就是揭示宇宙运行的奥秘。帕拉塞尔苏斯认为宇宙和炼金术实验都是“将未完成之事进行到底”的过程，他将这个过程比作消化或烹饪。然而遗憾的是，这种初具雏形的科学洞察力也被大量形而上学、寓言、神秘主义和占星术的谬论所掩盖，同时还伴随着典型的帕拉塞尔苏斯式的狂妄自大。

他认为真正的炼金术知识只能由拥有超自然力量的魔法师或先知来传授。这种知识自古以来就在魔法师之间世代相传。而在他那个时代谁是真正的魔法师，自然是毋庸置疑的。每当这位神奇的人物出现，市场上的观众和追随者们都会屏住呼吸，因为他有时表现得就像是被魔鬼附身一般。难怪歌德的《浮士德》会将帕拉塞尔苏斯作为重要的人物原型。

1538年，帕拉塞尔苏斯再次回到菲拉赫，却发现父亲已在4年前去世。菲拉赫的市民们虽然曾尊敬他的父亲，却对这个声名狼藉的儿子避之不及。帕拉塞尔苏斯被驱逐，甚至无法接管他继承的房产。再次无家可归的他继续在瑞士、奥地利和德国的城镇间流浪。“我不知道该去向何方，但只要能帮助病人，去哪里都无所谓。”然而据目击者描述，他旧习难改：“他甚至是一家客栈里向满屋的农民发起酒局挑战，一直喝到他们倒在桌下，还时不时像猪一样把手指放进嘴里。”多年的流浪和酗酒、时常的绝望和长期的贫困，再加上他那不知疲倦的自我吹嘘和夸夸其谈，都严重损害了他的身心。虽然年仅四十多岁，但他的容貌已显得苍老不堪。

长期以来，帕拉塞尔苏斯一直深受妄想的困扰，坚信只有自己才能理解《圣经》，除此之外，他对传统宗教并不热衷。对他而言，炼金术就是他的信仰，其不连贯的形而上学构成了他的神学体系。即便如此，也有迹象表明，在某个阶段，

他可能皈依了某种更为正统的信仰。在他的作品中有精神深化的证据：“哲学（包括炼金术和科学）的时代已经结束。我苦难的冰雪已经消融。成长的时光已经结束。夏天来了，我不知它从何而来。”他开始将自己遭受的忽视和贫穷视为一种征兆。“上帝赐予贫穷之人是有福的。”

1540年，46岁的帕拉塞尔苏斯终于在萨尔茨堡找到了一份工作。当时年迈衰弱的他受雇于巴伐利亚公爵，恩斯特亲王大主教。这位大主教虽身居神职高位，却也对黑暗技艺颇有涉猎。一年后，帕拉塞尔苏斯便与世长辞。

正如人们对一位饮用了长生不老药的魔法师所预期的那样，帕拉塞尔苏斯死亡的确切情况仍然是一个谜。他住在萨尔茨堡的白马旅馆，一如往常，他似乎很快就与当地的药剂师、医生、学者和其他任何与他的学识相碰撞的人产生了敌意。公爵仍然是他的支持者，但这也让当地一些人颇感不满。据说在1541年9月21日夜晩，帕拉塞尔苏斯在返回白马旅馆的路上重重地摔了一跤。这本似乎并无异常，但那天晚上在狭窄漆黑的街道上究竟发生了什么，我们恐怕永远无从得知。有传言说，他和一些打手发生了争执，这些打手可能是当地医生雇来殴打他的，甚至更糟。不管怎样，帕拉塞尔苏斯在3天后的9月24日去世了。

不到两年后，哥白尼发表了将太阳置于行星系统中心的著作，科学革命由此开始。

## 第五章、试错法

经过数年时间，人们才开始真正认识到哥白尼理论的深远意义。与此同时，一些此前被忽视或遗忘的早期科学著作重新引起关注，这些文献为哥白尼的理论提供了有力支持。

人们普遍认为中世纪几乎不可能有真正的科学进步，这种看法并不完全准确。如同大多数宏观的历史概括，总会有例外。这个时代不仅发明了独轮车，创造了哥特式大教堂这样的建筑杰作，也产生了对彩虹的第一个科学解释。这一解释来自 13 世纪修士迪特里希·冯·弗赖堡 (Dietrich von Freiberg)，关于他的生平，我们知之甚少，只知道他在巴黎可能是大阿尔伯特的学生。他的名字甚至也以各种版本流传下来，我们甚至不知道他来自德国的哪个弗赖堡。但他所著的《关于彩虹》(De Iride) 却是确凿无疑的。这部著作将数

学与科学研究相结合，是自亚里士多德以来第一部重要的光学著作。正是这个主题启发了随后几个世纪的杰出思想家们的精彩思考：17 世纪的笛卡尔和开普勒、18 世纪的牛顿和康德，以及 19 世纪的“数学王子”高斯。

在一个在炼金术士陋室之外几乎没有实验概念的时代，迪特里希·冯·弗赖堡构思了一个实验，其独创性和洞察力令人惊叹。他是如何研究彩虹的成因的呢？通过详细研究构成彩虹的每一滴雨水。但要如何捕捉这看似难以企及的自然现象呢？他研究了悬浮在空中的放大版水滴，让阳光照射其上。为此，迪特里希简单地在球形玻璃烧瓶中注满水，然后追踪光线在烧瓶中的衍射和反射路径，从而重现彩虹效应。通过这个实验，他成功地从理论上解释了彩虹如何产生不同的颜色，为什么呈弧形，为什么主彩虹外侧常常出现第二道较暗的弧形，以及为什么并肩而立的两个人实际上看到的并非同一道彩虹。这种建立在实验基础上的理论思考，就像一盏明灯，在科学的黑暗时代闪耀着光芒。

一个世纪后，出现了一位集科学、哲学和数学于一身的思想家——库萨的尼古拉，他的思想本应改变世界，却因超前于时代而未能实现，他富有远见的科学理念直到后来才得到证实。他的实验技术注重清洁、精确和细节，这些都预示了现代化学实验室的特点。

库萨的尼古拉出生于 1401 年，是莱茵兰一位较为富裕的渔民之子。他很快就显露出非凡的才智，但第一次引起公众注意是他对《君士坦丁赠予》的研究。这份据称出自 4 世纪的文献记载，君士坦丁皇帝将拜占庭和罗马教会的统治权让给了教皇。它被广泛认为是教皇宣称至高权力的最终依据。库萨的尼古拉证实，这份文献实际上是伪造的，其成文时间可以追溯到 8 世纪。

在他 36 岁的时候，他被任命为代表团成员，从罗马出发前往君士坦丁堡，负责协商拜占庭和罗马教会的重新统一。这项任务之前连托马斯·阿奎那在内的所有人都未能完成，但库萨的尼古拉的代表团最终为达成协议铺平了道路。不过这份协议仅维持了一年多就告破裂，这并非他的过错。拜占庭人随后声称他们从未真正同意任何协议内容，这断送了他们获得西方援助的所有希望，最终导致拜占庭在 15 年后落入奥斯曼土耳其人之手。

1440 年，39 岁的库萨的尼古拉被任命为牧师。然而，他此时开始发表一系列表达非正统思想的重要著作。第一部名为《愚者论智慧》，然而在那个时代，“愚者”指的是未担任公职的普通人或外行。这部著作包含了一位代表传统亚里士多德观点的哲学家与这位“愚者”之间的对话。有趣的是，正是这位“愚者”讲出了尼古拉的思想主张——一种柏拉图

式的数学科学世界观。“事物的多样性源于上帝心灵以不同方式理解不同事物。”在他看来，数学是上帝的思维方式，也是世界运行的法则。“数字是通向智慧的主要线索。”数字的使用带来了科学发现。毕达哥拉斯相信世界的本质是数学的，而库萨的尼古拉则进一步提出应用数学才是认识世界的途径，才能带来实用的知识。“心智是根本，若无心智，便不存在具体的数字。”通过测量将世界的具体部分与数值对应起来，这是认识世界的关键所在。

说这些话的“愚者”是欧洲的救星。正是这种人把西方思想从停滞中拯救出来。那些在商业和实践领域工作的普通人，虽然是门外汉，但是也在思考哲学——只有这样的人才能孕育出科学。库萨的尼古拉虽然是一名牧师，精通神学，但他明白世俗思想才是前进的方向。

在当时，中国远比欧洲发达，然而从这时起，文明的火炬将由西方承接。那么中国究竟出了什么问题？关键在于哲学家和思想家已经与普罗大众和商人逐渐脱节，思想家不再与实践者联合。库萨的尼古拉则预示了这种联合即将在欧洲出现，也正是这种联合催生了科学思维。

库萨的尼古拉认为，一个有学问的人是一个能意识到自己无知的人。这种态度有其危险性，它可能导致消极的精神

主义（如脱离现实、神秘主义、斯多葛主义等），或者像苏格拉底那样过分关注“认识自我”而忽视认识世界。但在尼古拉这里，对无知的认识反而成了追求知识的动力。他认为，这种认知同时也表明了知识的暂时性，即知识总是可以不断改进和完善。“就像一个刻在圆上的多边形，它的边数会增加，但永远不会变成圆一样，心灵也接近真理，但永远不会与真理完全重合……因此，知识充其量只是猜测。”在消失了约1500年之后，这一深刻的科学理论概念再次出现。

库萨的尼古拉喜欢用数学图像来说明他的哲学。他甚至把人类对真理的追求比作“化圆为方”。这个数学难题一直困扰着中世纪的数学家。他们的目标是只用尺子和圆规就能画出一个与圆面积相等的正方形。直到一段时间以后，人们才最终证明这是不可能的。当用圆规画一个圆时，它的半径总是可测量的长度，因此可以将其视为单位长度1，所以它的面积是 $\pi \times 1^2 = \pi$ 。因此相同面积的正方形的边长将是 $\sqrt{\pi}$ 。但是 $\pi$ 是一个无理数，它的值是3.141592653589793……这类数字是无限不循环小数。换句话说，它从定义上讲就是不可测量的。因此，仅用直尺和圆规是不可能实现化圆为方的。

库萨的尼古拉的科学思想在哲学层面可能已经非常先进，但他在实际科学上的见解更具突破性。他相信地球存在自转，并进一步得出地球绕太阳转的结论。他还推测其他恒

星就像我们的太阳一样，它们周围也必定环绕着有生命存在的世界。通过进一步思考，他得出宇宙是无限的推论。既然宇宙没有中心点，那么在空间中就不存在“上”或“下”之分。这些观点中有许多直到 20 世纪初都是超前的。

颇具讽刺意味的是，库萨的尼古拉得出的许多结论都源自他自创的一个形而上学原理——对立统一。简单来说，这就是对立面的相互融合。以圆和直线这对对立面为例，根据库萨的尼古拉的说法，当圆的半径延伸到无穷大时，它们就会重合：一个半径无穷大的圆，其圆周就是一条直线。他将这一原理同时应用于几何学和神学，而这两者通常交织在一起。库萨的尼古拉的思想中包含了大量的神学内容，仍然带有中世纪的特征。但关键在于他在“对立统一”中开创了一种全新的思维方式，用以解决此前无解的难题。“对立统一”本质上是一种理论工具，由于它不同于亚里士多德的方法，使尼古拉得以突破亚里士多德思想的局限。

库萨的尼古拉的宇宙学思想并非基于实验证据、精确观测或数学计算。其思想的神学外衣，以及所依据的晦涩难懂的独创理论，或许能部分解释为什么他没有与教会发生冲突。相反，在成为神父后的十年内，他被任命为红衣主教，后来又晋升为主教。然而，这些公职并未影响他对知识的持续探索。

库萨的尼古拉的许多想法可能缺乏实验支持，但这并非因为他在实践能力上的不足。当处理实际问题时，他表现出无与伦比的才能，研究范围广泛。数学上精确测量的概念再次成为获取知识的关键。在实践领域，他的主要工具是天平。通过测量羊毛球从空气中吸收水分前后的重量差异，就能确定湿度。而通过将相同重量的水倒入方形容器和圆形容器中，能计算出圆周率  $\pi$ ，且精度极高。除了天平实验，他还有其他创新：如同在他之前的罗杰·培根，他建议对历法进行必要的修改（那时，对一年长度的错误计算已导致儒略历出现了将近一周的偏差）；他是研发矫正近视的凹面眼镜的先驱；他提出将脉搏计数作为诊断技术；他绘制的地图也是最早一批包含经纬度的可靠欧洲地图之一。但他最杰出的实践成就是一项对化学发展产生重大影响的精密称重实验。这项工作需要日复一日地精确称量一株正在生长的植物。

实验精度之高使他发现植物是从空气中获取养分的，而且空气本身也有重量，以前没有人意识到这一点（空气作为四大元素之一，按定义被认为几乎没有重量）。这是在生物学史上第一个具有现代风格的正规实验，其发现动摇了传统物理学、生物学和化学的基本认知。假以时日，它将改变我们对现实本质的理解。然而，于当时的科学尚未发展出理解这些意义的概念框架，这些发现的重要性难以被同时代人认识。

这或许可以解释为什么库萨的尼古拉的思想在这么长时间里几乎不受重视，即使是哥白尼在用数学方法详细计算出库萨的尼古拉曾推测的日心说时，也没有听说过这些思想。

与库萨的尼古拉和几位古希腊人仅凭直觉的推测不同，哥白尼基于详细的观测并辅以数学支持，建立了一个科学模型。正是这种科学性，以及他的理论所带来的革命性影响，确立了他在科学殿堂中的地位。他的传记作家赫尔曼·克斯滕称哥白尼引发了“人类历史上最伟大的认知革命”，这个评价并非毫无根据。在这方面，只有达尔文、牛顿或者亚里士多德可以与之相提并论。

意识到自己理论的深远影响，哥白尼直到最后一刻才发表其著作《天球运行论》。1543年5月，70岁的哥白尼因中风卧床不起。据他忠实的朋友吉斯记载：“在他去世的那天，在生命的最后时刻，这本已出版的著作才放在他的手中。”

在哥白尼去世前的最后几年里，他的理论逐渐为人所知。它不仅与教会奉为圭臬的亚里士多德正统学说相抵触，而且也遭到了路德的驳斥——当时路德的宗教改革正在分裂整个中欧。幸运的是，到1543年5月哥白尼已经病得太重，没有注意到一位名叫奥西安德的路德派牧师在其著作中添加了一篇序言，这位牧师是受托负责该书出版的。这篇序言没

有署名，多年来许多人都认为这是哥白尼自己写的。它声明，书中所包含的理论不应被视为真理，这并不是对行星实际运动的描述，而仅仅是一种便于计算行星运动、用以准确预测日食等现象的方法。这一策略达到了预期的效果：这本书在出版时并没有引起什么争议，它的少数读者认为哥白尼自己也不相信日心说。这本书可能是出版商故意定价过高，很快就绝版了。第二版直到 1566 年才在瑞士出版。几乎可以肯定的是，这一版本落入了当时正在那不勒斯求学的焦尔达诺·布鲁诺手中。每一场革命都需要它的宣传者，而布鲁诺就成了哥白尼革命的代言人（尽管正如我们将会看到的，他的动机远不单纯，他的成就也不完全是他想要的）。

1548 年，布鲁诺出生在那不勒斯以东约 20 公里的小镇诺拉。诺拉位于坎帕尼亚地区，据说这里是公元 5 世纪教堂钟的发明地，意大利语的“钟”（campana）和英语中的“钟楼”（campanile）都由此而来。诺拉也靠近休眠的维苏威火山。在布鲁诺后来的回忆中，他年轻时曾攀登维苏威火山。从远处看，山坡“在天空的映衬下显得阴暗而荒凉”，但当他走近时，却发现山坡上遍布茂盛的葡萄园、橘子园和橄榄树。

“这种奇特的转变让我惊讶不已，我第一次意识到视觉是会欺骗人的。”根据他的描述，他由此养成了一种质疑的思维，并很快就开始追问：“确定性的依据是什么？”他的哲学倾向

无可否认，然而正如我们将要看到的，这些怀疑到底有多深，仍然是一个问题。

17岁时，布鲁诺在那不勒斯著名的多米尼加修道院学习。作为修道院，这个机构符合那个时代的偏见：女性入学接受教育是不可想象的——而布鲁诺自己很快就开始涉足其他“不可想象”的思想领域，并以近乎异端的非正统观点而闻名。他阅读并吸收了伊拉斯谟（当时是被禁的）和帕拉塞尔苏斯（当时是被嘲笑的）的学说，并勇于以激情洋溢的方式捍卫自己的观点。尽管明显不适合担任神职，布鲁诺还是在1572年被任命为牧师。

此时，他已经找到了他的主要灵感来源：库萨的尼古拉。在这一时期，布鲁诺阅读了尼古拉的许多主要著作。还在那不勒斯的时候，他就接受并公开宣扬尼古拉基于日心说的行星系统，这一观点后来通过阅读哥白尼的著作得到进一步确认。布鲁诺进一步发展了这个想法：像库萨的尼古拉一样，他相信每一颗恒星都与我们的太阳相似，并且宇宙中有许多其他有生命居住的世界。他还宣称宇宙是无限的。布鲁诺的宇宙观与库萨的尼古拉几乎相同，但他表达这些观点的方式反映了当时世界观正在逐步发生变化。与前人不同，布鲁诺的宇宙学没有明显地与神学交织，这表明文艺复兴的思想已经开始扎根发芽，知识可以用理性的人文主义术语来表达，

这不仅是继承了古典时代的精神，也为科学本身开辟了道路，使其得以发展出更科学的研究方法。所有这些都让布鲁诺的思想显得更具科学性。

不幸的是，布鲁诺的工作并不像表面看起来的那样。无论从气质还是从信仰上看，他终究都不是一个真正的科学家。虽然在平静写作时，他能够暂时克制那不勒斯式的急躁性格，但他内心更深层的信念始终隐藏在科学的外表之下。几个世纪以来，布鲁诺一直被视为科学革命的伟大推动者，这种历史印象逐渐成为人们对他的固有认知。直到最近，人们才发现布鲁诺实际上别有用心——他借科学之名传播的思想，与其真实意图大相径庭，却产生了深远的影响。

在那不勒斯期间，布鲁诺偶然发现了传说中的“埃及”炼金术士赫耳墨斯·特里斯墨吉斯忒斯的著作。这些著作使他形成了一种远超文艺复兴时期的世界观。文艺复兴自视为复兴古代世界的古典学问，而赫耳墨斯·特里斯墨吉斯忒斯则展现了一种更为古老的知识——这正是启发了古典作家们的原始智慧，也是古代学问的源头。

赫耳墨斯·特里斯墨吉斯忒斯所阐述的古埃及知识，就是原始神学或纯粹神学，它启发了所有其他的神学。在赫耳墨斯·特里斯墨吉斯忒斯的著作中，可以找到后来在毕达哥

拉斯和柏拉图思想中出现的核心理念，这些理念在基督的教义中也有所共鸣，即便是教会也不得不承认其中的某些方面。因此，赫耳墨斯·特里斯墨吉斯忒斯被尊为异教先知，这一地位与柏拉图和亚里士多德相似——他们都对基督教神学做出了巨大贡献，但由于历史原因显然不能被视为基督徒。然而，布鲁诺的想法更为激进。他私下认为，当时的文艺复兴运动仅仅是个开端，真正的文艺复兴尚未到来。在这场即将到来的真正复兴中，基督教将被历史上最初的真正信仰，也就是神秘的魔法师赫耳墨斯·特里斯墨吉斯忒斯在其著作中描绘的古埃及纯粹神学所超越。

对于那些有这种倾向的人来说，赫耳墨斯·特里斯墨吉斯忒斯的著作为这种期望提供了令人信服的论据。这并不是什么深奥的解释，文本中清楚地包含了毕达哥拉斯的数字学说、柏拉图思想和基督教信仰。然而，这里存在一个问题：我们现在知道（而布鲁诺显然不知道），赫耳墨斯·特里斯墨吉斯忒斯的著作并非如其所声称的那样源自古埃及。事实上，这些著作是在罗马时代编撰而成的，当时新柏拉图主义和早期基督教思想在很大程度上构成了形而上学领域的一部分。因此，这种融合了炼金术、神秘主义和其他思想的赫耳墨斯学说包含这些观念也就不足为奇了。

考虑到布鲁诺的秘密信仰，令人惊讶的是，他的观点不

管是在当时还是现在看来都显得极具科学性。这一点是毋庸置疑的。他的同时代人都对他的观点印象深刻，包括那些自认为地位高于他的人，尤其是在他被授予圣职后的上级。但布鲁诺天性不愿在任何事情上让步，尤其是在学术问题上。他不会因为一些亚里士多德学派的追随者就放弃自己的“科学异端”思想，也几乎没有向多米尼加修道院的上级隐瞒这一事实。到1576年，他们终于忍无可忍。随即，一场针对布鲁诺的异端审判开始筹备——这类指控几乎从不失手，通常会导致被火刑处死。幸运的是，审判过程按照那不勒斯特有的散漫节奏进行，让布鲁诺得以在事态变得严重之前脱身。

从布鲁诺和赫耳墨斯·特里斯墨吉斯忒斯的例子中可以看出，以炼金术形式存在的化学仍在科学革命时期投下了它的影子。此时，化学处于一个奇特的位置，既走在这场革命的前面，又落在它的后面。化学对实际实验工作的依赖指明了前进的方向，然而其理论信仰却让人回想起萨满和巫医的时代。因此，可以说化学完整地展现了人类发展的各个阶段。这在任何领域都堪称卓越成就——唯独科学领域例外。

哥白尼之后的科学革命主要发生在物理学领域——天文学的初步突破引领了物理学其他领域的大量技术和理论发现。这场革命表面上看似乎与炼金术毫无关系。然而帕拉塞尔苏斯通过他对实验结果的重视以及他对医用化学中因

果关系的探索，表明了化学（或炼金术）并非完全独立的领域。而现在，布鲁诺也以一种看似荒谬的方式证明了这两者之间的关联。即便科学在某种程度上成了赫耳墨斯·特里斯墨吉斯忒斯炼金术信仰的掩护，但科学终究还是科学。

但在布鲁诺的思想中，这两门科学之间的联系真的仅仅是偶然的吗？表面上看似如此，但考虑到接下来发生的事情，这种观点就难以成立了。我们将看到，炼金术（不仅仅是早期的化学，也包括完整的巫术体系）将继续扮演一个奇特而反常的角色。从哥白尼开始，到牛顿结束，在整个伟大的科学革命进程中，它始终作为背景存在。事实上，赫耳墨斯·特里斯墨吉斯忒斯本人也出现在这两位顶尖科学家的著作中。哥白尼在其《天球运行论》的开篇就提到了他，这段内容几乎可以说是一首对太阳的颂诗。这段文字值得广泛引用，尤其是因为它展示了科学是如何能够激发实践者富有诗意的、哲学的甚至宗教的情感，尽管这些情感在严格的科学研究中可能并不具有实际地位。

但太阳位于万物的中心。在这座最美丽的殿堂中，还有什么地方比现在的位置更适合安放这盏明灯，让它能同时照亮整个宇宙？有人称它为“宇宙之光”“万物之魂”或“宇宙的统治者”，这些称谓都恰如其分。特里斯墨吉斯忒斯称它为“可见的上帝”，索福克勒斯的《厄勒克特拉》则称它为“全

知者”。的确，太阳端坐于王座之上，统领着环绕运行的群星家族。

这样的诗意表达虽然涉及不太科学的来源，但这是可以原谅的。然而，仅仅以这种方式提及它们就会引发猜测：哥白尼究竟相信什么？相比之下，牛顿则显得不那么谨慎，他有时甚至在笔记本中直接引用赫耳墨斯·特里斯墨吉斯忒斯的话。在这里，牛顿所引用的赫耳墨斯（以及牛顿本人的意图）指的是炼金术，而不是科学：“然而，我拥有这门技艺和科学，完全是上帝的启示，他愿意将其揭示给他的仆人。他把认识真理的途径交给那些知道如何运用理性的人，但从来不会导致任何人陷入错误和谎言。”信仰、超自然技艺以及理性，就像一股暗流，永远涌动在科学革命平静的表象之下。还原论者认为即使在今天，我们基本仍是居住在现代城市中的穴居人。如果生理上确实如此（诚然有些夸张），那么在思维方式上又是怎样的呢？古老的假设和信念并不总是在它们明显变得多余的那一刻就被抛弃。我们的思维、语言和观念，甚至我们的灵感，都是由过去、先前、看似已被抛弃的事物所带来的。这些东西，在已然超越它们的思想中，似乎仍起着一种隐蔽且难以察觉的作用。

炼金术在随后的一个世纪中所起的作用就是一个最好的例证。

与此同时，这位科学革命的先驱为了躲避那不勒斯多米尼加修道院当局的追捕，向北逃到了罗马。不难想象在一个道貌岸然的场景中：布鲁诺秘密收藏的伊拉斯谟著作被发现藏在修道院的厕所里。

1576年的罗马不适合思想独立的思想家，尤其是像布鲁诺这样性情多变的南方人。为了对抗宗教改革，罗马天主教会发起了反宗教改革运动。教会在所有问题上的教义都被视为神圣不可侵犯和不容置疑的——包括亚里士多德的地心说和四元素学说。宗教裁判所被重新引入意大利和北欧，以清除新教徒和异端分子。

不出所料，布鲁诺很快又陷入了大麻烦。虽然具体细节至今仍是谜，但据知他被人向罗马宗教裁判所告发为异端，教会随即启动了将他逐出教会的程序。而告发布鲁诺的那个人的尸体随后被发现漂浮在台伯河中。不管当时究竟发生了什么事，布鲁诺都认为最好还是赶紧秘密地离开。这一次，他甚至脱下了修士袍——这一行为实际上等同于主动将自己逐出教会。

这时，布鲁诺开始了几年的流浪生活。他似乎通过各种方式来养活自己，包括私下教授他所完善的一套增强记忆力的心智系统。这个助记系统的核心原理是将每个记忆“放置”

在一个想象中的大轮盘上，通过转动轮盘来检索已存储的记忆。但这仅是该系统的基础。在第一个想象的大轮盘内部，还嵌套着五个同心轮。这些轮盘同样用于存放记忆，通过使这些轮盘相对转动，能够形成不同的记忆组合，从而产生新的知识。

到目前为止，一切都很顺利（虽然有点让人费解）。但表象之下却另有玄机：在这套成功的系统技术背后，隐藏着一个形而上学的结构。布鲁诺的六个轮盘实际上源自 14 世纪西班牙神秘主义者、据称颇有建树的炼金术士雷蒙德·吕利的学说。在吕利的著作中，这六个轮盘构成了一个神秘的逻辑体系，用以融合所有知识，最终能让使用者通过所有组合来理解宇宙万物。同样，这与旨在将物质嬗变为黄金的炼金术实践也有所呼应。

布鲁诺又一次站在了关键点上。神秘主义和炼金术使他发展出一套成功而实用的助记系统。一个世纪后，德国理性主义哲学家莱布尼茨研究了系统的细节，并受其启发制造出由同心轮系统组成的最早的计算机器之一。与吕利坚信他的系统具有普适的应用相呼应，莱布尼茨也相信有一天可以建造一台能够解决所有数学和逻辑问题的计算机器。它甚至可以解决道德纠纷：双方只需输入他们的论点，机器就会给出正确的答案。从神秘的炼金术到记忆系统，再到计算机

器，直至现代计算机的雏形，每一步的发展都伴随着或多或少的认知偏差，并反过来推动着发展。这种偏差延续至今：我们一方面认为现代计算机在道德上是中立的，另一方面却又不合逻辑地担忧它们终将控制世界。计算机可以控制世界的想法，从不同的方面来看，既是我们恐惧的源泉，也是我们灵感的源泉。在这种观念中，我们不难看出它与先前观念之间的呼应，无论是布鲁诺受炼金术启发创造记忆系统，还是莱布尼茨设想计算机器在道德上发挥作用。

但布鲁诺的记忆系统将产生更深远、更广泛的影响。除了与吕利的炼金术体系相关联外，它还与布鲁诺自己发展出的另一种思维方法密切关联。这种同样具有深远影响的思维方法在他的思想体系中发挥了重要作用，也标志着欧洲思想发展史上的一个重要转折点。

布鲁诺把他的系统思维新方法视为一种创造性逻辑，一种能够产生新知识的思维方式。这源于库萨的尼古拉的“对立统一”。通过这种观察事物的方法，对立面最终统一起来。但布鲁诺在此基础上又迈出了重要一步。“深邃的魔力在于发现统一点后，能从中引出对立面。”两个对立面在“统一点”融合，并由此衍生出它的对立面。

仅仅两个多世纪后，德国哲学家黑格尔就从这句话中发

现了自己伟大辩证法的萌芽。与布鲁诺的方法一样，黑格尔的辩证法涉及两个对立面的统一并产生新事物。在黑格尔的辩证体系中，这两个对立面成为“正题”和“反题”，而布鲁诺所说的“结合点”则演变为黑格尔的“合题”。布鲁诺从这个“统一点”中“引出对立面”。同样地，黑格尔的合题本身成为一个新的正题，然后产生它自己的反题，两者再结合形成新的合题，如此循环往复。黑格尔的辩证法发展成为一个庞大的、包罗万象的体系，用以解释上帝、宇宙和其他一切。再一次，布鲁诺的贡献至关重要。一个对库萨的尼古拉而言神秘的原理，布鲁诺将其发展为一种动态的思维方法，随后黑格尔将其扩展为一个庞大的相互关联的形而上学体系（这让人想起雷蒙德·吕利的“嵌套轮盘”理论）。黑格尔的辩证法后来被马克思发展为辩证唯物主义。

1579年，布鲁诺来到加尔文主义的中心日内瓦。在这里，他皈依了新教。但事实证明，新教徒并不比天主教徒更宽容。在与罗马的意识形态斗争中，他们也开始制定严格的教义原则。他们试图回归基督教的基本教义，抛弃他们眼中天主教会的浮华和腐败。具有讽刺意味的是，这种保守的回归本源做法导致他们在科学问题上的立场与天主教完全一致。亚里士多德的地心说和四元素学说仍被视为自然哲学的基石之一。当布鲁诺开始宣扬哥白尼革命时，他很快就与一位加尔

文教派的教授就亚里士多德学说发生了冲突。这一次他被逮捕并投入监狱。虽然形势可能会进一步恶化，但布鲁诺明智地选择放弃他的观点。最终，他仅被逐出教会并被驱逐出城。

布鲁诺现在已经让自己被基督教世界的两大阵营逐出教会。对于一个像布鲁诺这样敬畏上帝的人，这本应让他为自己的灵魂感到忧虑，但布鲁诺却超脱于此。他预见，这两个基督教对立面即将重新统一。而从这个“统一点”中将会产生一个“对立面”：赫耳墨斯·特里斯墨吉斯忒斯的纯粹神学，即古埃及真正的原始宗教。幸运的是，布鲁诺足够明智，大多数时候都对此保持缄默。从此以后，除了他作为库萨的尼古拉和哥白尼等人的理论传播者而声名狼藉外，人们开始偶尔听到关于他信奉神秘学说的传言，并猜测他是一位魔法师。

布鲁诺的流浪之旅将他带到了图卢兹，这在当时是一个狂热且不宽容的天主教据点。他做出这一鲁莽之举可能有两个原因：雷蒙德·吕利曾在此任教，而且不同寻常的是，这所大学对讲师没有宗教要求。布鲁诺或许有着拉丁人的脾气，但他也拥有拉丁人的魅力。在一次面试中，他展示出卓越的学识与才智，随即获得了一个哲学讲师的职位。他难得地表现出谨慎，刻意避开自然哲学，专注于讲授亚里士多德的《论灵魂》等正统内容。在这部著作中，亚里士多德宣称灵魂与

身体之间的关系是一种不自然的结合。他将其比作第勒尼安海盗施加的酷刑——他们会把俘虏绑在尸体上。这一比喻恰当地描述了当时哲学的处境，它仍然被束缚在垂死的亚里士多德主义体系中。到 16 世纪末，艺术的文艺复兴已经完成，科学的文艺复兴才刚刚开始，而哲学的文艺复兴还要再等半个世纪。

有趣的是，就在布鲁诺在图卢兹讲课的同时，葡萄牙哲学家弗朗西斯科·桑切斯（Francisco Sanchez）也住在图卢兹，正在写《为什么无物可知》。这部几乎被遗忘的哲学怀疑主义杰作主张，人类永远无法真正认知真理，对任何事物的知识都可能产生怀疑。这一思想正是笛卡尔的出发点，由此引发了 17 世纪的哲学复兴。从库萨的对立统一性，到布鲁诺的前辩证思维体系，再到桑切斯的方法论怀疑，新的思维方式开始出现，试图突破亚里士多德逻辑和教条的束缚。布鲁诺和桑切斯肯定见过面，但他们在气质和思想上却截然相反：一个是沉默的怀疑论者，另一个是固执己见的宣传者。怀疑精神与科学的结合时机尚不成熟。正如我们将看到的，这些对立面最终会在笛卡尔的哲学中统一起来。

1581 年，布鲁诺来到巴黎，他的记忆系统声名远播，引起了亨利三世的注意。尽管布鲁诺持有非正统观点，他仍被任命为宫廷成员。当时虽然法国天主教与新教之间的冲突日

趋紧张，但宫廷依然保持开明态度。两年后，布鲁诺前往伦敦，在法国大使馆任职。在那里，他似乎扮演了一个低级间谍的角色（或许还作为英国的双重间谍接受了零星的报酬）。在伊丽莎白时期的新教国家英格兰，布鲁诺感到可以自由地表达自己反亚里士多德的观点。他造访牛津时以轻蔑的态度驳斥了一群学者的陈旧观念，使他们几乎气急败坏——这些人难道不知道一场科学革命正在发生吗？在英国期间，他还出版了数部神秘学著作，提出了一些不那么科学的观点。

在布鲁诺看来，神秘信仰和真正的科学可以完全分开。但是，就像他的思想体系一样，这两个对立面也可能有一个“统一点”。这方面最典型的例子就是他对哥白尼行星系统的态度。布鲁诺毫无疑问地接受了这一体系的科学真理，但同时他也认为这是宇宙的神秘魔力象征。布鲁诺的科学思维如何能与这种形而上学的谬论共存，至今仍是一个难解之谜，但它们确实共存了。当布鲁诺单纯讨论科学时，他讲得头头是道。由于他在欧洲的旅行，许多人开始相信他所说的是真的。幸运的是，这些皈依者中的大多数并不知道他深奥的信仰，或者只是选择将其视为个人怪癖。

从科学上讲，布鲁诺已经走出了亚里士多德主义的泥潭。在思想上如此，在生活上也是如此。布鲁诺宣扬的不是中世纪的禁欲主义，而是文艺复兴时期的人文主义。

我们应该对世界保持开放的态度，而不是否定它。布鲁诺终身未婚，但当时的报道有力表明他并非过着独身生活。他的批评者莫森尼戈声称：“他告诉我，女士们使他很愉悦，但还没有达到所罗门那么多的数量。”可以肯定的是，布鲁诺虽然并没有像《圣经》中的所罗门那样拥有七百妻、三百妾，但他显然很享受美酒和女人。

生活上如此，思想上也是如此。布鲁诺宣扬的不是一个在旋转天空穹顶下的有限世界，而是太阳系和一个充满了类似星系的无限宇宙。他宣扬原子论，而不是亚里士多德的四元素理论。布鲁诺是如何产生这些想法的，这本身就是一段引人入胜的历史。

正如我们所见，物质最终由不可分割的原子构成这一理论最初是在公元前5世纪由留基伯提出，并由希腊的德谟克利特加以发展。仅仅一个多世纪后，雅典哲学家伊壁鸠鲁采纳了这一理论，他让我们有了“伊壁鸠鲁主义者”一词，用来指那些懂得精致、享受美食美酒的人。然而，这种精致享乐主义的形象并不能完全公正地反映伊壁鸠鲁的哲学思想。他的哲学教导了一个机械的世界观，并倡导有节制地追求幸福。这种幸福是通过远离政治、过宁静的生活来实现的——而宁静的生活可以通过克制欲望来获得，尤其是那些现代享乐主义者引以为傲的欲望。

伊壁鸠鲁主义流行了 7 个世纪，在罗马帝国由盛转衰的时期达到顶峰，当时它确实呈现出许多享乐主义的特征。随着基督教在罗马的兴起，禁欲和忏悔成为时代的主流，这导致早期基督徒将伊壁鸠鲁视为“敌基督”——这是一个象征着极度邪恶的形象，他的出现预示着世界末日的来临。

伊壁鸠鲁的道德哲学或许存在多种不同的解释，但他的自然哲学却是清晰且科学的。除了接受一个纯粹机械论的世界外，伊壁鸠鲁还采纳了德谟克利特的原子理论。

这个世界并不存在任何超自然力量，一切物质最终是由既不能被创造也不能被毁灭的微小物质粒子构成的。

伊壁鸠鲁不会对他的哲学在他身后流传如此之久感到惊讶（尽管他可能对它呈现的形式不太满意）。在他的一生中，他孜孜不倦地推广他的思想，据说写了三百多部论著。然而，这就是命运：这些著作中只有零星的片段得以留存，比如“如果善的概念不包括味觉、爱情和视听的快乐，那是不可想象的……而美德若不是指在追求快乐时的审慎，就只是一个空洞的词语。”

在伊壁鸠鲁的著作沦为残篇之前，它引起了公元前 1 世纪罗马诗人卢克莱修的注意。虽然罗马思想家主要是传播希腊思想，少有创新，但卢克莱修是个杰出的例外。

他将诗歌、科学思维和反形而上学哲学融为一体，后来被称为“几乎如哲人石般珍稀”。这些非凡的特质使他受到早期基督教学者的恶毒诽谤，对他们而言科学的理性观点是无法接受的。因此，我们只能依靠圣杰罗姆来了解卢克莱修生平的若干细节。据圣杰罗姆所言，卢克莱修因饮用了妻子给他的一剂爱情魔药而时常发疯，只有在神志清醒的间隙才能写诗，这些诗由他的朋友、伟大的罗马演说家西塞罗“编辑”。44岁时，卢克莱修在一次疯狂发作中自尽。精神错乱、放荡纵欲、暗示他的作品由他人代笔、自杀——这些指控似乎有些过火。但圣人理应不会说谎，而诗人，即使是富于哲思的诗人，也很少过着无可指责的生活。所以圣杰罗姆那耸人听闻的诋毁或许也多少有基于一些事实。

卢克莱修相信宇宙在物理和生物层面都是进化的，同样地，文明是社会进化的结果。他开创性地将人类历史划分为不同的发展阶段。而与当时主流观点不同，他并不相信灵魂不朽的说法。“死亡，这最可怕的不幸，对我们来说毫无意义……因为当死亡来临时，我们已不复存在。”当我们死去，我们的灵魂就“如烟般”消散。“在短暂时间内，生物世代更迭，如同赛跑者传递着生命的火炬。”这些诗句无疑带有卢克莱修的风格，但其中的思想有多少是他独创，又有多少源自伊壁鸠鲁，这在很大程度上已难以判定。也许我们只需细思

卢克莱修那句最广为人知的箴言：“万物皆非凭空而生。”

所有这些观点，以及其他丰富的思想，都出现在他的杰作《物性论》中，其标题是对伊壁鸠鲁失传的《论自然》的有意识呼应。在这部堪比史诗长度的诗作中，前两卷重点阐述了原子理论。其预言的准确性不言自明：他认为宇宙中有无限数量的原子，这些原子虽然类型各异，但类型的数量是有限的。不同原子在重量、形状和大小上存在差异，但都是微小的、坚固的、不可分割的。然而，它们本身是由不可分离的部分组成的，较大的原子拥有更多的这些部分。

这最后一点，显然是自相矛盾的，被许多人看作是他原子理论中的一个缺陷。如果原子有部分，那么它们最终一定可以分割的。20世纪初亚原子物理学的出现，不仅解决了这一矛盾，更揭示了这一前科学思想惊人的先见之明。这个早期的原子理论究竟是什么？它完全缺乏实验证据支持，是仅仅源于观察、沉思和思辨的纯理论结果。如此惊人的洞见，只能是巧合。然而，正如我们将看到的，每当原子概念在科学思维中重现时，它往往预示着重大突破。这一思想似乎成了科学发展的一种神奇催化剂。

卢克莱修的《物性论》在罗马时代享有盛誉，甚至激励了维吉尔这样的文学巨匠。维吉尔在提到卢克莱修时曾说：

“能洞察事物本源的人是幸福的。”然而，随着罗马帝国的崩溃，这部伟大诗作逐渐散失。据推测，最后留存的抄本在西哥特人洗劫永恒之城时，随着他们在大理石宫殿中的肆虐而化为灰烬。

在中世纪，这首诗的存在仅通过其他作品中的零星提及而为人所知。直到1417年，唯一存世的手稿重见天日。半个世纪后，《物性论》成为古腾堡印刷机问世后最早印制的世俗书籍之一，并迅速成为畅销书。有一段时间，卢克莱修的诗甚至比但丁的《神曲》更受欢迎。它主要被当作文学作品来阅读，尽管其哲学思想确实吸引了人文主义者。相比之下，其自然哲学理论，比如原子论，却被视为过时理论，直到焦尔达诺·布鲁诺读到这部作品。

在库萨的尼古拉之后，卢克莱修成为影响布鲁诺科学思想的主要人物，尽管这两位思想家在科学之外的领域几乎完全对立。卢克莱修摒弃一切形而上学思想，而库萨的尼古拉的思想则深深浸透着神学色彩。然而，布鲁诺却成功地追随了两者的脚步。几个世纪以来，他主要被视为一位卢克莱修式的科学人文主义者，只是略带一丝浪漫的神秘主义色彩。直到后来，人们才发现他的科学思想实际上是建立在深奥的神秘主义和形而上学基础之上的。但不应忘记，布鲁诺着力宣扬的其实是卢克莱修的理论。从哥白尼体系到原子论，正

是这一点塑造了他本人及其科学的公众形象，而最终也正是这一点导致了他的陨落。

在被发现身份（作为间谍、反间谍、异端或其他什么）之前，布鲁诺离开了英国，回到了巴黎。但不久，“因为骚乱，我离开巴黎去了德国。”他的游历使他远至马尔堡、布拉格和苏黎世，途中结识了许多他那个时代最优秀的知识分子，随后又与他们发生争执。这些学者密切关注布鲁诺的思想，但最终不得不与这位思想的创造者保持距离。而另一方面，教会却开始采取截然相反的态度。

1591年，布鲁诺在参观法兰克福书展时收到了来自威尼斯的邀请，请他向一位名叫朱安·莫森尼戈的贵族传授记忆系统。布鲁诺时年42岁，离开意大利已有12年之久。他认为此时返回意大利应该已经安全了。

布鲁诺前往威尼斯，途中顺道去了附近的帕多瓦大学，他听说那里的数学教授职位空缺。希望能获得一个正式的教职，摆脱偶尔授课和给无知贵族当家教的生活。然而他未能如愿，这个职位最终在次年被伽利略获得。

在威尼斯，布鲁诺被安置在莫森尼戈的豪宅里。从一开始，他们就合不来。莫森尼戈并不是很聪明，当他无法理解布鲁诺的学说体系时，他变得既怨恨又多疑。随着布鲁诺的

名声传遍威尼斯，莫森尼戈的嫉妒心也越来越强。在一系列愈演愈烈的争执之后，莫森尼戈以布鲁诺持有异端邪说的罪名向威尼斯宗教裁判所告发了他。布鲁诺随即被捕，被关进了地牢。（仅仅 150 年后，卡萨诺瓦就因类似的指控被关进了同一座地牢，但他很快就上演了一场惊人的越狱。）布鲁诺却认为自己没有必要尝试逃跑，因为法庭的审理程序相当宽松，他觉得自己完全有能力为自己辩护。

布鲁诺一生中没有任何幸存的肖像。直到他在威尼斯受审时，我们才第一次看到关于他外貌的描述。有趣的是，这些描述似乎并不一致。法庭书记员形容他看上去是个中年人，中等身材，留着栗色的胡子。与此同时，被传唤为证人的当地书商乔托则形容他又矮又瘦，留着黑胡子。据说布鲁诺在审判中语速很快，带有意大利南部的风格，并伴随着生动的手势和快速变化的表情。看来他平时说话很可能就是这个样子。其他人在不同场合中描述过，他在讲课时认真专注，有时甚至会不知不觉地单腿而立。这样的举止给人的印象是一个对自己所说的话深信不疑的人。然而，既然我们已经知道了他的“真实”想法，那他又是怎么能对自己所说的话深信不疑，则是另一回事了。

在法庭上，布鲁诺愿意承认自己可能犯了一些小的神学错误。但这些错误并不严重，因为它们源于他对自然哲学的

研究。他坚称自己对教会的教义没有任何异议。而且，令人惊讶的是，他确实相信这一点。

在这里，我们终于可以开始解开布鲁诺思想中明显的矛盾之处了。他确实可能相信自己所说的话——尽管要他解释原因是最不明智的。他的“小神学错误”指的是他的哥白尼主义、原子论等信仰。这些不可能是严重的神学错误，因为它们的形式上与原始的古埃及宗教密切相关，而他相信这种宗教很快就会超越基督教。如果是这样的话，他就不会对基督的教导有异议，因为这些也是源自最初的“真正神学”。幸运的是，布鲁诺对这些足以引起轩然大波的信念保持缄默，这些信念实际上是他那些科学“小过失”的理论基础。一度看来，威尼斯宗教裁判所似乎会对他采取宽容态度。然而，灾难随即降临。

教皇当局得知了诉讼的消息，布鲁诺被传唤至罗马，面对臭名昭著的罗马宗教裁判所。在那里，他将经历长达7年的审讯。起初，布鲁诺保持了他一贯的态度。但随着审讯官们变得越来越咄咄逼人和坚持不懈，布鲁诺也变得越来越固执。也许他觉得无论说什么都已注定难逃厄运，于是决定坚持自己那些表面上微小的科学异端（实则暗含着更多重大异端）。当他试图解释亚里士多德学说与最近的自然科学发现不相容时，审讯官们拒绝听他的解释，而布鲁诺则似乎很鄙

视审讯官们的无知与偏执。最终，愤怒的审讯官们要求他必须完全、无条件地收回所有理论。这一次轮到布鲁诺愤怒了。他坚称自己没有什么可收回的，甚至不知道他们要他收回什么。得知这番回应后，教皇克莱门特八世下令将布鲁诺移交给世俗当局，并指示要“尽可能仁慈地处置他，不得让他流血”。可悲的是，这番貌似仁慈的话语不过是虚伪的委婉说法，其真实含义是要将这位顽固的异端分子处以火刑。

1600年2月17日，布鲁诺被带到花田广场，他的嘴被绑住并塞着口塞，以防他向围观的群众发表言论。他被绑在柴堆中央的木桩上，随后柴堆被点燃，他就这样被活活烧死。

他们究竟害怕布鲁诺会说什么？当他们宣读死刑判决时，他向法庭挑衅地做了个手势，宣称：“也许你们宣判时的恐惧，比我接受判决时的恐惧更大。”当他在燃烧的火刑柱上承受着极度痛苦时，有人递上十字架让他亲吻，他却突然把头扭开了。似乎他始终忠于他内心深处的“埃及”信仰。但如果他在火刑柱上讲这些，在场的人都不会理解他，更不用说相信他了。事实上，教会当局最担心的是他会重复他的自然哲学异端言论——他们害怕的是科学。

大约半个世纪前，列奥纳多·达·芬奇在笔记本的页边空白处用密码写下“太阳是不动的”。库萨的尼古拉早就知道

这一点，而哥白尼最终为这一真理提供了数学支持。这与宗教毫无关联。

但为了寻求自己的学术支持，宗教开始吸纳哲学。原本用于验证自然哲学真理的方法，现在被用来证明神学。托马斯·阿奎那在 13 世纪提出了不少于五个证明上帝存在的论证。其中一些具有准科学性质，例如“第一因”论证：将上帝视为因果链的最终起点。但神学不仅采纳了哲学的方法，还吸收了哲学的内容，包括逻辑学、伦理学、宇宙学和自然哲学。亚里士多德的哲学被奉为《圣经》般的权威，这并非他的过错。即使基督教接受了德谟克利特的原子论，而非亚里士多德的四元素理论，最终结果也是一样的。科学，如同伦理学一样，被固化为不可改变的教条。

现在可以说，人类自青铜时代以来在道德层面进步很小，甚至毫无进步。荷马史诗中的英雄和阿诺德·施瓦辛格饰演的《终结者》面临着类似的道德困境。然而，他们所使用的武器，以及他们能享受到的医疗服务，却有着天壤之别。与人类的道德状况不同，科学状况并非生来就一成不变，坚持认为它是静态的只会导致荒谬的结果。即使教会当初接受了德谟克利特提出的不可分割的原子论，最终也会发现自己无法否认广岛事件的发生。

然而，布鲁诺时代的科学和宗教一样混乱不堪。双方都无法确切理解究竟发生了什么。教皇宣称行星围绕地球运转，而布鲁诺则将哥白尼的太阳系理论视为一种形而上学的象征。人类的思维需要时间才能摆脱这些认知偏差。我们需要的是—种看待世界的全新方式。

## 第六章、科学的要素

1608 年，人们在字面意思上发现了一种全新的看待世界的方式。望远镜的发明通常归功于荷兰镜片制造商汉斯·利伯希，他原本是从事眼镜销售的商人。到 16 世纪末，这已经发展成为一个蓬勃兴盛的产业。印刷术在整个欧洲的传播导致了阅读的广泛普及，随之而来的是对眼镜需求的增加。镜片制造业的繁荣进而促成了显微镜和望远镜的发明。到 17 世纪早期，人们的思维随着学识的增长而不断拓展，由此产生的一个间接结果是，世界本身在微观和宏观层面上都得到了拓展。在整个欧洲，许多表面上看似毫不相关的变化开始影响我们对周围世界的认知，新的问题也随之产生。事实上，这些往往是古希腊人曾经提出过的那些根本性问题：我们所居住的这个世界究竟是怎样的？这些奇妙的新发现又如何

与我们已知的基本要素相契合？

实际上，利伯希本人并非望远镜原理的发现者，这一发现应归功于一位无名学徒。据传在一个无所事事的日子，这位后来成为人类恩人的年轻学徒摆弄着他本该打磨的镜片，注意到当他把两片镜片放在眼前并调整它们之间的距离时，能看到远处田野中教堂塔楼的放大影像。利伯希立即意识到这一偶然发现的重要性，随即将两片透镜安装在一根管子里，并将这项发明命名为“透视器”（*perspicillum*）。第一台透视器随后被卖给荷兰政府作为军事装备。和当时乃至现今的诸多军事机密一样，这一消息很快就在对此感兴趣的人群中广为流传。不到一年，这一消息就传到了身在帕多瓦的伽利略耳中。

正是伽利略首先传播了新科学的要素。伽利略雄心勃勃，总能抓住重要机遇。他在帕多瓦大学担任数学教授已有 15 年之久。尽管在被任命时年仅 28 岁，但凭借坚持不懈和自我宣传，再加上积极寻求有影响力的赞助人支持，伽利略最终获得了这一职位——而此前布鲁诺却未能如愿。早在 1592 年，44 岁的布鲁诺已是一位享有国际声誉的人物，但他对这个职位仅仅是询问了解而已。虽然他在北欧颇负盛名，但在意大利却只有不可靠的笨蛋莫森尼戈这一个赞助人。

到 16 世纪末，帕多瓦大学被广泛认为是欧洲最好的大学，甚至吸引了来自波兰和英国等远方国家的学生。（其中一名学生向莎士比亚转述了有关在意大利的见闻。）

伽利略一听说这种新型“透视器”，便敏锐地意识到了这个发明的两个关键点：首先，当时还没有人意识到这个发明在科学上的全部潜力；其次，这种透视器具有巨大的商业潜力。

最早的“透视器”只能放大三倍，伽利略在短短几个月内就改进出了一种能放大十倍的仪器。随后，他将这台新仪器作为礼物献给当时统治帕多瓦的威尼斯城。伽利略自豪地表示，任何意图入侵的舰队一旦出现在地平线上就能被及时发现，这将为城市防御部门赢得宝贵的准备时间，使其能够从容应对可能的进攻。

这并非伽利略出于无私的慷慨之举。心存感激的当局立即将伽利略微薄的薪水翻了一番，并任命他为终身教授。事实上，伽利略已经发现意大利其他地方正在生产廉价透视器，这大大限制了他在这个市场上大赚一笔的机会。当这些廉价的透视器到达威尼斯时，伽利略将它们贬为玩具，并通过将自己所谓的发明命名为“望远镜”(telescope)来与之区分。英语中“telescope”一词源自希腊语的“远距离”和“观看”，

尽管就像这个想法本身一样，这个名称也是伽利略从他人那里借鉴而来的。

伽利略是一位热情洋溢、留着红胡子的外向之人，他不拘一格的性格和显而易见的魅力之下，隐藏着更为复杂的本性。由于挥霍无度、家庭债务缠身，再加上他那要求严苛的母亲坚持要在家乡佛罗伦萨得到赡养，他经常入不敷出。当母亲终于屈尊来到帕多瓦时，她惊恐地发现，她最喜欢的数学教授竟然与一位来自威尼斯贫民区、脾气火爆的女子玛丽娜同居，后者比他小将近 15 岁，已为他生育了两个儿子。为躲避家庭纷争，伽利略逃到附近的威尼斯，躲进他的贵族朋友萨格雷多的府邸中，而他生命中的这两位女性则互相尖叫，最终甚至大打出手，撕扯对方的头发。伽利略对他的贵族朋友来说是一个机智而博学的伙伴，但在家里，他更愿意避开那些吵闹和令人烦恼的家庭纷争。他会把自己关在书房里，一待就是几个小时，有时甚至几天，全神贯注地投入科学研究之中。

伽利略或许是第一个真正理解这门新科学本质的人。这种理解最初几乎只应用于物理学，即研究事物如何运作，之后才逐渐扩展到化学这门研究物质和元素的学科。

值得注意的是，伽利略的理解建立在他非凡的实践能力

之上。他对“能做什么”和“如何去做”的深刻洞察，使他成为一位杰出的发明家。伽利略的发明涵盖广泛，包括从第一个温度计到测量脉搏的仪器，从马力水泵到计算炮弹轨迹的扇形器。遗憾的是，由于财务管理上的欠缺、当时缺乏专利法律保护，或者仅仅是因为他的发明过于超前，伽利略的这些精妙设备从未完全实现其发明者所设想的巨大经济回报。然而，这些实践经验让他对物理学的运作原理有了深刻的理论认识。

大约 1500 年前，虽然阿基米德等少数希腊思想家已经发现了一些零散的力学事实和定理，但还没有形成完整的力学体系。直到伽利略提出了“力”这一核心概念，才揭示出这里存在着一个有待研究的、理论与实践相结合的完整学问分支。但是，为什么力的概念如此重要呢？借用 17 世纪一本教科书中的例子来说明：想象一个人在控制一匹马，这种控制所需的力量是无法直接测量的。但是，如果把马的缰绳拴在一块足够重的石头上，那么这种原本无法测量的人力就可以转化为一种力，这种力可以用石头的重量来衡量。所有运动（或对运动的阻止）都是力作用的结果，而且可以测量。这开创了一种全新的测量世界的方式，不仅让我们深入了解其运作原理，还能够利用这些认识来造福人类。

伽利略成为这一新兴学术领域的先驱探索者，他称之为

“力学”(meccaniche, 这个意大利语单词源自希腊语, 意思是“装置或机器”)。但即使在这里, 旧习惯依然难以改变: 比如他“改进”了阿基米德的动量概念, 并声称这是他自己的。然而与此同时, 他的著作表明, 他理解了三大运动定律中的部分内容, 而牛顿直到 70 多年后才将这些定律公式化。部分是由于伽利略研究科学的方法, 部分是由于当时科学界自身的认知水平, 他既没有给出力的实际定义, 也没有把自己对运动的理解概括成定律的形式。

然而, 与伽利略最重要的突破相比, 这些遗漏显得微不足道。伽利略将数学与物理学结合在了一起。这个突破被他以最清晰的方式展现出来, 虽然现在看来简单得几乎显而易见, 但是他成就的关键所在。在此之前, 这两个学科领域在很大程度上被视为彼此独立的分支。

数学与物理的分离最早可追溯到公元前 4 世纪。当时柏拉图的学园把重点放在抽象现实和“纯粹”数学上, 而亚里士多德的学园则侧重于物质现实, 通过选择、比较和分类的方法来分析物质现实。表面上看, 哥白尼似乎早于伽利略将数学应用于物理学, 但事实并非如此。哥白尼将天体的运动视为一个纯粹的数学问题, 他的计算中并未涉及重量、动量和力等机械概念。

只有当伽利略将数学与物理学结合起来时，才有可能构想出可测量力的概念，现代科学由此诞生。将数学分析应用于物理学问题，催生了现代意义上的实验科学。人类首次能够用精确的数学术语来评估实际事件，将其分解为各个组成部分并进行测量。由此，类似的事件就可以进行比较——当它们吻合时，就可以归纳出普遍规律。伽利略称这种测试为 *cimento*，意大利语意为“考验”。实验是一种测试，目的是观察某种程序如何（或是否）起作用。类似地，英语词汇“*experiment*”（实验）也源自古法语，本意是“进行试验”。

所有这一切代表了一个重大的突破。何以至此？这不就是炼金术士几个世纪以来一直在做的事情吗？的确如此，而且炼金术实验也并非完全不涉及数学。大多数炼金术实验的配方，至少会注明所需原料的“计量”，以及要遵循的步骤的详细说明。就这一点而言，炼金术无可否认是一门实验科学。炼金术与科学的分道扬镳是在实验结果的处理上。在大多数情况下，人们只追求一种结果：黄金。如果未能达到这一目标，实验者往往不会记录实际获得的结果。即使有人记录，也倾向于声称一些虚假的、幻想的或形而上学的结果。任何科学都不可能建立在这种纯粹想象的基础之上。

但有人声称，伽利略甚至不是第一个将数学与物理学相结合进行现代实验研究的人。在他之前几年，许多同时代的

人已经开始使用类似的实验方法。这种说法有相当充分的理由。正如我们已经看到的，中世纪世界的整个思维模式正在崩溃。那过去那些建立在权威（尤其是亚里士多德）基础上的确定性认知逐渐动摇，促使各种新思想应运而生。将数学应用于现实就是这些新思想中的一种。这样的理念在知识界流传开来，许多人都在沿着类似的思路思考。现代科学正在整个欧洲诞生，它是众多具有科学思维的个人各自独立思考的产物。

人们习惯将这种思维称为“超前于时代”。但这并不能准确描述 17 世纪初欧洲正在发生的事情。这些独立的科学思想家和实验家，往往彼此独立地工作，与其说他们领先于时代，不如说他们正在创造一个全新的时代。在整个欧洲，从波兰到意大利南部，一种新的思维方式正在形成。这方面的一个明显迹象是，几项重要的发现几乎同时由不同的人做出，他们不可能知道彼此的工作，更不用说抄袭了。这确实是一个崭新的发展阶段。科学的进步并不仅仅是伟人们重大发现的结果，与这些个体的天才同样重要的是一种新思维方式的出现——正是这种思维方式才能引导多位思想家同时获得一致的发现。如果没有这种新思维，科学就会停滞不前，就像人们发现了四大元素后就不再深入探索。正是这种新思维，使得科学家们很快就能同时做出各种各样的新发现。

举一个例子就够了。1597年，伽利略完成了用于计算抛体（比如炮弹）轨迹的几何比例规。仅仅一年后，伊丽莎白时代的数学家托马斯·胡德在伦敦就独立制造了一个非常相似的装置，尽管这并未使他摆脱贫困。与此同时，与笛卡尔有书信往来的荷兰数学家德克·博尔库茨也在研制他自己的铜制比例规用于计算抛体轨迹。这件器物至今仍保存在当地博物馆中。

那么，为什么伽利略如此重要呢？这是因为这些不同的趋势在他那卓越的头脑中汇聚在一起，在深度和广度上都达到了前所未有的高度。伽利略对数学分析的应用，他的实验，他概念上的独创性（例如“力”的概念），他那精湛的技术，更不用说他的天才般的洞察力——这些都使他与同时代人不同。伽利略并不总是第一个提出某个想法的人（即使他真心认为自己是），但他往往是最深刻理解并发展这些想法的人。这一点在他对望远镜的改进和运用上得到了最好的印证。

最初的简陋望远镜产生的图像是倒置的，放大倍率还不到3倍。经过改进后，伽利略制造出了一架能产生正像且放大倍率超过30倍的望远镜。当其他人只把望远镜看作一种军事设备时，伽利略却明白他这项“改进发明”的全部潜力。他将望远镜对准夜空，一个全新的宇宙立即展现在眼前。需要再次说明的是，伽利略并不是第一个这么做的人。当时，

英国人托马斯·赫里奥特（Thomas Herriot）已经在使用望远镜绘制月球表面地图。这位几乎被遗忘的伊丽莎白时代先驱是一位多面手。他横渡大西洋，对弗吉尼亚的“原住民”展开了一项调查，这是有史以来最早的人类学研究之一。他与沃尔特·罗利爵士以及剧作家克里斯托弗·马洛一起参与了“黑夜学派”。他在学术领域的探索同样影响深远：绘制完月球地图后，他成为欧洲顶尖天文学家之一；他发明了一种简化符号系统，革新了代数；他还热衷于把烟草烟雾当作万能药。赫里奥特正是当时欧洲思想巨变所催生的“业余天才”的典型代表。

在思想自由得到保障的地方——尤其是在英国和荷兰——知识的进步和卓越很快就在文艺复兴时期相对被忽视的领域显现出来。哲学、文学、数学和物理学的成就开始超越绘画、雕塑和建筑。在美学之后，科学的形式终于开始被实质内容所充实。

当伽利略将望远镜对准月球时，他惊奇地发现它的表面有明显的山脉和山谷。他甚至巧妙地利用了山脉投下的阴影，计算出了山脉的高度。然后，他把望远镜对准了被称为昴宿星团的七颗恒星。昴宿星团的名字源自古希腊神话中阿特拉斯神的七个女儿，传说她们因姐妹们（即附近的毕星团）的死亡而悲痛欲绝，最后因悲伤而自杀。当伽利略通过望远镜

观察时，他发现原本肉眼可见的七颗昴宿星，实际上是由四十多颗恒星组成的星团。

但直到伽利略开始研究金星，他才有了重大发现。他很快就明白，金星也有和月球相似的相位变化：有时呈月牙状，有时是半球形，然后会变成圆盘状。和月球一样，金星的光线显然是从太阳反射而来的——这些相位变化表明它围绕太阳运转。这是无可争议的观测证据，证实了哥白尼关于太阳系的理论是正确的。

正如 20 世纪的科学哲学家保罗·费耶阿本德所指出的那样，伽利略的望远镜观测甚至比他本人意识到的还要有开创性。“它们不仅增加了知识，而且改变了知的结构”。在此之前，库萨的尼古拉和布鲁诺曾提出，宇宙是无限的，恒星代表了其他的太阳系，还存在其他的地球——但所有这些都只是猜测。即便是当时最具前瞻性的思想家们也倾向于相信天体与地球是不同的，正如亚里士多德所坚持的那样。伽利略提供了证据，证明事实并非如此。月球与地球相似，金星与月球相似，还有无数肉眼看不见的恒星。所有这些都是巨大的天体，在浩瀚太空中运行。当伽利略将望远镜对准夜空时，整个宇宙的结构在他眼前发生了变化。一切都不可能再和以前一样了。

伽利略是自亚里士多德以来第一位真正具有独创性的科学哲学家。继毕达哥拉斯之后，他认为世界可以用数学来描述，数学是探索世界的关键。但他认为只有世界的某些方面可以用数学术语来描述。他把这些称为“第一物性”，包括形状、大小、数量、位置和运动。所有这些性质都是客观的，是物体固有的属性。例如，可以测量炮弹的大小、形状、速度等。此外还有第二物性，如味道、气味、颜色和声音。这些性质是无法测量的，因为它们不属于物体本身。这些性质只存在于观察物体的人的头脑中，仅仅是物体产生的一种效应。

这种区分至关重要。科学可以随着可测量的事物向前发展，而将那些看起来无法测量的性质视为纯主观现象而不予理会。回过头来看，我们可以发现，第一物性都属于物理学范畴，第二物性则更多地归属于化学领域。为了确立自身定位和明确研究方向，科学必须限制自己。要确立现代科学的要素，必须把能够被清楚思考的内容与不能被清楚思考的内容区分开来。伽利略将科学局限于“发生了什么？”这个问题上，而忽略了相应的另一问题——“它是什么？”物理学可以不回答后一个问题而独立运作，但对化学而言，这却是核心问题。然而到了这个阶段，化学的视野已经变得极其模糊。可以说，它唯一重要的用途就是制造药物。任何重大的

理论进步都被四元素和炼金术的混乱学说所阻碍。在化学能够取得进展之前，人们首先必须通过物理学来理解什么是科学。

科学现在进入了一个无色、无嗅、无味、无声的世界——这是一个贫瘠的宇宙。任何知识分支要想成为一门科学，似乎都不可避免地需要这种极端的简化。在当时，渴望跻身科学之列经济学必须将丰富的人性简化为“经济人”，这一物种纯粹由其消费什么、生产什么以及永不满足的贪婪来定义。似乎只有将人类简化为单纯的消化器官，经济学才有希望实现其作为一门科学的救赎。

将世界简化为各种“事物”的理论模式，会严重影响我们对人类处境的理解。难道我们最终只是消费者吗？仅仅是流程图中的一串统计数字吗？从伽利略开始的科学还原论被证明是对人类精神的极大冒犯，直到今天，这种还原论仍然在某种程度上令人难以接受。

与新科学贫瘠、没有色彩的世界相比，中世纪的旧世界异常丰富。首先，它具有整体的意义。这个世界是要被观察和思考的，其深层意义值得深入探究。其中蕴含着隐藏的精神和伦理议题。整个宇宙就像一部文学作品，是上帝书写的典籍，其运行机制充满隐喻和象征意义。但这门新科学不再

是文学评论。在这里，世界不再承载教化功能，不再考验人的灵魂，也不阐释形而上学的信仰，似乎已摆脱了文化传统的包袱。新的科学世界是肤浅和庸俗的，它追求简单的事实，而不是“真理”。这是一个失去终极意义的宇宙。

这在一定程度上也是古希腊宇宙学（cosmological）思想的复兴。英语中“cosmos”一词源自希腊语，意思是“秩序”。包括亚里士多德在内的古希腊人所奉行的自然哲学寻求的是宇宙的秩序而非意义。颇具讽刺意味的是，正是这种神学内容的缺失使其为基督教所接纳。

因此，到伽利略时代，世界已经被准亚里士多德自然哲学和基督教神学的结合充分地解释和诠释了。《圣经》是通向科学世界的钥匙，其中明确指出，日月星辰是上帝创造的，目的是为人类提供照明。因此，当伽利略声称通过望远镜能看到肉眼看不见的星体时，这在当时是难以接受的。在当时人们看来，这些不可见的星体将是多余和毫无意义的，这种荒谬之事绝不可能出现在上帝的创造之中。当年布鲁诺也曾大力宣扬哥白尼的异端学说，伽利略于是被传召至罗马接受质询。

争论持续了好几年。并非所有教会成员都对这门新科学持完全反对的态度，许多人认为迟早需要达成和解。伽利略

提出了一条出路：《圣经》不应被视为字面意义上的真理，它实际上只是一部古老的历史文献，其目的在于提供道德指导，作者们从未打算将其作为科学事实的依据。然而，在罗马发生的争论并非仅仅局限于科学层面或宗教层面，更是演变成了不同派系之间的政治斗争。这场争论不仅关乎教会的权力，更危及其精神根基。

1632年，68岁的伽利略再次被召唤到罗马。这一次，他发现自己面对的是宗教裁判所——他深知，就在32年前，布鲁诺也以同样的罪名面对过同样的机构。伽利略虽然表面热情洋溢、言辞激昂，但内心始终充满不确定性：他无意成为殉道者。当被问及哥白尼的异端邪说时，他很快就动摇了。最终，他在未经任何酷刑之前就屈服了。（在贝托尔特·布莱希特的戏剧《伽利略的一生》中，审讯官把伽利略带到地牢的门口，指着里面的刑具。虽然这一幕没有事实依据，但准确地传达了当时的氛围。）伽利略跪在地上，被迫发誓“放弃、诅咒和憎恨”他的新科学；哥白尼是错的，地球是宇宙的中心。然而，就在伽利略站起来的时候，据说他还在低声嘀咕着：“Eppur si muove!”（“但它仍在运动！”）。年老体弱的伽利略也许逃过了火刑，但他还是被判终身监禁，实际上是软禁在他在佛罗伦萨郊外的家中。

新科学产生的冲击波迅速传遍了整个欧洲。在荷兰，法国哲学家笛卡尔正在为他的《宇宙论》做最后的修订，他在书中独立得出了许多与伽利略相同的结论。笛卡尔的方法不同于伽利略的实验主义。对于这位法国哲学家来说，探求知识的首要工具是理性。要获得清晰的科学世界观，需要的是一种全新的思维方法。

从很小的时候起，笛卡尔就决定将一生奉献给对思想的追求。为此，他需要一种孤独的生活，不受日常生活喧嚣的干扰，更不用说当时在欧洲发生的动荡历史事件。

神圣罗马帝国分裂为新教和天主教国家，使德国四分五裂，在欧洲大陆的中心地带留下了权力真空。商业、王朝和宗教的竞争引发了三十年战争（1618—1648），这场战争很快将瑞典、俄罗斯、法国和西班牙等国家卷入其中。这场灾难最终使中欧从波罗的海到巴伐利亚的大片土地满目疮痍。德国沦为被烟熏黑的城市和食腐乌鸦盘旋的荒芜田野，残存的居民在大路小道上游荡，任由强盗团伙欺凌。

笛卡尔对这一切的反应有些出人意料。为了追求平静的生活，这位欧洲最优秀的理性头脑决定，他最好的选择是参军。1618年，就在欧洲大陆陷入战争的那一年，笛卡尔报名参加了荷兰奥兰治亲王的军队。但笛卡尔不仅有一个伟大的

理性的头脑，他也非常精明。他只有在确定军队不会参战时才会加入，而作为这样一支军队里的绅士志愿军官，他深知自己能够相对自由地支配时间。最能说明这一点的是，笛卡尔一生都严格坚持一个习惯：从不在中午之前起床，整个早晨都躺在床上思考。

1620年，笛卡尔加入了巴伐利亚公爵马克西米利安的军队。这支部队驻扎在积雪覆盖的巴伐利亚乡村的冬季营地。就像狩猎一样，任何事情都有它的季节：在17世纪，没有一支称职的军队会在天气变坏时考虑作战。用笛卡尔自己的话说：“冬天来了，我发现自己身处一个没有任何有趣社交活动的地方。那时，我没有任何忧虑和激情，喜欢坐在火炉旁，独自思考以打发时间。”最后提到的“火炉”不能从字面上理解，笛卡尔可能指的是巴伐利亚式铺着瓷砖的大炉子。

在这种舒适的环境中，笛卡尔开始了一项将彻底改变西方哲学的思维实验。他开始用理性审视自己的整个存在。我如何了解周围的世界？通过我的感官。但我的感官可能会欺骗我，就像一根直的木棍浸入水中时看起来是弯的。我怎么知道自己是清醒的，整个现实不是一场梦？我怎能确定这一切不是某个狡猾的精灵为了欺骗我而编织的谎言？通过持续而全面的质疑，我自身的存在和周围世界的真实性都可被怀疑，似乎没有任何事物是确定的。然而，在这一切之中，

依然有一件事是确定无疑的：无论我对自己和世界的想法有多么错误，我至少知道自己正在思考。仅凭这一点就能证明我的存在。笛卡尔在其最著名的哲学论断中总结道：“我思故我在”（Cogito ergo sum）。

既然笛卡尔已经确立了这一终极的确定性，他就开始在这个基础上重建他曾经怀疑过的一切。世界、数学真理、被大雪覆盖的巴伐利亚冬季，以及他自身存在的本质——这一切都重新回到了他的认知中。经过了怀疑的检验，由于建立在了一个不容置疑的基础之上，这些认知比以往任何时候都更加确凿可信。

笛卡尔经过深刻的思考，在巴伐利亚的寒冬中构想出了一种普遍科学的理念。这将是一种能够理解人类所有知识的思维方法。这种认知方法不仅包括所有知识，而且还将把它们统一起来。这个体系将完全建立在确定性的基础之上，摆脱一切偏见和毫无根据的假设，从不言而喻的基本原则出发，并在此基础上逐步构建。

笛卡尔是一位极具独创性的杰出数学家。用于在三维空间中绘制物体的笛卡尔坐标系是他提出的概念，并以他的名字命名。因此，笛卡尔包罗万象的科学视野与数学有着强烈的相似之处也就不足为奇了。笛卡尔追求为科学建立严谨、

理性和确定的体系。相比之下，伽利略更注重实验并将数学应用其中。即便是伽利略在理论上对物质第一物性和第二物性的划分，也源于实验的考量——什么是可以测量的，什么是难以通过实验方法来把握的。伽利略寻求一种实验方法，笛卡尔寻求的则是一种思维方法。这体现了“可能性”与“确定性”的区别。他们都在探索同一个问题（科学真理），但采取了截然不同的进路（实践或理论）。

但笛卡尔的新思维方法究竟是什么呢？他在其专著《探求真理的指导原则》中概述了这一点。普遍科学只有通过特定的思维方式才能被发现。这包括两个基本的思维规则：直觉和演绎。他将直觉定义为“一个明晰且专注的心灵，凭借纯粹理性之光所形成的毫无疑问的认知”。演绎则被定义为“从其他确定无疑的事实中进行必然性推理”。这两个思维规则的正确运用，构成了后人所称的“笛卡尔方法”。

这是一种促进科学进步的逻辑方法。它阐明了科学知识的理论基础：一切科学认知都建立在“确定无疑的事实”之上，而这些事实都源自观察和实验。

这时，笛卡尔开始将他的方法应用于对世界的研究，写成了《宇宙论》。在这本书及随后的著作中，笛卡尔处理了一系列广泛的科学问题。他摒弃了亚里士多德关于运动是存在

于物体内部的一种“潜能”的模糊观念，提出了三条清晰的定律，建立了关于惯性、动量和方向的理论。他还研究了一些实际问题，比如光线从空气进入水中时的折射，并推导出一条原理，将其用于解释彩虹的形成机制。笛卡尔仅凭借卓越的理性思考，就得出了与3个世纪前迪特里希·冯·弗赖堡的简单实验相同的结论。

笛卡尔认为世界是以机械化的方式运转的：物体相互碰撞并反弹；人体和天体像时钟一样运作；一旦启动，因果的齿轮就不可逆转地持续运转。与伽利略一样，笛卡尔问的是事物如何运作，而不是它们是什么。对于后一个问题，笛卡尔采取了回避的态度，即认为物质最终“仅仅由长度、宽度和深度组成”。这显然是从物理学的清晰视角来看待物质，而非化学的复杂配方。然而，奇怪的是，笛卡尔似乎一度相信亚里士多德的四元素理论：“这四种化合物的初始混合产生了一种物质，可以称为第五元素。”这第五元素就是物质本身。但笛卡尔确信，任何对亚里士多德四元素的思考很快就会被认为是无关紧要的：在一个机械的宇宙中，物质的物理性质和行为才是重要的。伽利略和笛卡尔都认为世界是机械的。伽利略提出了力的概念并创造了力学；而笛卡尔则试图用“机械哲学”来解释整个世界。不管怎样，他们两人很快都不可避免地得出了结论——哥白尼是正确的。

笛卡尔一听说伽利略在罗马宗教裁判所的遭遇，就立即将散落的《宇宙论》手稿收集起来，锁进抽屉里。与伽利略一样，他坚信地球和其他行星都环绕太阳运转。他只是在等待时机，直到教会也得出同样的结论（直到 1997 年，教皇约翰·保罗二世才向伽利略作出迟至的道歉。）

当时，伽利略致力于制定实验准则，笛卡尔则专注于建立数学-机械哲学体系。与此同时，已经有一个人创立了一门结合并超越了这些尝试的思想与实践科学，为科学发展指明了新的方向。这位先驱就是英国人弗朗西斯·培根。培根是一个天赋出众但充满矛盾的人，虽然生活在伊丽莎白时代的英格兰，但这一时代的光辉正逐渐让位于詹姆斯时代的阴暗。对他而言，这为他提供了一个既辉煌又危险的舞台，在这个舞台上，他任性地演绎着自己的命运。（培根才华横溢，以至于一些人认为莎士比亚名下的戏剧作品实为培根所作，因为相比之下莎士比亚的受教育程度相对有限。几个世纪以来，这一理论说服了像弗洛伊德和迪斯雷利这样的思想家。）

弗朗西斯·培根出生于 1561 年，他的父亲尼古拉斯·培根爵士当时担任掌玺大臣，相当于今天的内阁官职。尼古拉斯爵士出身平凡，是一位有能力、有原则的人，在伊丽莎白

时代的精英社会中步步高升。虽然弗朗西斯似乎只想追随父亲的仕途却不愿效仿其品行，但他始终深深敬佩父亲。他的母亲是一位虔诚的清教徒，性格强势且爱管教，时刻关注儿子的道德举止（这确实是有充分理由的）。培根身上的矛盾特质从一开始就存在，只是并不明显。作为一位才华横溢的学者，他 15 岁时离开了剑桥大学，声称厌恶当时盛行的“毫无成果的”亚里士多德主义。英国第一位伟大的画家、精于微型肖像画的尼古拉斯·希利亚德为这一时期的培根绘制了一幅肖像。画中的青年头发凌乱，神情中带着几分难以捉摸的傲慢，戴着伊丽莎白时代特有的褶领。希利亚德本人就是一位既机智又略带傲气的人，似乎与这位天资聪颖的年轻模特产生了共鸣。他在这幅椭圆形肖像的周围用拉丁语题写道：“若我能描绘他的思想该多好。”

培根踏入伊丽莎白时代的政坛时，怀揣着与其才华相称的远大抱负。然而，由于父亲去世时未留遗嘱，他陷入了经济困境，这给他的抱负带来了沉重打击。培根天性奢侈，一生都被资金匮乏所困扰，最终导致了灾难性的后果。在这种境遇下，抱负很快转变成了野心。

伊丽莎白时代是英格兰历史上第一个真正意义上的黄金时期。此前的英格兰仅是欧洲边缘的一个相对封闭的国家，在国际事务中的主要作用大体上只是给法国制造些麻烦。伊

丽莎白的父亲亨利八世，因教皇拒绝批准他与第一任妻子（他共有六任妻子）离婚，便任性地与天主教主导的罗马教廷断绝关系，宣布自己为英国新教教会的领袖。大约 25 年后，年轻的伊丽莎白继承王位。她才智过人，精通五种语言，拥有冷艳的美貌，却又具有“赢得民心的独特魅力”，开创了一个民族自信的新时代。文艺复兴虽早已传入英格兰，但在伊丽莎白统治期间才真正绽放异彩。这种复兴具有独特的英格兰特色，融合了人文主义和中世纪元素，在莎士比亚的《麦克白》中得到充分体现——既有马基雅维利式的权谋，又有中世纪的巫术元素。在伊丽莎白统治期间，英国在文化、社会和经济领域都达到前所未有的繁荣。以罗利和德雷克为代表的强大皇家海军开始开拓海外帝国；克里斯托弗·马洛和本·琼森等杰出剧作家才华横溢，只是在莎士比亚的光芒下稍显逊色。在这一切的中心，是这位“童贞女王”富丽堂皇的宫廷。她对待政治顾问时展现出高超的智慧，而对待宠臣时则表现出善变多疑的性格，而这些政治顾问与宠臣往往是同一批人。

当弗朗西斯·培根成为政治舞台上的重要人物时，英格兰虽然刚从一支代表天主教西班牙力量的舰队中幸存下来，但这个国家此时却被不满的抱怨所困扰。三十年前登上王位的那位引人注目的红发女王，如今已变成一位虚荣且日渐衰

老的未婚女子，头发染了色，脸上厚厚地抹着白粉，显得苍白如纸，奢华的礼服上缀满珍珠。她的宫廷充满了阴谋诡计，年轻的宠臣们也越來越不值得信任。

在这样一个世界里，荣誉和尊严几乎没有容身之处，培根很快就学会了摒弃这两者。他研读了马基雅维利的《君主论》，被这位意大利人打着政治哲学旗号的无原则机会主义深深吸引。在不慎得罪伊丽莎白后，培根转而讨好她当时的宠臣埃塞克斯伯爵。幸运的是，当心怀不满、头脑发热的埃塞克斯率众反叛伊丽莎白时，他并未参与其中。培根对埃塞克斯的叛国行为感到由衷震惊，当他起草司法报告将这位昔日好友送上断头台时，丝毫没有觉得这与自己的立场有何冲突。

1603年，培根凭借过人胆识和不拘泥于道德的手段，成功斡旋了伊丽莎白女王向詹姆斯一世的权力交接。培根对新国王的宠臣乔治·维利尔斯爵士（后来的白金汉公爵）极尽谄媚之能事，连那些同样热衷权势的宫廷同僚都觉得恶心。正如培根自己冷淡地说的那样：“人须通过屈辱才能获得尊荣。”他很快就在政治任命中获得了高层职位，并有望担任要职。到1618年，他甚至超过了他的父亲，当上了大法官，这是英国最高的法定职位。现在他有钱可以放纵自己奢侈的幻想了，但这种挥霍的生活还是使他入不敷出。他在伦敦以北

20 英里的圣奥尔本斯的乡间别墅成了人们的笑柄。据他的朋友、当时的传记作者约翰·奥布里说：“当大人在戈汉伯里的府邸时，圣奥尔本斯俨然变成了王室行宫，他的生活何等奢华。仆人们都穿着印有他家徽（野猪图案）的制服……没有哪个仆人敢不穿西班牙皮靴就出现在他面前。”

培根曾说：“世界是为人而造的，而非人为世界而造。”在那个时代，阿谀奉承之风盛行，给予和索取都极为慷慨。然而在这种谄媚和虚荣的表象之下，培根还有另一个更为隐蔽的自我。正如他的医生威廉·哈维所描述：“他有一双精致灵动的淡褐色眼睛……像是毒蛇的眼睛。”他的母亲自然对他多有责备，既不满他不去教堂做礼拜，更对戈汉伯里庄园里发生的不检点之事深感忧虑。她曾激烈抗议培根与一个“傲慢、褻渎、挥霍无度的家伙”保持“同乘同寝”的亲密关系。在这位清教徒母亲眼中，戈汉伯里庄园俨然成了“贪婪的诱惑者和撒旦爪牙”的聚集之所。毫无疑问，培根是同性恋者。他在 45 岁时娶了艾丽丝——一位富有的市议员之女，长相刻薄，这场婚姻显然是出于金钱考虑。这段婚姻从未完整，以致艾丽丝沦为一个不断寻求婚外情的女人。（培根后来在遗嘱中排除了她，把戈汉伯里庄园留给了自己的首席管家。但这并未对艾丽丝造成任何影响：据好事者奥布里所言，培根去世后不到十天，她便嫁给了这位管家，并最终使

他“因过度沉溺于情欲而又聋又瞎”。) 培根的母亲曾苦苦哀求他放弃这“最可憎却最钟爱的罪行”，但终归徒劳。在伊丽莎白时代，同性恋不仅被视为违背自然，更是违背教化的重罪，可能招致比公开羞辱更为严重的惩罚。然而，在培根崎岖的仕途上，尽管他树敌众多，却从未有人以此相要挟。我们只能推测，这个日后被历史津津乐道的秘密，在当时确实被保守得很好——尽管这似乎难以置信。

许多人难以理解，这样一个人如何能成为一个伟大时代无可争议的重要人物。培根的生活与内在本质(那个有着“毒蛇般眼睛”的人)似乎相互独立，互不干扰。虽然两者确实会产生交集(有时甚至造成灾难性后果)，但他的本质人格与思想核心却始终保持分离。结合他的这一特点和那个时代的特性，使得人们即便面对培根最不得体的行为，也很难做出评判。在当时的英国，没有人能像他一样天赋异禀。若是在另一个时代，他或许能凭真才实学当上大法官。但在当时的环境下，要达到这一高位似乎也别无他法。当终于“功成名就”后，他推行了一系列重大改革，加快了陈旧腐败的法律体系的革新，同时抽出时间专注写作。我们将看到，正是在他身居高位期间，创作了许多至今仍被传颂的哲学著作。这位文艺复兴时代的杰出人物充分施展了他的才能。然而，身处英国文艺复兴时期，他仍保留着一些怪异的中世纪习性——

—比如接受自己诉讼当事人的贿赂。作为大法官，培根是全英最高级别的法官，同时也是最高级别的公务员。当国王北上访问故乡苏格兰时，培根被任命为摄政王，在那段时期实际上成了英格兰的统治者。

掌权者也有倒下的一天。1621年，培根被指控受贿。他的辩护既体现了他未曾腐化的内在尊严，也表现出他的狡猾和缺乏原则。他坦率地承认自己收受了贿赂——甚至承认有时会在一个案件中接受双方的贿赂。然而，他坚称自己从未让这些影响到他的司法判断，他的裁决始终超脱于金钱利益之外。当局和国王都不为所动。培根被剥夺了职务，关进了伦敦塔。同时，他被禁止再担任任何公职，并被处以4万英镑的罚款（这笔巨款足以购买四处相当大的乡间庄园）。不过仅仅两天后，国王就下令将他从伦敦塔释放，并免除了罚款。这表明国王认可了培根的卓越品质和他任职期间的贡献，也意识到他实际上是被他的政敌陷害的。

培根不光彩地退隐到戈汉伯里庄园，在那里他把自己的才能投入到知识的追求中。此时他已经60岁，只剩下5年寿命。他在这一时期创作的作品表明，他在政治上的所有努力，甚至他最终取得的成功，实际上只是分散了他非凡才智的注意力。对于这位时代顶尖智者而言，这无疑既是一种缺憾，也是对其天赋的浪费。

甚至在他失势之前，培根就已经创作出了最高水准的散文、诗歌、哲学和历史著作。事实上，他的主要科学哲学著作《新工具》就是在担任大法官期间完成的。该书名直接指向亚里士多德的《工具论》——这是一部阐述如何通过逻辑推理获得知识的经典著作。培根的目标至少是建立一种全新的知识获取方法。它将取代沿用了两千年的亚里士多德方法，并首次为科学知识的发展奠定坚实的基础。

以前，科学以两种方法为特征。“那些研究科学的人要么是实验派，要么是教条派。做实验的人就像蚂蚁，他们只收集和使用；推理者就像蜘蛛，用自己的丝织成蛛网。但蜜蜂走的是中间路线，它从花园和田野的花朵中采集材料，又用自己的力量加以转化和消化。”具体来说，第一种方法是“经验主义者”所采用的，他们只是把不相关的事实拼凑在一起（在培根看来，炼金术就属于这一类）。第二种方法即亚里士多德的方法，虽然更为系统化，但同样是错误的。亚里士多德学派依赖于演绎逻辑，即从特定前提必然推导出结论。例如，给出这两个命题：

**所有的行星都围绕太阳运行。**

**地球是行星。**

根据演绎逻辑，必然得出这样的结论：

## 地球绕太阳公转。

在这里，推理是从一般陈述转向具体事例。然而，培根认为科学知识只能向相反的方向发展——从具体实例归纳出普遍原理。具体实例通过实验加以验证，由此形成一般性理论。例如：在真空中观察时，不同重量的物体总是以完全相同的速度下落。由此我们可以推断出，真空中所有的物体都以相同的速度下落。此前，亚里士多德认为较重的物体比较轻的物体下落得快，这个看似合理的推测被人们接受了两千多年。直到伽利略进行了他著名的实验，从比萨斜塔上扔下不同重量的物体，这一观点才被证明是错误的。（不过，要完全证明伽利略的推测，还需要在真空中进行这类实验。）

培根坚持认为，科学只能通过归纳逻辑来建立知识体系。他把这种方法描述为：通过观察大量具体实例来推导出普遍原理。例如，在观察了每天早晨太阳升起的情况后，我们归纳出太阳每天早晨都会升起。但即使在这里，也必须谨慎行事。正如亚里士多德曾指出演绎逻辑中存在谬误一样，培根也发现归纳逻辑同样可能陷入“错误观念”和“偏见”的陷阱。这些被他称为“心灵的假相”的东西，可以分为四个不同的类别。

“种族的假相的基础在人性本身……人类的理解就像一面扭曲的镜子，它无序地接收光线，把自己的本性与事物的本性混合在一起，从而扭曲和玷污了事物的本性。”例如，人们普遍倾向于过度简单化。我们总是假设事物的秩序比实际情况更有序。同样，引人注目或耸人听闻的事件虽然很可能不具有代表性，但往往比常规事件更能影响我们的判断。（与普遍观念相反，绝大多数毒蛇实际上都是性情怯懦的生物。）

“洞穴的假相就是个人的假相。”指的是由个人特定的成长环境、教育背景和生活经历所形成的偏见和认知特点。例如，在评价事物时，一个人可能注重其相似之处，另一个人则注重其差异；一个人注重细节，另一个人则注重整体。我们每个人“都有一个自己的洞穴或巢穴，它折射并歪曲了自然之光”。

市场的假相源于我们与他人的互动，其中“不当和不合适的词语选择会极大地阻碍理解”。这些错误源于我们对语言的使用，但不仅仅是因为我们误用语言，有时甚至是语言本身造成的。“语言本身会强行支配我们的理解力，导致一切陷入混乱，把人们引向无数空洞的争论和无谓的幻想。”这种对语言本身如何误导人类的洞察，在当时超前了3个世纪——一直到维特根斯坦出现，哲学界才真正开始探讨这个问题。举一个同时代的例子就足够了：就在培根写下这些话的同一

年，笛卡尔正坐在火炉前，怀疑整个世界的存在及自身的存在。他发现唯一不能怀疑的是“我思故我在”。事实上，他真正不能怀疑的只是思考这个过程本身——而“我”与这个过程的关系，其实是他所使用的语言结构强加给他的。

培根的第四个错误概念被称为“剧场的假相”。这些假相包括“各种哲学教条”。他宣称：“所有被接受的体系不过都是戏剧表演，呈现的是它们自己创造的世界。”这些假相还包括了“许多因传统、轻信和疏忽而被普遍接受的科学原理和公理”。这明显是对亚里士多德科学中那些不容置疑的公理的批判。“被接受”的知识与科学精神相对立，因为科学是通过发现不断进步的。这个重要洞见的出现并非偶然，恰逢其他知识领域空前扩展的时代。当时，文艺复兴和印刷术的普及培养了一批新兴的城市知识分子（在伦敦，正是这些人能欣赏莎士比亚作品中的机智和典故）。同时，随着欧洲开启了前所未有的地理大发现时代，人类的视野也在扩展。1522年，麦哲伦的探险队完成了首次环球航行。到培根写作《新工具》时，欧洲探险家已经绘制出美洲、非洲和印度80%的可航行海岸线，发现了澳大利亚，全球仅剩南极洲尚未被发现。虽然科学探索的奇迹性扩张还在未来，但培根已经在为这次航行铺设航标。这正是当时欧洲各地的科学家们以零散而实践的方式所追求的科学哲学。科学知识是积累性的，其本质是

进步的，而不是保守的。

然而培根深知，演绎推理只有在正确应用的情况下才能发挥作用。仅仅从少数案例中做出过早的概括是不可取的。每一个概括都必须有相关的观察作为依据。只有这样，它才能被接受，从而使科学通过“逐渐上升”达到越来越具有普遍性的概括。然而归纳法始终依赖于“否定性实例的强大力量”。一个特定的反例就足以推翻任何概括。在科学上，个别比一般更有力。这一点至关重要。

培根的归纳法固然很好，但在实践中，实验者通常先形成理论，然后再通过实验加以检验。预感、直觉和灵光乍现，这些往往才是真正的起点。多年来，学者们一直对培根如何会忽略这一简单细节感到困惑。直到最近，人们才清楚地认识到，尽管培根一再强调实验的重要性，但他本人并非伟大的实验家。他确实做过实验，但现在人们已经知道，他所描述的许多实验都是从其他来源“借鉴”而来的——尽管他炉火纯青的文学功底和极具洞察力的见解常常掩盖了这一事实。然而，培根对“实验主义”的理解仍是无与伦比的。以他对炼金术的评论为例：培根认识到，对物质（也就是我们今天所称的化学）的研究在本质上是一种实践性的探索，而在他那个时代，对这个领域真正有所了解的只有炼金术士。因此，如果要以一种理性的方式研究炼金术，并将其转化为

一门科学，就必须以炼金术士的技术和发现为基础，而不能简单地用其他学科的原则和法则来规范它。这是化学前进的正确方向。

尽管培根对实验主义有着深刻的理解，但令人惊讶的是他仍然与周围正在取得的实验进展脱节。当时英国有几位一流的实验学家在工作，其中包括内科医生和物理学家威廉·吉尔伯特（William Gilbert）。继伽利略在比萨斜塔的演示之后，吉尔伯特再次展示了实验是如何推翻权威的。当时人们普遍认为大蒜能够破坏磁力，吉尔伯特通过一个简单的实验就驳斥了这种说法——他用碎蒜瓣擦拭磁铁，证明磁铁依然能够吸引钉子。这类实验论证对于推动进步的知识理论战胜保守思想是必不可少的。这一转变之深刻，对我们今天而言几乎难以想象。无论我们称之为范式、思维模式还是认知体系，它都需要彻底革新。以前，科学被看作是一场游戏，像是纸牌接龙，每一步都是根据一套规则进行的。但现在这些规则不再适用。想象一下，要接受一个规则在进行过程中不断演变的“游戏”，会有多么困难。

古希腊人已经发现，用羊毛摩擦过的琥珀能够吸引轻质物体和材料。吉尔伯特是第一个以科学的方式研究这种特性的人，他发现水晶和某些宝石也具有这种特性。吉尔伯特将这种力命名为“电”（electronics，源自希腊语 elektron，

意思是“琥珀”)。吉尔伯特还发现，罗盘的指针不仅能水平旋转，也会垂直倾斜，这使他提出，地球本身就是一个巨大的球形磁体，罗盘指针指向的正是地球的磁极。

多年来，吉尔伯特独自住在伦敦的房子里，把它当作他的实验室。在他去世半个世纪后，这栋房子在伦敦大火中被烧毁，他的许多笔记也随之消失。幸运的是，幸存下来的证据足以证明这位默默无闻的吉尔伯特的地位。在法拉第之前的两个世纪，吉尔伯特就已察觉到电磁力在世界上所扮演的隐秘而重要的作用。虽然哥白尼已经令人信服地证明了行星围绕太阳运行，开普勒也从数学上证明了这些轨道是椭圆的，但没有人真正知道行星是如何被维持在这些轨道上的。正是吉尔伯特提出，某种磁力可能是其中的原因。从今天的角度来看，牛顿半个世纪后提出的划时代的万有引力理论，某种程度上正是对吉尔伯特这一未经验证的简单设想的延伸和发展。为了纪念他的贡献，磁动势的单位曾长期以“吉尔伯特”命名，不过现在已被“安培”所取代。

令人惊讶的是，培根批评并部分忽视了吉尔伯特的实验工作。这也可以理解，吉尔伯特似乎过于急于将其电学实验成果上升为理论，构建出一套科学与形而上学相结合的体系。培根可能认为“电”这种现象本身就带有形而上学色彩，仅是一种特殊现象，对科学发展没有多大意义。虽然培根对吉

尔伯特研究内容的某些理解存在偏差，但他反对这种研究方式的立场可以说是正确的。科学需要摆脱亚里士多德乃至所有形而上学的影响，才能继续前进。只有这样，科学才能最终发展出像万有引力这样具有普遍性的理论，用以全面解释世界，尽管这种理论在普遍性上与形而上学有些相似。

培根还有一个令人震惊的疏漏。威廉·哈维爵士一度是培根的私人医生，但培根竟对他颠覆盖仑和中世纪医学理论的重大发现一无所知。有人认为，哈维直到1628年，即培根去世两年后，才出版了他的《心血运动论》。但事实上，他在这个问题上已经研究了很多年，甚至在出版前十几年就开始公开发表演讲。人们不禁要问，这两位伟大的科学人物在会诊时究竟谈了些什么。值得注意的是，哈维正是通过培根所推崇的观察和实验技术才有了这一发现。盖仑认为血液是来回渗出的，但当哈维结扎动脉时，他注意到靠近心脏的一侧会充血肿胀；而当他结扎静脉时，远离心脏的一侧则会肿胀。由此他得出结论：血液通过静脉回流至心脏，由心脏泵出（而不是像盖仑所主张的那样，通过心壁上细小的不可见孔隙渗透），然后通过动脉流向全身。

但这种遗漏并不全是培根的问题。哈维尊敬培根的智慧和风格，但对他的评价却令人困惑：“他写哲学就像一位大法官。”换句话说，他的科学理论（或自然哲学）不过是些华而

不实的空谈。但哈维本人也颇为特立独行。多年后，在内战期间，他作为查理一世的御医参加了埃奇希尔战役。据说当战斗在周围激烈进行时，哈维只是静静地读着书，等待国王的召唤。

而培根则要浮躁得多。当他自己做实验时，似乎总是笨手笨脚。正是这一点最终导致了他的死亡。1626年3月，当他乘坐马车在雪地中行进时，突然想到一个实验：低温能阻止肉类腐败吗？他立即从马车上跳下来，从村舍门口的一位妇女那里买了一只鸡，然后开始往鸡里填塞积雪。这一举动让他着了凉，很快就发展成肺炎。不到两周时间，他就死了。

哥白尼开启了科学革命，而培根则发起了随之而来的思想革命。他的风格和开阔的思维胸襟为后代提供了灵感，推动了这场革命取得重大成就，留下了许多箴言：“如果一个人以确信开始，他将以怀疑结束；但如果他乐于以怀疑开始，最终必获得确信。”“那些一看见大海就断言没有陆地的人，是糟糕的探索者。”“沉默是愚者的美德。”然而，尽管培根才华横溢，但他树立的榜样本身才产生了最大的影响。在他担任大法官期间，被封为贵族，获得了维鲁拉姆勋爵的头衔。既然连贵族都愿意从事这种充满琐碎实验的新兴科学，那对任何绅士来说自然也是体面的。于是在英国受过教育的阶层中，科学变得可以接受，甚至成为一种时尚。（没错，曾几何

时，势利反而推动了科学的发展！)

培根确信科学终将为人类带来巨大的福祉。17 世纪科学革命的早期阶段，诞生了许多重要的发明，例如望远镜、显微镜和计算器等等。但在很大程度上，这些发明只是促进了科学本身的发展。虽然它们在知识领域带来了巨大的成就，但对整个世界的影响却有限。科学在其早期阶段几乎没有什么影响力。培根关于科学将改善世界的想法远远超前于他所处的时代（差不多过了两个世纪，蒸汽机才推动了工业革命的到来）。与 13 世纪同名的罗杰·培根一样，弗朗西斯·培根对科学效用的预见也惊人地准确。在他死后首次出版的《新亚特兰蒂斯》中，培根详细描绘了他对科学乌托邦的蓝图。“乌托邦”一词在当时仅出现半个世纪，源自托马斯·莫尔爵士的著作《乌托邦》，这个词来自希腊语，意思是“不存在的地方”。莫尔的乌托邦是一个社会、法律和政治的理想国。培根则是首位意识到科学发明将在这个美丽新世界中发挥重要作用的思想家。

在《新亚特兰蒂斯》中，叙述者描述了他的船如何偏离航线，最终在一个未知的海岸上失事。在这里，他发现了新亚特兰蒂斯，那里的科学为居民带来了惊人的好处：有可以在水下航行的机器，也有能飞行的机器；人们已经发现了可以治疗疾病和延长寿命的药物；已经实现了人工照明，也有

通过管道传声系统实现的远距离通话；人们掌握了制造天气的技术，能够预测地震和洪水等自然灾害；通过动物杂交培育出新的物种，用于测试新型药物和化学物质；此外还建起了高耸入云的建筑物。

然而，最耐人寻味的是他对科学社会这一愿景的错误判断。他设想在科学带来的福祉中，人们和睦相处：没有人偷邻居的东西，也没有人对他人使用暴力。性行为只在婚姻范围内发生，社会“没有任何污染”（唉，他在这里说的是道德意义，而不是生态意义）。在这个理想社会中，既没有任何形式的犯罪，也不存在任何不检点的行为。

培根将这个世界说得有模有样。培根的一部分道德观点也可能源自他对女性的个人偏见，这种观点与传统伊斯兰共和国的做法颇为类似。比如他认为在公共场合和家庭庆祝活动中，女性都应该藏在屏风后面，“坐在那里，但不被看见”。人们只能推测，这与培根的同性恋倾向以及他与母亲之间的矛盾有关。然而，这样的态度并不限于这位有专横母亲和喜欢穿“西班牙皮靴”男仆的人。正如科学史学家玛格丽特·沃特海姆（Margaret Wertheim）最近明确指出的那样，这种有害且不必要的厌女倾向在科学界日益普遍。

很难想象，一个对人性的狡诈（无论是从内在还是外在）

有如此深刻理解的人，竟然会相信这些乌托邦式的幻想。但也许这只是一种愿景，即科学正引领我们向道德上有益的方向迈进。毕竟，这是对科学未来的第一个全面构想，并且也不会是最后一个表现出这种天真乐观态度的构想。直到 20 世纪后期，我们才最终摆脱了“科学是促进道德进步的力量”这一信念。即使在今天，社会比以往任何时候都更加依赖科学，我们仍然很难接受科学本身在道德上是中立的。正是人类的行为赋予了科学向善或作恶的力量——既可以利用科学来研发艾滋病疗法，也可能利用科学克隆萨达姆·侯赛因。

然而，《新亚特兰蒂斯》的中心思想完全是一种天马行空的幻想。这个社会由一群无私得令人难以置信的科学家维持着，他们形成了一个类似修道院的秩序，普通民众从他们的才智中受益，而他们自己则获得崇敬和尊重。这些科学家在“所罗门宫”中和谐地生活和工作，在一群格外热心的实验室助手的协助下，他们都致力于发现新的科学成果以造福社会。具有讽刺意味的是，在培根那难以实现的乌托邦理想中，正是这一过于美好、不切实际的核心内容产生了最为深远的影响。这个“所罗门宫”成为英国皇家学会创始人的灵感来源，在随后的一个世纪里牛顿将担任主席，英国皇家学会也将发展成为欧洲领先的科学机构。

## 第七章、重生的科学

科学正在澄清它的自我形象，即使在化学这一当时尚不明朗的领域，这一过程的影响也很快显现出来。

佛兰德医生扬·巴普蒂斯塔·范·海尔蒙特（Jan Baptista van Helmont）出生于 1577 年。在取得医学学位并游历欧洲之后，他退居到布鲁塞尔北部维尔福德的庄园。在这里，他过着相对孤独的生活，专注于科学研究，同时始终保持着虔诚的神秘主义信仰，坚信所有的知识都是上帝的恩赐。他称自己为“烈火哲学家”。

虽然受到神秘主义思想的指导，但范·海尔蒙特在很大程度上不允许这些思想干扰他进行实验的科学方法。这种将宗教与科学研究分开的趋势日益普遍，在伽利略、笛卡尔和

培根的著作中都能看到。他们都描述了一个运行于机械法则之下、几乎不需要上帝介入的科学和哲学世界。尽管如此，他们三人仍然是信徒。正如培根所说：“人的知识就像水，有的从天而降，有的自地下涌出；一个受自然启发，另一个则来自神圣启示。”他们的科学经常与官方宗教发生冲突，但他们始终确信科学才是正确的。他们的态度与早期穆斯林哲学家相似，认为宗教最终会学会包容他们的发现。自然法则和数学是上帝思维运作的方式：对它们了解得越多，对上帝也就了解得越多。

神秘莫测的范·海尔蒙特坚持这一传统，但他偶尔也会偏离科学轨道。这并不奇怪，因为他的主要灵感来自帕拉塞尔苏斯。范·海尔蒙特痴迷于其导师神秘主义的一面，声称自己曾获得“点金石”，甚至成功地用它进行了物质转化。这种杜撰之辞与他严谨务实的科学活动难以调和，而他的科学研究一向以精确和严谨的结论著称。也许他认为这能增加其地位的神秘性。

范·海尔蒙特最著名的实验是对两个世纪前库萨的尼古拉所做实验的改进。他将 200 磅干土放入一个大的陶制容器中，然后浇水并种入了一根精确重量为 5 磅的柳树枝。为防止灰尘积聚，容器被盖住，并且每天仅使用蒸馏水浇灌。这种对精确测量、清洁条件和原料纯度的强调，无疑受到了帕

拉塞尔苏斯炼金术实践的影响（这无意中印证了培根的观点：化学只有借鉴炼金术才能取得进步）。经过 5 年的浇灌，柳树长成了一棵相当大的树，范·海尔蒙特随后将其挖出并称重，发现树重 169 磅 30 盎司。接着，他将剩余的土壤晒干并称重，发现仅损失了 2 盎司。由于当时生物生长的机制尚不为人所知，范·海尔蒙特得出了一个看似合理的结论：这棵树及其茂盛的叶子完全由水构成，水只是被树转化成了它自身的物质。因此，范·海尔蒙特放弃了帕拉塞尔苏斯的三元素（汞、硫和盐）理论，拒绝了亚里士多德的四元素理论，回归到最早的元素理论。他相信，柳树实验最终证明了一切都是由水构成的，这是泰勒斯在两千多年前就得出的结论。范·海尔蒙特的实验被广泛认为是首次将测量方法应用于涉及化学和生物学的实验，标志着生物化学的开端。

说来也怪，范·海尔蒙特从这个实验中得出的错误结论导致了化学上最重要的发展之一。范·海尔蒙特很快判定，虽然水是唯一的元素，但在水的转化过程中，空气必须发挥重要作用。这促使他开始对空气及其性质进行研究。空气到底是什么？在此之前，没有人以彻底科学的方式研究过这个问题。这样一种虚无缥缈的物质怎么可能被研究呢？空气就是空气，仅此而已。当炼金术士们俯身在冒着难闻气泡的坩埚前时，已经意识到了其他的“空气”，并且还注意到某些物

质，如香水和各种油，会产生“蒸气”。（任何住在有露天下水道的街道上的中世纪市民都非常清楚这一点，由此可以看出科学和常识的前进很少同步。）炼金术士们认识到这些蒸气与空气不同，经常称它们为“精气”（spirits）。这个名字带有明显的玄学意味，很快就与容易挥发的液体联系在一起。随着使用习惯的演变，这一称呼逐渐局限于实验室中最常用的一种易挥发液体——酒精。这就是西方使用“spirits”这个词来指代蒸馏酒精饮料的起源。

范·海尔蒙特意识到这种关于“空气”“蒸气”和“精气”的炼金术知识虽然有些混乱，但具有重要意义。他发现存在多种不同的气态物质，于是进行了一项实验：

燃烧 62 磅木炭。这个过程中释放出的气体虽然在物理外观上与空气相似，但性质却截然不同。例如，当这种气体被收集在罐子里时，蜡烛无法在其中燃烧。燃烧木炭后，范·海尔蒙特只剩下 1 磅的灰烬。他推断原本的木炭中含有 61 磅这种类气体物质，他将其命名为“木精”——这就是我们现在所知的二氧化碳。

范·海尔蒙特发现，“木精”与葡萄酒和啤酒发酵、酒精燃烧以及其他几个过程中产生的气态物质具有相同的性质。他因此推断，所有这些气体都是同一种物质。进一步的实验

使他认识到，存在着多种多样的气态物质，每一种都具有不同的性质：有些可燃，有些具有特有的刺鼻气味，有些则能被液体吸收。然而，由于当时缺乏合适的气密装置来收集和 研究这些物质，范·海尔蒙特无法对这些明显不同的气态物质进行深入研究。他对这些物质的本质仍然无法确定，最终得出了一个错误的结论，但这个结论后来被证明对化学发展有着极为重要的贡献。

范·海尔蒙特认为，这些没有形状、颜色，有时甚至没有气味的蒸气，实际上是一种前物质形态。它们是一种无形的物质，而常见物质正是由它们构成的。根据古希腊神话，宇宙（也即“秩序”）最初是由一种不成形、无序的物质“混沌”创造出来的，所以范·海尔蒙特决定把这些蒸气或类似空气的物质称为“混沌”。在佛兰芒语中，这个词的第一个辅音要用喉音重读，这就是“gas”（气体）一词的起源。

有关物质本质的各种要素现在开始浮现出来。起初有液体和固体，现在又发现了气体。范·海尔蒙特通过实验发现了物质分类的另一个重要维度。他坚持实验的精确性，特别重视使用天平来测量物质重量的变化。他发现某些金属可以溶解在各种强水（酸）中，形成具有特定颜色或味道的溶液（当时称为“有味液体”）。更重要的是，他发现可以从这些溶液中回收出与原来完全相同重量的金属。这使范·海尔蒙

特认识到了物质的一个基本性质：尽管物质在实验过程中会发生形态转变，但它不会消失。

范·海尔蒙特在生物化学方面开创性的工作也促使他探讨人类的消化过程。他得出结论，胃里的“饥饿之酸”会与食物发生反应，消化是一个发酵的过程，并产生与酒精发酵和木材燃烧相同的气体。范·海尔蒙特此时已接近一项重大发现，但这一发现要等到几年后才由他的学生弗朗西斯·西尔维厄斯（Franciscus Sylvius）完成。西尔维厄斯于 1658 年成为莱顿大学的医学教授，当时莱顿大学已是欧洲顶尖的大学之一。

17 世纪，新独立的荷兰成为宗教宽容和思想自由的避风港。推动社会发展的力量是不断壮大的新教中产阶级，他们更热衷于商业活动，而非对天主教徒发动破坏性战争。这里与古希腊和文艺复兴时期意大利的城邦相似，都显示出某种形式的民主与知识发展之间存在着联系。正是在荷兰（以及一定程度上的英国），思想文化复兴取得了首批重大成就。哲学家笛卡尔和斯宾诺莎在此安居，英国哲学家霍布斯和洛克在此出版著作；百科全书编纂家贝勒也在此避难，远离路易十四统治下压迫性的法国。荷兰本土学者同样为这场在其国境内蓬勃发展的国际智识革命作出了贡献。荷兰科学家惠更斯成为牛顿在光学领域唯一堪称对手科学家，而西尔维厄

斯则将范·海尔蒙特开创的丰富化学思想发扬光大并结出硕果。

西尔维厄斯将消化视为一种“自然”的化学过程，涉及酸性唾液、碱性胆汁和当时新发现的胰液。与“有味液体”的情况类似，味觉仍然是重要的实验室辅助手段。

而根据反应和味道判断，胰液呈酸性。消化过程被视为一场化学对抗：人体产生的酸和碱分解摄入的食物，并与其中的碱和酸发生反应，这些相反的力量最终相互中和。我们熟悉的这个过程会产生气体，反应产生的热量会使血液升温。西尔维厄斯发现，当酸性的醋倒在碱性的石灰上时也会发生类似的“发酵”：产生气体，两者最终相互中和。通过仔细观察这些反应并得出结论，西尔维厄斯拓展了化学认知的边界。他认识到许多天然存在的盐是酸和碱反应的产物，这些复合物质与不能被进一步分解的化学物质有着本质区别。实验主义再次开始摸索一个根本性的区别，即我们今天所理解的元素单质与化合物的区别。

后来，西尔维厄斯的研究被他的学生、默默无闻的德国药剂师塔奇尼乌斯（Tachenius）推进了一步。塔奇尼乌斯于1670年左右在威尼斯去世，他的生平可能很有趣，但我们对他的了解仅限于敌人们记录的一些平淡无奇的细节。塔奇尼

乌斯确信他的导师西尔维厄斯在酸碱研究中忽略了一个关键点。他认为这正是问题的核心所在！塔奇尼乌斯坚信酸和碱是包含所有化学反应的两个基本要素。事实上，他倾向于相信这就是两个最基本的元素。这种区分虽然不像塔奇尼乌斯所说的那么根本，但仍具有重要意义。不幸的是，当时很难将这一理论用作分析工具，主要是因为对什么是酸和碱还没有真正的定义。酸的定义仅仅取决于它是否与碱发生反应并产生气泡，反之亦然，这完全是一个循环定义。

尽管他野心勃勃的德国学生试图窃取他的研究成果，西尔维厄斯继续在莱顿大学执教，并完成了高水平的实验和理论工作。然而，他的命运却因为一次富有创意的江湖医术而名垂青史：他声称发明了一种治疗各类肾病的万能药。这种药其实就是用杜松子调味的谷物蒸馏酒——在荷兰语中被称为 genever。我们如今熟知的“gin”（杜松子酒）就是这个词的简化版。

酸碱的区分是实用化学科学的关键。但西尔维厄斯还认识到一个更深层次的区分，这将对理论化学乃至整个自然哲学产生深远影响。笛卡尔曾将人体视为一种机械装置，现在西尔维厄斯清楚地认识到，人体同样可以被视为一种化学装置。由于范·海尔蒙特、西尔维厄斯和塔奇尼乌斯的研究工作，化学开始作为一门独立的科学崭露头角。

甚至在范·海尔蒙特去世之前，科学家们就已经开始研究空气了。早在 1643 年，意大利物理学家埃万杰利斯塔·托里拆利就进行了一项关键实验。简单地说，他取来一根长玻璃试管，将其装满水银，用拇指堵住开口端后，将试管倒置于一个同样装满水银的容器里。他发现试管中的水银液面下降到一定高度，该高度总是比容器中暴露在空气中的水银液面高出约 76 厘米。托里拆利由此推断，一定是外部空气的重量迫使管内的水银上升到高于管外水银的位置。托里拆利发现了气压。在接下来的几天里，托里拆利注意到试管内水银的高度偶尔会发生微小的变化。他由此发明了世界上第一个用于测量气压的仪器——气压计。这一消息很快传到了著名的法国数学家、宗教狂热者和疑病症患者布莱斯·帕斯卡的耳中，他立刻领会了托里拆利这项发现的意义。他提议在法国中部海拔约 1500 米的多姆山顶重复托里拆利的实验，但是由于担心山区空气会影响自己的身体状况，帕斯卡并未亲自参与实验，而是由他任劳任怨的姐夫佩里埃代为完成。佩里埃发现，在这个高度，试管中的水银柱比在海平面时要小得多，这证明了气压随海拔升高而降低。换句话说，海拔越高，空气的压力就越小。因此，在第一枚火箭发射进入太空的 3 个世纪前，人们就已经知道地球大气层的厚度是有限的。可以说，托里拆利的实验促成了人类发现太空本身。

现在已经清楚，气体与固体或液体本质上是相同的。和它们一样，气体也有重量，只是更加分散（或密度更低）。气体也是物质的一种形式。

新发现的气压将以令人惊叹的方式得到证明。德国工程师和发明家奥托·冯·格里克于1627年与他年轻的妻子和家人定居在马德堡。4年后，当这座新教城市遭到神圣罗马帝国天主教军队的蹂躏并被夷为平地时，他被迫逃离。三十年战争结束时，格里克返回并运用他的工程技能监督马德堡的重建，后来担任该市市长超过四分之一世纪。格里克开创了一种新型的科学家形象：科学表演家。（这种类型的科学家至今仍然存在，我高中最后一年时就遇到过一位：他以壮观的氢氧爆炸演示而闻名全校，每次表演都会触发所有警报，招来消防队。）

格里克是一位极具天赋的实验家，拥有敏锐的直觉和创造力，还具备令马戏团大师都羡慕的魅力表演才能。但格里克的“表演”实际上展示了严肃的科学观点。也许可以理解的是，在当时已沦为废墟的德国，真空的本质成了一个重要的哲学议题。真空是否可能存在？根据亚里士多德的说法，这是不可能的，后来的哲学家们把这一点奉为“权威”，由此产生了“大自然厌恶真空”的说法。格里克决定通过实验来解决这个问题。1650年，他发明了一种气泵，由活塞和带有

单向阀瓣的气缸组成。它将空气从容器中抽出，与现代自行车打气筒将空气注入轮胎的方式相反。这台机器由当地铁匠操作，后来随着实验越发困难，还需要助手帮忙。格里克用他的新发明从一个铁容器中抽出空气。然后巧妙地运用亚里士多德的论证来证明容器中确实存在真空：根据亚里士多德的说法，如果存在真空，那么声音就无法在其中传播。格里克证明了他的容器里的铃声确实无法被听到。后来，他还证明了蜡烛不能在真空中燃烧，而狗在真空中也会死亡。（不过人们花了好些年才真正理解了罗孚成为科学牺牲品的原因。）

格里克最著名的表演于 1654 年 5 月 8 日在费迪南三世皇帝面前进行，吸引了来自萨克森各地的大批观众。这一次，他的实验涉及两个巨大的空心铜半球，这两个半球经过精密铸造，使它们的边缘紧密地相互贴合。（这两个半球后来被称为马德堡半球）。皇帝端坐在议会大厦前的高台上，俯视着阳光下广场上聚集的人群。所有人满怀期待地看着格里克给两个半球的边缘涂上润滑油，并小心地将它们组装在一起。随后，铁匠开始用力抽取密封铜球内的空气。过了一会儿，他的助手们也加入进来，因为泵的操作逐渐变得越来越费力。接着，人群惊讶地看到，一队由八匹马组成的马队被牵进广场，拴在铜球的一个半球上，另一队八匹马随后被拴在另一个半球上。在格里克的示意下，两队马朝相反方向奋力拉扯，

试图把两个半球拉开。当这两个力量强大的马队使尽全力时，人群陷入了沉默。无论如何鞭打，马都无法将两个半球分开。这时，格里克向皇帝和群众讲话。他告诉他们，这不是把戏。把两个半球连在一起的是它们周围空气的压力。球体内部的真空意味着没有相反的压力来平衡这种巨大的外部力量，这种力量甚至比十六匹马的力量还要强大。皇帝很惊讶，那些聚集在一起的臣民们更是被震惊得张大了嘴巴，他们开始鼓掌。但格里克举起手，让人群安静了下来。实验还没有结束。马匹被解开缰绳牵走后，格里克摆弄着气泵。人群好奇地探出头来。突然传来一阵嘶嘶声，外面的空气冲进空心的球体，填满了真空。紧接着，在没有任何预兆的情况下，两个铜半球自行分开了。既然真空不存在了，内部压力与外部压力相同，就没有任何力量能将它们保持在一起了。

格里克的实验很快就声名远扬，他在德国各地进行演示。他用马德堡半球所做的壮举传遍了整个欧洲，还被制作成了蚀刻画。当这个故事经过改编传到英吉利海峡对岸的英格兰时，据说由此诞生了著名童谣《蛋头先生》(Humpty Dumpty)：

蛋头先生坐墙头，

蛋头先生摔跟头。

国王兵马都出动，

也没拼好蛋老头。

英国人似乎完全误解了欧洲正在发生的事情，这既不是第一次，也不会是最后一次。

由于范·海尔蒙特、托里拆利和格里克等人的实验工作，逐步揭示了物质的未知属性及其尚未被发现的潜在力量。这不仅激发了公众的想象力，也启发了英格兰及其他地区众多富有好奇心的绅士，他们深受维鲁拉姆勋爵（弗朗西斯·培根）自然哲学思想的影响。当时人们似乎认识到，一门完整的科学就蕴藏在物质本身之中。化学领域已经成熟，正等待一位伟大科学头脑的介入。罗伯特·波义耳恰在此时应运而生。

罗伯特·波义耳被许多人视为现代化学的奠基人，他于1627年出生在爱尔兰西南部一座偏僻的城堡里。他是脾气暴躁的老科克伯爵的第14个孩子，作为爱尔兰大法官，他父亲忙于收购一连串的地产，这些庄园最终连成一片，从爱尔兰海绵延至大西洋。（不久前在英格兰导致培根失去大法官职位的做法，在爱尔兰依然盛行。）

年轻的罗伯特很快就展现出了非凡的才智，8岁时就能

流利地使用拉丁语和希腊语。于是，他和 12 岁的哥哥被送往英国伊顿公学学习。在那里，这位神童不仅身体虚弱、患有神经性口吃，还要忍受这所英格兰最负盛名的公学推行的教育方法——无论年龄、社会地位或智力如何，所有学生都要定期接受严厉的鞭打。这段创伤性经历导致波义耳“忘记”了大部分拉丁语知识，并陷入持续到青少年时期的抑郁和自杀倾向。之后，罗伯特和他的哥哥弗朗西斯在一位家庭教师的陪同下开始了在欧洲大陆的长期游学。14 岁时，波义耳在日内瓦经历了一件改变他一生的事。一天深夜，他被一场猛烈的夏季雷暴惊醒，在他年轻的心灵中，这场暴雨很快演变成末日景象。他在床上瑟瑟发抖，想象着百叶窗外“即将毁灭世界的烈火……以及审判日迫在眉睫的恐惧”。他害怕自己的灵魂无法承受比父亲或伊顿校长更为可怕的神之愤怒。在极度的痛苦中，他发誓：“如果这一夜能平安渡过，他此后的人生将更加虔诚和谨慎。”值得注意的是，波义耳在回忆这段早年经历时始终用第三人称叙述。

他少年时期的誓言听起来似乎很理性，但实际上伴随着一股强烈的宗教热情和典型的贞洁誓言。虽然大多数年轻人的冲动誓言很快就会被遗忘，但波义耳的宗教信仰和贞洁誓言却成了他一生的坚持。

在这一时期，狂热的宗教信仰与原创性的科学思维相结

合的现象并不罕见。而这种执着的信仰也并非天才们为自我保护而做出的矫饰。范·海尔蒙特、帕斯卡、斯宾诺莎和牛顿都认为，他们的宗教思想是他们的主要贡献。这是一种奇怪的反常现象，他们认为，人们不会因为他们的哲学、数学或科学（有史以来最优秀的成果之一）而记住他们，而是因为他们的神学（在很大程度上肯定不是）。同样地，他们似乎都终身未婚。虽然许多人可能认为这种独身行为是一种无害的个人选择，与他人无关，但其影响不容忽视。这种倾向与培根的异性恐惧症一起，在科学界（尤其是英格兰）形成了一种敏感的独身主义、厌女情结和性别双重标准氛围，对知识革命产生了难以估量的影响。女性变得如此令人忌惮，以至于她们被无情地排除在外。一半的人口被完全阻隔在科学发展之外。想想那些本可以避免的过失，那些未能更早出现的突破性理论……我们本可以投入双倍的人力来解决这些问题。

罗伯特·波义耳继续他的大旅行，同时从私人导师那里获得了极好的指导。与他在学校经历的“枯燥拖沓的传统教学方式”相比，导师更注重培养学生的实际能力，这让波义耳十分欣慰。摆脱了课程大纲和拼写规则的束缚，波义耳得以按照自己的兴趣安排阅读。他再次展现出过人天赋，这一次是在科学领域。在意大利期间，他得以在伽利略逝世后几

个月就研读其著作。年少的波义耳就已认识到实验的根本重要性。他还阅读了笛卡尔的著作，吸收了其机械论世界观。如果波义耳在当时欧洲的任何一所大学就读，他很可能就接触不到这些思想了，因为即便在那个年代后期，亚里士多德主义仍然主导着学术界。正统学院派教育的缺失，反而成就了波义耳。但即使是一个独身的年轻学究也需要一些消遣。到达马赛时，他虽然错过了海豚活跃时期最受欢迎的珊瑚礁观光航线，但他“有幸目睹了国王的战船舰队扬帆起航，约有 2000 名可怜的奴隶在船桨旁奋力划桨”。

波义耳回到英国时，发现国家已陷入议会派和保皇派之间的冲突。当时正在崛起的中产阶级力求为议会争取更多民主权力，他们反对信奉“君权神授”、主张国王可以随心所欲地统治的君主制。这场内战最终导致查理一世在 1649 年被处决，并建立了英联邦，这是欧洲第一次成功的革命。波义耳的家族成员大多支持保皇派，但他最喜爱的妹妹凯瑟琳却是一位坚定的议会派支持者。波义耳本人则尽力避开战乱，在多塞特郡的乡村定居下来。

此时，波义耳已是一位身材高挑、略显虚弱的年轻人，视力欠佳，瘦长的面容被当时流行的齐肩卷发假发所衬托。在多塞特，波义耳开始了他的首次系统化学实验，同时也创作了多篇散文，其中一篇据说启发了乔纳森·斯威夫特创作

《格列佛游记》。他偶尔需要前往爱尔兰处理从父亲那里继承的庄园事务，但在这些行程中不得不中断化学实验，因为当时的爱尔兰根本没有化学仪器。1656年，29岁的波义耳迁居牛津。这座城市在内战期间曾是保皇党的重要据点，吸引了许多从议会派控制的伦敦逃来的重要人物。其中包括一批对新实验主义感兴趣的学者，由于培根的著作，这种新实验主义在当时颇为流行。这些学者与其他自然哲学家经常非正式地聚会，讨论最新的科学进展。波义耳很快加入了这个群体，在这里他们互相鼓励、交流信息，这个群体后来被称为“无形学院”。1662年，也就是查理二世复辟两年后，这个以保皇党学者为主的团体获得了皇家特许状，正式成为英国皇家学会。学会选择了“勿信言辞”（Nullius in verba，指不盲从权威）作为座右铭，鲜明地表达了其反对亚里士多德学说的立场，将信念寄托于科学方法，推崇实验主义。

在牛津，波义耳住在高街的一所房子里，并在那里建立了一个实验室。为了协助他的实验工作，他雇了一个名叫罗伯特·胡克的年轻牛津本科生，这位年轻人性格敏感，家境贫寒，脸上还长着麻子。尽管两人背景迥异，但是这位29岁的贵族和那位难相处的21岁牧师之子很快就建立起深厚的工作关系，这种关系持续了一生。这是波义耳第一次遇到在智力上与他旗鼓相当的人。

胡克后来成为一名杰出的物理学家，只是在牛顿的阴影下黯然失色，这种情况让胡克非常懊恼。在牛顿发表他划时代的万有引力理论的几年前，胡克曾致信牛顿，提出了他自己的引力理论构想。不过这一理论后来被证明是有缺陷的，而且缺乏真正的数学论证。在另一个领域，胡克通过显微镜对生物体的开创性研究，使他创造了“细胞”这一重要术语。

波义耳听闻格里克的马德堡半球公开实验后，在胡克的协助下着手设计了一个性能更佳的气泵，并将它连接到一个真空瓶上。利用这个装置，波义耳证实了伽利略的预言：在真空中，任何两个物体都会以完全相同的速度下落。在没有任何空气阻力的情况下，一根羽毛与一块铅的下落速度相同，这一发现驳斥了亚里士多德的论断。波义耳和胡克也验证了格里克的发现，即声音无法在真空中传播。此外他们还有两个令人惊讶的发现：电流可以在真空中传导，并且昆虫在真空中不会死亡，但其他动物则会死亡。这些无空气条件下的实验引发了波义耳对空气本身性质的思考。通过对老鼠和鸟类的实验，他得出结论，动物通过肺部吸入空气然后呼出，以此清除体内的杂质。波义耳以系统性的方式进行实验，旨在探索并穷尽所有可能性。使他最终证明空气并非亚里士多德学派所认为的那种遍布世界的神秘基本元素，而是一种具有特定性质的物质。例如，它能使铁生锈，使铜质穹顶变绿，

并且在被压缩时，似乎具有弹性。波义耳由此得出结论，空气类似于一种弹性流体，其中飘浮着具有反应活性的粒子。



罗伯特·波义耳

范·海尔蒙特和其他人已经注意到存在不同的气体（如“木精”），但波义耳是第一个将这些气体单独收集起来并作为独立于空气的物质进行研究的科学家。他注意到这些气体

都具有弹性。当时，胡克正在进行他著名的金属弹簧实验，这些实验后来促成了关于物体弹性的胡克定律。这促使波义耳将气体的这种弹性称为“空气弹簧”，并设计了一个实验来测量这种效应。

波义耳取来一根 J 形玻璃管，其下端密封。他用水银将一些空气困在密封端。随后他发现，当管中水银的重量增加一倍时，被困空气的体积就会减半；当压力增至三倍时，体积则减少到三分之一；但如果通过移除一半水银将压力减半，空气的体积会增加一倍。由此他归纳出波义耳定律，即气体的体积与其压强成反比。波义耳现在意识到，既然气体可以被压缩，那么它必定是由在真空中运动的独立粒子组成。压力增加只是使粒子更紧密地挤在一起。

15 年后，法国科学家兼神父埃德姆·马略特也独立发现了波义耳定律，但他补充了一个重要条件：气体的温度必须始终保持恒定。如果气体被加热，它会自行膨胀；冷却时则会收缩。波义耳几乎肯定意识到了这一点，但他反常地粗心大意，在实验报告中没有提及这一现象。这是一个有益的教训：正因如此，波义耳定律在整个欧洲被称为马略特定律。

事实上，现在已知在波义耳和马略特之前，最后一位伟大的古希腊科学家——亚历山大港的希罗（Hero of

Alexandria，活跃于公元 1 世纪前后）就已经有相关发现。与亚里士多德关于四元素无所不在的观点相反，希罗证明了空气实际上是一种独立的物质。他通过实验展示：倒置一个装满空气的玻璃杯时，只有当空气逸出后水才能上升进入杯中。他还注意到空气是可压缩的，并由此推断空气一定是由被空间分隔的单个粒子组成的，正如 1500 年后的波义耳所做的那样。希罗还意识到，当蒸汽被加热时，其组成的粒子会运动得更加剧烈。换句话说，当蒸汽被加热时，其压力会增加。这就是蒸汽机的原理。希罗很快意识到了这种动力源的潜力，并制造出了世界上第一台蒸汽机：一个装有水的空心球体，两侧各插入一根弯管，当球内水加热沸腾时，蒸汽从管中喷出，使球体旋转。这一原理至今仍用于草坪旋转洒水器。然而，这台远超时代的机器，如同许多伟大发明一样，被当时的人们视为毫无价值——在奴隶劳动随手可得的情况下，开发一台能工作的机器究竟有什么意义呢？

波义耳独创性的思维体现在他对这些重新发现的观点的深入发展上。如果空气和其他气体是由空隙分隔的粒子组成，那么液体和固体呢？当水蒸发时，它是以一个个粒子的形式变成气体的。水蒸气的行为与其他气体一样，这意味着它也是由空隙分隔的粒子组成的。如果水在气态时是这样，那么在液态时，甚至在固态成为冰时，似乎也很可能是同样

的情况。既然水是这样，那么所有物质可能都是如此。虽然波义耳的这种推理缺乏实验支持，但这正是他作为一位具有独创思想的科学家的独特创见。波义耳在没有完全意识到自己在做什么的情况下，为原子理论的重新引入奠定了基础。

波义耳的代表作是 1661 年出版的《怀疑的化学家》，这部著作被普遍认为是现代化学的开端。事实上，正是这本书的书名使得“炼金术”（alchemy）中的前缀“al”被广泛弃用，从而形成了“化学”（chemistry）一词。这门新兴的学科即将摆脱其富有东方神秘色彩过去。

大约在这个时候，波义耳还开始采用清晰易懂的方式撰写实验报告，这样其他科学家就可以理解、重复和证实这些实验。这种做法与炼金术的秘而不宣完全相反，并被证明是整个科学的重大进步。通过树立这样的榜样，波义耳对科学的贡献就像古希腊人对数学的贡献一样。如果说数学真理是通过演绎推理得出并经过证明确认，那么科学真理则是通过归纳推理获得并建立了自己的验证体系。这一革新使化学从阴暗密室中的神秘实践，转变为可以在任何实验室开展的普遍科学。

《怀疑的化学家》开始批判亚里士多德的四元素理论，以及帕拉塞尔苏斯的三元素衍生理论。波义耳断言元素是基

本粒子。用他那著名的定义的话来说，他所说的元素是“某些原始的、简单的，或者完全未经混合的物质；它们既不是由任何其他物质构成，也不是由彼此构成；它们是构成所有混合物的基本成分，反之混合物最终也可分解为这些物质”。换句话说，任何不能被分解成更简单物质的物质就是元素。这是对元素的理解第一次与我们今天的观念相吻合。

波义耳接着作出了进一步的基本区分。这些元素可以成群地结合在一起形成化合物。这是后来发展为现代分子概念的最早雏形。波义耳并非只是进行理论推测，他在实验室的长期经验和专业知识使他认识到，这种结合以稳定化合物的形式存在。例如，当铁溶解在酸中并产生一种复合盐时，这是一种稳定的物质，但它也可以被分解，其中的铁也可以被回收。波义耳得出结论，所有这些化合物的性质都取决于它们所含元素的数量和排列方式。这一描述惊人地准确：这一灵光乍现的顿悟，为日后分子理论的发展奠定了基础。

尽管波义耳有高超的理论推导技巧，但他和他的同事一样，从根本上相信实验主义。正如英国皇家学会所奉行的箴言“勿信言辞”，真理不在书本上，而在实验室里。他们摒弃了包括四元素理论在内的所有旧有理论体系。然而，波义耳和他的同事们实际上也建立了自己的理论体系，认为世界是由按照机械方式运动的微粒组成的。这种机械微粒理论虽然

比亚里士多德的学说更贴近实验，但本质上仍是形而上的一——这样的理论如何能在实验室中得到检验？严格来说，这并不符合科学标准。然而，它确实有一个令人信服的优势，也因此被此后的科学界所接受：与四元素理论不同，机械微粒理论解释了各种各样的科学现象。换句话说，它确实行之有效（即使科学还不知道其中的原因）。

然而如果仔细审视，波义耳关于“元素”和化合物的概念，仅仅只是为我们现代的观念指引了一个大致方向，尚未得到充分清晰的阐述。这是为什么呢？根据波义耳的定义，元素是一种不能被分解成更多基本物质的物质。这意味着，当一种物质被发现是一种元素时，这只能是一种暂时的结论。总是存在有人能进一步分解这种物质的可能性。（直到 20 世纪的核科学出现，化学领域才获得了关于元素的确切、无可置疑的定义。）

这使波义耳陷入了一个尴尬的处境。虽然他已经定义了元素，但他实际上并不知道元素究竟是什么。具有讽刺意味的是，随着化学技术的进步，所有迄今为止被认为是不可分割的元素物质最终都有可能被分解成四种元素——非常类似于土、气、火和水！波义耳坚信事实并非如此，这种可能性也确实看起来不大。然而，这种矛盾的处境却让波义耳陷入了一个重大误区，这几乎可能毁掉他对科学的全部贡献。

基于实验室的经验，波义耳认定金属实际上并非元素。尽管他还没有找到一种方法把金属分解成它们的基本物质或元素，但他确信有一天这将被证明是可能的。这恰好与炼金术士们的信念相吻合。如果金属不是基本物质，那么一种金属可以被分解成构成它的元素，并重新组装或转化成另一种金属。铅可以变成银，银可以变成金。

如果说波义耳只是意识到了炼金术的理论可能性，就到此为止不再深入，那倒会让人感到欣慰。可惜并非如此，就像帕拉塞尔苏斯、布鲁诺、范·海尔蒙特以及在他之前的许多化学先驱一样，波义耳也对炼金术着迷。长期以来，科学史家们倾向于轻描淡写这一稍显尴尬的事实，仅是略微提及，仿佛这只是当时化学家难以避免的职业通病。事实确实如此。很难想象伽利略、笛卡尔、斯宾诺莎或帕斯卡会沉迷于这样的做法；物理学家、数学家和哲学家似乎对这种特殊的形而上学“瘟疫”保持免疫。（不过，正如我们将看到的，情况并非总是如此。）

更令人遗憾的是，最近对波义耳论文的仔细研究表明，他对炼金术的追求并非一时的头脑发热。事实上，他坚定地相信这项事业。那些带有密码的秘密笔记本显示了他对哲人石的持久而广泛的探索。不过与范·海尔蒙特不同的是，他从未声称发现了这种神秘物质。相反，波义耳以其一贯严谨

的科学态度进行炼金术实验，试图逐一重复他所知的每个据称成功的炼金术实验。他运用归纳推理，认为如果他成功了，“这一个确切的例证将比所有骗子和虚构的东西更能证明他们所谓哲人石的真实性，这些骗局和谎言只会欺骗那些无知和轻信的人”。波义耳是一位极为优秀的科学家，不会轻易被炼金术所迷惑：“因为这些著作虽然包含了一些实质性的实验，但其理论要么像孔雀的羽毛一样华而不实，要么像猿猴那样看似披着理性的外衣，实则处处荒谬，稍加思考便显得可笑。”然而，他始终坚信炼金术具有“实质而崇高”的一面。他甚至利用自己在英国皇家学会的影响力，力促废除 4 个世纪前亨利三世颁布的《反炼金术法》，该法明确禁止用炼金术制造黄金。值得注意的是，波义耳反对这项法律并非因为它所禁止的活动毫无意义。相反，他认为用这种方法制造黄金将给国家带来巨大利益。在无知和贪婪的驱使下，议会于 1689 年废除了《反炼金术法》。波义耳随即鼓励全国各地的科学家投身这项“重要探索”。

波义耳这种令人困惑的痴迷，其根源似乎在于他强烈的宗教信仰。除了自然哲学，波义耳还出版了几本关于宗教的著作。他用自己的私人财产资助将《圣经》翻译成爱尔兰语和土耳其语，以劝说爱尔兰人放弃天主教、土耳其人放弃伊斯兰教——在他看来，这两者都是同样有害的异端。同样，

他还设立了一项基金，用于定期举办“波义耳讲座”，这些讲座至今仍在英国皇家学会举办。尽管讲座地点是英国皇家学会，但这些讲座公开宣称的目的却是“为了证明基督教信仰的正确性，以反驳那些臭名昭著的异教徒”。

波义耳认为，世界是按照“两条伟大且最为普遍的原则：物质和运动”运转的。这个如同钟表般精密的宇宙是由造物主启动的。因此，对自然的科学研究是一种宗教责任。但是上帝和人类的灵魂是非物质的，这使他们与由机械微粒构成的世界有本质区别。然而，波义耳似乎相信，哲人石以某种方式同时与这两个世界相互作用。

例如，它可以吸引天使，一旦被发现还将成为对抗无神论的有力武器。随着年龄的增长，波义耳对无神论的担忧日益加深，他不断在公共场所和整个社会的发展趋势中发现无神论的蛛丝马迹。这意味着，追求炼金术也成了一种宗教使命，就像科学研究一样。

1668年，波义耳搬到伦敦，与他最钟爱的妹妹凯瑟琳·拉内拉赫夫人同住在帕尔美尔街的一所房子里。当时，帕尔美尔街是邦德街果园和皇家花园之间一片绿树成荫的郊区。国王的情妇内尔·格温就住在附近几户之隔的地方，每当查尔斯带着狗在皇家公园散步时，她总会想方设法引起人们的注

意。此时，波义耳已经享有盛名。

他甚至被邀请担任英国皇家学会主席，但由于主席就职誓词与他信仰的宗教原则相冲突，他不得不婉拒了这一崇高荣誉。他的住所成了名人荟萃之地，德国理性主义哲学家莱布尼茨和一位改信基督教的中国显贵都曾造访。莱布尼茨在知识复兴运动中是堪比达·芬奇的杰出人物，对波义耳十分敬重，却常批评他发表著作太少。尽管波义耳勤奋地记录他的实验工作，但在成果发表方面却显得漫不经心。假如他能投入更多精力系统地整理发表研究成果，其学术影响力和地位本可以达到更高的水平。

直到晚年，波义耳的工作仍然保持着最高水准。他对化学实验室的最大贡献是发现了一种区分酸和碱的方法——他发现紫罗兰糖浆遇酸变红，遇碱变绿，而在中性溶液中保持原色不变。这一发现最终确立了酸碱的准确定义。这一发现典型地体现了化学发展的特点，其最具影响力的分析性区分并非源于理论推导，而是来自实验室中的实践探索。

1691年，波义耳64岁去世时，牛顿已经发表了他关于万有引力的革命性著作《自然哲学的数学原理》。该书首次全面解释了机械微粒世界的运作方式，以及将其维系在一起的各种作用力。但万有引力只涉及物质的物理性质。牛顿深知

这一局限，并试图弥补这一不足。在他的著作《光学》中，他补充了一系列与更广泛科学主题相关的问题，为包括化学在内的各个学科指明了未来研究方向。“物体的微小粒子是否具有某种能力、特性或力量，使它们能够远距离相互作用……从而产生大部分自然现象？”这类“吸引力”似乎不仅限于“物体之间通过重力、磁力和电力产生的相互作用”。

问题是，牛顿对世界具有开创性的科学见解为科学树立了新的标准。人们期望任何科学进步都能包含牛顿物理学的机械严谨性和数学精确性。然而，牛顿研究的是“量”的世界，而不是化学所处的“质”的世界。化学即使在最基础的概念层面上，大部分内容仍无法量化。波义耳关于化学元素的想法才刚刚出现，还远没有被完全理解。在这种情况下，要对元素间复杂的化学反应进行精确的定量分析是不现实的。

牛顿对化学运用的正统科学方法虽然意义深远，但其重要性仍有待后人发掘。但他研究物质定性问题的另一种方法则是彻头彻尾的灾难。可以毫不夸张地说，这可能是科学史上对一个伟大头脑的最大浪费。

牛顿完全投身于炼金术研究。与波义耳的炼金术研究尚有一丝科学依据不同，牛顿的研究则完全抛弃了科学基础。

他一头扎进炼金术的神秘世界，从始至终都带有形而上学色彩。从灵感来源到预期结果，其目的从来都与科学无关。与波义耳相似，牛顿也痴迷于宗教。他尤其关注的是三位一体的教义，并认为这是一个误解。这种观点在当时被视为严重的异端邪说。（不过其中也有一则轶事：作为剑桥大学三一学院的研究员，牛顿必须宣誓效忠学院及其所代表的一切——结果他只是宣誓了相信雇主是存在的，巧妙地处理了这一矛盾。）

牛顿至少有一半的智力生涯耗费在了非科学的追求上。除了对三位一体持异端观点外，他还花了数年时间对《旧约》和神话进行深奥的数学计算，得出了创世、诺亚方舟和阿尔戈英雄航行等事件的精确日期。为了逐节研读《以西结书》从而重建耶路撒冷圣殿的精确蓝图，他还学习了希伯来语。（不过，当拉丁语或希腊语的译本更符合他的目的时，他也会转用这些版本。）通过解读圣殿中蕴含的象征符号以及《启示录》中的描述，他认为自己能够预言基督再临和世界末日等事件的确切日期。这位有史以来最杰出的数学家之一，竟然坚信这些研究才是他最重要的智力成果，会让后人永远铭记。

这一切都与牛顿对炼金术的追求密切相关。在他看来，炼金术是精神领域的“魔法”进入现实世界的途径，理解炼

金术就能洞悉精神世界的运作规律。与他预言研究的宏大规模相比，牛顿对炼金术的痴迷似乎微不足道，但事实并非如此。牛顿拥有不少于 138 本关于炼金术的书籍，并在这个主题上写了超过 65 万字。这显然不仅仅是一个爱好。他的实验研究同样浩大。尽管对这项研究讳莫如深，但为了继续他的炼金术研究，他甚至在大学宿舍的花园里建造了自己的熔炉。据他绝望的助手说：“他对研究极为认真，吃得很少，还常常忘了吃饭……很少早睡，常常熬到凌晨三四点，有时甚至到五六点……他常常在实验室一待就是六周，炉火日夜不熄，我们轮流值夜守候，直至他完成化学实验……至于他的真正目的，我始终无法看透。”从牛顿的笔记来看，他做这些实验的动机完全是形而上的，甚至连将贱金属转化为黄金的实验，也是从形而上学的角度来看待的。这不是化学，而是巫术。

然而，牛顿坚信物质的本质中必定存在某种基本结构。一定有某种终极法则支配着构成我们世界的这些物质。但正如我们所看到的，当时的化学科学尚未发展到足以解决这类问题的水平，这与牛顿在物理学上取得的无人能及的成就形成鲜明对比。显然，牛顿研究化学的动机并不科学，他的思维方式至少可以说是值得质疑的。牛顿的精神状态即使在最好的情况下也不太稳定，而炼金术研究的失败，加上他对一位年轻瑞士数学家未曾言明的迷恋，最终把他推向了崩溃的

边缘。据剑桥大学的一位同事记载，1693年，50岁的牛顿“患上了一种严重影响头脑的疾病，导致他连续五个晚上无法入睡”。随后他逃离了剑桥，完全消失了数月之久。人们再次听到他的消息时，是通过一封他在伦敦东区肖尔迪奇公牛酒馆写给他的哲学家朋友约翰·洛克的字迹潦草、墨迹斑斑的信。信中，他为“我认为你试图把我和女人扯上关系”而道歉。这种暗示会让牛顿特别恼火，因为他一直保持着最严格的独身生活，通过这种方式，他甚至不必向自己承认内心被压抑的同性倾向。

所有这些都对整个科学界产生了影响。牛顿担任英国皇家学会主席期间，厌女倾向在这个受人尊敬的科学机构中根深蒂固。这种倾向已经受到了学会秘书胡克的鼓励，他曾发誓终身不婚。对于这个享有盛誉的学术团体的成员而言，似乎哪怕是与女性有丝毫牵连的可能性都是无法忍受的。正如现代科学史学家隆达·施宾格（Londa Schiebinger）所观察到的：“近三百年来，皇家学会唯一的女性存在，是学会解剖收藏中保存的一具骨骼。”

炼金术的道路导致了疯狂——不仅仅是在化学领域。波义耳定义了元素，如今必须以严格的字面意义去发现。

## 第八章、从未见过的东西

正如我们所看到的，古人已经知道了九种元素，在中世纪晚期又发现了三种新的元素。然而我们今天能这么理解，完全是基于后见之明。这些元素的发现者当时并没有这样看待它们，因为他们根本不知道“元素”是什么。直到 1661 年，波义耳才首次将元素定义为不能被分解成更简单物质的基本物质。

大约 8 年后，亨尼格·布兰德在汉堡分离出磷，发现了第一种新元素。这在化学史上是一个具有重大意义的事件——不仅因为这是自中世纪以来首次发现的新元素（布兰德当时并不知道这一点），更重要的是，这是人类首次发现一种此前从未以单质状态存在的元素。这是一种在地球上前所未见的物质——地球上游离态的磷仅存在于少数陨石之中。

亨尼格·布兰德本身就是个特别的人物。他被称为最后的炼金术士或第一个化学家。他于 17 世纪初出生在汉堡，可能在三十年战争结束时在军队中担任初级军官。离开军队后，尽管没有资格，他还是成了一名医生。有资料称他是“一个不懂拉丁语的粗鄙医生”。幸运的是，布兰德娶了一位富有的女子，这使他能够追求自己真正的兴趣——在实验室里捣鼓研究。关于他的实验究竟是简单重复古老的炼金配方，还是在进行专业的化学分析，至今仍有争议。不管怎样，布兰德肯定赞同培根的观点，即从炼金术士那里可以学到很多东西。就像他之前的许多人一样，布兰德也怀疑在炼金术中可能存在着一丝真理。他开始研究帕拉塞尔苏斯的象征理论，该学说认为大自然以象征的形式揭示其秘密。根据这种思维方式，一个金色的自然物很可能含有黄金。由于机缘巧合（或者说通过富有洞察力的联想），布兰德把这个想法与一则古老的炼金术传说联系起来。这则传说称，用来炼制黄金的哲人石就藏在人体的废弃物里。尤里卡！只有一种物质同时符合这两条线索——尿液。

布兰德开始对人类尿液的性质进行长期而广泛的探索，这一定让他那位富有的妻子备受煎熬，更不用说邻居们了。他收集了 50 桶人尿，然后让它们蒸发腐败，直到“滋生蠕虫”。随后，他将这些尿液煮沸，直到剩下糊状残渣。他把这

些残渣放入地窖储存了几个月，发现它们已经发酵变黑。尽管此时整个街坊邻里必定已经怨声载道，但布兰德仍继续他的实验。他在蒸馏器中将这些发酵后呈现黑色的浓缩尿液与两倍重量的沙子混合加热，同时把蒸馏器的长颈浸入盛水的烧杯中。最终在烧杯的水下收集到一种透明的蜡状物质。这种物质从水中取出后会在黑暗中发光，有时甚至会自燃，释放出浓密的白色烟雾。他决定将这种新物质命名为“磷”（phosphorus，源自希腊语中表示“光”的 phos 和表示“带来”的 phoros）。

尽管难以置信，上述这项漫长实验竟然是 17 世纪科学界保守得最好的秘密之一。布兰德自豪地向他在汉堡的朋友们展示了这种新物质，但拒绝透露其制备方法。关于布兰德的这一发现，以及这种被称为磷的新物质所具有的神奇特性的消息，很快就在德国各地传播开来。

格里克用马德堡半球进行的壮观演示在德国掀起了一股科学实验热潮。此时，许多化学家在各个宫廷巡回表演，展示最新的科学奇迹，以此为生。磷是这类表演的理想材料。有些人甚至认为这种新物质可能具有军事用途。

最终，来自德累斯顿的约翰·克拉夫特博士在汉堡拜访了布兰德，以 200 泰勒的价格说服他透露了磷的制备秘密。

于是，克拉夫特开始在欧洲各地的宫廷进行磷的演示。当他访问伦敦查理二世的宫廷时，波义耳受邀一同观看实验。克拉夫特拒绝向波义耳透露这个秘密，但通过克拉夫特不经意的一句话，以及对他的实验的仔细观察，波义耳获得了一些重要线索。几个月后，在德国化学家安布罗斯·戈弗雷·汉克维茨的协助下，波义耳独立地发现了制备磷的方法。他写下了一份清晰的实验步骤描述，将其密封在信封里，交给了英国皇家学会保管。与此同时，戈弗雷·汉克维茨去掉了名字中的德语部分，在伦敦开设商店，开始生产磷并销往全欧洲。没过几年，他就发了大财，声名远扬，以至于信封只写着“伦敦著名化学家戈弗雷先生”的信件都能准确送达他手中。

波义耳通过对制备方法的保密，极大地帮助了汉克维茨（而汉克维茨此前也曾帮助他）。然而，这并非波义耳的一贯作风。他习惯将所有实验过程用清晰易懂的方式记录下来，这源于他坚信所有科学知识都应该被分享的理念，最好是通过英国皇家学会这样的机构。这样，世界各地的科学家都能从最新进展中获益：培根乌托邦愿景中的“所罗门宫”将在全欧洲的科学机构中实现。

对于拥有私人收入的贵族波义耳来说，这并不是问题，但其他科学家自然希望从自己的发现中获得收益。这就引发

了一个问题：科学是应该商业化，还是应该造福全人类？这个问题在今天仍然具有现实意义（例如，关于新“创造”动物的基因专利）。此外，科研成果的优先权问题也使情况变得更加复杂。17 世纪的科学革命使越来越多的科学家面临相同的问题，他们各自独立地提出了类似的解决方案和发现——谁才是最先做出某项发现的人？如果公开发表自己的发现，固然能获得荣誉，但每个人也都知道了这件事。但要是不公开发表，那么这一发现则可能由另一个人独立作出，荣誉也将归他所有。

关于专利的法律还处于起步阶段。此前，某种工艺的独家权利通常由在位的君主或统治者授予。例如，威尼斯总督曾授予伽利略他所发明的水泵的专有权。这些权利虽然是永久性的，但仅限于威尼斯共和国境内。随着科学革命在整个欧洲的传播，这样的安排变得越来越不可行。1623 年，英国政府通过了《垄断法规》，规定可以为“新产品发明”授予最长 14 年期限的“专利证书”。与此同时，科学院在欧洲如雨后春笋般涌现。意大利的猞猁学院（Academy of the Lynxes）是最早成立的，甚至早于英国皇家学会，随后笛卡尔和帕斯卡等人的非正式聚会逐渐发展成为巴黎皇家科学院，莱布尼茨则在建立柏林学院方面发挥了重要作用。科学家们会在这些学院，集中向成员们展示他们的新发现。在某种程度上，

这些机构扮演着新知识的储存库和协调者的角色。但是，当这些知识是理论性的或未发表的时候，情况就变得越来越复杂了。

这里最臭名昭著的例子无疑是牛顿和莱布尼茨之间关于微积分发明权的争议。当牛顿在 1704 年出版他的《光学》时，他添加了一个附录，用来描述他在三十年前发明的“流数法”（即微积分）。不幸的是，他的劲敌莱布尼茨早在 20 年前就发表了自己的微积分版本。双方随即开始互相指控抄袭。两位天才的表现很快就跌落到令人汗颜的地步（即便在最好的情况下，天才的行为水准也并非总是很高）。事实很简单，牛顿确实给莱布尼茨看过一些早期的论文，其中提到了他的流数法。但莱布尼茨的微积分在本质上有所不同，特别是在符号系统上（我们现今使用的正是他的符号）。莱布尼茨犯了一个战术错误，指责牛顿不诚实。牛顿向来对这样的指控特别敏感，他一直暗自恐惧有朝一日会因三位一体问题被指控为异端。听到莱布尼茨的指控后，牛顿简直气疯了。即便如此，他还是体面地提议由英国皇家学会的一个委员会来仲裁这件事。莱布尼茨同意了，似乎并不介意牛顿当时是英国皇家学会的主席。牛顿随后截取了委员会的报告，并以自己的偏好重写了报告（尽管不是以自己的名义）。莱布尼茨直到 1714 年去世前都在强烈质疑这个裁决。但牛顿的怒火一旦被

点燃也难以平息，他继续抓住一切机会诋毁莱布尼茨。据访客描述，他会突然对这位德国哲学家展开长篇抨击，而牛顿后来的科学论文无一例外地包括一段愤怒的无关段落，痛斥他已故的对手。

如果连数学的发展都如此混乱，科学领域还能有什么希望？在这方面，化学处于非常不利的地位。物理学和物理性质很容易以精确的方式测量和描述，而化学变化和过程则不太容易被精确刻画。从今天的角度回看，我们可以发现当时的化学家在许多情况下都是在盲目操作。他们根本不知道实验中到底发生了什么，只知道某种变化发生了，有产物生成了。

布兰德和他的制磷方法正是这种情况的典型例子。他可能对尿液的化学成分一无所知。他最初的意图是通过蒸发和蒸馏“浓缩”尿液中的黄金，然后将其与另一种炼金术士长期怀疑含有黄金的物质（即沙子）混合来“强化”这一过程。可以说，磷的发现完全是一个复杂但方向错误的实验过程中的意外产物。有趣的是，莱布尼茨也在其中发挥了作用。在克拉夫特从布兰德那里买下这个秘密几年后，莱布尼茨因为替汉诺威公爵（乔治一世的父亲）办事来到汉堡。他说服布兰德将秘密交给公爵，并将布兰德带回汉诺威，打算大规模生产磷。莱布尼茨对如此大量生产磷的具体用途并不明确。

他曾一度建议将磷用于夜间照明，但被告知这不切实际。（即使房间里的人没有被呛人的烟雾毒死，他们也肯定会失明。）莱布尼茨并不气馁，他先是从附近一个以士兵酗酒闻名的军营为布兰德定期获取大量人尿。后来他又听说哈茨山脉的矿工因炎热工作消耗的啤酒量更多。在得到困惑的公爵的许可后，莱布尼茨又安排从哈茨山脉用马车运送了更多的桶装尿液，跋涉 100 公里崎岖道路送到可怜的布兰德那里。然而就在这时，莱布尼茨被公爵召去处理紧急外交事务，似乎就此将磷的项目抛诸脑后。至于布兰德和他那不断累积的尿湖后来怎么样了，至今仍是一个令人掩鼻的谜团。

1737 年，巴黎皇家科学院购买了制磷的秘方，并立即向所有科学家公开。半个世纪后，瑞典化学家卡尔·舍勒发现磷是骨骼的组成部分，并发明了一种更简单、更易于接受的提取方法。很快，磷就被用于制造最早的火柴。1855 年，瑞典制造商 J. E. 伦德斯特罗姆获得了安全火柴的专利，这迅速为他带来了一笔财富。然而，这一切对于舍勒来说都来得太晚了，因为他在半个多世纪前就已去世，年仅 40 多岁。

舍勒或许是有史以来最不幸的科学发现者。在他相对较短的一生中，他所发现的元素超过了历史上任何一位科学家。然而，在他发现的所有 7 种元素中，他的贡献要么被掩盖，要么遭到质疑，要么被忽视。

舍勒似乎并不介意。他为人谦逊，作为一位药剂师，他的技艺无人能及。1742年，他出生在施特拉尔松德，这座城市位于现今德国的东北海岸。18世纪早期，这里仍然属于瑞典的波美拉尼亚地区，是一个世纪前在三十年战争中被征服的领土。尽管他有着德国姓氏，但舍勒认为自己是瑞典人，并用瑞典语撰写科学论文。

舍勒在十一个孩子中排行第七。由于没有钱供他上学，14岁时他就成了一名药剂师学徒。这个选择后来证明颇具远见。舍勒对化学原料有着近乎痴迷的兴趣，这使他能牢记每一种物质的性质，而且在判断化学元素构成方面具有无与伦比的直觉。舍勒很快引起了人们的注意，并最终在首都斯德哥尔摩获得了一份药剂师助理的职位。这听起来可能微不足道，但在1775年，32岁的他被选为瑞典科学院院士——这是有史以来第一位（也是最后一位）获得这一崇高荣誉的药剂师助理。

不久之后，舍勒搬到了瑞典中部的湖边小镇雪平。当地一位药剂师去世后，将药店留给了他的遗孀萨拉·波尔。舍勒买下了这家店，并建立了一个实验室以继续他的实验。他丝毫不被雪平沉闷乏味的单调生活所困扰，专心埋头工作，而萨拉·波尔和他的妹妹则负责料理家务和打理药店。偶有知名的瑞典和外国化学家会前来拜访，这总是能引起当地居

民的诸多猜疑。尽管柏林、斯德哥尔摩和伦敦的教授聘书接连寄来，但都被他置之不理。这位卓越的药剂师并不想沦为茫茫教授中的普通一员。

多年来，舍勒一直饱受严重风湿病和一系列其他疾病的折磨。这些疾病几乎可以肯定是由他的实验操作导致的。舍勒坚信，必须亲自分析他所分离和发现的许多物质的性质。他的实验记录甚至包括对氰化氢味道的准确描述，这种剧毒物质即使是少量吸入或通过皮肤吸收，也会导致可怕而痛苦的死亡。这些实验记录还表明，他也可能在用味觉和嗅觉判断硫化氢特性时中了毒，这种气体具有恶臭气味和致命毒性，可以说是臭鼬和响尾蛇的结合体。

这也许是化学探索史上最激动人心的时期。摆脱了炼金术的束缚后，18世纪的化学家们终于能够探索一门全新科学的无限可能。未被发现的元素触手可及，就像钢琴键盘上的琴键一样。他们既能弹奏其中一些基本的音符，也能演奏出某些复杂的和弦。但当他们的手在键盘上摸索时，第一次逐渐意识到更大范围音域存在的可能性。在他那个时代，舍勒将这一可能性扩展到了前所未有的程度。他不仅确定了一系列动物、植物和无机酸，还发现并鉴定了多种重要化合物的成分。

坚韧的舍勒挺了过来，使他能够将注意力转向元素研究。1770年，他成为第一位制备出氯气的化学家。任何去过游泳池的人都能体会到，即便是稀释后的氯气也会让人眼睛发酸，并且气味刺鼻，舍勒仅靠自己一人进行了这种气体的测试实验，产生的影响可想而知。遗憾的是，这一次舍勒引以为傲的化学直觉却出现了偏差。他没有认识到氯是一种元素，反而坚信自己制得的气体是空气中某种成分的化合物。直到三十年后，英国化学家汉弗里·戴维（矿工安全灯的发明者）才意识到这种气体是一种元素。事实上，正是戴维根据其浅绿色外观首次将其命名为“氯”（chlorine，源自希腊语，意思是“浅绿色”）。

这位英国人戴维逐渐成为舍勒科研路上的主要竞争对手，并且在钡的发现上再次超过了舍勒。舍勒率先完成了关键的实验工作，成功分离出氢氧化钡。三十年后，戴维通过进一步研究，分离出银白色的金属钡（barium，源自希腊语 barys，意思是“重的”）。如今，钡被用于制造合金，用于吸收真空管中的杂质。

类似的遗憾在钨的发现上重演，这种金属后来成为步枪枪管所用钢材的一种重要成分。舍勒先是得到了一种物质，他确信其中含有一种新元素，并推测这种元素可以在高温条件下被分离出来。但由于没有熔炉，他把这种物质交给了他

的朋友，年轻的化学家彼得·海基尔姆，他现在被认为是发现钼的人。大约在同一时期，舍勒还成功地将制取锰的方法传授给了他的朋友、矿物学家约翰·甘恩。（英语中的“锰”是 manganese，错误地取自拉丁语 magnes，意思是“磁铁”，被认为具有分解水的特性。）

从这些发现可以看出，这些年来，瑞典正在发展出一个先进而有能力的化学家群体。这些先驱者将在化学的发展中发挥重要作用。瑞典在科学领域做出了全方位的贡献。这一时期，林奈奠定了现代植物学的基础；摄尔修斯确立了温度计的刻度；在福特之前的两个世纪，发明家波尔赫姆就构想出了装配线工厂。这一切都发生在一个仅有 200 万人口、位于欧洲边陲的国家。瑞典对这一时期科学革命的贡献不逊于任何其他国家。18 世纪堪称瑞典的黄金时代。到这一时期末，随着工业革命在欧洲蔓延，瑞典供应了全球三分之一以上的生铁。瑞典东印度公司的贸易航线远达日本；而著名神秘主义作家斯维登堡也不甘示弱，创作了多部著作，生动翔实地描绘了他游历天堂和地狱的经历。就连国王古斯塔夫三世也参与创作了一部歌剧（他后来在斯德哥尔摩歌剧院被枪杀，不过这与对该剧的评价毫无关系）。

与此同时，在雪平省的偏远地区，舍勒继续着他那费力不讨好的化学元素研究。此时瑞典的化学成就开始引起国际

关注。两位西班牙学生——唐·何塞和唐·福斯托·德埃尔胡亚尔兄弟，前来拜访舍勒。在会面中，舍勒解释了他是如何从白钨矿（这种矿物后来以他的名字命名）中获得一种他称之为“钨酸”的物质。大约一年后，德埃尔胡亚尔兄弟成功地从这种物质中分离出了钨元素，在瑞典语中，“钨”的意思是“重石”。这种元素日后将被用于制造灯丝。德埃尔胡亚尔兄弟后来移居美洲，唐·福斯托在那里担任墨西哥矿业总监。

舍勒最重要的工作是在气体领域，这一领域后来被证明对化学的下一个重大进展至关重要。舍勒成功地证明空气包含两种不同的成分，其中只有一种能支持燃烧。他将其中一种命名为“火空气”，另一种命名为“变质空气”。他成功地从后者中分离出氮元素，但他不知道苏格兰化学家丹尼尔·卢瑟福（小说家沃尔特·斯科特的叔叔）4年前就已经完成了这项工作。不过，舍勒最伟大的成就是发现了“火空气”，也就是氧气。正如我们现在所知，这种元素在许多最重要的自然化学反应中扮演着主要角色，它是打开化学未来大门的关键元素。1772年，舍勒首先通过加热氧化汞制得“火空气”——氧化汞容易分解成汞和氧气。他在他唯一出版的著作《火与空气的实验》中记述了这个实验。然而，由于出版商的一系列失误（这些都不是舍勒的过错），这部著作推迟

到 1777 年才最终面世。此时，英国化学家约瑟夫·普里斯特利已经发表了对同一实验的描述，因此抢先获得了这一最重要元素发现的荣誉。

舍勒毫不气馁地继续他细致入微的研究，取得了许多远远领先于时代的原创性成果。其中最具代表性的是他发现了光对含银化合物的作用。半个世纪后，法国艺术家和发明家路易·达盖尔利用这一效应发展了摄影术（photography，字面意思是“用光书写”）。

然而，长期从事化学实验分析最终损害了舍勒的健康。1786 年，40 多岁的他患上了重病，症状表明是汞中毒。在病床上，他与寡妇萨拉·波尔结婚，以确保她能重新继承药房，没几天他就去世了。舍勒曾与欧洲各地的顶尖科学家广泛通信，他在学术交流中展现的慷慨精神或许永远无法被完全认知。就像他的诸多发现一样，他对化学发展的影响似乎注定被历史所忽视。

在这一时期还发现了另外两个重要的元素。

德国矿工长期以来受一种类似铜矿的矿石困扰。但是，与能在溶解于酸后使玻璃呈现蓝色的铜矿不同，这种矿石会使玻璃变成绿色。因此，迷信的矿工们将这种矿石称为“Kupfernickel”，意思是“老尼克的铜”（被魔鬼施了魔法

的铜，或假铜)。1751年，瑞典矿物学家阿克塞尔·克龙斯泰特成功地从这种矿石中分离出一种与铜毫无相似之处的金属。这种金属质地坚硬，呈银白色，且能被磁铁吸引——这是一种当时除铁之外其他物质都不具备的特性。克龙斯泰特沿用了老矿工们的叫法，将这种新发现的元素命名为“镍”。然而，欧洲的许多科学家在很长一段时间里都不承认镍是一种新元素，坚持认为它是铁（因此具有磁性）与其他金属如钴或铜的混合物（认为正是这种混合造成了绿色效果）。直到化学分析技术得到改进，克龙斯泰特的发现才最终得到证实。

克龙斯泰特本人在这一改进中发挥了重要作用。以前，矿物是根据它们的重量、颜色、硬度等物理性质来分类的。克龙斯泰特将吹管引入矿物分析。它由一根长玻璃管构成，一端较窄。从宽的一端吹气，就能产生一股狭窄的集中空气射流。当这股气流对准火焰时，能够提高火焰的温度，并将热焰集中在待分析的物体上。克龙斯泰特学会了辨别当火焰聚焦在矿物上时所呈现出的不同颜色。这使他能够进而识别出不同矿石释放的气体、氧化物的颜色以及其中所含金属的性质等关键特征。利用吹管，克龙斯泰特对矿物进行了系统的研究，根据它们的化学成分和化学性质进行分类，从而成为现代矿物学之父。在接下来的一个世纪里，吹管一直是分析物质化学成分的关键仪器之一。

在克龙斯泰特发现镍的一个世纪后，瑞士首次将其用于铸造硬币。7 年后的 1857 年，美国将镍引入 1 美分铜币中，这就是最初的“镍币”。直到四分之一个世纪后，第一枚 5 美分的镍币才出现，其成分为一份镍和三份铜，这就是现代的美国镍币。虽然这种硬币上印的可能是总统头像，但镍币的俗称（“nickel”）依然源自“老尼克”。

在这一时期发现的另一种重要元素拥有着所有元素中最富传奇色彩的历史。1735 年，一位法国水手沿着哥伦比亚太平洋沿岸的河口海滩散步时，偶然发现了一些大小和重量都相当于炮弹的灰色黏土块。他在这些黏土块中发现了一种暗银色金属的沉积物。这位法国水手带了几块这种金属回到船上，一位碰巧在船上的科学家对它进行了检查。这位科学家就是 19 岁的数学天才唐·安东尼奥·德·乌略亚，他当时正参与一个由西班牙和法国政府联合赞助的项目。这个项目包括两支考察队，一支被派往拉普兰，另一支被派往厄瓜多尔，目的是测量当地的子午线度数。这些测量旨在帮助巴黎皇家科学院确定地球的精确形状和尺寸。

在返回途中，载有德·乌略亚的法国船只在加拿大海岸外的布雷顿角岛的路易斯堡停靠。他们发现这个港口已经被英国人占领——英国当时正与法国交战，但并未与西班牙交战。德·乌略亚的文件被扣押并送到伦敦的海军部，其中就

包括了地球形状的秘密和对一种未知金属的描述。另一方面，作为一位来自中立国的绅士，德·乌略亚本人受到了应有的礼遇和款待，并被安全送往英国。当他到达伦敦时，他向海军部请求归还文件。海军部认为地球的形状和这种比黄金更稀有的新金属的研究并无特殊价值，便将文件归还给他，随后他将这些文件带回并发表。这种新金属被称为“平托河的小银”(platina del Pinto)，被认为没有什么商业价值。与黄金和白银不同，它不可延展，因此无法用作装饰品。几年后，已成为墨西哥矿业总局局长的唐·福斯托·德埃尔胡亚尔发现了解决这个问题的办法。他在给当时住在新格拉纳达（今哥伦比亚）的弟弟唐·何塞的信中解释说，将这种金属的海绵状沉积物锤打后高度压缩，就能获得与黄金相似的延展性。这种新金属很快就被制作成首饰。更重要的是，人们发现它的耐化性能甚至比黄金还要强，因此它很快就被用于制造化学仪器。

金属铂最初的名字为 *platina*，后来被英国化学家戴维改为 *platinum*，使其与近期发现的钡、钼等金属的命名保持一致，摒弃了其拉丁语中的阴性词尾。对于维多利亚时代的英国科学界来说，金属具有女性特征显然是不可接受的。这开启了一个令人遗憾的趋势：自 1839 年（维多利亚女王登基后几年）以来发现的所有元素，都被赋予拉丁语中性词尾-

ium，而惰性气体则被赋予希腊语中性词尾-on。这种无性别的命名法甚至延伸到了以居里夫人命名的镭（curium）。唯一的例外是元素砷（astatine），它具有阴性词尾，源自希腊语astatos，意思是“不稳定的”。这种词尾的选择大概并非出于有意贬低，但人们不禁会觉得，这反映了当时以男性为主导的化学界状况。

## 第九章、燃素之谜

化学正在展现出无限的可能性。从事化学工作的人正在不断发现令人兴奋的新元素和新化合物，而新实验室技术的发展加速了这一进程。但最重要的是，这些新发现的物质和技术都在以理性、系统的方式得到应用。化学已经摆脱了初始阶段的幼稚，但在当时，其发展仍然比较零散，包含了那些独立工作的化学先驱们各自开展的、缺乏协调的实验结果。这门发展中的科学缺乏一个统一的原则，同时还存在一些难以解释的现象，令人困惑，其中之一就是火。

自古希腊以来，燃烧之谜一直是哲学思辨的对象。在赫拉克利特看来，火是一切物质和一切变化的根本要素。后来的希腊自然哲学家认为，所有可燃物质内部都含有火元素，火被视为四大基本元素之一。他们认为，当物质遇到适当条

件（如热、火花或闪电）时，这种火元素就会被释放出来，并以火焰的形式显现。当炼金术士后来将四元素体系改造为汞、硫、盐三元素体系时，硫就成了可燃的元素。帕拉塞尔苏斯解释了这三种元素是如何导致木材燃烧的：木材中硫的存在使其能够燃烧，汞元素提供了火焰，而盐则使得灰烬得以残留。

直到 17 世纪下半叶，人们才对火的本质提出了新的解释。这个新解释来自一位在科学史上最具争议的骗子人物。约翰·贝歇尔于 1635 年出生在莱茵河畔的德国小镇施派尔。三十年战争最后的混乱岁月使他失去了接受正规教育的机会，13 岁时，他穿越战争摧残后的德国荒原，开始寻找自己的人生机遇。他远行至瑞典和意大利，沿途获得了各种不系统的知识，其中包括各种炼金术思想，以及一些肤浅的商业实践知识。但最重要的是，他学会了以无比自信的姿态展现自己，并练就了一双善于抓住机遇的眼睛。

三十年战争之后，德国的版图就像一个从高处掉落摔碎的彩色花瓶，支离破碎。德语区由众多分散的小邦国组成。为了生存，每个邦国都必须控制其经济，充分利用自身资源。啤酒酿造、纺织、陶瓷等行业如雨后春笋般涌现。为了监管这些微型经济体，每个统治者都需要顾问和专家。26 岁时，贝歇尔成功地以专家身份混入了美因茨选帝侯的宫廷。随后，

为了迎娶一位富有且有权势的帝国顾问之女，他改信了天主教，这位顾问还授予他一个医学学位作为结婚礼物。凭借这一点，贝歇尔设法获得了美因茨大学医学教授和选帝侯私人医生的职位。在领到年薪后不久，他决定是时候转投巴伐利亚了。在那里，他凭借巧舌如簧获得了待遇更优厚的巴伐利亚选帝侯首席顾问一职，并开始将其商业才能付诸实践。他建议通过限制与法国的贸易（尤其是丝绸贸易）并发展本地丝绸工业来振兴巴伐利亚经济。当地商人为了避免破产极力反对，而贝歇尔则匆忙建起一家丝绸工厂。但他很快就觉得自己在巴伐利亚未受重用，于是撤资丝绸工厂，转赴维也纳。在夸耀自己治理两邦的经验后，他被奥地利皇帝聘为首席经济顾问。他的第一个举措是建立一家大型丝绸工厂，迅速击垮了巴伐利亚的竞争对手，但随后自己也陷入了财务困境。接着，他又建议开凿一条连接多瑙河和莱茵河的运河，以促进奥地利与荷兰之间的贸易，倡导采用一种通用语言（甚至编撰了一本包含一万个词条的词典），甚至计划用炼金术将多瑙河沙子点化成黄金。但此时，皇帝已经开始厌倦这些异想天开的计划，当多瑙河沙子工程无果而终时，便下令将贝歇尔投入大牢。

一年后，贝歇尔若无其事地出现在荷兰，提出了在哈勒姆建立丝绸制造企业的计划。他对丝绸制造的执着表明，他

确实相信这能成为一个赚钱的项目。他似乎也同样深信点沙成金是可行的。否则，就很难解释他接下来的举动。贝歇尔信心满满地在荷兰议会上提出了一个雄心勃勃的计划，声称可以将荷兰沿海的大片沙滩变成黄金。荷兰议会主要由精明的商人组成，起初他们持怀疑态度。贝歇尔随后演示了一个初步的测试实验，用了沙子和少量白银，以某种方式成功制造出了黄金。结果，荷兰议会转而热情地支持这项计划。贝歇尔接着解释说，如果要进行大规模生产，他需要大量的白银作为启动原料，以便从无限的沙子中生产出大量的黄金。然而，就在大规模生产即将开始的前几天，贝歇尔乘船逃往了伦敦。究竟有多少白银随他一起消失，目前还不清楚，但荷兰当局在相当长一段时间内仍然急于追查他的下落。

贝歇尔以采矿专家的身份在伦敦立足，这一领域的专业知识是他在管理国有经济期间意外积累的。这是一个他不太习惯的但货真价实的身份，他甚至前往康沃尔和苏格兰的矿区进行了考察。但积习难改，回到伦敦后，贝歇尔写了一篇论文，描述了一种通过永动机工作的时钟，并将其提交给了英国皇家学会。令他惊讶和失望的是，他随后申请成为皇家学会会员的请求遭到了拒绝。

这一切当中很难发现科学精神的存在，但贝歇尔的著作却清晰地展现了这一面。在繁忙的商务活动之余，他仍然抽

出时间研读同时代两位化学大师——范·海尔蒙特和波义耳的著作，并对其作出了富有洞察力的评论。他特别指出，波义耳并没有能够建立起一个真正科学的元素理论。波义耳关于不可分割元素和化合物的观点虽然显示出惊人的先见之明，但这些观点确实缺乏有力的实验证据支持。（事实上，只有通过后来的发展，我们才能认识到他的思路是正确的。）

贝歇尔的代表作《地下物理学》于 1667 年在维也纳出版（当时正是他在丝绸生意失败和多瑙河沙子工程之间的短暂喘息期）。在这部著作中，他提出了自己的元素理论，这一理论在此后的一百年里深刻影响了化学的发展。

和许多性格矛盾的人物一样，贝歇尔通过对上帝的深刻信仰来调和对自己行为中不可调和的一面。在他看来，世界是由“化学家上帝”创造的，并通过持续不断的改变、转化和交换来维持运转。他曾将这种运转机制比作一个管理良好的国家经济系统，不过他没有把这个类比延伸到丝绸生意。根据贝歇尔的理论，所有固体物质都由三种“土”构成：流质土（terra fluida）是活性元素，它赋予物质流动性和挥发性；石质土（terra lapida）是凝固元素，赋予物质熔融性或黏合性；而第三种是油质土（terra pinguis），它赋予物质油性和可燃性。在燃烧过程中起作用的是油质土：拿一块木头举例，它原本由灰分和油质土构成，而当它燃烧时油质

土被释放出来，只留下灰烬。

贝歇尔的元素理论明显是在帕拉塞尔苏斯和炼金术士提出的汞、盐和硫理论上发展而来。“油质土”的概念也并非完全原创。但在当时，提出这样的理论已经水到渠成。人们终于有了一个可辨识的理论来解释燃烧，而这是物质发生的最重要变化之一。

除了信仰上帝，贝歇尔还信仰化学。他对这一信仰的肯定堪称科学史上最鼓舞人心的宣言之一：“化学家是一群奇特的凡人，他们被一种近乎疯狂的热情所驱使，在烟雾与蒸气、煤烟与火焰、毒药与贫困中寻求快乐。然而在这些看似艰难的环境中，我似乎甘之如饴，宁愿死也不愿与波斯国王交换位置。”

贝歇尔对这种浪漫信念的实际坚持程度和一致性却是另一个问题。1682年，约翰·贝歇尔在伦敦穷困潦倒地去世。据说他在临终前重新皈依了新教。

贝歇尔的《地下物理学》在欧洲广泛流传，并经历了多次再版。1703年，新成立的哈雷大学医学教授格奥尔格·斯塔塔尔在德国筹备该书的第三版。在贝歇尔的文本之前，斯塔塔尔增加了自己撰写的导言。这篇导言拓展了贝歇尔关于油质土的原始理论，确保了其在18世纪化学发展中的核心地位。

和他的导师贝歇尔一样，斯塔尔也有点不同寻常，尽管是完全不同的类型。斯塔尔性格古怪，厌世，是虔信派的坚定信徒——这是一个具有清教徒倾向的新教教派。

尽管如此，他还是结了四次婚。这并非完全出于他对新伴侣的渴望，而是因为他的妻子们总是不幸先他而去。虽然他对那个时期的科学贡献颇多，但他对社会的态度却很冷漠，这集中体现在他的个人座右铭中：“在任何争论中，无论大众的意见如何，都是错误的。”

到 18 世纪初，德国进入了经济复苏时期，这在很大程度上得益于采矿业的进步。斯塔尔最初被贝歇尔的《地下物理学》所吸引，正是因为这本书以采矿为核心主题（如书名所示）。然而，当他读到贝歇尔关于油质土在燃烧中所起作用的理论时，他很快发现这是一个尚未完全发展的思想萌芽。斯塔尔随后将这一理论扩展到了采矿领域。

金属开采的最后工序是冶炼。这包括用木炭加热岩石矿石，从而产生熔融金属。冶炼技术早在史前时代就为人所知，但在这一过程中究竟发生了什么仍然是个谜。斯塔尔认识到，从化学角度分析冶炼的时机已经成熟，这很可能推动采矿技术的进步。贝歇尔的油质土概念启发了斯塔尔，使他认识到冶炼只不过是燃烧的逆过程。在燃烧过程中，像木材这样的

物质会释放出油质土，变成灰烬；而在冶炼过程中，矿石则从木炭中吸收油质土，转化为金属。斯塔尔还更进一步，解释了金属生锈的过程：在生锈时，金属释放出其蕴含的油质土，变成灰状的锈蚀物。所以生锈实际上就是一种缓慢进行的燃烧过程。

油质土的作用现在已经超出了贝歇尔最初的概念，所以斯塔尔将其重新命名为“燃素”（phlogiston，源自希腊语 phlogios，意思是“火热的”）。斯塔尔的燃素理论似乎以一种完全科学的方式解释了几种常见的物质转化。整个欧洲的许多化学家甚至开始怀疑，燃素理论可能是理解所有化学变化的关键。然而，这一理论也面临诸多质疑。批评者指出，没有空气的存在，燃烧和生锈都不会发生。与其接受神秘的燃素，为什么不把空气看作是这个过程中必不可少的成分？斯塔尔承认这一质疑有一定道理，但只接受了一半——没错，空气在这个过程中确实必不可少，因为它是燃素从一种物质传递到另一种物质的载体。

更尖锐的批评来自斯塔尔的劲敌、莱顿大学的医学教授赫尔曼·布尔哈夫（Hermann Boerhaave）。1732年，布尔哈夫因出版了第一本可靠的现代化学教科书《化学原理》而名利双收。然而，这本书的编写实际上是被迫之举：他的一些学生曾出版过一本根据其讲课记录整理的书，内容多有错误

却广受欢迎，这严重威胁到了他的声誉。这可不是一件小事。在当时，布尔哈夫在欧洲大陆的地位堪比牛顿。后来历史对他的评价有所改变，因为人们发现他其实并未做出重要的原创性科学发现，但他渊博的学识和论辩能力确实不容小觑。当布尔哈夫反对燃素理论时，斯塔尔就领教了他的厉害。布尔哈夫质问道：如果生锈和燃烧是同一过程，为什么生锈过程中没有火焰或热量产生？对此，斯塔尔提出了一个巧妙的解释：燃烧和生锈是同一个过程，只是发生的速度不同。当木材燃烧时，燃素逸出速度极快，以至于加热了周围的空气，并以火焰的形式呈现出来。

但更具破坏性的质疑随之而来。不可否认，像纸张、木材和脂肪这样的可燃物质符合燃素理论——这些物质在燃烧后大部分消失，仅留下少许灰烬。这看起来正是由于燃素的释放。然而，金属的生锈现象却与此完全不同。早在炼金术士时期就有记载，金属生锈后，累积的锈蚀物重量反而超过原始金属。相反的过程同样支持这一证据：斯塔尔自己也观察到，当铅灰被加热变成铅时，铅的重量实际上比铅灰轻，而根据燃素理论，铅吸收了燃素，因此应该重一些。对此，斯塔尔也感到困惑不已。

化学学科未来的理论基础正岌岌可危。难道这门新科学要再一次沦为一堆杂乱数据的堆积吗？但燃素理论的捍卫

者们并未对这些批评坐视不理。对斯塔尔的支持者来说，答案很清楚。燃素显然有两种类型：第一种存在于纸张、脂肪等物质中，具有重量；第二种存在于金属中，非但不会增加重量，反而具有负重量。这意味着当它附着在金属上时，会产生向上的浮力，导致其重量减轻。

另一些人则认为这里实际上并不存在问题。简单来说，他们认为金属在变成金属灰时，重量并没有增加。这一说法似乎与许多实验证据相悖，包括斯塔尔获得的证据——但并非所有化学家都认同这些证据。讽刺的是，这种分歧恰恰源于实验室技术的进步，尤其是加热方法的进步。化学家们开始使用高倍放大镜将太阳光聚焦于物体上，这种方法产生的高温常常使金属灰部分气化，使得剩余的金属灰重量反而低于原来的金属。

关于燃素理论的争论展现出极高的学术水准和创造性思维，这表明化学已经发展成为一门相当成熟的学科。在这个阶段，所有的发现和理论都可以进行理性辩论。有趣的是，究竟谁对谁错并不重要，正是这些辩论本身拓宽了人们对化学的理解。（值得注意的是，当时看似最不合理的“负重量”概念，如今在量子物理学中反而获得了认可。）

斯塔尔本人并不特别在意重量异常现象，尽管这一现象

几乎否定了燃素的存在。事实上，那个时期的许多化学家依然不愿接受以测量为基础的论证。伽利略已经认识到了测量在物理学中的重要性，波义耳也强调了化学中实验方法的必要性，但化学家们普遍还未认识到实验测量的关键作用。虽然化学终于摆脱了炼金术那眼花缭乱的外衣，但它本质上仍然是一门研究物质转化的科学。这些转化被视为质的变化，因此与物理学中的量的变化是截然不同的，这使得在当时测量并未被视为化学的核心。

斯塔尔倾向于将燃素解释为一种非物质要素，就像热一样。他认为燃素只是在空气的携带下从一种物质流向另一种物质，因此重量问题在这里并不重要。这种态度与斯塔尔的宗教信仰是一致的。受虔信派神秘主义的影响，他强烈反对无神论和唯物主义，而是采纳了一种活力论哲学，认为无生命的物质只能从精神中获得生命力。

斯塔尔潜在的研究计划之一就是探究精神如何与物质相互作用，而燃素理论恰好提供了这样一种解释：燃素是能让物质以火活化的生命要素。这种中世纪的观点构成了斯塔尔科学方法的基础，但这一事实不应该让我们贬低他的科学成就。毕竟，与牛顿的宗教信仰相比，这种神秘主义似乎显得相当现实，而牛顿是为数不多的几位成就超过斯塔尔的同时代人之一。然而，即使是牛顿的极端观点，也以其特有的

方式与科学相容。在 17 世纪末，科学家们普遍具有强烈的宗教信仰，而把他们的科学和宗教结合起来的核心思想极具吸引力。这本质上早期穆斯林数学家的想法是一致的。科学家们相信，在揭示科学规律的过程中，他们就是在探索上帝的思维方式——上帝创造了世界，而自然法则正是他的思维方式。

尽管有各种反对意见，燃素理论很快被许多进步的化学家所接受。原因很简单，它能解释的现象太多了，以至于不能轻易抛弃。在斯塔尔看来，燃素不仅能解释燃烧，还能解释更多现象。他确信燃素是理解酸和碱之间差异的关键，甚至可能是解释所有化学反应的钥匙。他甚至认为可以燃素解释植物的颜色和气味。这样的推测现在看来似乎有些牵强，但斯塔尔确信自然界中存在“燃素循环”，并引用实验证据来支持这一观点。例如，木材燃烧时释放燃素的现象证明了它确实含有燃素。同样，范·海尔蒙特著名的柳树生长实验也可以用树木从空气中吸收燃素来更好地解释。从今天的角度来看，斯塔尔的论证思路确实存在明显缺陷，然而，这里萌芽的正是光合作用的概念雏形——通过这种基本的生物过程，绿色植物能够吸收空气中二氧化碳并茁壮成长。而直到斯塔尔去世 50 年后，人们才真正理解了这一过程。

此时，燃素理论已被整个欧洲的化学家所接受。这是个

值得注意的情况，因为燃素从未被分离出来，甚至在任何实验中都未曾被短暂检测到。但是这种情况也并不完全出人意料。范·海尔蒙特曾提出，除了固体和液体可能还存在第三种物质状态——“气体”，这一观点在很大程度上被忽视了。当时的化学家们习惯于把注意力集中在固体和液体上。当木头燃烧留下灰烬时，他们会忽略产生的烟雾和气体。即使能确定铁锈比原本的金属重，他们也未曾考虑到这种额外重量可能来自空气。

直到化学家们对构成空气的气体进行了系统的研究，这种状况才发生改变。这项研究的最初结果令人震惊。作为最早研究空气中气体的化学家之一，英国化学家亨利·卡文迪许很快就成功地分离出了“燃素”。

在一个遍地怪人的国家和时代，卡文迪许可谓是怪人中的怪人。他的行为让其他人望尘莫及。而他恰好拥有自牛顿以来英格兰最杰出的科学头脑。

卡文迪许出身显赫——父系是德文郡公爵的后裔，母系则来自肯特公爵家族。他体弱的母亲在法国南部生下了他，但仅在两年后便离世。和许多天才一样，年轻的亨利在单亲家庭中成长。他的父亲查尔斯·卡文迪许勋爵是一个敏锐而

有天赋的实验家（他的工作曾受本杰明·富兰克林赞赏），很快就让这个略显古怪的儿子担任了自己的实验室助手。年轻的亨利有着特别的尖细嗓音，说话时总是结结巴巴，这个困扰伴随了他一生。也许正是因为这个原因，他开始厌恶与人交谈，进而发展成对任何形式的人际接触都深感厌恶。他往往选择回避或无视男性，而见到女性更是掩面逃离——这似乎暗示着他母亲在短暂的两年相处中，在他心中留下了某种弗洛伊德式的心理创伤。

40岁时，卡文迪许继承了英国最大的几笔财产之一，随后他立即搬到了伦敦郊区克拉彭公地一所不太时髦的乡村住宅。在这里，他把大部分房间都改造成了宽敞的实验室，并使用一个私人侧门出入，以避免访客和仆人。他的女管家被严令禁止出现在他面前，每天的指示都以纸条的形式传达。他总是独自用餐，饭菜会预先摆放在桌上的银质餐盖之下。当时卡文迪许的账户名下有着英格兰银行最大的一笔存款，而当英格兰银行的一位董事冒昧前来拜访，询问该如何处理这数百万英镑时，卡文迪许狠狠地斥责了他。这位银行家被告知永远不要再来烦他，只管做好自己的工作就行。

更令卡文迪许恼火的是，他在街上散步时开始引起路人的注意。这其实并不令人意外，因为他坚持穿着家族传下来的破旧衣服，其中许多款式在上个世纪就已经过时了。

卡文迪许从一开始就展现出非凡的潜力，他的科学努力很快开始取得成果。凭着仅有的几篇论文，他在 29 岁时就被选为英国皇家学会会员。令人意外的是，他成了学会会议的常客，这个习惯一直持续到他生命的最后时刻。据他的一位同僚观察，他“一生中公开说过的话，比任何一个活到 80 岁的人都要少，就连拉特拉普的僧侣也不例外”。不过，这种修道士般的寡言并不意味着他完全不发出声音。据另一位会员透露，卡文迪许有个习惯，每当他悄悄地从一一个房间移步到另一个房间时，都会“发出一种尖细的叫声”。



亨利·卡文迪许

虽然看起来很奇怪，但这种行为恰恰证明了卡文迪许对科学的全身心投入。为了跟上科学发展的步伐，他愿意忍受这些显然给他带来极大痛苦的社交聚会。他坚信为了整个科学的利益，应该把最新的发现与公众分享。然而，作为一个将大部分清醒时间都投入实验室的科学家，卡文迪许发表的论文相对较少，且间隔甚远。幸运的是，这些为数不多的论文中，包含了他在气体研究领域的开创性成果。

卡文迪许对某些酸与金属反应时产生的气体产生了浓厚兴趣。这种气体早些时候被波义耳分离出来，后来与卡文迪许同时代的约瑟夫·普里斯特利也做过类似的实验。但由于卡文迪许是第一个以全面的科学方式研究其性质的人，人们通常把这种气体的发现与他联系在一起。他开创性地采用了称重法测定了不同气体的密度。他先是使用容量已知的气囊盛装不同气体进行称重。后来他又发明了一套巧妙的装置，能够确保被测气体具有更高的纯度。卡文迪许发现，这种由酸和金属反应产生的新气体密度只有空气的十四分之一。他还观察到，当这种气体与空气混合时，接触火焰就会燃烧，因此将其命名为“来自金属的可燃空气”。卡文迪许当时错误地认为“可燃空气”实际上来自金属，而不是酸。和当时大多数化学家一样，他也认同燃素理论，认为金属是金属灰和

燃素的结合体。这一点，再加上“可燃空气”异常轻盈并且易燃，使他得出了一个轰动性的结论：他成功地分离出了燃素！

但这一退步也伴随着重大的进步。普里斯特利注意到，当他在烧瓶中点燃空气和“可燃空气”的混合物时，烧瓶的玻璃壁上会留下液滴。卡文迪许敏锐地注意到了这一现象，通过产生更多这种物质并进行研究，最终确认这就是水。这意味着水实际上是空气和“可燃空气”这两种气体的结合体。因此水不能再被视为一种元素——这成了彻底推翻亚里士多德四元素理论的最后一击。

大约在同一时间（1784—1785年），蒸汽机的发明者詹姆斯·瓦特也进行了同样的实验。这引发了一场关于优先权的不体面争论，卡文迪许和普里斯特利也被迫卷入其中。在那个时期，科学发现日益呈现出同步性的特点。就在瓦特发明蒸汽机时，其他几个类似的研究项目也在同时进行。

科学正在发展成为一个知识体系，这种体系经常引导从事科学研究的人朝着相似的方向探索。这使人们认识到，科学发现在一定程度上具有必然性。即使卡文迪许（或波义耳，或其他科学家）没有发现“可燃空气”，其他人迟早也会作出这一发现。因此，科学可以被视为一种文化历史现象，而不

仅仅是个别天才独立创造的产物。

不过，为这种新发现的气体确立现代名称的既不是卡文迪许，也不是普里斯特利或瓦特。这一命名是在十年后由伟大的法国化学家拉瓦锡完成的，他将其命名为“氢”（hydrogen，源自希腊语中表示“水”的 hydro 和表示“产生者”的 -gen）。

卡文迪许在气体组成研究方面取得了几项重要发现，他甚至在惰性气体被发现前一个世纪就预言了它们的存在。他还进行了远超时代的电学实验——由于当时还没有测量电流的方法，他会让自己受到电击，通过估计疼痛程度来判断电流大小。此外，他还获得了大量可靠的实验结果，但这些成果大多只记录在实验室笔记本中，未曾发表。这种不发表研究成果的做法并非源于古怪的性格，而是因为卡文迪许为自己设定了极高的标准。对于那些未能达到他要求或仍存在疑问的研究，他都拒绝发表。

也许他最伟大的实验是给地球称重，这充分体现了他卓越的工作能力。牛顿的万有引力公式包括两个物体的质量、它们之间的距离，以及一个当时未知的引力常数  $G$ （牛顿公式给出的是比例关系，而不是精确的数字）。为了测定  $G$  值，卡文迪许设计了一个精妙的实验：他把一根水平杆的两端各

拴一个小铅球，将水平杆的中点用一根细线悬挂着，使其能够自由摆动。通过这种方式，他能够研究自由悬浮的两个小铅球如何受到两个较大的静止铅球的引力影响。由于实验涉及的微小测量需要极高的精度，卡文迪许的实验被后人誉为“微力测量新时代的开端”。他是第一个对小物体之间微弱引力进行实验研究的科学家。知道了各个铅球的质量和它们之间的距离，并测量出它们之间的引力后，卡文迪许就掌握了牛顿公式中的所有数据，从而计算出G的值。现在，他可以将这个值代入描述地球与地球表面物体之间引力的公式中（地球表面物体的较小质量很容易测量）。这样一来，他就能计算出地球的质量。他得出地球的质量为  $66 \times 10^{20}$  吨。这个数值如此精确，直到20世纪才得到改进。这也为牛顿在一个世纪前开创的研究工作画上了重要的句号。

在度过了79年健康的独居生活后，卡文迪许病倒了，病情迅速恶化。他的生活方式直到生命最后一刻都始终如一。根据同时代的化学历史学家托马斯·汤姆森(Thomas Thomson)的说法：

当他发现自己即将离世时，他吩咐仆人让他独自待着，并且在他指定的某个时间之前不要回来，他预计自己到那时已不在人世。然而，他的仆人深知主人的状况，十分担心，便在指定时间之前打开房门，走到床边查看垂死的主人。卡

文迪许先生当时仍然清醒，对仆人的擅自闯入感到恼怒，不悦地命令他离开房间，并严令他在规定时间之前无论如何都不许回来。当仆人在指定时间回来时，发现主人已经离世了。

卡文迪许没有把他的数百万财产留给科学事业。与普遍的看法不同，剑桥大学卡文迪许实验室成立于他去世 61 年后的 1871 年，实际由一位亲戚提供资金支持。但通过这种方式，卡文迪许的名字得以与卓越的科学成就长久联系在一起。不过该实验室与卡文迪许本人的联系也不仅仅停留在这种误解层面。卡文迪许实验室的首任主任、伟大的电磁学先驱詹姆斯·麦克斯韦收集了卡文迪许未发表的论文，并重现了他的几个电学实验。结果表明卡文迪许已经预见到了法拉第和麦克斯韦这两位领域先驱的许多重要工作。完成这些实验时恰逢卡文迪许实验室的第一个划时代科研时期。随后的第二个辉煌时期是一代人之后卢瑟福对原子结构的开创性研究，第三个时期则是 1953 年克里克和沃森发现 DNA 结构。迄今为止，世界上还没有其他实验室能够取得与之比肩的成就。

卡文迪许看起来已经发现了燃素，从而支持了贝歇尔提出的“三土”元素理论。然而，这一理论本质上是亚里士多德四元素理论的衍生，而卡文迪许发现水能由两种不同的气体产生，又恰恰动摇了四元素理论的基础。那么，燃素究竟

是什么？这可能是揭示元素真实本质的关键吗？

显然，答案在于对气体和燃烧的深入研究。由于更实际的原因，这个话题也开始引起人们的关注：瓦特改良蒸汽机的发明引入了一种新的能源概念。在人类历史上，这是第一次不再依赖自身或动物的肌肉，或是变化无常的风力和水力作为动力来源。人们现在可以随心所欲地获取几乎无限的能量。机器时代开始了，并且在英国引发了一场工业革命。报酬微薄的农村劳动者开始离开土地到工厂工作，工作条件通常极其恶劣。（在诗人布莱克的想象中，这些工厂将成为“黑暗的魔鬼工厂”，玷污了“英格兰绿色宜人的土地”。）由此产生的社会动荡带来了不满和对传统价值观的质疑。这种变革的一个征兆是异端宗教派别的传播，如一神论派。这个新教极端教派的主张已经超出了英国国教会所能容忍的范围。约瑟夫·普里斯特利是一神论运动最有影响力的领袖之一，他是与卡文迪许保持零星通信的少数同时代科学家之一。

普里斯特利出生于 1733 年，仅比卡文迪许晚两年。他的母亲也在他小时候去世了，像卡文迪许一样，他一生都饱受口吃的困扰。然而在其他方面，他们却截然相反。

普里斯特利关心人类的困境，就像在他之前的牛顿一样，他认为自己的宗教工作比科学工作更为重要。在当时的情况

下，这样的自我评价很可能是正确的。普里斯特利的实验也许改变了化学的发展进程，但他出于宗教信仰而对同胞所表现出的同情却让整个国家动荡不安。

普里斯特利最初是一位一神论教会的牧师，科学研究仅仅是他的业余爱好。1765年，由于同情遭受压迫的美洲殖民地人民，他结识了美国爱国志士本杰明·富兰克林。富兰克林同样是一位有着强烈宗教信仰的杰出科学家。然而有趣的是，正是在富兰克林的影响下，普里斯特利开始认真地投入科学研究。

两年后，普里斯特利在利兹担任牧师，住在一家大啤酒厂旁边。在这里，他开始了对气体的系统研究。隔壁发酵啤酒的大桶冒着泡，提供了充足的气体，当时被称为“固定空气”（二氧化碳）。普里斯特利收集了这种气体并观察其性质：放在里面的老鼠很快就死了，火焰也熄灭了，通过称重还发现这种气体比空气更重。为了获得更纯净的“固定空气”样本，普里斯特利采用了一种传统方法，在装有硫酸的烧瓶中加入石灰。气体通过一根导管从密封的瓶子中逸出，管子在水下弯曲后延伸至倒置的装满水的瓶子，这样冒出的气体就会进入瓶子并置换出瓶中的水。在这里，普里斯特利注意到“固定空气”的另一个特点：部分气体溶解在水里，形成了“一杯异常清爽宜人的气泡水”。这就是我们现在所说的苏

打水。（早在美国建国之前，一位亲美人士就发明了这一工艺，这种工艺日后促成了可口可乐的诞生。）

在卡文迪许的建议下，普里斯特利开始改用水银而非水来收集气体。这一改进使他能够发现并研究多种此前无法收集的气体，因为这些气体都会溶于水。通过这种方法，他分离出了我们现在所知的氧化氮、氨、氯化氢和二氧化硫等气体。这些气体似乎都不是元素，而且除了氨以外，其他气体溶于水后都呈酸性。

1774年，普里斯特利使用汞的过程中取得了他最重要的发现。当汞在空气中加热时，会形成砖红色的汞灰。普里斯特利将一份汞灰样品放入烧瓶中，然后通过一个直径1英尺的放大镜将太阳光线聚焦在样品上，使样品受到集中的热量——这个放大镜是他刚刚获得的，正迫不及待想使用。他发现银色的汞珠开始在红色汞灰中显现。与此同时，分解的汞灰释放出一种气体。当普里斯特利收集到这种气体后，发现它似乎是一种“优质空气”，具有一些非凡的特性。

一支蜡烛在这种空气中燃烧，火焰的强度惊人；一小块烧得通红的木头在其中剧烈燃烧，发出噼啪声响，呈现出一种像白热发光的铁的样子，并向四面八方抛出火花。为了进一步地证明这种空气的优良品质，我在里

面放了一只老鼠；如果是普通空气，它在大约一刻钟就会死去，但它却活了下来……整整一个小时。

事实上，如果不是普里斯特利不小心让老鼠冻死了，它可能会活得更久。他甚至亲自尝试吸入这种新气体：“这种气体在我肺部中的感觉与普通空气并无明显不同，但在吸入后的一段时间里，我感觉胸部异常轻盈舒适。”这让他兴奋了起来！因此，他预测这种气体未来可能会成为有闲富人的一种时尚消遣品，就像是可卡因的一种温和前身。

作为燃素理论的坚定信徒，普里斯特利用这一理论解释了他新发现的气体的化学性质。由于物体在这种气体中极易燃烧，意味着它们会迅速释放出燃素。对此他给出了一个看似合理的解释：这种新气体是一种不含燃素的空气，这正是它能如此迅速地吸收燃素的原因。因此，普里斯特利将他的新气体命名为“去燃素空气”。

普里斯特利是科学开放的坚定支持者，1774年早些时候，他在访问巴黎时把自己发现的“去燃素空气”分享给了那个时代最伟大的化学家安托万·拉瓦锡。这对化学发展史产生了深远的影响。

的确，这就是为什么普里斯特利至今仍常被认为是氧气的发现者，尽管现在人们知道，舍勒早在两年前就在瑞典用氧化汞进行了完全相同的实验。虽然严格来说，普里斯特利的发现可能并非首创，但正是他将这一发现引入科学界，并产生了重大影响。

这样的优先权归属并非没有先例。19 世纪德国数学家卡尔·高斯与阿基米德和牛顿一起被公认为是有史以来三位最伟大的数学家之一，他的几项原创发现也经历了类似的过程。高斯将许多大胆创新的研究都秘密记录在未出版的笔记本中。因此，人们并不知道他在数论领域取得了重大进展，在年轻时就发现了非欧几里得几何，创立了直到现在才被充分理解其重要性的纽结理论，甚至发明了电报。几乎所有这些发现都被归功于后来独立发现它们的其他人。但正是这些人将这些发现传播到了公共领域，从而推动了各自领域的进一步发展。科学发现要么造福所有人，要么毫无意义。即使那些出于商业或军事目的而保密的发现，实际上最终也会进入公共领域。

普里斯特利的无限好奇心和对实验的执着信念使他完成了大量的化学发现，并将这些发现公之于众。他的同时代人戴维甚至赞叹：“从未有人发现过如此之多的新奇物质。”普里斯特利声名远扬。他发明的苏打水（他拒绝为此申请专

利)在整个欧洲掀起了一股健康热潮，英国海军甚至尝试用它来治疗坏血病，但最终失败告终。另一项让他名垂青史的贡献是他为一种刚传入欧洲的巴西植物汁液命名。当他发现这种汁液能擦去铅笔痕迹时，便将其命名为“橡胶”(rubber，意为“擦除”)。

然而，他在科学上的声望比不上他在政治和宗教上的声望，而这种政治和宗教影响力反而给他带来了麻烦。1776年，他公开支持美国殖民者的独立宣言；1789年法国大革命爆发时，他也表达了类似的支持态度。他满怀希望地期待着，这个世界终将出现公正的社会。然而，随着英国反法情绪的高涨，两年后，由当局煽动的“保王派”暴徒烧毁了他在伯明翰的住所。普里斯特利逃往伦敦，却在那里遭到排斥。为了表彰他对革命的支持，他被授予法国荣誉公民称号。当法国宣布成立共和国处决路易十六，并最终对英国宣战时，这个头衔反而成了他的负担。普里斯特利最终决定移居美国。1794年4月，61岁的他带着心爱的化学仪器，启程前往纽约。即便如此，在理性思维和宗教信仰的支撑下，他依然保持着一贯的宽容与乐观。他宣称：“我离开这个国家并非毫无遗憾，但我相信，当人们恢复冷静时，我的同胞们会给予我公正的评价。”

当普里斯特利乘船前往美国时，他依然坚信燃素理论能

够解释燃烧现象。然而，其他人已经开始对此提出质疑。

## 第十章、谜底揭晓

当普里斯特利在巴黎向拉瓦锡展示他的“去燃素空气”时，拉瓦锡立即领会到这一发现的深远意义。普里斯特利可能是一位卓越的实验科学家，但拉瓦锡对化学有着更为深刻的理论理解。与其他人不同，他运用自己百科全书式的化学知识，为这门学科建立了科学的体系。正是在那个新发现层出不穷的时期，这样的构建才终于成为可能。科学家们开始发现一些规律：相似的物质可以归为一类，它们具有相近的性质，这很可能是由于它们含有相似类型的元素。

化学这门学科已经做好了迎接伟大人物的准备。

拉瓦锡被誉为“化学界的牛顿”绝非偶然。然而，他并非只专注某一科学领域。在他短暂的 50 年生命中，他不仅奠

定了现代化学的基础，同时还担任多个重要行政职务，并在诸多领域推动技术进步：热气球技术、法国矿物资源测绘、城市街道照明、巴黎供水系统、火药效能改进，以及建立全尺寸示范农场等。然而，这位法国科学巨匠究竟是怎样的人呢？科学历史学家查尔斯·C. 吉利斯皮（Charles C. Gillespie）将拉瓦锡描述为“将会计师精神提升到了天才境界”，这一评价确有其道理。对于一个在如此之多的领域取得如此之大成就、在法国历史上最激动人心的时期之一度过如此丰富多彩的生活的人来说，他留下的个性特征却少得令人惊讶。

这个无所不能的人却似乎毫无个性。拉瓦锡就是拉瓦锡。

安托万·拉瓦锡于 1743 年出生在一个富裕的中上层家庭。在他成长的过程中，狄德罗的《百科全书》首卷开始问世。这是法国启蒙运动的最终产物，其思想源流可以追溯到笛卡尔等人。它旨在成为一部“理性词典”，以传播当时席卷欧洲的艺术与科学成果。该全书汇集了 18 世纪法国顶尖知识分子的智慧结晶，撰稿人包括伏尔泰、卢梭、孟德斯鸠、数学家达朗贝尔、哲学家孔迪亚克以及狄德罗本人。值得注意的是，正是狄德罗坚持认为科学的未来在于实验而非数学。科学发展的重心正从牛顿的理论视野转向卡文迪许和普里斯特利的实践路线。这对年轻的拉瓦锡产生了深远影响。

《百科全书》旨在对抗教会和旧制度令人窒息的压迫，路易十五和他那挥霍无度的庞大宫殿凡尔赛宫便是这种压迫的缩影。凡尔赛宫有成千上万的房间和壁橱，却没有一个抽水马桶，不过当路易那位著名的情妇蓬巴杜夫人满不在乎地说出“我们死后，洪水滔天”时并不是在指宫廷的管道。如今，除非启蒙思想得以传播并推行全面改革，否则法国将不可避免地走向一场重大的社会灾难。

拉瓦锡展现出非凡的天赋，年仅 23 岁就被选入法国科学院（前身为巴黎皇家科学院）。然而，他的下一步行动却让那些开明的院士同僚大为震惊——他选择加入旧制度下最具压迫性的机构之一：总包税公司（Ferme Générale），并将自己的遗产投资其中。这是一个私营机构，以收取佣金的方式为政府征税。由于利润驱使，总包税公司的税吏们采用残酷的征税手段，使其成为当时最令人憎恨的机构之一，在那时，各种形式的权威日益遭到民众的唾弃。当然，拉瓦锡并非税吏，他只是在包税公司担任行政职务，但他必然清楚机构内部的所作所为。人们通常为他开脱说，他这样做是为了通过投资获得足够的收入来维持他的科学研究。

但拉瓦锡从这份工作中得到的第一个也是最大的好处并不是经济上的。29 岁那年，他出人意料地迎娶了包税公司的一位高级合伙人年仅 13 岁的女儿。据说，他的新娘安妮-

玛丽是被父亲匆匆嫁出去的，为的是避免王室施压让她嫁给一位 50 岁的穷困贵族——这位困惑的小女孩向父亲形容那个贵族是“一种怪物”。尽管情况如此，一位条件优越的单身男子如此仓促地娶一个 13 岁的女孩，似乎暗示了拉瓦锡要么性格软弱，要么是赤裸裸地追名逐利。但无论如何，这些疑问在婚姻本身的发展面前都显得微不足道。虽然他们没有孩子，安托万和安妮-玛丽·拉瓦锡夫妇在他们的余生中仍然是一对深爱彼此的夫妻。这段婚姻成就了他们两人的一生。安妮-玛丽不仅成了她丈夫在科学方面的合作伙伴，更是全方位的搭档：她学习英语以便向他传达英国皇家学会发表的最新化学论文；她参与了许多最重要的实验，有时是由她搭建实验装置，而且总是由她撰写实验报告。在化学理论的探讨过程中，她似乎做出了相当大的贡献。有人甚至将他们的关系比作下个世纪之交的皮埃尔和玛丽·居里的合作关系，这似乎就有些言过其实了。

然而，有一件事是肯定的：如果没有安妮-玛丽的支持，拉瓦锡肯定既没有时间也没有精力去追求他成功的行政生涯。正是这份事业让他积累了可观的财富，为他的科学和人道主义项目提供了资金。这些项目包括他在奥尔良省建立的示范农场，以及他在当地建立的饥荒救济组织。至少他征收的税款中有一部分又以慈善的形式返还给了社会。

在为包税公司工作过程中，拉瓦锡所表现出的能力很快就使他晋升为高级合伙人。他在法国科学院陆续被任命担任多个委员会的成员。同样，他对军火工业的改进建议最终使他被任命为火药管理局局长。这个职位让他获得了位于巴黎兵工厂的一处宏伟住所，他在那里建立了一个设备精良的实验室。

就是在这里，当时最优秀的艺术家大卫为拉瓦锡夫妇画了一幅著名的肖像画。尽管这是一幅“伟大的科学家和他的妻子”的社交肖像画，但它也展现了一种专注而略显冷静的奉献精神。拉瓦锡正坐在他那张铺着红色天鹅绒的桌前书写，桌子上放着各种各样的玻璃器具。安妮-玛丽俯身靠近他，手轻轻搭在他的肩上，而他半转过脸，抬头凝视着她。他优雅地戴着假发，身着时髦的蕾丝领饰，搭配着与之相配的袖口，黑色及膝马裤剪裁考究，长袜与之配套；而她则穿着一件饰有蓝色缎带的塔夫绸长裙。一件件器具显得光滑、精准、崭新，让人觉得即便是那只侧放在他带扣鞋子旁的大而易碎的烧瓶，也丝毫不用担心会被碰碎。这是一幅将科学家描绘为理性之人的肖像：他在干净明亮的实验室里进行精确测量的实验，身旁有衣着得体的妻子协助。当然实验室的情况不可能总是如此，一定有过令人沮丧的日子，刺鼻烟雾弥漫，人们双手抱头，碎裂的试管散落在工作台上，但那个孤独的炼

金术士隐匿在昏暗密室中、被呛人气味包围的日子已经一去不复返了。化学现在是一门文明的科学。

根据安妮-玛丽的说法，拉瓦锡之所以能取得如此多的成就，是因为他坚持严格的作息时间表。每天早晨 6 点起床，他会专注于科学研究直到 8 点。随后的白天时间则分配给总包税公司、火药管理局以及科学院各委员会的工作。晚上 7 点，他会再投入 3 个小时进行科学研究。他将星期日称之为“幸福日”，专门用来做实验。然而，这样的作息并非一成不变，因为拉瓦锡夫妇以在兵工厂官邸举办的晚宴而闻名。许多著名的科学家和知识分子都出席过这些晚宴，偶尔包括托马斯·杰斐逊和本杰明·富兰克林。用完咖啡和干邑白兰地后，客人们会被带到实验室，参观拉瓦锡的最新研究成果。

拉瓦锡从一开始就采用了现代化学研究方法。这体现在他对天平的重视上（这种天平是当时最精确的称重仪器）。化学并非神秘莫测的转化过程，所有的变化都是可以解释和测量的。同时，他也认识到传统理论正在严重阻碍化学发展，这些理论不但无法解释任何现象，反而似乎不利于科学突破。鉴于此，拉瓦锡最初倾向于相信四元素理论，这让人感到有些惊讶。他是被实验证据说服了这一观点的。他亲眼看到水在烧瓶中连续煮沸数小时后，最终产生了微小的沉淀物。水似乎含有土，而且水能够蒸发成气。不过，他始终怀有疑虑，

因为四元素理论既无法解释化学反应的本质，也无法推动化学研究的进展。



大卫于 1788 年创作的著名肖像画《安托万·洛朗·德·拉瓦锡与

夫人》

1770年，拉瓦锡决定在最严格的科学条件下，对水转化为土的现象进行彻底的检验。为此，他使用了一个称为“鹈鹕”的密封装置，水在其中被煮沸，随后水蒸气进入一个管道并在那里被冷凝，并回流到沸腾烧瓶中，这样在整个过程中就不会有任何物质损失。在开始实验之前，拉瓦锡分别称量了水和容器的重量。然后将水在密封的容器中煮沸不少于101天。和之前一样，沉淀物如期出现了。拉瓦锡先是称量了水的重量，发现它的重量和之前完全相同！这表明沉淀物不可能来自水。而当他称量这个鹈鹕装置时，发现它比以前稍微轻了一些，而这个减少的重量恰好等于沉淀物的重量。所以“土”不是来自水，而是被沸水从玻璃容器中溶解出来的。四元素理论最后一个可能的证据就此崩塌了。

两年后，拉瓦锡将注意力转向了燃烧这一棘手问题。他进行了一个实验：在装有限量空气的密封容器中加热铅。起初，铅的表面形成了一层铅灰，随后反应停止。根据当时普遍接受的燃素理论，这是铅释放出燃素后变成铅灰，而当容器中的空气吸收了足够多的燃素达到饱和时，反应就会停止。

拉瓦锡称量了整个装置，包括铅、铅灰和空气等，发现

它的重量和加热前完全一样。接着，他称量了铅和其表面的铅灰层，和前人发现的一样，这个重量比原始金属更重。既然金属在部分转化为矿灰的过程中增重了，那么容器中必定有其他物质失去了相同的重量。这只能是空气。如果空气减少了，这就意味着在实验结束时，容器中会形成部分真空。为了验证这一推测，拉瓦锡重复了这个实验，当他打开密封的容器时，果然听到空气涌入容器时发出微小的嘶嘶声——容器内确实存在部分真空！

拉瓦锡的实验证明，金属转化为金属灰的过程与所谓神秘的燃素无关。在当时人们认为燃素要么具有负重量，要么是某种非物质的“要素”，与重量的损失或增加无关。但拉瓦锡证明了金属实际上是和一种有重量的物质发生了结合，而这种物质正是空气的一部分。

就在这时，普里斯特利来到了巴黎，向拉瓦锡展示了他发现的一种新的气态元素，他称之为“去燃素空气”。在拉瓦锡看来，这位不信奉国教的英国牧师不过是个业余爱好者，一个奉行令人钦佩的自由主义原则的好心人，但很难说是一流的科学家。诚然，他在实验方面颇具天赋，但他缺乏对科学理论的扎实理解。像许多英国人一样，他是一个实用主义者，而不是一个理性思考者——完全无法与法国的理论家相提并论。普里斯特利可能偶然发现了这种新气体，但他不知

道自己发现的意义。

拉瓦锡立刻明白了这一点。既然他已经证明不存在燃素这种东西，这种气体怎么可能是“去燃素空气”呢？

普里斯特利一回到英国，拉瓦锡就重复了他的实验，得到了所谓的“去燃素空气”。随后，拉瓦锡进行了一系列更精密的实验，发现这种“去燃素空气”普遍存在于空气中。他用燃烧的蜡烛做了一个实验：将蜡烛放在盛水容器中的浮台上，再用一个倒置的玻璃罐罩住蜡烛，确保罐口浸没在水中。随着蜡烛燃烧，罐中的水位逐渐上升，表明蜡烛在消耗空气。但拉瓦锡注意到一个重要现象：当水位上升至罐体积的五分之一时，蜡烛总是熄灭。空气显然是由两种气体按照 1：4 的比例组成的，其中被用于燃烧的五分之一就是普里斯特利所说的“去燃素空气”。通过这个实验，拉瓦锡意识到燃烧的本质与燃素理论恰恰相反：物质燃烧时并非释放出某种假想的燃素，而是与空气中占五分之一的“去燃素空气”发生了化合。

拉瓦锡决定将这种元素重新命名为“氧”（oxygen，源自希腊语中表示“酸”的 oxy-和表示“产生者”的-gen）。这在当时合情合理，因为拉瓦锡的实验表明这种元素气体存在于所有酸中。这一结论直到戴维发现氯是一种元素时才被推翻，

这比舍勒最初发现这种刺鼻的绿色气体晚了一代人。戴维继续证明盐酸只含有氢和氯，而不含氧。因此“氧”的英语命名其实并不准确，但为时已晚。于是，“氧”与“西印度群岛”等词一样，成了广为流传但命名不当的典型。

燃素理论最终被彻底推翻。拉瓦锡发表论文描述了氧在燃烧过程中的作用。然而，他刻意避而不谈普里斯特利的工作在这一重大发现中所起的关键作用，甚至暗示是他本人发现了氧气。作为一位卓越的化学家，拉瓦锡渴望通过发现新元素来获得公众瞩目。据说，拉瓦锡夫人以一场“理性的科学仪式”庆祝了丈夫论文的发表。在燃素理论创始人贝歇尔逝世一百周年之际，拉瓦锡夫人身着古希腊女祭司的长袍，在众多科学界名流面前，庄重地在祭坛上焚烧了贝歇尔和斯塔尔的著作。

尽管这一举动极富戏剧性，但并不是所有人都完全信服。随着工业革命的到来，科学现在已经成为一种社会现象，并因此被卷入欧洲各国的民族主义竞争中。英国为了维持其工业优势，在整个 19 世纪初期都在设法阻止新机器、制造技术和熟练工人的外流。对德国人而言，燃素理论是他们伟大的化学家斯塔尔的成果。法国人能对科学了解多少？拉瓦锡不可能是对的。与此同时，英国人对这种欧洲大陆的争吵一如既往地保持距离：普里斯特利和卡文迪许都固执地坚持着燃

素理论，尤其是他们的研究工作似乎已经证实了这一理论。

燃烧被认为是主要的化学过程之一，斯塔尔已经注意到了它与生锈的相似之处。拉瓦锡进行了一系列实验，证明呼吸也是一个类似的过程。他发现吸入的空气中氧气含量远高于呼出的空气。在呼吸过程中，人体吸入氧气，呼出“固定空气”（二氧化碳）。有几张图展示了拉瓦锡研究呼吸过程的场景：一位实验对象赤裸上身坐在椅子上，踩着一台机器。他脸上戴着一个令人生畏的面罩，完全遮住了整个面部，看上去像人体模特一般。一根导管从面罩前端延伸，连接着几个烧瓶。图中还可见拉瓦锡正在指导戴着假发、身着礼服的助手们工作，而拉瓦锡夫人则坐在桌前专注地观察并记录实验过程。

在拉瓦锡的所有实验中，一切都经过精确测量。实验对象在 77 至 54 华氏度的室温条件下，接受了多种情况的测量，还包括“有进食”“未进食”“未进食工作”等不同状态。拉瓦锡找到了一个规律：参与化学反应的物质可以发生变化，但它们的总重量始终保持不变。这就是他发现烧瓶中的水在沸腾时并不会产生土的奥秘所在。

这一思想后来成了物质守恒定律，并成为 19 世纪化学的基石之一。



拉瓦锡的实验室

拉瓦锡不仅为化学的未来指明了方向，还解开了化学史上一个重大谜题——燃烧，并证明了这一发现所解决的问题远不止火的奥秘。燃烧本质上是氧化过程，即物质与氧气的结合。正如可燃物燃烧产生灰烬，金属生锈会产生“金属灰”，生物呼吸会产生“固定空气”（二氧化碳）等等。

从上述名称可以看出，化学当时陷入了命名混乱的困境。一方面有像“氧气”这样具有科学基础的名称（尽管并不恰当），另一方面也并存着“固定空气”这类基于理论推测的名

称，以及诸如“铅灰”等炼金术遗留术语。同一种物质在不同教科书中甚至会有“去燃素空气”和“氧气”两种称谓，这是因为它们分别基于不同的理论。当涉及更复杂的物质和化合物时，历史遗留的命名法问题更令人困惑：一些名称源自自然现象和采矿术语，另一些源自实际或想象的效果或特性，还有更多源自炼金术实践。不同语言和不同学科（如医学或地质学）往往还各有其特定术语。当时有“某某酞剂”“某某油”“某某精华”等各种称谓，比如水银就有“quicksilver”和“hydrargyrum”等多个名称，铅黄实际上就是现在的氧化铅。这些混乱的命名促使了变革的到来。1787年，拉瓦锡在与人合著的《化学命名法》中提出了一套符合逻辑的化学命名体系，主张所有化合物都应根据其组成的元素来合理命名。例如，盐酸或氢氯酸(hydrochloric acid)的名称表明这种物质是氢和氯的化合物，这种命名法使得化学成分一目了然，也将改变我们对化学反应的理解。例如，当锌被加入盐酸时，会通过化学反应形成化合物氯化锌。通过逻辑推理，这个冒泡反应所释放的气体必然是氢气。化学通过规范的科学实验不断进步，而这些实验现在可以用科学的语言来描述。

这一步的重要性无论怎么强调都不为过。这种语言本身甚至也能成为一种科学工具，例如通过名称就能预测锌和盐

酸反应会产生氢气。为了使这种新的化学语言体系更加完善，拉瓦锡在两年后出版的《化学基础论》中，对构成这种新化学语言基础的元素做出了明确定义。不过，他同时也意识到在这一工作中存在着一些难以克服的困难。

因此，可以这么说：如果我们用元素一词来表示构成物体的简单而不可分割的分子，那么我们很可能对它们一无所知；但是，如果我们用“元素”或“要素”来表示分析物质所能达到的最终点，那么所有我们尚未能用任何方法分解的物质就是元素。这并不是说我们可以断定这些看似简单的物质本身不是由两个或更多要素构成的，而是因为这些要素没有被拆开，或者更确切地说，因为我们还没有办法将它们拆开，所以它们对我们来说是简单物质。在实验和观察证实它们是复合物质之前，我们不能假设它们是由多种成分组成的。

从本质上讲，这只不过是对一个世纪前波义耳定义的改进，但其中体现出了重要的思维转变。这是一种由实验技术的进步和对实验方法的依赖而产生的新实用主义态度。拉瓦锡承认我们可能永远无法准确认知元素的本质，而只能依靠实验实践来判断某物是否为元素。化学正在学习承认自身的认知局限，这反而使我们对已知事物有了更深入的理解。这也是科学方法上的一次革命性进步。在此之前，元素都是理论上定义的。早期的自然哲学家确信他们完全知道元素的本质。

质及其种类（如土、气等），但这种充满自信的理论定义远远超出了当时实验验证的能力。现在虽然仍保留了元素的定义，但它只是作为一个理想的指导方针，同时提醒人们要认识到实际知识的局限性。它不像四元素的概念那样是一种束缚性的教条，甚至暗示了这种理想的理论定义因其本身可能永远无法企及，所以在实验科学中并不具有决定性地位。

这个时代最伟大的哲学家恰在此时提出了与这些观念相对应的形而上学体系，这当然不是巧合。在近千英里外的波罗的海岸边，身处寒冷的哥尼斯堡，伊曼努尔·康德正在勾勒一个由“现象”和“本体”两部分组成的哲学世界。前者是事物的表象，即我们通过感官和测量等方式感知到的世界；后者是事物不可知的核心，是超越我们感官认知的真实世界，也是支撑并产生那些现象的本质。此后的哲学史很大程度上都在试图调和这一区分，这种区分既涉及认识论，也关系到科学本身。同样地，科学发展也一直在理论主导与实证主导之间徘徊，既要把握事物的本质，又要确定世界的规律。那么，元素是由什么构成的？哪些物质能称为元素？

在对第一个问题提出初步答案后，现在他大胆地列出了他对第二个问题的答案。拉瓦锡在他的《化学基础论》中列出的元素表精确得惊人。他总共列出了 33 种元素，其中包括“镁土”和“石灰”在内的 8 种元素后来被证明是化合物氧

化镁和氧化钙。有两个是完全分错了类：他将“光”和“热质”列为元素。这两者曾被认为是物质，但现在我们知道它们是能量的形式。具有讽刺意味的是，拉瓦锡认为“热质”是一种“不可称重的流体”或要素，这与他否定的燃素理论本质上并无二致。一个有时具有“负重量”的神秘要素，被另一个类似的概念所取代！虽然“热质”的影响不如燃素那么深远，但它仍然阻碍了此后半个世纪对热的科学研究。

然而，拉瓦锡的积极贡献远远超过了这些瑕疵。他对元素的定义为后世探索元素的道路指明了方向。拉瓦锡自己可能没有发现任何新元素（这令他懊恼）。同样，他也不是任何重大发现的唯一贡献者——他并没有独自推翻燃素说，也没有首创物质守恒定律，甚至没有率先提出化学元素定义（尽管他希望我们这样认为），但是，他所贡献的是一种革命性的方法论，这最终确立了化学作为一门研究现实世界的科学知识体系的地位。

但 1789 年还有另一场革命。7 月 14 日，巴黎人民攻占了巴士底狱。法国大革命由此拉开序幕，随之而来的一系列事件最终导致路易十六被送上断头台，共和国宣告成立。此时，拉瓦锡发现自己陷入了极其棘手的处境。作为一名科学家，他为推动进步改革做出了巨大贡献，但他同时也是两个机构的成员，这两个机构与旧制度密切相关：科学院和包税

公司。革命初期的欢欣鼓舞很快被不可避免的流血事件所取代。在新政权下，拉瓦锡继续担任兵工厂火药管理局局长，在革命变革的惊涛骇浪中尽其所能地维持着自己的行政工作。具有讽刺意味的是，反而是他在科学院的会员身份使他陷入了危险。

几年前，一位雄心勃勃的年轻记者向法国科学院提交了一篇论文，希望能加入这个享有盛誉的机构。这篇论文是关于火的性质的。在文中，记者声称自己进行了一项实验，“证明”了在封闭空间中燃烧的蜡烛如何自行熄灭。据论文所述，这是因为被火焰加热的空气膨胀，导致火焰周围的压力增加，火焰随之逐渐缩小直至消失。

这种看似巧妙的解释在燃素时代可能会引起一些注意，但在拉瓦锡的研究成果面前，这纯属无稽之谈。作为科学院院士，拉瓦锡不得不告知这位误入歧途的记者，他的论文毫无科学价值——用现代的话来说，甚至“连错误都算不上”。这位记者对拉瓦锡的轻蔑拒绝深感侮辱，拉瓦锡从此有了一个不会轻易忘记他的敌人。

这位记者名叫让-保罗·马拉。到1791年，马拉已成为雅各宾派的主要成员之一，而雅各宾派是不久后恐怖统治的极端倡导者。当年，马拉在雅各宾派的报纸《人民之友》上

公开攻击拉瓦锡。他形容拉瓦锡是一个“江湖骗子……学徒化学家”，“声称自己是每个发现的合法父亲，却没有自己的任何自己的想法，完全依靠他人的想法来支撑自己”。这种对拉瓦锡贡献的严苛评价也许包含了一点真相，但马拉的目的很快就变得显而易见，他感兴趣的远不只为后人纠正历史。他更关心的是这位“投机银行家……首席税务官……这个年收入四万里弗尔的小领主”眼下的命运。马拉最后宣称：“真希望他夜里被吊在路灯柱上。”

两年内，马拉领导雅各宾派掌权，恐怖统治全面展开。尽管马拉很快被暗杀，但拉瓦锡仍难逃厄运被捕入狱。尽管拉瓦锡夫人竭尽全力营救，她的丈夫还是被押上了法庭。法官宣称“共和国不需要科学家”，随即判处拉瓦锡死刑。当天他就被送上了断头台。当他的科学院同僚、著名法国数学家约瑟夫-路易·拉格朗日得知这一消息时，留下了一句令人心酸评论，也成了拉瓦锡最好的墓志铭：“只要一分钟就能砍掉的那颗头，再过一百年可能也长不出一个类似的。”

## 第十一章、化学公式

普里斯特利在抵达美国时得知了他的对手拉瓦锡去世的消息。然而，尽管拉瓦锡提供了强有力的实验证据，普里斯特利直到生命的最后一刻仍然坚信燃素理论是正确的。20世纪德国物理学家马克斯·普朗克曾经诙谐地指出：“一个新的科学理论取得胜利，并不是因为它说服了反对者们并让他们看到了光明，而是因为反对者们最终都死了。”

与此同时，其他科学家迅速在拉瓦锡奠定的新化学基础上继续发展。最引人注目的进展来自英国人约翰·道尔顿。有人声称，道尔顿对科学只作出过一个贡献，而他其余的工作就像他本人一样平凡，这种说法是有道理的。但他所贡献的这个思想却是化学史上最深刻、最持久的思想。这个思想本身并非原创，但道尔顿对它的应用方式却是开创性的。

1766年，约翰·道尔顿出生在英国湖区边缘的偏远村庄伊格尔斯菲尔德。几年后，浪漫主义诗人华兹华斯“发现”了这里粗犷的美，而当时这种崇高之美尚未被世人认可。这与化学的状况形成了恰当的类比：化学也处于类似的状态，而道尔顿将成为化学界的华兹华斯。不过，道尔顿是一位科学诗人，以严谨的理性思维见长，而非感性的抒情。他的父亲是一位信奉贵格会的手工织布工。道尔顿11岁时离开了当地的贵格会学校，但一年后又回到母校任教。由于他的授课能力欠佳，加上要管教比自己年长的学生，他在课堂纪律方面遇到了不少困难。很少有人能察觉到他的热情，而一旦这种热情被激发，就会变得异常执着。他最初对气象学产生了浓厚兴趣，这位高瘦的学者开始痴迷于记录每日天气的细节——这些平凡的观测就如同他灵感的源泉。道尔顿坚持记录气象数据将近60年，直到生命的最后一天仍在进行观测。这些珍贵的记录被精心保存，其中也包括他在1796年6月一个潮湿的周四下午观测到的宝贵数据，直到1940年一枚纳粹炸弹将它们炸得粉碎。

道尔顿似乎总是将他的科学热情和非凡天赋浪费在不恰当的研究对象上。他是色盲，却因为对气象现象的兴趣而尝试描述极光。他的诗意天赋和视力缺陷使他将这一壮丽的奇观归结为“一种弹性流体，具有铁或更确切地说是磁性

钢的特性，而这种流体因其磁性呈现出圆柱形光束的形态”。

直到 30 岁后，道尔顿才真正将注意力转向化学。当时他在曼彻斯特过着隐居生活，开办了一所小型私人补习学院，专门教授科学课程，主要使用自制设备进行教学。

出于对气象学的痴迷，他开始研究空气的成分，这进而引导他对气体的性质和组成进行深入细致的探索。他认同波义耳提出的“气体由微小粒子构成”的观点，并很快发现了气体的一个基本性质，这一性质至今仍被称为“道尔顿定律”。该定律指出：当两种或多种气体混合时，它们的总压强等于各种气体单独占据相同体积时的压强之和。

就在十多年前，法国化学家路易-约瑟夫·普鲁斯特于 1788 年发现了气体的另一个重要性质，他发现这个性质也适用于其他物质的化合物。他提出的定比定律指出：

所有化合物都是由元素按确定的简单重量比组成的。换句话说，一种化合物中两种元素的比例可以是 3 : 1，但不会变成 3.21 : 1 或 2.8 : 1 这样的复杂比例。道尔顿认为，如果把波义耳的气体概念推广到所有物质，即所有物质最终都由不可分割的微小粒子构成，那么这个定律就很容易解释了。如果一种元素的粒子重量是另一种元素的三倍，当这两种元素各以一个粒子结合形成化合物时，那么它们的重量比必定

恰好是 3 : 1，不可能出现 3.21 : 1 或 2.8 : 1 这样的比值。

道尔顿认识到这些终极的、不可摧毁的粒子与德谟克利特“不可分割”的原子概念相类似，因此决定将它们称为原子。但这并非简单地照搬古希腊的理论，尽管这些思想曾通过伊壁鸠鲁、卢克莱修的著作，以及《论自然》唯一存世的中世纪抄本奇迹般地流传下来。这一理论不同于后来 17、18 世纪的任何原子论版本，包括波义耳的理论，这些版本都没有实质性地推进希腊人的原子概念。所有这些早期观点都完全停留在推测和理论层面。道尔顿的原子概念既科学又实用，能够解释导致普鲁斯特提出定比定律的实验结果。而德谟克利特的概念是纯理论性的，它还假设了原子的大小和形状，例如水原子光滑而圆润，这导致了水能流动且没有固定的形状。另一方面，道尔顿的原子理论只与重量有关。虽然他无法测定原子的实际重量，但他找到了测量原子在化合物中相对重量的方法。道尔顿的理论是一个定量理论，它将德谟克利特的原始概念与拉瓦锡的化学定量测量方法相结合。

道尔顿的原子理论指出，所有元素都由微小的、不可摧毁的原子组成。继拉瓦锡之后，他认为所有化合物都是这些原子的简单组合。这一思想彻底改变了我们对物质的认识。在这一发现之后的两个世纪里，科学的进步超出了所有人的想象。尽管随着后来的发现，道尔顿的理论经历了一些修正，

但其基本前提仍然是我们目前理解物理学和化学的基础。事实上，20 世纪的量子物理学家理查德·费曼曾断言，如果人类灭绝，只能留下有关科学知识的一句话，那么这句话的开头应该是：“一切事物都是由原子组成的……”

确定了不同元素原子的相对重量后，下一步显然是建立一个标准。氢是最轻的元素，所以道尔顿把它的相对重量定为 1。这意味着所有其他元素都可以相对于这个数字来计算。道尔顿以水为例——当时，水已经被确定为氧和氢的化合物，其重量比例为 8 : 1。假设水是由一个氧原子和一个氢原子组成的，这就意味着一个氧原子的重量是氢原子的 8 倍。（因此道尔顿将氧的原子量定为 8。在这一点上他实际上是错的：氧的原子量是 16，因为水分子含有两个氢原子，但道尔顿当时并不知道这一点。）就这样，他建立了一个原子量表，列出了每种元素相对于氢的原子量。

道尔顿原子理论的重大意义很快得到了整个科学界的公认。然而，除了以他一贯枯燥乏味的风格进行一系列公开演讲外，道尔顿继续在曼彻斯特过着简朴的贵格会生活，回避公众荣誉。但不管他是否愿意接受，这些荣誉都纷至沓来。他被秘密地选为英国皇家学会会员，这违背了他的明确意愿——成为这类机构的成员与他的宗教信仰相悖。而对于那些来自欧洲各大著名学院的当选通知，他均未予以回应。

道尔顿虽一直试图避免因“名扬天下”带来的困扰，但在 1844 年 77 岁的道尔顿去世时，他期望的一场简单贵格会葬礼还是吸引了 4 万多名哀悼者和百余辆马车。英国已进入维多利亚时代：讲究体面，尊崇名人，注重虔诚庄重的仪式（尤其是葬礼）都已成了新兴的中产阶级精神的核心。同时，在工业革命期间，曼彻斯特从一个小型市镇发展成为英国第二大城市和制造业中心，人口超过 30 万。当时世界上最大的城市是伦敦，人口约为 200 万，但是曼彻斯特在另一个意义上具有开创性：它是地球上第一个因快速工业化而迅速扩张为庞大都市的地区，这种现象在此后的一个世纪里在全球蔓延开来。

道尔顿的葬礼既是公民自豪感的体现，也是对促成这一切的科学成就的颂扬。科学在当时已经赢得了社会的尊重和认可。同时，人们也尊重了道尔顿的一个遗愿：他的眼睛被保存了下来，希望有一天能发现导致他色盲的原因。在他去世 150 年后，DNA 样本分析显示，他缺少那些能在正常眼睛中产生对绿光敏感色素的基因。

在化学从自身历史的束缚中解放出来之前，还需要一项改进。这项任务由瑞典最伟大的化学家约恩斯·贝采里乌斯完成。与回避荣誉的道尔顿不同，而贝采里乌斯似乎热衷于收集它们。在他辉煌的职业生涯结束时，他被不少于 94 个学

院、大学和学术团体授予荣誉，并被瑞典国王封为男爵。那时，他的化学教科书已被翻译成各种主要语言，被视为该领域的标准著作，他对最新化学进展的评述更是被奉为圭臬。然而，在他保守的晚年，他的判断也经常出现错误，比如他坚持认为氯和氮都不是元素。

但贝采里乌斯早期的成就足以弥补他晚年的僵化。年轻时，他是一名相当平庸的医学生，仅因在物理学上表现出的潜力才得以继续学业。直到临近毕业时，他才开始在化学领域崭露头角。但事实证明，这种广泛的科学知识至关重要。他的第一项重要成果是在电化学领域完成的，他在这一领域的发展中发挥了重要作用。1800年，意大利人亚历山德罗·伏特发明了电池，电压单位“伏特”即是以他的名字命名的，开创了电化学这一新领域。贝采里乌斯使用当时被称为“伏打堆”的新型电池，让电流通过不同化合物的溶液。他发现这些化合物会分离，一部分被吸引到阳极，另一部分被吸引到阴极。例如在硫酸铜中铜会被阴极吸引。由于负电荷会吸引正电荷，这使得贝采里乌斯意识到硫酸铜中的铜成分带有正电荷。这一过程后来被称为电解。对其他化合物的进一步实验也产生了类似的结果，贝采里乌斯由此提出了一个影响深远的理论：所有化合物都具有二元性，带有正电荷和带有负电荷的成分通过相互吸引结合在一起。

通过这种方法，贝采里乌斯编制了一份元素表，将最具负电性的氧置于一端，将最具正电性的碱金属置于另一端。他发现了一种全新的元素排列方式，这种方式似乎与元素的原子量没有明显关联。贝采里乌斯是最早接受道尔顿原子理论的科学家之一，这使他开始对原子量进行深入探索。到1810年，道尔顿已经确定了20种元素的原子量。贝采里乌斯发现道尔顿的这些数据准确度参差不齐。色盲、执意使用自制仪器以及天生的笨拙限制了道尔顿作为实验者的效率，而他的长处在于能够从大量数据中识别出理论模式。相比之下，贝采里乌斯则是一位孜孜不倦、一丝不苟的实验家。到1818年，他已经确定了当时公认的49种元素中45种的原子量。同时为了验证其二元论，他还分析了两千多种化合物。然而，他发现某些化合物似乎并不具备这种正负二元性质，有机化合物尤其如此——这类含碳化合物通常结构复杂，而且构成了有机生物体的基础。

然而，这种例外并没有让贝采里乌斯放弃他的二元论，这一理论似乎仍然是解释化学反应的关键。相反，他认为有机化合物因具有生命性质，所以受制于一种“生命力”，这种力量凌驾于化学定律之上。这种被称为“活力论”的学说将长期存在。“生命力”和燃素之间有着明显的相似之处：两者都无法在实验中被证实，这使它们容易受到唯物主义理论的

质疑。唯物主义认为，存在的一切要么是物质，要么依赖于物质。如今，“生命力”和其他精神世界的概念已从科学中消失，但唯物主义也面临着自身的困境：虽然一切都由物质构成，但这个“物质”究竟是什么呢？我们怎样才能确切地认识它？我们的感觉器官，以及作为其延伸形式的科学仪器，真的能让我们直接接触到物质吗？我们能用眼睛观看物体，但无法看透物质本身。而仪器只能记录它被设计去记录的内容，这些记录并不一定反映真实——事实上，仪器的记录必然与实际情况有所差异。这就使我们回到拉瓦锡在定义元素时所预见的问题，也就是康德用他的现象和本体提出的哲学问题。我们并不能确定。当科学使用超出实验证据的解释或理论时，它就会面临质疑。科学是行之有效的东西，而不是对世界的哲学解释。

但是，这是否意味着科学必须始终依赖实验结果，而放弃那些在特定时期能提供有效解释的理论，如燃素理论或“生命力”学说？在贝采里乌斯时代，化学开始依赖于一个特定的实体——原子，它成为所有实验的核心要素，但长期缺乏任何实验证据支持。这种情况持续的时间几乎与燃素说和“生命力”说一样长。在道尔顿提出他的原子理论后的一个世纪里，没有人能够提供原子实际存在的确凿证据。直到20世纪初，包括奥地利哲学家、科学家恩斯特·马赫（音速

单位马赫是以他的名字命名的)在内的杰出学者,仍在提出能令人信服的原子不存在论。这些人并非像地平说支持者那样固守谬见。他们承认原子概念在过去一个世纪对科学发展贡献巨大,但他们同时正确地指出,原子仍然只是一个概念。尽管这一理论可能“行之有效”,但它所依据的基础在某些方面仍然不够稳固。1905年,爱因斯坦的论文最终证明了原子的存在。然而回想在科学缓慢发展的时代,炼金术曾为化学做出了巨大贡献,如今它的魔法却被认为是可笑的。如今,科学正以前所未有的速度发展,或许在我们后代眼中,我们当前那些尚未实现的炼金术理论和未经证实的类原子假设也会像地平说一样可笑。

贝采里乌斯通过对化合物的细致分析,最终发现了3种新元素(铈、硒和钍),他的助手团队又陆续发现了6种。然而,科学上的重大进步并非都来自新发现或原创性概念,无论这些概念是否得到支持。拉瓦锡奠定了化学的基础框架,贝采里乌斯则为这一学科增添了最后的润色。当时,化学已经确立为一门国际性学科,但与数学不同,化学没有国际通用的语言。拉瓦锡提出应该根据元素成分来命名化合物,但由于许多元素在不同国家已有约定俗成的不同名称,这一计划难以推行。例如在德国,氢至今仍被称为wasserstoff(意为“水的物质”,是拉瓦锡命名方式的德语版本)。拉瓦锡开

创性地用古希腊语描述新元素的特征性质来命名，如氧和氢。贝采里乌斯则运用其学术影响力，在科学界推广这一理念，要求科学论文中必须使用元素的古希腊语或拉丁语名称。因此，金（法语为 *or*，瑞典语为 *guld*）统一使用拉丁语 *aurum*；银（法语为 *argent*，德语为 *silber*）统一使用拉丁语 *argentum*。

但这仅仅是第一步。从远古时代起，炼金术士就用公式来表示化学反应，用秘密符号、象形文字和图像来描绘初始成分和最终产物。拉瓦锡明白，这些公式要有用，使用的符号必须众所周知。不幸的是，他所采用的符号几乎和炼金术士的象形文字一样难以理解。道尔顿明白需要一种更简单的符号体系。因为他把原子想象成微小的圆形实体，他自然而然地选择用圆形来表示元素：氢用一个中间的圆圈表示；硫在圆圈里内加叉；汞的圆圈内有圆点，看起来像个齿轮；铜的圆圈里则有个“c”，形似版权标志。化合物被表现为一组内嵌标记的圆圈以适当的方式连接成簇。这就产生了由条纹、斑点、圆点和阴影圆圈组成的复杂图案，外观从米其林轮胎人到斯诺克台球阵花样百出。这些图案虽然在视觉表现上有一定的准确性，但即便对密码专家来说也难以破解，更别说化学家要用它来理解化学方程式了。

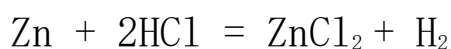
贝采里乌斯找到了这个简单的解决方案。他规定在所有的化学方程式中，元素都应该用其古典希腊语或拉丁语名称

的首字母来表示。例如，氢应该是 H，氧应该是 O，以此类推。如果两个元素的首字母相同，则从其古典名称中选取另一个字母作为区分。这样，金(aurum)就变成了 Au，银(argentum)就变成了 Ag。化合物现在可以用简单的符号形式书写，而不必用图形描绘。例如，一氧化碳可以写成 CO。当化合物中包含多个相同原子时，则用下标数字来表示数量。因此二氧化碳应该写成 CO<sub>2</sub>，氨（含有一个氮原子和三个氢原子）则写成 NH<sub>3</sub>。

化学终于像数学一样拥有了自己的通用语言，而且这种语言本身也具有数学特性。与拉瓦锡的描述性命名法相比，这种新的数学化表达方式不仅能预测反应中将产生哪些化学物质，还能预测这些产物的相对数量。例如，拉瓦锡的描述性命名法表明：

锌 + 盐酸 = 氯化锌 + 氢气。

但贝采里乌斯的化学式显示了这个反应所需要和所产生物质的精确比例：



化学方程式，就像数学公式一样，必须保持平衡。

对于化学而言，这相当于数学从罗马数字变为阿拉伯数字的变革——“XL×V=CC”这样晦涩难懂的表达方式，让位给了“40×5=200”这样清晰明了的计算方式。

数学现在已经进入化学的核心，使化学能够精确地了解自身的运作。

## 第十二章、寻找隐藏的结构

拉瓦锡之后，系统化的方法和新的实验技术很快导致了许多新元素的发现。贝采里乌斯生于 1779 年，直到他 1848 年去世前，至少有 32 种新元素被分离出来，使已知元素总数达到了 57 种。英国科学家汉弗里·戴维爵士独自发现了 6 种元素。其中最重要的几种是通过电解方法获得的。1807 年 10 月，戴维用 250 块极板制造了当时最强大的电池。他用这个电池对氢氧化钾溶液通入强电流——他一直怀疑这种化合物中含有未知元素。最初电流仅使水分解，于是他去除了水，改用熔融氢氧化钾重复实验。通过这种方法，戴维成功地分离出了一种碱金属的微小球体，他将其命名为钾 (potassium)。当它的一个小球被放入水中时，它会燃烧并在水面上四处游动，发出强烈的嘶嘶声。用化学术语来说，

这表明这种单质金属非常活泼，能从水中夺取氧，同时释放出氢气，而氢气又因反应放热而被点燃。同一周晚些时候，戴维又通过电解氢氧化钠分离出了另一种碱金属，他把这种金属命名为钠（sodium）。当时，这些高活性碱金属的发现引起的轰动几乎堪比一个半世纪前磷的发现，原因也差不多。科学讲座再次风靡上流社会，对这些新发现的元素的每次壮观的“演示”总是引起轰动，经常使观众中的一些女士因过于震撼而晕厥。

聪明但没有受过良好教育的中产阶级女性被迫无所事事，随之而来的是她们对知识的渴望。这些活动提供了一种普及教育的形式，因此总是吸引众多女士踊跃参加。当时社会仍不认可女性更深入地参与科学研究，尽管如此，拉瓦锡夫人的先驱示范还是为一些勇敢的女性树立了榜样。其中值得注意的是：拜伦被忽视的女儿阿达·洛夫莱斯，她为巴贝奇最初的“分析引擎”计算机编写了第一个程序；主要靠自学成才的索菲·热尔曼，引起了伟大数学家高斯的注意，至今仍被誉为法国最杰出的女数学家；还有德裔英籍天文学家卡罗琳·赫歇尔，她至少发现了8颗新彗星，并为英国皇家学会修订了约翰·弗兰斯蒂德的经典著作《恒星观测》（当然，她并未被允许成为该学会会员）。所有这些都揭示了同样的道理：如果科学发展的视野没有始终紧闭着一只眼睛，本可

以取得更多的成就。

如今，人们知道铝是地壳中含量最丰富的金属，但千百年来，它一直未被发现。杰出的德国化学理论家乔治·斯塔耳不仅提出并命名了燃素理论，还可能是第一个推测明矾（硫酸铝钾）中存在未知元素的科学家。然而，直到一个半世纪之后，他的预感才被证实。1827年，德国化学家弗里德里希·维勒凭借高超的实验智慧，终于成功地分离出金属铝。维勒的实验主要是将脱水的氯化铝与具有高度反应活性的纯金属钾共同加热，从而将铝置换出来。随后，维勒开始研究这种银白色金属晶体的性质。

维勒分离铝的方法事实上非常困难，而这种新金属的特性又如此耀眼，以至于在随后的几十年里，铝的价值甚至超过了黄金。在铝被发现三十年后，当一根闪亮的铝条在巴黎展出时，拿破仑三世便下令用这种新金属制作了一套餐具。他打算用这套餐具招待欧洲各国的君主，而这种餐具如今就连监狱食堂也不会采用。

除了分离铝之外，维勒的另一项伟大成就是他利用无机物合成了尿素，而尿素是一种通常由生物体产生的有机物。这一从无机物中创造出有机物的突破推翻了当时广泛流行的活力论以及“生命力”说，尽管人们花了许多年的时间才

勉强接受了生命并非由某种特殊力量所驱动。

在那个时期，科学家们几乎每十年就能发现几种新元素。随着新发现元素的不断增加及其性质范围的持续扩大，一系列问题随之而来：究竟有多少种元素？它们中的大多数已经被发现了吗？还是说元素的数量可能是无限的？这很快引发了更深层次的思考。在所有这些元素中，必然存在着某种基本规律。道尔顿已经发现每种元素的原子都有不同的质量，但这显然不够。贝采里乌斯注意到元素似乎具有不同的电亲和性。同样地，一些元素会形成具有相似性质的群组，如耐腐蚀的金属（如金、银和铂），可燃的碱金属（如钾和钠），无色无味的气体（如氢和氧）等。这一切的背后是否可能存在某种基本规律？

化学主要通过实验获得了科学地位并取得持续成功，而这类理论思考最多被视为纯粹的推测。为什么元素之间应该存在某种秩序呢？毕竟，当时并没有确凿的证据支持这种想法。然而，追求秩序是人类的基本特征，而科学家尤其如此。这些推测最终开始得到支持，即使最初只有零星的证据。

其中第一个来自耶拿大学的化学教授约翰·德贝赖纳。德贝赖纳出身寒微，是一位马车夫的儿子，基本上靠自学获取知识。他先是谋得了药剂师的职位，并热衷于参加当地定

期举行的科学公开讲座。他在化学方面表现出的过人天赋引起了魏玛公爵卡尔·奥古斯特的注意，后者最终帮助他获得了耶拿大学的教职。在这里，歌德经常来听他的讲座，这位文学巨匠对科学有着强烈的兴趣，甚至一度认为自己在科学领域的活动比写作更重要。

歌德的科学兴趣值得我们深入探讨，因为它表明了这一时期业余科学爱好的水平和范围，无论是在欧洲还是在美国，这类群体在受过教育的人中都并不罕见。歌德的科学思辨由于他的文学天才变得为人所知，正因为如此，他在这方面的错误常常受到不应有的尊重。尽管牛顿已经充分证明了白光包含了所有颜色的光，但歌德坚持认为白光本身就是一种颜色。他认为，所有的颜色实际上都是光明和黑暗的混合物，经过浑浊介质的渗透，才使灰蒙蒙的黄昏呈现出彩色光芒。后来的哲学家叔本华虽是一位颇有建树的科学思想家，却也支持了这种毫无根据的想法。歌德的其他科学探索包括对“原始植物”的长期寻找，认为所有其他物种都是从“原始植物”发展而来的；以及发明了“形态学”，即研究所有动物和植物生命多样性背后的“统一性”。这些纯粹是基于丰富想象力的推测性概念，缺乏科学依据。不过这种思维方式也确实与认为元素背后存在某种规律的观点颇为相似。虽然歌德的理论受到后人嘲笑，但是我们不难看出，他的思想实际上

向进化论迈出了试探性的一步。达尔文在歌德去世后不到 25 年就提出了进化论。

歌德并非唯一一位严肃对待这一爱好的人。在工业革命成就的鼓舞下，理论性的科学思辨在知识分子群体（包括一些先锋女性）中日渐普及。但这场革命同时也带来了“黑暗的魔鬼工厂”，预示着一个可能充满贫困与社会动荡的未来。与此同时，那些在实验室独自进行理论研究的科学业余爱好者，也逐渐显现出一种令人不安的特质，加剧了人们对未知领域的恐惧。就在歌德的鼎盛时期，玛丽·雪莱正在创作《弗兰肯斯坦》。这部作品塑造了一个疯狂的科学家和他魔鬼般的造物，其潜在的影响一直持续到今天。

与此同时，歌德的化学老师德贝赖纳教授也在探索他自己的“形态学理论”。1829 年，他注意到新发现的元素溴的性质似乎介于氯和碘之间。不仅如此，溴的原子量也正好是这两种元素原子量的中间值。

德贝赖纳开始研究已知元素的列表，记录它们的性质和原子量，最终发现了另外两组遵循相同规律的元素。锶的原子量、颜色、性质和反应活性都恰好介于钙和钡之间；同样，硒也介于硫和碲之间。德贝赖纳将这些组命名为“三元组”，并尝试在其他元素中寻找类似规律，但未能找到更多例子。

德贝赖纳的“三元组定律”似乎只适用于 54 种已知元素中的 9 种，因此被他的同时代人认为仅仅是巧合而未受重视。

这就是当时的情况。从四元素理论到燃素理论，诸如此类，化学已经受够了错误理论的折磨。现在，发展的道路在于实验。

在德贝赖纳提出三元律的三十多年后，才有人再次尝试探索元素规律并取得重大突破。这一贡献来自一位才华横溢却又极具争议的科学家——亚历山大-埃米尔·贝吉耶·德尚古尔多阿。他于 1820 年出生于巴黎。最初醉心于地质学，这让他远涉土耳其斯坦、亚美尼亚和格陵兰岛进行考察。完成考察后他深信一个国家的地质条件决定了其居民的生活方式，也就是说，影响当地行为的主要因素是煤炭或硫磺的储量，而不是气候、社会结构或种族特征。然而，这个看似离谱的观点反而开创了人文地理学，德尚古尔多阿现在被认为是这门学科的创始人之一。后来，他被任命为法国矿山监察长，他不顾矿主反对，大胆推行安全措施和现代工程方法。德尚古尔多阿直到 40 多岁才开始研究化学。1862 年，他发表了一篇论文，描述了他独创的“地螺旋”，试图证明元素之间确实存在某种规律。这个“地螺旋”是一个圆柱体，上面画有一条下降的螺旋线，他按原子量大小在线上标出各个元素。他惊奇地发现，沿圆柱体垂直方向观察时，元素性质呈

现周期性重复，每隔 16 个原子量单位，元素性质就与其垂直上方的元素极为相似。德尚古尔多阿的论文按时发表了，然而他使用了地质学术语来描述元素，还引入了带有神秘色彩的数字学说——更糟糕的是，出版商遗漏了德尚古尔多阿的螺旋图。除了最坚持不懈和见多识广的读者，几乎没人能理解这篇文章。不过正如后文所述，确实有一位读者受到德尚古尔多阿作品的启发，进而改变了化学的面貌。

这一主题显然吸引了某类能够无视嘲笑的科学思想家。1864 年，年轻的英国化学家约翰·纽兰兹在不知道德尚古尔多阿的神秘研究的情况下，提出了自己的元素排列规律。约翰·纽兰兹于 1837 年出生在伦敦，父亲是一位长老会牧师。他的母亲有意大利血统，这一点他特别引以为傲。23 岁时，纽兰兹中断了科学研究，乘船前往巴勒莫，加里波第曾在那里升起意大利国旗，宣告意大利的解放和统一。在这里，纽兰兹自愿加入了加里波第的军队——著名的红衫军。自罗马帝国以来，意大利将首次实现统一并由意大利人自主治理。彼时的欧洲正在形成大型的民族国家集团：意大利的统一与德国的统一正在同时进行，而德国自宗教改革以来一直处于分裂状态。随着工业革命的推进，现代西欧开始显露雏形，从瑞典到希腊，各地相继建立起钢铁厂、采矿业和化工厂。

从意大利回来后，纽兰兹开始了对元素的研究。他的发

现与德尚古尔多阿的发现有一定的相似之处，但在法国人理论基础上取得了重大进步。纽兰兹发现，如果他把元素按原子量从小到大排列，每 7 个元素为一列，那么同一水平线上的元素性质惊人地相似。他这样描述道：“从任一元素开始数起，第八个元素就像音乐八度中的第八个音符一样，是对第一个元素的某种重复。”他将这一发现命名为“八音律”。在这个表中，碱金属钠与性质非常相似的钾并排。同样，镁也与性质相似的钙并排。当纽兰兹把所有已知的元素都加入到他的元素表中时，他发现性质相似且递进的卤素（即氯、溴和碘）都落在同一行上，硫、硒和碲也是如此。这表明他的八音律也涵盖了德贝赖纳三元律中发现的零散相似性。然而，纽兰兹的八音律也存在缺陷，某些元素（尤其是原子量较大的元素）的性质与规律并不吻合。尽管如此，纽兰兹的八音律还是比以往任何理论都有了明显的进步，如今许多人将其视为首个证实元素间确实存在某种统一规律的发现。1865 年，纽兰兹向伦敦化学学会报告了他的发现，但他的想法未能得到认可。与会的名流们只是嘲笑他的八音律，有一个人甚至讽刺地问他是否试过按字母顺序排列元素。直到 25 年后的 1887 年，英国皇家学会授予纽兰兹戴维奖章时，他的成就才最终得到认可。

德贝赖纳发现了某些孤立元素组之间的相似性，德尚古

尔多阿则察觉到了某些性质周期性重复的模式。纽兰兹进一步扩展了这一模式，甚至还成功将德贝赖纳的元素组纳入其中。但他的八音律理论仍然并非完全适用。这部分是由于当时对各种原子量的计算存在误差，部分是由于纽兰兹没有考虑到那些尚未发现的元素。更重要的是，纽兰兹的八音律体系过于僵化，无法适应元素性质更丰富的变化规律。

元素之间存在某种规律，这一点正变得越来越明显，但答案显然更加复杂。化学似乎已经非常接近于瞥见它赖以建立的元素蓝图。正如欧几里得奠定了几何学的基础，牛顿的万有引力从物理学角度解释了世界，达尔文阐明了所有物种的进化规律，那么化学能否揭秘并解释物质的多样性来源呢？这或许就是能够统一这门科学全部知识的关键所在。下一个试图解决这个问题的人，将是自拉瓦锡以来拥有最优秀化学头脑的人。

## 第十三章、门捷列夫

德米特里·伊万诺维奇·门捷列夫出生于 1834 年 2 月 8 日。按照当时俄罗斯仍在使用的旧儒略历，这一天是 1 月 27 日。此时欧洲其他地区已经采用了公历，使得俄罗斯比世界其他地区落后了 12 天。这种落后实际上反映了整个俄罗斯文化的状况。在 19 世纪 30 年代，俄罗斯大部分地区仍处于封建制度的孤立状态，大多数居民是农奴，他们被视为地主的无偿财产。沙皇（这个词与儒略历一样，都源自凯撒）被视为上帝在人间的代表，以神权统治国家。在帝国时期，俄罗斯既没有经历过宗教改革运动，也未曾有过文艺复兴。

德米特里·伊万诺维奇·门捷列夫出生在西伯利亚西部的托博尔斯克，是家中 14 个或 17 个孩子中最小的一个（似乎没人确切知道是哪个数字）。他的父亲是当地一所中学的

校长，但在德米特里出生那年失明了，留下母亲来照顾这个大家庭。幸运的是，他的母亲玛丽亚·德米特里耶夫娜是一位了不起的女性。她来自科尔尼洛夫家族，作为商人世家，科尔尼洛夫家族在开拓西伯利亚西部的过程中发挥了重要作用。她的父亲在托博尔斯克创办了造纸厂和玻璃厂，并且在不到 50 年前开设了西伯利亚第一家印刷厂，创办了这片横跨四千英里的广袤地区的第一份报纸。玛丽亚的一位祖先曾与一位当地的吉尔吉斯鞑靼族佳丽结婚。这样丰富的基因组合使得门捷列夫的一些兄弟姐妹展现出蒙古人的面部特征，然而他本人并没有这些特征。

为了维持家计，玛丽亚重新经营起父亲的玻璃厂，这座工厂位于托博尔斯克以北 20 英里的一个偏远村庄。她在那里为工人建造了一座木制教堂，并开办了一所学校来教育工人的孩子。门捷列夫童年最深刻的记忆，是玻璃熔炉发出的巨大红光照亮了西伯利亚无边无际的黑暗森林上方的夜空。

门捷列夫在托博尔斯克求学时表现欠佳。在那个年代，教育的重点是深入研习古代语言。人们认为，通过学习古希腊语和拉丁语可以理解文明赖以建立的古典理想。

然而，这些理念对于 19 世纪中叶的西伯利亚来说，就像莎士比亚和歌德对大多数现代人而言一样遥不可及。这使得

门捷列夫对高雅文化产生了厌恶，这种情绪伴随了他的一生。不过所幸的是，他得到了一位名叫贝萨格林的流放者的私人教导，这位十二月党人后来成了他姐姐的丈夫。

十二月党人是 1825 年失败的十二月革命的幸存者，这场革命是由一群自由派知识分子军官发起的。这种看似矛盾的身份组合在当时并不奇怪。这场革命提出了建立宪政的激进诉求，但很快就被镇压了下来。随后，革命领袖们被判处死刑，贝萨格林和其他参与者则被流放到西伯利亚。

在贝萨格林的影响下，门捷列夫不仅对科学产生了浓厚的兴趣，还加深了对其母亲所践行的自由主义理想的认同。很快，他展现出非凡的智慧，开始自主进行各种科学实验。门捷列夫晚年喜欢夸大自己的西伯利亚出身，声称自己是在西伯利亚远东地区的原始鞑靼人中间长大的，直到 17 岁才会说俄语。由于他蓬乱的胡须和特异的外表，这个说法经常被人们不加质疑地接受。

1847 年起，门捷列夫一家遭遇了一连串的灾难：先是门捷列夫的父亲去世，第二年玻璃厂又被烧毁。1849 年，当德米特里·门捷列夫 15 岁时，他的母亲带着剩下的两个孩子——德米特里和丽莎——启程前往莫斯科。这意味着一段长达 1300 英里的艰苦旅程，他们常常需要搭乘马车前行。当时门

捷列夫的母亲玛丽亚已 57 岁，独自一人抚养庞大的家庭，同时还要经营工厂，并尽力保障工人福利，这让她疲惫不堪，看上去比实际年龄还要苍老许多。但她下定决心，一定要让天资聪颖的德米特里接受与他相称的良好教育。

在莫斯科，门捷列夫的大学入学申请遭遇了官僚机构的阻碍。当时外省入学实行配额制度，但作为开发中的边疆地区，西伯利亚地区尚未获得配额，门捷列夫因此被拒绝入学。当他的母亲向其他高等教育机构提出申请时，得到的答复是他在西伯利亚取得的学历在莫斯科根本不被承认。无奈之下，门捷列夫一家又再次启程，跋涉了四百英里来到首都圣彼得堡。

这里的情况大同小异：卡夫卡式的官员们执行着莫名其妙的规章制度。幸运的是，玛丽亚发现中央教育学院的院长是她已故丈夫的一位老朋友，这所学校是当时主要的高中教师培训学院。在官僚体制令人失望之时，私人关系发挥了作用。门捷列夫因此获得了学习数学和自然科学的机会，以及一笔足以提供必要支持的小额政府奖学金。

门捷列夫进入中央教育学院不到十个星期，他的母亲就病危了。临终前，她对自己最爱的儿子说了极具力量的话：“克制幻想，行胜于言。要耐心寻求神圣和科学的真理。”门

捷列夫从未忘记这些话。37年后，他在一篇献给母亲的科学论文中引用了这句话，并写道：“德米特里·门捷列夫视母亲临终遗言为神圣。”

门捷列夫的母亲去世仅一年多后，他的姐姐丽莎也去世了。一年后，门捷列夫喉咙出血，住进了学院医院。他从小体弱多病，现在被诊断出患有肺结核。医生判断他最多只能再活几个月。

陷入这个堪比狄更斯小说般悲惨的低谷后，门捷列夫开始扮演一个令人怜惜的角色。他长时间卧床休养，似乎被学院视为某种吉祥物。这个孤儿，被科学收养了。门捷列夫会时常会从床上起身直接到学院的实验室工作，很快就开展了独创性实验。随后他会回到床上，将自己的研究成果撰写成论文，寄给圣彼得堡的科学期刊。在他还不满20岁、仍是一名大学生的时候，就已经发表了若干原创性论文。这些论文的独创性源于门捷列夫的天赋，然而如果没有中央教育学院杰出的教学，这种天赋也无法充分展现。该学院与圣彼得堡大学共用教学楼，许多教授也同时在该学院担任讲师。

大约150年前，彼得大帝在波罗的海沿岸的沼泽地中一手建立了圣彼得堡，旨在打造俄罗斯“通向欧洲的窗口”。到19世纪50年代，圣彼得堡已逐渐成为欧洲的学术中心之一，

其中圣彼得堡大学更是成为全国最高水平的学术机构，拥有强大的理科实力。物理学教授埃米尔·楞次因发现作为电磁感应基本原理之一的楞次定律而闻名于世。化学系主任 A. A. 沃斯克列森斯基的化学元素讲座以其全面性著称。当时每隔几年就会发现新元素，化学逐渐取代物理学成为最受公众关注的科学。沃斯克列森斯基的讲座内容丰富，甚至详细介绍了铀和钷这些近十年才发现的稀有元素的性质。门捷列夫虽然热衷于汲取浩如烟海的化学知识，但他的思维并未陷入这些繁杂事实的泥潭。即使在求学时期，他就擅长将看似孤立的知识点联系起来。正是这种看似异想天开的本领，使他的科学论文别具一格。而在这种表面的才华之下，一种更为深邃的能力正逐渐形成——从大量看似毫无关联的材料中发现内在规律。

1855 年，门捷列夫以年级最佳学生的身份获得金质奖章，并取得了教师资格。他的第一个职位是在克里米亚的辛菲罗波尔担任教师。表面上这是当局的善意安排：南方温和的气候对他的健康有益。但事实上，情况恰恰相反。门捷列夫或许喜欢在学院扮演吉祥物，但他也有不那么讨人喜欢的一面。一旦受挫，他便会变得易怒。发脾气时，他甚至会像童话中的“侏儒怪”一样又跳又闹。有一次，他显然把这股怒火发泄在了教育部的一位官员身上。这位官员深谙“君子报仇，

十年不晚”的道理，耐心等待时机，在门捷列夫毕业时，便把他调派到了辛菲罗波尔，使门捷列夫满怀希望地踏上了南下的征程。

他到达辛菲罗波尔时，发现克里米亚战争正如火如荼地进行。整个地区已经变成了一个巨大的军营，辛菲罗波尔的中学已经关闭了几个月。门捷列夫陷入了困境，既没有工作，也没有获得报酬的希望。在烈日之下气急败坏，对他这样身体状况的人肯定没好处。

然而，这段经历最终还是有了转机。正是在辛菲罗波尔，门捷列夫遇到了他视为救命恩人的著名外科医生佩罗戈夫。当时佩罗戈夫在当地军医院工作。他给门捷列夫做了检查，判断他的病并非致命。听到这个消息，门捷列夫备受鼓舞，很快回到圣彼得堡。在这里，年仅 22 岁的他被任命为圣彼得堡大学的私人讲师。这是一种没有终身职位，也没有固定薪酬的讲师职位，收入依赖于听课学生缴纳的学费。尽管如此，门捷列夫仍在大学的实验室里继续他的研究，但随着时间推移，他愈发感到沮丧。

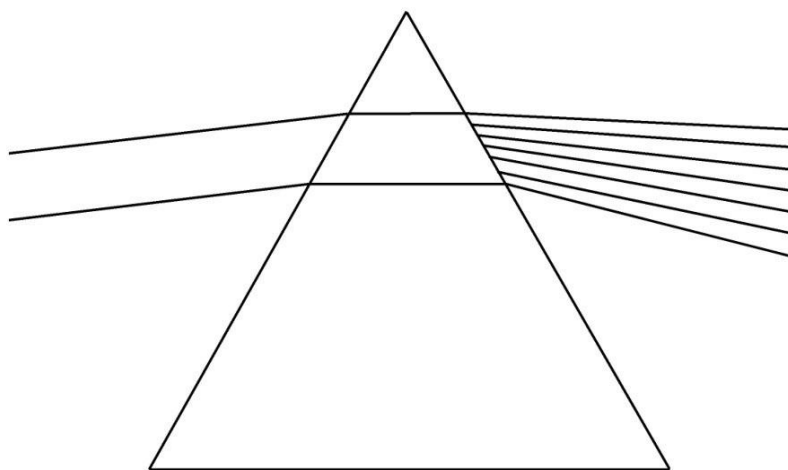
尽管圣彼得堡获得了新的文化地位，但实际上在许多领域仍然相当落后。当时无论是在圣彼得堡还是俄罗斯其他地方，都几乎没有开展高水平科学研究的机会。1859 年，门捷

列夫成功争取到一笔政府资助，得以到国外学习两年。在他的朋友、化学家兼作曲家鲍罗丁的建议下，门捷列夫首先前往巴黎，师从当时最杰出的实验学家亨利·勒尼奥。正是勒尼奥首次确定绝对零度为 $-273^{\circ}\text{C}$ ，而且几乎可以肯定他还取得了许多领先于时代的实验成果。不幸的是，他大量的实验室笔记在 1871 年巴黎公社统治期间的混乱中被毁。勒尼奥在 8 年后去世，尽管直到去世都未能重建这些实验工作，但他始终坚称自己早在焦耳之前就发现了能量守恒原理。

离开巴黎后，门捷列夫动身前往海德堡大学。在那里，他短暂地旁听了古斯塔夫·基尔霍夫的讲座，据说基尔霍夫是当时全德国最无聊的讲师。这确实是一项“殊荣”，要知道那正是德国形而上学的全盛时期，哲学家们都以冗长的演讲和动辄长达一页的句子为荣。不过，抛开基尔霍夫的讲课风格不谈，他本人其实是一位杰出的化学家并且后来发现了几种新元素。

在放弃基尔霍夫的讲座之后，门捷列夫在海德堡大学与基尔霍夫的重要合作伙伴罗伯特·本生一起短暂地工作。如今，本生最为人所知的是他发明的本生灯，这种灯至今仍然在每个学校的实验室里都能找到。但本生的主要工作是与基尔霍夫一起发展了光谱学，这项技术后来将成为鉴定新元素的主要工具。

基尔霍夫和本生合作发明了分光镜，这种仪器利用棱镜来折射光线。正如牛顿早先证明的那样，当光通过棱镜时，不同波长的光会发生不同程度的折射，从而分解成由各种颜色组成的光谱，比如白光就会变成一道彩虹。



基尔霍夫和本生发现，每种元素在受热时发出的光都会形成独特的彩色光谱线。借助这些特有的光谱线，可以说每种元素都有了其独特的“指纹”。

本生设计的本生灯在这项研究中发挥了关键作用，它的火焰产生的背景光最少。这确保了在其火焰中被加热的元素发出的“指纹”光谱不会被其他光干扰。1859年，就在门捷列夫到达海德堡的几个月之前，基尔霍夫和本生在加热某种化合物时观察到了一些此前从未见过的深红色光谱线。他们由此发现了一种新元素的存在，并将其命名为铷（rubidium，

源自拉丁语，意思是“深红色”）。

基尔霍夫通过其绝妙的洞察力进一步发展了这种光谱分析方法。当光线穿过气体时，它的光谱中会出现某些暗线。基尔霍夫发现，这些暗线与该气体被加热时产生的光谱线精确匹配。这表明气体会选择性地吸收与其特征光谱相对应的光线，从而在光谱中形成一系列暗带，就像是产生了一个“负片”式的光谱。

当基尔霍夫用他的分光镜研究太阳光时，在它的光谱中发现了一些无法解释的暗带。由于来自太阳的光必须穿过太阳的大气层，他意识到这些暗带实际上就是太阳大气中各种元素的“指纹”。通过这种方法，他发现太阳的大气中含有钠蒸气，这意味着钠是太阳的组成元素之一。基尔霍夫继续运用这种光谱分析方法，在太阳中发现了六种当时在地球上尚未发现的新元素。科学开始迈出前所未有的步伐，超越了已知世界的范围。这一突破具有深远意义——就在 25 年前，法国实证主义哲学家奥古斯特·孔德曾断言，某些类型的知识将永远超出科学的认知范围，比如人类永远无法确切知道恒星的物质构成。讽刺的是，孔德在巴黎精神失常去世后没几年，基尔霍夫的发现就动摇了他的观点。

门捷列夫在正确的时间出现在了正确的地点。在海德堡

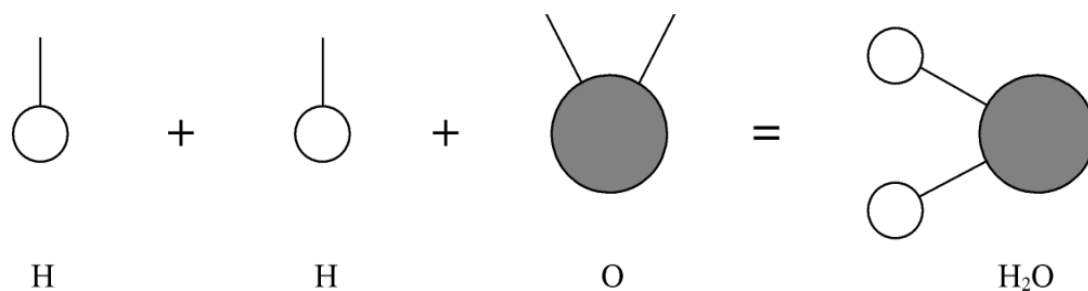
大学期间，他对化学元素的认识大幅提升，这得益于当时周围正在进行的各项科学发现。与本生一起工作使他有机会优先接触到最新的科研进展。

但在这里，门捷列夫的性格再一次成为他的绊脚石。他和本生合不来。在又一次发脾气之后，门捷列夫气冲冲地离开了海德堡实验室，发誓再也不回来了。他这样做实际上是断送了自己德国最好的化学实验室工作的机会，也使此次欧洲之行的目的落空，但他似乎并不在意。相反，他把住处的两间房间中的一间改造成成了一个临时的私人实验室，在家里继续他的研究。在这里，他的研究仅限于一个看似平凡的问题：酒精在水中的溶解度。

此时，门捷列夫发现表面不同事物之间联系的能力有了显著提升。他逐渐培养出了一种非凡的洞察力，能在一堆看似平常的现象中挖掘出一个深层原理。一开始他研究的是酒精在水中的溶解度（这是他的博士论文的主题），但这项研究很快就发展成了对溶液本质的研究，这使他对原子、分子和化合价进行了更深入的探索。

有些元素，如氢，并不以独立的原子形式（H）存在。以氢气为例，它由成对结合的原子（ $H_2$ ）组成。这种原子的组合被称为分子，分子可以由相同或不同的元素组成。例如，两

个氢原子(H)与一个氧原子(O)结合形成一个水分子(H<sub>2</sub>O)。原子的化合价是衡量它与其他原子结合能力的指标。如果把原子想象成一个球，那么化合价就好比是这个球上能与其他原子连接的“手臂”数量。例如，氢的化合价为1，氧的化合价为2。



元素的化合价和它的性质同样具有根本性意义，它是元素的一个决定性特征。门捷列夫很早就认识到了化合价的重要性，而这一认识恰恰来自他早期看似不太起眼的酒精溶解度研究。

这一不断深入的研究也使他在气体性质方面有了重要发现。他发现当温度降低、压力增加时，气体就会液化。碳酸饮料的制作原理正是将二氧化碳在压力下溶解于水中，而我们在日常生活中也能观察到其相反过程——可乐中的液态二氧化碳会在开盖后因压力降低而变成气体并产生气泡，并且温度越高，气泡就越多。门捷列夫在海德堡的实验室里独自工作时，发现每一种气体都有一个临界温度。当气体温

度高于这个值时，无论施加多大压力都无法使其液化。这一发现通常被归功于爱尔兰化学家托马斯·安德鲁斯，但实际上他在两年后才发现临界温度。由于门捷列夫一直在私人实验室里独自研究，他的发现并没有引起足够的注意来确立优先权。因为安德鲁斯甚至都不会注意到门捷列夫的报告，所以这里也不存在抄袭问题。

科学的发展并不会因为优先权的争议而停滞，但另一种分歧却可能使科学陷入混乱。如果科学家之间无法就共同标准达成一致，科学知识体系就无法发展。到 19 世纪中叶，作为新兴学科的化学就遇到了一个严重的问题：在测量不同元素重量时，科学家们尚未形成一致的国际通用体系。

各种元素的原子当然太小了，无法单独称重。每个人都明白，它们的重量只能在相对的基础上确定。因此，按照道尔顿的建议，大家一致认为，所有元素都应该相对于已知最轻的元素氢来称重，氢的重量将被分配为一个单位。但是，这些相对重量应该如何计算呢？有一派倾向于原子量法。这种方法依赖于阿伏伽德罗的假设，即相同体积的气体在相似的温度和压力下含有相同数量的分子。因此，只需将待测气体与相同体积的氢气进行质量比较即可。

另一派科学家则支持当量法。这种方法是通过测量元素

与单位量氢气（或其他可计算的等价物）发生化学反应时的相对质量，以此作为元素的重量。问题在于元素的原子量和当量往往存在差异。例如，氧的原子量是 16，但其当量仅为 8。在化学研究论文中，数据使用越来越随意，经常不标明所用数值究竟是原子量还是当量。这不仅导致学术界日益混乱，更在实验室操作层面埋下了安全隐患。

1860 年 9 月，首届国际化学大会在德国卡尔斯鲁厄召开，旨在解决这一问题。大会吸引了欧洲各地的顶尖化学家，同时也有许多尚未成名的年轻学者与会，比如门捷列夫。这次会议的结果将决定化学学科的未来发展方向。

支持原子量体系的主张是由充满激情且富有魅力的意大利化学家斯坦尼斯劳·康尼扎罗提出的。康尼扎罗不仅是一位伟大的化学家，也是一位伟大的革命家。就在卡尔斯鲁厄大会召开的四个月前，他辞去了热那亚大学化学教授的职务，前往巴勒莫加入了加里波第的红衫军。康尼扎罗在卡尔斯鲁厄的表现也同样有力。他以掷地有声的语调向与会代表们指出，当量是基于一种具有根本性错误的认识。氧的当量只有其原子量的一半的原因在于：尽管 1 体积氧气分子的重量是 1 体积氢气分子的 16 倍，但 1 体积氢气分子（ $\text{H}_2$ ）只需要与 0.5 体积（因此重量是 8 倍）的氧气分子（ $\text{O}_2$ ）反应就能生成水（ $\text{H}_2\text{O}$ ）。类似情况也发生在其他的化学反应中。

门捷列夫以前从未听过如此富有激情的科学演讲，完全被震撼了。他回忆道：“我清晰地记得他的演讲给人留下的印象，那是不容妥协、似乎在倡导真理本身的演说……康尼扎罗的思想是唯一能经得起批评的，他将原子描述为‘元素进入分子或其化合物中的最小部分’。只有这样确定的原子量……才能为科学概括提供基础。”

通过这次会议，门捷列夫对原子的本质和原子量有了更深刻的认识。如果没有原子量这个至关重要的概念，任何探索元素性质规律的尝试都将无从谈起。

1861年，门捷列夫回到圣彼得堡。这一年是俄国历史上的重要转折点：沙皇亚历山大二世终于颁布法令，解放了农奴。（英国早在1833年就通过了威尔伯福斯提出的废除奴隶制法案，而美国南部各州的奴隶制问题则直到1861年内战爆发时才刚刚开始处理。）这一纸法令，让数千万俄国农奴从此不再是主人庄园上的私有财产和附属品。然而，刚获得自由的农奴和他们那些思想保守的地主都陷入了迷茫，谁也不知道该怎么办。

俄罗斯的化学教学也处于同样落后和迷茫的状态。回到圣彼得堡后，门捷列夫在一所技术学院任教。令他震惊的是，俄罗斯竟然完全不了解欧洲化学界的重大进展，比如光谱学

的发展、新元素的发现、关于原子量的争论，他离开俄罗斯期间发生了许多重大事件，而这些不过是其中的几个例子。这位充满热情的年轻化学讲师开始在课堂上向学生介绍欧洲最新的、激动人心的科学发展，很快就引起了人们的注意。他那双深邃的蓝眼睛，加上飘逸的胡须和长发，让他看起来如同一位救世主。但这是一种俄罗斯的新型救世主：科学与理性的先驱者。当门捷列夫发现俄罗斯还没有一本现代有机化学的教科书时，他便着手编写，在短短 60 天内完成了 500 页。门捷列夫开始声名鹊起，很快就获得了丰厚的收入。

1864 年，门捷列夫获得教授职位，次年在圣彼得堡东南 200 英里外的特维尔租下了一处小庄园。当时由于农奴解放，许多地主的地产价值大幅下跌。门捷列夫以他母亲为榜样，在庄园里为农民制订了以人为本的计划，同时引入科学耕作方法。当这些方法显现成效后，邻近的农民开始前来拜访他。“您是有什么神奇的魔力，还是天生就擅长这些事情？”一位谨慎的农民如此询问他的这位新邻居。门捷列夫毫无保留地分享了他的“诀窍”，很快，全省的农业合作社都开始就奶酪制作和农作物增产等问题向他求教。

门捷列夫大力宣传科学的实际应用价值，让仍秉持着中世纪正统观念的官方大为惊异。到 1867 年时，门捷列夫开始被派往遥远的地方，例如去高加索的巴库为当地石油工业的

建立提供咨询，还前往巴黎负责组织国际博览会的俄罗斯展馆。

与此同时，门捷列夫在 29 岁时结了婚。这桩婚姻虽然育有一子一女，但在其他方面并不成功。门捷列夫需要被悉心照料，但在任何事情上都不愿接受反对意见，加之他脾气糟糕，以及动辄把自己关在书房里进行超负荷工作的习惯，这使他难以与人正常相处。幸运的是，他的妻子是一位富有想象力和足智多谋的女性。她明智地选择把大部分时间花在特维尔的庄园里，只有当丈夫从圣彼得堡来到庄园时，她才会带着孩子们前往门捷列夫在城里的住所。他们的婚姻通过这种方式得以维系，避免了长期同居这一破坏许多婚姻关系的隐患。

32 岁时，门捷列夫被任命为圣彼得堡大学的普通化学教授，对于一个如此年轻的人来说，这是一个非常重要的职位。在那里，他遇到了当时俄罗斯最杰出的化学家亚历山大·布特列洛夫作为资深同事，他在化合物结构研究方面做出了开创性的贡献。遗憾的是，布特列洛夫后来未能免于当时在俄罗斯盛行的通灵术之风。出于科学考虑，门捷列夫受命调查布特列洛夫提出的超自然化学现象，结果证实这些说法毫无根据。不过，尽管在这个超自然问题上存在分歧，两人似乎依然保持着友谊。

门捷列夫热切的信念和独特的外表使他立刻受到学生们的欢迎。即使是那些对化学知之甚少 的学生，也能欣赏他讲课时信手拈来的化学轶闻、趣事和百科全书式的知识（从天文学到动物学，各种学科无所不包）。在他的学生中就有未来的无政府主义领袖克鲁泡特金亲王，他回忆道：“大厅里总是挤满了大约 200 名学生，我担心他们中的许多人无法跟上门捷列夫的思路，但对我们中少数能够理解的人来说，这是一次对智力的刺激，也是一堂科学思维的课程，肯定在他们的成长中留下了深刻的印记，正如在我的成长中一样。”撇开门捷列夫或许无意中促进了无政府主义思潮发展这一点不谈，他确实给学生带来了巨大的启发。他的一位很有洞察力的追随者说：“多亏了门捷列夫，我开始意识到化学确实是一门科学。”在当时许多人眼中，化学还没有成熟。它看起来仍然只不过是技术知识和一些互不相关的事实的汇编，缺乏一个总体的指导原则。

门捷列夫非常清楚他所在研究领域的这种缺陷。他的化学讲座可能涉及了天底下各种事物的旁征博引，但他的指导思想原则是综合。他的思维天生就不愿让任何一个事实孤立存在。正如他所说：“科学大厦不仅需要材料，还需要一个规划。必须先准备材料，然后将它们有序组合，设计出整体方案并让各部分保持匀称。”对门捷列夫而言，这不仅仅是一项

智力工作：“构思、理解并把握科学大厦的整体对称性，包括其未完工的部分，就能体会到一种只有最崇高的美与真理才能带来的愉悦。”他致力于揭示“构成我们这门学科基础的哲学原理”。

这确实是崇高的理念。然而，门捷列夫并未放下年少时代的偏见。尽管他表达了上述观点，但他依然强烈反对古典学科和哲学。在他看来，这些只会滋生“自欺、幻想、傲慢和自私”。他认为：“古典主义者只适合做地主、资本家、公务员、文人、评论家……如今即使没有柏拉图我们也可以生存，但要揭示自然的奥秘、让生活与自然法则和谐共处，我们需要更多像牛顿这样的科学家。”

鉴于当时俄国的教育状况，门捷列夫的庸俗主义（或可说是反文化主义）也许是可以理解的。然而，它仍然是科学傲慢的典型例子，这种态度一直持续到今天。美国量子物理学家理查德·费曼经常表达他对“文化”的蔑视，认为哲学毫无用处且无关紧要。这样的观点至今仍然很普遍，但以“薛定谔的猫”而闻名的埃尔温·薛定谔曾对此提出反驳。作为20世纪最优秀的科学思想家之一，这位文化底蕴深厚的奥地利人指出：“在建立一个人的世界观方面，科学是必要的，但不是充分的。”法国哲学家孔德曾经提到有些事情是科学永远无法了解的，尽管他举的具体例子后来被证明是错误的，

但他这一论断本身仍然有效。

门捷列夫又一次遇到了俄国落后带来的问题。他在讲授无机化学课程时，发现学生们面临着一个重大障碍：当时根本没有合适的俄语无机化学教科书。此前，门捷列夫曾以创纪录的速度编写了当时唯一一本现代有机化学教科书，现在他开始着手撰写一部无机化学的著作。

那时和现在一样，有机化学主要研究构成生命物质基础的化合物，它们主要是碳与氢、氧或氮结合的物质。无机化学则研究其余的非生命物质，包括基本化学元素及其化合物的性质。

1869年初，门捷列夫完成了他计划撰写的两卷本《化学原理》中的第一卷。这部著作是他的杰作，是那个时代最出色的化学教科书。它被翻译成各种主要语言，一直到20世纪初都是化学领域的标准参考著作。然而，这并非一本刻板的传统教科书，其风格充分体现了作者的个性特征。如同他的讲课一样，除了正文包含了许多精辟的见解，书中还遍布着各种主题的脚注，包括化学轶事和科学推测。事实上，这些脚注的篇幅甚至超过了正文本身。难怪门捷列夫称《化学原理》是“我最钟爱的孩子”，并表示这本书包含了“我的形象、我的经历……以及我最真诚的科学思想”。

尽管《化学原理》与其作者有相似之处，但它绝不是一部杂乱无章的怪异之作。这部信息的宝库有着非常明确的结构：根据元素及其化合物的相似性质进行分组，依次排列，每组都承接前一组的内容。例如，第一卷的末尾介绍了由氟、氯、溴和碘组成的卤素（halogen，源自希腊语中表示“盐”的 halos 和表示“产生者”的 -gen）。所有卤素都能与钠化合，生成性质非常相似的盐，其中最著名的当然是食盐——氯化钠。卤素也很容易与钾化合。接下来的第二卷开篇就顺理成章地介绍了包含钠和钾的碱金属族。门捷列夫估计，这部分内容将占据前两章。

到 1869 年 2 月 14 日星期五早晨，这两章已经写完了。门捷列夫现在面临着一个紧迫的问题：下一步该处理哪一组元素？他整本书的结构都取决于此。他必须找到某种基本原则，以便对元素进行排序。而且时间紧迫：他必须在周末完成这项工作。周一，他要乘火车前往特维尔，在那里向奶酪制造商代表团发表演讲，随后对当地农场进行为期三天的考察……如果他能解决这个元素排序的问题，那么从乡间回来后，他就可以立即继续写他的教科书了。

在杂乱的书房里，门捷列夫坐在他那凌乱的书桌前：一个头发蓬乱、形貌如侏儒般的人物，不停地用左手手指梳理着他那又长又乱的胡须。在他头顶上方的昏暗处，伽利略、

笛卡尔、牛顿和法拉第的肖像注视着下方，他的笔尖在散落的纸张、书籍和复杂仪器构成的混乱中不停划动。

门捷列夫开始潜心梳理他那百科全书式的化学元素知识，试图找到能将相似元素联系起来的某种规律。他坚信在某个地方一定有一把打开这一切的钥匙，因为元素的性质不可能只是随机的，那是不科学的。诚然，它们有一个确定的原子量顺序，但这远非全貌，说明的也仅仅是它们的物理性质。那么化学性质之间的规律又是什么呢？德尚古尔多阿声称发现了某种循环模式，但他的论文中没有准确地展示这种模式究竟是什么。甚至德尚古尔多阿本人也承认，这种模式似乎并不适用于所有元素。他反复提到一个从未得到充分解释的神秘“地螺旋”概念，这表明他本人可能也没有完全理解自己所发现的规律。然而，无论他瞥见的是什么，显然都使他确信其中存在某种规律。门捷列夫深信德尚古尔多阿是对的，他的全部化学知识都使他倾向于这种直觉。他反复思考，一次又一次地尝试将元素逐个排列，希望构建某种结构，但每次构建的结构都像一叠纸牌一样倒塌。到2月17日星期一早上，门捷列夫仍然没有想出任何办法。

这天早晨吃早饭的时候，门捷列夫翻看了邮寄来的信件。其中有一封来自圣彼得堡东南两百英里的特维尔志愿经济合作社秘书的信函。信中详细说明了当天下午与奶酪制造商

的会面安排，以及按照他的要求，接下来三天将用于考察当地的奶酪制作中心。所有与访问相关的准备工作都已就绪。

门捷列夫计划在早餐后立即从圣彼得堡的莫斯科火车站启程。他的木制旅行箱已经收拾妥当，放在门边。外面，一辆马拉雪橇正停在白雪覆盖的街道上等候。

最后，门捷列夫从早餐桌上拿起那封信和他的茶杯，回到了书房。他再次坐在书桌前，把随身携带的信翻了个面，放下茶杯，开始在信的背面草草记下一些笔记。我们之所以知道这些细节，是因为这封来自特维尔志愿经济合作社秘书的信被保存了下来，上面至今还留有门捷列夫茶杯的圆形印记。信的背面记录着一串按原子量排列的元素。门捷列夫显然确信，关键就在于这个自然而明显的线索——原子量的升序。这无疑是一种排序方式，但问题在于它似乎无法解释任何规律，仅仅表明一种元素比另一种元素重。那么那些性质相似的元素族群又该如何解释呢，比如卤素：氟(F)、氯(Cl)、溴(Br)和碘(I)？卤素的原子量差异很大：

$$F=19, Cl=35, Br=80, I=127$$

氧族元素也是如此：氧(O)、硫(S)、硒(Se)和碲(Te)。这些元素同样表现出非常相似的化学性质，但它们的原子量存在如下差异：

O=16, S=32, Se=79, Te=128

而氮族元素包括氮 (N)、磷 (P)、砷 (As) 和锑 (Sb),  
在原子量方面同样存在显著差异:

N=14, P=41, As=75, Sb=122

但是当门捷列夫在信的背面将这三组元素依次竖直排列时, 他注意到一种模式开始显现:

F=19, Cl=35, Br=80, I=127

O=16, S=32, Se=79, Te=128

N=14, P=41, As=75, Sb=122

从每一列的底部读起, 元素的原子量依次递增。只有第二列的磷 (P) 和第四列的碲 (Te) 不符合这一规律, 其他元素都符合这种排列方式。

这到底意味着什么? 表面上看似乎毫无意义。但这样的规律性显然不会是纯粹的巧合。然而, 即使存在这个规律, 它也仅仅解释了十几个元素的排列。剩下的五十多个元素依然显得杂乱无章。

据门捷列夫的朋友 A. A. 伊诺斯特兰采夫回忆, 那天他

拜访门捷列夫时，后者已经连续三天三夜不眠不休地研究这个问题。我们知道，门捷列夫一旦进入工作状态，就能表现出惊人的专注力——比如他曾在短短 60 天内完成了一本长达 500 页的有机化学教科书。门捷列夫开始潦草地列出各种元素，此时他意识到时间已经不多了，因为他还得赶去特维尔的火车。他笔记上潦草的字迹和频繁的涂改痕迹暴露出他越发焦虑的情绪。他确信自己正走在正确的道路上，也已经捕捉到一些线索，但不知怎的，他就是无法看透它。

门捷列夫一定是在这个时候灵光一闪，将元素问题和他最喜欢的纸牌接龙巧妙地联系起来。他开始在一系列空白卡片上写下元素的名称，并加上它们的原子量和化学性质。

大概就是在这个时候，他走到书房门口，吩咐仆人让雪橇车夫离开，告诉他在下午火车发车之前再来。当雪橇的铃铛声渐渐消失在窗外白雪覆盖的寂静中时，门捷列夫开始把所有注意力都集中到桌上卡片的海洋。

门捷列夫在他早期的日记中记录说，每当他在科学发现的道路上迈出第一步时，都会变得异常兴奋。但如果后续无法发展这种最初的洞见，他就会陷入深深的沮丧，有时甚至会忍不住落泪。

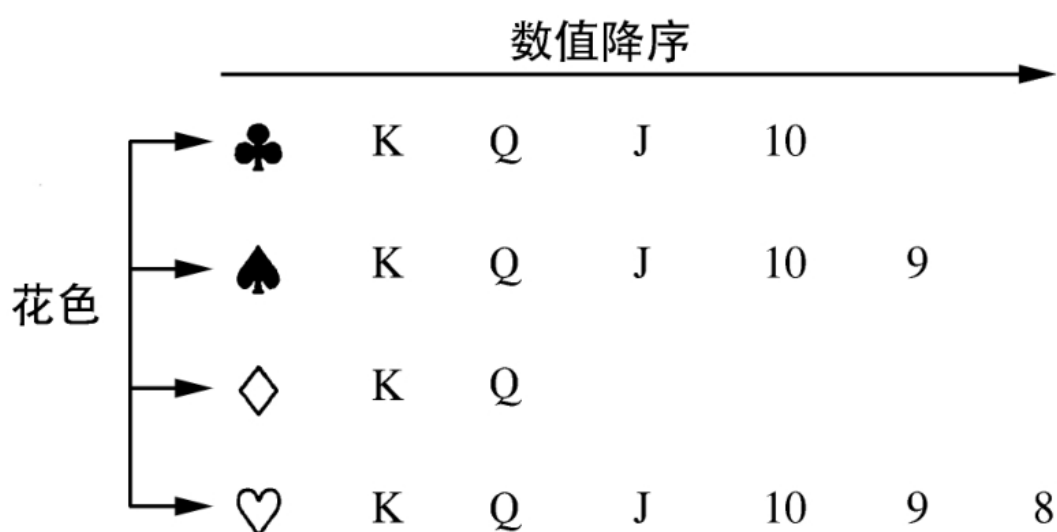
2 月 17 日下午，当他的朋友伊诺斯特兰采夫来拜访门捷

列夫时，发现他正处于极度沮丧的状态。门捷列夫知道自己就在一个重大发现的边缘，但就是无法把握住它。

“这一切已经在我脑子里成形了，”他痛苦地抱怨道，“但我就是无法表达出来。”他精疲力竭，双手托着蓬乱的头。

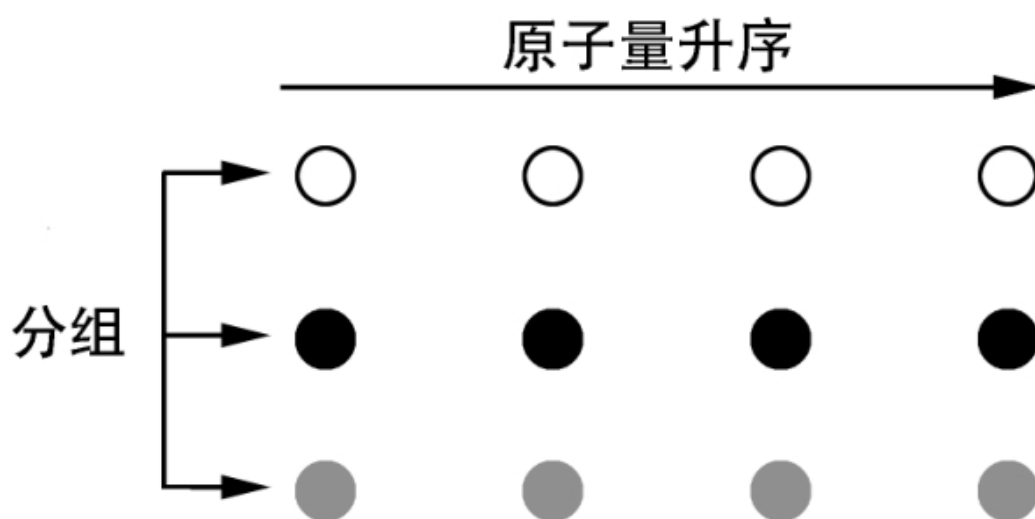
撇开这句话中隐含的可疑观点不谈，我们确实可以感受到门捷列夫的沮丧。

时间很快过去。下午开往特维尔的火车即将从莫斯科站出发。雪橇又一次出现在外面的街道上，车夫蜷缩着身子抵御天色渐暗带来的寒意。面对眼前铺展开的纸牌海洋，门捷列夫已经没有时间探索每一种可能性，也无暇思考每个方案的优劣得失。他必须迅速行动，凭直觉猜测并做出决定。幸运的是，直觉恰恰是门捷列夫的主要优势之一。



门捷列夫在元素世界中探寻的规律，与纸牌游戏有着惊人的相似之处：就像纸牌按照花色分组、数字大小排序一样，他试图将元素按照相似的化学性质分组，并在每个组内根据原子量大小排序。

门捷列夫发现元素的排列方式与他玩的纸牌接龙极为相似。在纸牌接龙中，玩家需要将牌按照花色分组，每个花色内按数值降序排列。



他称之为“化学接龙”，这种游戏显然证实了门捷列夫最初的洞见，并似乎指明了进一步的方向：在卤素、氧族和氮族元素之间确实存在一种规律模式，然而这个模式还不够完善。所有线索似乎都在逐渐汇聚成形。

这时，窗外渐渐暗淡的暮色已经被夜晚寒冷的黑暗所取代。尽管他越来越疲惫，但他知道现在不能停下。门捷列夫有一种强烈的感觉，他正处在一个重大发现的临界点上。

据记载，就在这个时候，他因疲惫而无法继续——多少让人有些失望。他身体前倾，把头枕在手臂上，趴在散落的卡片间。他几乎立刻就睡着了，并做了个梦。

## 第十四章、元素周期表

用门捷列夫自己的话说：“我在梦中看到一张表，所有元素都按要求排列在一起。醒来后，我立即将它记录在纸上。”在梦中，门捷列夫意识到，当元素按照原子量的顺序排列时，它们的性质会呈现出周期性重复。因此，他将自己的发现命名为元素周期表。

两周后，门捷列夫在其历史性论文《一个元素系统的建议》中发表了元素周期表设计。从最左列的顶部开始，纵向按照原子量递增的顺序排列元素。横向则将具有相似递进性质的元素归为一组。

可以看出，第二列类似于纽兰兹的八音律，但这种规律在原子量较大的元素中并不明显。同时，这一排列方式也涵

盖了德贝赖纳和德尚古尔多阿此前发现的部分规律。门捷列夫的元素周期表采用了一种相对灵活的模式，这种模式能够容纳当时所有已知的元素。

然而，即使是门捷列夫也不得不承认，乍看之下这种模式似乎存在一些反常现象。首先，如果将所有元素按照性质水平分组，某些元素的原子量就不符合严格的递增顺序，例如在第三列底部的钍（Th=118）。对于这类情况，门捷列夫质疑元素原子量的计算结果，他傲慢地宣称是科学错了，而他是正确的！更为大胆的是他对周期表中其他异常现象的解释方式。在没有合适元素填充的位置，他索性留下空缺。他预言这些空缺终将被尚未发现的元素填补。例如，在第九行（始于 B=11 的硼族）中，他预测在铝（Al=27.1）和铀（Ur=116）之间存在一种未知元素。他将这种元素命名为“类铝”，并预测其原子量将是 68。他甚至还详细描述了它应具有的介于铝和铀之间的性质。同样，在下一行（始于 C=12 的碳族）中，他预测在硅（Si=28）和锡（Sn=118）之间存在另一种元素，将其标记为“？=70”。他把这种元素称为“类硅”，并同样描述了它可能具有的性质。

# ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ.

ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ.

		Ti = 50	Zr = 90	? = 180.	
		V = 51	Nb = 94	Ta = 182.	
		Cr = 52	Mo = 96	W = 186.	
		Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,1.	
		Fe = 56	Rn = 104,4	Ir = 198.	
		Ni = Co = 59	Pl = 106,6	Os = 199.	
H = 1		Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200.	
	Be = 9,1	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112	
	B = 11	Al = 27,1	? = 68	Ur = 116	Au = 197?
	C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118	
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210?
	O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128?	
	F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	I = 127	
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204.
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207.
		? = 45	Ce = 92		
		?Er = 56	La = 94		
		?Yt = 60	Di = 95		
		?In = 75,6	Th = 118?		

Д. Менделѣевъ

尽管他的元素周期表中看起来有这些异常，门捷列夫仍然确信他是对的。进一步的证据更加强了他的这一判断。他在元素周期表中所揭示的模式，与每种元素所显示的化合价规律惊人地相呼应。例如，锂（在周期表中 Li=7）的化合

价为 1。也就是说，如果原子是一个球，它就有一个“臂”能够与其他原子结合。接下来是铍(Be=9.4)，它的化合价是 2，这使它能够与另外两个原子结合。紧随其后的元素硼(B=11)的化合价为 3；然后是碳(C=12)，化合价为 4。然后顺序下降，所以整体顺序是：1, 2, 3, 4, 3, 2, 1。这种周期性的上升和下降或多或少地沿着整个原子量序列重复。当就像他在元素周期表中排列的那样，按照相似性质将元素排列成水平族时，同族元素往往具有相同的化合价。比如氮族（从顶部往下第 11 行，从 N=14 开始）的化合价为 3；其下方的氧族（从 O=16 开始）化合价为 2；再下面一族的化合价为 1。同样，虽然仍有一些元素的化合价似乎不符合这一规律，或需要调整排列顺序，但门捷列夫确信这些异常现象也是可以解释的。他始终坚信他所提出的周期律就是答案。正如他后来所说：“虽然我对一些不甚明确的地方有过疑虑，但我从未怀疑过这条定律的普遍性，因为这不可能是偶然的結果。”

其他人则不太信服。这个所谓的“定律”是典型的俄国科学——它缺乏西方科学的那种科学严谨性。简而言之，元素周期表里有太多的空缺。门捷列夫怎么能断定某些原子量的计算有误呢？又有谁听说过一个科学理论的基础是科学有错误？

但是门捷列夫的元素周期表很快就以他最意想不到的

方式得到了支持。德国科学家尤里乌斯·迈耶尔发表了一篇论文，声称他发现了元素周期表。这肯定不仅仅是一个巧合。

事实上，门捷列夫和迈耶尔的生活轨迹倒是有几处巧合。略晚于门捷列夫几年，迈耶尔也在海德堡与本生和基尔霍夫一起研究化学，这两位著名的光谱学发明者甚至成功地在太阳表面发现了新元素。不过和门捷列夫不同的是，迈耶尔并没有愤然离开本生的实验室。因此，他对元素的性质有了深刻的认识，而不是固执地在自家实验室里测试酒精在水中的溶解度。迈耶尔也参加了 1860 年著名的卡尔斯鲁厄会议，和门捷列夫一样，他也深受康尼扎罗支持原子量的激情演讲的启发。

迈耶尔沿着与门捷列夫相似的路线，最终在几乎相同的时间发现了元素间几乎相同的规律模式。那么为什么发现元素周期表的功劳归于门捷列夫呢？首先，因为门捷列夫在发现元素周期表两周之后，就于 1869 年 3 月 1 日发表了关于这个主题的论文，而迈耶尔直到次年才发表。更具决定性的是，迈耶尔的结论过于谨慎保守。他无法完全解释他周期表中的异常现象，包括那些排序混乱的元素、似乎不属于对应族的元素，以及明显的空缺位置。当批评者指出迈耶尔的“定律”与事实之间的差异时，迈耶尔没有任何辩护。而门捷列夫则采取了攻势，面对所有的“事实”，他始终坚持自己的化

学见解。

科学界对门捷列夫的理论持怀疑态度是可以理解的。怎么能把科学定律建立在还没有发现的事物基础上呢？依靠尚未发现的化学元素来支撑理论，这种做法纯粹是幻想。随着时间的推移，门捷列夫的地位开始显得越来越不稳固，因为始终没有科学证据来支持他的大胆断言——人们没有发现具有“类铝”或“类硅”性质的新元素。事实上，在 1869 年之后的几年里，新元素的发现出奇地少。直到 1875 年夏末，巴黎科学院收到了法国化学家保罗·勒科克·德布瓦博德兰的一封引人注目的信，他在信中宣布：“就在前天晚上，1875 年 8 月 27 日凌晨 3 点到 4 点之间，我在比利牛斯山皮埃尔菲特矿的硫化锌样本中发现了一种新元素。”他将这种元素命名为镓（gallium），以拉丁语中的法国（Gallia）命名。不过也有人认为，勒科克的动机可能并不像表面上那么爱国无私。“勒科克”在法语中的意思是“公鸡”，翻译成拉丁语是 gallus。

勒科克新发现的元素原子量为 69，其性质表明它属于硼族，位于铝和铟之间。这个被命名为镓的新元素，几乎完全符合门捷列夫对“类铝”元素的预测。但当勒科克计算镓的比重时，他发现其数值为 4.7，而门捷列夫曾预测“类铝”元素的比重应为 5.9。这个显著的差异令人无法忽视。难道

门捷列夫的其他“预测”也仅仅是一系列幸运的猜测吗？

门捷列夫一听到勒科克的实验结果与他的理论预测不符，就以他特有的方式给出了反应。他立即给勒科克写了一封信，指出其镓样品纯度不够，并建议换个样品重复实验。勒科克认真执行了这一建议，他取用了更大量的样品，并对其进行了严格的提纯处理。这一次，他发现镓的比重确实是 5.9，完全符合门捷列夫的预测！

5 年后的发现进一步证实了这绝非侥幸。德国化学家克萊門斯·溫克勒在对弗萊堡附近一个矿山新发现的银辉石进行常规分析时，发现了一种前所未有的元素。他将这种元素命名为“锗”(germanium，以他的祖国命名)。在对元素周期表进行多次小幅修订的过程中，门捷列夫曾计算出类硅元素的原子量不是 70，而是更接近 72，而对其他特征的预测则没有改变：它将是一种深灰色的金属元素，性质介于硅和锡之间；它的比重为 5.5，它的氧化物比重为 4.7，它的氯化物比重为 1.9。温克勒发现的锗恰好是一种具有金属光泽的灰色物质，原子量为 72.73。它的比重为 5.47，其氧化物的比重为 4.7，其氯化物的比重为 1.887。现在没有人会怀疑门捷列夫的周期律了。

随着元素周期表的出现，化学逐渐成熟。就像公理化的

几何学、牛顿物理学和达尔文生物学一样，化学找到了自己的核心理论基础，由此能够发展出一整套全新的科学体系。门捷列夫对构成宇宙的基本元素进行了系统分类。

门捷列夫确信这样的发现将推动科学取得更深远的进展。他推测，在未来的几个世纪里，他的元素周期表可能会揭示宇宙的起源、生命赖以生存的模式，甚至物质的终极奥秘。这些预言确实实现了，但方式却完全出乎他的意料。甚至在门捷列夫在世时，人们就已经发现元素周期表中的某些元素会发生衰变。门捷列夫无法接受这一点：在他看来，元素周期表是绝对不变的。然而，正是这些衰变元素在周期表中的位置让科学家们准确理解了其中的奥妙——原子并不是终极粒子。核物理学由此诞生。核物理学后来也提出了自己独特的亚核粒子集合，这些粒子是否也符合一种类似元素周期表的模式呢？1981年，美国物理学家默里·盖尔曼受到门捷列夫的启发，提出了一个亚原子粒子的分类体系，他称之为“八重法”。该体系将亚原子粒子按照性质分组，恰如门捷列夫当初为元素分组。但现代科学发展迅速，如今“八重法”与门捷列夫的元素周期表遭遇了同样的命运：它所分类的粒子被发现并非绝对不变，它们似乎是由被称为“超弦”的更微小的实体构成的。

然而，尽管科学取得了如此深远的进展，门捷列夫首先

发现的元素周期表仍然是现代化学的基础。它被用来预测各种元素组合成分子后的可能性质，这在复杂新药的合成中发挥着重要作用。同样，对不同原子之间结合能力的精确了解也带来了化学领域最为瞩目的进步。如果没有这些知识，我们就无法理解极其复杂的 DNA 分子的构成，也就无法理解“生命的模式”。

门捷列夫曾经预感到他的元素周期表可能有助于发现宇宙起源的奥秘，这一预感如今已得到证实。宇宙学家在推测大爆炸后几秒钟内发生的情况时，发现自己需要从核粒子的形成（最初的 3 秒内）一直推演到第一批原子的形成（100 万年后）。最初的简单原子如何演变成元素周期表中的复杂结构，这正是宇宙演化的奥秘所在。我们已经知道宇宙的起点，门捷列夫则向我们展示了当前的状态，问题的关键在于两者之间发生了什么，我们正在逐渐拼凑出这一过程。

在门捷列夫首次发现元素周期表后的一个多世纪里，元素周期表经历了几次调整和重新排列。尽管现代版本的元素周期表有多种形式，但它们都无可争议地保留了门捷列夫创立的核心结构。这一结构不仅能够容纳几乎两倍于原始数量的元素，还包含了一个全新的族以及后续的几次元素重组。如今我们知道，元素的性质、化合价和质量源自原子内亚原子粒子的排列。核物理学基本上证实了门捷列夫关于原子量、

未知元素及其性质的初步猜想。而在门捷列夫只能推测的地方，核物理学已经通过最精密的实验证据提供了一个整体解释。门捷列夫在 1869 年 2 月 17 日这一天的发现标志着一个历时 2500 年的科学史诗达到顶峰：这是一个关于人类探索精神的非凡寓言。

1955 年，第 101 号元素被发现，并被正式列入元素周期表。为纪念门捷列夫的伟大成就，该元素被命名为“钷”（mendelevium）。考虑到这种元素本身并不稳定，极易自发裂变——作为纪念，可谓恰如其分。

## 进一步阅读

因为这是一本面向大众的书，我没有列出详尽的资料来源。文中引用的内容大多标明了出处，并提到了许多相关的著作。以下列出的是我在各章节中参考的资料，或许能为有兴趣进一步阅读的读者提供帮助。

在查找更多资料时需要注意：英语中门捷列夫的名字是从俄语的西里尔字母转写成西方文字的，因此出现了多种不同的拼写方式。我采用的拼写方式（Mendeleev）在英语中看起来最为合理，也是目前普遍认可的形式。然而，这一问题尚未完全标准化，因此在标题、索引、论文等地方，您可能会看到以下几种变体：Mendeleev（这是他用英语签名的方式）、Mendéléev、Mendeléïev、Mendeleïeff、Mendeleyeff，以及其他形式。

## 引子

Dmitri Mendeléïev, by Paul Kolodkine, Paris, Seghers, 1961.  
一部法语著作。关于门捷列夫的少数非俄语传记之一。

On the Question of the Psychology of Scientific Creativity  
(On the Occasion of the Discovery by D. I. Mendeleev of the  
Periodic Law), by B. M. Kedrov, in Soviet Review, Vol.8,2  
(1967), pp. 26-45. 详细探讨了元素周期表的发现过程, 译自俄语。

Factors Which Led Mendeleev to the Periodic Law, by Henry M.  
Leicester, in Chymia, Vol.1 (1948).

## 第一章 起源

Lives of Eminent Philosophers, by Diogenes Laertius, London, Heineman, 1980. 早期哲学家的主要资料来源, 可读性强, 但并非完全可靠。

A History of Western Philosophy, Vol.1, The Classical Mind, by W. T. Jones, New York, Harcourt Brace, 1970. 对早期哲学家的思想和科学方面有很好的阐述。

The Discovery of the Elements, by M. E. Weeks and H. M. Leicester, Journal of Chemical Education (US), 1968. 近五百页的详尽著作, 是充满迷人知识的宝库, 我曾多次参考。

## **第二章 炼金术的实践**

Through Alchemy to Chemistry, by John Read, London, Bell, 1957.

The Origins of Alchemy, by Jack Lindsay, London, Muller, 1970.

Avicenna: His Life and Works, by Soheil M. Afnan, London, Allen & Unwin, 1958. 这是一本引人入胜的阿维森纳传记，充分利用了有限的可靠资料。

### **第三章 天才和胡言乱语**

History of Chemistry, by J. R. Partington, London, Macmillan, 1962. 四卷本早期标准化学史著作，我曾多次参考。

Dictionary of Scientific Biography, ed. C. C. Gillespie, New York, Scribner's, 1974. 十六卷本权威传记参考书，我也曾多次参考。

Alchemy and Mysticism, by Alexander Roob, London, Taschen, 1998. 七百页的著作，插图丰富，适合作为背景知识和信息来源。

### **第四章 帕拉塞尔苏斯**

Paracelsus: Magic into Science, by Henry M. Pachter, New York, Schuman, 1971. 英语世界中关于帕拉塞尔苏斯的最佳传记。

Crucibles: The Story of Chemistry, by Bernard Jaffe, Dover, 1998. 包含了一个关于帕拉塞尔苏斯的简短章节, 以及许多其他化学史重要人物的介绍。

Gillespie's Dictionary of Scientific Biography. 关于帕拉塞尔苏斯的长篇条目特别具有参考价值。

## 第五章 试错法

The Rainbow: From Myth to Mathematics, by Carl B. Boyer, New York, 1959. 将迪特里希·冯·弗赖堡置于更广泛的历史背景中, 并完整还原了相关故事。

Gillespie, *op. cit.*, Vol. 3. 关于库萨的尼古拉的更多细节。

Nicholas Copernicus, by Fred Hoyle, London, Heinemann, 1973.

当代著名天文学家撰写的有关哥白尼的论文，包含有趣的专业见解。

Giordano Bruno: His Life and Thought, by Dorothy Waley Singer, New York, Schuman, 1950. 至今仍是关于布鲁诺的最佳综合传记。

## 第六章 科学的要素

Galileo: A Life, by James Reston jnr, London, Cassell, 1994. 众多优秀的伽利略传记中最新的一部，相对较短，但清晰而中肯。

Descartes: An Intellectual Biography, by Stephen Gaukroger, Oxford, OUP, 1995. 这本书对笛卡尔的哲学和科学进行了有益的探索，此外也包含了他的生活细节。

Francis Bacon: The History of a Character Assassination, by Nieves Mathews, New Haven, Yale UP, 1996. 对围绕培根名字形成的许多迷思进行了有益的纠正。

A Historical Introduction to the Philosophy of Science, by John Losee, Oxford, OUP, 1993. 关于这一复杂主题的最佳综合指南。

## 第七章 重生的科学

The Life of the Honourable Robert Boyle, by R. E. W. Maddison, London, Taylor & Francis, 1969. 全面而详细的波义耳传记，包含许多有趣的时代细节。

Isaac Newton: The Last Sorcerer, by Michael White, London, Fourth Estate, 1997. 近期的牛顿传记，聚焦于牛顿更有争议的炼金术工作。

Van Helmont: Alchemist, Physician, Philosopher, by H. Stanley Redgrove and I. M. L. Redgrove, London, William Rider, 1922. 罕见的短篇著作，实际上是有关范·海尔蒙特唯一可用的英语资料。

## 第八章 从未见过的东西

Weeks and Leicester, op. cit. 关于这个主题的详尽著作，还包括了发现者的生平细节。

Man and the Chemical Elements, by J. Newton Friend, London, Charles Graham, 1951. 极具可读性的元素及其发现者的历史。

Dictionary of Scientific Biography, op. cit., Vol.12, pp.143-50. 虽然没有关于卡尔·舍勒的英语传记，但这里可以找到有关于他的生活和工作的不错概述。

The Chemical Elements, by I. Nechaev and Gerald Jenkins, Diss (Norfolk), Tarquin, 1997. 关于化学元素和许多其他化学知识的优秀且简短的通俗概览。

## 第九章 燃素之谜

Jaffe, op. cit. (chapter 4). 遗憾的是，目前还没有完整的英语贝歇尔传记，但这里可以找到其非凡人生的概述。

Great Chemists, ed. Eduard Farber, Interscience, 1961. 同样也没有现成的斯塔尔传记，但这里有一个关于他生平的简短章节。

Joseph Priestley by F. W. Gibbs, London, Nelson, 1965. 关于普里斯特利这位杰出科学家和原则捍卫者的最好通俗传记。

Cavendish, by Christina Jungnickel and Russell McCormach, American Philosophical Society, 1996. 不仅讲述了卡文迪许卓越的科学成就，还描绘了他的个人生活，配有许多精美插图。

## 第十章 谜底揭晓

Lavoisier: Chemist, Biologist, Economist, by Jean-Pierre Poirier, University of Pennsylvania Press, 1996. 全面的传记，详细描述了拉瓦锡的生活、工作和时代，译自法语。

Lavoisier, by Ferenc Szabadvary, University of Cincinnati, 1977. 篇幅较短但可读性很强的拉瓦锡传记，译自匈牙利语。

Fontana History of Chemistry, by William H. Brock, London, Fontana, 1992. 关于化学史的最佳通俗著作，包含关于燃素学派和拉瓦锡的精彩章节。

## 第十一章 化学公式

John Dalton and the Atom, by Frank Greenaway, London, Heinemann, 1966. 通俗易懂且信息丰富的道尔顿传记，既涉及科学又涵盖时代背景。

Enlightenment Science in the Romantic Era, ed. Evan Melhado and Tore Frangsmyr, Cambridge, CUP, 1992. 贝采里乌斯的化学及其在 19 世纪早期欧洲的文化背景。

## 第十二章 寻找隐藏的结构

Dictionary of Scientific Biography, op. cit. 有关德贝赖纳和德尚古尔多阿几乎唯一的资料来源。

Chemical Age, 59 (1948), 包含一篇有关纽兰兹的文章 J. A. R. Newlands (1837-1898), A Pioneer Whom Chemists Ridiculed, A

Pioneer Whom Chemists Ridiculed, by J. A. Cameron。

History of Chemistry, by Partington, op. cit., Vol.4, Part 4. 更详细地追溯了寻找元素规律的过程。

The Development of the Periodic Table by John Emsley, in Interdisciplinary Science Reviews, Vol.12 (1987).

### **第十三章 门捷列夫**

Eminent Russian Scientists, by Cicely Kodyan, Delhi, Konark, 1992. 介绍了门捷列夫前后的重要俄罗斯科学家。

另请参阅“引子”中列出的书目。

### **第十四章 元素周期表**

The Periodic System of the Elements: A History of the First Hundred Years, by J. W. van Spronsen, London, Elsevier, 1969. 概述了自门捷列夫之后该领域取得的进展。

Graphic Representations of the Periodic System during One Hundred Years, by Edward G. Mazurs, University of Alabama, 1974. 描述了自门捷列夫最初版本以来的元素周期表演变过程。