

重大科学发现 个例研究

钱时惕 主编



科学出版社

重大科学发现个例研究

1071125 钱时惕主编

科学出版社

1 9 8 7

内 容 简 介

科学发现造就了文明,文明促进了科学的不断创新,这就是人类社会与科学发展的辩证关系。本书就是通过历史上各个时期的重大科学发现:原子论,群论,非欧几何,细胞,生物进化论,能量守恒,电磁波,元素周期律,基因,量子论,狭义相对论,信息论、控制论、系统论,DNA结构及耗散结构诸内容,着重阐述了各个发现的思维方法、研究艺术、孕育过程及科学发现的规律性。全书内容丰富,具有理论性和知识性。可供科技工作者,科学史、自然辩证法、哲学工作者及大专院校师生阅读参考。

重大科学发现个例研究

钱时惕主编

责任编辑 龙兰先

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1987年8月第一版 开本: 787×1092 1/32

1987年8月第一次印刷 印张: 11 1/4

印数: 0001—5,700 字数: 256,000

统一书号: 13031·3645

本社书号: 5077·13—18

定价: 2.65元

目 录

前言	钱时惕 (1)
一 道尔顿怎样创立科学原子论	盛根玉 郭金彬 (8)
(一)在前人研究的基础上	(8)
(二)建设性的想象	(12)
(三)定量分析研究	(17)
(四)用思维把握原子	(19)
二 群论溯源	周季生 (29)
(一)什么是群论	(30)
(二)代数方程的根式解	(32)
(三)伽罗瓦的可解性理论	(37)
(四)伽罗瓦与群论	(44)
三 非欧几何的产生	董驹翔 (51)
(一)欧几里得几何的伟大成就及其不足	(51)
(二)对第五公设的研究	(55)
(三)罗巴切夫斯基与非欧几何	(63)
四 细胞的发现	傅杰青 (72)
(一)细胞发现的技术前提	(72)
(二)动、植物细胞发现的突破口	(74)
(三)细胞成分的逐步认识	(79)
(四)细胞学说的建立	(87)
(五)归纳观察所得的科学发现	(97)
五 生物进化论的创立	李难 (102)
(一)创立进化论的历史过程	(102)
(二)创立进化论的学术前提	(109)

	(三) 创立进化论的思想来源·····	(114)
	(四) 创立进化论的科学精神·····	(118)
	(五) 创立进化论的研究艺术·····	(122)
六	能量守恒和转化定律的发现·····朱尔恭 宋德生	(126)
	(一) 孕育过程·····	(126)
	(二) 能量守恒和转化定律的发现·····	(135)
	(三) 简短的回顾·····	(146)
七	电磁波从预言到验证·····宋德生	(150)
	(一) 历史的前奏·····	(150)
	(二) 麦克斯韦的理论预言·····	(154)
	(三) 1879年柏林科学院悬奖·····	(161)
	(四) 赫兹以前的电磁波实验·····	(164)
	(五) 赫兹实验证明位移电流·····	(166)
	(六) 电磁波和光波的同一性的实验证明·····	(169)
八	门捷列夫是怎样发现元素周期定律的·····林永康	(176)
	(一) 学生时代的“奢望”·····	(177)
	(二) 伟大发现的一天·····	(182)
	(三) 正确的方法·····	(192)
九	基因的发现·····董毓琨	(202)
	(一) 遗传——一个古老的问题·····	(202)
	(二) 孟德尔学说——基因颗粒性概念的确立·····	(205)
	(三) 基因概念的发展·····	(217)
十	普朗克与作用量子·····钱时惕	(226)
	(一) 在物理学已达“顶峰”时投身物理学事业·····	(226)
	(二) 参加到研究黑体辐射能量分布的行列·····	(227)
	(三) 黑体辐射经验公式的获得·····	(229)
	(四) 经验公式的理论探究——能量子假说的提出·····	(233)
	(五) 作用量子能够纳入经典的理论体系吗? ·····	(236)
	(六) 普朗克的成功与不足·····	(241)
十一	狭义相对论从孕育到诞生·····钱时惕	(249)

(一) 牛顿的绝对时空观.....	(249)
(二) 围绕“以太风”问题展开的探索.....	(253)
(三) 爱因斯坦创建狭义相对论的思路.....	(258)
(四) 狭义相对论的被确认.....	(266)
(五) 对几个有争议问题的分析.....	(268)
(六) 狭义相对论发现所提供的方法论启示.....	(273)
十二 信息论、控制论与一般系统论的产生	
.....邹珊刚 苏子仪	(278)
(一) 信息论的产生.....	(278)
(二) 控制论的产生和科学方法.....	(288)
(三) 贝塔朗菲与一般系统论.....	(300)
十三 DNA分子结构的发现.....李难	(311)
(一) DNA分子结构发现的过程.....	(311)
(二) DNA分子结构发现的背景.....	(316)
(三) DNA分子结构发现的思路和方法.....	(321)
十四 耗散结构理论的创立	
.....沈小峰 胡岗 姜璐	(331)
(一) 问题的提出: 两种物理图象、两个演化方 向的矛盾.....	(331)
(二) 普利高津的工作: 从近平衡线性区到远离平衡的非 线性区的开拓.....	(334)
(三) 耗散结构概念的提出: 实验依据和基本观点.....	(338)
(四) 耗散结构理论的框架: 理论模型和实际应用.....	(344)
(五) 几点启示.....	(348)
后记.....钱时惕	(351)

前 言

钱 时 惕

(一)

远古希腊时期，人们就曾探讨过科学发现的一般规律性问题。当时，著名的哲学家亚里士多德(Aristoteles)认为，科学研究是从个别事实出发，从中归纳出一般性原理，再以一般性原理为前提，演绎出一个个具体结论。然而，在那个时代，对于如何从个别事实归纳成一般性原理没有予以重视。当时，主要关心的是如何从那些直观的、不证自明的公理(如欧几里得几何的公设)演绎出具体结果。因此，把科学发现的方法主要归结为演绎，这当然是片面的。

文艺复兴运动以来，以实验(包括观测)为基础的自然科学得到了蓬勃发展，为适应这个时期科学发展的需要，以培根(F.Bacon)为代表的哲学家，强调了归纳方法的重要意义，认为科学原理都是依据实验归纳出来的。所以，当时人们认为：科学发现的方法主要是“归纳”。

然而，随着科学发展的深化和复杂化，单纯的归纳法或演绎法，对于科学发现来说，都显得无能为力。因此，到十九世纪初，出现了一种倾向：认为科学发现主要是偶然因素或科学家个人天才所造成的，是一种神秘莫测的事业。其中，赫歇尔(J.Herschel)于1847年所说的一段话，就是这种观点的典型代表。他说：“科学发现依赖于某些有运气的思维，我们并不能追溯它的起源，某些智力的投射是超越于一切规则的，不存在必然导向发现的格言。”^①

① 见 T. Nickles(ed), *Scientific Discovery, Logic and Rationality*, 1980, p. 181.

二十世纪以来，逻辑实证主义在西方科学哲学的研究中，占据了统治地位。逻辑实证主义把科学哲学的研究主要局限在理论的证明，而把科学发现的研究排斥在外。因此，在很长的一段时期，科学发现问题的研究成了“禁区”与“空白”。

六十年代以来，随着科学技术蓬勃发展的形势，限于静态逻辑分析的逻辑实证主义日益衰败，历史主义学派得到了发展。在这种形势下，科学发现问题的研究重新引起了人们的兴趣。1978年10月29日至31日，在美国雷诺的内华达大学举行了一次主题为“科学发现”的科学哲学讨论会，代表着现代科学哲学研究的一种新的动向。

在我国，近年来随着科学方法论研究的深入，已开始强调并重视对科学发现问题的研究。其突出的标志是，各种杂志相继出版，学术会议不断召开。如《潜科学》杂志的创刊(1980年)及其对“科学孕育”研究的提倡；1983年9月4日至9日在北京香山召开的第三次全国科学哲学讨论会上，“科学发现”问题列为会议的中心议题；1985年11月在桂林召开了全国“自然科学发现经验研讨会”。

总之，科学发现问题的研究已成为国内外学术界以及广大科技人员关注的问题。但是，对于何谓科学发现？科学发现有何特征？科学发现是否存在着规律性？是否存在科学发现逻辑？……诸如此类问题目前还存在着意见纷争，有待澄清，求得解答。

我们认为，为了搞清上述问题，应从分析科学发现的事例着手，只有分析了大量科学发现的个例，才可能从中总结出一般性的结论。但科学发现的事例太多，因此，选择重大科学发现的个例来作系统、深入、典型的分析，就具有特别重要的意义和功效，这就是编著本书的思想由来。

(二)

马克思主义哲学认为，科学研究是人类对于未知世界的一种探索，是人类认识世界的一种实践活动。因此，凡是揭开未知世界新的奥秘的成果，都属于科学发现之列。不过，从通常比较狭义的角度来说，科学发现主要指的是人类对于自然界未知情景的揭示，它包括：从自然界中发现新现象、新事实；在研究中，人们提出新概念、新原理，建立新理论。当然，这两类发现是相互联系、相互渗透，甚至是难以区分的。

根据对科学发现含义的上述理解，我们选择了“道尔顿怎样创立科学原子论”等十四个专题来作系统的分析。我们选择这些专题的理由是：

所有这些发现都具有划时代的意义。例如：道尔顿的科学原子论开创了化学发展的新时代，是人类认识从宏观向微观深入发展的起点；细胞的发现，达尔文进化论的创立，能量守恒及转化定律的发现，被恩格斯称为十九世纪的三大发现，是马克思主义哲学产生的自然科学前提；群论与非欧几何的产生，是数学发展中又一次重大的思想革命，对数学、现代自然科学与哲学的发展有着重大的影响；电磁波的发现，奏出了技术革命的雄伟凯歌，是信息时代到来的先兆；门捷列夫发现的元素周期律为突破原子不可分观点作了准备，对于人类的认识向原子、亚原子世界的发展起了巨大的推动作用；基因以及随后的DNA分子结构的发现，是一百年来生物学发展中最重大的突破，对现代生物学的发展及生物工程的出现起了开拓作用；量子论与相对论的建立是二十世纪自然科学中的伟大革命，开辟了现代科学技术发展的道路；信息论、控制论及一般系统论的出现，沟通了不同学科领域的联系，标志着科学整体化时代的到来；耗散结构理论

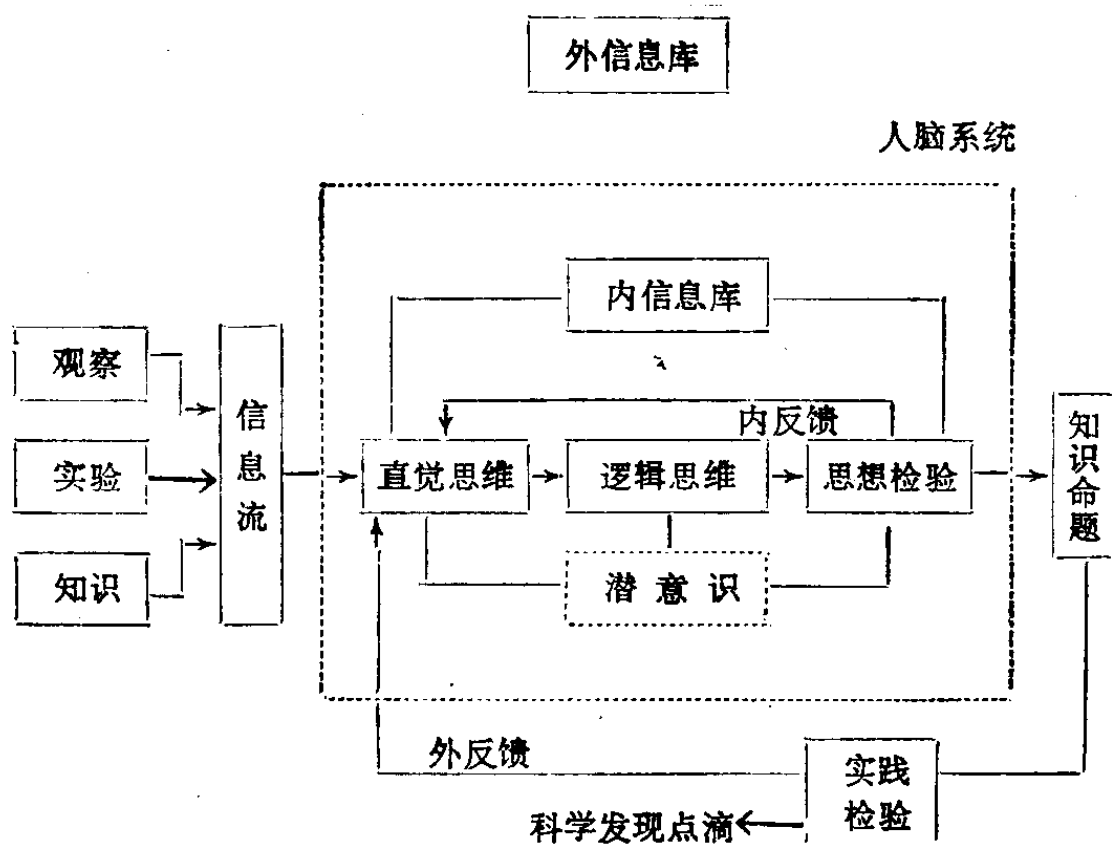
的创立，把进化概念引入物理学，开创了生命科学与物理科学统一而协调发展的新时代。以上列举的重大发现，基本上代表了自文艺复兴运动以来，各个历史时期最重大的科学成就(当然，并不包括全部)。从中，可以看到整个科学发展主要的思想脉络。通过对这些重大发现的系统分析，可以初步揭示出不同模式科学发现的特征，各种思维形式在科学发现中的作用及意义，科学发现的方式、方法如何随时代的前进而演变与深化。

(三)

科学发现是整个科学活动的一部分，尽管是非常特殊的一部分，但仍然象一切社会实践活动一样，具有一定的规律性。这种规律性不是动力型的(如宏观机械运动)，也不是统计型的(如分子热运动)，而是历史型的(如生物进化、社会发展)。这种历史型规律的特点在于：从总的发展趋势来说，它是必然，存在着决定发展趋势的内在机制；但从具体的细节来说，它受多种复杂因素的制约，常常出现超前、滞后、突发……等偶然情况。同时，这种历史型的规律，具有不可逆的性质，时间过去以后，事件就不可能重复。

科学发现总的趋势受社会、历史因素的制约，也受科学体系本身发展的要求所制约。科学家个人的才能、素质只是在科学发展总的背景上起引发、推动、创新、革命的作用。由于科学的类型，科学发现的历史背景，以及科学家个人的思想方法、专业特长之不同；也由于科学发现是一种探索性的、创造性的活动。因此，科学发现不存在固定的格式，而可能有不同的模式，多样的途径。本书所提供的材料，从不同的侧面，证实了上述观点。

科学发现虽不存在固定格式或逻辑(指形式逻辑)程序，



科学发现思维路径方框图

但不等于说，科学发现是由“非理性因素”或“创造性直觉”所决定。相反，我们认为科学发现是一种高度的理性事业，就其实现的方式和方法来说，也存在着一定的法则。为此，本书各章都在一定程度上着重分析了科学家在科学发现过程中的思路与方法，相信读者将会从中得到启发。

纵观各种科学发现过程，当把它作为一种创造性的认识活动，取其一个剖面，我们认为可以用以下的框图大致勾画出科学发现的思维路径(见图)：

(1) 信息输入

科学发现的起步是信息输入，这些信息来自观察、实验、知识(书本、文献、资料……)，它们构成信息流，输入人的头脑。

(2) 直觉思维

在外来信息或潜意识突发信息(往往称之为灵感)的刺激

下，人的头脑往往利用直觉思维形式对信息进行粗加工。所谓直觉思维形式，指的是不受逻辑规则的严格约束而在头脑中运用联想、比较、判断、想象、猜测……对问题进行的一种思考。这种思考往往需要回忆以往储存在大脑中的印象、经验与知识，从中选择出所需的信息，这称为信息检索；其次，则是把外来信息或潜意识中的灵感与检索出来的信息进行联结、比较，这称为信息组合；再次，在信息检索与信息组合的基础上进行粗略的判断或综合形成一种猜想。上述的直觉思维，其特点是跨度大(时空及知识领域)、速度快、综合性强，但准确性差。

上述直觉思维虽不受逻辑(指形式逻辑)规则的严格约束，但实际上，它往往是在逻辑思维的背景上进行的，由此，它绝非反理性的。

(3) 逻辑思维

直觉思维的主要功能是提出问题、形成设想、开辟思路，仅仅停留在直觉思维阶段是不可能得出可靠的科学结论的。在直觉思维阶段之后，必须经过严格的逻辑思维方能进一步得出准确的结果。这就是直觉思维的精加工。在这个过程中，需要与内、外信息库不断联系以丰富自己的思想，同时，也要善于捕捉潜意识中灵感的启发而修正自己的思路。

(4) 思想检验

通过直觉思维与逻辑思维得出的结论还必须经过思想检验才有意义。这种检验包括对其合理性、可靠性、有效性的评价。这种检验往往用逻辑的、经验的、美学的标准来衡量。经过思想检验所得出的结论，往往作为一种反馈信息进入直觉思维阶段，开始新一轮思考。

(5) 实践检验与科学发现点滴的形成

实践是检验真理的唯一标准。通过思想检验认为可靠并

有价值的结论就可形成一种知识命题。这种知识命题是否真正可靠和有价值，还得通过实践检验。通过直接或间接实践检验证明可靠的命题就具有真理性，可以作为科学发现的点滴形式加入到科学发现的行列。

但必须指出的是，实践与许多因素有关，不能只凭一两次实践就对命题的真伪作出判断；不能实践检验或不能立即实践检验的命题，可以通过其他途径或等待将来进行检验。

科学发现的过程是积累的过程。无数科学发现的点滴汇成真理的长河，形成科学知识的大厦。愿每个有志于科学事业的读者，在建造这座大厦中贡献自己的才能。

一 道尔顿怎样创立科学原子论

盛根玉 郭金彬

1803年10月21日，在曼彻斯特的文哲学会上，英国化学家道尔顿(J. Dalton, 1766—1844)宣读了一篇题为《论水对气体的吸收作用》的论文〔1〕，第一次纲要地提出了他的科学的原子论。1808年出版了道尔顿的《化学哲学新体系》〔2〕〔3〕，全面而系统地阐述了科学的原子论。道尔顿原子论的创立，标志着近代化学发展时期的开始，恩格斯对此给予很高的评价，认为它是“……能给整个科学创立一个中心并给研究工作打下巩固基础的发现”，“化学中的新时代是随着原子论开始的(所以，近代化学之父不是拉瓦锡，而是道尔顿)”〔4〕。道尔顿是怎样创立科学的原子论的？对它的研究分析，具有重要的科学价值。

(一) 在前人的研究基础上

道尔顿原子论的建立有其深刻的历史背景。关于原子论，可以追溯到古代：古希腊哲学家留基伯(Leukippos)、德谟克利特(Demokritos)、伊壁鸠鲁(Epikouros)等人最早提出朴素唯物的原子论思想〔5〕。但古代的原子论，由于缺乏系统的科学实验为依据，因而带有明显的思辨性质。真正为道尔顿科学原子论奠定基础的，主要是近代自然科学时期所取得的一些成就。

1. 人们对物质构造的见解进入了一个新时期

十七世纪, 欧洲的机器工业已得到发展, 由于机器的广泛使用, 人们对物质机械运动研究的深入, 提高了对物质力学性能和物质结构的认识, 特别是法国先进思想家伽桑狄(P. Gassendi)把“伊壁鸠鲁从禁书里面拯救出来”, 复兴了原子论, 又重新引起了人们对原子论的关注。伽桑狄认为: 万物由原子构成, 物质是能动的; 原子有体积、形状和重量, 原子是结实的, 不能分割和切断; 原子在真空中运动, 运动是原子的本质, 运动的根源在于原子有重量; 由于原子的各种各样的结合, 产生了千差万别的事物。伽桑狄恢复和发展了古希腊朴素唯物原子论思想, 对十七世纪科学界产生了一定的影响, 受其影响最为深刻的是波义耳(R. Boyle)和牛顿(I. Newton)。

波义耳是英国著名的化学和物理学家, 有着十分广泛的科学实践活动。他在自己的科学实践活动中注意到了许多与物质结构有关的现象, 在这个基础上他提出了物质的微粒学说。波义耳认为, 构成自然界的材料是一些细小致密、用物理方法不能再加以分割的粒子; 粒子结合成更大的粒子团, 粒子团往往作为基本单位参加各种化学反应; 粒子团的大小和形状决定物质的物理性质, 粒子团的运动也很重要, 运动的变化同样能引起物性的改变^[6]。波义耳力求用物质和运动的观念对所有的化学反应和物理性质作出机械论的解释, 正如他自己所说: “宇宙中由普遍物质组成的混合物体的最初产物实际上是可以分成大小不同而形状千变万化的微小粒子, 这种想法并不荒谬。”^[7]波义耳认为这种想法之所以不荒谬, 是因为有实验事实为根据, 比如气体是可压缩的, 液体蒸发和固体升华后可以弥散于整个空间, 大块的盐溶解后

可通过滤布的微孔等事实，都是对他的观点的有力支持。此外，波义耳用实验手段发现了提取磷的方法，并用以研究气体化学；他还研究了酸、碱和指示剂的性质与用途，提出了多种可用于定性分析的试剂与方法；他还考察过火的性质和煅烧作用，并用他的微粒理论一一作出了解释。这些均对后来的化学家包括道尔顿在内影响甚大。

牛顿是著名的英国的物理学家，但对化学也很感兴趣，可以说他是个彻底的原子论者；他全盘接受了波义耳的化学思想，并发展了物质结构的微粒说。牛顿在《光学》一书中阐述了他在这方面的见解。牛顿和波义耳的物质理论本质相同，不过牛顿主张粒子之间存在着引力。他认为：原子是组成物质的最小粒子，“粒子通过某种力量彼此吸引，当粒子直接接触时，这力特别强；粒子间有小的距离时，这力可使粒子间进行化学反应；距离再大时，这力就显不出什么作用了”〔8〕。而波义耳则认为这种力难以理解。我们可以把牛顿的原子论要点归纳为：一切物质是由坚固的、有质量的、硬的、不能穿透而在运动的粒子——原子所组成。原子具有广延性，赋有其固有的惯性，原子可以结合成物体，并保持其本身的特性不变；原子不生不灭，不能再分，不能变化；各种不同原子有不同的形状大小和不同的密度和力；空气就是一种包含一种质点的物质。牛顿的这些思想对道尔顿影响很大，正如科学史家柏廷顿（J.R.Partington）、梅森（M.Mersenne）所说：道尔顿对原子学说的探索是“受牛顿的影响引起的”〔7〕，“道尔顿是从牛顿的气体由原子组成而原子的相互排斥是随着距离的增加而减弱观念开始的”〔9〕。

总之，波义耳和牛顿关于物质构造的微粒说尽管存在着许多不足之处，但他们的这些见解为道尔顿创立科学的原子

论提供了依据。到了十八世纪末,物质是由某种最小微粒构成的观点,为许多人所承认。对物质结构的这种观点,为道尔顿创立科学的原子论奠定了一定的基础。

2. 人们对物质性质的研究从定性发展到定量

十八世纪后半期由于法国化学家拉瓦锡(A.L.Lavoisier)建立燃烧的氧化理论和倡导化学研究普遍应用天平,化学研究的定量方法被广泛运用。在生产和实验的基础上,化学开始向近代的定量科学过渡,化学家们对于物质的变化规律有了较深入的认识,作为近代化学基础的质量守恒定律、当量定律和定比定律的发现,就是这种认识深入的重要反映。其中,质量守恒定律的提出归功于拉瓦锡和罗蒙诺索夫。罗蒙诺索夫(M.B.Ломоносов)早在1748—1756年间就在定量的燃烧实验的基础上提出了物质不灭原理(即质量守恒定律)的思想;尔后,拉瓦锡给以实验证实和全面阐述。当量定律是李希特(J.B.Richter)于1791年得出的。他在1780—1790年间,在大量实验材料积累的基础上,从研究酸碱的化合比例入手发现酸碱中和定律,进而运用数学方法找出化合比例之间的规律性概括得出当量定律。定比定律是普鲁斯特(J.L.Proust)通过提纯和分析各种化合物而发现的一条经验规律。他于1799年对定比定律作出明确的阐述,他指出:两种或两种以上元素相化合成某一化合物时,其重量比例是天然一定的(即其组成都固定不变),人力不能使其增减。

这些定律表明:物质的质变和它量的构成之间存在着一定的依赖关系。这时,化学家们迫切要求去了解这些定律的内在根据,去寻求对这些定律的科学解释。于是问题一个又一个地被提出来了:为什么物质在化学变化中会质量守恒?