

• 插图珍藏本 •

The Soul of Science

科学的灵魂



500年科学与信仰、哲学的互动史

科学和信仰的关系，是战争还是结盟？

[美] 兰西·佩尔斯 Nancy Pearcey
查理士·撒士顿 Charles Thaxton / 合著
潘柏滔 / 译

江西人民出版社

The Soul of Science

普通人都认为科学是客观地寻求真理，宗教是主观地经历美善；科学的研究领域是普遍知识，而宗教的范围却是个人的感受。但在科学哲学的学术界，这种实证主义的立场已被大多数学者摒弃，而这一点还不为普通读者熟知。

本书详细探讨了很多科学家的信仰和哲学的立场，我们可以看出，它们不但没有拦阻科学的发展，反而是孕育现代科学的沃土。在第一卷《新的科学历史》中作者阐述“宗教与科学之间的战争”这一形象在近现代是如何形成的。第二卷《第一个科学革命》描述古希腊哲学与基督信仰的相互关系。第三卷《数学的振兴和衰退》论及对神创造的认识如何影响天文数学的发展和非欧几何的形成。在最后一卷《第二个科学革命》中作者继续追溯物理学上科学革命的思维，从动力宇宙到相对论和量子学奥秘，最后延至21世纪的基因革命。

推荐：

佩尔和撒士顿向我们显示，无神论和科学之间的结盟不是常态，而基督教信仰曾经是，也将继续是增进科学发展的重要资源。这本书值得广泛推荐。

——詹腓力 (Philip Johnson)，加州伯克萊大学教授，《审判达尔文》作者

我把《科学的灵魂》这本书作为我们这个所谓科学时代最重要的书之一，每个爱好思考的人和从事科学工作的都应该来读。

——戴维夏敦博士 (David Shatton)，牛津大学生物系教授

ISBN 7-210-03494-3



9 787210 034940 >

ISBN 7-210-03494-3/B · 129

定价：32.00元

The Soul of Science

科学的灵魂



[美] 兰西·佩尔斯 Nancy Pearcey
查理士·撒士顿 Charles Thaxton / 合著
潘柏滔 / 译

图书在版编目 (CIP) 数据

科学的灵魂：500年科学与信仰、哲学的互动史 /
(美) 佩尔斯著；潘柏滔译。—南昌：江西人民出版社，
2006.12

ISBN 7-210-03494-3

I. 科... II. ①佩...②潘... III. 科学史学—研究
IV. N09

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 143726 号

The Soul of Science

Copyright© 1994 by Nancy R. Pearcey and Charles B. Thaxton

Published by Crossway Books.

A division of Good News Publishers.

Wheaton, Illinois 60187, U.S.A.

This edition published by arrangement with Good News Publishers.

All rights reserved.

Chinese Edition (simplified characters) is arranged by permission
through Enoch Communications Inc. Copyright© 2006 Enoch.

科学的灵魂

——500年科学与信仰、哲学的互动史

(美) 兰西·佩尔斯 合著

查理士·撒士顿

潘柏滔 译

江西人民出版社出版发行

北京金瀑印刷有限责任公司印刷 新华书店经销

2006年12月第1版 2006年12月第1次印刷

开本：635×965毫米 1/16 印张：20.625

字数：250千 印数：1-8000册

ISBN7-210-03494-3/B·129 定价：32.00元

江西人民出版社 地址：南昌市三经路47号附1号

邮政编码：330006 传真电话：6898827 电话：6898893(发行部)

网址：www.jxp-ph.com

E-mail:jxp-ph@tom.com web@jxp-ph.com

(赣人版图书凡属印刷、装订错误，请随时向承印厂调换)

作者介绍

兰西·佩尔斯(Nancy Pearcey), 科学史研究专家, 帕斯卡尔研究中心编辑。

查理士·撒士顿(Charles Thaxton), 拥有化学博士学位, 曾在哈佛大学从事科学史的博士后研究。

译者介绍

潘柏滔教授, 拥有生物学博士学位, 目前在美国惠敦大学任教。

责任编辑 / 徐明德

装帧设计 / 奇文雲海 
www.qwyh.com

目 录

1 揭示科学背后的奥秘——《科学的灵魂》中译本序

5 绪 论

第一卷 新的科学历史

11 第一章 虚构的制度：基督信仰与科学革命

41 第二章 研究科学的历史和历史的科学：现今的治学
方法及其知识渊源

第二卷 第一场科学革命

59 第三章 新的思想系统：三种科学思潮及其始末

84 第四章 牛顿的机械世界：神与世界的关系

104 第五章 生物学姗姗来迟的革命：被形而上学绑架

第三卷 数学的振兴和衰退

137 第六章 往时的数学：寻找被造物的构造

153 第七章 偶像的倒台：非欧几何与数学革命

第四卷 第二场科学革命

185 第八章 是否一切都是相对的？物理学的革命

210 第九章 量子力学的奥秘：理解新物理学

251 第十章 基因的化学密码：历史论战的解决

285 注 释

揭示科学背后的奥秘

——《科学的灵魂》中译本序

刘孝廷

对于近代科学与宗教的关系，通常的看法是二者对立，最后科学“战胜”宗教，才获得了发展。如果翻看国内流行的各种科学史书籍，观点基本大同小异。仔细推究，这种认识并非完全没有道理，因为科学确实发展了，而宗教的影响也果真不及从前了。但是，这样一个简单的评价肯定又是不全面的甚至不准确，因为科学与宗教究竟发生了怎样的变化，它们又如何对立，在什么层次和性质上对立，是宗教的哪一种因素与科学的哪一方面对立？科学与宗教除了对立之外还有没有协调与合作的其他可能等？其实都没有回答。之所以形成一面之辞的状况，是因为人们基本没有能力和条件去做原始性的阅读与考证，即使有限的信息来源也是经过信息过滤后才进入视野的。在此情况下，即使有人表示了疑问，其声音之微弱也不足扭转大多数人的态度。

所幸，友人彭强先生转来潘柏滔教授翻译的这部考据翔实的新著，可以在很大意义上澄清科学史上的许多迷雾。潘教授曾于2005年夏冒着酷暑不远万里从美国的伊利诺州惠顿大学赶来北京参加我组织的“第二届科学与信仰学术年会”，会上贡献了许多真知灼见，治学精神尤为感人。今日得见其作如会老友，喜不自禁，加之该书不久就将传布于大陆学术界，故愿从学术角度谈几点个人的初步感受，或许多少能为读者诸君在理解该书时提供某些便利。

此处必须首先说明的是，《科学的灵魂》作者虽与许多西方学者一样，也是基督徒，有自己的信仰追求，这是读者应首先注意到的。但也要看到，他们并不是完全站在护教学的立场上讨论问题的。这是本书得以保持某种公允而为广大读者接受的一个基本前提。正因此，细读该书确能发现其中不少启人深思之处。

其一，对从古至今基督教由中心到边缘存在状况的评述准确客观。关于古今基督教的状况，许多中国人通常不加细分，认为不管古代现代，反正都是基督教。其实，情况是大不一样的。且不说，古代西欧的基督教只是天主教，而现代西欧的基督教既有天主教，又有新教，可能新教的影响在世界上更广泛一些。就是同为天主教本身也发生了巨大变化，它在很多时候已经不再是政教合一、天下一统的社会主宰，而是随着世俗力量的崛起逐步走向社会边缘，特别是新教已经成为非政府组织与社会关怀的一部分。这就表明，中世纪的天主教并非基督教的唯一形态（何况那时已经有了东正教），当然也就不能简单地代表全部基督教了。这一现象从基督教内部观察更是一目了然，作者不回避不掩饰，表明了一种实事求是的态度。这也是考察西方科学与宗教关系所必须坚持的一种历史态度。

其二，对科学发展的宗教原因的发掘透彻清晰。基于上述，两位作者便利用其为西方基督徒的优势而开始寻找近代科学发展的宗教内部原因。他们发现，所谓现代科学的出现，在一定意义上恰恰是宗教内部分化的产物。人们不会忘记，早期的教父神学具有明显的柏拉图主义色彩，而后期的经院神学或士林哲学具有明显的亚里士多德主义色彩。当然，亚里士多德主义在后期的流行并不意味着柏拉图主义绝迹了，只不过不再居主导地位而已，唯名论与唯实论的争论就是两种立场的反映。而哥白尼、伽利略、牛顿和莱布尼茨等作为虔诚的基督徒都具有明显的柏拉图主义倾向，他们的科学理

论也都是试图以柏拉图主义的方式确立对上帝的信仰。在此，神学目的不仅是他们科学创作的最初动机，而且近代西方科学的发展也一直在神学背景下前进的。关于这个问题，德国社会学家马克斯·韦伯和美国科学史家罗伯特·默顿都进行了非常有说服力的研究。特别是默顿在他的《十七世纪英格兰的科学、技术与社会》中提出了著名的“默顿命题”：“由清教主义促成的正统价值体系于无意之中增进了现代科学”。^①对此，美国科学史家托马斯·库恩后来指出：“默顿的标签（主要指对“清教主义”的概括）可能不恰当，但他所描述的现象毫无疑问是存在的。”^②而本书对近代科学与宗教关系的描述较默顿要透彻清晰得多。

其三，对几个重要领域中宗教影响科学发展的方式考证细致。该书不只是一般性地描述近代科学与宗教的关系，而是具体地考察了几个主要科学领域和重要科学问题的解决方式。如数学领域中毕达哥拉斯传统的形成与宗教的内在关系，近代天文学、力学、非欧几何等与基督教中柏拉图主义的关系，二十世纪物理学、量子学与基因生物学中的宗教影响等，都有比较深入细致的梳理考辨，许多内容在其他书中不易见到。

其四，对科学史上几个典型历史事件内在原因的辩证有助于扩展人们的认识。该书另一项有价值的工作是澄清了科学史上的许多是非。例如，前述提到的哥白尼，他写作《天体运行论》究竟是反宗教还是为了宗教本身，虽然其他书中偶有点评，但往往语焉不详，与本书交代之具体无可比拟。以往一直被我们所宣扬

① [英] 默顿：《十七世纪英格兰的科学、技术与社会》，范岱年等译，商务印书馆2000年版，第183页。

② [美] 库恩：《科学史》，载吴国盛编：《科学思想史指南》，四川教育出版社1994年版，第14页。

的布鲁诺因鼓吹哥白尼学说而被烧死，事实究竟如何？此处也做了仔细考证。我们可以不完全同意书中的观点，但是过去的一边倒至少也是不恰当的。刚巧，今年暑期我有机会在罗马的鲜花广场布鲁诺受难处瞻仰他的塑像，怀古思今，心中涌出无限感慨。书中还有关于达尔文和进化论事件的讨论，也足以引起今人的兴趣。而其关于二十世纪科学与信仰的分析，则不免使国内的许多科学史工作者汗颜，因为我们的探讨和反思最多止步在科学与价值和伦理的关系层面上而难得深入。

最后，对国内读者来说，书中的立场观点和方法可作互补的参照。受作者身份所限，读者不必完全同意本书的立场。但这并不能妨碍读者从书中获得启迪。所以，最理想也最现实的方式是彼此宽容、相互对话，由此实现某种思想上的互补性理解，这才有利于获悉事物的全貌。就此而言，该书为读者所提供的许多证见是目前所能接触的各种书籍中没有或做不到的，这对今后的研究特别是全面理解西方科学发展的历史具有重要意义。为此，我愿将这一有独特风格和思想内涵的著作推荐给读者。

读者可能苛求该书的，或许除了作者恪守特定立场未能充分体现非宗教力量在科学发展中的某些作用外，即是其为主题所限而关于科学史线索的描绘还不够丰富连贯。但这无关宏旨，考虑到中国读者的知识背景，建议有兴趣的朋友将其与国内先期出版的丹皮尔《科学史》、布朗《科学的智慧》、林德伯格《西方科学的起源》等参照阅读，或许得出的认识更加全面，也更能见出该书的特色。

2006年10月于北京杏坛——辅仁居

(序作者刘孝廷为北京师范大学教授，哲学与社会学学院副院长，中国自然辩证法研究会副秘书长)

绪 论

“牛顿是一位基督徒？学校里从来没有这样教我。”一位年轻女子惊愕得口也合不起来。她刚从一所重点大学获取荣誉级的硕士学位，她是校园中基督徒团契的领袖，但是她在科学发展史的伟人中却从来未听到他们有基督教传统，以及他们的科学成就是源于他们在宗教上的信念。

我们从事科学史研究的可能熟悉这些历史事实，但是我们往往没意识到普通人对这些历史的陌生。普遍的科学课本只限于介绍科学的发现，很少提及科学研究在哲学和宗教上的动机。在这方面的讨论唯一的例外就是宣扬科学家如何摒弃这些思想：譬如哥白尼推翻托勒米的地球为中心的宇宙论，伽利略不接受亚里士多德的物理学。这些有选择性的教导给人一种对科学潜在的印象——科学的进步在于从宗教和哲学的束缚中解放出来。普通的学生至少在下意识中，都认为这些科学革命中的伟人都采纳贬抑宗教和哲学的立场。

这种信念与历史完全相反，最近几十年来，这种在科学界的实证主义受到重击，因为这种立场既有逻辑上的困难，在历史上也不准确！因此研究科学历史的学者对科学以外的因素对科学的影响有新的敏锐感，在讲述科学的发展时也包括科学家的个人背景——他的信仰、大前提和社会政治的动力如何影响他的科学研究。结果产生了对历史更多姿多彩的绣图，和对科学发展史更准确的评论。

这种新的研究方法更愿意认定基督信仰对科学的影响。在二

十世纪以前，基督信仰是西方文化的主流，对科学伟人如牛顿、笛卡儿和居维叶（Cuvier）的研究不能不涉及他们的宗教和哲学思想。

在这里我们慎重地分析宗教和哲学的立场。在持有正统信仰的基督徒中虽有一致的基本神学立场，但是他们表达的方式和在科学的领域中如何应用，却是人言人殊。基督徒的出发点是圣经和大自然——神的话语和神的创造。二者之间乃是借着哲学来沟通，这种有关大自然的哲学涉及它与神的关系，作为一种根据圣经和圣经以外的思想构成的抽象意念，而正统的基督徒可能有不同的自然哲学。

在这本书中，我们将会阐述在科学革命后一些主要的哲学思维。读者会从书中知晓不但科学不是从宗教的领域中被释放出来，科学的发展，实在主要是在基督徒中的辩论：什么是最贴切地描述神的创造，和它与神的关系的一套自然哲学。甚至在物质主义开始渗透科学领域的时候，基督徒仍有活泼的影响。这种情况一直持续到十九世纪末和二十世纪初，基督信仰才从普遍的共同信念被贬为个人的立场。

本书的目的乃是阐述在这过渡时期前、后的科学发展。上半部包涵科学历史的形成时期，此时基督信仰实际上是所有科学研究的主流思想，争论的中心主要是基督徒对神与大自然之间的关系有不同立场。下半部则阐述当基督信仰从共同信念被贬为个人立场之后的一些主要争论引至科学的改观——非欧几何的数学革命、量子力学和相对论的物理革命，以及生物学上仍在进行的基因革命。我们会综述这些革命对基督信仰解释大自然的一些挑战。

本书的对象是一般的读者，一切讨论都需要提纲挈领。我们希望阐述中没有过分的简化；再者，我们的目标是历史性和叙述性，换言之，是要形容历史上的争议，而不是以分析或辩论的方

式来维护这种立场。最后，我们并非要详述各门科学的论题，乃是阐述各门科学中与基督信仰有重要关系的思潮，和它们在科学历史中的发展。

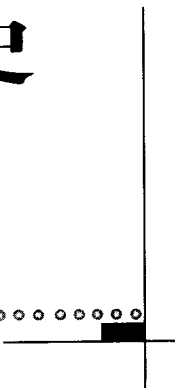
我们写这本书的主要目的，乃是使我们这个时代的人重新找到丰富的智慧传统。正如上述年轻女子的例子，很多基督信徒在现代的边缘上生活，忽略了历史的传统，若是没有历史的说明，信仰只是一种虔诚，与文化脱节。没有人否认基督信仰今天是西方主流文化的边缘思想，若我们不认识历史，就无法从这种思想形态中作出突破。

若我们认识基督信仰的历代先驱，会发现一种不同的模式：在过去不远的历史中，基督信徒一直主动地使他们的信仰与生活 and 学术研究的各方面整合——从哲学至数学，而至物理学和生物学。基督信仰并非一种个人的宗教意念，或与工作无关，只用作敬拜的精神文化。在这本书中我们让读者看到科学家的“世俗”成就，是建基于对信仰的深度委身，要用基督信仰作为解释一切现实的完整世界观。

第一卷



新的科学历史



虚构的制度： 基督信仰与科学革命

科学作家 Loren Eiseley 曾说：在我们生存的科学世界中最令人好奇的一部分，就是它实体的存在。西方文化往往在下意识中假设一种不可理解的进步，认为随着时光的过去，正如橡实一定长成为橡树一样，科学知识必会增长。“但考古学家的发现，催使他们宣称历史中不少伟大文明的兴起过程中，完全没有这种科学意识”，Eiseley 继续说，西方文明是世界历史中独一无二的文化体系，可孕育出今日所知的科学系统，以实验和数据作为知识的基础。

Eiseley 的结论是：科学精神并非人类的“天性”，当然对大自然的好奇心是与生俱来，但科学知识要加上好奇心以外的东西，“这些要学习的规矩、措施和技巧，要借着教育来传授给下一代”。总之，它“不是按照人类天性发展而来，乃是只能在某种文化背景中被‘发明’出来”。科学需要一些特殊的土壤才会萌芽生长，“若没有这种土壤的话，它会像其他如宗教和政治系统的文明一样萎缩和败亡”^①。

什么是助长科学萌芽茁壮的好土？Eiseley 不大情愿地指出，是基督信仰。他说：“在一些历史上罕有的奇特运作中，基督教文明以清楚明确的方式孕育了实验科学的本身。”^②

Eiseley 不是唯一宣称基督信仰多方面孕育现代科学的学者，科学历史家重新对以基督信仰为主流思想的中古时代肃然起敬。在当今的论坛上，学者从不同的角度指出，基督信仰以理智上的大前提和道义上的认可，支持现代科学的发展。

■ 重整中古时代

从启蒙运动至二十世纪初，学者通常将世界历史划分为三个时期。上古时代：虽然他们对科学没有充分的了解，但仍有辉煌的史绩。中古时代：乃是一段文化和知识荒凉的“黑暗时代”。现今时代：是智慧的启蒙，除去以往中古时代的迷信观念。这种划分的系统最近受到挑战，尤其是中古时代的负面形象有待重整。

中古时代的重整首推法国物理学者和哲学家 Pierre Duhem (1861 - 1916)。他致力于从科学哲学的发展史中寻找力学上静力学的来由（研究质量和动力的静态）。他开始研究时“假设中古时代对科学并无贡献。他原先的计划是从古希腊（阿基米德）开始，立即跳到达·芬奇，略过中古时代”。

在发掘历史文献时，Duhem 发现十三世纪的科学家 Jordanus de Nemore 早已预测到达·芬奇和伽利略所设立静力学的基础，Duhem 随即注意到在十四世纪的科学家如撒克逊的 Albert, Jean Buridan 和 Nicole Oresme，都对静力学作出重要的贡献。他终于确信中古时代不但不是思想停滞时期，实在是为盛放的科学奠下基础。

Duhem 是天主教徒（译者按：基督信仰的旧教），有人认为他爱袒护天主教会统治的中古时代，但科学历史学者 David Lindberg 认为 Duhem 的发现真正地出乎他意料之外^③。当然，Duhem 也看出他对中古时代的衡量在护教上的地位，这表明以基督信仰

为主流的中古时代欧洲社会，非但没有拦阻科学发展，更是现代科学的摇篮。

■ 战争的形象

Duhem 的研究引导其他科学历史家探讨基督信仰如何在多方面助长现代科学的发展。对这些问题的探讨代表学者态度上的改变。而普通人对于科学与宗教之间的形象全是冲突和敌对。“宗教与科学之间的战争”已是家喻户晓的口号，甚至很少人要起来查问它是否正确。

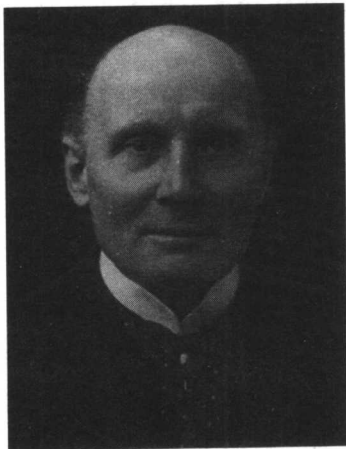
实在说，这种形象乃是近代的一种错误的观念。过去三百年来，基督信仰与科学之间的关系的最佳表述是一种“联盟”。从十六世纪至十九世纪末的科学家与现代科学家所面对的时代全然不同。早期的科学家大多数是不认为信仰与科学有冲突的信徒，其实他们研究科学的动机，乃是要荣耀创造万物的神。当时研究物质宇宙的人不称为科学家（科学家这一名词直到 1834 年才出现），乃是一些教会中人士，尤其是英国乡村的牧师常以研究大自然出名。

Colin Russell 在其《思想的交错：科学与信仰的交接》一书中指出^④，科学与信仰的战争这个概念是近代人的发明，这些人盼望科学在这场战争中获胜。在十九世纪末，一些科学家组织了几个小组，在赫胥黎（Thomas Huxley）的领导下，企图推翻基督信仰在学坛上——尤其是在圣公会中的优势。他们的目的是将社会世俗化，以自然主义——只承认物质的存在的科学主义，代替基督信仰的世界观。这些世俗化的学者了解他们实在是以宗教来代替宗教，赫胥黎曾称他的世俗思想系统为“科学主义的教会”，又称他的科学讲座为“平信徒的讲道”。

就在这个时期，一连串的新书籍陆续面世，声称揭露有史以来宗教对科学的敌意。其中最恶毒的是 John William Draper (1811 - 1882) 和 Andrew Dickson White (1832 - 1918)，他们的作品被现今历史学者认为严重地歪曲了事实，而起因是他们争论性的动机。

Draper 在《科学与宗教冲突的历史》一书中形容科学的历史为“两种彼此敌对力量冲突的叙述，其一是人类智能发展的动力，其二是由传统信仰和人类利益而来的压力”。在这里 Draper 所指的信仰乃是以天主教为主，他用的字眼是“对抗”和“挣扎”——“一种苦毒致命的仇恨”。他控诉天主教会“以火烧和刀杀的酷刑”和“沾满血的手”来“凶狠地镇压一切现代化的改进”。^⑤

Draper 描述神学家和科学家之间的大战，吸引了很多读者，但是因为他反对的是天主教会，他的书不久就过时了。White 的《科学与神学的大战历史》却有较长远的影响。到 1955 年哈佛大学的科学历史家 George Sarton 仍然赞赏 White 的书“有教导性”。^⑥ 1965 年在 White 的节略本中，历史学家 Bruce Mazlish 认为他“已



怀特海 (Whitehead)

超越了可理解的疑惑证明他的立场”。^⑦1991 年当我们开始着手写本书时，一位著名的科学作者还特意来信介绍 White 的书作我们的参考。

White 的下列字句形容他的主题：

“在所有现代历史中，所谓以宗教利益为出发点对科学的侵扰，无论动机是如何认真，都会带给科学和宗教极端的邪恶。”^⑧

White 用众多的引述，加上他自己嘲弄的讽刺，自以为已证明基督

信仰对科学进步的破坏性。其他次等的作者也引用 White 的言论，在西方社会中制造一个神话：科学与基督信仰水火不容！

当这战争的形象被传开的时候，它开始受人挑战。科学家和历史学者如怀特海（Alfred North Whitehead）和 Michael B. Foster 开始确信基督信仰非但没有拦阻科学，实际上是促进它的发展。科学的源产地，基督教文化，不是科学的威胁，而是它的助产妇。

■ 大自然的本质

我们实在不用因为基督信仰与科学事业的结盟而希奇。科学是从富有浓厚基督信仰色彩的文化中孕育出来的。这个历史的因素已使学人深省，世上除却基督化的欧陆以外，没有另外一个文化系统可引起现代的科学革命。

其他文化传统——从中国到阿拉伯文化——因实用和常识发展了比中古时代欧陆更先进的科技和学问。但是只有基督文化在欧陆孕育出一套系统性和自我矫正的现代科学。历史学家一定会探讨其原因：为什么基督信仰为这套研究大自然的系统供应发展的基质？

当然很多与基督信仰无关的因素也协助了科学的发展——商业的发达，技能的改进，学术杂志的广为传播，科学研究中心如皇家科学院的设立等，但是这些不过是科学革命开始后的传播工具。科学革命的源头，似乎是对大自然的一种默许，一些设想经过数百年的孕育和强化得以开花结果。^⑨

科学研究需要对世界有一些基本的预设，没有这些预设科研不可能进行。Foster 的论点是，西方思想界在未成立科学事业之先，一定要认定大自然一些本质和特性。^⑩怀特海认为，“对科学可能发展的信心”，必定先于科学理论的发展。

怀特海解释这些信心建基于某种惯用的思维——如大自然是有规律的——他认为这种信念源自基督信仰的创造论：世界是神的创造。怀特海并非说科学革命时代欧陆所有人民都是虔诚的基督信徒，但是就算反对正统信仰的人也生活在圣经的传统思想中。他说：“我不是指着少数个人的公开信念，欧陆文化已带上数百年来不受疑问的烙印——那烙印在思想中潜移默化，不单是字句上的信条。”^①

究竟什么在思想中潜移默化？西方文化与基督的实体论已组织成为贯通的构图，需要历史学家的遐想方可找到它的源头。诚然基督文化也接受外来文化的影响，如亚里士多德主义和柏拉图主义（下文详述），所以基督文化的独特性往往被忽略，但是基督信仰的确有它的独特处，若将它与其他古代的文化系统比较，就可知晓。

■ 今天在，明天也在

科学是对大自然的研究，科研发展的可能性在于科学家对大自然的态度。圣经文化赋予西方社会几种对大自然的基本预设。

首先，圣经教导大自然是真实的，这好像老生常谈，但请注意很多思想系统认为大自然只是幻像而已。很多多神论和唯心论认为，有限的和特殊的事物不过是“绝对无限”的“影像”而已，个体和分隔都是幻觉。印度教认为日常生活中的物质世界都是米亚（maya）或梦幻。如此低估大自然的哲学很难启发科学家有系统的实验研究。

基督信仰的创造论却教导有限的事物并非单是无限者的影像。神创造了的事物有真实的存在。芝加哥大学神学教授 Langdon Gilkey 指出创造论暗示世界并不是虚幻的，它是一个具有可被阐

明的构造和真实关系的领域，所以是科学和哲学的研究对象。¹²

■ 神造它是好的

科学不单是基于形而上的信念，也建基在价值观上，一个社会需要确信大自然是有价值的，所以值得去研究。古希腊文化没有这个信念，他们以物质世界为邪恶和混乱，所以一切与物质有关的事物都是低贱的；只有奴隶才要劳力操作，哲学家寻求休闲的生活来追求“高尚的事物”。很多历史学者认为，这就是古希腊文化没有发展实验科学的原因之一，因为科学需要用物质作为实验求证的对象。

初期教会虽然处身于周遭的希腊文化之中，却发展了一套尊重物质世界的信念。¹³基督信仰认为世界是神的创造，因此它是有价值的。创世记重复的叠句“神看着是好的”是快乐的颂歌。英国科学哲学家 Mary Hesse 说：“在希伯来和基督信仰传统中，从来没有物质邪恶和看破红尘的思想。物质要被人用来荣神益人。”因此“在以基督信仰为主流的西欧社会，劳力工作从未被贬低，没有只干劳工的奴隶阶级，巧手的工匠是受尊敬的人士”。¹⁴

在宗教改革时期，人的工作观更受重视。“神的呼召”这一概念从神职人员延伸到世俗行业。神学家 Ian Barbour 认为，新教徒相信“人若要侍奉神，不是退隐到寺院作修士，乃是要勤奋忠诚地做有用的工作”。他说这对工作尊严的注重，也成为对科研的鼓励。¹⁵加尔文（John



开普勒 (Kepler)

Calvin, 新教主要思想家)不但催促人思想神的创造,也鼓励人以劳力和劳心来操作,他如此说:“我们需要技能和劳力,用以研究天体的运作,它们在天空中的本位,和衡量它们之间的间距,注意它们的特性。”^⑥

天文学家开普勒(Johannes Kepler)以宗教改革的精神,被神“呼召”使用他的才能去研究天文学。他在一本记事簿中写下自发的祷告:



“创造主和上帝,我感谢你赐我在你创造中的喜乐,我以你手所造的为乐。看哪,我已完成你托付我的使命,我在这使命中已用尽你借给我灵魂的才干。”^⑦

早期的化学家范·赫尔蒙特(Jean-Baptiste van Helmont)以同样的治学精神,强调科研是神所赐的“好礼物”。这种广义的“呼召”,在精神和道义上支持从事科学工作为对神合法的侍奉。

范·赫尔蒙特(Van Helmont)

■ 世界是一块可耕耘的园地,非一位神

圣经教导我们大自然是美好的,但它并非一位神,它只不过是造之物。圣经极力反对神化大自然。

典型的异教属拜物教和多神教,以大自然为神灵的居所,或者是神灵实体的表现。最普遍的拜物教以为神灵住在大自然中。根据新教浸信会神学家 Harvey Cox, 异教徒“活在一个充满精灵的世界中”。这些精灵妖怪和魔鬼在幽谷丛林和山溪中出入。自然

界中有太阳神、河神和星神。美国印第安人的图腾教以自然界的被造物与人类有血缘关系为基础。^⑧

而圣经的创造教义摒弃上述一切，神并非像住在树上的小仙女，他不是人性化的自然动力。他不是世界的“灵魂”，他是万物的创造主，正如花瓶是陶匠的创作，大自然也是他手的创作。创世记第一章的开场白与大部分的上古宗教有强烈的对照，非但没有当太阳、月亮和星宿为神，创世记说明这些天体是神放在天空中“用来发亮的光体”，要达成神的目的，正如一个妇人在台阶上挂上灯笼作照明之用一样。

荷兰科学历史学者 R. Hooykaas 形容这现象为大自然的“非神化”。^⑨自然界的事物——太阳、月亮、森林、河川——不再是神明所在和被崇拜的对象。它们乃是神的创造，被安置在大自然来达成神的目的和造福人类。

大自然的非神化是科学研究的关键性的大前提。要是大自然是人类崇拜的对象的话，将它剖开研究是不虔诚的举动。若世界充斥着精灵和魔力，人唯一应有的反应是向它祈求或避开它。十七世纪化学家波义耳（Robert Boyle）认为以大自然为神乃是科学“泄气的障碍”。^⑩

科学不仅是一种研究的方法，它也以思考大自然为出发点，正如 Cox 所言，“无论一个文化如何发展观察的能力和测量的仪器，人若不克服对大自然的恐惧，科学就不能有突破的发现。”^⑪圣经的一神论将大自然的神灵赶走，使人能毫无惧怕地享受它和研究它。只有当大自然不再是崇拜的对象时，它方可成为研究的对象。

■ 一位有理性的神，一个有秩序的世界

宇宙必须是按照可靠和一定的规律运作，才可以成为研究的

对象。这条件也是基督信仰的传统。当异教徒倡导多个神明充斥的世界，基督信徒宣扬一位超自然的创造主，造出一个统一连贯的宇宙。

新教长老会神学家 Thomas Derr 如此形容说，“人并非面对一个世界，内中的自然物体充满含糊和任性的神明。他需要面对一位超越的创造之神，他有坚定的旨意。大自然因此断然被非神化，失去它许多霸道的、无常的和无疑也是可怕的色彩。”^②

同样地，得诺贝尔奖的生物化学家 Melvin Calvin 也在默想宇宙秩序的基本科学信念：“当我思想这信念的来源时，我好像找到两三千年前已被发现，由希伯来民族先介绍给西方文化的概念：即宇宙是受制于一位独一的神，而不是很多不同的神，随己意运作他自己的小角落。这种一神论似乎是现代科学的根基。”^③

当然，宇宙的顺序不单在于一位神的存在，也在乎这位神的本质。圣经中启示的神是有信用和可靠的，因此他的创造也同样是可靠的。Derr 如此解释：

“一个有信用的神所创造的大自然，表现于规律性、可靠性和顺序性。它能被触摸和研究，它展示一种可知的程序。”^④

哥白尼的发现可用作历史的例证。哥白尼告诉我们，当他寻找比亚里士多德和托勒密（Ptolemy）更完美的宇宙观时，他起初查究其他古代哲学家的著作，发现古人对宇宙构造意见纷纭。哥白尼为此感到烦恼，因他知道宇宙是“一位至高良善和有秩序的创造者所造”。他自己要搜寻的是更完善的宇宙论。像神学家 Christopher Kaiser 所言，这种宇宙论“才能支持配称为神的工作——规律化，均匀化和对称化。”^⑤

另外一个历史的例证来自十八世纪生物界爆炸性的发现：众多的生物新种危害生物世界的规律性，动物学家 Ernst Mayr 形容当时野生生物学家迷惘的心境：

“当面对好像乱山堆一样的生物新种时，我们怎能不问：野生生物学家所期待的自然规律在哪里？什么是使生物多元化的定律？为小生物和大生物设计的万物之父究竟有何计划？”

但是那些相信创造论的人在这些表面混乱的事物前，仍确信有神的计划。Mayr 继续说：“在这自然神学得势的时代，人不可能相信生物界的多元化是完全没有规律和理性的意外产品。”这种牢固的信念催使野生生物家努力寻找“创造的计划”。^⑤他们因为相信神的创造，至终一定能找到基要的规律。

■ 跟随规律

对宇宙规律的信念以“自然定律”为依归。现代人以“自然定律”为司空见惯的名词，却忽略了它的独特之处。在异教的社会中对充满大自然的神灵拥有神秘的动力的信念，很难发展大自然的规律和可理解的思维。

当然在每种文化中，工匠都发展操作的初步和完整的程序。但当他们遇到不寻常或怪异的事物时，就只接受为大自然中不可理喻的秘密。历史学家 A. R. Hall 指出“自然定律”的信念在古西方社会和东亚社会是不存在的。他说，当这观念在中古时代的西方世界出现时，是在传统中可注意到的例外。Hall 认为这种例外的思想源于圣经对创造主的教训。他说“自然事物中的定律在古代文化中是不可想像的，但是希伯来和基督教对一位创造和颁布定律的主宰的信念，使自然定律的概念成为有效。^⑥圣经的神是神圣的立法者，在创造之先已定下掌管大自然的规律。在十七世纪数学家、哲学家笛卡儿的著作中可见到这种思维，因他以为数学家所寻找的定律是神所设立的，正如一个国家的国王颁布法令来管理他的国度一样。

这种思想的顺序是重要的，早期的科学家没有论证说，因世界是有规律的，所以有理性的神必定存在；他们说，因有一位有理性的神，因此世界一定是有规律的。他们对神的存在和本质的信念，远超于大自然的规律化。

历史学家 Carl Becker 解释，在科学革命之前，大部分的人都不以为大自然是规律化和有理性的，普通人对大自然的印象以为它是不可捉摸的，甚至是神秘和危险的，最多是与人类不协调的。Becker 说，大自然是可理解的这个概念是来自圣经的训导。

“神学家的论点是因为神是美善和理智，他的创造物一定美善和可理解。虽然有限的思想不能明白，但因创造主有设计思想是一个先人为主的信念，大自然中的设计就是顺理成章的。”

Becker 结论说，自然定律的概念先于观察，并非由经验观察而来，乃是源自对圣经中的神的信念。^⑧

■ 精确无误

现代科学有一重要的特色就是采用数学——大自然不单是规律化，而且更能用精确的数学来形容。神学家以为这种信念也是源于圣经创造的训导。

圣经中的神从无创造万物，因此对万物有绝对的管理权。创世记勾勒出一幅工匠完全掌握他的材料的图画，因此宇宙最重要的结构是神所安排的精确设计。

这种信念与古代世界观有冲突。所有其他宗教的创世传统都从一种先存自有某种特性的物质开始，因此创造主并非绝对的，他没有自由来按己意塑造这世界。

譬如在希腊哲学中，世界是永存的物质受制于永存的宇宙中的意念或形式。在柏拉图的创造神话中，创造主大米尔至（demi-

urge) 是个次等神，他只能将理性（意念）注入没有理性的物质中。他的注入过程也不完美，因为顽固的物质有能力拒绝接受意念所赐的理性架构。Hooykass 以为大米尔至在两方面无能为力：

“他需要根据永恒意念而非他自己的设计。其次他要将这永恒的意念印在一团不是他创造的混沌物质上。”^②

因此，希腊人预料大自然的边缘有某种程度的模糊性。若某些事实与他们的理论不相符的话，这是不完全的世界的特性，因为一切事实不过是永恒意念的约数。正如历史学家 Dudley Shapere 所言，在希腊文化中，物质世界具有一种基本上属非理性的因素：“在它里面没有一样东西可完全被证明，特别是被数学方式的定律来表达。”^③

相反地，基督教“从无创造万有”的教训认为创世之前并无任何有自存特性的物质来规范创造主的作为，神按己意精细地创造他要的世界。对一位柏拉图主义者来说，若在大自然中有一条不甚圆的线，那是因为大自然不过是几何意念的一种部分成功的概算而已。但基督信徒的看法却不一样，若神要使一条线圆的话，他就会这样做。要是它并不圆的话，它就可能是一个精确的椭圆。科学家可以肯定它是一个精密的个体，并非理想意念的任意变像。

在开普勒的作品中，我们可以看到其中一个鲜明的例证。他



邮票上的开普勒

用了多年的时间来研究为何观察到的行星、火星的轨道比计算出来的结果有八分钟的差异。最后他不得已放弃圆形轨道的构想，改为椭圆的假设。若开普勒没有大自然是精确的信念，他就不会超越二千年来独占学坛的圆形轨道理论。他感激地指出，那八分钟的差异乃是“神的礼物”。

因此，基督徒“从无创造万有”的教训是以数学和几何来分析天体运动的根基。这教训的含义是，神是全能的，世上没有任何顽梗的物质可以拦阻神的旨意。物理学家 C. F. von Weizsacker 如此说：

“在柏拉图思想中的物质，不被理性的意念所控制，不完全遵守数学定律；但神从无中创造出来的物质却会完全依照创造主所设立的规律来运作。从这个角度来看，我称现代科学为基督信仰的衣钵，或更进一步是她的儿子。”^⑧

历史学家 R. G. Collingwood 的论点更为清楚：“应用数学在自然科学上的表达乃是对基督教全能创造主的信念。”^⑨

■ 形象的吐露

对有规律大自然的信念，需要加上人类可以发现这些规律的把握，才可在实际上应用。Eiseley 说，科学是基于自然有规律或能被理性的思想了解的信念。^⑩后者与前者占有同样的重要性，它指出认知论对科学的重要性。这理论保证人的思想可以真实地认识这个世界。从历史上来说，这种肯定源于人是按神的形像被造的圣经训谕。

从文化的比较我们可以阐清这个道理。李约瑟（Joseph Needham），一位汉学家，在他《伟大的调整》（*The Grand Titration*）一书中解释为什么中国人没有发展现代科学，原因是中国人并没

有自然可被了解和人能理解大自然的信念。他说：

“他们没有信心接受自然定律的密码可以被解开，因为他们不能确定一位比人类更智慧的神灵有否设立这些密码。”

中国人认为大自然有某一个程度的秩序，但他们以为这些秩序有内含的不可捉摸的神秘性。李约瑟继续说：“因为神并没有设立下这样的秩序，所以有理性的人不能保证能够将神所预定的密码用自己的语言传达出来。”^⑤

相反地，欧洲社会有这种保证，因为神创造了有理性的世界和人类，这种思维的含义是神和人的理性在某程度上是相似的，因此，人能“根据神的理念来思考”。正如 Kaiser 所言，因为人是神用以创造万物的理性秩序的反照，所以人能理解万物的秩序。简言之，大自然的可理解性是基于“它的秩序和人的理性都来自同一位道（logos）”。^⑥

Paul Kocher 在研究伊丽莎白女皇治下的英伦历史时，找到了下列的证据。他说当时的英国人普遍以为自然科学是神给人的礼物。这不是说整套科学的系统都已在人类思想中成型，乃是神在人心已设下观察和理解的能力，可从大自然中搜得可靠的知识。当人犯罪堕落后，圣经教导人的理性因被罪玷污而变质并可犯错，但基督信仰大致上仍确定人有能力认识真理。Kocher 认为在伊丽莎白时代的科学家的认知论是“基于对神的信念，神不会如此讽刺地或浪费地造出替他管理万物的人，却不赋予他们了解周遭世界的能力”。^⑦

■ 请来看

当我们说自然的秩序可被人的思维所把握，就是说，它们能被理解。但是究竟什么是“秩序”或“理解”却是众说纷纭。在

西方文化的历史中，不少说明何谓“理解”的论点在学坛上争议。

我们先考虑亚里士多德的理解论。亚里士多德的逻辑是以人做的事物来比喻大自然的事物。一件工艺品如一张椅子和一个锅子，可用一系列的物质因素，按着亚里士多德的目的论来分析。事实上，一个工艺品的定义不在造它的物质，乃在它的用途。譬如，制成锅子的材料无论是铝或铁，它的用途都是用来煮食。

当我们了解锅子的用途之后，可用严谨的逻辑来推测它很多的特性——它一定有盛放液体的形状，能耐热，不被某些液体所溶化等等。亚里士多德认为这些特性乃是工艺品本来的属性。

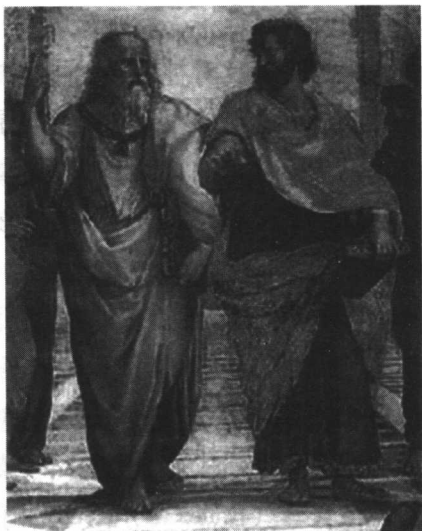
他以同样的逻辑来分析大自然。自然事物也是以它的外形、本体和用途来规范。科学家最佳的研究方法乃是探讨事物存在的目的何在。根据亚里士多德的看法，当自然事物的用途被发现之后，科学家已晓得所有需要知道的东西。他已经获悉现实的主体，他不再需要作精密的观察，因为他可以根据事物的用途来推测它其他的特性，正如上面锅子的例证。^⑥

这种思维是从几何而来。我们若知道是一个三角形的话，我们可以推测三角形很多的特性。所以，亚里士多德的系统似乎注重对事物目的或用途的理解；加上推测和演绎，却不注重观察和实验。

第十三世纪的阿奎那（Thomas Aquinas）将亚里士多德的思想改编为教会中的经院哲学。经院哲学将目的重新解释为神在创造万物时在大自然中所设立的目的和形式。在这套基督化的系统中，目的或形式变成像神的副元帅或代表他的创造力量，帮助他整理大自然。因此当时的科学仍注重理解目的或形式，轻看观察实验。直至亚里士多德的系统被取代之后，实验科学才可发展。

这个取代过程的开始是因为有些基督徒对亚里士多德的目的和形式感到困惑。这种论点似乎规范了神创造的能力，好像神要

按着物质的属性来运作一样。譬如一些基督化的亚里士多德信徒认为天体的“本性”需要一种圆型轨道的理性模式——神似乎被物质的一些内在必然因素所限制。



亚里士多德与柏拉图一起讲课

1277年巴黎主教 Etienne Tempier 颁布一项禁令，以下列根据亚里士多德系统而来的论点为异端——神不能容许圆形轨道以外的天体运作，神不能创造一个真空等等。这一系列的禁令引发一套被称为意志

论 (voluntarism) 的思维，认为神的能力是无极限的，它认为自然规律非“内存”于万物，而是神“外加”的筹范。意志论以为宇宙的结构——实在连它的存在——是依赖神自由超自然的意志，而非理性的必然产物。

意志论终于启迪了改教家注重全能神的自由，和罪人不能自救的道理。Gary Deason 指出，这些神学上的观念最终缓缓注入科学的思想。罪人不能自救的意念启发物质被动的概念，神自由地救他的子民启迪神也是自由地创造和保养大自然，神不受制于任何内在的必然性；他随己意设计大自然。^⑧

历史学家 A. C. Crombie 认为基督化的亚里士多德论以宇宙是“神的理性必然的延伸，而非基督教神学所倡导按神自由意志而来的被造物”。这种思维的极端论点是：

“人的理性能发现神心意中最终极的理念，亚里士多德已经发现了神的理念。所以宇宙‘不能’在亚里士多德所发现的理性系

统之外运作。”^⑧

意志论者反对神被必然性所规范。反之，他们注重神按他自己的目的和全能的命令来创造世界。

历史上代表性的例子是早期的化学家范·赫尔蒙特，他强烈地反对亚里士多德最终目的的概念，他以神的命令作为自然规律。他说：

“我相信大自然是按神的命令而存在，听神的命令来运作。”

他说：“这是从圣经而来的基督化的定义”，而非亚里士多德的定义。^⑨事实上，范·赫尔蒙特对亚里士多德的强烈反对导致了他被西班牙异端裁判所审判，并被投进监狱！

波义耳（Robert Boyle）也相信意志论，他认为神是“动力定律的自由创立者”。他指出这些定律“完全倚靠神的旨意”。他认为神的创造物是“神能力有限的和他任意的创造”。^⑩

牛顿在他一篇未出版的文章中也显示了他的意志论：“这世界非一定是必然性的（因为可能是按其他模式被造的世界）。因此它必定是一个意志自由的决定。”^⑪

意志论的一个重要影响科学的因素是它对实验观察的支持。若神不一定按理性的过程而是自由地创造，我们就不能单从思考演绎（思路的连接）来寻找知识。反之，我们要去大自然中观察和实验，正如 Barbour 所言：

“这世界是有规律和可靠的，因为神是守信和不任性的，但这世界的详情不能按理性的演绎获晓，却要靠观察。因为神有自由；不一定要创造一个特定样式的宇宙。”^⑫

例如亚里士多德认为，因为最重的元素“自然地”在几何圆圈内趋向圆心，地球也应是宇宙的中心。换言之，他以物质之内属性为依归。另一方面，哥白尼却认为宇宙中可能有不同趋向的重心，因为重心是“神赐给天体的礼物”，当然神可随意在宇宙

中设立各种不同的重心。正如 Kaiser 的解释，哥白尼认为“自然定律不是内涵的可按大前提演绎揭晓的，却是神外加和灌输而来的”，⁴⁹因此只能在实验求证之后才可知晓。

意志论与实验精神最清楚地连结起来，是记载在 Roger Cotes 在牛顿《基本物理》（*Principia*）一书第二版的序言中。他认为世界“可从无中独按神带领和统率宇宙的自由意志被造”，在一切被造物中没有“任何一点逻辑必然性的影子”——他的结论是：“所以我们只能从观察和实验中来寻求真理。”⁵⁰

我们看到世界的规律非内涵而是外加的意念——世界是偶发的，这立场是支持观察和实验的科学精神的有力论据。历史家 John Hedley Brooke 如此说：“若大自然的事物乃是反映神旨意的自由运作的话，那么唯一能了解它们的方法乃是实验求证。假想神‘应该’如何整理宇宙的言谈是不能立足的。”⁵¹科学一定需要观察和实验。

■ 不是我们的想法

被造物的偶发性常被引用来解释它是混乱和不可预料的，但在基督教的系统中的偶发性全无此意。意志论认为神并不受任何在他以外之事物所规范，但神却被他自己的本性所规范。神学家 Thomas Torrance 这样说：“从神而来的偶发性乃受外来的秩序所规范，因为它不单是源于神的全能旨意，也是他永恒理性的产品。”⁵²世界本身并不内涵理性，但它之所以能了解，是因它反映神的理性。

但是因为神的理性非同人的理性，我们不能预料前者如何在被造物中显现出来。神学家 John Baillie 如此说：“虽然大自然事物都有秩序，原则上可被人理解。然而我们不能预先决定它究竟

跟随哪一种理性模式。”^⑧科学要求我们不靠自觉的理念，乃靠观察大自然，我们需要察看究竟。

这些讨论的含义就是科学一定要靠实验求证。伽利略是一个最好的例子。他不根据普通的“理解”以为：一个十磅重的球比一个一磅重的球从高处坠落时必定先着地，因为这是重量的“本质”。他反而跑上比萨斜塔，将这两个球一同丢向地面。他说，我们不能假设神的心意，我们要以实验来察看神的创造。^⑨

Roger Cotes 解释这论点最清楚：“谁以为可以单单根据自己心中理性和内在灵感来了解物理的原则和大自然的规律，就当认为像他一样的可怜虫根本不晓得什么是最应该做的事。”这些话是在上面引用有关依靠观察和实验的同一段落。因此基督教认为神的方法异于我们的方法的论点，也是启发实验科学精神的灵感。

■ 荣神益人

现代科学带来现代技能，这是众所周知的，但科学技能的发展需要一些对世界的假设。它需要一套思维来认同人类可主动地通过改变自然事物来达到人的目的。

拜物教和多神教认为多种神或一种神灵充满山河或宇宙，宇宙是唯一的现实。

在这系统中，人是大自然的一部分，不能超越自己的环境，面对大自然的理念是消极的。人类的理性正如物质不能彼此敌对一样，不能在大自然中脱颖而出。因此人只能以听天由命的态度来认识大自然，而非以应用自然力量为目标来探索。

与此对比的是圣经中超自然的神按自己的形像创造了人类。人与物不像拜偶像的宗教所信的，有血缘的关系。人乃出自神的创造。人的理念因此可以超越物质和大自然并面对世界，以它为

研究的对象。人类不单需要按自然规律来生活，也能以数学的方程式和用实验方法来运用大自然。^④这样，基督信仰赋予技能的发展一套理性的系统和动机。早期科学家常用的术语说，科学的目的是要荣神益人。

基督徒从创世记载（创世记1章28节）中找到积极运用大自然的正确理由。神要人“治理”大地。治理不是滥用的意思，而是耕耘、照顾和用来造益人群的责任。

在创世记中我们也读到神带动物到亚当前面，让他为它们起名（创世记二章19-20节）。在希伯来文也以一物之名来表达它的主体本性。因此起名的过程需要小心研究动物的性质——一种要经过观察、形容和分类的工作。因此创世记似乎给研究大自然一种神圣认可，科学遂变成“文化使命”的一部分——基督徒以人类文化来探讨和发展造物中的能力和资源。John Cotton 是初期移居美国的清教徒牧师，在1654年他写道：“研究大自然和一切神的工作的运用乃是神厘定的责任。”^⑤

R. K. Merton 在三十年代首先指出现代科学欠了清教徒的责任观一些债。^⑥自此有几位评论家认为“Merton 议案”的观点太狭窄（他只讨论清教徒的教义）。但据科学历史家 P. M. Rattansi 所言，普通学坛都已接受基督徒在道义责任上的教导是吸引人来研究大自然的一个重要因素。这种吸引力一定是相当强烈的，因为当时的实验科学是“在传统的高等教育以外，而且实在要与大学所教导的自然科学背道而驰”。因此他认为“Merton 议案”的常存的真理是基督信仰给人一股“强大的宗教力量”来进行实验科学的研究，如他所言，归正的新教信仰：

“对神写在大自然的书”与对神的话语（指《圣经》）的研究是互相配合的。这两本书给人一种宗教上的义务，对它的研究，成就两种目标：荣神益人。^⑦



培 根

“益人”不单支持科学的研究，同时也给技能的发展一个正当的理由。早期科学家承认技能是解脱创世记第三章所记载罪的咒诅的工具。培根（Francis Bacon, 1561 - 1626）如此说，人堕落时“在他的无邪状态和他治理万物的能力上同时失落”，但是，“这两个失落可以在今生中借着宗教（前者）和工艺科技（后者）作部分的修复”。当人类用科技来恢复治理万物的能力时，他们

可以减轻人类堕落所招来的痛苦。

因此当时的科学界充满着宗教的关怀，解除穷、病的痛苦，以及减轻工作的劳累和厌闷等。正如历史学家 Lynn White 所言：“圣经中属灵的平等赐予任何包括最低等的人类属神的儿女的地位。”这种信念引发为人们解除困苦的努力。所以圣经的信念给人“一种宗教的热忱，要以一个自动的机器代替人类来执行一些困难或乏味的举动。因为这些举动似乎不屑由神的儿女来执行。”^④

能改进人类生活的水准这一意念是具有革命性的，它是从圣经的教训而来。Cox 指出生活的改进这一意念不可能从一些相信轮回、命运和决定论的世界观中孕育出来。^⑤圣经的历史观是直线进行的，容许神的参予，在历史的过程中，神可造崭新的事。按照神的形象被造的人类也可做同样的事。神和人都可以是事物的第一因，能引致一系列按第二因运作的行动。因此圣经的历史观促使人以科学和技能来改进人类的生活品质。

在此我们可以用 Brooke 形容基督教如何影响科学发展的系统来作一总结。起初基督教给科学事业一个“大前提”（即一个有

理性的神应创造一个有理性和秩序的宇宙)。其次，基督教也“支持”科学研究（即科技是用作解除人类痛苦的工具）。第三，基督教给人研究科学的“动机”（即要彰显神的荣耀和智慧）。第四，基督教也有制定科学方法的贡献（即神学上的意志论被用来支持实验科学）。^⑤

在历史学的论坛中，信仰与科学的争战这种形象已被摔碎。而新的普遍观念，是基督教对现代科学有正面的贡献。

■ 科学与教会之间的争议

普通人若听到基督教正面地影响现代科学的发展这种理论时，一定觉得荒谬和诧异。上述对宗教的新看法还未从学府的研究领域中渗透到大众社会，或教会人士。当我们告诉其他人我们要写这本基督教对科学的贡献的书时，一般的反应是半信半疑。面对这些猜忌，我们需要破除一些错误的信念。

反宗教的论调往往夸大教会对科学的敌对。譬如 Andrew Dickson White 夸言“所有新教的支派——路德宗、加尔文宗和圣公会——都彼此争先来认定哥白尼的理论为反对圣经的立场。^⑥但是事实告诉我们宗教改革家大部分都忽略了哥白尼的争议，除却在马丁路德的桌边谈话录（*Table Talk*），和加尔文的一篇讲道词以外，并无对此争议的记载。而且连这些谈话对象的记录也被怀疑，路德的谈话是在事后几年一些参予谈话的人的记录，有



哥白尼画像

些历史学家怀疑路德有否对哥白尼作任何恶意的批评。

至于加尔文，White 认为他引用诗篇 93 篇 1 节（世界就坚定，不得动摇。）来问：“说谁将哥白尼抬举高过圣灵的权威？”但历史学家指出，加尔文从未说过这种话，也没有用文字攻击哥白尼。^⑤



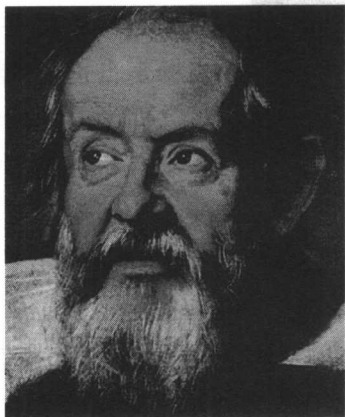
哥白尼

事实上神学家没有什么关切哥白尼理论的理由。现代的历史学家以为哥白尼理论给基督教的人观带来严重的威胁，他们说哥白尼将人类从宇宙中心的地位被贬下来。譬如 John Herman Randall 说，哥白尼的理论“使人从宇宙的目的和中心的自豪地位被扫落为在无际的太空中一个环境第十等的太阳系中一个第三等的行星上的一粒微尘。”^⑥

他的暗示是基督徒一同起来抵挡哥白尼，因他夺去令他们舒服的宇宙观。但是当时的舆论极少有支持这种立场的证据。中古时代接受亚里士多德的见解，认为地球是宇宙的中心，但这时宇宙的中心不是重要的地方，反而是邪恶的所在地。宇宙的中心是地狱，向外伸展顺序为地球，和较好的境界，最高的地方是天堂。

在这样的宇宙中，人是宇宙中心的立场并非一种尊荣，这立场的改变也不是一种贬值。其实，在哥白尼的时代，一种反对他的普遍立场，是他将人的本位“升高”了。^⑦中古时代的宇宙观中人的价值是奠基在神对人的尊重并非因为地球是宇宙的中心，所以认为哥白尼理论威胁基督徒的人观的立场是现代的错误观念，将现代的烦恼写在中古历史中。

■ 伽利略的争议



天文学家伽利略（1564 - 1642）。他第一个把望远镜对准天空进行观测，出版了《星空使者》一书。1632年，他出版了《关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话》，把哥白尼的学说推到了最终胜利的阶段。

当我们将教会和个别基督徒分离出来时，我们就会发现基督教对科学的支持。几位早期的科学家虽反对教会的权威，却有虔诚的个人信仰。

教科书中常引用伽利略为宗教逼迫科学的例子。普通的立场是以 Jacob Bronowski 的电视节目“人的上升 *Ascent of Man*” 为代表。他以伽利略面对教会异教裁判处为善与恶的对立。历史学家 Martin Rudwick[®] 谴责这节目为“科学至上主义”的例子，与 Bronowski 作为科学家的身份不相称。他说 Bronowski 对伽利略事件的描述是一种“荒谬的嘲弄”。Rudwick 说只有“故意忽视历史证据的研究”才会有这种立场。

Rudwick 所指的历史证据乃是指很多资料证明，不是单单宗教与科学的冲突而已。Giorgio de Santillana 的书《伽利略的罪案》乃是普遍被认为当代最佳的历史文献，他认为伽利略的事件完全不是“科学家与宗教规条的冲突。其实反过来教会的主流和知识



后人想象的伽利略受审的场景

分子是支持伽利略的”。Giorgio de Santillana 说：“反对伽利略最明显的立场来自世俗的哲学（即学府中的哲学家）。”甚至下令要将伽利略押至罗

马面对异端裁判处的教皇，也曾经是伽氏的信徒（Galileisti）。⁶⁵事实上，天主教（旧教）对伽氏的科学理论并无异议，他们所反对的是伽氏攻击亚里士多德哲学形而上以及属灵和社会制度的论点。正如科学历史家 Phillip Frank 所言，“伽氏对亚里士多德的攻击被当时的社会重视的原因是它被认为是宗教与道德的基础。”⁶⁶

亚里士多德认为每样事物都是根据它的潜能来完成它的最高理念的一种某种程度的有机物，正如人类要达到自己的理想一样。在亚里士多德的系统中，物体乃是根据潜能而动，非按外来的推拉机能动力而动。

其中一种潜能是趋向宇宙中一处“自然居所”的冲劲。根据亚里士多德的物理学，火向上升，石向下坠的原因是它们向“自然居所”的趋向，而且物质的所在处有位份之分（宇宙中心最低，最外层是最尊贵）。因此科学所研究的物质领域与社会和政治的阶层息息相关，物质世界的信仰与人类社会的等级有直接的关系。

一些教会人士拒绝放弃亚里士多德系统的原因乃是基于他们以此系统作为道德与社会制度的根据。若这系统被破坏，他们恐怕道德制度也要崩溃。所以在他们看来伽利略的理论不单是错误，而且是危险的。⁶⁶

Mary Hesse 说，这些危险的新立场在当时“还未有十足证据，

第一章

虚构的制度：基督信仰与科学革命

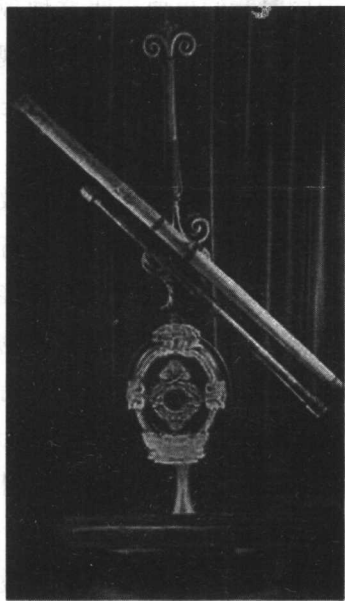
却已经武断地宣扬”（一直到牛顿时代太阳中心论才得到机制上的根据）。若当时的证据不能支持一套理论时，对这新立场的拒绝并非不理性和不科学。Hesse 如此结论：

“教会的代表人物虽然可能是缺乏先见，但他们并非无理取闹。他们以为他们的世界观被一些当时仍未有足够证据而不承担责任的推测所威胁。”⁶⁵

科学历史学家 Jerome Ravetz 认为若要了解天主教会与伽利略对垒，一定要留意当时的社会背景。⁶⁶当时的天主教会正因为要面对基督教（新教）的挑战，刚好重申对亚里士多德系统的信念。所以伽利略对这系统的攻击被认为是给敌人为虎作伥，同时在旧传统学府和教会体系的学者与以伽利略为代表的新实用主义精英分子正在进行激烈的争论，而伽利略以通俗的文章出版他的学说的动机，乃是要正面向他们挑战，要众多的读者作为他们之间的知识裁判。⁶⁷

在这场舌战中，双方都采用丑陋的伎俩，教会用恶意的个人中伤来使伽氏就范，而伽氏以煽动性和宣传性的著作还击。在他所著《两套主流世界观的对话》一书中有一位不太有智慧的小丑，名叫单纯（Simplicio），乃是他过去的朋友和支持者（教皇）的漫画肖像。⁶⁸

虽然如此，伽利略从来没有放弃他的信仰。普遍的论调都以为伽利略很可能是一个骨子里的无神论者或不可知论者，但若要对历史忠心的话，我们应对伽利略自称是真



伽利略望远镜

正的基督信徒采取严肃的态度。他说他并非蓄意反对教会信条，实在只是针对它从亚里士多德系统中承受而来的科学立场。

实用主义者认为伽利略的宗教论调为权宜性质而已，为要应付教会权威的指责。但若要理解伽利略的行动，就不能不正视他的声称：他是一位基督信徒，以宗教和科学作为两种平等的依归，作为真正认识世界的参照。Rudwick 如此说：“只有伽利略要留在他固有宗教传统的决心，似乎才是适合的理由来解释他的行动：他尽力地规劝从教皇到下属的一切教会人士来接受他的见解，同时他也没有趁机逃到在教皇权势以外的威尼斯共和国。”^⑧

■ 时代的产儿

让我们在此承认基督信徒往往是第一种反科学新理论的人，但同时我们也要声明这种现象并非宗教人士的失策，也是人之常情。人类往往都反对新的观念，这情况不一定是失败的表现。总之，新观念之所以为新，是因为支持它的人还未获得这立场所需要的证据。

例如批评家常咒骂宗教改革家不接受哥白尼学说，却忽视当时的舆论普遍地怀疑这种新理论。改教者并非反对知识，他们不过是反映他们时代普遍被接纳的基要思想。正如 John Dillenberger 所言：“传统中的改教人物代表如路德、加尔文和墨兰顿（Melancthon）都是活在一个尚未有足够证据支持哥白尼论点的时代。”^⑨简言之，改教者以地球为宇宙中心，正如后期的基督徒相信牛顿，而后来又接受爱因斯坦的理论一样，他们都迎合当代通行的科学理论。^⑩

对世界基本信念的更改从来不是一件易事。现代人自小受到教育的薰染，都接受为司空见惯的理论——比如以太阳为中心，

行星椭圆形的轨道和血液循环等，在开始被提倡的时候，都是极难被接受的。正如历史学家 Mark Graubard 所言，若科学的理论需经世代甚至世纪的时间才被建立，那么极可能要经过同样长的时间方能被普遍接受，“那么我们应承认这些科学理论受拦阻的历史问题的答案是复杂的，却不应以亚里士多德传统的权威、人类的愚昧和私心的偏见，以教会为替罪的羔羊。”^②

若基督信仰真是科学发展的障碍的话，我们就很难解释为何这么多现代科学的鼻祖都是基督的信徒。巴拉塞尔士（Paracelsus）、波义耳和牛顿在写作科学理论的同时也发表了大量的神学理论。其他人如开普勒和范·赫尔蒙特等常在他们的科学记事册上记下他们的祷告、赞美和神学的默想。

历史学家往往以为这些神学的词语是这些科学家在研究科学时一些讨厌的分心事物，但这种立场是短视的，因为这些神学的意念往往是研究科学的动机。很多早期的科学家是以研究科学来认识创造主。当怀疑主义开始取代宗教时，很多科学家盼望以他们的科学发现来支持宗教信念。下文我们会提及牛顿要以他的科研作为护教的工具。Rattansi 指出：梅森（Mersenne）和笛卡儿都“积极地为维护宗教的目的提出新的武器，因为旧的论据已被摒弃”。^③笛卡儿以他的“极端的怀疑”见称，我们往往忘记他怀疑的动机乃是要为信心铺路修桥。我们若忽视或摒弃这些宗教上的动机，就引致对科学真正意义的误解。

■ 科学的去向？

当我们要结束这章讨论时，我们不免要问下列的问题：要是基督信仰赋予科学这么多从宗教意识而来的动机，那么现代基督信仰已不再是普通科学界的共同信念，而不过是有些科学家的个

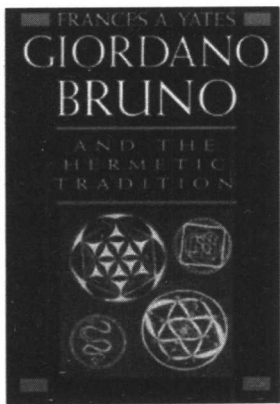
人信仰，那么科学有何前景？若基督徒的动机和支撑被挪去的话，对科学有何影响？现代科学仍然在依靠数百年遗留下来的基督教资源，但这资源能再用多久？什么可以取而代之？

Eiseley 说：“实验方法的成功远超预料，但运用这方法的信念却应归功于基督徒有关神的本质的观念。对一位有理性的神的信念引致对一个可理解和有秩序的宇宙的信念。Eiseley 继续说：“现代科学仍以这信念为基础。”^⑧问题是究竟这基础能维持多久？

可能的答案是科学可以与起初支持它发展的圣经大前提脱节，科学可能被证实为自动持续的事业，单靠好奇心和技能的发展来维持。

但若科学脱离了神创造的教训，就摒弃了哲学上最扼要的立场——大自然是有规律的。怀特海（Whitehead）说：“自休谟（Hume）以来，合潮流的科学哲学乃是要否认科学的理性。”休谟证实了纯粹的经验主义不能支持对因果的信念。因此，怀特海认为现代科学家有一种“科学的信心”——大自然是有规律的，但却不可以用理性来支持这立场。^⑨若是没有理性的根基的话，究竟这“科学的信心”能持续多久？这是一个不得而知的问题！

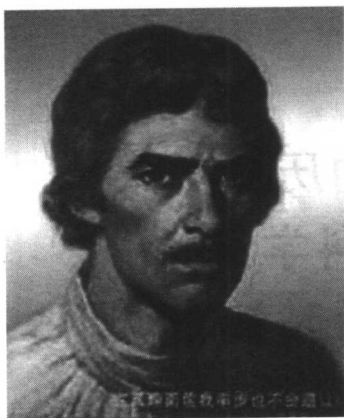
研究科学的历史 和历史的科学： 现今的治学方法及其知识渊源



《布鲁诺与隐士的传统》
英文版

1964年 Frances Yates 出版了一本书，带给科学历史的研究戏剧化的改变，她将以前被认为不屑一顾的项目带进堂皇的学术领域——神秘经历、魔术和宗教。她的书名为《布鲁诺与隐士的传统》（*Giordano Bruno and the Hermetic Tradition*）^①，她在书中评论文艺复兴时期哲学家布鲁诺（Bruno, 1548 - 1600）非但不是所谓科学的殉道士，而实在是一位周游欧陆的术士，到处传扬以隐士的神秘作品为根据的异教福音。

布鲁诺实在是一位早期支持哥白尼天文学的学者，因此被普遍认为是科学界的佼佼者，代表在传统的黑暗时代中的理智曙光，例如历史家 John Herman Randall 在《现代思想形态的塑造》（*The Making of the Modern Mind*）一书中形容布鲁诺为新科学的殉道者……他的灵魂被哥白尼的新发现所燃烧。^②



布鲁诺

但这个形象忽略了大部分布鲁诺的言论和著作，其实他的灵魂非被哥氏的理论燃烧，而是被异教所燃烧。他以自己是隐士传统的传道人，这传统源自 Hermes Trismegistus，一位被误认为是摩西时代的一个埃及圣贤，这些隐士的著作往往以太阳为神，其他星辰也是有生命的，而正是这种信念才是布鲁诺支持哥白尼太阳中心论的主要原因。若太阳是神的话，那么他应在行星系统中

中占中心的地位。

布鲁诺虽然稍微认识哥氏理论的科学数据，他却根据他的宗教观念来支持这学说。^③历史学家 Hugh Kearney 如此说：“布鲁诺以他的宗教教义来改变了这数学综论。”^④最后布鲁诺被教会以焚刑处死的原因，不是提倡普遍以为的新的科学理论，而是传播他所谓更好的宗教。他认为在隐士传统中的埃及多神教远比基督信仰高超。

布鲁诺并非唯一的上古神秘传统与依归的思想家，很多在文艺复兴时期的学者往往以古典著述作为其灵感的来源，要与在当时盛行于神学、哲学和科学界的正统思想——亚里士多德主义对垒。其中一种思想是新柏拉图主义，它是源自第三世纪常引用隐士传统的神秘哲学。布鲁诺参与了重振这新柏拉图主义的行列。

Frances Yates 并非轻而易举地发现布鲁诺这神秘传统，她的原意乃是要将布鲁诺其中一本著作翻译成为英语，表现这位文艺复兴时代的资深哲学家如何勇敢地接受哥白尼理论。^⑤但当她研究布鲁诺的书时，发觉他所关心的并非哥白尼的理论。Yates 被盛行

第二章

研究科学的历史和研究历史的科学：现今的治学方法及其知识渊源

的历史观完全熏染了，她花了几年的时间才发掘出布鲁诺的注意力，其实是集中于隐士的哲学。

Yates 慎重地研究太阳中心论的哲学和宗教背景，因而她在科学历史领域中开创了一个新的趋向。她首先指出神秘主义可对科学世界观作正面的贡献，因此应属于科学历史研究的领域。她的理论并非科学从充满魔法和神秘主义的文化出来，这立场是众所周知的，而是这种神秘主义给人的思想促进现代科学的趋向。

科学历史家普遍都认为神秘主义是科学的拦阻。譬如 James Jeans 爵士以中古时代为“悲惨时代”，因为它只关注炼金、星相和法术，这些都是无用的追求。^⑥但 Yates 却认为这种观念不具说服力，因为：

“它能追溯十七世纪中现代科学进展的各种不同阶段，却不能解释为什么会在这个时代发生，以及对大自然和它的运作的新热忱。”^⑦

这种“新热忱”一定是从科学领域之外而来。实际上，它往往是源自新柏拉图主义和隐士传统所谓的大自然中的法术。Yates 认为法术的观念驱使人研究理解自然界的神秘事物，因为人是它的控制者。Yates 的理论引起广泛的争论，却启发了新一代的科学历史家去研究这些从前被忽视的历史资料。Charles Webster 代表了这种新的思潮，他认为科学革命的世界观乃是：

“多方面的思潮互动而来的结果，这些思潮在创造性和改变时代中作出贡献，其中没有一种思想可以因为有魔法的背景就被先决地摒弃。”^⑧

在这种新的立场中，科学历史家可以合法地研究历史上各种现代科学的先驱者，如隐士传统、炼金术、星相、自然法术和宗教。

■ 有背景的历史

若要了解为何 Yates 的理论吸引那么多注意力，我们需要追溯早期的科学历史。Yates 迎合最近一种趋向，学者愿意研究科学家的背景，包括历史上和思想上的影响他们的因素，这种对科学家背景的开放态度可溯源至科学上的理想主义。大体而论，研究科学的历史有两种立场：实证主义和理想主义^⑨。前者乃是传统上给布鲁诺戴上科学英雄的帽子的哲学，以为科学是逐渐收集更多可以实验证明的实证事物来构成。

这套哲学的根据是十八世纪启蒙时代第一代自认是反对基督信仰的哲学家。他们设法提倡一套可以取代基督信仰来解释一切的世界观，而前者自中古时代一直在控制西方文化。他们要建立的不单是一套抽象的思想，同时也是要与人类经历有切身关系的系统，他们的解决方案是重写西方文化的历史。他们相信历史会证明启蒙运动的哲学超越其他思想，带给人类科学上的进步，历史成为科学进步的道德叙述。

他们的主要策略是将以基督信仰为主流思想的中古时代，描写为迷信和落后的时代，譬如伏尔泰（Voltaire，1694 - 1778）往往被认为是第一位现代的历史家，他形容中古时代是充满黑暗和无知，此时的西方文明被欺负人民的教会和投机的神职人员所控制，一直等到科学的发展除去宗教和迷信的枷锁才容许“真正”的哲学面世。

但是最热衷于进步的学者乃是孔多塞（Marquis de Condorcet，1743 - 1794），他的梦想乃是人类从蛮荒迷信的始祖进步成为启蒙时代的理性高峰。在孔多塞心目中的坏蛋是充满教条和荒诞的中古教会，而英雄是可以想像到的科学。孔多塞提倡一套教条，认

为人类的本性可用科学来不断地改进^①。

Carl Becker 在《十八世纪哲学的天城》（*The Heavenly City of the 18th Century Philosophies*）中的论点乃是十八世纪的历史不单是伏尔泰和孔多塞，也包括休谟、孟德斯鸠（Mantesqieu）和吉本（Gibbon），他们的著作只有一个目的——打跨基督信仰。启蒙时代的哲学家晓得他们在打一场文化战争，要赢取人心。Becker 以为，他们“与基督化的哲学和支持它的迷信、心胸狭窄和专制作殊死的争斗”，而历史的叙述被用作争战的武器。

这些历史通常以希罗文化为理性的黄金时代，然后经过被鄙视视为干旱乏味的无知和欺压性的中古时代，最后以启蒙时代的古代哲学与理性的复苏为结束。我们清楚地看到他们并无客观记载史实的企图。Becker 以为“这新的历史”乃是要证明人类的经历（在作者的心目中）已确定理性的谕令：基督信仰“对人类福利是有害的”。^②启蒙运动的历史学家并非客观的研究者，他们是代表世俗主义的辩论家。

十九世纪的孔德（Auguste Comte, 1798 - 1857）继承这一思想，他创立实证主义。孔德认为所有知识都经过三个阶段：神学的或“虚假”的时期，世界以超自然和神的作为来解释；形而上的时期，神的作为被抽象的意念和力量代替；然后实证时代，抽象的意念被自然定律所取代。实证哲学与历史论是不可分割的。

■ 实证主义之下的科学

当这种特殊的科学历史出现时，大部分都采取实证主义的立场，它们指出科学的发展，是从迷信的黑暗向理性的光明无可避免的“思想迈进”——理性是由现代世俗主义来定规，所有预述他们观点的立场都被称为“勇敢的慧见”，其他与新的世俗主义不

协调的思想都被贬为迷信或盲目的信条。

实证主义的科学历史非着重叙述，而是注重教导——要说明迷信的危险，和以理性为依归的哲学和科学的荣耀。他们不但记述史实，而且宣扬理性是真理的根源和最高的真理标准。正如物理学家和哲学家 Thomas Kuhn 所言：他们是以“劝导为目的”，要教人信奉实证主义，要完全摒弃宗教和形而上学，以理性为人类思想的最高峰。^⑩

实证主义乃是历史家 Herbert Butterfield 所形容的“辉格党 (Whig) 的历史叙述”——从胜利者的角度来看历史 (译者注：辉格党系英国政党名)。他们以今日教科书的知识来衡量前人历史，一些与今日课本的意见吻合的思想被誉为勇敢和先进，姑且勿论它是否在当时的历史背景中配得此种荣誉。反过来说，一些在当时可能是很恰当的理论若与现代科学相左的话，都被贬为恐惧、妥协和非理性的产品。

这种辉格派历史观的佼佼者乃是 Andrew Dickson White 的两册《科学与神学战事的历史》(History of Warfare of Science with Theology, 1896)^⑪。White 从西方历史中找出一些抵挡后来被科学主流所接受的立场的基督信徒，渲染他们的抵挡为恐惧和教条主义，却同时盛赞那些有幸预料到科学发现的历史人物。

科学哲学家 Mary Hesse 认为这种立场缺乏“历史的遐想”——以思想时代的背景来了解历史^⑫。科学历史家 Robert Westman 称这种将历史分割为英雄与坏蛋，前进者与反动者的立场为“粗糙的胜利主义者”(Vulgar Triumphalist)^⑬。

Kuhn 指出这种立场更是不合乎历史^⑭。例如关于星体的圆形轨道的长期被人接受，与开普勒以数学证明为更超越的椭圆轨道抗衡 (比如伽利略，拒绝接受开普勒的理论，仍接受星体的圆形轨道)，辉格派历史学家认为这种现象乃是基于对柏拉图几何完美

第二章

研究科学的历史和研究历史的科学：现今的治学方法及其知识渊源

形象的热忱，加上中古时代的教条主义的为虎作伥。

但是这种轻描淡写的态度不能解释这一现象。Kuhn 认为实证主义“缺乏对圆形系统在天文学上的预测能力的关注，连哥白尼也不能加以改善”。换言之，圆形轨道与当时的实验证据吻合，姑且勿论柏拉图主义是否鼓吹这种思想。

Kuhn 指出另外一个例证，实证主义常认为物种不变理论是对创世记过分的字面化解释的结果，其实物种不变乃是当时的流行观念和观察。连哲学家 Anthony Flew（译者按，当代著名的无神论者）——当然不是基督信仰的朋友——也提及“所谓创世记的生物分类和自然哲学的起初普及意识，并非为这些圣经要派的偏执人士所独有，相反地这是日常生活的经历”。^⑩不单生活经历，还加上生物学上的分类学（将生物分门别类）依靠人分辨生物的族群（如种、属、科等）。Kuhn 指出分离的生物族群的存在“是十分费解的现象，除非这些族群都是源自最初的一对始祖生物”。Kuhn 继续说：“自从达尔文的学说面世后，分类学上的种和类等的定义必须是相对性的主观化的，而且是充满问题的。”总而言之，生物界族群的稳定分隔虽然源于对创世记的委身，但也可能是可以理解和合乎科学的。

实证主义虽然有很多失败之处，但却左右一般人对科学历史的认识。尤其是在大众意识中，我们都被实证主义色彩的科学教育栽培出来。科学教科书普遍都只记载科学发现的时代标志——谁在何时发现什么。极少有人提及科学意念的宗教和哲学根基。人们看到的是科学往往面对错误的观念的死胡同，教科书所介绍的是一系列完成后的科学产品，在命运的天才宠儿的脑袋中萌发而来，这是一套从理性启蒙家进步至科学文明的胜利主义者的形象。

■ 科学的历史乃是思想史

理想主义 (idealism) 就是要避免这科学上的势利心态, 理想主义否定科学不外是实证知识的聚集, 反之它以科学为理念的转变——新的思想、概念、世界观。自从 Yates 对布鲁诺的新发现轰动一时之后, 在过去的三四十年中, 理想主义在科学历史的讨论中颇得青睐, 但它的渊源可上溯至十九世纪时历史哲学开始发展为一独立学科。

将历史与自然科学分割需要一场剧烈的挣扎。从科学革命伊始, 哲学家便竭力来寻找“知识统一性”。他们盼望只采用一种方法便可揭晓一切学问的真理。培根 (Bacon) 根据普及的逻辑 (三段论法 Syllogism) 在各事物中的通用, 认为所有学科都是统一的。笛卡儿和莱布尼茨 (Lebniz) 鼓吹一种根据数学而来的普遍性治学方法。自牛顿物理数学的历史性成功以来, 很多人要以此成为一切知识的依归。^⑧

但若以物理的模型来应用到一切知识, 往往给人带来简化主义 (reductionism)。牛顿物理学认为物质宇宙是一具庞大的和各部息息相关的机器, 将这思想扩大至社会科学上时, 人类社会就变成一套机制, 人类变成一副机器, 正如 La Matrie 在他的《机械人》一书中所提倡的。在十九世纪的下半页, 一套简化主义的唯物论以教条化的方式问世了。



黑格尔

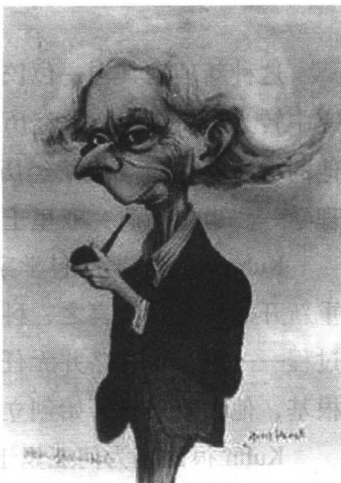
在这种思潮底下, 历史的哲学开始成为一门独立的学问。针对简化主义的挑战, 历史哲学家如狄尔泰 (Dilthey, 1833 - 1911), 李凯尔特 (Rickert, 1863 - 1936), 文德尔班 (Windelband, 1848 - 1915) 倡导黑格尔的理

第二章

研究科学的历史和研究历史的科学：现今的治学方法及其知识渊源

想主义 (Hegelian Idealism)。Hegel 分辨大自然与思想 (或精神 Spirit 或 Geist) 的不同。理想主义的历史学家也重新发掘这种分别：以大自然为研究对象的是自然科学 (*Naturwissenschaften* 或 *natural sciences*)，和以人心为研究对象乃是“历史” (*Geisteswissenschaften* 或 *history*)。后者包括一般人文科学如宗教、伦理、艺术、文学、心理学、社会学、政治和教育。

理想主义者以为这两类科学须用适合其研究对象的治学方法来运作。自然科学注重普遍化的常理，历史却研究个人和特殊事件；自然科学以因果循环来解释事物，历史以人的出发点、目标和信念来治学；自然科学家尽量采取客观性和冷静的态度，历史学家要尝试了解对象是一个人——要体验他的思想形态和同情他的动机。¹⁹



罗素漫画像

总而言之，理想主义者摒弃古典的知识合一论，他们的论点是现

实有两个层面——物质和心灵，因此知识也有两个层面。理想主义者为了将人文科学从自然科学的简化主义中解脱出来，因而倡导一套合用于人文科学的治学方法²⁰。

理想主义从 Burt 的《现代科学的形而上学根基》(1924)、Collingwood 的《大自然的思想》(1944) 和 Koyre 的《从关闭的世纪到无穹的宇宙》(1957) 等著作中开始影响对科学史的研究。这些学者从理想主义的大前提下，促使历史学家进入历史人物的“心灵世界”来了解他们的思想和信念。他们从前人的思想形态来理解他们的科学概念。英国的哲学家罗素说得好：“正确的态度不

是尊敬，也不是鄙视，而是一种尝试性的同情，直到你能了解他对他理论的信念时的心境。”^④理想主义者不以今日科学教科书的标准来衡量历史人物，而是以他在他所处的历史背景中的成就来评判。

■ 概念的转变

这种新理论其中一位佼佼者 Thomas Kuhn，他从物理学的研究中转为历史学家，他经历到用理想主义治学的思想转变^⑤。依据他的自述，他的“启蒙经历”始自他尝试了解伽利略和牛顿的物理学——也包括研究亚里士多德的物理学。

Kuhn 发觉早期的科学家完全摒弃了亚里士多德的物理学，而重新开始研究。换言之，科学的革命并非一系列缓慢的知识聚集过程——因为伽利略并无任何可在其上建造的亚里士多德的物理根基，他需要重新开始创立力学的理论。

Kuhn 很困惑为何亚里士多德的物理学如此派不上用场，亚里士多德在其他学问上是一位精明的观察家，在生物学上和政治理论他有极透彻的研究，为何他的观察天分在物理学上如此失败，为何他的理论被现代学者抨击为荒诞之言？但为何却又被好几个世纪的学坛所尊重？

Kuhn 说这些问题的答案是他自己的世界观的转换（gestalt switch）——对事物看法的突然转变。当他研究亚里士多德的整体哲学时，他发觉在亚氏的系统中，所有的改变都源于一种过程——从石头的坠落（力学）到艺术家的雕刻（美学），和胚胎孕育成为长成的生物（生物学）。

而生物学是转变的世界观的基础，正如胚胎以长成的个体为目的，物体也应有一个自然而来的目的，所以在亚里士多德的物

理学中，轻快之物（如烟）自然向上升；重物则是自然地趋向宇宙的中心（即地心），所谓自然趋向理论。

当 Kuhn 跑进亚里士多德系统后，才认识到哲学家“在此思维中”的力学观点的可理解性。在亚氏系统中，物体都赋有自然的性格和理想，如向所属之处的向往。若要了解亚氏的系统，我们需要放下今天的机械世界观，进入他的个体奋斗的思想观——世界观的转变。Kuhn 说：“我并没有成为一位亚里士多德的物理学家，但我需要在某种程度下从他的思想系统来尝试理解。”这样 Kuhn 才恍然大悟到那些牵强的隐喻和似乎是荒谬的事物是可以被理解的，Kuhn 已学到如何进入和同情这位古希腊哲学家的思想。

这就是理想主义对科学历史的治学方法，它尝试了解当代的整体世界观（Gestalt）如何塑造科学，科学并非基于实证的具体发现，它最终是基于人的理念。

讽刺性的是，当实证主义者 Mach 尝试摒弃一切科学中的形而上因素——以此为科学时代之前的沿袭废物，Burt 等理想主义者却将它带回来。使实证主义更难受的是，形而上学被放置在现代科学的中心地位，正如 Burt 的书《现代科学的形而上学根基》所谈到的。Burt 已公开地向实证主义宣战。

理想主义历史家认为历史上的科学人物如哥白尼、伽利略、笛卡儿和牛顿等并非单是科学研究者，他们也是对他们的世界观作出反应和贡献。历史学家 Wartofsky 如此说：“这情况并非是他们现代科学以先的落后思想，而实在是形成现代物理学的理论基础。”^②

■ 并无“黑暗时代”

在理想主义的心目中，历史的宏观作戏剧化的改变，正如实

证主义从历史中寻找中古时代是黑暗的证据，理想主义却从中找到重建中古时代的支持。



物理课讲台上的

Duhem

第一位发现中古时代对现代科学有正面贡献的学者是法国物理学家和哲学家 Duhem (1861 - 1916)，他是最早注意到历史对科学概念的贡献的学者之一，他意外地发现在中古时代晚期很多对科学有价值的史实。譬如 Duhem 发现 Buridan (1300 - 1360) 和 Oresme (? - 1382) 曾预算伽利略的物理定律，但是他们从来未获得这方面的肯定，Duhem 的结论是：“现代科学值得引以为荣的力学和物理学，是一系列差不多不能觉察到的逐步改进过程，在中古时代的信条中发展而来。”^④

以中古时代为理想和文化的沙漠实在是非常之不确切，今日的历史学家以中古时代的思想为“新科学”的发源地——不局限于中古时代，也应用在更早的古代。在文艺复兴时期，连更古旧的哲学和教训都复苏，特别是新柏拉图主义、隐士哲学、炼金术和自然的魔术。请注意下列著作便略见端倪：《魔术和试验科学的历史》、《在文艺复兴中的妖教和科学思想》、《在科学革命中的理性、实验和神秘主义》、《宗教、科学和世界观》。^⑤

若这些著作是一个标志的话，今天对科学理念的宗教和哲学根源的兴趣从未有如此生动和活跃。科学历史的研究已远离实证主义的起点。大多数的现代历史学者都已接受理想主义的立场，正如 Koryre 所言：“历史一定要触摸到科学活动的一致性……在发展过程中与所处的社会状况连在一起。”^⑥

■ 科学历史的去向

科学史仍是一个比较新颖的独立学科。大部分从业的学者都从哲学和科学的背景起家。直到 1950 年之后，科学历史学才发展成为专门的学问，而大部分这些后起之秀都接受理想主义和社会架构的立场来治学。

究竟基督徒应如何衡量这些科学哲学和历史的新发展？实证主义的科学史是从宗教和形而上学中被释放出来的历史，是彰显造益人群的人类理想。相反地，理想主义认为科学是一个与其他人类思想图案编织在一起的线——它包括宗教、哲学和社会政治的因素。这是对科学事业更实在的了解。

但是这种新立场也有自己的危险，历史的敏感也会变为历史的相对论——即认为所有文化信仰都是同样地真实和有效。这样，历史变成历史主义——这种信念认为没有不与历史过程挂钩的超历史性的真理。

今日许多研究科学历史、哲学和社会学的学者都趋向历史主义。他们否认科学在寻找真理，反而将它简化为在某一个时代和社会中的思想上、经济上和政治上的人类创作。科学历史学坛上更出现如 Feyerabend 等极端分子，他认为这些知识的聚集——所谓科学，只不过是一个与文化挂钩的世界观，与其他如异教神话和中古巫术的世界观没有两样。^⑦

面对这种往往是极端的历史主义，我们需要回到知识一致化的理想。理想主义的历史学家如狄尔泰提议不是只有一种而是两种知识——属于大自然和属于心灵——每种都有自己的治学方法。这种分别使人文科学脱离物理科学的控制，推翻了“胜利者”的历史观，为历史的研究带来显著的成功。

今日这种知识的二分法正被扭转回知识的统一，但是统一者并非自然或物理科学，而是人文科学。狄尔泰的思想结晶是：历史和社会学要回复知识的统一性，但统一性却是分水岭的另一阵营。所有知识都让狄尔泰用人文科学的相对化来衡量。

狄尔泰认为因为治学方法的不同引致不同的知识，自然科学的知识是客观不变的，但人文科学——历史、宗教、伦理、政治——产生主观的和演变中的知识，狄尔泰认为在这些领域中所接触到的并非绝对真理，而是人类思想的产物，根据个人的理念和信仰，从特殊的环境下浮现出来。

但今日的历史学家不接受这种分别，他们认为科学也是思想的产物，也是在特殊历史背景中个人理念的产品，那么为何要将科学分出来与其他知识不同？为何要以科学知识为绝对真理？今日的历史学家认为自然科学，与人文科学一样，也是某一种文化范围内的产物而已。^⑧

■ 新的简化主义

因为这种历史主义的压力，当代科学历史治学陷入某种状况，很多起初支持理想主义的学者现已因他们理论的相对化，重新衡量他们的治学方法。譬如 Rossi 的《法兰西斯·培根：从魔术到科学》一书揭开了科学革命源于神秘主义这一理论的序幕。但今日

的 Rossi 却认为对神秘主义的注重已是矫枉过正。他说，培根是现

第二章

研究科学的历史和研究历史的科学：现今的治学方法及其知识渊源

代科学的“鼻祖”这一形象已被取代为培根是“隐士梦的改造者”。^③

对科学知识的形而上和社会背景的关注不一定带来简化主义和相对主义。但事实上却不是这样，对布鲁诺和哥白尼的神秘主义或新柏拉图主义的根源的注意，可使人认识到人类思想的关连，但也会使人以为科学的根基不外是神秘主义的另一个化身。对理念之间的冲突的了解可更正对科学发现的简化叙述，但也可使人否认有非理念化的客观事实。对历史发展敏感的治学方法可使现代人认识到一些我们根据现代知识以为是荒唐无理的，在他们的时代中是可理解的意念；但也可引致理性的普遍性的否定。在今日美国高等学府中的相对化、解构化（Deconstructionist，译者按：任何事物都可被情境来解释），和反西方主义的大趋势中，后者立场的广受欢迎是可想而知的。很多历史学家怀疑究竟应否用任何理性和真理的立场来衡量任何历史上的思想形态。很多人实际上已接受 Rossi 所谓的绝对“等量”——世上一切可能的世界观都有同样价值，包括最原始和最荒唐的在内。^④

讽刺性的是，当科学历史家和哲学家在热烈地讨论时，大部分从业的科学家却不闻不问，他们当中的大多数仍是实证主义者，漠不关心地认为科学产生可靠的“事实”。因为从事科学的学者人数远超过科学历史学家，科学求真理这一立场仍是主流思想，加上科技带来丰富的生活改善的益处，更支持这种理念。当科学如此有效地在社会中运作时，人们很难否认它与现实生活的关联。

在我们结束这章时，心中始终关注着一个问题：究竟科学将来的发展会被两种立场中哪一个来左右：科学历史和哲学上的主观相对论，或是从业科学家的实用求真论？每种立场都代表一种简化主义，每种方法都是基督徒要面对的挑战。

传统的实证主义色彩的求真论（Realism）一直都以为科学为

真理的唯一可靠的根源，宗教被贬为个人的感受和经历；新兴的历史主义否认“一切”普及和超自然的真理——也同时将基督信仰称为个人理念而已。基督信徒要对这两个立场作出回应，本书虽不是护教学，但是要提醒我们，像使徒彼得所言：“常准备好要回答任何对我们信仰的询问”。

第二卷

第一场科学革命



新的思想系统： 三种科学思潮及其始末

“究竟什么是科学的注意力？”普通人的答案是事实！科学建立大自然的事实，但实际上若除掉一切注释的话，事实并无太多含义，差不多所有光秃的事实都可用不同的理论立场来做重新注解。

因此我们会惊奇科学的进步罕有靠新事实的凝聚，而往往是靠新的理论结构。历史学家 Herbert Butterfield 认为“从科学的开始，它的发展并非来自新的事实和观察，而是来自科学家思想上的颠倒”。Butterfield 的结论是科学的进步在于“新的思想系统”^①。若要了解科学的发展，只记载新发现和新发明是不够的，我们需要注意世界观的流转。

从思潮的角度来看，现代科学从基督信仰和希腊思想的错综互动关系发展出来，基督信仰是早期科学家的思想舞台，但这些思想的形成，与希腊哲学有密切的关系。因此，对圣经的教义和希腊科学的认识是了解科学来源的先决条件。在第一章我们已讨论圣经的教义，在这章中我们要谈及希腊哲学。

希腊的科学并非是一致的，也不是在一刹那间被西方所接受。从十二世纪开始，西方思想被一连串希腊古典文献的重新发现所刺激。亚里士多德的哲学首先被流传，神学家成功地将它的思想

植进基督信仰系统中，这种混种的思潮被称为经院主义，它的最具影响力的代表人物是阿奎那（Thomas Aquinas）。

到了十六世纪，经院主义者已接纳了盖伦（Galen）和托勒密（Ptolemy）的思想。同时柏拉图的著作以新柏拉图主义的形态出现，认为世界是神圣思想所发展出来的神秘现象。在新柏拉图主义中，毕达哥拉斯数学占有重要的地位，阿基米德的数学理论一直到文艺复兴时才被发现。

这些一连串不同甚至自相矛盾的希腊思想对西方文化带来重大的冲击，尤其是在改教运动的宗教热潮中更为显著。在这种文化的骚动中产生了科学的革命，影响了也受惠于当时的哲学与神学的交流。我们在下文中提出三种主流思想来整理影响科学的错综因素。^②

■ 亚里士多德的世界

哲学家通常以他认为是最重要或最有趣的世界观来比喻所有现实的事物，而三种影响科学的主流思想都用不同的比喻来形容现实，亚里士多德的世界观以一个生物来代表。

亚里士多德不单是一位哲学家，也是一位生物学家，他根据生物生长和发展的系统来衡量一切变化的过程。在遗传学还未被发现以前生物中的发育潜能已经被注意：橡子一定会长成橡树，而非枫树；鸡蛋一定孵育雏鸡，而非马。根据这些观察，亚氏认为一切大自然的过程包括动作和变迁都有一种内在的目标——他所谓物质的体制或最终目的，而领悟到这种体制并以精简的逻辑加之定义就是科学知识。

在中古时代盛期，经院派学者采纳亚里士多德为纯一的思想来教导基督信仰，以最终目的或体制作为神的计划，这种基督化

第三章

新的思想系统：三种科学思潮及其始末

的亚里士多德学者多以神为一个理性的思想，可以用逻辑来分析。在十六、十七世纪所有的天主教（旧教）和多数基督教（新教）的文学都以经院主义思想作为主流。



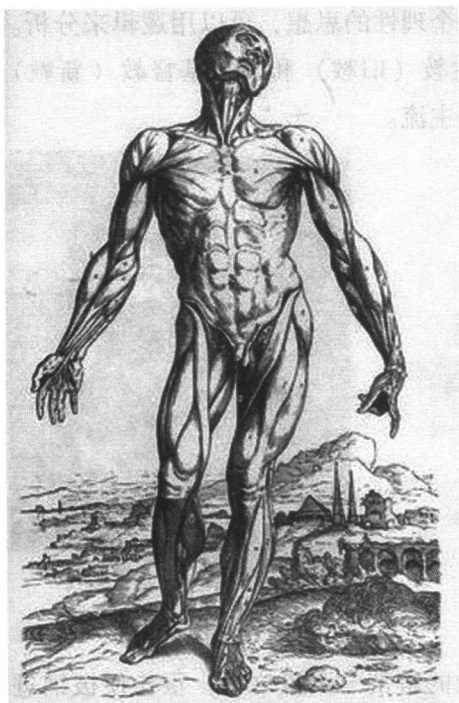
盖伦像



托勒密像

当托勒密的天文学和盖伦的解剖学面世之后，很快便被纳进亚里士多德的系统中。到了中古时代的末期，亚里士多德主义已发展为完整的世界观，它以地球为宇宙的中心，太阳与星体绕地球各以圆形轨道旋转。地球是不完全的境界，充满着由土、空气、火与水四种元素构成之物体，天堂是完美之处，充满不朽的第五种元素——第五精华（quintessence）所构成的物体。

当科学革命揭晓时，亚里士多德系统遭受挑战，尤以天文学和物理学为甚，但亚里士多德思想在生物学上却有长远的贡献——这并非是意外，因为生物学是亚里士多德思想的来源，因此它能解释很多生物的现象。在科学革命中的主要人物如维萨里（Andreas Vesalius, 1514 - 1564），他是现代解剖学的鼻祖，和哈维（William Harvey, 1578 - 1657），发现血液循环，他们都在亚里士多德和盖伦的系统之下治学。



维萨里的《人体结构》的插图，图上的人体各部分是按照原来的位置画的，特别是肌肉部分画得格外精确。

实证主义要说服我们，科学的进步在于推翻传统，维萨里和哈维都是亚里士多德和盖伦的叛徒。历史学家 Mark Graubard 说标准记载是：“哈维站起来反对盖伦，因此建立以证据和实验为根基的事实，从此引进现代科学。”^③

但是这种结论却远离事实。Graubard 以为这是辉格式地解释科学历史，不能欣赏维萨里和哈维如何受到亚里士多德和盖伦的传统影响。从十五到十七世纪的早期，Padua 医学院以重新发现盖伦的著作驰名，维萨里在这里教学，哈维在这里上学。哈维自称受教于亚里士多德的传统，常以尊敬钦佩的口吻来形容亚里士多德和盖伦，他还坚持他的血液循环的伟大发现“并无与传统医学冲突，反而证实它”。^④

哈维的思想形态是属于亚里士多德系统的，他不是以机器来

比喻心脏（心脏好像一座抽水机），却用生物界的现象来描述。他说：“我开始以‘一个圆形的动态’，好像水的循环来形容血液系统：雨从天而降，滋润大地，然后被蒸发上升天空，周而复始，如此生物世世代代得以生长。”^⑤正如历史学家 Hugh Kearney 的评语，哈维是在“亚里士多德的系统中运作，以最终目的和生物的生长和腐化来形容大自然”。^⑥

哈维的著作中也充满了人类社会的比喻，他说血液“回到它的主人——心脏——那里，好像回到它的源头，回到身体的老家一样，在那里找到它最美好和完全的状态……（心脏）变成生命的财库……因此，心脏是生命的开始，是微观宇宙的太阳……它是家中的神，借着它滋润、顾惜和复苏整个身体，它实在是生命的根基，和一切运作的源头。”^⑦

请注意在哈维的比喻中没有一个机械的例子，反之它们是政治化（主人）、家庭化（老家）、经济化（财库）、宗教化（家中的神），虽然它可能是以诗章来描述，但哈维却用来叙述他的实验的科学报告，在他心目中这些描写都属于科学的领域。

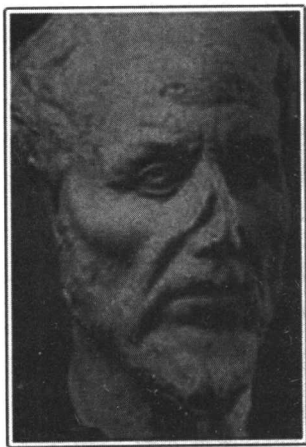
科学也是一套世界观的一部分，哈维描述基督化的亚里士多德思想如何被用在驳斥新兴的怀疑主义。他反对当时的原子论（Atomist）或唯物主义者，他们认为生物可被简化成为按机遇巧合运作的物质动力，哈维认为这种立场“贬抑神圣的设计者的荣美”，因他以精心的巧工创造万物“来完成某些美好的目的”。

Kearney 认为哈维“在所有论点上都作出一个宗教上的声明，媲美他的科学表现”。^⑧，我们很清楚地看到，认为一切的科学发现为摒弃过往系统的言论是过分简单化的。

■ 新柏拉图世界观

基督化的亚里士多德系统注重神的理性，新柏拉图思想却重

视神充沛万物的灵的运作。一个著名的比喻是，神是一位工匠——在哥白尼心目中的“一位最佳和最有秩序的工匠”。在十六和十七世纪时的工艺都以标志化和象征化为名，以造物为工艺品乃因它是“譬喻、象征和标志的微妙语言”^⑨，而当这些语言被恰当地翻译出来时，大自然的奥秘就被揭晓。对神写在大自然的手笔的关注，是一种神秘的透视，超越了逻辑上的理会。



普罗提诺
——新柏拉图主义的奠基者

新柏拉图主义溯源自三世纪的普罗提诺（Plotinus），他将几种希腊哲学混合成一个系统，他教导一套泛灵论或自然心灵论——万物都赋有生命或灵魂。这套哲学以宇宙为具有被动的成分（物质）和主动的成分（理性的世界与灵魂）的自动创造本体，由后者推动和主使一切自然过程。他们与亚里士多德系统一样以世界为一个生物，但却注重不同的层面，不是理性的形貌，却是以属灵的运作来解释自然界的事物。这些运作通常被当为神圣的或是神活动的渠道。

新柏拉图主义包含两套不同的思潮。一套在天文学上具有强烈的毕达哥拉斯主义的因素，甚至有一种对数学神秘的尊敬；另外一套思想可追溯到医学和化学，它注重大自然中固有的类似属灵化的动力——所谓的“主动的原则”。让我们看看这两种思潮的内容。

■ 早期的天文学家

毕达哥拉斯主义的哲学差不多以宗教的狂热来尊崇数学为解释现实的钥匙。反之亚里士多德学者对数学并无宗教的热忱，赋予数学在知识领域上很低的地位。因为新柏拉图主义的复苏，很多早期的科学家很快地重新以基督信仰来解释毕达哥拉斯主义哲学，他们认为宇宙的奥秘是以数学的语言来表达，正如 Kearney 所言，“新柏拉图主义者对数学的研究，近于宗教的遐想。”^⑩



西方第一位数学家
——毕达哥拉斯

■ 哥白尼

尼古拉·哥白尼（1473 - 1543），常被引用为科学革命的轴心人物，他的日心理论向亚里士多德和托勒密的地心论发出挑战。但究竟哥白尼的灵感从哪里来，历史告诉我们是他的新柏拉图主义，而非实验的数据。

哥白尼在意大利作研究时开始受到新柏拉图主义的影响，Kearney 以相近似于宗教观念转换的经验来形容哥氏的改变。^⑪新柏拉图主义常常与一些太阳神话相连，当亚里士多德倡导地球是宇宙中心时，一些新柏拉图主义者却以太阳为宇宙的中心，因为这是与神圣的标志相符。

这种太阳神的思想似乎给哥白尼科学的灵感，他的话确实表

明他受太阳神观念的影响。

“在一切当中太阳坐在宝座上，我们能找到更好的地方安置这普照万物的光体吗？他配得称为是明灯、理念、宇宙的主宰……因此太阳坐在宝座上，他的行星儿女以圆形轨道围绕着他。”

在同一段落中，哥白尼还引用隐士的文献，以太阳为“可见的神”。^⑩

历史学家不晓得新柏拉图主义是否给哥白尼带来日心论，抑或只给他手头上的论据来攻击传统的地心论，但他们无疑地指出新柏拉图主义塑造与他同时代的人的反应。在十六世纪中只有新柏拉图主义者无保留地接受哥白尼主义。

亚里士多德主义者引用显而易见的经验数据来反对哥白尼：地球是黑暗、静止和沉重的不动物——这是众所周知之事。另一方面天上的光体一定是由一种燃烧轻盈的物质所构成，在这些显而易见的现象中，要说地球也像其他行星一样的天体，绕着太阳旋转，似乎是显然荒谬的立场。

日心论也遭到其他常见的反对立场。譬如有人认为若地球旋转的话，一个掉上空中的物体降下时应是在向原处不一样的地方，因为地球已稍转离本位，这个论点显然是有根据的。地球的旋转产生所谓科里奥利（Coriolis）动力，由傅科勒特（Foucault）摆锤来证实；著名的丹麦天文学家第谷·布拉赫（Tycho Brahe）争论说一颗炮弹若顺着地球转动的方向而发射的话，应达到更远的距离（因为它加上了地球旋转的冲力），这也是有根据的论点，直到伽利略时他才以雏形的相对论来加以解释（见第八章）。反对者还指出若地球按庞大的轨道环绕太阳旋转的话，那么从轨道的另一端所观察到的不动星应有位置上的稍微移动（parallax）。这一论点在当时也是显得有根据的，但直到1838年才被观察出来。^⑪

当时反对哥白尼主义的论点既繁多，又显得有道理，而支持

它的证据却并不存在。正如历史学家 A. R. Hall 所言，“信哥白尼的理论并无加添任何对天体的事实知识”。^⑭其实所有支持日心论的论据都非事实化而是哲学化的。Kearney 说：“太阳在宇宙的中心应是一个公理，因为它是如此‘适当’，这实在不是一个令人折服的论据，因为在亚里士多德系统中，地球是宇宙的中心，也是根据同等的理由。”^⑮

除此之外，哥白尼唯一可搜集的论据就是他的系统的数学比较，因为他将八十一个用以解释行星轨道的圆形轨道减为三十四个，而这并不是什么有分量的成就，在当时只吸引了在新柏拉图主义系统中的学者——毕达哥拉斯主义和隐士派——他们都以数学为解释大自然的钥匙。

实证主义认为科学历史是理性胜过宗教和神秘主义，但在这件事上宗教和神秘主义都清楚地支持哥白尼的理论。哥白尼本身并不反对以新柏拉图主义的神秘教义来与他的理论链结，他的很多门徒却热衷于这一理论（注意：前述有关布鲁诺在第二章的讨论）。

同时反对日心论的根据并非来自教义和反智的考量，而是因为它是盛行的亚里士多德系统中渗进来的新柏拉图主义。在这新系统以外的主流科学家直到一百年后的伽利略时代才开始接受日心论，而且直到牛顿时代日心论才有机制的解释，在这些发展以前整个日心主义的争论都是完全根据宗教上和哲学上的论据。

■ 开普勒

开普勒（1571 - 1630）乃是在哥白尼之后第一位重要的天文学家，他也是深受毕达哥拉斯主义哲学的影响。他的第一本名著主要证明星体的系统可用三度元空间的形状来刻画，虽然他稍后

摒弃这种思想，但这显示开普勒相信毕达哥拉斯的数学和几何是宇宙奥秘的钥匙，正如 Kearney 所言，开普勒认为“神以他所启示的几何来创造宇宙”。^⑥其实是开普勒对数学精确性的委身，促使他虽然屡屡失败，却最终找到行星椭圆形的轨道。

正如哥白尼一样，开普勒是因为以太阳有宗教的意义而被日心论所吸引。他似乎认为太阳是神在这世界临现的宝座。他说只有太阳是“值得我们崇拜的最高之神，要是他喜悦以物质的领域与有福的天使一同显示他的同在”，再者，太阳“似乎是唯独可配得为神本身的居所的地方，因为它有尊严和能力来完成这活泼的责任”。^⑦



开普勒的宇宙模型
——以太阳为中心

开普勒受吉尔伯特（见下文）有关磁场的理论影响，认为地球是一块大磁铁。他把磁场的理论应用在太阳系上，以太阳为磁场的中心，他的慧见早于牛顿万有引力的研究。根据物理学家 Gerald Holton 的见解，太阳在开普勒的系统中有三种功能：它是行星运作的数学中心；它是维持行星轨道动力的物理中心；它是神明所在的超自然中心。Holton 认为这三种功能是不可分割的，若要了解开普勒的科学研究，

我们不能忽视他的宗教委身。^⑧

■ 威廉·吉尔伯特

威廉·吉尔伯特（1540 - 1603）虽然不是一位天文学家，但

第三章

新的思想系统：三种科学思潮及其始末

是他的思想对天文学却有极大的影响，他以精确和仔细记录的实验来提倡第一套磁场的科学理论。在新柏拉图哲学思想中，磁性作用被认为是可畏的一种神秘系统，正如磁性作用根本不需要接触他物却可以吸引它，那么世界也被认为是精灵以吸引力和同情心遥控一切事务。

吉尔伯特是第一位发现世界是一个大磁场的人。因为磁性作用以南北方向来整理物体，吉尔伯特认为它是一种理性和力量，其实他更以磁性为世界的灵魂¹⁹。吉尔伯特根据古人的传统，指出恒星和行星都有智慧的灵魂，他说：“我们认为整个宇宙都是有生命的，所有的球体和星体，包括尊贵的地球，从开始到今一直都被自己命定的灵魂所操纵。”²⁰



威廉·吉尔伯特
是磁学研究的先驱者

这种物质的生命力被现代人嗤笑为不合科学，但根据 Kearney 的看法，这种立场并不降低吉尔伯特的科学地位。Kearney 其实认为是吉尔伯特的神秘思想启发他的科学贡献，“正是因为吉尔伯特对地球灵魂的信念驱使他寻找磁性作用的解答，在亚里士多德系统中磁性作用不过是一种好奇心而已”²¹。

■ 早期的化学家

对磁性作用的研究为新柏拉图主义中的第二道主流铺路，这思潮倾心于有关神灵的事物，包括炼金和自然魔术，其后发展成为医学和化学。早期的化学家以大自然为象征和寓言的领域，他

们的任务乃是要寻求神秘的知识来解释这些讯号，正如 Butterfield 所言：“他们以类似神灵的事物来解释宇宙，以星体为男性或女性，或冷或热地可吸引某种矿质，或是人体的某些部分，因此整个宇宙都充满了象征。”

Butterfield 认为他们在寻求“物体之间的魔术性的同情心”，使物体不需要接触即可有互动作用^②。譬如英女王伊利莎白时代的医生 Robert Fludd (1574 - 1637) 在医治病人的伤口时，不在伤口上涂药膏，却在打伤病人的武器上涂药膏，他认为武器的血与病人的血有一种共鸣的互动作用；德国医生巴拉塞尔士 (Paracelsus, 1493 - 1547) 认为在神创造药草时，他在它的结构上加上魔术化的记号来表达它的效用——譬如蒺藜的尖锐，代表它可用作治疗尖锐的咳嗽。

■ 巴拉塞尔士 (Paracelsus)



巴拉塞尔士

巴拉塞尔士以前是不上科学大雅之堂的神秘炼金术士，但如今他却被尊崇为医学的鼻祖，开创以化学来治病的路线。他也是一位虔诚的基督信徒，历史学家 Allen Dobus 记载巴拉塞尔士极力反对亚里士多德和盖伦的教导，他说“亚里士多德是一个异教徒，他的哲学和自然科学与基督信仰是不协调的”。巴拉塞尔士和他的门徒却以一套基督

化的新柏拉图主义来取代它。

巴拉塞尔士认为一切自然事物都是一种被动的原则（物质）和一种主动的原则（道德或精神）的结合品，后者决定前者的特征。他有时称呼后者为“精液”的原则，这名称引用自奥古斯丁

形容神在创造万物时放置其中能逐渐展现的“种子”。²⁴主动的原则乃是从加热和蒸馏而来——所以乙醇被称为“酒精”，硝酸乃“硝石之精”。到如今我们还用“精”来形容某种有机物的蒸馏品。

■ 范·赫尔蒙特 (Van Helmont)

范·赫尔蒙特发现了气体，他是巴拉塞尔士的信徒，他认为万物都是主动的或“精液”的原则在物质中运作，赫尔蒙特认为一个物体被燃烧后放出一种特有的“烟”——我们称之为气体。

赫尔蒙特与巴拉塞尔士一样受过医学训练，也同受感于基督信仰要减轻人堕落的腐化后果的信念，正如历史学家 Walter Pagel 如此说，我们认为赫尔蒙特发现气体，是他的仔细科学观察的功劳，但 Pagel 继续说：“我们却忘记了这发现在是一个宗教化和生命化的自然科学哲学的意外伸展。”²⁵



范·赫尔蒙特 (Van Helmont), 后人称之为医生、思想家、化学家

总之，新柏拉图主义在十六和十七世纪时具有极大的影响力。当时反对枯燥的亚里士多德理性主义的人趋之若鹜，与二百年后反对枯燥的启蒙运动而来的唯物论的浪漫主义相似。其实二者是彼此相联的，因为新柏拉图主义的复兴助长浪漫主义的发展，但这是第五章的内容。

■ 世界是一架机器

虽然亚里士多德主义与新柏拉图主义不同，但它们都同意大自然是一个生物，正如历史学家 R. G. Collingwood 解说的：“天空中的气候变动与树叶的变色和坠落，星体的转动和鱼儿的游泳，在原则上都是同出一辙。”^⑧

第三种启发科学革命的传统是突然地拒绝接受生物的比例，这机械化世界观的主要象征是机器。

在这一传统里的科学家惊异到宇宙的规律、不变和可推测性。在梅森（Mersenne）的眼中神是“伟大的工程师”，他创造了像一个巨型时钟的宇宙。当新柏拉图主义者认为大自然是被动的物质与主动的精神的相互作用，机械世界观却摒弃后者，以大自然为完全被动的，一切动力的定律都是神在大自然以外加进来的。

机械世界观与新柏拉图主义一样尊崇以数学来解释大自然的方法——但并非基于对数目的神秘感，而是对数学能表达衡量性、分析性和规律性的信念。在古希腊哲学家中，机械论者从原子论学者（德谟克利特 Democritus 和卢克莱修 Lucretius）尤其是工程师阿基米德的著作，找到他们的灵感。自从在 1542 年他的拉丁文译作面世之后，欧洲出现了阿基米德数学的复兴。

阿基米德的世界观似乎是来自一位力学工程师冷静的理性上的好奇心，是应用性质而没有形而上学的因素，缺乏亚里士多德思想的系统性的逻辑，也无新柏拉图主义的神秘和宗教的热忱。它的基要假设是宇宙借着力学来运作，科学家的责任就是说明宇宙如何按照机器各部分的功用来配搭。大自然的现象乃是以物质之间运作的范围、方式和动力来解释。

若亚里士多德主义之神乃伟大的逻辑学家，新柏拉图主义的

神是伟大的术士，那么机械世界观就将神描写为一伟大的机械工程师。在此后几百年，机械哲学被用来抨击有神论。然而大部分早期支持此系统的学者都是基督信徒，他们借着形容物质是完全被动的假设，试图以神为一切创作性的和属灵力量的来源。强调推动自然过程的力量非内含的目的或构成形式



一个想跟地球玩跷跷板的人——阿基米德

(针对亚里士多德主义)，也非内在的主动力（针对新柏拉图主义），而是神本身。神创造大自然依赖来运作的定律，正如一钟表匠创造钟表后将它的机件发动。

■ 伽利略（Galileo）

第一位机械主义的代表学者是伽利略（1564 - 1642），他对阿基米德的尊敬洋溢于他的著作中，如“最神圣的阿基米德”。反之他猛烈地抨击亚里士多德和新柏拉图主义，拒绝接受亚里士多德的最终原因和从“自然”趋向而来的动力学，也谢绝新柏拉图主义的太阳神论和泛灵主义。他认为神是神圣的工匠或设计师，创造了一座有复杂机械功能的世界，按照几何和数学的原理来运作。

■ 笛卡儿 (Descartes)

法国哲学家和数学家笛卡儿 (1596 - 1650) 以物质世界为巨型机器和动植物也是自动机器这一理论驰名学坛, 然而他以机械主义来驳斥当时怀疑神的存在哲学家却鲜为人知。

笛卡儿清晰地将机械的宇宙与人类的精神分隔, 试图保留对后者的信念——因此引致对神的信心。他的名言: “我思, 故我在 (Cogito, ergo sum)” 是一句宗教的宣言——思想 (cogito) 是对怀疑有着精神世界的人的答案, 因为思想是精神的活动, 笛卡儿迅即从此立场引申到神的存在。最具讽刺性的是, 就是他这种对精神领域或神存在的论证已被埋没, 而笛卡儿的哲学却只以宇宙是一架没有人情味的巨型机器的世界观流传于后世。

机械世界观的推展有赖于各种科学院的成立。在意大利, 伽利略的信徒成立学院; 在法国修道士梅森将伽利略的理论译成法文, 他也组织了一个团体; 英国的波义耳 (Robert Boyle 1627 - 1691) 也成立团体, 为皇家科学院的前身。

因为亚里士多德正统思想的信徒和新柏拉图主义者的人数比信机械世界观者多, 后者往往以传道者的热忱来传扬他们的思想, 他们也常将这一思想与护教结合。譬如虎克 Robert Hooke, 1635 - 1703) (皇家科学院会员) 说到“大自然以如此宏伟的机件”来运作, 只有愚人“才相信这些事物都是从机遇巧合而来”。虎克认为经过清楚的理解所得的结论, 就是这些优秀的机制“是全能者的作品”。^②

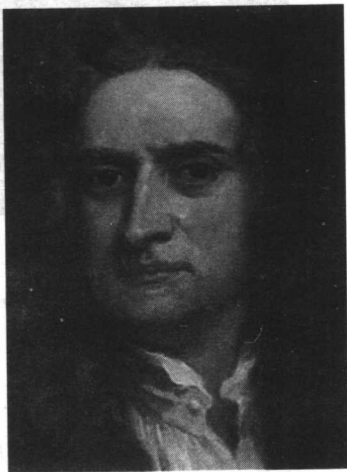


笛卡儿

■ 在两个系统中的骑墙派

过了些日子，上述所提及的三种传统互相影响和混合，产生混杂的系统。譬如，牛顿（1642 - 1727）似乎是一位机械主义者，后代的人的确以他的物理学为机械系统佼佼者，牛顿自己的作品也给人这些印象。

牛顿以神为伟大的工程师，他说创造行星系统的主宰一定是“熟识动力学和几何”，他的万有引力论认为天体和地球都受制于同样的动力定律（这大大地使与他同时代的亚里士多德主义者惊奇，因为他们认为二者是由相对的物质所构成），他的光学实验证明光进入不同媒体是符合力学的定律（因此严重地削弱了新柏拉图主义以光为一灵界的记号的立场）。他以光为一连串的粒子，与波义耳的粒子化学相关。



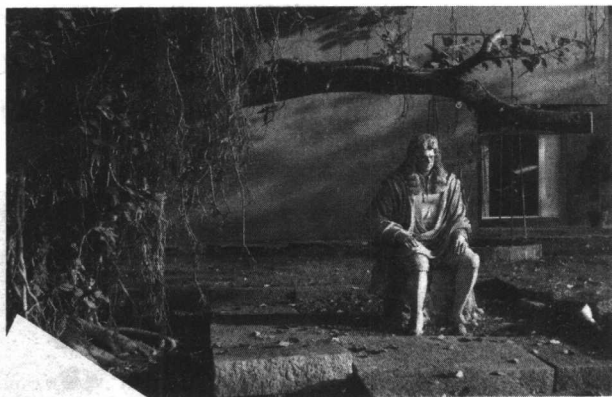
牛顿画像

不单如此，牛顿强烈反对新柏拉图主义所倡导的世界灵魂，因为若它被尊为神的话，就成为泛神论。牛顿在他的 *General Scholium* 一书中如此说：

“这个管理万物，是一切的主宰，而非世界的灵魂，神并非如那些幻想他为世界灵魂者所言，只管理他的身体，而是统治他的仆人。”

牛顿的科学思想最后被启蒙运动的学者如伏尔泰等发展成为一套完全机械化的宇宙观——将圣经中的创造主降级为一位自然

的神，像钟表匠一样替宇宙上链之后，让它自动运作。经济学家 John Keyner 认为牛顿被视为第一位最伟大的现代科学家，他教导我们用冷静无瑕的理性来思想。²⁸



牛顿的思考——

为什么苹果会掉下来？

自然神论者，也不是理性主义者，他从世界
“的和有智慧的创造主。在 *General Scho-*
太阳系、行星和流星，只能按照一
“理来运作。”在他的 *Opticks* 一书中
从结果来推测其原因，直推到第一因，
“牛顿眼中的科学最大的好处是宗教上和道
“什么是第一因，它在我们身上有何控
“们什么利益”，使我们“从大自然的光照下
晓得我... 之间的责任”。

不单如此，多牛顿的科学研究都是以护教作为出发点，这一事实在他同时代中广为流传。科茨（Roger Cotes）在为牛顿的 *Principia* 第二版所作序言时说，这书“乃是抵挡无神论者攻击最好的安全岛，也是进攻无神论者最佳的武器宝库”。²⁹

那么牛顿究竟是否是一位机械主义者？近代学者费了很多笔墨来研究这个问题。Keyes 研究牛顿著作的结果，认为牛顿是一位

第三章

新的思想系统：三种科学思潮及其始末

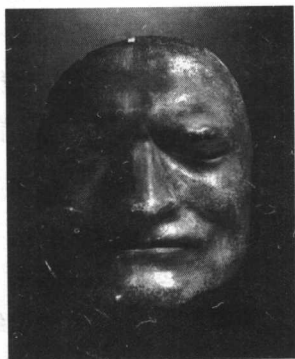
柏拉图主义者，这与普通人的看法相反，因为他对象征和魔术具有浓厚的兴趣。Keyes 说：“为什么我说他是一位魔术师？因为他以宇宙是一个谜，其中有神安放的神秘蛛丝马迹的数据，需要人们用纯粹的思想来阅读……他认为整个宇宙是神所写的秘密的图案。” Keyes 的结论是：“牛顿不是理性主义的鼻祖，他是最后一位魔术师。”^③

历史学家 P. M. Rattansi 也同样地将牛顿放在新柏拉图主义的系统中，牛顿接受这传统中的主动原则，以之为神在世界中运作的渠道。他以他所发现的万有引力为主动原则的最佳例证，所以 Rattansi 认为引力的理论“在牛顿眼中是在经历世界中神的彰显”。^④

Richard Westfall 搜集证据，要证实牛顿热衷炼金术，在他的研究生涯中炼金术的吸引力对万有引力有很大的启发（这是为何当时的机械主义反对牛顿的原因）。^⑤E. A. Burt 指出牛顿的绝对时空的理论是有宗教上的重要性，这理论是要用来代表神的存在，是神在物质宇宙中的察看和管理。^⑥

在这两种思潮之下，最佳的解释就是牛顿是这两个系统中的骑墙派。他对大自然的看法有部分是从机械主义而来，但他却有急切的心愿，要捍卫精神世界，因为完全唯物主义的机械系统在当时正在得势。因此他从新柏拉图主义中采纳主动原则的立场，牛顿重新挖掘久被遗忘的开普勒，因为他被新柏拉图主义的推想所埋葬，这证明牛顿对这传统的兴趣。

其实，当牛顿的 *Principia* 第一次出版时，笛卡儿系列的机械主义者忽视它，以之为他们要摒弃的神秘哲学的著作之



牛顿遗容的铸模面具

一。他们承认在万有引力中有新柏拉图主义所言的太阳与行星之间的魔力（这个立场被普及化为物质之间的引力，使这辩论更多麻烦）。牛顿的理论要得以在欧陆流传，要等到伏尔泰给他的大力支持。

但是在这个过程中伏尔泰和他同时的启蒙主义者将牛顿的立场改造成为他们可接受的形象。他们除去牛顿的神秘的宗教思想，使他能符合实证主义的科学理性，这就是今天科学教科书中传给我们的牛顿形象。

在他有生之年，牛顿不让人知道他对神学和炼金术的兴趣。历史学家在他死后从他的写作中找到这些他们以为是反理性的思想，而这却使有科学天才的牛顿感兴趣，这让他们感到困窘，因此他们只容许牛顿的机械论流传，而除去他科学结果中神学和新柏拉图主义的因素。

■ 一幅编织的图画

我们在这里所论述的科学历史是整体性的，它将历史上的人物安置在他们的哲学和宗教环境中，不论今日学者如何以这些背景为迷信和反理性的。

其实今天的历史学家在怀疑什么是“理性”的意义。过去“理性”曾被认为包涵信仰的内容，同时唯一的信仰可被接受为合“理性”的是唯物主义——在他们眼中一切宗教和形而上学都是反理性的。

但是这个理性的定义使历史学家进退维谷。若我们要将亚里士多德的形而上学和圣经的宗教贬为反理性的话，那么很多现代科学的鼻祖所相信的都要被摒弃，因为它们是反理性和反科学的，这种立场使历史学家忽略大量的科学历史。

第三章

新的思想系统：三种科学思潮及其始末

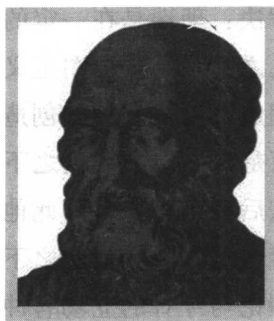
这个问题可借着重重新为理性下定义来解决：理性是在一定的大前提之下合乎逻辑的推论。在这个新定义之下，新柏拉图主义自然地要寻找数字的协调，基督信徒也顺理成章地要从神的创造中来认识神，这些都不是反理性的行动，而是在一定的预设之下的理性伸展。今天历史学家已普遍地接受这后者的定义，因此他们可以承认科学界的历史人物在他们所处时代的背景和信念之下所作的结论都是合乎理性的，就算他们的理论与今日的立场有冲突。

同时，现代的历史学家认为像“纯粹的科学”与被“外来的”宗教和形而上学所“渲染”的科学是无法分割的，科学上的基要议案必受到科学以外的委身所影响。一位科研者所要注意的事实，他要进行的研究计划，他所提倡的科学预设，他对数据的分析，和他如何应用科学的结果到其他领域——这些都在于他对他的世界观的委身。

这在上述的历史时期中是明显的。在科学革命中，亚里士多德主义者在生物和医学上最为成功，因为这系统特别适合生物的研究，所以这传统为后世带来维萨里和哈维，但对化学却甚少贡献，化学并非从亚里士多德系统中发展而来。

同样地，新柏拉图主义对太阳和数学的神秘感，特别适合来研究天文学，所以它带来哥白尼和开普勒，但却不能造福力学，因为它缺乏把应用数学作为度量衡的兴趣。

机械主义注重动力在地域的运作，因此带来伽利略、笛卡儿和波义耳，但它在生物和医学上却不派用场。正如科学哲学家 Phillip Frank 所言，亚里士多德曾说一个动物的运动比一块石头的行动容易了解——在他的有生命的世界观中这立场是正确的，但在机械世界观之下却刚好相反，一块石头的下坠是直接了当，但一个动物的行动却令人摸不着头脑^⑧。每一个哲学系统启发某种研



柏拉图知道他对后人有什么和多少的影响吗？

究个案，同时为分析这些研究论据铺下理解的系统。

■ 事实与哲学

实证主义尝试将早期科学历史中与现代教科书之“事实”不相符的前现代因素挪去，但现代的历史学家却认为整个历史背景都有重要性，早期科学家对宗教和哲学的信念正是启发他们研究科学的灵感。

以哥白尼为例，他并非因为新的事实来发展他的日心论。正如 Kuhn 所言：“一切对（哥白尼）天文学革命的探讨，它的出现和引导的革命因素，都应在天文学以外的学术环境中寻找，因为没有任何天文学的发现和观察，足以说服哥白尼传统的天文学是不对和需要改变的。”^⑤

同样地 Burt 认为哥白尼和开普勒“在有任何观察的论据之前”已接受了日心主义，因为“天体的运行可以用托勒密或用哥白尼的立场作同样满意的解释。启示哥白尼和开普勒的主要因素并非事实，而是新柏拉图主义以宇宙是数学系统的信念”。^⑥

Kearney 对开普勒的研究使他作出相似的结论：“历史学家不能将科学家的开普勒与新柏拉图神秘主义者开普勒分割，若开普勒不是相信新柏拉图主义的话，必不会被启发来诘问当时盛行的宇宙观。”^⑦

事实上开普勒从第谷·布拉赫（Tycho Brahe）获得那时最佳的天文数据（后者其实是因为他对星相学的向往才观察天象），但开普勒 将这些数据以日心论来解释，乃是因为他同情当时包涵日

心论的新柏拉图主义。

同样的立场也可应用在牛顿身上，我们也不能将科学家的牛顿与宗教徒的牛顿分割。牛顿有很多有关圣经预言的著作，都被历史学家以为是与他科学无关的多余著作，而被忽视。但正如 Burt 对我们的提醒：“他的宗教信仰是他的一部分，而并非是外加在他的科学或哲学的东西。”^⑧我们在上文已说过，促使牛顿研究科学的原动力，乃是他要抵制机械化的唯物论对基督信仰的攻击。

历史学家 Allen Debus 说：“若在一个著作有两种立场，我们不能将一个作者的神秘一面和他科学的一面分割，我们若这样做，就歪曲了那个时代的思想学者。”^⑨这套以哲学、宗教和科学的信念编织而成的早期科学家组图实在不能被拆开。

■ 世界观的冲突

对这幅图画的了解给人带来解读科学争论的新亮光。对一套新理论的反对并非一定出于愚昧、惧怕和盲目的教条主义，大部分情形下是基于宗教上和哲学上的大前提的冲突——究竟哪种系统被这新理论来支持。

譬如我们上面已提过，起初欢迎哥白尼主义的人都是新柏拉图主义者，那些反对的人并非是食古不化者，而是因为他们的亚里士多德立场不能容纳与日心论同来的神秘隐士哲学。神学家 John Dillenberger 认为哥白尼思想与新柏拉图思想的挂钩“使人以为它是一种已被摒弃的过时哲学的复苏”。因此在哥白尼和托勒密之间的取舍并非在科学和哲学之间或理性与非理性之间的抉择，而是在已被接纳在基督信仰中的亚里士多德系统，和尚在主流思想之外的新柏拉图主义间的选择。^⑩

不单如此，一些如布鲁诺一样的日心论者，已撇弃了基督信仰而传扬泛神论，使正统信仰人士很难接受。从历史的角度来看，在基督信徒中大部分反对这些新的科学理论者应被了解为并非针对科学，而是针对与它而来的异教和神秘信仰。⁴¹

典型的所谓宗教与科学对敌的例子就是伽利略。因为支持哥白尼和反对托勒密的天文学，使他与天主教的权威阶层冲突。若我们能对当时的世界观加以了解，我们便能辨别个中乾坤。当时天主教会中的反改教运动使亚里士多德主义抬头，伽利略以哥白尼主义为工具和他有锋利的说服力的文字来攻击教牧人员所接受的亚里士多德主义。这不是思想自由与偏见之争，而是两个传统和世界观的冲突——亚里士多德主义和机械主义之争⁴²。

■ 结论

在本章所说明的三个世界观：亚里士多德主义、新柏拉图主义和机械主义——都是粗略的轮廓而已。正如牛顿一样，个别的科学家往往是两个系统中的骑墙派，很多时候他们接受某一个系统却采用另一系统的言论和措辞。⁴³譬如伽利略被普遍认为是一位实用的阿基米德式的机械主义者，但是历史学家 William Shea 却认为伽利略深受亚里士多德的科学理论的影响，“他的一生最大的抱负就是要指出亚里士多德的严谨原则能被用来证明哥白尼系统的正确”⁴⁴。

开普勒同样地被认为是一位有神秘感的新柏拉图主义者，但很多时候他却采用机械主义的措辞，如形容天体是“天空中的机器”，好像是“机械的精确”，因此历史学家往往不能在以何种思想系统来形容开普勒上达成一致。Rossi 坚持开普勒的著作充满了毕达哥拉斯神秘主义，而 Debus 却认为他与其他机械主义者如梅

第三章

新的思想系统：三种科学思潮及其始末

森和伽桑狄（Gassendi）同一阵线^⑤。最好的描述可能是开普勒一生中从一个系统转移到另外一个系统。

另外一个混乱的地方是科学哲学家 Mary Hesse 所言的科学家以各种不同的方法来采用措辞，^⑥有时他们虽以某系统的标记语言来表达自己，但却不一定代表他们对这思想系统的热衷。这些词句或表明基督信仰的热忱（如基督信徒常引用新柏拉图主义所形容的“灵魂”），或



开普勒

对某些听众一些醒目的记号，譬如 Westman 认为哥白尼之所以用新柏拉图主义语言并非因为他跟从这思想系统，而只是出于他要得到教皇保罗三世青睐的企图^⑦。

若我们考虑这些条件的话，本章所论述的三个系统帮助我们了解影响初生时期的科学的各种不同的思潮，每个传统都带来科学理论的灵感和启发科学发现的热忱。在下文中我们会讨论这些思潮继续影响科学长远的发展，直到如今。

牛顿的机械世界： 神与世界的关系

牛顿的物理——在当今的思潮中，这名词使人想到一个像庞大机器的宇宙，而人在其中被困于一个不能分析的定律网罗。用哲学上的术语来形容的话：牛顿的物理似乎被认定为唯物的宿命论。



—英镑上的牛顿

但是牛顿本人既非唯物论也非宿命论者。其实他公开地摒弃一个机械的宇宙观，因他以为这会引申为唯物论^①。他是一位热诚的宗教信徒，甚至用了他的物理定律来劝导他的同仁相信神的存在，那么为何他的名字却与那么违反他个人信仰的哲学相连？

要回答这个问题，我们需要追述古典物理学如何从伽利略发展到牛顿和他的后人的思路。普遍的历史教科书都宣扬宗教和科

学在长久争战，但是下文中我们会指出早期奠定古典物理学的科学家都是基督信徒，他们要理解神如何与他所造的世界交往——他怎样在自然界中施行命令和保持一惯性。

当然，神如何在自然世界中维持秩序这一问题充满了不同见解，就如第三章中三种世界观充满分歧一样：亚里士多德，新柏拉图主义，和机械世界观都试图要解释神整理世界的方法。伽利略有效地推翻了亚里士多德主义在天文学和物理学上的地位，但在物理学上机械主义和新柏拉图主义却彼此为要狩猎思想界的青睐而竞争^②。

在机械主义系统中的基督信徒强调神超越在被造物之上，他们认为一切物质都是处于一个完全被动的地位，没有任何主动的因素，使神在被造物中有自由运作的空间。逐渐地人愈来愈觉得神不可能在完全机械化的次序中运作，他们认为被造物是一个庞大的钟表机制，自动运作。在机械系统中的基督信徒往往要依靠神迹奇事来表达神在自然界中的参与。

在柏拉图系统中的基督信徒却强调神在被造物中的存留和同在，在科学的领域中这种观念被引申成为在自然界中属灵的主动因素，慢慢地这些因素被认为是半自动性的——是神在创造之初安放在被造物之内，此后可独立运作，但是他们仍然认为这些因素是代表神在被造物中彰显他自己的途径。

古典物理学发展至今，往往被认为是上述这两个传统的争论，是在某些那个时代的基督徒圈中被热烈关切的课题。

■ 非永恒性的秩序（Contingent Order）

在教父时代，神的超越性能力在神的同在性能力以上，但两者之间是彼此平衡和相辅相成的；人们认为神以超越的大能在世

界中随意运作，但神也以他的随时同在使他的被造物按照他在创造时所定下来的自然规律来运作，这种情况往往是以第一因和第二因来形容。正如圣公会的神学家 E. L. Mascall 所言：“在传统的基督教哲学系统中同样地注重神是在世界历史中的第一原因，和在现实中的第二因的真确性。”^③

神学家 Thomas Torrance 以被造物“非永恒性的秩序”来形容这种平衡的观念。“非永恒性的秩序”认为被造物不是自动的，它并非自发的和自足的，它是被造物，需要依靠神不断的照顾来运作。但是另外一方面，神也并非以连续性的神迹奇事在世上运作。他在被造物中设立一套有规律和彼此协调的模范的第二因系统，换句话说，被造物是有真实的秩序的，因此被称为非永恒性的秩序。^④

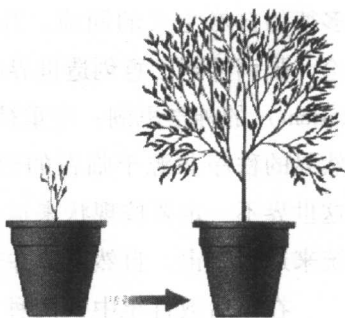
圣经中的创世记一开篇就指出这种非永恒性的秩序。创一章五节说神设立昼夜，从此昼夜周而复始的转换，创世纪一章十一至十二节和二十至二十五节说神分别定下植物和动物中的生殖过程，从此生物各从其类地滋生系统，是可被预测的。创世纪八章二十二节言及寒暑与冬夏季节的永不停止。诗篇一四八篇讲述天体按神的定命来运作，同时耶利米书三十一章三十五节：“神使太阳白日发光，使星月有定例，黑夜发光”，三十三章二十五节神以他所立的“白日黑夜的约”、“所安排天地的定例”来比较他与他的子民所立之约的同样可靠。在诗篇第八篇中诗人以一位地势勘察者的口吻来形容田野和海道。

圣经中所言的自然规律与后代所言的宿命论唯物宇宙观中无人性和无道德性的自然定律是迥然不一样的。Christopher Kaiser 说圣经中的自然规律正如总统的谕令是“按照神最终的肯定才可被建立”。^⑤它的含义是自然世界与人类一样是要按照它不同的层面来遵从神的命令。气候听从神命，动物被神喂养（约伯记二十八

和三十八章，诗篇一百四十八篇），圣经中的被造物的主要形象并不是依照按钮运作的机械化的工具，而是顺服神的事物；再者，大自然的秩序并非是关闭的，而是向创造主开放，正如戏剧中的演员随时按照导演在剧本以外加插的指示来演戏。

■ 中古时代的自然主义

在十一和十二世纪时对大自然定律的平衡立场开始向两个互不相容的方向分化：神从大自然以外显于世界的旨意，和神临在于大自然之中的旨意，在经院派哲学中分别为神用以创造和改变自然界的秩序的绝对能力（*Potentia absoluta*），与神用在以因果运作的自然规范中的平常能力（*potentia ordinata*）之间的对立。



大自然的定律——
这定律又是谁在推动？

这种分歧在中古时代后期中的亚里士多德主义和意志论之争（见第一、第二章）中显示出来。阿奎那因为接纳亚里士多德的思想而突然将基督教的信仰改为注重神的平常能力，他以亚里士多德的最终原因（支配一切自然过程的形式）作为神在自然界中的目的。他的门徒的推论就是亚里士多德的形式（*form*）是神在被造之先已赋予被造物的能力，差不多可以独立地运作。他们以神在整理和运行世界中的助手来形容这些形式。

在亚里士多德系统中，形式是逻辑上的必然物，但在这种情况下，形式也控制了神自己的手，规范他在被造物中的作为，譬如一些亚里士多德系统中的基督信徒认为天体的轨道一定是圆形

的，因为神不可能作其他设计。大自然被人格化，好像是一位独立的个体，这就成为了地道的自然主义，因为神已被摒弃在自然界运作领域之外。圣经中神是宇宙立法者的形象，被神是最终原因的意念所取代，因为神使万物开始自动运作之后不再干预。^⑥大自然的偶发性系统已遗失：被造物的秩序逐渐变为更加独立化。

1277年巴黎大主教 Efienne Tempier 颁布对亚里士多德系统中几种立场的驳斥，这是对神的绝对能力的重新注重，和对亚里士多德的自然主义的回应。Tempier 摒弃被造物内在的必然性的理论，强调神随意创造世界的绝对主权，他启发了意志论（voluntarism）的神学思潮：注重被造物的偶发性是有赖于神的旨意。自然界的秩序非源于临在的形式，因它是神在自然之外加进来的，这世界不一定要按现状来运作；若神愿意的话，他可以用其他系统来运行宇宙，自然定律并非自发的，而是神命令的表达。

在以后数百年中这两种立场不断地以不同的争议出现，名辞可能各异但内容相同，代表两派基督信徒的分歧：一派注重神超自然的权柄，另一派强调神临在被造物中的能力。

■ 超自然或临在？

古典物理学的发展有赖于在分歧之中的两派基督信徒的争论——新柏拉图主义与机械论者之争。在科学此后的发展史中，宇宙是一架庞大机器的形象愈来愈得势。基督信徒愈来愈难理解如何“将神介入”在大自然中。新柏拉图主义者强调神的临在——神在被造物中运作的的能力。他们以世界为被动的力量（物质）和主动的力学（灵、魂和生命的动力），主动的力量有创作力，因此是神圣的，或起码是神用以在世上运作的途径，包含许多不能被机制来解释的过程，如化学作用，磁力，电力，和生物的增长。

在这系统中的科学家认为机械世界观将世界变为一架完全自足自给的上链机器，不容许灵界和神有任何空间，所以他们注重非数学化的现象作为神的能力在世上彰显。

另一方面，机械主义者却强调神的超自然权柄，他们恐怕新柏拉图主义和亚里士多德系统一样，会带来一种自然主义，在自然界中的主动力量可用作为整理世界的独立能力，无需神直接与被造物的交往。因为物质中的主动能力往往被称为灵魂，赋有心灵上如理性和智慧等的属性，要是物质本身有这种能力，那么它们还需要神吗？

因此机械论者以物质为完全无活力的和被动的，他们认为这样的信念使神成为世上唯一整理和赋予生命的动力；机械论者认为物质并无自存能力的意念，使人认定自然界中的规律化的现象在乎神不断地运用他的能力来掌管，大自然的秩序非它自有的，而是按神命所外加的。

这个争议的一个令人惊奇的地方是两方面都要避免同一种危险——大自然被认为与神无关。新柏拉图主义者害怕机械论者将宇宙变为一庞大的机器被内在的物理力量所操纵；机械论者却畏惧主动的力量为物质中内含的独立能力。两方面都企图在一个因果相连的封闭系统的思潮洪流中辩明神的角色。

■ 新柏拉图主义的物理学

新柏拉图主义反对将被造物简化为一套机制，他们强调自然界中不能以机制来解释的主动原则的存在——如思想和灵魂。他们以这些主动原则为神临在世界中运作的灵或是神在被造物中设立的能力，与奥古斯丁的“精液原则”或种子为神在被造物中所灌输的因素相媲美。

譬如早期的化学家赫尔蒙特相信万物都是有灵魂或精液原则，在它们被烧毁后以一个特有的气体来继续存在。他按着这种意念来作实验，他烧毁不同的物质，首先发现二氧化碳和其他几种气体。在他眼中他不仅找到科学上的发现，历史学家 Richard Westfall 认为他的化学哲学系统是定意反对唯物论和肯定灵的首位。^⑦ 赫尔蒙特以带来真正的“基督化的哲学”自豪，因为这系统认定世界上属灵的力量都是神能力的彰显。

在十七世纪中很多人被赫尔蒙特的哲学所吸引，原因就是 he 提倡这种对抗机械化哲学的立场，但是他个人的思想也说明了新柏拉图主义中的不良趋势——就是说这种临在的力量会变为自给自足。赫尔蒙特这样形容这些（以气体来代表的）力量：

“因为最荣耀的活动者赐给万物能力，使它们按此能力或按绝对的力量来推动自己或其他事物。”^⑧

注意赫尔蒙特的言词突然倾向独立自主的立场，这些主动原则被称为“绝对的力量”，能使事物“按”这力量“来推动”自己和他物。在这种情形之下这些力量实在是自给自足，新柏拉图主义产生了一种自主的自然系统，媲美他们要对抗的机械主义所倡导的自主系统。

这种趋势在路德会哲学家和数学家莱布尼茨（Gottfried Wilhelm Leibniz, 1646 - 1716）的言论中更为显著。莱布尼茨乃是赫尔蒙特儿子的好朋友，他像赫尔蒙特一样，也是相信物质中先存的主动原则，他说：“大自然个体中不因它们的延伸而致穷尽——那就是说它们的大小、形状和动作，我们需要认识与灵魂相等的东西”。在他的哲学系统中，这灵魂或主动的原则，是与世界最基要的元素（他称之为单元，希腊文意即单位）紧密地连合。单元是与其他空间定点相连，但也是能觉察自己四周的理念。这种哲学系统被称为泛心论（panpsychism）——认为物质具有如觉察力

第四章

牛顿的机械世界：神与世界的关系

和智慧的心理特性的思潮。

在下文中我们会讨论机械哲学家如笛卡儿企图维持灵魂的本位，将它们变为与物质分割的完全独立的个体。另一方面莱布尼茨认为保持灵界的本位的方法乃是将它与物质“重新联合”，所以虽然他心目中的单元是属灵的，但却遵守紧密的机制定律。他坚持定律不能被违反——任何动作都追溯到另一个动作，他甚至以单元为自动的机器（au-



莱布尼茨

tomatons)，也毫不犹豫地以植物、动物和人类的身体为自动机器。

因此一方面莱布尼茨以单元为灵魂——主动原则——给他的哲学一种属灵的倾向（哲学家 Lewis Beck 形容他的哲学为“多元化的泛灵论”^⑧），但是他的单元完全按照定律来运作，不需神的指引和介入，在这里我们再次看到这种主动原则成为实在是自主的个体。莱布尼茨的宇宙是一部不要神的指示的永恒活动的机器，正如 Kaiser 所言，莱布尼茨以为神迹并非神的新作为，而是神从创造之始已预定的高等规律的彰显。^⑩简言之，在莱布尼茨眼中的宇宙是一架完美的机器，神是完美的钟表匠，他预知一切也从起初就已为一切安排好。对他来说，世界被造后一切即“根据纯粹自然的和完全机械化的规范来运作”。历史学家 Alexandre Koyre 如此形容莱布尼茨的哲学：

“神根本没有做他想做的事，因为他不能改变或影响定律和规条，事物的本性非他所能更改，他造了一套他不能干预的完美机制。”^⑪

若用 Torrence 的“非永恒或偶发性的秩序”（contingent order）来形容的话，莱布尼茨对被造物的强调已超越了它的偶发性而使

它变为绝对和永恒性了。虽然他的原意是要提倡一套基督化的自然哲学，他的新柏拉图主义立场已清楚地沦落为机械论者所要对抗的自然主义。

新柏拉图主义因为注重临在的力量，引致泛神论的兴起（神完全浸没在被造物中），实际上与无神论无异^⑫。因为两者都摒弃神超自然的能力和神迹等，因此很多正统的基督徒科学家起来反对新柏拉图主义对科学的影响。

■ 机械化的物理学



尼古拉·勒默里

机械化系统以粒子之间的运作来解释自然事物，譬如化学家尼古拉·勒默里（Nicolas Lemery, 1645 - 1715）认为油是一些有分枝却又可被塑造的粒子之间的彼此交接，因此做成它的黏性；他又以酸为一些尖锐的粒子，以刺透其他事物的方法来运作；以碱为有洞的粒子，它之所以能与酸在一起时彼此中和，是因为尖锐的酸粒子插入碱粒子的洞，如针插入针孔中一样。^⑬

在神的超然或临在的讨论上，机械化系统肯定是注重前者。第一位发展整体的机械世界观的学者是笛卡儿，他的使命是拔除新柏拉图主义者的主动原则，摒弃他们赋给万物的心灵品质如洞察力和智慧。笛卡儿以为心灵的品质只属于属灵的领域，物质是完全被动的，它没有任何属于自己的创造力和理性系统。

Kaiser 认为物质被动的教条实在是说“物质是完全受神所外

第四章

牛顿的机械世界：神与世界的关系

加的数学定律来规范”。^⑭很多笛卡儿的门徒都是基督信徒，如梅森（Marin Mersenne, 1588 - 1648）和伽桑狄（Pierre Gassendi, 1592 - 1655）就是神职人员，他们以笛卡儿的哲学为反抗新柏拉图主义系统中的自然主义的有效武器。既然物质本身并无创造力和自主权，那么唯一可解释它们的存在和动态的理由就是超自然的创造主的创造。

但机械主义很快就染上唯物论的色彩。譬如笛卡儿认为物质的存在和动态都全靠神，那么物理上的定律应直接反映神的属性。他认为神最重要的属性是他的永恒和不变，因此物理定律也同样是永恒不变的，非因物质本身内存神所不能干预的规律（正如自然主义所倡导的），而是因为这些物理定律来自神，而神不能悖乎自己。^⑮

所以笛卡儿的宇宙成为一架被固定不能变更的定律所操纵的机器，他摒弃神迹，因为他以为神不会以他所设立的谕令之外的方案来运作。他是第一位提倡宇宙可能是从太初一团混乱的粒子按照今天还在运作的物理作用进化而来的学者。

霍布斯（Thomas Hobbes, 1588 - 1679）是第一位学者以完全唯物的立场来解说机械论。因他是政治理论家，他开创以机械论来解释如伦理和心理学的社会科学的先例。当笛卡儿强调物质与灵魂的分别时，霍布斯将万事简化成为物质，反对机械论的基督信徒往往引用霍布斯的著作来表明这系统存在反基督信仰的偏见。



霍布斯

■ 伟大的合成

在新柏拉图思想和机械主义都在远离基督信仰中的创造论时，很多虔诚的科学家尝试找到一个中庸之道——尤以波义耳和牛顿为代表。

■ 波义耳（Robert Boyle）

波义耳（1627 - 1691）是一位虔诚的基督徒，他发现了波义耳定律，即化学上的定律：气压与气体的容量成反比例。他最初是相信赫尔蒙特所言的主动原则，后来他被笛卡儿的思想说服，认为赫尔蒙特的临在灵论错认神与被造物的不分：“混乱了神圣和自然”。波义耳认为若不分辨神与创造物的话，就会带来泛神论。

所以波义耳对新柏拉图主义的衡量是：“它虽用基督徒的术语，但它将临在被造物中的力量高升到神圣的地位，亏损了伟大世界的创造主和管理主。”他认为唯有机械论可保持被造物的分别和造物主的尊严。波义耳提倡世界的形象是一庞大的上链机器：“每部门都是如此精巧地镶嵌而来，使这机器一旦发动后，即按照工匠的原则来计划运作。”

波义耳第一次使用“机械哲学”这一名词，因为他在化学上的贡献，机械论也在英伦生根。譬如波义耳在气压的实验中他以按力学公理运作的粒子来形容空气，他的目的是宣扬物质原子说（atomistic view），他认为物体的品质“可来自最终可简化为原子的个体媒介，以机械化的动作、形状和大小来运作的产品”。

他虽然热衷于机械世界观，但他并没有完全接受整套笛卡儿的哲学（Cartesian Philosophy），他批评笛卡儿认为自然定律为永

第四章

牛顿的机械世界：神与世界的关系

恒不变的，和拒绝面对神在自然界中运作的证据。波义耳与当时其他基督徒一样不愿意认定机械世界观，因为它使被造物变成一部自动的机器，正如 Butterfield 所言：

“我们会惊奇地注意到下列的史实：若在世纪初时的宗教人物以一个数学连接的宇宙来表达神的理性和自我协调的话，在世纪末之前他们的后人却开始觉得不自在，因为他们以为这种机制可能过分自立。”^⑥

所以最后波义耳采用了两个传统里的一部分：从机械世界观中他采纳了物质是被动的立场，因为他以为这样可以清晰地辨别物质界与属灵界（包括神和人类精神的领域）。物质的被动性使大自然倚靠神来约束和维系它的运作规律。波义耳常用神的“普遍广场”来形容神在机械化的宇宙中的管制。



波义耳

而另一方面，波义耳从新柏拉图主义中保留了在物质界的主动原则，他用此来形容如在生物中的化学作用。他的化学实验就是用来搜寻和复制这些主动原则和它们的功效（今天我们还采用他的“主要因素”来形容化合物的成分）^⑦。波义耳认为这些主动原则是“超越机制”的，不能简化为机械化的动力，因为它们是属于被造物中的属灵界。

■ 牛顿

牛顿也企图在两个传统中采取中庸之道。他的学术传承来自



牛顿画像

剑桥柏拉图主义的传统——一群整合新柏拉图和机械化系统的学者。

剑桥柏拉图主义者的其中一个主要议题是要维护属灵界。他们一方面被机械系统中的物质被动性所吸引，因为这样的自然界需要如神和人的精神的属灵界来运作。但他们却坚决地反对霍布斯派的机械论，因为它将一切简化为物质，使大自然变为不需要创造主和他的照顾的自主系统。

另一方面，正如他们的名称的含义，这些剑桥柏拉图主义者接受大部分新柏拉图主义的传统，他们景仰此系统所坚持的立场：世上的维系动力乃是一些可能用机制来解释的主动因素。机械哲学以为一切现象都是源于像很多微小的桌球一样的隐形的多元化粒子彼此碰撞的结果。但一些现象——如光、磁力和生命过程却不易被这粒子理论来解释，这些却被剑桥柏拉图主义者采用主动因素来说明，这些主动原则乃是作为证明物质世界内含属灵现象，与机械世界观相反。

这不是说他们以为这些主动原则是超自然的神迹，因为它们是根据精密化的数学定律来运作，但是它们却一定不能被简化成为物质个体之间的彼此碰撞，因此容许有属灵的空间存在[®]。

牛顿的思想与剑桥柏拉图主义者相同，一方面他被尊为建立机械世界观主流的科学家，他成功地将很多自然现象简化为数学定律——从行星的运行到潮水的涨退，他说服了很多人来相信大自然是一个规律化的整体。牛顿本身并不反对以机械来形容世界，在他的名著 *Principia* 的序言中，他如此形容行星、陨星、月球和

第四章

牛顿的机械世界：神与世界的关系

潮水的运作：“我盼望我们能从机械原则中得到其他自然现象的解释。”

但是像剑桥柏拉图主义者一样，牛顿不愿意完全以机械论来解释世界，他尝试寻找“让神进来”的空间。他找到四个这样的途径：第一，他从剑桥柏拉图主义者的言论中采纳了自然界中的超机械化或主动的因素，他形容它们为“确实十分难以形容的精神，充沛而隐藏在万物之中”，通过如化学作用、光能和磁力等现象表现出来。牛顿把这些主动因素作为神借此管制世界的渠道。

牛顿还在上述的主动因素中加上他所发现的万有引力，这万有引力源自根深蒂固的新柏拉图思想（参见第三章），却与机械论极其相反，因为后者以为一切自然现象都源于不同形状和大小的粒子互相碰撞的结果，因此牛顿认为他发现了神借此在他的创造物中运作的另一种主要的主动因素。

以新柏拉图主义来解释万有引力的立场成为牛顿与很多他的同僚争论的焦点。其中如笛卡儿的门徒（Cartesians）极力反对牛顿的万有引力理论，认为它是一种隐秘的言论——是回到神秘吸力的逆流思想。

牛顿否认这种指责，他坚持他所提倡的引力理论最终完全不是一种终极性的解释——无论是神秘化的或机械化的立场，它不过是一种用作解释数据的假设，终极性的解释应被列在科学范围之外。这就是他作出著名的声言“我不假装任何假设”（I feign no hypothesis）的背景。

牛顿之所以避开终极性解释的讨论，乃是他相信神是最终极的原因。他认为万有引力乃是神自己加在被动的物质上运作的主动原则，是神用以在被造物中操作的渠道之一。正如 Kaiser 所言，牛顿看万有引力对物体来说“像生物靠内在的生命力呼吸一样地依靠神的临在运作”。正如呼吸一样，其中的主动活动力是自然和

规律化的，但它却不能被完全机械化的过程来解释^⑨。

因此万有引力是牛顿的护教工具，因为它不能来自物质的内在性能如质量和它的延伸，那么它是外加在物质的超机械化的规律，所以它是神主动地掌管世界的证据。

第二个牛顿可找到神的位置的因素是绝对的时空。他从数学家 Isaac Barrows 的思想中采纳时空是神自己的永恒和无所不能的表达。牛顿认为神的永恒是他在所有时间领域中的伸展——他说，“神的持续是从永远到永远”。同时他认为神的无所不在是在空间的无限伸展——“他的存在从无穷到无穷”。因此时间应是永恒的，空间应是无限的^⑩。物理学的教科书往往认为牛顿的绝对时空理论是纯粹的形而上学的意念，却没有解释他的主要原动力是他的宗教观。

牛顿找到神的位置的第三个渠道是世界的规律，他在宇宙中发现有智慧的设计。他说科学的主要任务乃是从机制的因果链中追溯到“一定不是机械化的第一因”。牛顿也认为几种世界的特征不能在神的创造以外作其他解释。“眼睛能不以光学的原则来设计吗？耳朵能不按对声音的认识来制造吗？”

牛顿最喜欢的有关设计的论据却是太阳系，他以其中的精密的平衡构造为有智慧的设计的证据。若行星的速度稍微不同，太阳的质量稍大或稍小，整个太阳系统就不能运作。牛顿的结论是太阳系不能只用自然因素来解释——因为这是“盲目和巧合的”，它需要“一个熟谙力学和几何”的原因。他在 *General Scholium* 里这样说：

“这个最美好的太阳、行星和流星的系统只能按照一位智慧和全能者的指引和管制来运作。”

其实牛顿认为宇宙为精密调制的“机件”的形象本身孕育创造主的意念，正如钟表暗示钟表匠一样。历史学家 John Herman

第四章

牛顿的机械世界：神与世界的关系

Randall 如此说：“牛顿的整套科学实际上促使人要接受一位外在的创造主的必然科学假设。”^①

牛顿第四种为神定位的立场是宇宙往往有需要神介入来使它稳定的机会。譬如行星彼此接近或接近流星时产生不正常的现象，牛顿惧怕这种变异的累积会引致混乱，使整个太阳系瓦解，因此神往往需要循回地介入宇宙来调整。要是宇宙是一架钟表，它是一架常需要修理和调整的钟表。

这套言论使牛顿被人大大嗤笑，与他同时的莱布尼茨取笑牛顿相信的神是一位无能的工匠，无法创造一个完美的宇宙，因此被迫常常维修它的缺欠^②。哲学家 E. A. Burtt 认为在二十世纪初“这神圣的维修工匠在这大能的机器中，到处寻找可修理或可调整的机件，是可笑的形象”，就算它不是可怜虫。^③

这个立场被天文学家拉普拉斯（Pierce Simon De Laplace, 1749 - 1827）的科学数据所推翻，他指出行星轨道的变异并非巧合而是有周期性的，因此有长远的稳定性，太阳系没有如牛顿想像中的不正常现象，因此不需要神的直接参与。

这就是在科学教科书中常引用有关拉普拉斯的故事背景。这故事说在拿破仑翻阅拉普拉斯的“天体运作机制理论”（*Treatise on Celestial Mechanics*）时说：“牛顿常在他的书中提到神，但我却还未有在你的书中找到一个神的名字。”拉普拉斯的答案是：“先生，我不需要这个假设。”这个故事可能是后人的渲染，拉普拉斯也是一位虔诚的天主教（旧教）徒。但拉普拉斯正确地拒绝接受牛顿倡导的神介入世界，神并非要修理他原来的创造，而是要成就他在人类历史中的救赎计划。

■ 牛顿的遗产



牛顿发明了第一架反射望远镜。

今天我们舆论的主流思想是历史上的科学与宗教的冲突，但在古典物理学的发展史中，我们发觉并非是科学与基督信仰的争议，而是在基督信徒中辩论如何形容神在世界中的参与——在一个愈来愈自然化的世界中怎样理解神的作为。

新柏拉图主义注重物质中所普及的半精神化的主动原则，是神在起初创造世界时所赋予的。机械世界观强调物质的被动性，需要神赐下秩序。牛顿整合了这两个系统，去芜存菁，带给我们一个充满了主动原则的机能世界。

但在牛顿的门徒中只有很少的人保留他以主动原则为神临在运作的渠道的立场，最后动力被世俗化为物质内蕴的力量。譬如哲学家康德（Immanuel Kant）以万有引力为“一切物质中属于精髓固有的基本动力”。科学家尝试以机制来解释其他所谓的主动原

第四章

牛顿的机械世界：神与世界的关系

则——光、磁力、电力和生命^③，物质被认为是自给自足，牛顿的主动力量已被他所要驳斥的唯物哲学家完全吸收。

最具讽刺性的是这种物质化和机制化的哲学却被称为是“牛顿”世界观，我们不需要详述其中的主要学者——如勒梅特里（La Matrie）、狄德罗（Diderot）、霍尔巴赫（Holbach）、达兰贝尔（d'Alembert）——只综述它的纲要。这个“牛顿”世界观认为现实是物质世界，它的成员乃是在活动中的又小又硬的原子。牛顿曾说：“神起初以固态的，质量化的，硬的，不能穿透和活动的粒子来创造物质。”他又说自然界中的变换是基于这些永恒的粒子间的分离与结合。这就是所谓宇宙的“桌球模型”。

“牛顿”世界观认为只有首要品质有客观的存在——质量、伸展、重量、长度；其他如颜色、味道、香气和声音等都被贬为人脑中的次要主观品质，思想也被贬为人脑中极小的部分。正如 Burt 所言，我们生活的世界——充满美丽的色彩，快乐和爱——“已被拥挤成为分散的有机物在人脑中不同的小角落中”。在外界的现实是“坚硬、冰冷、无色、寂静和无生气的”，以不能阻挡的机械规律来运作的巨型机器。人类的思想变成不过是：

“弱小的和无关重要的旁观者（要是被完全监禁在一个黑房中的人可有此名衔的话），在观望一座以机械规律维持自然运作的庞大数学系统。”^④

有趣的是所谓“牛顿”世界观的建立的主要功劳并非属于科学家，正如 Butterfield 所言，将牛顿的科学成就发展为包罗万象的唯物世界观主要是归功于一群作家，他们为一群迅速增长的世界读者群写作。在介绍牛顿卓越的科学成就的潮流中，大众媒体大量地供应通俗作家的文章如法国的丰特列尔（Fontenelle），他的作品精彩和充满娱乐性，可作茶余饭后的读物。很多人家中的客厅都设有内含生物化石和鸟毛的科学展览柜，科学成为当时上流

和中产阶层的时尚嗜好^⑧。

但是被众人吸收的并非是科学，而是对生命和宇宙的新观念。正如伏尔泰当时的声言：没有人“读”牛顿的著作，但是每个人都“讨论”有关牛顿的事，大多数的知识分子都不过是稍微对科学有兴趣，但他们却对这科学所带来的新世界观具有浓厚的兴趣。

“牛顿”世界观最终演变成为人类知识的典范，在各门学科如政治、伦理、心理和神学的学者都重构他们的专业，务求与数学化的物理相符，以示“科学化”。物理学带给其他科学的遗产，乃是大自然是完全次序化和理性化的——一切自然化的事务都是有理性的。“自然”和“理性”（专有名词）变成用之衡量各种思想的主流理想。每一科目的学者都尝试摒弃古老的权威和非理性的传统，要发掘自然化和理性化的事务。

因为物理科学发现普遍化和统一化的规律，同样地对人文科学亦有相同的期望。学者在寻找各文化中统一化的伦理规律和道德标准。若这些普世性的原则能被发掘出来，那么一套包罗万象的系统就得以发展，正如伽利略在观察球从高处往下滚时发现活动个体的加速数学定律，牛顿从苹果的下坠找到万有引力的数学定理，学者盼望能从几件简单的个案中找到普世性的人类行为原则。

在宗教界自从奥古斯丁时代以来，知识界的一群有影响力的学者首次公开地抨击基督信仰，使正统的信徒要捍卫他们的立场^⑨。人们在寻找一种自然宗教，在各种文化和传统的累积之下所发掘出来的普世性的信念。起初他们“发现”的自然宗教酷似传统上的基督信仰，稍后它变成后者的代替，一切与启蒙运动中理性的定义不符的都要被摒弃，先从神迹开始。最后只剩下几个原则，通常只有三个：一位全能的主宰存在；他要人类过一个有道德的生活；和将要有来生的奖罚。

就算这种简单的信条也被简化为只有道德的行为而已。伏尔

第四章

牛顿的机械世界：神与世界的关系

泰写道：“自然宗教使我了解所有人类种族中的道德原则。”^②

在社会科学中，理论学者尝试建立一套“社会物理”。以牛顿物理为模范，他们盼望从人性中的几个原则的分析结果来建构一科学系统，可用以解释经济、道德和政治。^③笛卡儿的精神与物质的二元论被摒弃，而只接受完全的唯物论。社会科学的目标是要证明思想只不过是身体的一部分——要提倡一套纯粹机械化的理论来解释人类理念和感觉的来源。人类行为可以完全是原子在脑中机械运作的结果，人的属性被巨型的世界机器所吸收。勒梅特里说：“我们可以大胆地作如下的结论：人是一架机器。”

我们以同样的声明作这章的开始和结束。感叹所谓“牛顿”世界观与牛顿本人的信仰竟然有这么大的距离，我们看到古典物理学如何从基督徒对神在世界如何参与的争论中发展而来——在那些强调神的超越作为和那些注重神的临在能力的学者之间的张力。两种立场都尝试了解神与他的造物之间的关系，每种立场都对科学的发展作出重要的贡献。^④

但是最后启蒙运动取代了基督信仰成为文化主流，而牛顿的物理被改变成为“牛顿”世界观。但这机械化的世界观——像一切比喻一样——都是不完全的。正当这思想成为主流之际，迅即被其他立场挑战，主要是来自生物学，这就是我们在下一章讨论的题目。

生物学姗姗来迟的革命： 被形而上学绑架

在所有自然科学中最明显与基督信仰敌对的科目，就是生物学。在十九世纪末开始的进化论争论成为所有反对基督信仰和教会人士的旗帜。典型的生物学教科书不会告诉我们三百年来基督信仰与生物科学研究的互动关系。在这一章中我们尝试将这段历史重演在读者面前。

历史学家告诉我们现代科学是科学革命的产物，但这革命却局限在天文学和物理学，生物学没有像哥白尼、伽利略和牛顿所引起的震动。在十七世纪以前，生物学一直都是医学的一部分，其中的学者大部分都是研究人体解剖学（维萨里、哈维）和植物学（注重它们作药品的用途）。

在生物学中的科学革命迟到十八和十九世纪时才发生——但却突然鲜花怒放，成为众多的彼此对抗的哲学的治学方法。历史学家认为生物学的进展为：从机械论到生机论（vitalism）；从简化论到整体论；从本质论到变质论；从彻底的唯物论到以生物为信神的证据的自然神论。究竟我们如何在这些似乎是混乱的理念和思想中找出意义？

若我们了解生物学也是由同样的三种思潮来栽培的话——亚

第五章

生物学姗姗来迟的革命：被形而上学绑架

里士多德、新柏拉图和机械化世界观，那么这些混乱的情况便会自动澄清。对这三种思潮的认识会增进我们对生物学历史中丰富的不同思路和各学者的哲学大前提的了解。正如历史学家 William Coleman 所言：“对生命体不同的解释最终归功于科学家的哲学思路。”^①每一种哲学系统促使随从者搜集某种证据和作某种解释。

在第三章中所提及的三种世界观经过数百年后在生物学中以稍微不同的姿态出现^②。在物理和天文学中被摒弃的亚里士多德却在自然生物学中有长足的发展，它的主题是生物构造适应以其内在目标来了解。亚里士多德的立场特别在解剖学上最受欢迎，这些学者深感眼与耳的奇妙构造适应视听的功能。很多人从这些奇妙的构造与功用的协调中找到智慧创造主的手笔。除此之外，亚里士多德的逻辑也被用来建立庞大的生物系统中的分类学。

亚里士多德系统注重生物学的描述性，这些学者以神的创造计划来了解生物形态。他们的思路是分类，他们的治学方法是在大自然中的观察。

与它相反的新柏拉图主义注重自然界临在的半属灵状态的“主动原则”为原动力。在十九世纪中新柏拉图思想以浪漫主义重现学坛，尤以在德国发展的自然哲学（Natural philosophy）为个中佼佼者。这些生物学家相信一种多神的生机论（pantheistic vitalism），特别是在胚胎学者中对生物发展规律的研究最为显著。

他们认为胚胎发育和生物演化之间有雷同之处，从而发展不同的演化理论。正如个体生物在发育中从简单化为复杂，那么生命也是从最简单的演化为最复杂的人类。这系统并非与今天的进化论相符，而是发育的字面定义——一种先存的模范的“显现”，是一种预定的模型的缓慢实现过程。浪漫主义者仿效早期的新柏拉图主义者（如巴拉塞尔士、赫尔蒙特、莱布尼茨），常提及自然界中的“种子”——隐藏和潜在的本能，在适当的时候会展露^③。

每一类的生物都是这些“种子”的发展结果。

浪漫派的生物学者也在搜寻每类生物中的基要结构模型，他们称之为古典模型（archetypes）——正像柏拉图笔下的完美和永恒的意念，在生物变换过程中给它带来秩序与连贯性。因此浪漫派的生物学被称为理想化的自然哲学，对古典模型的搜寻被称为超然的结构学。

浪漫派生物学家对大自然的理解是演化链上演进过程中的一连串生物的古典模型；他们的思路是比喻式的；他们的治学方法是历史性的。

机械论借着笛卡儿的自动机器论迈进生物界，他们认为如人类和动物的生物只是按照物理学定律来运作的。机械论特别被研究肢体动作的生理学家所接受，早期的生理学者注重四肢和关节的运作机制，稍后他们的注意力转移到身体中的化学作用的实验。

机械论者认为生物界的规律乃是物理定律和它们内含的原子和化学成分的合成结果；他们以分析来治学，采用实验方法来研究生物。

■ 亚里士多德的后嗣

探险的时代是对生物学的祝福。欧陆的探险家带回世界各地罕有的动植物，这促使自然学家加入探险的行列，搜集更多的生物样本来充实他们的珍藏。他们发现了前所未见的新生物品种。（当时尚未有生物学，只有自然历史学），虽然全世界的物理规律都是一样，但每洲都有特殊的动植物。

当这些生物资讯爆炸时，学者最需要的是有一套分类的系统——一种整理那么多惊人的生物种类的标准。根据历史学家 A. R. Hall，“自从 1550 年开始，生物的命名和分类成为一个相当严

第五章

生物学姗姗来迟的革命：被形而上学绑架

重的问题，成为近三百年来一个理论生物学的主要课题”。^④不同的分类理论与新的品种一同出现，但没有一种理论有足够的复杂性来满足这些需要。很多详尽的检验名称被用来为生物分类——这些名词因为生物资讯的增长愈发变得冗长——直到没有两个人会用同一个名词来形容同一样生物。自然历史学家都清楚地知道他们需要一套国际性的系统来制定生物共用的命名，但问题是哪一个系统可被采纳？

答案是一套基于亚里士多德思想的系统。亚里士多德遗留下来一种以属和类为基本的分类学，“属”本是用在一切高等生物类别上，“类”（species）的拉丁文原文“形态”乃是亚里士多德哲学系统的重要标记。

亚里士多德的“形态”（forms）不单可做分类学的标准，也表达目的的观念——与基督信仰的神学思想吻合。最显著的就是生物是为了某种目的而被设计



亚里士多德

的。在神的照顾之下，他使飞鸟有翼可用作飞翔之用；使鱼有鳃可作在水中生存的工具；也使老虎有锋利的爪牙以作狩猎之用。在当时很多的自然历史家中，生物奇妙的构造与环境的配合证明它们是神的创造。

亚里士多德系统与基督信仰的结合吸引了很多基督信徒加入生物学的行列，正如动物学家 Ernst Mayr 所言：“在十八世纪和十九世纪初的自然历史学家差不多全是业余者，尤以乡村传道人为甚。”^⑤在大自然中神的设计似乎是如此有力地彰显神的作为，引

发自然神学作为护教的一个途径，从鸟翼的错综和人眼的复杂，他们的论据认为这一切是不能被机缘巧合的物理作用来解释，而一定出自一位智慧的设计者的“巧妙手笔”。

注意自然神学并非“空隙之神”的论证。他们并非因为对自然现象的“无知”，而是基于对生物复杂性的“知识”的增长——与人类的工艺品相似，所以这个论据不会因科学知识的添加而减弱，反而更具说服力，自然神学被正统基督信徒和自然神论者接受^⑥。在1650至1850年间这一思想极具影响力，启发了大部分当时的户外生物学的研究。

近代的生物学课本完全的世俗化，使人忽略了基督信仰在科学尤其是生物学的始创时期所作有力的贡献。Mayr评论说：“现代人很难了解从文艺复兴时代至十八世纪末期基督信仰与科学的合一。”其实“基督信仰的创造论和自然神论的设计立场控制了生物界数百年之久”。^⑦

达尔文的进化论最终导致基督化的亚里士多德主义在生物界中失势，因为它彻底地反对进化论。亚里士多德认为形态是永恒的——新的形态不能发生，先存的形态永不毁灭，当然在同种“中”的个体生物会出生和死亡，但是每一死亡的生物都被另一个新生的生物来代替，所以他教导在这无止境的世代中的生物品种是永恒的，正如天体中不灭的星球的永恒运转一样。^⑧

基督信徒不完全接受亚里士多德的理论，因为他们相信世界是有始有终的，但是他们引用亚里士多德的立场来倡导神起初创造生物品种后它们从此都在稳固状态之下^⑨。注意哈维（1578 - 1657）书中亚氏的腔调：他在形容了生物的周期之后说：“在软弱和毁灭的生物个体中一个不灭的生物品种反被造成。”^⑩

让我们看看在亚里士多德系统中的个别生物学家。

■ 约翰·雷

若生物历史中最大的挑战是生物的分类的话，那么在分类学中最大的挑战就是寻找鉴定生物品种的规范原则。譬如植物是否按照它的根的系统、叶的形状、花、果或生长环境来分类？有些用很简便的分类，而所选取的特性与生物的运作联系很少甚至毫无关系。（请看看譬如像“金奖法则”一类的儿童读物，以花的颜色来替野花分类）

早期的自然生物学家企图运用这些“人为”的分类标准，无论它如何有用，关键要找到一种“自然”的分类系统。“自然”在他们眼中乃是神用来整理他的创造物的基要系统。

植物学家约翰·雷（1627 - 1705）相信他已经找到这套自然系统——事实上他被公认为第一套生物学（而非逻辑上）的品种系统的鼻祖。他根据对创世纪第一章的了解，认为神所造的一对雌雄动物的后裔为同种——正如所有人类都是从人类的始祖亚当、夏娃而来。因此约翰·雷的品种定义乃是以生殖力为中心，无论生物个体有多少异态，它与它的父母一定属于同一个品种。^①



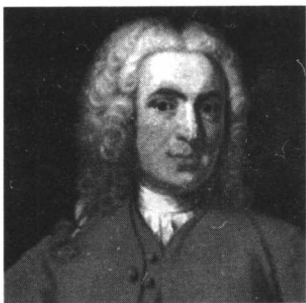
约翰·雷

后世的自然生物学家热烈地接受约翰·雷的定义，他们用“同源”来代表血统关系，而非进化渊源。约翰·雷并非进化论者，他对品种的意见是第一对雌雄的连续血统，变异的型态无论

程度多大也不会使生物变成新的品种。约翰·雷的立场是神在第七天安息，不再创造¹²，此后他容许第二因在生物品种中运作，但却不再造出新的生物品种。

除了他的植物学著作以外，约翰·雷还写了好几篇讲章和属灵的作品，其中包括一部极具影响力的自然神学作品——《神在被造物中所彰显的“智慧”》（1671）。在书中他的论点是生物的复杂性和设计的奇妙一定是出自至高有智慧的创造主的手笔。¹³

■ 卡尔·林奈 (Carl Linnaeus)



卡尔·林奈

瑞典植物学家卡尔·林奈（1707 - 1778）建立了第一套有用的和包罗万象的分类系统。像约翰·雷一样，他相信生殖是自然生物分类的主要根据，意思就是以植物的生殖结构如雌蕊与雄蕊来做标准。

林奈的系统没有进化的空间，他相信神造的生物都是各从其类的方法来繁殖，因此生物界的个别单位应是稳定不变的，自然生物学家的责任就是要鉴定这些他造的单位。

起初林奈以种（species）为被造物的单位，写下这样的名言：“我们现在看到的生物种类就是神起初所造出来的不同品种。”因此他的名与物种不变的立场连结。

但是林奈并非坚持生物品种就是神造物单位。在他三十多岁时，他已开始植物的杂交实验，在很多样品中他认为生物界的稳定单位应是种以上的属，所以在他的 *Genera Plantarum*（植物学）一书的第六版中认为每属中的始祖是神所造的一对生物，经

第五章

生物学姗姗来迟的革命：被形而上学绑架

过交配繁殖和分化成为今日的种类。三年之后他更将创造物的单位提升为目 (order)，我们很清楚地看到林奈一直在搜寻分辨被造物单位的原则，他相信这是鉴别生物的基础。

林奈认为这单位也代表亚里士多德所言的生物形态或精粹，他深信亚里士多德的逻辑，以自然分类原则为逻辑化。正如历史学家 James Larson 所言，林奈坚持“大自然的可捉摸性”——以此来为大自然根据亚里士多德的等级逻辑分类。

他也认为大自然为智慧创造主的手笔。林奈是一位虔诚的路德会基督信徒。历史学家 Larson 评论说，“林奈认为理性的考查应无可避免地使人承认和尊敬全知全能的创造主”，所以“他的科学研究‘乃是’一种宗教事业”。像约翰·雷一样，林奈也写作自然神学的著述，在其中指出科学使人看到神在被造物中得到荣耀。^⑭

Carolus LINNÆI M.D.
METHODUS plantarum SEXUALIS
in SISTEMATE NATURÆ
descripta



卡尔·林奈的植物分类系统

■ 居维叶 (Georges Cuvier)

居维叶 (1769 - 1832) 是法国伟大的动物学家，被十九世纪他的同僚称为当代的亚里士多德。他是比较解剖学的鼻祖，以亚里士多德的目的论来治学——论及最终目的、原因和功用。

居维叶以生物的功用如何被各部分和结构所联络为生物首要的特征。他的“部门连系”原则可与物理定律不变来相比。这个原则指出

生物并非各种特征的任意组合，而是一套有秩序的整体，根据生物的功用和生活方式来改变。

譬如食肉类有适应它生活方式的特性——敏锐的视线、捕猎的爪、撕肉的利牙，相反地食草类则有粗平的牙齿用作磨碎，又以蹄代替爪。居维叶曾夸称可从一块古生物骨骼来为物种定义，但他不像林奈以生殖器官的结构来定义。他的标准是能否交配生子，只有在同种内的生物可彼此交配，因此保持物种的稳定界限，物种之间有不能被超越的鸿沟相隔；虽然在同种生物中有很多变异，但却永不能发展为“新种”。居维叶以家犬为例，从最小的齐瓦瓦狗到最大的丹麦狗都从不失去犬类的特色。

虽然进化论在居维叶的时候已在酝酿（进化论学者拉马克 Lamarck 乃是他同僚之一），他一直坚决地反对它，不单如此，他不像林奈，他一再持守物种不变的立场。他说：“我们的猜想是一切生物都是第一对神造的祖宗的后裔，正如所有人类都来自始祖亚



居维叶

当和夏娃一样。”

但是最主要促使居维叶来反对进化论的因素是生物的整体性能，一切在彼此维系的系统中的重要变更都会毁坏整套系统。试想一具被小童乱砌电脑零件之后的电脑会是什么情况，因此生物不能零碎地改变，生物的变异应是系统化的，一个生物一定要全体改变——牵一发而动全身，或是完全不变。

另外居维叶认为若生物在历史上有进化的话，我们应在生物化石中找到整套过渡生态的系列，但是却没有找到。居维叶比一切同僚更精通古生物学，其实他是近代奠定古生物学的鼻祖。他的论据是古生物学并没有支持进化论的无数过渡化石。

■ 亚里士多德的更新

虽然上述我们所形容的是被称为亚里士多德系统，这种称呼需要仔细地修饰，因为它只是按照亚里士多德的逻辑（即对功能和目的的重视），但却不采用他的本体论。譬如居维叶的功用论，按居维叶所言“是复述他从亚里士多德思想中采用来形容生物的彻底的目的论”^⑥。然而居维叶相信加尔文的神学思想（译者按，新教改教思想家），坚决反对亚里士多德以型态或精髓为整理世界的独立原则。对居维叶来说，一切以“在被造物中”的本能为终极性原则的学说都是篡夺了创造主独有的权能。大自然的秩序非源于内在的特性，而是基于执行神的定律。居维叶以近乎倨傲的手笔来评论那些以为“大自然可脱离创造主而独自存在，不需倚靠他所设立的定律”的哲学家为“幼稚的”。^⑦

他也同样强烈地反对浪漫主义所接受的新柏拉图思想和近乎泛神论的自然哲学（Nature philosophy）。居维叶抨击泛神论不区分造物主和被造物的思想是机械主义的特征，认为创造能力为神

所独有。其实亚里士多德的生物系统是借用了机械主义者形容神与世界的关系的立场。^⑧



巴斯德



巴斯德正在观看一个男孩接种狂犬病的疫苗

这立场可用来解释亚里士多德系统的生物学家一直都是反对生物自生论的例子，这一辩论直至十九世纪中期的巴斯德（Pasteur）才被驳倒。对一些亚里士多德派的基督信徒来说，生物的创造是创造主的独有功能；在原来的第一个创造周期完成后，一切以被造物能创造生命的理论都是把神原有的权能归之于被造物。

正如巴斯德所言，若我们接受生物自生论的话，“创造生物的神被摒弃，他已被物质来代替”。这立场很清楚地代表一套牛顿之后的亚里士多德主义，采用了机械论中强烈地坚持只有神本身才可创造（也同时强烈反对纯粹唯物论的机制）的立场。

在这种神观中的亚里士多德学者接近正统的基督信仰，但却有自然神论的趋势（译者按，即神造万物后任其自生自灭），因此在神学上它与启蒙运动的法国唯物论哲学和德国的浪漫派神秘思想抗衡。我们下文将讨论后者。

■ 新的新柏拉图主义

我们大都以为浪漫主义主要是艺术界的思潮——如华兹华斯（Wadsworth）的自然诗歌，特纳（Turner）闪烁的风水画，和柴科夫斯基（Tchaikovsky）动人的旋律。我们大都不知道生物学是最终启发浪漫主义的思想，它实在是抗衡简化生物为机器的牛顿派机械主义的逆流。^①

1749年法国哲学家和医生勒梅特里（Julen Offray de la Mettrie）写了《生物机器》，以唯物论的立场来力争生物应以机器来理解。但正当这言论面世之时，一种反作用已开始出现，其实在之后一百年中，Coleman指出“生物的唯物机械论，尤其是其人观吸引了更多的滥用，而非跟随者”。^②



勒梅特里

无论在物理学上的机械论如何能说服人，当用在生物的讨论时会变得愚钝和失误。譬如笛卡儿极具影响力的生物机械论，他说生物的动作像一座钟表“按照它的零件齿轮的模样和活动运作一样”根据它“各部门的安排”来进行，这种生物理论是过分的简化和粗糙了。Mayer嘲笑说这得罪了每一位对生物有起码知识的学者。^③

最终是生物学顽固地不容许任何简化的机械论来解释，促使了自然历史家的背叛，很多学者转向认为大自然充满着自生原则的新柏拉图主义。正如历史学家 Arthur Lovejoy 所言，浪漫主义的一个显著特点是“新柏拉图主义的复苏”。^④历史上一个有趣的回



莫佩尔蒂

合是第一位将牛顿机械论带到法国，却又是稍迟些第一位发现牛顿的“动力和运作”的简化系统不足以解释生物现象的天文学家和生物学家莫佩尔蒂（Pierce Louis Moreau de Maupertuis，1698 - 1759），他因而接受了莱布尼茨的有机化的自然哲学。根据历史学家 R. G. Collingwood 所言：“莱布尼茨的大自然是一个庞大的生物，其各部门都是充满着生命、生长和效能的次要生物。”²⁸

莱布尼茨认为物质内含动力、运作，还加上一种低层思想和敏感（泛心论）。经过莫佩尔蒂的影响，布冯（Buffon）认识了莱布尼茨的思想，写成影响后世浪漫主义的一部数册巨著 *Naturphilosophie*²⁹。

浪漫主义尝试以生物代替物理作为科学的中心——以生物来替代机器作为科学和社会中的主要形象。浪漫主义者替新柏拉图主义者的世界灵魂作一个生物的洗礼，使之变为普世性的生命力。既然生命最主要的特性是生长和发展，这种生命力就以引进改变和进步的媒介的地位来出现。

若亚里士多德的生物系统注重分类学的话，新柏拉图主义的生物形态是胚胎学，对受精卵的研究似乎带来对个体生物和生命本身的理解。浪漫派的生物学者以生物个体的发展来比较生物在历史上的进化（重演定律）。动物学家和古生物学家戈德弗斯（Georg August Goldfuss，1782 - 1848）说生物化石“证明动物界好像一个生物一样其实是经过与胚胎发展相同的孵化过程”。³⁰

第五章

生物学姗姗来迟的革命：被形而上学绑架

浪漫主义者往往也是生机论者（vitalists），譬如德国解剖学家沃尔弗（Caspar Friedrich Wolff, 1733 - 1794）的立场是若非有“生机”（vital force）——一种驱促未成形的胚胎向成长的形象发展的特殊力量，机械化和化学过程都不能解释胚胎孵化的演变。生机论者是上文已论及新柏拉图主义的“主动原则”的复苏，在这里以临在的胚胎发展定律来代表^⑧。正如个人与社会的相连，生命的发展也应受制于一条发展定律。

这就是以历史的角度来研究生物（甚至包括一切学问）这一立场的开始。古典物理学已处理了永恒和抽象的课题，它的理论模型是理想化的球在理想化的平面上滚下；它的定律放之四海古今皆准。但是生物学要处理演变的现象——研究生物从胚胎生长和发展为成年的过程。因此以生物现象为一切现实的主流思想形态带来戏剧化的思潮革命。正如历史学家 John Herman Randall 所言：“这种历史和基因研究立场压倒了分析性和机械化的论调。”一切事务——不单是生物，而是社会和思想——都被认为是过程，任何东西都卷入了从原始状态改变为灿烂的将来的洪流中。

但是这并非今日所言的进化论。在这里我们接触上文并未谈及的新柏拉图主义中对浪漫派影响深重的因素——一个伟大的生命链（A great chain of being）或生命的阶梯（scale natura）。这是一幅阶层化的宇宙图画：下至最低层的物质堆，延至简单的生物，高等生物而及人类，再经过一系列的灵界单位而高至神本身。

这种有秩序的系统原本是静态的，在其中每个单位都有阶梯中的本位，但在浪漫思潮中这系统被历史化了，整个生命链被倾倒在一边，不再是固定的结构——一切在世上存在的事物的记录，而是生命动力展示一系列的古典形态进展步骤的活动过程，这套两千年的静态伟大生命链传统被转变为进化思潮：一切事物皆朝向更高度的完美境界迈进^⑨。

这是哲学上的黑格尔（Hegel）和谢林（Schelling）的时代，神学上是施莱尔马赫（Schleiermacher）的思潮，这种生命动力往往以临在的神明，或神的形成的立场出现，浪漫主义偏进了泛神论。巴伯（Ian Barbour）认为浪漫主义与机械主义不同之处是他们的“神并非一幅没有人情味的机器的创造主，而是充沛大自然的灵”。^②Randall认为“世界并非一架机器，它是有生命的；神并非它的创造主，而是它的生命和灵魂”。^③Lovejoy的结论是“神学上的进化论”，他如此解释伟大的生命链的时空化：“神本身也时空化——他其实认同了整个被造物缓慢和痛苦地向可能性的阶梯上爬的过程。”^④

■ 布冯（Buffon）



布冯

布冯（Georges Louis Leclerc de Buffon, 1707 - 1788）往往被贬为低于正统科学家的普及作者，但他的数册自然历史的著作却在他的时代有深远的影响。

布冯与林奈同时代，但他们的立场却完全相反。林奈从根本上宣扬亚里士多德思想中的秩序和设计，他认为自然历史学家的责任乃是大自然的各部分分类、描绘和命名，最终要找到一套最自然的分类系统（希望能与创造主的计划相仿）。但在布冯的思想中，分类学永远是不自然的——所有系统都是人类的发明，自然历史的主要功能是在去发现隐藏在大自然中的主动原则，以之来解释它的结构和功

能。

林奈认为世界是被创造的——按全能的创造主的设计整齐地排列和完备地配合。布冯认为大自然是紊乱的乌合之众，因气候、食物和环境的影响来不断地改变，自然历史的功能是研究生物诞生和发展的生长和变异的过程。

布冯清晰地带来一套新的自然历史学——活泼的，因循的，非目的性的，和历史性的系统^③，他说大自然并非静物而是“一连串延续的生命”。他的大自然是有生命的，他的研究对象不仅是自然的结构，而且也是自然的过程。

布冯往往被认定为唯物论者，因为他极力地反对以超自然的因素来解释世界和其上的过程。但是我们要了解“物质”一词可作多种解释，浪漫主义者心中的物质并非是牛顿物理中的坚硬不能刺透的被动子粒，而是有我们常用在生命上的品质——意志、立场、敏锐力、主动动力或其他心灵上的品质。

正如 Coleman 所言，他们的唯物论往往类似泛灵论（一切事物都有基本的生命）^④，甚至泛心论（一切事物都有基本的心思），在这里我们看到莱布尼茨的具有主动动力和敏锐力的单元（见第四章）。布冯的唯物论也相似，他认为“有生命的质”是由“有机的分子”所组成的。^⑤

上述的“泛心论”不一定与基督信仰冲突，但从历史的事实来看，浪漫主义的唯物论往往以大自然显为自足的，使创造主变成是多余的，因此常与泛神论甚至和无神论相牵连。正如 Jacques Rogers 的解释：“布冯强调自然的永动性……他的思想导致神的废弃，以自然和历史将他取代。”^⑥当人愈以为“自然”可按己力创造新事物时，人类似乎愈觉得不需要创造主。

■ 拉马克 (Lamarck)



拉马克

拉马克 (1744 - 1829) 法国生物学家，与加尔文同时。像布冯一样，他也反对亚里士多德枯燥的分类学，他认为生命的精意是涌流、动力和变换。他的自然哲学的主要立场是一个力图适应和发展的生物。

拉马克的世界观是完全历史性的，提倡一套进化理论的遗传学，这种理论认为生物因要达到某种目标而改变它的结构（譬如长颈鹿因为要吃到高树的青叶而伸长颈项）。

这些进化来的特征遗传后代，引致新种的产生。

像布冯一样，拉马克往往被认为是一位唯物论者。事实上拉马克承认生命来自神，而且对此信仰相当尊重，但是他的创造主在世上并无任何创造力。根据历史学家 Erik Nordenskiöld，拉马克认为神的伟大在于“他创造了的大自然可以发展它庞大的多元系统，不需要外来力量的骚扰”。^⑤这样的理论都有力地使人想到莱布尼茨。

在莱布尼茨的哲学中的真实创造力来自大自然。请注意 Nordenskiöld 所引用莱布尼茨的声音：

“大自然的每一步骤都在创造，使在它手下根据有利条件来整理微小的黏状胶物成为细胞的组织。”

Nordenskiöld 乏味地评论说：“一位个人的神也不能更有个人的行为。”拉马克在他一本著作中说：“大自然是……神与物质宇

宙中各部门之间的中间体，用作成全神明旨意的工具。”^⑧很显然，这并非你和我所了解的唯物论，而是柏拉图笔下的大自然是世界的灵魂。

所以拉马克的唯物论与布冯一样是接近生机论。历史学家如 E. S. Russell 在分析拉马克时感到困惑，Russell 说拉马克的彻头彻尾的唯物论有一个冲突，一方面他认为一切现象“皆源于机制的原因”，却同时很像向目标迈进的“生机进化论”。^⑨但是当我们了解拉马克的唯物论是使物质具有心灵特性的浪漫思想时，这冲突就不存在了。在他的进化思想中的原动力是生物内在迈向完美的浪漫主义中的冲动。

因为拉马克提倡一套进化论，他往往被认为是达尔文的先驱者，虽然他的机制是错误的。但是事实上这两位学者在不同的思想世界中生活：达尔文是以机械世界观来解释生物学（见下文），拉马克却是新柏拉图主义的忠实信徒。正如历史学家 Charles Coulston Gillispie 如此说：

“在科学讨论中拉马克的进化论无法成为达尔文的先驱……其实他的思想是向（简化论的）物理主义挑战的浪漫派反攻战略。”^⑩

Gillispie 更进一步认为拉马克的进化论其实是传扬浪漫主义对大自然的解释。

■ 哲学的独尊

从上述的讨论中，我们可以开始将个别科学家在各种讨论中的立场放在他们所属的思想传统来衡量。若从生物自生论来着手，先被学者拒绝，后被接受，稍后又再被拒绝，似乎甚为混乱。但是若我们了解生物学发展的哲学背景的话，一种模范就呈现出来。

亚里士多德的传统拒绝接受生物自生论，约翰·雷，林奈和居维叶都反对这理论——基于宗教上、哲学上和科学上的理由。正如约翰·雷所主张的神学立场：神在第七天从创造的工作中安息了，从此以后，生物都是从原本被造的动物和植物繁殖而来，因此在宗教上他有理由反对生物可从无机物中自发生。

在哲学上，基督化的亚里士多德学者从机械论来看神与被造物的关系，只以神为创造能力的来源。后来生物自生论的垮台也得到科学的支持。雷迪（Francesco Redi）的实验证实蛆是从苍蝇在腐肉上所产生的卵孵育出来。其后巴斯德（Louis Pasteur）的实验也指出微生物只从其他微生物而来。当时巴斯德的立场——是反对各种进化论的证据（包括在两年前刚出版的达尔文理论）。

但在新柏拉图主义的传统中很多学者如莫佩尔蒂、布冯和拉马克都接受生物自生论，认为唯一能以自然过程来解释生命的方法乃是大自然本身具有生物的特性。所以他们建构了一套连环性的存在观（great chain of being）：从只有极基层的生命力的物质而至最高的人类，既然物质本身也有生命力，那么大自然应有产生生物的能力。^⑧



尼达姆

在围绕生物自生论两个对垒的阵营中都有基督信徒的代表，新柏拉图主义传统中有耶稣会神父和威尔士博物学家尼达姆（John Turberville Needham, 1713 - 1781），他说曾在显微镜下看到两次生物自发的现象（包括他用烤肉汁做的实验）。他并不觉得相信自然生命力与他的基督信仰有任何冲突。

但是在他的同辈中，却认为尼达姆的立场似乎是为无神论铺路，若大自然更有生命力，那么神的独

有的能力相对之下便愈来愈小。其实正如 Roger 所言，新柏拉图主义“带来一种以大自然具有传统上只属于神的属性的趋势”。^④

■ 简化主义的分析

如果浪漫主义是机械哲学的逆流，在十九世纪中机械主义重现来与浪漫主义分庭抗礼。对浪漫派把生物学作为任何事物的演化的生命历史，后辈觉得太过理想化和哲学化。正如 Mayr 所言：“这种自然哲学的进化思想的推想化和缺乏内容，引起激烈的反应，促使最佳的动物学家只注重直接描绘动物的研究。”他们不再重视科学历史学的发展，而专注源于物理科学的机械论所偏重的“功能过程”。^⑤

Roger 也描述一个相同的故事。在十九世纪中，一群生理学家“反对他们的老师定要将生命简化为物理化学的过程”。这种新的机械论比笛卡儿的钟表世界观更复杂，包含了化学、电学和热力学的发展，但却是勒梅特里简化唯物论的复苏，摒弃一切理想化和属灵化的层面，拒绝以生命力或“灵魂”来解释生物。^⑥

我们可以将这时期的机械论的生物学家分成两大类，一派不单是根据生物学上的理由，也是基于政治上和宗教上的动机。在十九世纪中的四十年代，根据 Coleman 所言，一种抨击的言论兴起，反对“政治上的绝对派和宗教上的保守派”。这一派的领袖要从唯物哲学中找到他们的根据，他们盼望极端的唯物论“可以毁坏基督信仰的根基，这样不单可以动摇教会的信条，也可以摧毁当今绝对派的皇族认为神设立他们的统治权的合法性基础。”^⑦

这一群人包括福格特（Karl Vogt, 1817 - 1895）、莫勒斯雷特（Jacob Moleschott, 1822 - 1891）和毕希纳（Ludwig Büchner, 1824 - 1899），他们专门传播通俗化的科学，用以支持唯物论，

其实他们以二者为一。因此，Roger 说“在十九世纪的知识世界中以生物唯物论和简化论作为攻击宗教的武器是当时显著的特色”。^④

另一派的机械论生物学家比较温和，他们注意生理学而不是政治，他们以简化主义为一套治学方法，而非包罗万象的哲学，这一派包括莱蒙德（Emil du Bois - Raymond, 1818 - 1896）、卡尔·鲁德维格（Karl Ludwig, 1816 - 1895）和亥姆雷兹（Hermann von Helmholtz, 1821 - 1894）。他们反对自然哲学中的生命力，他们认为这不能以科学的方法来研究，是妨碍科学发展的阻力。相对而言，若将生命简化为物理和化学的原理似乎印证有一天我们生命的过程可以完全地被理解。

生物学家看到物理科学的日新月异的成就，盼望能采用它的机械化的治学方式，重复它的效果。因为他们的温和态度，这一派的生物学者对生命过程的研究作出很大的贡献——包括生殖作用、呼吸作用、细胞的新陈代谢、消化的化学过程等等。

但是最终这一派简化派的学者从物理科学所采纳的不单是一套治学方法，也接受了他们的教条主义的唯物论，不久以后这第二派的学者也像第一派的学者一样地武断。Coleman 说：“在莱蒙德（Du Bois - Reymond）的引言中的声明很快就变成了他的系统教条。”在路德维格（Ludwig）的思想中，生物简化为物理化学已成为“信仰的告白”。他的学生阿道夫·菲克（Adolf Fick）更为极端的简化主义作出完备的表达，他认为所有有机和无机的动力“在最终的分析之下不外是物质原子之间互动作用的结果”。^⑤

但是简化主义始终仍是一个项目，一个目标，而非一个成就，生命的复杂性远超乎动力与物质的互动^⑥。因此，具有讽刺性的是这些极端的简化主义虽宣称摒弃形而上学，却发展出一套显著的哲学信条——要作为超越证据来解释生命的全面性的描述，简化

主义者不过以他们的唯物层面来代替了浪漫主义的层面，二者同样是推想性和说教性的，虽然前者往往因这特性轻视后者。

■ 达尔文

我们不需要指出达尔文是机械论中的佼佼者，他的物竞天择论是毫无疑问的物质主义。我们唯一要强调这点的理由，是很多人常以此理论来与设计或目的相结合。

与达尔文同辈的植物学家阿萨·格雷（Asa Gray）试图在他的理论中找到神的计划，达尔文立即抗议说这完全不是他的原意，他认为若生物每种变异都是预先被定为有任何目的的话，那么就无须有物竞天择的机制。整个争论的症结在于设计的“外貌”乃是在于“没有目的”的随遇变迁，达尔文认为若只有某种变异才可出现的话，物竞天择便是多余的。⁴⁷



阿萨·格雷

达尔文另外一位同辈布什内尔（Horace Bushnell）比格雷更能洞悉现状，他清楚地知道达尔文理论的唯物性质，因此直截了当地摒弃它。在浪漫主义的影响下，布什内尔相信大自然是个生物，他认为达尔文的理论为简化主义——忽略了“超越机械层面”的动力，将生物简化为巨型机器的零件而已。⁴⁸

当然布什内尔是对的，达尔文理论的主要论据——随机而来的变异和机械化的选择——都是被刻意提倡来摒弃任何生物中的设计和目的，生物各部分的结构与环境的完美配合被“适应环境论”取代了“有目的的设计”的理论来解释。Jacques Barzun 说：

Horace Bushnell
preacher and theologian



布什内尔

“目的论的摒弃乃是达尔文的标牌理论……生命一切意外的总和，加上意外变迁的总和，成为解释生物变迁的一套完全是物质化和机械化的系统。”

Barzun 继续说：“以物竞天择为进化的工具的意思是纯粹的物理动力，在最初的生物中的争斗和淘汰可用作解释现世所有生物的形态和动力，物质和动力……解释我们一切的去，也预料会塑造我们的未来。”⁴⁹

每一种哲学都要回答某种问题，若它成功了，就成为思想界中的主流。达尔文进化论的说服力在于它不单能解释他个人思想传统中的问题，而同样地给其他两种主流系统所提出的问题作出不同的答案——其实是将它们的根基拆毁。

譬如亚里士多德传统的最佳论据乃是对适应的解释，及生物与环境的无缝的“配合”，这种立场的根据是神的设计和目的（自然神学）；达尔文以不同的解释来取代了这立场，他说目的是假的，不过是外貌而已，而是物竞天择的后果。正如 Gillispie 这样说：

达尔文不单解释生物适应的问题，他将它摧毁掉，他将它从用作证明神的目的的最终原因，变成如牛顿式的物理性的后果而已。⁵⁰

浪漫派的人士却提倡历史性的进化论——一种先存的非物质性的原始模型，指引进化的程序，这种原始模型的哲学注重心灵世界。达尔文将浪漫派生物学家的进化立场以他的理论来取代，他将原始模型换为原始祖宗，譬如所有脊椎动物的原始模型变为

它们的一个同源祖宗，因此原始模型不再是思想界中非物质性的理念，而是在大自然历史中存在过的生物。正如 Russell 所言，在达尔文之后的世界，生物种类的分别：

“不再是神所设立原始模型的彰显，而是历史上的一个同源祖宗所遗传而来的结果。”^⑤

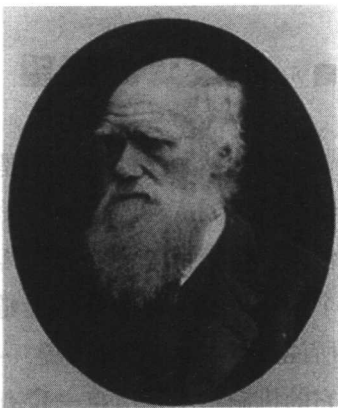
总言之，达尔文不单是回击他的思想劲敌的言论，而且还积极地提出自己的一套，他使他们的立场

变为多余的——而且是不科学化的。达尔文的思想战略是以他的对手不仅不是与他抗衡的理论，而干脆就是在科学讨论中插进来的外围者。他批评如神的设计和原始模型的立场不单是错误的科学理论，而且是在科学讨论范围之外，机械化和物理作用不单是科学研究中的最佳程序，而且是“唯一”科学化的解释。

正如历史学家 Neal Gillespie 在他的《达尔文与创造论的问题》一书中说的，达尔文的目的是要推行一种新的科学哲学——一种实证主义的知识论，只将科学限制于机械化的解释。Gillespie 如此说：

“达尔文对特殊创造论的拒绝乃是生物学被改变成为实证主义科学的过程之一，就是以大自然为始终一致和完全以唯物论的解释为依归的前身。”^⑥

达尔文不单要取代神创造的地位，他也针对浪漫派生物学者的理想化的进化思想。Gillespie 的判断是对的，达尔文认为以生物现象为“创造的计划”或“设计的单位”（原始模型）不过是“隐藏我们的无知”而没有带来任何实际的知识^⑦。



达尔文

■ 不投降的绝望

虽然达尔文的大自然是机械化的，它却与古典物理的机械哲学十分不同，在早期的科学家不认为机械化的世界观与有神论有任何冲突。世界可能是一具钟表，但这种信念只激励人来景仰一个创造钟表零件和替它上链的钟表匠，正如历史学家 Carl Becker 所说：“大自然被认为是一架精心调制的机器和一部安静的引擎，它的机制暗示是出自一位有目的工程师，一个祝福人的第一动因，和宇宙的创造者。”

但是达尔文将这机器变成自动自发，Becker 说：“从此大自然变成一套未完成的机动过程，能自动产生进行的动力，而非一部已完成的机器。”从此一位外在的工程师或创造者已被摒弃^⑤，十九世纪末的机械哲学已成为极度的唯物论和简化论，生物根据完全决定性质的自然规律来运作，世界是一架自动的机器——没有目的，没有神，与人生毫无关系。

这是一幅黯淡的图画，但很多人却喜欢这些灰暗，正如 Randall 所说：

这种黑暗使他们向往。他们以这种外围因素作为愈黑暗愈好，甚至使他们在它的恐怖之下颤抖……很多人“因为”它的可怕而相信它，因为他们认为接受这一事实是自己的荣耀。

Randall 引用罗素的《自由人的敬拜》：“人是来自一种无目的和无方向的诸多缘由，人的来源，人的生长，人的盼望和恐惧，人的喜爱和信念都不过是原子意外凑合的产品。”最后他以骄傲却又绝望的语气说：“只有在这些事实的支撑之下，只有在不屈服的绝望的根基上，灵魂的居所才可以被安全地建立起来。”^⑥

■ 从形而上学借取生物学

上文所列举的三种传统当然并不是清晰地彼此分割，在一种传统所通用的术语往往会被普遍引用，在其他传统中的学者常用这些名词，但却并非接受它的哲学立场。譬如亚里士多德学者林奈曾引用“连贯性的存在”，但却是用作为他对神学的景仰词。

但是也有其他主动地整合不同传统的学者，比如理查德·欧文（Richard Owen, 1804 - 1858）本是居维叶的学生，却被浪漫派生物学所熏陶，后来将之与亚里士多德思想融合。要是他没有被誉为英国的居维叶的话，历史学家 Philip Rehbock 说他很可能被称为“英国的 Geoffrey”——乃是指浪漫唯心派解剖学者 Etienne Geoffrey St. Hilaire^⑤。

哈佛大学的瑞士籍野生动物学家和动物学系主任阿加西斯（Louis Agassiz, 1807 - 1873）也同样地融合了部分亚里士多德思想中的理念和自然哲学中的理想化的进化哲学^⑥，在海克尔（Ernst Haeckel, 1834 - 1919）将达尔文的唯物进化论移植到浪漫派的生物学中而成为达尔文最热门的宣传者。^⑦

很清楚地科学不单是对事实的观察，每一套科学理论都在表达一种世界观，和从中作怎样的结论。从对左右生物学发展的哲学传统的认识我们才可了解什么是鼓舞居维叶、布冯和达尔文的动机。我们要引用在此章开始时所引用 William Coleman 的话——三种世界观的信徒“最终是从形而上学中借用他们的生物理论。”

让我们来看一个具体的例证——在十八与十九世纪期间对胚胎学引起的争论。显微镜的发明使人更多地了解胚胎的发展，因为肉眼不能看见的细胞延展构造很早已出现，一个鸡蛋在显微镜下很快便被发现在一日之内已具有脊椎骨的外型，一个跳动的心



马尔比基

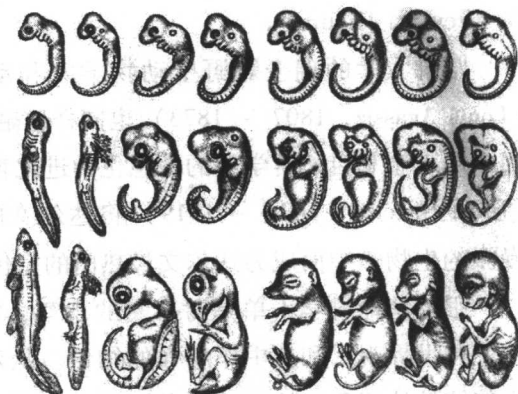
因此任何结构都不可能自动产生；胚胎一定有从开始便已达成的生长构造——一套不经过胚胎发育而被显现的模式。

这种模式如何造成的问题是很难解答的。一种普遍的立场认为是“精意”——一种非物

质但却内含在物质中的亚里士多德的形态。但有些先成主义者主张极端化的立场，认为整个成长的构造都潜伏在每一个精子中，这种立场引起学界的讥笑^⑧，但是先成论的基本见解是对的——受精卵从起初已内含整个成长动物的模式，今天我们以基因功能的

脏，头颅的形状和眼睛的轮廓。马尔比基（Mercello Malpighi, 1628 - 1694）可被誉为十七世纪最伟大的胚胎学者，他曾惊讶地说：“看哪！在鸡蛋中我们已看到整个动物差不多已完全形成。”究竟这形成的过程如何完成？

基督化的亚里士多德主义者倡导一套所谓先成论（preformation），他们认为神在起初已创造了被造物的基本构造，其后的过程不过是这些构造按照机械定律的逐渐显现。



进化论的胚胎发育模式

第五章

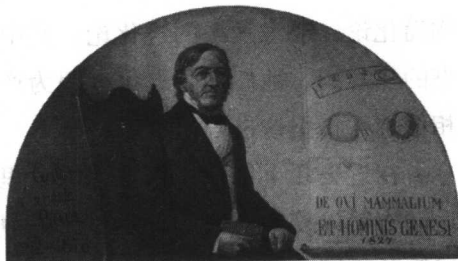
生物学姗姗来迟的革命：被形而上学绑架

发展来解释这奥秘。正如 Ernst Mayr 如此说：亚里士多德的形态是“一种在亚里士多德理念中执行的目标化的机制，正如基因在今日生物学界所执行的地位”。^⑥

在另一方面，大部分的新柏拉图主义者却采取一种被称为外生论的立场（epigenesis），他们认为受精卵是一种简单无结构而纯净的物质，它的结构乃因为一种非机械化而近乎新柏拉图主义的“主动原则”的特殊发展力量，这种力量使无形状的物质按部就班地构成四肢或五脏，向着成型的新柏拉图主义的理想化原始模式或精意来发展。譬如冯·贝尔（Karl Ernst Von Baer, 1792 - 1876）的论点是在发展中的动物的“精髓”（die Wesenheit）在控制和指引受精卵的各个发展过程。这种立场也被称为浮现主义（emergentism），也是建基在正当的根据上——胚胎并非以四肢和五脏来开始，这些结构都是经过发育过程然后从没有形状的细胞中浮现出来。

在十九世纪末，胚胎学出现一种机制。这群晚期的胚胎学者认为胚胎发育过程最终可用物理和化学的原理来解释，一个胚胎的整体模式可用解释个别的分子和机械化的互动作用来阐述，不需要非物质化的形态和特殊的发育动力来解释，譬如 William His（1831 - 1904）尝试以块板和圆管来代表胚胎组织的构成，他甚至用接全、插入和切开橡胶车胎的方法来仿效胚胎器官的形成。

请注意在上述各立场中我们都是形容一种研究方案，乃是一套假设，而不是从证据归纳而来的结论。科学的发展在乎实验观察以先的一些形而上的大前题，正如 Coleman



冯·贝尔

所言，连生物学家的研究方法和他们所设计的实验仪器都受制于他们先入为主对生命定义的理念——在于生物学家所认为什么是“在现实中”可以搜寻的论据，一位研究者对生命的了解引导他来决定是否采用那种适合的研究方案，和此方案能否带来效果。^④

■ 谁的生物学？

我们会问上述所描述的三种世界观在今日是否仍然存在。答案是肯定的。最显著的是机械主义，主流的生物学术界坚持唯物简化的机械论，往往以达尔文进化论作为根据。譬如在《科学受审判》一书中 Douglas Futuyma 如此说：“很多人不愿意接受人类并非根据设计和某种目的，而不过是机能作用的产品理论——但这似乎是进化论的总结。”同样地在《盲目的钟表匠》一书中，Richard Dawkins 说人类是物竞天择的结果，“就是达尔文所发现的盲目而自发的过程”。^⑤

但那种较古旧的非物质性的机械论仍然存在，被一些神学进化论者所接受，其中不乏具正统信仰的基督信徒。他们认为进化论不外是从伽利略、波义耳和牛顿所开始的机械论而来，不比牛顿的万有引力论更物质化。基督化的机械论者接受进化论为一套有限的科学理论，却反对将它引用为全面性的哲学——不论是唯物简化论，或浪漫派的进化论。其中一例就是《科学被俘虏》一书的作者们，他们接受进化过程为产生宇宙和人类的原动力，却相信神在指引这过程。^⑥

在过去几十年中，基督化的亚里士多德理论因为科学创造论运动而得以复苏，创造论者的著述中的理念与约翰·雷、林奈和居维叶相同，譬如 Frank L. Marsh 在《大自然的变异和稳固》一书中如此说：“创世记似乎指出在第六天完结的时候每种基本的生

第五章

生物学姗姗来迟的革命：被形而上学绑架

物都已被创造。”在《生物变异的自然规范》一书中 Lane P. Lester 和 Raymond G. Bohlin 说：“我们所说的原始生物，乃是从起初被造的一种生物族群所繁殖而来的后代。”从非基督信仰的亚里士多德主义（尤其是根据居维叶的功能论）的立场治学的有 Michael Denton 的《进化论：一套在危机中的理论》。⁶⁵

新柏拉图主义同样地往往以少数学者的立论出现，在今日论坛中它的最显著的代表是有机体理论（Organicism），它的名称提示以生物为科学的比喻，有机体理论摒弃生机为形而上学中一种可分别出来的个体，而以生命的独特性用某种结构层面来代替，在生物中的化学元素与在非生物界的化学元素无别，所不同的地方是在前者那种超越后者的繁琐组织。

怀特海乃是过程哲学的创始人，他是一位深具影响力的有机论者，也是莱布尼茨的信徒。怀特海借用了导师的单元和泛心论。在当今论坛中采用怀特海过程哲学的是巴伯（Ian Barbour），他的著作《科学与宗教上的争论》是其中的代表作。⁶⁶

在机械论和亚里士多德主义中的基督信徒通常是属正统派的，但在新柏拉图系统中的基督信徒却往往是自由派的，延续从德国浪漫主义而来的自由神学思想。天主教神学家德日进（Teilhard de Chardin）相信一位临在而与世界一同进化的神，他是彻底的浪漫主义者，今日仍享有不少忠实的信徒，其中有生物学家 C. H. Waddington 和 Theodosius Dobzhansky，现代的学者中以 E. J. Ambrose 的《生物世界的来源和本质》为代表。⁶⁷

这是一个十分简单的大纲，但它指出这三种哲学系统仍然在今日分析生物学的研究方针时大派用场。我们在第十章阐释生物学中的遗传革命的影响时会再来讨论这些立场。

第三卷

数学的振兴和衰退



往时的数学： 寻找被造物的构造

在邮箱送来的广告单张声称“可为君寻觅梦中的情人”，只要你在寄来的号称保密的调查表中填上你的个人资料，这些电脑交友服务站就可以替你找到一位完全与你配合的理想配偶。

数学能做到的事是何等的奇妙。

这种交友的电脑化不过是今日的被数学所征服的文化的代表而已。在科技的社会中，一切的运作在逐步地被量化，使他们能用数学方法来分析。

但是最具讽刺性的是数学本身却逐渐地与其他学术的应用隔绝而被分离出来。专业化的数学家特别宠爱纯数学，而贬低应用数学，他们集中精力来解答数学逻辑的问题，而不管这些课题和它们的答案是否与现实有任何关系。

这种“真正”的数学家的日渐与现实隔离是源于研究数学的哲学上的改变。数百年来，数学被誉为解开宇宙奥秘和寻求宇宙构造的钥匙。数学上的公理化是一切真实的研究方法的模型和寻找无误知识的保证。但今天很多的数学家只以数学为一种游戏，按照它自己的规矩来解决它内在的问题，他们不再以数学为“真理”，而只注重它是否有内在的彼此协调。

在下面的两章中，我们要追溯这种数学哲学上的变化，考究

在历史上基督信仰与数学的互动作用。

■ 理念和公理

数学上的理解似乎是人心所创造出来的一种功能。像语言一样，它是普及化的，大多数的古代文化——苏美尔文化、埃及和巴比伦文明——都发明数点和计算的系统。

但是这些文明并没有以数学为一专门学问，好像现今的学术界，反之，他们当数学为一种应用的工具，例如用在勘查地形、商务和日历的运作。在埃及，地主针对尼罗河每年泛滥时将他们产业的地界混淆，因此勘查地势的数学应运而生，帮助地主们每年以几何衡量来重划地界。而这时数学仍不过是一种按照观察来计算的一系列粗糙而不精确的规条而已。

数学成为一门独具系统的学问，乃是归功于公元前第六世纪如毕达哥拉斯等希腊学者，将数学的应用规条发展成为抽象的学问。希腊思想家追问数学知识的来源，是从经验而来吗？不是，因为经验不能告诉我们一套永恒正确的原则。然而数学就是要研究这些原则。

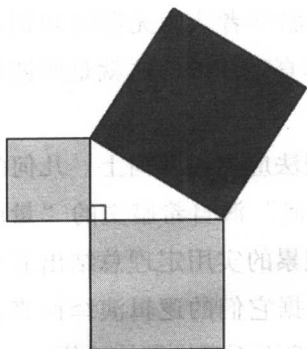
经验可使我们知晓一些笼统的概念，譬如“所有天鹅都是白色的”，但却不能否定有一天会发现一只例外的黑天鹅。但是若我们说五加七等于十二，我们所宣称是一种比上述可有例外的笼统概念更准确的理念，因为它是恒久正确的。

在数学中我们要寻觅经验以外的真理，究竟这些真理的依归在哪里？对毕达哥拉斯和稍后的柏拉图来说，数学是理想世界的一部分，这一理想世界是抽象原则（意念和形态）的领域，是物质世界的理智结构的来源。

柏拉图说若要了解理想世界，我们不单需要从物质世界着手，

第六章

往时的数学：寻找被造物的构造



毕达哥拉斯定理（勾股定理）——直角三角形直边上的两个正方形的面积和等于斜边上正方形的面积。

因为虽然物质世界源于理想世界，但前者仿效后者的程度是不完全的，理智是揭晓这些抽象形态的唯一途径，因为理智“察验”数学真理的抽象观念，正如肉眼可见色彩和各种形状一样。我们只要用理智的眼睛来注视这些抽象观念，就可以“看见”它们的真实性。在毕达哥拉斯/柏拉图系统中，自然的基本设计是数学化的，因为宇宙是按照用理性来发现的数学定律来运作。

希腊学者也列出数学的运作法则。他们以基本的知识论的问题作为开始：人如何寻找数学的真理——而且“保证”它们的确是真理？欧几里得（Euclid）的答案是数学的真理是绝对无误的，因为数学根据正确的公理和假设，借此来演绎其他真理。

理解事物的方法很多，包括有归纳法和比喻法，但只有一种方法保证正确的结论——演绎法。例如亚里士多德的基本三段论法：若人接受所有人类都要死亡的话，若苏格拉底是一个人，那么人就一定要



欧几里得《几何原本》
最早的印刷本首页

接受苏格拉底一定要死亡的结论。希腊学者认为无误的知识可从少数基要正确的公理演绎出来的一套真理获取，这就是所谓的公理方法。

欧几里得的成功是因为他以公理法应用在几何上。几何的运作原则源于地势勘查和建筑学，“几何”源自希腊文的“量度土地”一词。欧几里得从数百年来所积累的实用定理总结出五个假设和五个公理，其余的数学原理可根据它们的逻辑演绎而来。他的结论精简而透彻，赋予几何真理普遍而不可推翻的地位。

因此几何被认为是数学真理的精华，欧几里得的复杂定论似乎一方面建立了一套天衣无缝的逻辑系统，另一方面也准确地形容现实世界。正如 Raugier 所言：几何定理“似乎有一个双重的真理：形而上的真理源于定论的内在逻辑的协调，和形而下的真理源于与实物的相符。”^①

欧几里得的定论差不多雄踞人类知识界成为“唯一”标准近一千年，甚至阿亚奎那写作他的系统神学巨著时也被誉为“属灵界的欧几里得”。^②

总的来说，西方文化的希腊传统有强烈的毕达哥拉斯/柏拉图因素，具有形而上的和知识论上的原则。形而上学的问题是我们所知道的“是什么”——这世界是什么？希腊学者的答案是世界最终的本体是数学式的。知识论的问题是我们“如何”晓得？答案是人类主要采用公理方法来理解世界的结构。数学家 Morris Kline 在《确实性的失落》一书中简洁地列出两个原则：“在宇宙中有定律和规条。数学就是揭晓这些规律的钥匙。”^③

■ 数学定律和定律的设置者

在中古时代的末期，西方文化从古典时代中发掘智慧的宝藏，

第六章

往时的数学：寻找被造物的构造

基督徒勇敢地争取以圣经观念来与这些新发现的哲学整合。在前几章中我们已提到很多信徒当时以为可将柏拉图和亚里士多德的理想境界“翻版”为圣经中的属灵领域。毕达哥拉斯/柏拉图的数学规律被新柏拉图主义和机械论学者所热烈地拥护，这规律的来源被归功于神的理性：一位理性的神创造了一个拥有协调的可预料的结构的世界。

这种观念特别在宗教改革以后促进科学的研究。宗教改革家摒弃自然与救恩的二元论，教导人可从研究神的创造来荣耀神，从而科研工作获得极大的地位。正如 Kline 所言，科学成为“宗教的追寻”：

“对大自然中的数学定律的追寻乃是要显示神的荣耀和伟大创造的属灵经验……每一个自然定律的发现都被誉为证明神的智慧的证据，而非发现者的荣耀。”^④

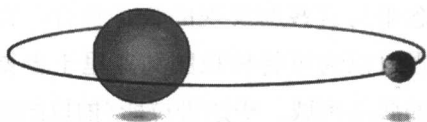
这些信念往往在哥白尼（1473 - 1543）和开普勒（1573 - 1630）的写作中流露出来。他们认为神是宇宙规律的设计者，根据数学定理来创造世界。请听开普勒的话：

“研讨这外在世界的主要目的，应是要发现神借着数学的语言启示出来的理性规律和协调。”^⑤

这不单是开普勒科学贡献以外的宗教热忱而已，他对神和数学的信念实在是他科学成就的主要灵感。

其实若人要接受哥白尼和开普勒的科学理论的话，也必须接纳他们的“数学”观点。正如在第三章中所言，当哥白尼提倡日心论而反对地心论时，还未有足够的论据来证实他的立场，反而有不少很好的常理可反证地球中心的理论——因为是与当时的知识协调。

哥白尼对这些抨击的唯一方法是数学——一套以太阳为中心的理论在数学上是更精简，不论是否合乎常理，它把用作解释天



开普勒第一定律（椭圆定律）

体运作的圆形轨道从 80 个减至 34 个。100 年后开普勒以椭圆形代替了圆形轨道，使数学上的计算更为简化。

哥白尼和开普勒的日心论不单与常理不合，而且与亚里士多德的系统也有冲突，唯一对它有利的论据是数学上的精简。正如历史学家 A. R. Hall 所言，“哥白尼的新发现不是倚靠他在实用天文学上的发现，或是他并不惊人的精确衡量”，而往往是数学上的精简——在价值取舍时以此为更可靠的。^⑥

因此 E. A. Burt 指出日心论所提供的中心思想乃是：究竟宇宙的基本结构是否是数学化的？我们能否以数学推算来研究大自然？我们应否以数学上的精简来在理论中作为取舍的标准？^⑦

若答案是肯定的话，就要推翻当时雄踞学坛的亚里士多德主义，因为后者的宇宙中的重要因素是性质的——冷热、干湿、软硬——而非量度可用数学来探讨。量度在亚里士多德的宇宙系统中只占有低等的地位，反之，对开普勒而言，量度是一种“创造定律”，就如眼能查验色彩，耳能听到声音，人心也被造来理解……很多早期的科学家都常引用次经所罗门智慧书十一章廿一节：“你以数目和重量及衡度来整理万事。”

总而言之，哥白尼理论的最终胜利也代表了一个新的世界观的来临——什么在数学上正确的立场也是在天文地理的现实中正确的理论。正如哲学家 John H. Randall 所言，哥白尼理论与日常经历显著冲突，使人要怀疑感官的经验，“而转向数学作为唯一不动摇的知识”。因为“若人的眼睛在这里撒谎的话，那么我们可以有什么情形之下才可相信它”？^⑧

伽利略总结这套新的世界观的名言是：神以数学的言语写下

大自然的书。今天这名言已成为老生常谈，但正如哲学家 R. G. Collingwood 所言，在伽利略的时代中他这话是“挑战的辩词”^⑧——向亚里士多德哲学宣战，而且强调神按数学计划来创造世界的信念。

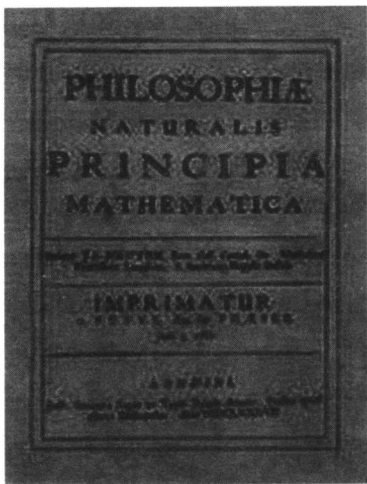
正如哥白尼一样，伽利略使科学离开观感而迈向数学，纯粹的经验主义以为科学是靠观察而来，但若是这样，我们仍是亚里士多德主义者。亚里士多德的动力理论是根据日常的经历——譬如在地上推动圆球，他的理论的假设是一个有差不多形状和反作用力，例如摩擦和空气阻挠的现实世界。

但是伽利略的伟大成就在于他超越了观感世界而进入抽象的领域中，他的动力理论乃是根据在抽象空间中的假想，不是以经历到的事物为对象，而是以假想中在完美的平面上完美形状的物体在没有摩擦、空气阻力和气压中的运作为依归——一种虚拟的欧几里得式的空间。

正如科学历史家 Richard Westfall 的解释：伽利略的惯性理论需要假想一个在完美境界中无阻力和在完美平面上滑溜的一个完美的球状物。Westfall 说：“究竟这些惯性动作能否被观察得到？答案是不可能的，因为惯性动作乃是理想化的观念，不可能成为事实。”其实，伽利略对动力的见解并非来自物质上的实验，Westfall 说是来自“他脑海中只可能在幻想中进行的思想实验”。^⑩

但在伽利略心目中这种理想世界“就是”现实世界。因此他的成就不单是以他的理论代替了另一理论，而是“说服”学坛来接受新的哲学——这新的系统强调抽象数学化的大自然的优越，远超乎亚里士多德系统中的常识。

这种新哲学被牛顿（1642 - 1727）发扬光大，牛顿的最有名的著作作为《自然哲学的数学原理》，显示物理上数学的基本地位。他在书中以同样的数学方程式来形容天体和地理的运作，他的万



牛顿《自然哲学的数学原理》

有引力理论包含了开普勒的天体定律（行星的轨道），和伽利略的地域动力定律（炮弹的弧形轨道）。

在牛顿开始他的数学研究时，当代的知识似乎不可能发展出一套如此包罗万象的数学理论，因为亚里士多德的宇宙观将天地清楚地分隔：地是变动和腐化的中心，天是不变和完美的。

Kline 说虽然在亚里士多德思想的持续影响之下“在基督信仰的十七世纪中的数学家很自然地祈盼着一个单一的解释系统”，原因是他们对圣经的神的信念。

“神设计了整个宇宙，我们很自然地期望它应按照一个主要的蓝图来运作，因为一个设计宇宙者差不多一定会采用一套基本原理来推行有关的现象。”^①

根据这个假设，牛顿证实了宇宙是一个以数学定理来普遍运作的一律系统。他随即发展不同的方程式来形容几种特殊的现象——浪潮的起伏、陨星的轨道、春分和秋分，和其他可观察到却常被数学方式来解释的现象。

“一切正常的动作如坠落的物体，一股电流和熔岩的冷却都能以一曲线来代表，牛顿已制成了一套不单可描绘图案而更能剖析大自然过程的工具。”

Randall 认为牛顿的微积分已铸造出“大自然的数学阐释过程的最后链结”。^②

■ 神与大自然

总而言之，很多早期的科学家委身于以宗教为基础的自然科学，其中有两个推论，其一是形而上，其二是有关知识论的——就是神以数学结构来创造世界，和他也创造了人类可了解这一数学结构的思想。这两条思路可在开普勒的言论中看到：“神以量度来为世界建基，也赐给人可理解这些常规的头脑。”法国哲学家笛卡儿同样有这种双重信念，他谈及“神在大自然中所建立的定律，和神在人心中刻印的理念”。

从十八至十九世纪，数学与相关的科学都极度发展，但若从基本的哲学假设着手的话，牛顿以后的发展大都是重奏的谢幕曲，虽然神的概念从正统的基督教信仰偏离成为泛神或自然神论，科学界仍深信神的创造是数学知识的唯一保证。

■ 堕落以前的骄傲

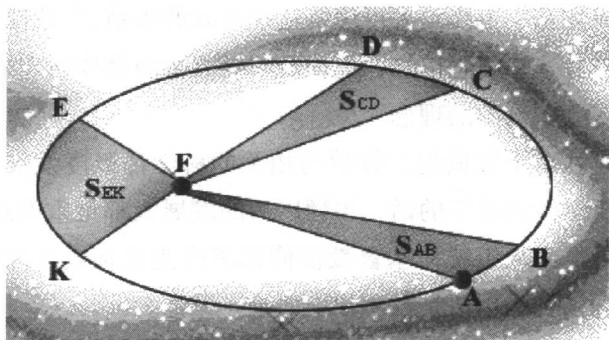
在数学与科学都如盛放的花朵时，它们的根却在枯萎，在大自然中的设计和人心中对它的理解都变为老生常谈。大自然中的设计被当作物质的自存本质，不需神的维系而存在。同时人的理性也被认为是与生俱来，不需倚靠神的创造，数学的知识与创造的根基脱节，正如一朵与根折离的鲜花一样，它只能作短暂的盛放，随即开始凋谢。

■ 世界是一架机器

这种与根脱离的过程出乎意料之外，在很早的时期已开始进

行——就是在基督信仰架构的科学家的言论中，他们根据毕达哥拉斯/柏拉图的传统，很多早期的科学家都以数学知识为认识世界最真实和最有把握的途径。

希腊学者以有把握的知识为真实的知识，因此他们否认我们能对一个经常变化的观感世界有正确的知识，正确的知识应有不变动的事物作为根基，对毕达哥拉斯和柏拉图来说，这最主要的根基就是数学。

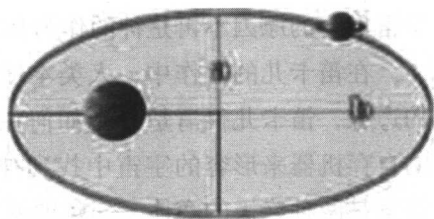


开普勒第二定律——面积定律

这些言论充斥在早期科学家的著述中，譬如开普勒认为观感世界最正确的根基是数学上的协调，这与以数学为因的立场——即数学有能力使事物发生——相当接近。开普勒在《宇宙的神秘》一书中说在创造主心目中的数学和谐使轨道的“数字，大小和运作正是如此，而非其他”。^⑧正如 Burt 所指出，这立场是一种崭新的因果理念，它假设在所观察到的事实背后的数学协调实在是“使”之如此的力量^⑨。

要是数学的定律产生物理现象，那么这些现象就应如产生它们的定律一样地那么确定和必须。开普勒形容他自己的科学成就（最具影响力的莫如他的三条星体运行的定律）为证明宇宙结构有必须性和理性的根据。这“必须性”一词暗示数学上的必须。譬

如五加七等于十二这方程式的正确性在于我们对五和七和它们的总和的了解，而非倚靠任何物质世界上的条件，因为五加七一定等于十二，若我们说自然定律是必须的



开普勒第三定律——调和定律

话，我们就是在说自然界的事物之间有一种与方程式两边的项目一样的确定关系。

这条思路的发展慢慢地使物质界的因果理念变成一连串绝对不能更改的联结。太阳不仅是恰巧地成为太阳系的中心，而且它“一定”是这样的；行星不仅是恰巧地有椭圆形的轨道，而是它们“一定”要如此运行，神不能按照其他方法创造它们——正如他不能使五加七成为十三，使一个方形成为三角。

在伽利略的写作中我们更清楚地见到这些理念。开普勒以数学应用在天体的运作，伽利略却将之应用在地上的物理——在坠落中物体的加速和炮弹的弧形轨道。像开普勒一样，伽利略认为数学定律是绝对的正确和必须的，他写道：大自然是“坚持不懈地”以“不能侵犯的不变定律”来运作^⑤。伽利略认为神所造的世界是一套不能更改的系统，人类应用数学所得的知识就如神自己的知识一样地客观和确定。

从此一套自然观慢慢地浮现：大自然是一架被坚持不懈的不变定律所操纵的庞大机器，正如哲学家 Hans Reichenbach 如此解释：当科学家能以数学方程式来解释物理现象之后，他们就以为后者也具有数学必须性的品质^⑥。

在哥白尼、开普勒、伽利略和牛顿的著作中，他们相信有智慧的管理者（神和人能超越机器和自然的规范来运作。他们的决定论是不完全的，但是这种智慧管理者的概念却逐渐地被撵下台，

宇宙最终的原因不再是神的作为和人的目的，而是数学上的关系。

在笛卡儿的著作中，人类本性和世界机器的冲突已达到破裂的边缘，笛卡儿很清楚看到如何在一个越来越以数学定律来操纵的自存机器来形容的宇宙中找到神和人的定位问题，他所提倡的答案是两种终极的实体——延展的实体（物质个体），和思想的实体（智慧的管理者）。

笛卡儿的二元哲学中的两种实体是完全独立的：物质世界（延展的实体）是一架庞大的机器，神创造它时已以数学必须性的自然定律所规范的不变模式来推动它；人类的灵性（思想的实体）乃属于思想、见解、感情和意志的领域。

笛卡儿的目标乃是要维护思想实体的正确性——要给在一个机械世界中的人生意义和宗教信仰一种哲学的根基。但是在他自己的写作中他也赋予物质世界一个更重要的地位，因为它能被数学方法来检验，所以物质世界比精神世界来得更实在——更正确。至于神，笛卡儿所相信的不变的自然定律暗示神的力量是有限的，他的系统创造了一种甚至连神也不能有效地运作的领域。至于人的灵性和精神，他已将它们贬低为在被机械过程严格管制的身体中的一些影子般的物质——“在机器中的魂”。

牛顿成功而广泛地以数学来解释物质世界的结果，是大力地推进自然被数学必须性所操纵的观念，牛顿之后人对神的信仰仍然是一种重要的背景信念——但是这种趋势越来越使神被贬到人的背景中而已，宗教信念在科学灵感中渐被忽视，被追求数学效果的热忱所取代，物质世界中的数学次序被认为是内中与生俱来的特性，不需要任何创造主的创造。

■ 一个新的权威

如果神被认为不再是必须用来解释世界的设计的原因（形而

上学)，他同样地可在人类认知的根基（知识论）中被摒弃。数学方法的惊人成功似乎表示人类的理性有内在察验终极真理的能力。数学与公理方法挂钩，首推欧几里得几何，科学的目的是要用公理方法来寻找所有知识中的真理。

公理方法以最基要的自我证实为无误的假设作根基，所有其他原理都从这些基要公理演绎而来。这种方法似乎是保证绝对真理的途径，因为若公理无须证明就清楚明白，而理解的过程是严谨的，那么随之而来的结论一定是可靠的。

譬如笛卡儿盼望以公理方法联合一切的科学（物理、天文、伦理和神学）——他所谓“几何学者”所采用的“系列式的简单而易懂的理解”。正如他在另外的著作中作如此说：

“在我们寻觅真理的路上，我们不应关注一些我们不能以算术和几何来确定的事物。”^⑩

这里的假设正如几何真理一样，所有知识都要以必须的联结彼此相关。因此我们应能用同样的演绎逻辑在各种不同真理的领域中遨游无阻。

笛卡儿的知识论以系统化的怀疑开始，要将我们思想中一切半生半熟和无根据的理念摒弃，只余下一些不能被怀疑的简单基要的清澈公理的根基，这些就是不须证明而清楚明白的真理；它就是一切真正的科学的公理。笛卡儿盼望用演绎的方法将这些公理在一切学术界中建造一套知识的坚固结构。

当然不是所有的哲学家都同意笛卡儿所设定的基本公理。他是一位理性主义者，认为知识一定根据可被理解的内在理念而来；另一方面，经验主义者认为知识一定要先从个人的感受而来的思想着手。但是这两个立场都采用同样的知识论的治学方法，它们同样地以公认的不能推翻的前提为依归，然后从之演绎而得到推理的知识。

这种对正确性的追寻代表了宗教上的真理观的世俗化，正如 Randall 所言，人类在寻找一种实在只能借着神的启示才可得的绝对知识。“一言以蔽之，人们尝试要完全和彻底地了解宇宙，但只有神才可以赐予这种权利。”换言之，虽然西方思想界已不再接受圣经中的启示，他们仍然以它来形容理想中的真理。^⑧

物理学家和哲学家波普尔（Karl Popper）同样地指出其中的思路实在是宗教化的，他说神的启示的权威简单地被另一种权威所取代，理性主义者以理性为依归，经验主义者却以观感为权威^⑨，但两种立场都认为人有内在认知的渊源，双方面都否认人需要外来的权威来认定真理。两种立场都希望当人得到最简单和最直接而无误的知识之后——不论它是来自内在理性或观感的数据——他就能从中推理出一系列完全可靠的知识。

换言之，这种公理方法似乎给人一个找到绝对似神一样的知识的途径——能超越他个人时空的限制。在信神的观念日渐式微的过程中，从几何推理而来的公理方法取代了神的地位，成为人类知识来源的保证者。

■ 怀疑的种子

总而言之，早期的科学家相信神以数学结构来创造世界，也创造了人类可理解这种结构的思想，因此他们接受数学知识的可靠性。但当越来越多人不相信神的时候，人们寻求数学知识的新根据，这种新的信念就是宇宙按照严格必须而可以用数学方法解析的机制来运作的一架庞大机器。

但这种新的思路中有一个破绽——一种知识论上的破绽。因为人类的知识需要人的思想透视事物的结构——但在机械化世界观中却找不到人类思想的空间。

每天的经验充满了色彩和芬芳，实物和感受，但是科学家的世界是数学的物体——重量、长度、速度——伽利略所宣称的主要品质。科学家所显示的“真实”世界不过是在活动中的物质而已。

那么我们每天所见的色彩缤纷，所听的音响，所闻的芬芳，和所感受到的情绪有何地位？既然它们不再是事物的品质，它们一定是个人的观感而已。伽利略认为这些是次要的品质，是事物与人的思想互动而来的产物。

在笛卡儿的哲学系统中，科学的世界与经历的世界之间的鸿沟更显著。Randall 如此形容人类经历的丰富：

“笛卡儿激进地摒弃这种品质，因为它对数学化的物理学家是一种拖累，他们将之搁置在一个崭新的领域：人的思想……这是一切通不过机械论的物理透视镜的日常经历的垃圾箱。”^②

简言之，科学所形容的世界与思想的经历领域截然不同。自立的世界与人心中的世界之间有极大的鸿沟。

这就是现代知识论的危机。根据笛卡儿的看法，物质世界与人的思想是两种完全独立而且完全敌对的事物，那么一个很自然的问题就会产生：“这两种如此分割和迥然不同的物体之间有何关系？”正如 Burt 所言：“一个这样的思想怎样可以知晓如此的世界？”^③

更严重的是思想中所“似乎”知晓的，与科学描述的世界脱节，人的思想充满了各种的次要品质和理念，与数学化的物理所描述的世界毫无关系，要是人的正常思想是如此不可靠，我们为什么还相信它？

笛卡儿解决这种处境的答案是神，他说良善的神不会创造我们易受欺骗的思想，但是就算在笛卡儿自己的系统中，这答案只是权宜之策，因为在他的机械世界中神并无任何重要的地位，只

在要解决这知识论中独特的一个难关时才将神抬举出来似乎是矫揉造作的事。

在笛卡儿的时代只要提到神的名字都会引起猜疑，因此笛卡儿的长远影响不是他要维护神和人的灵魂的本意，而是一套破坏性的怀疑系统，他所企图解答（却失败了）的知识论的难题——人的思想如何能够获得对物质宇宙的真实认识——至今都成为威胁西方文化的不散阴魂。

在早期的科学家中没有这种知识论中的难题，他们相信圣经中的神根据一套有智慧的模式创造了世界——“同时”他也设计了人的思想能洞察这种模式，神是大自然与人的思想之间的连接点。

但当神被逐出知识界后，这个扼要的知识论中的关键就被粉碎了。在笛卡儿的宇宙中人对自己思想的理解，是它被困在人脑中一个无关痛痒的黑暗角落，与一个由无思想，没有感受，却在空中旋转的物体所构成的机械世界扯不上什么关系。我们如何能确实知道在所谓“思想”中的次要品质和不相关的现象中出来的理念与在时空中盲目流浪的庞大宇宙有任何关系？

这些就是将要萌芽盛放的毫无保留的怀疑主义的种子，在下一章中我们会详细讨论。

偶像的倒台： 非欧几何与数学革命

在十八世纪末数学已成为一个偶像，在学术界中普遍被接受的信念是宇宙为一个完美持续运作的自动机器。这个立场摒弃了神，只将他当作这个过程的启动者，在知识论中这一信念也成为公理方法的根据，将神的启示废除。在牛顿的数学物理的成功魅力之下，学者企图以同样的方法来重新衡量当代的社会、政治、道德，甚至宗教系统。在每一个思想层面他们都尝试来寻找一系列的起初预设的前提，从而演绎出一套普遍化和无误的系统（参看第四章的末段）。正如历史学家 Rudolf Weingartner 在十八世纪时写道：“很多人认为能以普遍化的物理原则来形容一切的时刻已经来临。”^①人类思想能以简化为科学公式的方法来证明全世界。

然而像一切偶像一样，数学的偶像也难逃倒台的命运，Moris Kline 形容数学设计的神的信念的式微很快牵涉到为何自然界的数学定律必然是真理这个问题。^②在这章中我们来追溯数学确定性的衰退过程——正如 Kline 的著作《真确性的失落》所讲的一样。我们也要指出这种失落引致在学术界每一个层面所兴起的怀疑主义的连锁反应。

■ 怀疑主义的斧子



休谟

怀疑主义很早就出现在苏格兰哲学家休谟（David Hume, 1711 - 1776）的思想中出现，休谟攻击数学的根基——公理方法。这种方法包括两部分：一套自明的公理，和一系列从它按逻辑演绎而来的结论。在下文中我们会阐明数学家如何流于以抽象的形式来推广公理方法，而漠视它的应用，但是作为一个理想而言，公理方法普遍地被数学和数学以外的学术界所接受。在科学界中

公理方法的应用是基于在自然界事物之间的相关作用是必须性的——即演绎方法所获得的必然关系也一定可在永恒不变的自然定律中找到。休谟就是针对这个根据用他的怀疑大刀砍下。

休谟的问题是：我们怎样晓得人类思维中的推理可以符合外在的自然界，我们若按照他的纯粹经验主义的立场来限制一切知识都只能来自外在世界的话，那么我们所有的不过是观感上的数据而已；要是我们考究这些观感上的数据，我们找不到任何如自然定律，和必须性的原因等抽象和形而上意念。

休谟认为无论我们如何在我们的观感意念中去芜存菁，我们都无法找到一个因果的力量。我们所见到的不过是有连接性的事物，比如在一般的讨论中我们可以说热从火来，但是实际上我们只是看到火焰，随即或立刻感受到热。

因此在休谟的眼中，要说火“引致”热，实在是简化地形容

我们观感到前者与后者一同发生而已。他说当我们经历到甲与乙两件事“无间断地连在一起”时，我们思想中就会形成每逢遇到甲，就必联想到乙的观念，甲“引致”乙不过是口头上的通用辞而已，与实际是拉不上关系的，它不过告诉我们人心中根据经验而来的期望。John Hedley Brooke 认为休谟的结论是：“因果关系的概念的根源并非是实际的必须，而是心理作用。”^③

要是在事物之间并无实际上的关联，那么自然定律的必然性就不能成立，所以大自然不能被公理方法来研究，因为它以事物的必须性为依归。实际上大自然根本不能以任何包括数学在内的逻辑推理系统来代表，Randall 的看法是在纯粹的经验主义中，数学物理的成立不过是“幸运的意外”而已。^④

若数学不能告诉我们有关实际的外在世界的知识，它究竟在学术上有何地位？休谟认为数学完全是自圆其说的，它的定理不过是发挥已内含在公理中的意义。譬如我若说一个未婚的男人是一个未婚的男人，我并没有为这个名词做出任何在字面之上的解释。因此休谟将数学从它是至高无上的科学地位拉下来，成为不过是一套正式的定义而已——都是自圆其说的理论。

■ 康德的教条上的沉睡

休谟的理论因引起十八世纪思想界的反胃而被忽视，但是却带给伟大的德国哲学家康德（Immanuel Kant, 1724 - 1804）很多烦恼。他后来指出休谟的理论使他从“教条上的沉睡”中醒过来，康德十分佩服牛顿以数学公程式来解释各种物理现象的成功，但是休谟却说不能用数学来认识大自然。

对康德来说休谟似乎肯定是错误的，牛顿的成就使人惊叹数学是认识物质自然界的有力工具，但另一方面休谟对数学“为何”



德国哲学家康德

有效的批评也肯定是对的。康德觉悟到若要从探讨我们思想的内涵着手的话，那么我们对“心中”的意念是否与“外在”的世界相符完全没有任何把握。

实际上，我们根本不能确定究竟外在的世界能否被知晓，但是牛顿却告诉我们这个世界是可用数学方式来认识的。那么这个模棱两可的难题怎么解决呢？

康德的答案是我们的思想可以创造条理——这种条理使我们误认为存在于外在世界中。人的思想乃是要从一堆凌乱的观感数据中注入有条理的思维系统——在变动的感受中加入结构。思维好像屋中摆布好的家具，需要房客适应。

这些家具其中之一员是数学，它提供思维用来形成、塑造和整理经历的轮廓。康德认为我们永远不能确定究竟世界本身是否有数学的结构，我们只能说它似乎是如此，因为我们的思维从根本上是凌乱的观感数据中强加数学上的秩序。这种思维像从面团中切出饼的形状的刀一样，创造了数学结构。我们所见的可研讨的世界不外是思维戴上有色眼镜所见的现象，正如一首童谣如此说：“祖父的眼镜掉在一桶紫色的油漆中，当他戴上这染色眼镜后，他见到一个紫色的天空。”

康德以人类的脑海作为数学真理之所在，因此它是完全主观的。内在的思维模塑一切经历，因它是有数学型态的，所以一切经历都可以用数学来分析。既然我们不能认识现实，数学的真理不再是传统上的正确——即是根据外在的真理。因为人类思维的内在构造是普遍性和持久不变的，那么数学的定律也是普遍性的

必须。

有人称呼康德的言论为另外一个哥白尼革命，正如哥白尼将太阳放在行星的中心，康德将人类的思维放在宇宙的中心，思维创造了现知的世界，它创造了大自然的定律，又保证它们的必须性。牛顿的物理和欧氏的几何不过是人类如何整理空间的必须性的思维，人类经历并非表示创造主的理性，而只是透露人类思想中的内涵而已。

所以康德保存了人类的知识——但却牺牲了世界。在他的知识论中，人类的理性是绝对必须的，但它却与外在世界脱节，这是为解决知识论难题所付上的极大代价。

这种困境并没有持续，在十九世纪中新的几何发展出来，数学家终于发现欧氏几何并非是绝对和普及的科学，在下文中我们会看到几何——曾被公认为确切的知识——其实并不确切。

■ 欧几里得，请移玉步

在十九世纪初，欧氏几何乃是数学中最受尊崇的一门，它最早被发展成为一套推理系统。两千年来欧氏的几何定理都是与现实协调的，它似乎是一套理想的系统——理性的产物和物质世界的素描。

其实早期的科学家认为宇宙建造在数学原理的根基上是指“几何”原理而言。伽利略的名言说大自然是以数学的语言来描写的，其下文是“其字母为三角、圆形和其



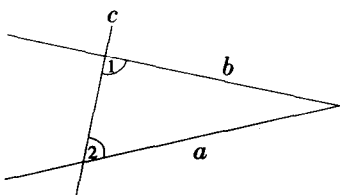
欧几里得

他数学的图案”。

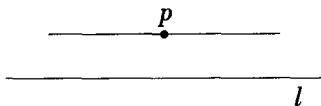
欧氏几何是建基于他所认为众所周知的简易的十条原理：譬如两个定点之间最短的距离是一条直线；所有直角都彼此相等；与第三者相等的数量一定彼此相等。但在欧氏系统中有一条公理使数学家甚感困惑，因为它并非如此简易直接，不像其他公理。欧氏几何中的第五个假设——即平行公理——是如此说的：

若一条直线（图一）在其他两条直线之上，使其内的两个角小于两个直角的话，那么这两条直线若被延长的话，就会在小于两个直角的那个方向相遇。

你能了解吗？难怪数学家认为这条公理不如其他欧氏定理的简洁。我们大部分的人比较容易懂得普雷菲尔（John Playfair, 1708 - 1819）对此公理的新注释，他这样说：“若有一条线 l 和其上的一点 p ，那么经过 p 点只能画出一条与 l 线平行的线（图二）。”



(图一)



(图二)

虽然如此，这条公理还是有点问题，因为平行的线要被延伸到无限的空间，超乎日常经历的范围，然而欧氏几何都是根据日常经验的印证。

从希腊时代开始之后的两千年中，数学家都在尝试解开平行线的谜，他们企图将它重新注释（祈盼能使之不证自明，或从其他定理中引出来，那么就不能不证自明而是需被证实的定理），这两个方法都不成功。

第七章

偶像的倒台：非欧几何与数学革命

在十八世纪初，数学家发现了一个新的策略，他们可以假设平行公理是错误的，然后指出这种假设引致与其他欧氏几何公理冲突的结果。这是逻辑学上的标准治学方法：若要证实一个命题的正确性，可以证实它的负面会引致与已成立的知识矛盾。

平行公理有两个负面的应用，这公理声称经过一定点与一条线平行的直线只能有一条，它的负面就是“没有”平行直线可经过这定点，或“很多”平行直线可经过这定点。很多不同的数学家以欧氏几何的其他定理和假设来试验这些可能性，盼望能找出逻辑上的矛盾，证实这负面假设的错误。

但是出乎他们意料之外，数学家们从来未找到他们期望的矛盾，当他们假设没有平行线或无限多的平行线可经过这定点时，他们可采用欧氏几何的方法作出永不自相矛盾的定理。

在十九世纪时他们终于了解他们正在发现多套新的几何系统，这些系统具有逻辑结构，因此是真实的几何，他们以一套假设开始，引至一系列的推理，这些结果也是完全合乎逻辑的。

但是究竟这些新的几何系统是否与现实世界相符，德国数学家高斯（Karl Friedrich Gauss, 1777 - 1855）曾尝试以实验来求证。在新的几何系统中，三角形的三角总和并非一定是一百八十度，所以高斯整装露营，爬上山巅来测量三个山峰之间的三角总和，发现这数目是稍微超过了一百八十度，但误差甚小，可列入实验误差的范围。

换句话说，高斯的实验结果是没有肯定性的。其实三角总和与一百八十度的差距要在全球这么大的范围中才会显示。



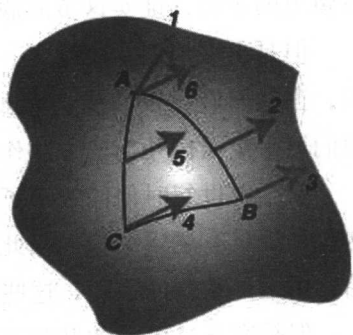
高斯

这个实验的重要性非在于其结果，乃是在于这实验之本身——一个未被尊重的数学家严肃地考查究竟哪一套几何系统与现实相连。这是数学家首次考虑欧氏几何是否合乎现实。

今天的科学家认为任何一种几何都有与现实相符的本能。采取哪种几何来应用有赖于现实的情况。欧氏几何乃是应用在普通日常平面中的系统，故此在陆地上的应用十分有效，因为这些地域范围不大，都可作为日常平面的安排。但在其他场合中，非欧氏几何可能更派用场。



黎曼

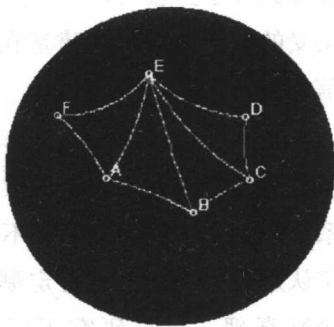


黎曼的几何

譬如源于德国数学家黎曼（Georg Bernhard Riemann, 1826 - 1866）的几何乃是建基在没有经过定点与其他直线平行的线的假设，它应用在有凸出形状的圆形面上，在其中“直线”乃是大圆圈中的一个弧，因此三角形的三角总和一定比一百八十度大。平行的直线并不存在，因为大圆圈中的弧线一定相遇（试用地球的经线来联想）。爱因斯坦应用黎曼几何在天文学上，以太空为圆形的空间，因而使这种几何系统普及化。



罗巴切夫斯基



罗巴切夫斯基的假设

另一种源于俄国数学家罗巴切夫斯基（Nikolai Ivanovich Lobachevsky, 1793 - 1856）的几何是建基在“无限多”经过定点与一直线平行的线的假设，它应用在凹下形状的圆形面，正如两个无限大的喇叭的吹筒倒向连接在一起，在这里“直线”乃是与喇叭吹筒面纵向排列的线条，三角的总和一定小于一百八十度。

随着非欧氏几何的发展，数学的真理与现实的真理之间首次出现了隔阂。数学家 E. T. Bell 在他的书 *The Magic of Numbers* 指出，在非欧氏几何中有数学的几何和现实的几何的分别。他说，“数学的几何是一套假设和随之而来的推理，不是根据日常经历来设计的”，但是现实的几何却是“给经验世界（或科学实验）一套有连贯性的解释的系统”^⑤。但是究竟数学的几何与现实的几何有何关系？这问题一直都是令现代数学家伤脑筋的难题！

■ 回到根基上

这种新几何在思想界有激烈的回响，两千年来欧氏几何被誉

为真理的依归，但是突然间数学家不再能确定哪一种几何是真理，好像真理本身被击碎了。正如 Kline 所言：“他们了解到数学家所接受的几何公理乃是建基在有限的经验中，却以之为不证自明的信念来自己骗自己。”^⑥

在几何中的革命首先影响到数学在学术界地位的降低。在衡量欧氏与非欧氏几何中，数学起不了很大的作用，它只能审定某系统是否是一致的，但却不能告诉我们它是否与现实相符；数学家认定只有经验才可检定哪一种几何是最实际的，数学本身不是研究真理，而是研究逻辑的连贯性而已。正如物理学家 Hans Reichenbach 如此说：

“数学家发现他所能证明的是一套数学关系，在几何公理的假设之下引申而来的定理而已，他再不能说他的公理就是真理。”^⑦

在西方思想史中这个将逻辑上的真理与实体上的真理分隔的意念代表一种巨大的转型。从古希腊时代开始，大多数的西方思想家都以为现实最终是理想化的——在逻辑上的真理也是现实中的真理，而新的几何向这个信念挑战。在这里有几套自相连贯却互不相容的系统——那么它们不能全都是真理。在理性中的真理与真理本身之间已被分割，从今以后，数学只能关注自相连贯的理念，而非真理。

但这种缩小了的数学范围却为自己造出难题。在这以前数学家很少会关注究竟他们的方程式是否是自相连贯的问题，若他们的方程式在现实中能应用的话，它们一定是一致的，因为现实是理性化的。但如今数学已与现实分割，数学家不再能以应用功能来确定它的立场，从今以后，一致性只能以逻辑来衡量。

当数学家以逻辑的清晰和冷酷的目光来自省时，他们诧异起来，公理方法可能有数学上的根基，但却是抽象化比实际化更被尊崇。事实上数学未能与它是逻辑准绳的盛誉相配，而被逻辑间

隙和粗陋理解所困惑。

数学中很多分支的成立，都没有经过公开的逻辑证明来确定每种立场和过程，而不过是世代相传的步骤——实用的规律。这些规律之所以被接受，乃是因为它们能解决实用的问题如工程、经济、航行和历法，但往往缺乏解释每一个步骤的理由和论证，或缺乏对主要概念的清楚界定。欧氏的演绎系统是被尊崇的，却没有人能将它复制。

譬如数学家中间对是否应该接受负数有分歧的立场。负数乃是因为要形容债务而被发明，但却不能用数量的技术上的定义来衡量——即负数不是一种数量，譬如帕斯卡尔 (Blaise Pascal, 1623 - 1662) 认为将零减去四是无稽之谈，因为零之下的数量是不可能存在的。



帕斯卡尔

另外还有非理性的数目 (irrational numbers) ——不能以完整数目

或它的比例来代表的数目，很多数学家根本就怀疑它们是否可被定为数字。若最终要将这些数目以小数写出来的话，要用上无穷的数字——即不能准确地测量出究竟它的数量是多少，在希腊学者中这种数字是一种咒诅[®]。传说希腊数学家 Hippasus Metapontum 在海上航行时首次发现非理性的数目，他同伴中的毕达哥拉斯信徒因为不能用精确数量来衡定这些数目而大发雷霆，将 Hippasus 抛在海中。

然后我们有微积分。它采用不可除的数字 (无穷小的数量)，但却没有告诉我们什么是不可除的定义。伏尔泰讽刺地形容微积分为“要精确地数算和衡量一个不可思议是否存在的东西的一种

伎俩”。^⑨

甚至在欧氏几何中我们也可以找到逻辑上的间隙。欧氏往往采用显而易见的图案，但是他没有说明其中的逻辑证据。他也采用一些概念，比如相等性，却不是以逻辑来做定义，而是以实物——拿出一个坚硬的物体，安置在完全吻合的另一个物体之上。^⑩

若数学家深信神以数学来设计世界而他们正在发现神的设计，他们不会被这些逻辑上的间隙所烦扰；因为数学乃是形容真理的，他们确信数学最终会被证实是自相连贯的，而现实不能自相矛盾。换句话说，宗教的信念（加上应用上的成功）推进数学的发展，姑且勿论它缺乏完善和一致的根基。

但是当对神的信念式微和数学与现实脱节之后，逻辑上的保证已不存在，如今唯一确立数学的逻辑有效性途径乃是建立明确详尽的逻辑辩证，因此开始了所谓回到根基运动——要将数学的各支派公理化。

从1820年开始，公理方法被疯狂地应用。数学的各支派都好像衣服一样被拿出来掸尘、洗涤、修补和熨烫，他们以精确的定义和清晰的公理来重新整理，数学家的目标乃是为一切结果制作明晰的证据，姑且勿论它们是否像与生俱来的现象一样显而易见。

到1900年时已见到长足的进步，很少数学定理因而被改变，数学家因而以建立了数学理论各步骤的逻辑而引以为荣，似乎数学逻辑的重振已是遥遥在望。

但是这个盼望却被粉碎了，数学在重定立场时应用了集合定理（set theory）。其实在二十世纪初，集合定理已取代了欧氏几何在数学上的地位成为一切数学的根基，但因为集合定理中有一种似非而是的隽语或矛盾，威胁这定理和整个数学界的安全。

一个数学之外的矛盾例子是“一切常规都有例外”。这句话本身是一条常规，因此就必定有例外，那么就一定起码有一条没有

例外的常规，但是这条没有例外的常规的存在就使这句话不真实，因此若这句话是真实的话，它就是不真实的。

指着本身而言的陈述往往会产生这样的矛盾，在数学中的集合定理在包括自身的结论同样地产生矛盾，这种矛盾威胁集合定理，但更糟的地方是它使数学家看到其他数学上久被接纳的分支也同样地有互相矛盾之处。

究竟在这些矛盾的地方能否找到解决的办法，同时能否保证将来不再有新的矛盾方案产生？寻找数学上绝对逻辑活力的保证乃是当代数学界的宗旨。在他们的研究中基于对数学根基的不同见解，数学家可分为四大派别：

■ 完全的逻辑：逻辑主义（Logicism）

第一派，逻辑主义，认为一切数学都以逻辑为根基。在二十世纪初，逻辑被认为是一套真理，那么若数学可被证实为逻辑的一个分支的话，它也成为一套真理，自相连贯的问题就应刃而解，因为真理不可能自相矛盾。

逻辑主义的主脑人物是英国哲学家罗素，他与怀特海合作在名为 *Principia Mathematica* 一巨作中发表他的见解。他们的目标是要证明一切数学都是逻辑的一部分，从而否认数学上任何的命题都是自相矛盾的立场。

可是不是所有的数学家都接受他们的看法。为了将数学简化为象征式的逻辑，罗素和怀特海被迫接受几条被其他数学家认为是捏造出来或简直是不真确的公理，但是最严重的问题是逻辑主义的哲学含义：因为若这一主义是对的话，所有数学便是完全形式化，成为纯粹的推理系统——它的定理单靠思想而来，非与实际扯上任何关系。

若这是真的话，那么我们怎样解释数学如此成功地描述现实——为何它在力学、声学、电磁学、光学和其他各门科学中被有效地应用。若数学不过只是随思想的定律而来，为何它能如此切合现实？

换句话说，若五加七等于十二这个说明不过是纯粹的逻辑的话，那么为何我们经历中的五个苹果加上七个苹果从来都是等于十二个苹果？正如基督徒哲学家 Vern Poythress 所言：“为何一个被公认为偶发的世界不断地以超越了机遇率的频次向我们显示这方程式的正确性？”要是有人回应说世界最终不是偶发的，而是有某种规律的话，问题仍然存在，Poythress 说为何我们会期望“这规律在最低限度也与人类思维中的先存数学联想相符”？^①

不过逻辑主义的迎头棒喝乃是哲学家拒绝接受逻辑可表达真理——这种发展推翻了逻辑主义的基要论据。因为若逻辑并非真理而只是思维中的任意创作的话，它们就没有一致性的保证，那么将数学简化为逻辑就一无是处。

■ 一个数学家的直觉：直觉主义 (Intuitionism)

当逻辑主义者在发展他们对数学根基的理论时，一群与他们绝对不同，自称为直觉主义者的数学家用直觉的方法来治学。他们也是在神创造的设计之外寻求数学一致性的保证，但却追溯到笛卡儿所言的“清澈和分明”的意念——从直觉得来的，无可置疑的，和不证自明的思维。直觉主义者质问我们为何要用复杂烦人的逻辑来证实从直觉知晓被公认的完整数目，这种做法实在是削足适履，我们应先从这些被直觉证实的事物“开始”着手。这是唯一“不能欺骗我们”的直觉，正如 Henri Poincare (1854 - 1912) 所言，他们以不能被推翻的数学根基和严谨的逻辑作为治

第七章

偶像的倒台：非欧几何与数学革命

学的根源，盼望能为数学建立稳固的根基。

但是像其他建基在不证自明的真理系统一样，直觉主义者的问题是如何决定“哪一样”真理是不证自明的。其中的学者很快地有不同的意见，因为很多被大部分数学家所接受的抽象定理一点也不是不证自明的，它们可能与根深蒂固的思路矛盾，就算数学界的专家也不能说它们是不证自明的。



Henri Poincaré

因此有的直觉主义者接受集合定理，有的反对它，有的接受传统的逻辑，其他的不接受它，这些对数学根基的不同意见严重地影响直觉主义所谓不证自明的立场。

在下一个方面的立场也引起不同的意见——根据基本的数学直觉而建立的定理有何范畴？直觉主义者的目标乃是单要接受在数学上可被证实（或用数学术语来说，可被建构的）的观点，因此他们有“维也纳数学圈子”的声誉。正如实证主义否定任何不能被经历证实的事物，直觉主义者也否定在数学界不能被建构的定理^⑫。正如预料一样，这种要求引致他们摒弃大部分现代的数学——使大部分的数学家不能接受他们的立场。

最后，直觉主义者最多只能像康德一样来解释现实。他们的直觉思维源自康德^⑬，他们并非论及对现实的真觉慧见，而是指在人的思维中的一些直觉慧见。在上文中我们已论及康德认为人的经历乃是经过思维的系统来整理，甚至连最基本的时空观念也非源自外在世界，其实是思想的产品而已，人的思想并非是周遭事

物的映照，而是主动地塑造世界的形象。

直觉主义的主要立场是康德主义的数学。他们对数学的定义并非是一套真理，而是人类思维的产品，与现实无关，思想认得立即的必然性，随即从之建构数学的宇宙。直觉主义者 Arend Heyting 如此说：“数学是人类思维的产物。”^⑩数学与现实的关系仍然是一个没有解开的谜。

■ 形式就是它：形式主义（Formalism）

第三派面对建立数学根基的挑战的立场被称为形式主义，出自大卫·希尔伯特（David Hilbert，1862 - 1943）。形式主义者寻找只凭逻辑形式来发展的证据，他们决定将一切数学翻译成为形式的象征，避开从一般言语和日常知识而来的模棱两可的意思。

这种观念可以逻辑三段论法来说明，以一个熟稔的事件为例：所有人都会死，苏格拉底是一个人；因此苏格拉底会死。要是我



大卫·希尔伯特

们将每句的内容拿走，而以字母来代表的话，那么我们所得来的便是一个纯粹是逻辑形式的陈述：一切 A 都是 X；B 是 A；因此 B 是 X。在这个关头，这个论证不需要依靠字母的意义而发生效果，任何可能适合这个逻辑形式的意义都是有效的——譬如一切哺乳动物都是脊椎动物，狐狸是哺乳动物，因此狐狸也是脊椎动物^⑪。

让我们看看数学上的例子：欧氏的另一条假设是在两定点中间可

画一条直线，换句话说，任何两个不同的定点都属于直线的一部分。当我们将之抽象化时，以 P 和 S 来取代定点和直线，那么我们可以说，在任何两个分别出来的 P 中，它们都可以 B 的关系与 S 相连。

这个练习的目的是要将欧氏假设基层下的逻辑形式显露出来，使我们可以衡量它是否有效。在欧氏几何中的危险是我们往往以画出来的几何图案模样来证实某定理的对错，我们因此以为这些定理源自一些并非存在的逻辑的前题——这种错误的认识使我们的论证中有逻辑上的间隙。

在非欧氏几何中却有相反的危险，在此系统中我们很难从日常经历中观察到一些定理，以为它们是荒谬的——事实上却看不到它有严谨的逻辑上的论证。

形式主义提倡的答案是将一切普通的意义都除去，以抽象的记号来代替，然后以演绎法的普及运算来分析定理，而原则上任何懂逻辑的人都可衡量每个论证是否有效——就算他完全不了解这系统中任何事项和不认识任何公理和定理是否真实。^⑥

形式主义的最终目标是以记号来代表定理，然后以数学的方法来证明它们的一致性。哲学家 John Passmore 解释他们如何证明数学系统的连贯性：“形式主义不是在等候矛盾是否最终会显露，而是要证明矛盾‘根本不能’在此系统中出现。”^⑦ 希尔伯特认为若将公理化的定理 T 翻译成为形状语言 L ，他能以它为数学的对象来研究，可证明它不可能有任何自相矛盾之处。

但是形式主义的堡垒被一年轻人库尔特·哥德尔 (Kurt Godel, 1906 - 1978) 的研究所打垮。哥德尔将希尔伯特的程序应用在罗素的 *Principia Mathematica*，以之作为分析的对象。他以一个整数来代表罗素的每个记号，发展出一套数字密码系统，用作计算罗素书中一切理论的工具。



库尔特·哥德尔

具有讽刺意味的是，要证实罗素的系统没有矛盾之处却引起矛盾。我们若要证明像 *Principia Mathematica* 的一套形式系统的一致性，就需确定究竟其中的方程式是否能被证实。哥德尔证实在任何逻辑系统中他都可找到相等于下列陈述的逻辑等量：“这个句子是不能被证实的。”——这本身是自相矛盾的，若这句话是对的话，这系统中起码一定有一个句子不能被证实（就是这句话本身）。

但若这个句子真的不能被证实的话，我们就不知道它在说什么，因为它不一定是对的，所以这是一个恶性循环。

让我们以一个熟稔的说谎者的矛盾为例。有人若说，“我是在说谎话”，要是你相信他在讲真话，那么他正在说谎，但这样他便不是在说谎，因为我们已接受他所说的是真话。

哥德尔的矛盾指明在一切逻辑形式系统中都内含缺欠——即它们不能证实在其中一切的真实陈述，广义上来说，它的含义是一切以数字取代观念来运算的系统都不能用来证实这系统的一致性——这就是形式主义者的宗旨。哥德尔的研究粉碎了形式主义的梦，数学家的结论是他们不能用安全的逻辑原则在任何数学系统中证明一致性。若数学家不能证实连贯性的话，数学便要冒毫无意义的危险，若有任何矛盾之处出现，整个建基在其上的数学结构就要瓦解。^⑧

最后评论家认为形式主义者付出太大的代价来购买一致性——将数学简化为无意义的记号的代价。形式主义者将数学变为一种游戏，像象棋一样，被自己的规条所限制，与现实无关。罗

素以为“形式主义者好像一个钟表匠忘形地要使钟表显得好看，却忘记了作钟表来计时的功能”。^⑩形式上的连贯性在数学的研讨中已使真理窒息。

■ 数学和集合：集合定理（Set Theory）

上文已论及集合定理所引起的矛盾乃是促进数学界寻找根基运动的主要动力，一些数学家认为将集合定理公理化是最佳的解决办法。集合定理之鼻祖乔治·坎特（George Canter, 1845 - 1918）^⑪为集合和其他概念下了很松懈的定义，集合主义者盼望借着澄清这些定义，拣选正确的公理，他们就能清除讨厌的矛盾，正如在其他数学的分支中的严谨的公理化已解决了逻辑上的困难。

这套策略相当成功，从 Ernst Zermelo（1871 - 1953）和 Abraham A. Fraenkel（1891 - 1965）所提倡的公理开始，数学家将集合定理的公理去芜存菁，要解除矛盾之处，当今很多的数学家认为集合定理乃是一切数学的最佳根基。他们都公认未能在应用何种公理上达成协议，同时集合主义的一致性仍未被证实，但是很多集合主义者并不为此而焦虑，他们坚持数学曾面对矛盾却已得胜，认为集合主义亦会胜过这些拦阻，他们不需要连贯性的绝对保证。一群自称为 Bourbakists 的集合主义者如此说：

“二千五百年来数学家一直在改变前人的错谬，在这过程中却充实了他们的学术，不因此陷入窘境。这些经验使他们可以平心静气地面对将来。”^⑫

在哥德尔 1931 年发展了他的研究结果之后，很多数学家——往往基于沮丧的反应——对一致性也采取同一态度。此时，四种分歧甚至形成了几乎是互不相容的主流学派（还未包括次要的思想）在数学界大张旗鼓（逻辑主义、直觉主义、形式主义、集合

定理)。我们不能再单单声称一条数学定理已被证实，我们要说明它是根据何种标准而被证实。数学在二千年来都被誉为最完美的科学——源自不能争论、不证自明的真理，根据无误的理性来发展，可代表人类理性的巅峰，发现神在宇宙中的设计，使人了解神的思想。

但是数学已失去了代表真理的诉求，这是对人类尊严压倒性的当头棒喝。Morris Kline 如此形容数学家：

“曾经崇拜金牛犊——严谨的、普遍性的证明，放之四海而皆准——并以此为神，现在他们发觉它是一个假神。”^②

有人想，既然他们的偶像已倒台，这些当代思想家应回到真神的怀抱，很可惜的是他们大部分没有这样做，反之，他们以数学真理的倒台来动摇各门学识的根基。

正如 Kline 的解释，当人舍弃了神之后，只能以人为数学的根基。他们继续发展数学，试图发现自然的定律，但是却有迥然不同的目标，他们并非要寻找神的设计，乃是寻找人的思想^③。那么人的主观和有限被认为是在一切人类运作中无可避免的事实。

■ 数学偶像的倒台和后果

在数学偶像倒台之后，人对普世真理的信心也失落了，过去数学寻找真理的光彩曾启迪了其他各学术界中寻找真理的渠道，如今这希望已被粉碎。

数学危机在学术界的引申是非欧氏几何的发扬光大。欧氏公理二千年来经过了历史的考验，欧氏几何可解释现实似乎是人类的共同常识。但如今欧氏几何被贬为各种几何之中的一员而已。它不再是普遍性的真理，而只是人类思维的产品，只在某种场合之下才派用场。

在几何中的危机象征了已被建立的真实性的垮台、演绎系统的缺乏，和一套整合性的真理系统的失落，正如实用主义哲学家 C. S. Peirce 形容的形而上学“一直都是在模仿数学，形而上学的公理也是几何公理的模拟”。当欧氏几何垮台之后，很多形而上学的系统也随之倒塌^⑧。

数学家 E. T. Bell 说事实上“所有思想都被影响”。他说：“纵使这些可教却没有鉴察力的头脑，接受其他不可捉摸的事物中的‘绝对’，从哲学和宗教，而至经济与政治，几何‘真理’的绝对化已烙印在年轻可被塑造的思维中。”

从 Bell 的语气我们看出他认为绝对化的垮台是好事，他高兴地说非欧几何促进在各门学术界中“对永恒真理和绝对的不信思想”。他尊崇罗巴切夫斯基为“伟大的解放者”，使人心从过往的枷锁中被解放——被解放出来建立自己的真理。^⑨

Edward Purcell 爵士在他的书 *The Crisis of Democratic Theory* 给我们一个对非欧几何的详尽介绍。他说欧氏几何代表了一切传统上的定理，“包括古典经济学、正统的法律，和常用的施法政体”。欧氏几何的倒台被人了解为这些其他传统系统的没落，他如此说：“非欧氏几何的观念被普及化：它包括了一切演绎化的逻辑，夺走了各种理性化系统对寻求真理的宣称。”^⑩

譬如哲学家谴责亚里士多德的逻辑为一种与现实无关又缺乏内涵的理性要素的主观系统，所谓“逻辑的定律”不过是人类的发明来满足应用的需要；哈佛大学哲学家 C. I. Lewis 首创新的多元价值的逻辑定律，Amhurst College 的哲学家 Sterling Amprecht 说：“现有多种与各类非欧几何相似的非亚里士多德逻辑系统。”

在伦理学方面，如哲学家 Morris Cohen 一类的学者以欧氏几何来与基督化的伦理系统相比，两种思想都被认作真理的命题系统。但是若演绎逻辑是完全形式化的话，那么演绎法就不能用来

证实基督化伦理系统的合法化——其实它不能证实任何伦理系统的合法化，正如在几何中可从不同的假设来引申，在伦理学中也可从不同的系统来发展出一套与传统基督伦理完全不同的道德观。法国哲学家 Jacques Rueff 明确地以欧氏几何来称呼传统的基督化道德观，同时他为可能发展一套非欧氏的伦理观来争辩。

在人类学上，非欧几何与人性近乎无争的可塑性相连，社会学家和人类学家促使西方人士来研究非欧氏的文化（他们以此来形容非西方的文化），认识人类社会中可能有不同的准则和举止。Robert Lowie 说文化中的差异“正如非欧几何中第 N 度元空间的观念打开数学家的眼界一样扩大我们社会的潜能”。

在法律研究中，耶鲁法学院的 Jerome Frank 说“非欧几何在任何学术上都有深远的影响”。他攻击传统的法制为“欧氏”——即它假设“像欧氏几何一样根据不证自明的几何公理发展而来，法律制度也可这样借逻辑引申而来”。Frank 抨击传统法制的假设，倡导以新的假设来取代它们。

在政治的讨论中，非欧思想成为推翻传统被接受的理论的象征。譬如 Charles Beard 质问究竟政治势力平衡这立场是否有效，以“欧氏理论”的名称来将它摒弃。

在学术界，非欧几何被采纳来支持一套实证主义和反抗形而上的思想型态。文化以几何来相比，两样都是建基在无穷的可能性中的几条假设；两样都有一致的内涵和连贯的整体；两方面都免受最终是否真理的审查。正如不同的几何都可以在逻辑上有效，那么多种文化和道德系统也可以同样地在逻辑上有效。因此非欧几何变为反对一切传统上的演绎系统的象征——尤其是针对基督化的道德宗教观。我们不是说非欧几何本身是反基督化和反宗教的，但它却被利用来表示基督教没有任何代表最高独有真理的权利。

■ 数学为何有效？

在近年来数学已分裂为两个界限分明的领域：应用数学和纯数学。纯数学家往往是形式主义者，他们专注数学本身的问题，不问它能否在现实中被应用出来。他们眼中的数学是一套理论上的游戏，根据自己的规律和按照本身的需要而进行。

换言之，他们的注意力是一致性而非真理，要问一套数学理论是不是“对的”，就好像问一个游戏，如“象棋”是不是对的，当然在像象棋一样的游戏中我们可说某一步骤是不是“对”，它是否按游戏的规矩来运作，但要问游戏本身的对错乃是范畴上面的混乱。

在另一方面，应用数学往往是柏拉图主义者，他们相信数学是客观的真理，他们认为数学是一种发现，而非建设。但是他们却不像十九世纪的同僚，要寻找数学上不能被怀疑和无误的逻辑根基，他们的研究对象是如何解决科学和工程上的实际问题。唯一影响他们的是究竟他们的数学有无效果——是否实用？数学的唯一价值是能否在科学和工程上被应用出来，其实当今应用数学家中的佼佼者不乏工程师、物理学家、天文学家、化学家和电脑专家。

伟大的数学何等的堕落。数学家以要发现宇宙的设计为己任，但今日的数学已被贬为一种抽象的游戏或是科学家和工程的一个工具，纯数学家与应用数学家都已不再注重对真理的寻求。

但是要是数学不是真理，我们就要面对一个谜：它为何如此有效？为何它能如此贴切地在现实中被应用？古典的数学按照第一因的推理来运作，与日常生活无关。Michael Guillen 作这样的观察：“数学上的观念往往是基于一些理性上的幻想玩意儿，不是现

实的写照。”但在过去的几百年中，这些观念却被广泛应用在实际生活中^②。数学为何如此有效地描述现实世界？

Imie Lakatos (1922 - 1974) 的论点是因为数学是一种实验科学，所以它能形容现实，他坚持数学不是一种特殊的学识，不需要终极的保证，相反，它正如其他各门学科一样——以假设开始，而以能否将它推翻为终。

Lakatos 认为数学之所以被误认为某种特殊的知识，乃是因为数学课本为它的历史进行消毒，譬如典型的课本都记述欧拉 (Euler) 定理乃是源于欧拉，被庞加莱 (Poincare) 所证实，这个过程似乎是简单清脆；但是其实欧拉定理屡经修改，而且多次多方地被证实，原因何在？原来每一次的证据都不足，被反例证所推翻，直到庞加莱重新整理和证实此定理的数据不再被任何例证所威胁。

起码至今为止是这样。但 Lakatos 说在任何时期都可能会有人发现可以推翻最被证实和支持的定理的例证。数学如其他实验科学一样，以反复试验的方法来改进。

这种实验数学理论源自穆勒 (John Stuart Mill, 1806 - 1873)，他认为数学之所以能形容现实，乃是因为它的原则是来自对现实世界的观察。穆勒认为数学被误认为普及性和无误的原因是它的原则的通用化，但其实它们也只是像在物理、化学和生物中的理论一样的可能性而已。

哲学家 Carl Hempel 认为这立场的弱点是数学不能被经验过程所推翻，从一条真正的实验假设——如万有引力定律——我们可以引申到一些可被实验的预测。但我们如何能考验如五加七等于十二这样的数学“假设”？^③

要是我们数出五个物体，加上七个物体，然后数算所有物体以后，不是十二而是十一个物体，我们是否说这条数学假设已被

推翻？绝对不会，我们会以为我们数错了，或是有一个物体被丢掉或有人藏起了其中一个来戏弄我们，我们一定坚持经历不能推翻数学上的见解。

我们可能从观察中获得数学上的理论，但数学不单是一种事物的抽象化。对数学家来说，一条定理的成立不单在于反证的不存在。他们所要求的是“保证”反证不存在的理论上的根据。

再者，数学乃是观察而来的常识的立场也与现代抽象数学定理与日常生活脱节的实际情形冲突，正如 Poytress 所言：“要说无穷的数目（transfinite number）、超地形的空间（topological space）和抽象的代数是根据经历而来是一种妄想。”^⑧当代的数学哲学家仍未能解答“数学为何有效”这问题！

■ 数学不可思议的有效性

我们要解答这问题之前，让我们总结一下上面两章所讨论的提案。早期的数学家在一个基督化的架构中运作，他们相信一个有理性的神创造了一个可捉摸的宇宙，数学的研究乃是这个可捉摸性的一部分。数学被认为是神创造世界的建筑架。

但是当毕达哥拉斯 - 柏拉图的数学思想被接受以后，一些与圣经世界观不协调的因素便被引进来。早在哥白尼、开普勒和伽利略的著作中已看到数学的运作被认为是世上最确实的关系这种观念，根据数学必然性来运作的自然定律变成连神也不能改变的半独立性的因素，最后世界变成一架庞大的机器，是由数学方式所管制的动力来操纵的物质而已，神在掌管这庞大的机器的力度逐渐地减少，直到神这个观念也变为无关痛痒而可以被摒弃。

在知识论中也有相似的发展。在科学革命的时候，人类知识的可靠性源于人的理性反映神用之造人的神的形象。但数学在科

学上的成功使得为它醉心的西方知识分子认为不再需要保证知识可靠的外在标准，他们认为数学和它的公理方法是无误不容置疑的独立系统。他们把人的理性作为能洞察终极真理的自立能力，而作为人类理性巅峰的数学基本上成为被崇拜的偶像。

历史学家 Peter Bowler 如此说：“牛顿和笛卡儿对科学与宗教相接的关注在后人眼中乃是他们的成就不过是代表理性挑战古旧观念的能力而已。”他们要以自己的能力来建造新的知识高峰。Bowler 说：“以寻求了解神如何创造这世界为动机开始，变为宣告人能明白大自然的运作引致创造主是多余的结局。”^④

自立的理性随即转移它的注意力到各种学术界上所谓“没有理由”的因素，要将它们除去。这就是被称为“理性时代”的十八世纪，基督教被理性的特殊裁判处判定为可咒诅的。根据数学必然性定规的自然定律使神迹变为不可能（因为神也不能改变自然定律），使人失去自由和道德责任（因为人类不过是机械世界中的一个齿轮而已），甚至教导这些道理的圣经也被摒弃为无可救药的不科学和没有道理的东西。

在这种抨击之下，对神的信念走下坡，正如古代的以色列人一样，西方哲学被装潢得肥胖富有之后却忘记了神是它财富的来源。

但是一些意料之外的事发生了，神的创造既然不是知识的来源，人类的思维被放逐，若宇宙是盲目的机械过程的产品，我们怎能晓得它有任何可捉摸的构造？若没有设计者，怎能保证宇宙有设计图案？要是世人并非按神的形象来塑造，我们如何知道我们“以为”找到的设计确实存在？那保证我们思想中的意念与现实相连的根据何在？

我们已提及休谟很尖锐地指出这些问题。康德尝试以人的思想创造秩序和设计而非神是创造主这些观念来解答——即人的思

想结构的本体制作了架构。然后非欧几何告诉我们人的思想可制作多种“不同”的设计，但这些设计是同样地有理由和一致性的。

从此数学家不再找寻真理，只以连贯性为己任。正如 Peggy Marchi 所言，数学家“尝试以其他保证和确定可靠性的标准来代替数学中的真理”。^④证实连贯性是一种使人气馁的运作，因此数学家分为四套彼此竞争的学派：逻辑主义、直觉主义、形式主义和集合定理。最终这四学派都受制于哥德尔的矛盾，因它暗示没有任何的公理系统可以完全被证实。Lakatos 劝导数学家来放弃寻求一致性的保证，他的论点是数学不过是一系列草拟的实验假设，不需要终极性的证明。

但是数学的宣称一方面超乎寻常地准确地现实中应用，却同时达到超乎经历的境界，这始终是一个谜。数学的方程式可帮助人类旅行至太空，制作电脑微晶片，或切除脑瘤，但为何这种人类思想的产物能与现实世界如此协调，实在令人费解。

物理学家 Eugene Wigner 在他一篇常被引用的文章《数学在自然科学中没有理由的有效性》讨论这个问题，但他却没有解释这“没有理由的有效性”，他只有象征式地耸耸肩说“就是没有理由的”，Wigner 说：“数学的庞大效率似乎是近乎神秘化，不能被理解。”他形容数学的有效为科学家的“信条”——后来成为“神迹”。^⑤

Morris Kline 同时也认为数学拥有“一些魔力……一种内在的，不可言喻的神秘能力”，他借用了哲学家 George Santayana 的句子，认为数学家最终的原动力是“动物一样的信心”^⑥。

这就是当今数学哲学上进退维谷的窘境，数学与现实的奇妙“协调”需要一解释的理由——但若没有一位理性的神创造世界的信念的话，“没有”任何理由。数学家只能借着一个完全没有根据的信心来运作。

■ 第六感觉

究竟什么是基督化的数学？首先基督徒不尝试以逻辑或实验科学的一个或其他系统来“解释”数学，各种这样的尝试都是属于简化主义，这种立场使人想到伦理学者以为好处“不过是”快乐而已，自由派神学家以为信心“不过是”感觉而已。

数学家 Douglas Gasking 所提倡的数学观念为独一无二的思想 (*suigeneris*) 可代表一种基督化的数学立场。这些数学观念不能被分析或简化为任何其他事物，它们给人类某种有关现实真理的途径^⑧。

我们怎样认识这独特的途径呢？Michael Guillen 提议数学的灵感是一种第六感觉：“五官以外用来透视现实的感觉。”他说要是我们做这样的构想的话，数学与现实的协调不过是如外在世界与我们听觉、触觉和味觉的世界协调，没有任何神秘的地方。换句话说来说，数学的观感好像视觉、听觉和触觉，这些都是被用来感受到多元性现实的途径。^⑨

这种立场使人想起荷兰学者 Herman Dooyeweerd，他在 20 世纪 30 年代写出一套整体性的基督化的哲学^⑩，他的论点是神所造的宇宙可以不同的方面来分析——数学、物理、化学、生物、逻辑、经济、美观、伦理等等，每一个层面都是不能简化的神的创造的一部分，不能被任何事物所“简化解释掉”。

再者，在每一个层面中我们的知识也是源于神在人身上创造的相应的功能：我们感受到一幅图画的美丽，因为神赋予我们的美观可体验他创造的美好；我们认识到一个议题的自相矛盾，因为他赐给我们逻辑的思想；我们的数学运作也是基于神给我们能洞察他创造中数学和空间的因素的能力。

当然，正如艺术不单是写真而已，数学也不单是被动的观念。好像抽象画与照片的迥然不同，很多派的现代数学也是富有远离现实的创意，正如一切学术研究一样，创作力乃是建立在被造的世界的根基上往外扩展的自由发挥。

最原始的人类知识事业建基于亚当为动物起名，需要仔细地观察、分析、辨别神造它们的方法。亚当不能随便说一条鱼是“披满了毛有



Herman Dooyeweerd

四肢的造物”，或一只飞鸟是“有鳞翅的造物”，他需要用反映神所创造它们的属性的名字来形容动物。

创世记告诉我们：“神将动物都带到那人面前‘看他’叫什么。”（创世记二章十九节）神并没有预订一个正确的名字来形容这些动物，他为亚当留下很多余地来自由发展，不单让他随便选择注重动物的哪种特性，也任凭他用何名字来为它们作写照。在这个简洁的世界观中创世记赋予各门艺术和科学的圣经基础，一方面我们要根据神所造的外在世界，但另一方面我们可自由地应用他所赋予的创意和想像力。

■ 数学的救赎

若数学历史教导我们什么功课的话，它就是基督信仰在科学和学术界曾经扮演，和必须扮演的重要角色，数学的历史是因与基督信仰互动的关系来发展。我们并非强调早期的数学家的信仰与今日的福音派基督徒相同（译者按：接受圣经为信仰的权威

者)，但是他们接纳一套广义的基督化世界观——世界有条理因为神创造了它；按神形象被造的人可洞察这些条理；研究被造物可荣耀创造主。在名人如哥白尼、开普勒和牛顿的笔记本中漫溢了因创造物的条理而赞美创造主的颂词。

但是外来的毕达哥拉斯因素也在影响数学，最终将它变为人的偶像。无可避免地，数学的偶像倒台了，今天的数学已不被认为是发现世界真理的途径，反之，它被用作方便人类的工具。纯数学以之为与游戏相同的一套形式系统，用作解释内含的谜的渠道而已。应用数学家则用它做为科学与工程上的一套实用工具。

在这里基督徒可以对数学作救赎性的影响，圣经中所言的偶发性（见第四章）暗示被造物实在是有序和结构，可借着数学来知晓。数学是显示了真理，但它不是一套自立的与神无关的封闭系统，它是偶发性和开放的。在这里基督信仰可以重新为数学拾回应有的尊严——数学不是自立的确实的真理的来源，却是一套可靠的、可用来在神所造的世界中寻获真理和自由发挥的渠道。

第四卷

第二场科学革命



是否一切都是相对的？ 物理学的革命

“1919年5月29日是现代社会的开始”，历史学家 Paul Johnson 以这句话作为它的历史巨作《现今时代》的开场白。在那一天对日食的照相显示出星光并不是直线的，在它接近太阳时变成曲线，这些映线被用来证实爱因斯坦倡导的曲折的太空的理论，也同样地证实了他的相对论。

当这日食的观测结果被广为传播之后，爱因斯坦的理论像晴天霹雳地震撼了思想界，物理学家和哲学家怀特海解释说，这是近三百年来牛顿的物理学被有效地摇撼。

并非只有科学界察验爱因斯坦理论的庞大影响，普罗大众也被深切地影响。虽然很少人清楚地了解相对论的科学内容，但这名词却在一个趋向相对主义的社会引起共鸣——他们在怀疑传统的确实性。要是爱因斯坦的理论推翻了牛顿的绝对时间和空间的理念，那么它在道德上和哲学上的绝对标准有何含义？Johnson 作如下的解释：

“错误地但无可避免地，相对论与相对主义混淆不清，它成为割裂……与犹太基督教传统联系的绳索的刀，使社会被释放自由漂流。”^①

Johnson 说没有比爱因斯坦本人更迫切地被这种混淆所打扰，

爱因斯坦并没有摒弃科学上的绝对；在本章中我们会看到他不过是以物质上的绝对（光的速度），取代了牛顿形而上学的绝对（时间与空间）而已。

但这究竟是什么意思？这就是本章的主题：我们的目的不是详述相对论，市面上有几套解释这题目的著作，我们将只谈及它与哲学和基督信仰有关的科学论据。

■ 爱因斯坦的狭义相对论



照片中左者为爱因斯坦，右者为英国著名的天文学家爱丁顿（Arthur Stanley Eddington, 1882 - 1944），他是真正懂得爱因斯坦相对论的人。

很多普及爱因斯坦的的书标榜它怪诞的后果——会迟钝的时钟，会缩短的量尺，会转弯的光线。这些说明可能是戏剧化，它的娱乐性高于它的教导性。我们在这里的目的是要阐明爱因斯坦的思路来陈述相对论如何影响哲学和文化。^②

爱因斯坦理论的主要效果是使时间与空间相对化。这是什么意思呢？试想你若坐在正在开行的地面火车上观察迎面而来的火车，究竟是你的火车在移动，抑或是对面的火车在移动？要是对面的火车在慢慢加速，你可能一时很难确定。

你也不能单凭看着火车本身作回答。你若只观看对面的火车的话，你只能说这火车与你坐的火车在相对中彼此移动（相对动作）。如果要确定那部火车“真在移动”的话，你需要定睛在月

台上，正在离开月台的火车才是“真在移动”。

但爱因斯坦可能指出的事实是月台本身也正在移动，当然它是以地球为基础，但地球也是与太阳相对转动，太阳也与银河星系相对转动，银河星系也与固定的恒星（其实也不真是固定的）相对转动，总言之，任何动作都因着一个参照相对移动。但是究竟什么参照架构才是在完全不转动的静止状态？爱因斯坦说，世上没有这个参照物。

我们再用另外一个例证来进一步说明。试想你在太空中驾驶一艘太空船，迎面而来是另一艘太空船。究竟是它向着你飞来，或是“你”向着“它”飞去？（均衡的动作是一个科学术语，指直行等速的动作而言），你只能观察到在两艘太空船之间的距离在缩短，但是你不能确定是哪一艘太空船在移动或两艘太空船都在移动。在太空中并无地上的月台作为参照。

究竟有没有不以相对移动的途径来确定的绝对参照？牛顿说有，他的教导说空间本身是绝对的参照，空间就是一切动作的“月台”指标——在其中一切移动或静止的物体可运作但本身在歇息的地位。

牛顿的绝对时间也是绝对的参照——一般平稳进行的涌流包含了一切在时间中发生的事物，他这样说：

“绝对空间是永远地不变和固定的，这是源于它的本质，不需要与任何外在的事物相关；绝对或真实的数学时间不断地前行，根据其本质均衡地涌流，不顾任何外在事物。”

在第四章中我们看到牛顿以这些观念为类似宗教性的立场，绝对的空间代表了神的无所不在，是他本体的引申，绝对的时间代表神的永恒，是他本体的长存，一切被造物的生活和动作都在于此。

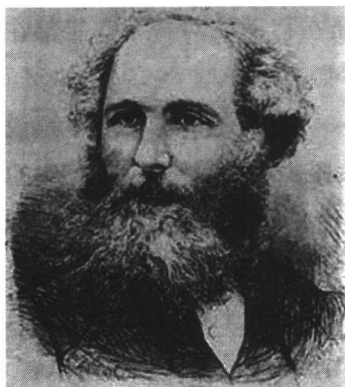
但在牛顿以后，他的神学解释被摒弃，绝对时空变成完全的

形而上的观念，而爱因斯坦完全将两个立场都否定了。他说宇宙中并无任何“月台”或参照，可据此告诉我们究竟一个物体在绝对状态中是否在移动或是在静止。同样宇宙也没有一个好像滴答向前的时钟一样的绝对时间。爱因斯坦的时空都是相对的。

爱因斯坦怎样想出这些观念来？上面已提到他以光的速度来取代了牛顿的绝对时空。这是了解相对论的要诀。

爱因斯坦的出发点是光速在任何参照架构中都是不变的，一切其他的关系都像定理一样由此立场引申而来。

■ Michelson 和 Morley



麦克斯韦尔



赫兹

相对论的来由可溯自发展电磁学的伟大科学家如法拉第 (Michael Faraday, 1791 - 1867), 麦克斯韦尔 (James Clerk Maxwell, 1831 - 1879) 和赫兹 (Heinrich Hertz, 1857 - 1894)。麦克斯韦尔发现光是电磁力的一种，但是没有人能解释电磁力如何从一处伸展到另一处。一般的假设是它们需要借着某种物质为媒介。

试以声波为例，它们经过空气、水或其他媒介，在没有媒介

第八章

是否一切都是相对的？物理学的革命

的地方——如真空，就没有声音。在爱因斯坦以前，光也被认为是波，科学家也认为它需要媒介来运动，但是这媒介是什么？没有人能查验它，所以它的存在一直是一个假设而已，但科学家对它的存在有很大的信心——他们以“以太”（ether）为之起名，意即它是超凡的——以各种不同的假想来形容它。

宇宙被认为是充满了以太，包括物质本身的空隙处，它变为绝对空间的物质本身，它成为宇宙中的一个定点——恒星与行星根据它来转动的不动背景。

但是这以太的理论有很多难题，不单它很难被查验，它被认为具有的特征也是过分的复杂，说它是充斥万有的、没有阻力的、透明的、不能压缩的和有固定密度。但是如何以力学上的质量来形容这些不同的特性是相当困难的事实，而且有些特征是互相矛盾的，一方面它需要让任何物体完全渗透，另一方面它又要是完全坚硬的才可支撑直行的光线。

在1887年两位美国科学家 Albert Michelson 和 Edward Morley 做了一个被大部分科学家认为是有关以太最重要的实验。他们的思路是这样：若地球是在以太中移动，它的动作应可借着以太的“风”来查验，正如把手伸出一辆在移动中的汽车的窗外可查验外边被搅动的风一样。在 Michael - Morley 的实验中的“手”是一束光线，更准确地应是两束彼此垂直的光线，与以太风背逆的光线应比其余的一束缓慢（显示以太的“累赘”）。

但当他们做完这实验时，他们被他们的结果吓呆了，两束光线有相等的光速，并无任何所期盼的以太的累赘，无论这些光线从哪一个角度出来，从哪一个角度来观看，它们的光速都是相等的——并无增减。^③

科学家为此觉得困惑，但爱因斯坦却下了一个戏剧化的结论。他以不能观察的就不能说是存在的实验立场，决定以太是“不存

在的”，他宣称光不需要媒介；空间有传播光的特性。既然以太与绝对空间之间有密切关系，以太的摒弃也牵涉到绝对空间的摒弃，爱因斯坦因此认为一切空间都是相对的，没有绝对的参照，其实“空间”不过是形容两个物体之间的相对距离而已。

■ 伽利略的相对论

但是爱因斯坦的狭义相对论不单是否定了绝对空间，我们需要从历史上的例子来充分了解这个命题，让我们看看由伽利略和牛顿首先倡导的早期相对论。

这套早期的相对论的目的是要支持哥白尼的天文理论。当时一个从古希腊思想借来反对日心论的惯例是这样：亚里士多德曾说若地球在旋转的话，抛上空中的物体再降落时会稍微离开本位（因为当物体在空中时，地球已稍微转动），但这事并没有发生，因此地球不可能是在旋转。

在伽利略时代，日心论的反对者重申这立场，但用更详尽的形容词，要是地球是在旋转的话，我们需要将它旋转的速率加在任何动作的计算之上。更准确地说，若地球以每秒二十英里的速度在太空中旋转的话，我们要计算任何与地球旋转方向相同的速度时加上这数目，方向相反的则减去这数目，这样的物理计算才准确。

伽利略的回复是相对论，他说若假想一条船在一个平静的海上以等速直行（不变的运动），若船上一个水手将一个球体抛上空中，因为船在移动，若亚里士多德是对的话，这球体应落入这个人的背后，但是事实上这球仍会落入这个人的手中，这与船在海中不动时的情形无异。

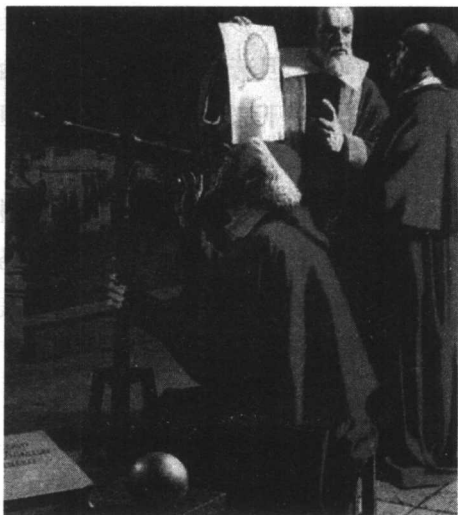
伽利略的结论是：若船是以不变的速率移动的话，物理的定

第八章

是否一切都是相对的？物理学的革命

律应用在空中的球体的效果与在不动的船上的是完全一样的；在船上的人无法以抛球或其他实验来证实船是在移动，因为它们的结果与在不动的船上没有区别。唯一可证明船在移动的办法是往“外”观看——看船外的海和岸边。

在哥白尼的理论中，在太空中旋转的地球就像海中的船一样，伽利略的相对论说物理定律在旋转



伽利略和他的助手们正在进行观测。

的地球或不动的地球上的效果是完全一样的。这就是为何我们不需要在任何动作的计算中加上地球的旋转速率，以及向空中抛上的球必落在原位的原因——正如伽利略水手的例子，地球的旋转没有影响任何地球上的物理现象，因为它们是与不动的地球没有分别^④。

为要了解为何伽利略的相对论有效，我们需要理解惯性的观念，惯性是在无外界影响之下的物体表现。亚里士多德教导一切物体的本质是静止状态，一个在地球上转动的球最终要停下，一支在空中飞翔的箭最终缓慢掉落下来。

但是伽利略了解这些日常经历被多种阻力所复杂化，球停下来是因为与地磨擦，箭掉落乃是基于空气的阻力，所以伽利略假想一个完美的境界，其中全部外在阻力都被挪走，他发现有两种惯性状态：静止状态和始终如一的动作。

试假想在抽象太空中漂流着的桌球，若一个球在静止状态，

没有任何外来的影响力，它会不会自然开始移动？当然不会，它会继续静止。但若球正在滚动，没有任何摩擦和空气的阻力，它会不会自动停下来？不会！它会永恒地滚动，所以静止和滚动都是惯性。

因此相同的物理定律应用在两种情况之下，当伽利略的船在码头停泊，它是一种惯性，要是在码头停泊船上的水手手中的球被抛高然后掉回原处，那么这球的表现与在匀速航行的船上会是完全一样的。

■ 不同角度的见解

但是对于一个站在岸上的人来说，这是一种完全不同的状况，当船停在码头时，在岸上的观察者见到球被抛上而降落的路程是一条直线；反之，他看到在移动中的船上的球抛高在空中经过一条弧形的抛物线再降落，原因是当球在空中时，船已移动，若球要降落原位，需要同时稍为向前移动。

这状况似乎彼此冲突，若水手所见的球抛上降落的路程是一条直线，但岸人所见的球抛上降落的路程却是一弧形的抛物线，谁的观察才是对的？在一个惯性状态中（移动的船）的球的一种途径似乎与在另一个惯性状态中（在不动的岸上）球运行的途径不一样。球究竟如何“真正”地抛上而降落？谁的观察才是对的？

根据相对论的看法，两种观察都是对的，在各种惯性中的参照都是一样的，要是我们需要“证实”它们是一样的话，只需以加上或减去在移动中的参照物的速率的方法来转移参照物便可。在岸上的观察者要体验在移动的船上的水手所见的球的路径，只要将他的计算值“减去”他衡量的船的速度。若在船上的水手要知道在岸上所观察到球的路径，他将船的速度“加上”他自己的

计算便可。

让我们简化这说明，比如你在攀上一级楼梯然后上另一级自动扶梯，叫在楼下的人测量你的速率。若你开始上楼梯的速度是一小时二里，当然，楼下的人也量出同样的速度。但当你踏上自动扶梯而仍然以每小时二里的速度往上爬的时候，楼下的人量出来的速度是每小时五里，原因是加上自动扶梯每小时三里的速度。

另外的例子：若一艘轮船以每小时五十里的速度航海，你在船上以每小时五里来行路，在岸上的人观察到你的速度是每小时五十五里。若一架喷气式飞机的飞行速度是每小时六百里，你在机上以时速三里行过机舱，以地上一位固定的观察者为参照的话，你的航行速度是每小时六百零三里。

这是速度相加定律，以固定参照来观察的速度（ V ）等于在移动的指标的速度（ v_1 ）加上物体本身的速度（ v_2 ）

$$V = v_1 + v_2$$

这速度相加的定律可使人转移计算动作的指标，伽利略的相对论解释为何人在不同的指标中有不同的测量但仍是没有错误的，只要用以上一系列简单的计算，我们可使一套测量改变为另外一套——因此以同样的物理原则来解释两套不同的观察系统。

■ 伽利略看错了吗？

这种背景可帮助我们了解爱因斯坦的狭义相对论。爱因斯坦有兴趣研究电磁现象，尤其是注意光，但是他发现一个矛盾的地方，麦克斯韦尔计算波动力学的方程式指出波动的速率只根据媒介的性质，与波动的来源是否移动无关，譬如火车汽笛从一辆正在行进很快、行进很慢或不动的火车发出都是同时到达在地面

上的一位聆听者。^⑤

麦克斯韦尔的方程式也同样地应用在光波上。光速是每秒钟 300 000 公里 (c)，在一真空中的光速应是一样，不论光源如何移动（真空是必须的，因为光波在水中和空气中都会变慢，但在空气中和在真空中的光速差距太小，我们在此将它略过不谈）。若我们以车头灯取代了上述的火车，其中发出的光线同时到达一个在地上的观察者，不论车头灯是快速地移动或是在静态中。

若麦克斯韦尔的方程式是对的话，我们就与速度相加定律有严重的冲突。试想若火车停下来，司机将车头灯亮着，他见到的光速应是 c （我们当然是假想有人能观察这样快的速度）。现在让我们看看在轨道上的等速移动的火车，若司机这时亮起车头灯的话，他应与停下的火车一样见到同样的光速 (c)，这是伽利略的相对论：一个静止的人应与在移动的人做出同样的观察结果。

但是一个外来的观察者——譬如一个站在月台上的人——他所见的就不是一样。根据速度相加定律 ($V = v_1 + v_2$)，当火车在轨道上前进时，他见到光的速度 c (v_1) 加上火车的速度 (v_2)，若火车的时速是一百里，那么在月台上这观察者见到火车车头灯以 c 加一百里的时速移动。

但这与麦克斯韦尔的方程式冲突，因为它说光以同样的速度达到站在外面的观察者，不论它是快速地或缓慢地移动，或在静止状态。换句话说，在月台上的人应仍然看到火车车头灯以 c 的光速来移动，不受火车移动的速度所影响，因为若速度变为 $c + 100$ 里就与麦克斯韦尔方程式抵触。

换言之，伽利略相对论的重心——用作移动的物体的速度相加定律与麦克斯韦尔的方程式冲突，这就是爱因斯坦要解决的矛盾问题，他怎样使麦克斯韦尔的方程式与伽利略的相对论协调。

■ 当时间缓慢下来

爱因斯坦以古典物理学计算速度开始——距离除以时间 ($V = d/t$)。我们在旅行时都会做这种计算，若我们在两小时驾车跑了一百二十里，我们晓得速度是 $120 / 2$ ，即每小时六十里。

但在光来说，这简单的方程式似乎派不上用场。让我们回到上述火车的例子，我们若让在月台上的观察者用一个计时的秒表算到的时间是 t 。若火车是在静止状态而司机将车头灯启亮，观察者见到的光速是 c ，若以 c 在上述的方程式中取代了 V 的话，我们的新方程式是 $c = d/t$ （光在一段 t 的时间内移动了 d 的距离。）

若火车的时速是一百里，这时若司机启亮他的车头灯，当月台上的观察者启动他的计时秒表时，车头灯的光应该在“同一段时间”内移动到“更远的距离”，因为火车的速度使灯光加上了时速一百里的冲劲。

若用 $c = d/t$ 来计算的话，时间 t 是一样的，但是距离 d 却比较远。在普通的情形之下，速度 (V) 应会改变，但麦克斯韦尔的方程式却说 c 不能改变，因为光速与光源的移动速度无关。在数学上来说唯一的解答方法是 t 要被改变，时间在移动的火车上相对于在月台上的观察者来说以不同的方式度过。它是慢了下来。这就是爱因斯坦的时间膨胀理论 (time dilation)。

普通用作说明时间膨胀的书采纳一些与直觉相反的故事：譬如像孪生兄弟的吊诡，一对孪生兄弟分别在太空船和在地球上，当在地上的孪生弟已是老人时，在太空船上的孪生兄还是一个小童。但这种故事并不能说明爱因斯坦的思维。他的相对论乃是纯粹的逻辑推理，若光速 c 是一个普及的常数，若 d 改变的话，那么 t 一定要改变，这完全是数学上的运算。

但时间膨胀不单是一个逻辑理念而已，科学家同时也尝试用实验方法来证明它，因为这种时间的改变太微小，不是可以在日常生活中查验出来，唯一可观察到时间膨胀的情形是当火车的时速接近光速，用火箭上计时秒表来衡量，时间似乎比在地球上缓慢了下来。在高能粒子加速器中，在活动中的粒子比不活动的粒子能持续久一点才衰退。今日大部分的物理学家都以这些数据为爱因斯坦的时间膨胀理论的实验证明。

一个常见的说明时间膨胀的例子是远景。若张三与我并肩而立，然后他步行离开我，他好像个子越来越小，我们当然不相信他的个子真是缩小了。我们假设当张三和我并肩而立时是“特权的透视立场”——因为使我们看到张三的真实大小——而他在五十米以外的缩小个子是远景的关系。

但在相对论中我们没有“特权的透视立场”，每一个惯性的立场都有相等的地位。若我们将相对论应用在远景的话，我们可以说活在五十米以外的张三的个子真是缩小了——在那个参照之下。我们没有任何“特权的透视立场”，作为衡量他的“真正”大小的根据，在每一个参照系中都有自己的衡量大小的尺码。同样地在爱因斯坦的时间膨胀理论中，并没有一个参照系是可用作调整“真实”时间的根据，在每一个参照系中都有它自己的时间标准。

但同样地（这是相对论奇异的地方），在“张三的参照系中”“我们”的个子也实在是缩小了，每一个人在其他人的参照系中都是缩小了。在我的参照系中，我有正常个子大小，但若张三站在五十米以外，在他的参照系中，我只有六十厘米的高度，正如张三一样。我没有“真实”的大小，我的大小在我的参照系和张三的参照系中是完全不同的。

这理论好像是天方夜谭，但原则上与伽利略数百年前的慧见是一样的，在船上的水手看到抛在空中的球降落在原位的路线是

一条直线，但在岸上的人所见的同一事件却是一条弧形的抛物线。究竟谁对谁错呢？两者都对。我们可以用速度相加定律来证明二者相等。

当我在自动扶梯上行走时，我的时速是两里或是五里（当然两者都是对的——在乎时速是以自动扶梯抑或以楼下的不动点作为衡量的参照。当我们在飞机上行走时，我们的时速是否三里抑或是六百零三里？二者都对——在乎以飞机还是以地上的参照为根据。当我们考量各种不同的参照系的时候，这两种透视的立场是相等的，爱因斯坦的贡献乃是指出时间按照不同的参照系来衡量。

■ 没有比光更快的东西

狭义相对论还有几种奇异的影响，但都是假设光是一个常数的结果。

譬如爱因斯坦理论的引申之一是没有比光更快的东西，要是一部机动车辆加速到近光速时，它的加速会越来越缓慢。

乍一看来，这个原则似乎是任意而为，为何一个活动的物体的移动速度有某种限制？要了解爱因斯坦的计算，让我们回到喷气式飞机的例子，以地上观察者为参照系的话，我在机上的时速是六百零三里（ $V = v_1 + v_2$ ），但是根据爱因斯坦的相对论，这条从古典物理学延伸而来的定律不大恰当。因为喷气式飞机参照系有时间膨胀的影响，即在外边的观察者的参照系中，时间在缓慢下来。根据这种延伸，爱因斯坦使用了一条新的运算方程式代替了 $v_1 + v_2$ ：

$$\frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 v_2}{c^2}}$$

c 是一个庞大的数字，在真空的光速是每秒钟三十万公里，在通常情况下除来的分数是极微小，所以与 $v_1 + v_2$ 的差距是很微小的，这差距直至与光速接近的速度时才会成为可观的。我们现在可以看看加速这问题，若 v_1 和 v_2 的数字越来越大时，速度相加之后与原来的速度的差距越来越小。要是我们夸张地假设喷气式飞机以光速来飞行，我在机上也以光速来行走，那么以地上为参照的速度总和是 $v_1 + v_2$ 或是 $c + c$ 等于 $2C$ ——光速的两倍，对吗？

错了，要是按照爱因斯坦改编后的方程式，虽然分子是 $2C$ ，但整个方程式应是：

$$\frac{2C}{1 + \frac{C^2}{C^2}} \quad \text{等于} \quad \frac{2C}{2} \quad \text{就是} \quad C。$$

所以当乘客与喷射机都以光速来移动时，它们速度的总和仍然是 c 。结论：若爱因斯坦的方程式是对的话，没有任何比光速更快的东西^⑥。

■ 质量越来越庞大

另外一个相对论所带来出乎意料之外的引申是移动越来越快的物体的质量会变得越来越大。单在加速后就可增加重量似乎是很奇怪的结果，但这也是数学根据相对论推理而来的。我们只是直接应用爱因斯坦在古典物理中的方程式。

在惯性中的质量的执行定义是要用多少动力才可使一个物体加速——或是反过来说，一个物体如何阻碍被加速的趋向。牛顿用 $F = ma$ （动力等于质量乘以加速）来代表动力与加速之间的关系，这方程式可改写为加速（ $a = F/m$ ）或质量（ $m = F/a$ ）。

若将这方程式应用在一个电子上，当电子在静止状态然后开始加速，它的加速可用牛顿的方程式来计算： $a = F/m$ ，但要是电

子已在移动而我们要使它更快速地移动，在移动中的指标需要涉及相对论。所以爱因斯坦将牛顿的方程式改编为：

$$a = F/m \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{\frac{3}{2}}$$

让我们夸张地假设电子已以光速飞行，所以 $v = c$ ，我们能否再使它继续加速？若 $v = c$ ，上述的方程式中的括号内的数目是 $1 - 1 = 0$ ，任何数字乘以 0 都是 0，所以 $a = 0$ ，换言之，电子不能再被加速，若它以光速飞行的话它不可能再被加速，即使你继续推进电子，它也不再增加它的速度。

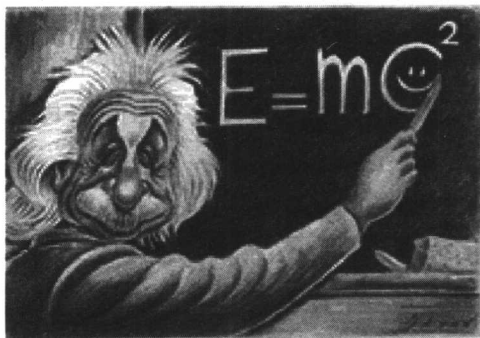
既然一个在惯性中个体的质量是它阻扰被加速的力量，那么在一个电子的速度与光速越来越接近时，它的质量便越来越大（它越来越能阻扰被加速的趋势），不过我们不应以为电子变得越来越大。这原则只告诉我们越来越难使电子加速，这现象被物理学家在加速器中试验过，他们发现当一个粒体越快地被加速，就越来越需要更庞大的动力才可使他加速更快。

■ 质量与能量的转换

现在我们来看法因斯坦狭义相对论最著名的结论：我们刚说到当一个粒体移动的速度越来越快的话，我们需用越来越大的动力才可使它更快地加速，原因是什么？在移动中的粒体并没有获得任何使它变大或变重的东西。唯一分辨一个在移动中的物体和一个在静止状态的物体就是它的运动，我们可称呼它为它的能量——因为在移动中的粒体具有动能。当一个粒体越来越有动能，它就更难被加速。

在古典物理学中我们已学到一物体的质量越大，所需要使它加速的动力就更大。现在我们学到一物体的能量越大，所需要推

使它加速的动力就更大。一个自然而来的结论是质量与能量在某个程度上是相等的，这就是爱因斯坦的结论，他认定能量像物体一样有质量。



爱因斯坦与他的质量与能量转换公式

同时他以数学方法从反面来证明他的结论——他证实质量具有能量。他采用相对论来改写了几条牛顿的方程式从而得到 $E = W + mc^2$ (E 是移动中粒子的能量, W 被牛顿用来代表所做的运动), 若粒子在静止状态——即是并无任何能量作用在这粒子上, 那么 $W = 0$, 那么这公式变成 $E = mc^2$, 意思是说就算一粒子在静止状态中也有等于 mc^2 的能量。

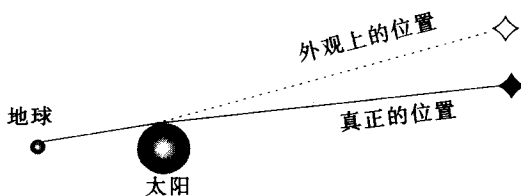
这就是著名的爱因斯坦的质量与能量的转换公式, 他将它总结为: “能量有质量, 质量也有能量。”^⑦

■ 为何光线是弯曲的?

这引进我们有关相对论的最后一个结论, 一束光线具有能量。我们刚说明了能量是有质量的, 质量受万有引力的影响, 因此从逻辑上来说, 光也受万有引力的影响。^⑧

这就是在 1919 年被壮观地证实的预测——在本章开始时所提及的。在日蚀的时候 (使遥远的恒星更容易被人看见), 一个与太阳质量相等的恒星似乎被稍微移动了。这现象的解释是星光经过太阳时被太阳的万有引力所弯曲了。

当然若光线受万有引力影响的话，一切电磁系列都有相同的效果。在20世纪70年代登陆火星的Viking太空船发现从火星发射到地球的电波被太阳的万有引力稍微弯曲，更加证实了爱因斯坦的理论。



(图一)

相对论的吸引人的地方是根据简单的数学推理带出出乎意料之外的结果。当爱因斯坦试图协调用在波动力学上的麦克斯韦尔方程式与伽利略的速度相加定律的公式时，他只需要以此来改写古典物理学上的公式，虽然有很多一反常理的结果——时间慢下来、质量增加、长度缩短（在此并未描述）。数学上的计算简单而精巧，当爱因斯坦决定光速是一个普遍性的常数后，一切相对论的结果都可从纯数学的推理来获取。

■ 广义的相对论

爱因斯坦的狭义相对论指出时间与空间都是根据观察者的参照系而定，摧毁了绝对时空的观念。还有一个反对完全相对化的空间理论问题需要爱因斯坦来答复。在解答这问题时他发展了广义相对论。

大多数普及爱因斯坦思想的书在读者面前炫耀他的弯曲空间和太空旅行的升降机，但却没有告诉他们这些东西的意义，爱因斯坦为何想到这些奇异的意念？究竟他要解决的是什么问题？

我们需要重述爱因斯坦时代的科学背景才可了解他的研究动机。在他的时代中运动本身是绝对或相对这问题并非冷门，牛顿也曾与他同辈的哲学家和数学家莱布尼茨辩论过这问题。莱布尼茨像爱因斯坦一样曾争辩说一切运动都是相对的，当两个物体在以彼此为参照而做均速的移动时，我们无法用观察方法来分辨究竟哪一个物体是“真正地”在移动。回想上述在真空中的两艘飞船，单靠观察到两船的彼此接近或分开，而不靠一个外在的参照，我们不能决定究竟哪一艘太空船在移动，抑或两艘船都在动。

牛顿在这点上同意莱布尼茨，但是他加进一个附加的条件，若我们以转移地点作为运动的定义，那么一切动作实在是相对的，但牛顿指出若要研究运动的主要动力和原因，这个论题便完全改观。若我们以动力的立场来研究运动的话，运动不可能是相对的。

当我们的太空船改变它们的速度或方向时，动力就会产生效果（在物理学中上述两种情况都是加速）。术语上惯性的定义是在没有外来动力条件下在物体中运作的情况；加速是在“有”外来影响力的状况。

加速是可查验到的现象——借着从反面逆转而来的动力，让我们联想到一些熟悉的例子。要是你坐的汽车向前加速，你会被抛向后，若车子突然转左，你被抛向右，要是车子作一百八十度大转弯，你会被离心力抛到外边。牛顿说这是认识绝对运动的工具，我们以反动力来体验到运动的变迁——加速，我们也可以反动力的不存在来体验静止时的惯常状态。

爱因斯坦的狭义相对论只应用在以均速移动的惯性中，但在他完全建立相对论前，他也需要涉及加速的运动。因为牛顿的论点在乎动力，爱因斯坦的动机是要使动力这观念也相对化，他要证明动力也非绝对的，而是因参照系而异——那么它们也变为相对化。

万有引力是宇宙中最主要的动力中的一种，牛顿的万有引力定律为哥白尼的天体系统立下动力的根基，因此爱因斯坦要针对万有引力来使动力观念相对化。

他开始搜寻除却万有引力外能做成同样效果的其他因素，若找到的话，那么采取哪一种动力来做成同样的效果就是不同参照系的“选择”而已——意思是动力也变成相对化。

爱因斯坦证明加速是这种其他动力，试想你在一艘以与地球的万有引力想等的动力来加速的太空船中，你能否知晓你是坐在太空船中，还是住在地球上？若太空船有窗户的话你当然可往外观看，但我们要指明它没有窗，你能否以在太空船中的感受来决定你在哪里？

答案是否定的。只要太空船以均速地加速，你可像在地球上一样地在太空船上作息——不是因为万有引力将你像在地上一样吸住，而是因为甲板基于太空船的加速关系向上压着你的脚底。只要太空船的加速是以均速进行，它的效果与万有引力无异。

爱因斯坦的结论是加速与引力是相等的——不能以实验方法将两者分开。总之他成功地将两者相对化，使它们依靠不同的参照系而定。我们可以选择在太空船中所感受到的向下聚的力量是万有引力抑或是太空船加速的效果^⑨。在爱因斯坦的广义相对论中，他不单以时间和空间为相对化，他也使动力变成相对化。

■ 弯曲的空间

但爱因斯坦并没有在此停下来，他继续宣称万有引力根本不存在，是一种假设出来的动力。他倡导另一个假设来解释引力：质量本身有一可弯曲在其附近的空间，使附近的物体加速。

让我们以一桌球的桌子上有一薄的胶片拉长来遮盖为例，若

将一重的大铅球放在其上，这胶片就会在中间陷落，若你要将一枚玻璃弹球滚向离开铅球的地方，这弹球的路线一定被弯曲，弹球会向着铅球滚去。

同样地，像太阳一样的巨物使在其附近的空间弯曲了，环绕太阳的行星的旋转乃是如玻璃弹球在一个大圆碗中滚向铅球一样。根据爱因斯坦的理论，物体之间见不到的彼此吸引的动力是不存在的，取而代之的是：庞大物体弯曲在附近的空间，使其他物体的路径偏离了原轨，一个物体之所以“自由”地坠落，因为没有任何动力在影响它，它坠落的方向是在于它附近的空间的结构。

这就是爱因斯坦对牛顿的答复，他不单将万有引力的动力相对化，他更进一步宣布它根本是不存在的。他也彻底地改变了空间的观念，空间不再只是宇宙上演不同事件的空台，而是在影响宇宙事件。在一个庞然大物的附近，空间有地形和结构，正在影响天体的轨道。天文学家 Eric Chaisson 做如下之解释：

“正如弹球在被弹球机弹出之后不能再沿着一条直线滑下，同样地空间的形状使物体沿着曲折的途径移动（被称为地质月轮）。”^⑩

这种万有引力的观念与磁场相似，正如一块磁石影响其附近的物质特性，同样地一个质量也在其四周空间制作了被称为引力的状况，好像磁场引导一块铁的动作，同样地一个引力环境的几何构造也决定了在其中的物体的动作路径^⑩。

有趣的事是爱因斯坦的相对论在实验上的效果是十分有限的，只能在极快和极庞大的领域中才可应用。而其余的一切——包括差不多一切日常经历——与古典物理学的预料相协调。因此科学家被相对论的吸引非因它更能适应现实，而是基于它的数学上的精巧和观念上的简洁。

■ 是否一切都是相对的

对爱因斯坦理论的反应差不多普遍性都是正面的。在一般科学理论的研讨中一定有反对和支持的立场，但我们却差不多完全找不到对爱因斯坦的批评，只有少数在学术界有名望的人才会公开地批评他^⑭。

最著名的批评爱因斯坦的学者是已逝的 Herbert Dingle，这位著名的物理学家本是爱因斯坦的忠实信徒，后来他却认为相对论有几处逻辑上的缺陷。譬如以时间膨胀来说，Dingle 说若两个人以不同的速率来移动，谁的速度较快的话，他的时间就会膨胀，他衰老的过程就缓慢下来，但是因为一切的动作都是相对的，二人中谁可说比其他一人较快呢？Dingle 写道：“若相对论不给我们任何分辨的标准，它的结论必然是二人中每人都比其他一人衰老得更缓慢。”这是逻辑上的矛盾^⑮，但是大部分的物理学家都不受 Dingle 的影响。

既然在科学界也很难找到批评相对论者，在科学界以外就更难找到异议。第一次世界大战后爱因斯坦的理论刚被公布，社会的反应是巨大的，正如物理学家 P. A. M. Dirac 所言：“人们需要忘记刚过的战争，他们需要一些新的东西，相对论突然面世…使每个人都感兴趣。”^⑯

艺术家和诗人热烈地宣扬这观念。一位艺术家写了一篇“相对论与立体主义”的文章给爱因斯坦，说立体主义正如相对论一样可“容许人同时从几个角度”来观赏一幅画。爱因斯坦回信说他误会了相对论，但爱因斯坦的话并没有冲淡这画家的热忱，其他人也与他一样仍继续试验各种角度的立场^⑰。

像 William Carlos Williams, Robert Frost, Archibald Macleish, E.

E. Cuming, Ezra Pound 和 T. S. Elliot 这些诗人都在他们的作品中谈及相对论，或企图将它演绎成为艺术风格。譬如 Williams 采用一种新的诗章中可变的韵律，称它为“相对化”而非坚实的安定词句，在诗人中有相当影响力。另外一位小说家认为“相对论乃是直接地带来了抽象画、无韵音乐和没有形式的文学作品”。^④这当然是一种夸张，但它形容了爱因斯坦理论的普及影响。

普通人认为相对论支持第一次世界大战后西方社会中所流行的消极相对主义，报章杂志不断地出版普及爱因斯坦理论的文章，其中很少有物理成分，却有很多的哲学——大部分是对“绝对主义”的抨击^⑤。1919年伦敦时报的一篇文章做下列的结论：

“最伟大的数学家们坚信已有足够的实验证据来推翻年代久远的确定性，来要求一种可除去差不多所有从前被接受的物理学上公理根基的科学。”

稍后同样的报章向读者保证说这种新哲学的种子就是相对主义：“天涯海角和古往今来都是相对的，而非绝对的，它都因被选择的经纬线和地点而改变。”纽约时报还开玩笑地说连乘数表也可能不再可靠了^⑥。正如 Loren Graham 所说，“相对论在普通人眼中是反对绝对标准和价值观的理论”。要是时间与空间都在改变的话，人们怎能持守任何“可靠的标准”^⑦？

因为相对论的计算也以观察者的立场做为指标，这理论似乎会延伸成为主观主义，讽刺性的是唯物论所认为是最真实的因素——质量与速度——被相对论转变为是根据观察者而来的主观立场。从伽利略时代开始，质量与速度一直被认为是首要的品质，足以形容物体本身，不需要倚靠观察者的经历（不像次要品质如味道和嗅觉），但是在相对论中这些首要的品质被证实为因观察者的参照不同而异。^⑧

爱因斯坦本来努力地尝试（虽然不成功）缓冲他人滥用他的

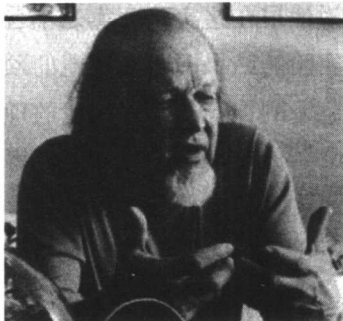
第八章

是否一切都是相对的？物理学的革命

理论，他强调他不是“哲学上的相对论者”，也没有抨击一切绝对的原则^②，其实他起初甚至不愿意用“相对论”这名词，因为它产生“哲学上”的误解。他喜欢称之为“不变理论”，因为物理原则不因着参照不同而异——每一个观察者无论在宇宙哪一个角落或以哪一个速度来移动都是根据同样的自然定律运作^③。

正如伽利略提倡他的相对论来保证在不同的指标下的基础动力定理，同样地爱因斯坦也是提倡他的相对论来保证在不同指标中的麦克斯韦尔电磁定律，他认为唯一使麦克斯韦尔的方程式不变的方法是使时间与空间相对化。对绝对时空的摒弃使科学家和普通人不觉得心安，但是他的目的是要保存自然定律——特别是以光速为代表的电磁定律。

已逝的神学家和传道者薛华（Francis Shaeffer）了解这道理，他曾论述相对论并不支持相对主义，虽然两个名词有相同之处，因为爱因斯坦的开场白是麦克斯韦尔的定律以“光速在宇宙任何一角落中的真空都是一样的”。^④



薛华

初看之下这似乎是一个不平等的交易，我们要摒弃如时空这样基

本的哲学观念，而以一个像光在特殊情形之下的表现这个微不足道的现象来代替。但在这章中我们已看到光速“不仅”是一个罕有的物理现象，它是爱因斯坦整个系统的奠基石，爱因斯坦以一个物质上的绝对光速取代了牛顿形而上的绝对——时空的观念。光速是物质世界的特性——能在任何惯性中衡量的物质数量常数，爱因斯坦盼望以这种新的不变常数来重整物理学。

牛顿的教导是时间与空间是绝对的，若是这样光速就需要变

成相对化。而爱因斯坦将它倒转过来，他以光速为绝对，以时空的间断为相对，从而成为取代伽利略的速度相加定律的新的转换定律。其余的相对论都是根据这些定律而来的数学推理。

其实爱因斯坦理论的严谨演绎性质促使他慢慢地从实验科学家的立场转变为纯理性的立场。物理学家和历史学家 Gerald Holton 指出爱因斯坦的一生中他从早期的实验主义（受感于 Ernst Mack）演变为注重数学和推理方面的科学研究。他在早些日子曾在一封私人信件中说他已根据数学上的理由对他的相对论“完全满意”，“无论日蚀的实验成不成功”。^⑧

当日蚀的结果被宣告时，爱因斯坦也保持他的安祥宁静。有一个与他当天在一起的学生记载说他对于新闻的宣告泰然处之，说他早在这实验证实之前已知道他的理论是对的。那学生问他若实验的结果不能证实他的预料他将怎么办，他的回答是：“我会为慈爱的神悲伤，因为我的理论是对的。”^⑨

他对理性主义的向往可从他的宗教观中看出，他说：“我相信



斯宾诺莎

斯宾诺莎的神，他并不关心人的命运和行动，只以有秩序的协奏来显示他自己。”斯宾诺沙（Baruch Spinoza）是在十七世纪时荷兰的一位犹太哲学家，他的理性化思想有欧氏几何的公理化和推理化的逻辑，对他来说，神不是能与宇宙分别出来创造世界的创造位格，反之，“神”不过是宇宙中的秩序的原则而已。

爱因斯坦有时提到神是一个位格，但他清楚地告诉我们在他心目中的神完全受制于理性的必须。爱因斯坦曾

第八章

是否一切都是相对的？物理学的革命

说：“神本身‘不能’采用任何其他与现存的（科学定律）关系不一样的机制来整理宇宙。”^⑧换言之，神没有选择的权利，科学的定律是神唯一可用做创造世界的途径。

很少人晓得爱因斯坦对理性主义的倾向，因为他推翻绝对时空的观念是如此具有革命性，很多人都只把他看作是古典物理学上的革命家，但爱因斯坦与牛顿的物理同样地是决定论，完全受制于决定性的自然定律。物理学家 Alan Freedman 说：“相对论也试图描述一个完全可被知晓的根据因果而来的宇宙。”^⑨神学家 E. L. Mascall 说：“爱因斯坦与拉普拉斯的宇宙都是同样地被决定论所控制。”^⑩物理学家 Stanley Jaki 神父说：“在理论物理学家中爱因斯坦是一位最相信绝对的学者。”^⑪物理学家 Nick Herbert 更认为爱因斯坦并无推翻牛顿的古典物理学，他更是完成了它。”^⑫基督徒物理学家 J. C. Polkinghorne 如此形容爱因斯坦的贡献：

“是古典传统中的物理最后一次盛放的花蕾，他保存了它的清晰的论述和毫不松懈的决定论，这些都是牛顿以来力学上的标记。”^⑬

换言之，爱因斯坦的相对论是简洁、精巧和数学上连贯的。真正推翻古典物理学的发现在爱因斯坦之后接踵而至——量子力学，这就是下一章的重点。

量子力学的奥秘： 理解新物理学

数年前在健康食品店中出现一本杂志称为“创造”，若打开封面看到它的出版目的为：“要整合圣经的基础和西方神秘的创造主义……和以地球中心的土生神灵的智慧和绿色主义、人文心理学和新的物理学。”

“新的物理学”，这与神秘主义和土生神灵有何关系？

答案是新的物理学（相对论和量子力学）往往被认为是支持各种神秘主义的科学。古典物理学是机制化的——客观的、决定性的和唯物的。但新的物理学似乎是主观的、不定的和唯心的（在哲学上崇尚心灵现实超乎物质现象）。^①

换言之，二十世纪的物理学上的革命产生世界观的革命，推翻了雄踞学坛三百年的牛顿系统。宇宙是一副冷漠没有人情味的机器的图画已被摒弃，人类是其中一个齿轮的形象也被涂抹，这是每一个在从牛顿物理学遗传而来的决定性世界观中感到恼怒的人的好消息。他们以新的物理学为伟大的解放者，它好像再次让人类享有尊严和自由意志的权利。

但是这革命也有不良的后果，世界的客观秩序已不再能被确定，人类对自己能发现有连贯性的真理的能力已不再有信心。英

国的物理学家 John Gribbin 以下列声明为一部有关新物理学的书作序：“量子力学告诉我们没有一样东西是真实的。”^②

为什么这种新的物理学产生这样不同的和使人心不安的声称？在科学方面，这种新物理学发现几个使人迷惘的现象，与古典物理的定律矛盾。但是究竟如何以新的方法来解释它们，更神秘的是它究竟有什么哲学含义，这是人言人殊的议题。

譬如量子力学揭晓了一个不能决定的领域，但它究竟是什么意思？不能决定是否只是人类无知的代名词（我们还不知道管理量子中的一切定律）？抑或这是物质中再不能简化的特性？这不能决定性能否使人类的自由有一个透气孔？是否它不过是揭晓了凌乱本身？到了今天，差不多是量子力学被发现的百年之际，科学家仍未能对上述问题的答案达成一致。

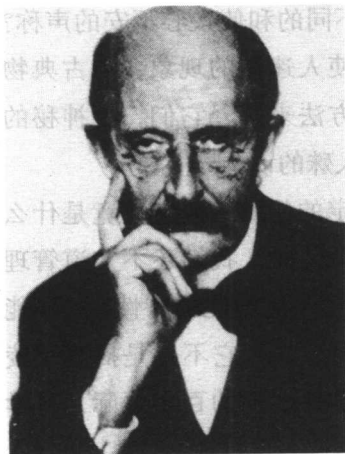
最有趣的是量子力学极有效地满足实用上和数学上形容原子世界的课题，但是在哲学上它却开启了更多的未能解答的疑问。物理学家确信量子力学的数学公式的效用，但是他们继续在争论它的本体性质（即它对现实的形容）。

J. C. Polkinghorne 本是一位物理学家，后来变成圣公会牧师。他形容量子力学“像人指出给你看一座漂亮动人的皇宫，但却告诉你不知道究竟它的根基是建在坚硬的磐石或是在移动的沙土上。”^③意大利物理学家 Enrico Fermi 以数学公式应用在量子力学，他时常说：“它根本不能如此贴切地被应用。”^④在本章中我们要介绍一些量子物理学揭晓的科学谜语，然后引申到一些与基督信仰有关的哲学讨论。

■ 作为量子

量子一辞已是家喻户晓的字眼，它在很多与物理完全无关的

场合中出现，从电影标题到汽车的模式，但是大部分人对量子力学的科学原理还是很陌生。



普朗克

“量子”一词是指一些截然分开的东西，它源自德国的物理学家普朗克（Max Planck, 1858 - 1947）。他发现热的东西放射像截然分开的团堆或小盒的能量——他称之为量子，他看到能量的改变并非连续性的而是断层性的。

在日常经历中，我们见到这两种的改变：连续性的改变在颜色、大小、重量、温度和动作方面发生，断续性的改变例如上楼梯时升高，在练钢琴时音调的升降，和数钱币时价值的增减。在这两种改变中的单位也能被称为量子——一级楼梯，钢琴的一个单音，或一分钱。古典物理学假设能量是连续性地改变的，但是普朗克惊人的发现告诉我们在原子的层面能量是截然分开的单位——量子（以普朗克的常数来量度的单位），但是古典物理学不能解释它怎样发生。一个量子是能量转换的最低限量，正如一分钱是银钱兑换的最低单元一样，（你不能用半分钱或四分之一分钱来衡量币值），但是为何能量中有一个最低的限量？

试以一个弹动的皮球为例：球能弹多高，一尺、两尺或三尺以上，全在于你用多大力气拍球。若设想一个球只能按着预先限定的高度来弹动——即一尺或两尺，但不能在一尺和两尺之间，没有任何一个力学上的模式可解释这一点，但在原子层面中就是这样地发生，原子能量只有固定的限量而不能有二者之间。

对量子存在的发现使科学家首次知晓原子世界与日常生活

第九章

量子力学的奥秘：理解新物理学

域的不同。牛顿的物理学认为原子层面与生活的现实应受制于同样的自然定律——正如显微镜下的桌球一样，但事实并非如此。正如普朗克所说：

量子“一定在物理学中有重要的地位，而且要宣称它是从未被人听闻的新东西，因从莱布尼茨和牛顿时代至今微积分的根基都建立在连续性的因果关系上，我们被迫要重新整理我们的物理观念。”^⑤

丹麦物理学家玻尔（Niels Bohr, 1886 - 1961）以量子观念应用在原子的结构上，与古典物理学更清晰地分割出来。古典物理学的原子结构犹如一个袖珍的太阳系，电子环绕着原子转，正如行星绕着太阳旋转一样。但是这个模型有些问



玻尔

题，根据麦克斯韦尔的方式这些环绕原子而旋转的电子应消耗能量，它们的轨道要缩小，最后它们要落在原子核上。但是事实上原子一定比这种现象稳定，若非如此，现实就不能存在。

现在在这种矛盾面前，科学家需要分析究竟是科学模型错了还是当下的科学定律错了。在普遍的科学研究中，学者都认为科学定律是确定的，所需要改变的是科学的模型。但玻尔采取其他的途径，他认为古典物理学的定律可能在原子层面上是不恰当的。他随即提倡一个与古典物理学冲突的模型——电子按量子的轨道环绕原子核，除却在不同的量子轨道之间跳跃之外，电子不会消耗任何能量（这能量以一个量子来代表）。

在古典物理学上并无任何能解释为何只能容许某些量子轨道而不是其他的在其间存在的理由，也不能解释为何电子会在某时刻可在这些轨道之间跳跃，但是玻尔的理论 with 实验结果十分吻合，

因而很快就得到实验物理学家的青睐。后来这变成第一个与物理学定律矛盾的量子之谜。

■ 一个粒子是一个粒子……也是一条波浪？



荷兰物理学家惠更斯



托马斯·杨，英国医生，
光的波动说的复兴者

第二个量子的谜是为原子粒子下一个确切的定义。这问题源自光：究竟光是波浪性质抑或是一股的粒子？这个争论在历史中此起彼落了很多年。

牛顿以光为一股粒子，因这模型能够解释某些实验结果。但荷兰学者惠更斯（Christian Huygens, 1629 - 1695）和迟些时的托玛斯·杨（Thomas Young, 1773 - 1829）以光为波浪——因为此模型解释其他光的性能和实验结果如光的衍射（光经过尖角时变成曲折的）。而麦克斯韦尔以此引申出包括光的电磁波浪的传播方程式时，似乎光的波浪性质已被确定。

但是爱因斯坦以光电的效应重振了光是粒子的理论，认为光像一串子弹袭击一片金属，使电子从中发出传播。爱因斯坦以普朗克的量子观念来称呼光的电子与光子（即一量子的光），慢慢地人们开始想某种程度上

光二者皆是——又是波浪，又是粒子。

法国物理学家德布罗意（Louis de Broglie, 1892 - 1987）把电磁界波粒二元性质引申到所有的原子粒子。他认为若像波浪一样的光能像一股粒子一样来运动，那么它的反面应该也是真的，像电子一样的粒子也应有波浪的特性。



德布罗意

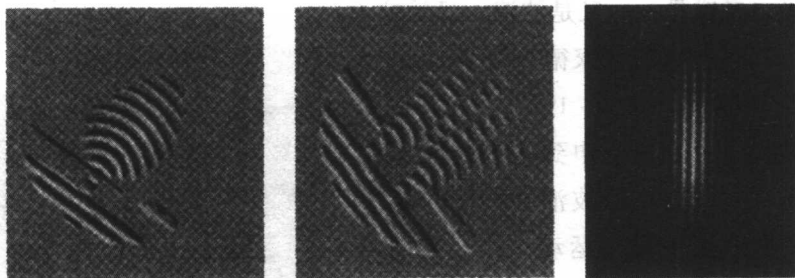
德布罗意的理论后来得到实验的证实。基本上证实这现象的实验是一股电子经过一块金属片子，其中有两个平行的裂缝，然后碰撞到

在另外一边的映像银幕上。图一和二显示这样的实验：在荧幕上所产生的斑马线与两个波浪在彼此放置其上时所产生的干预图案是完全相等的^⑥。

这个两个裂缝的实验以图案来说明了电子的二元性质，电子以粒子个体的状况击打在荧幕上，好像打在房门上的枪弹洞穴一样，而它们所产生的斑马线却是波浪的特性。为何微粒子在一起移动时好像波浪一样？

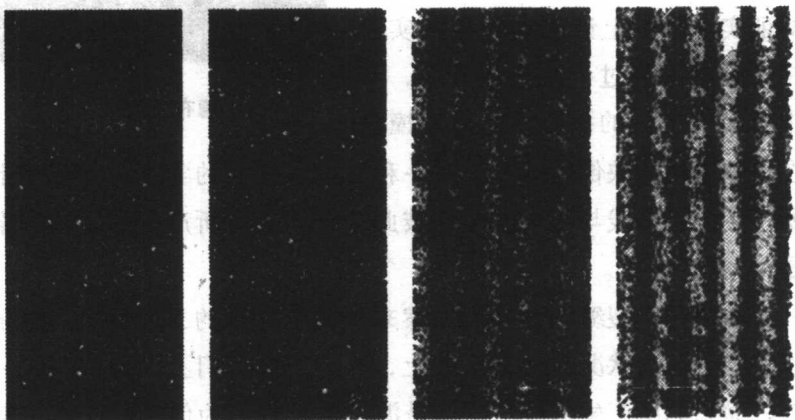
更奇异的事实是电子微粒“虽像粒子个别地传播”，但仍产生干预图案。若我们将裂缝的破口大小缩细，只容许逐个电子个别经过来击打对面的荧幕，它们仍是一个一个地产生同样的图案。我们不能解释为何每一个电子好像“心知”它是一股大波浪的一部分（参见图三）^⑦。

要是我们采用一个裂缝而不是两个又怎样？若我们捂住金属块上的其中一个裂缝，电子经过余下的一个裂缝仿佛一堆凌乱的枪弹击打靶子一样落在荧幕上，再次个别电子好像有一种异乎寻



图一：左方的条纹展示一股水波从一个裂缝中延展出来，右方的条纹显示从两个裂缝而来的水波干预图案。

图二：在实验中撞到的电子经过两个裂缝的干预图案。



图三：电子经过两个裂缝的干预详图。干预图案一向被当作证实波动的数据，但是经过仔细的观察显示电子以个别团堆来运动。左方的图中显示只有少量的电子达到荧幕，因而我们只见散乱的记号。在右方的图案中说明在荧幕接受电子的撞击时间延长以后的效果，当较多的电子到达之后熟稔的干预图案就出现了。

常的知觉“晓得”一些东西。它晓得究竟第二个裂缝是否开启（那么它就以波浪特性运行），或是只有一个裂缝被开放（那么它就以一个粒子来表现）^⑧。

这种谜样的特性不单应用在电子，也在其他原子中的粒子上，它们都有这种二元性，在某些情况下它们像粒子，在其他环

境中它们却像波浪。在 1906 年伟大的物理学家汤姆森 (J. J. Thomson) 以实验证实电子是粒子而获诺贝尔奖。讽刺性的是 30 年后他看到他的儿子因以实验证实电子是波浪而获得诺贝尔奖。

这种波浪与粒子的二元性若不过是对同一个现实从不同角度的形容而已——如同一群瞎子摸象，每人只形容象的一部分，它不会是这么严重的问题，但问题的症结乃是波浪与微粒两种特性是根本彼此冲突的。波浪是连续性的而且可连绵远大的距离；一个粒子是地区性、断续性，只限制在一个小地方而已。波浪很容易被分离为无穷的方向，彼此无碍；一个粒子却只能以一个方向前行。两股波浪可彼此透过而不受对方影响，但两个粒子在一起时却彼此撞击。一个个体如何具有这许多彼此冲突的属性？^⑨

答案是不可能的，正如物理学家弗里德曼 (Alan Friedman) 写道：“波浪与粒子的定义是彼此排斥的，不能以同一样东西来拥有两种特性。”^⑩因此当物理学家首次面对这个矛盾时，George Thomson 爵士如此说：“大自然似乎是不理性的，这是一种使人难忘的奇怪感觉。”^⑪

今天物理学家解决这个矛盾的方法乃是命定电子（和其他量子粒子）非粒子也非波浪而是一种完全不同的物体——一种不可知的东西（像康德的 *Ding an sich*），它有在不同情况下“像粒子”和“像波浪”的特性。这就是玻尔所提倡的互补原理 (Complementarity Principle)，这个原理表明我们不能以量子世界来形容现实；我们只能承认要以两个彼此排斥的不同立场来研究它。

很重要地，特别是在量子力学中有很多奇异的解释的领域中，虽然在日常经历中要形容电子一定包括了矛盾的地方，但是在数学的领域中却一点冲突都没有。所有物理学家都同意量子力学在数学上的形式；它提供一大堆观察现象的连带关系，同时也赋予它们预测未来结果的方法。我们所缺乏的是在原子层面上的一套

统一的意念，可以解释为何这数学形式有效。亚里士多德给世界一个生物的象征，古典物理学以机器代表宇宙，但量子力学却不能以任何象征和图画来形容这原子世界^⑫。

这种统一形象的缺乏在物理学中引进了一种新的主观立场。古典物理假设客观世界的存在，可被观察和衡量，却不被它们影响本质。但在量子世界里，对事务的观察似乎无法不改变它们，原子世界中的东西可按观察者的不同实验情况而呈现像波浪或粒子的属性，正如弗里德曼如此说：“这些东西不能与观察的方法分开来说具有波浪或粒子的特性，被观察的物与观察者在量子理论中是不能分隔地相连在一起的。”^⑬在古典物理学中主体与客体的分别已垮台，古典的客观理想已不能实现。

某些物理学家更发扬光大，若一个实验可决定究竟一样东西有何属性，那么观察这行动本身就成为一种创造的工作，观察者创造了他要观察的东西。物理学家 Fritjof Capra 说，“离开了我的思想，电子‘没有’客观存在的特性。”^⑭

我们很容易发觉为何量子力学可被用来支持唯心论（以思想和心灵世界为主要的现实）。Capra 更宣称现代的物理学支持东方的神秘宗教，它们认为物质世界是一个知觉的产物。在我们要探讨这些哲学上的难题时，让我们先探一探其他量子的谜。

■ 可能是这样

对原子微粒不纯粹是粒子——而在某种情况下也是波浪——导致原子定律的突破。大家还记得玻尔的量子化的原子模型无法解释电子为何只在某些规范的轨道上运作。德布罗意以电子可有波浪的表现提供了其中的解答。

德布罗意给每个移动中的电子一个固定的波长，量子轨道的

第九章

量子力学的奥秘：理解新物理学

圆周现在可用波长倍数的整数来解释，换句话说，轨道圆周的加值要以整个波长（波峰加上波槽）来计算，从来没有一半或是四分之一波长。奥地利理论物理学家薛定谔（Erwin Schrodinger, 1887 - 1961）为德布罗意的波浪理论冠以简单的数学公式来解释波浪力学。



薛定谔

这是一个可圈可点的理论贡献。虽然经过这种数学上的精练，物理学家仍未能以物质来解释难明白的波浪粒子二元性，这波浪本身是何物？它与相连的

粒子有何关系？这些问题是一个谜，最终物理学者只以解释实验结果作为他们的满足，不再用物质来解释，而以机遇率取而代之。

让我们再看看图二和图三中的两个裂缝所带来的干预图案。物理学家以一个幅度内的机遇率来形容这图案，在一荧幕上出现大堆的记号时，被电子撞击的或然率很高，若很少的记号出现时，被电子撞击的或然率就很低。换句话说，大部分的物理学家都不再尝试以在空间某处存在的物体来解释量子波浪；他们不过是一套数学上的设想，用来在统计上预测实验结果——究竟电子最终在何处出现。

当然或然率并非物理学上的新思想，但这是一种对它崭新的了解。在古典物理学中像气体一样的东西因为很难跟踪这么多的气体分子而以统计方法来衡量它，但是每个分子仍是被认为跟随被规定和原则上可预料的轨道，只要我们能分析一切在其中运行的动力。总之，宇宙虽有微小的零件需用统计上的团堆定律来推算，它仍然是一个顺利运行的庞大钟表。

但在量子世界中，粒子以神秘的方法在波浪中分散开来。一

个电子可能在波浪上任何一个角落，我们从来不能肯定它在哪里，我们只能说它在某处的可能性比其他地方为大，而在日常生活中可预料的现象不过是因为太多原子的关系统计上的或然率平均化而已。奥斯丁德州大学的 John Wheeler 精彩地表述这种观念：

“我不能相信大自然像一群瑞士钟表匠一样设计任何机件、方程式和数学上的形式来管制在时间中发生的物质事件，反之我相信这些似乎是精密的方程式乃是大量数目的物质在每个事件中以统计方法出现的凌乱现象。”^⑤

这是一套或然率上完全崭新的立场。以往或然率的观念的基要假设是规律，甚至是决定性的。但这种新立场强调基本上的凌乱。统计上的定律不单是一种方便的工具，而是终极性的。牛顿的物理仍然应用在宏观世界，但只因它是基于庞大的原子数目中的统计上的或然率的平均化。

所以物理学家曾经称呼与原子微粒相连的波浪为“物质波浪”，但现在他们将它改为“或然率的波浪”，当一个观察将一个或然率简化为一个数学形式时被称作“波浪函数的倒塌”。换句话说，当我们注射一股电子在银幕上的时候，我们不能确定一个电子的路径，它可能是沿着量子波浪中任何一个位置，但当这电子已撞击在荧幕上作成一个记号，这波浪函数已在这记号上倒塌。

在这一个记号上电子已由一个或然率转到一个决定性的立场——从一个不定的位置变成一个固定的位置。那一范围内的可能位置倒塌在实验中获得的实在位置上。

这是赋予观察者和它的仪器所具有的何等大的能力——有些人认为是从模糊的偶遇的境界中创造出一个固定的状况，其实这波浪函数的倒塌引致各种有趣的哲学引申意义，我们会在下文中讨论。现在让我们来探讨最后一个量子的谜。

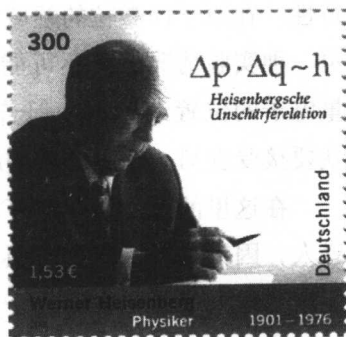
■ 确定的不肯定

古典物理学的中流砥柱是力学——运动的理论。伽利略在地区性运动的理论上作出最大的贡献（坠落物体的加速，发射炮弹的弧形轨道）。牛顿的最大贡献乃是以天体运动与地区性的运动相连（包括行星与陨星），所以运动的定律可能包含整个宇宙的奥秘。一条解释落叶的路径的定律也可应用在行星在轨道上的运行。

在运动的研究上最重要的特性是位置和速度。若我们晓得物体原来的位置，和它的速率（在物理学上速率包括了速度和方向），我们可以画出它的路径。我们可以用一个图表的方式来以数学代表在某时刻中物质的位置，所有牛顿物理都是建基在粒体的弹道，从箭的飞行到月球的轨道。

若力学的定律启发了宇宙之内在功能，那么宇宙应是一具庞大的机器，因此牛顿的物理学引申为决定性的哲学。拉普拉斯是最纯粹的牛顿主义者，他说要是有一个超人能掌握宇宙中每一个粒子和影响它的动力，他能预测整个宇宙的将来。拉普拉斯认为在这超人的智慧心目中“没有任何事物是不确定的，将来与过去都呈现在他的眼前”。

试想量子力学所声称的不可能获得这种精密的知识对物理学的冲击是何等的大。我们因为不清楚原子微粒的原来状况，不能画出它的弹道，因此我们不能同时确定粒体的位置和速率。这就是所谓的海森堡测不准原理，以它的发现者德国理论物理学家海森堡（Werner Heis-



海森堡

enberg, 1901 - 1976) 定名。

要了解测不准原理的话需要分析什么是看见一些东西。你看见这本书的原因是光撞击书页，被反弹之后移动到你的眼中。而这本书比撞击它的光量子大很多，因此不被光量子所影响。如此类推，当我们以手电筒照明一样东西，它不会被光线击倒，我们若为某人拍照，他也不被闪光灯所推开。

但是若我们以一般光量子照射在原子内的如电子一样的微粒时，电子的微小使它被光量子击歪了它的轨道，光量子改变了电子的速率（更准确地应说是动力——速率乘以微粒的质量）。换言之，在原子内的微粒领域中，量度如动力一样的数量“改变了”这数量。

所以我们要作一个选择，我们可采用一股高频率的光波（内含高能的光量子）来更容易照明电子的所在，但它却将电子的轨道改变，因而无法预测它的动力。另一个选择是采用一股低频率的光波（内含低能的光量子），它不会改变电子的轨道太多，但电子的照相便变得模糊，使人很难知道它的确切位置。

这种推理的结局是，我们不能同时确定一个粒子的位置和它的冲力。要知晓其中之一的特性时，我们不能不改变另外一种特性。在原子内微粒的领域中内含了量度精准性的限制，所以在每一种实验情况下都不可能逃避这不能肯定的弊病。我们可以测量电子的位置或动力，但若在一个特性中要更精确地测量的话，就要接受在另一个特性中的越来越模糊。^④

在这里的说明是采用了古典物理学中的名词，实在是有点迷惑人，因为它暗示电子“具有”确定的位置和动力，不过我们不能精密地测量而矣，但量子力学实在告诉我们电子在一定时刻中并“没有”固定的位置或动力。

不定性是科学界的新的问题，物理学家常常要对付实验中的

外来效果，譬如当用温度计测量在杯中的水的温度，温度计有自己的温度，它会影响水的温度。^⑦当然在接触到的日常生活如杯中的水，这种温度的差异极其微小，往往都被忽略或被补偿，但在内在的微粒世界，这些外在的效果会大大地影响实验的结果，使人不能分辨什么才是它真正的现象。

测不准原理的意义乃是我们不能像跟踪飞弹一样地跟踪原子微粒的弹道，因为在这样做时粒子在某时刻中的位置和冲力都要有一定的数目，既然我们不能同时鉴定这两种属性，我们就不能确定在某时刻粒子实在是在哪里，因此我们就不能探索它的路径。

测不准原理与古典物理学有极大的分别：后者假设原则上测量的精确性是没有限制的，唯一的限制不过是基于仪器上的技术问题，但与此相反量子力学却声明在原则上是不能有确定的量度标准。

从历史的角度来说，科学家以不同的立场来解释测不准原理。包括爱因斯坦、普朗克、德布罗意和伯姆（David Bohm）在内的乐观者认为量子物理的测不准原理不过是当今人类无知的代表而已，他们继续地坚持量子世界中的事件仍然是严谨地有决定性的因果作用，当然今日的研究方法是不恰当的，今天的仪器会搅乱了量子世界，但这不过是我们知识的限制而已。乐观者坚持这正如将温度计放在水中限制了量水温的准确性，有一天我们会找到新的方法和新的自然定律，可除去这测不准原理，这就是爱因斯坦的声言“神不会掷骰子定事！”的大前提。

一个基督徒的乐观者是天文学家 Hugh Ross，在他的《神的手指模》一书中说：“海森堡的测不准原理并没有推翻了因果关系，而不过是说因果作用在人的研讨前被隐藏了。”^⑧

其他如玻尔认为测不准原理并不是人类暂时无知的产品，可借着持续的研究来解决，而是基本上不能避免的知识限制。原子

世界简直不能与日常生活同日而语。科学历史家 Philipp Frank 说我们的常识是被牛顿的世界观所塑造，使我们很自然地用同样的轮廓来形容原子世界——像微小具有位置与冲力的桌球一样。

但是 Frank 说原子世界并没有这种特征，起码与常识所说的不同。其实我们完全不晓得原子世界的现实是什么，我们在研究原子世界的本体时是一个不可知论者，我们只能谈及在某种实验情形下有什么结果，我们为了选择那种结果而进行某种实验。^①



年轻时的海森堡

海森堡提倡第三种解释，他认为自然本身是不能确定的，自然不像古典物理学说的那样决定性而是不确定的。海森堡重新引用亚里士多德的潜能（potentiality）和实际（actuality）。原子世界是潜能的领域，他说将来的事件是一个范围内的可能发生之事，而非预定的。当科学家将他的仪器加进原子世界中时，他促使某种模糊的潜能变成实际化，他说“从‘可能的’到‘实际的’

的转变在观察的过程中发生”。^②

第四种是唯心论的立场。Gary Zukav 说要是我们“选择”哪一种特征来展示，“差不多是说我们‘创造了’这些特征”。^③他以测不准原理作为现代物理与东方神秘宗教的协调，因为后者相信物质世界被心灵所创造而来。同时 Michael Talbot 在他的《新物理学与神秘主义》中说：“是观察者的知觉来干预和引发那一种可能性的效果。”^④Zukav、Talbot 加上 Fritjof Capra 将这种新纪元化的量子力学带进大众思想界。

■ 在沙土上建立的皇宫？

量子理论有极大的成功，它帮助科学家解释原子结构、辐射蜕变、化学反应和电磁学上具有很大成效，它促进了包括电子显微镜、激光器和晶体管仪器的制作，它已被极高度准确地得到证明。大部分科学家都极有信心地应用它，物理学家 Davies 和 Brown 的结论是“在过去五十年中并未发生过有任何与量子力学矛盾的实验结果”。它常被称为最成功的科学理论。^⑧

但是这种可圈可点的巅峰却完全陷在哲学含义的泥潭中。究竟量子理论所形容的现实是什么？它的本体含义是什么？这些问题都没有答案，正如 Nick Herbert 如此说：“像一个魔术师获得一支万能魔杖的遗产，不需要他的理解来运作，物理学家也是不知道如何解释量子力学的奇妙成功。”^⑨让我们想到上述 J. C. Polkinghorne 形容量子力学为一座漂亮动人的皇宫，却没有人知道“究竟它的根基是建立在坚硬的磐石还是在移动的沙土上”。

对量子力学不同的解释乃是在于把这理论的哪一部分认为是基要的，哪一部分是数学的形式而与现实无关。我们已指出一些这方面的差别，下面我们作详细分析。

■ 哥本哈根的解释立场 (Copenhagen Interpretation)

玻尔提倡这立场以测不准原理为起点。在原子世界中我们遇到绝对的属性（如位置和动力），在精确性地衡量一个属性时则引起量度其他一属性的模糊。当我们刚认识到这矛盾状况时的普遍

理解是现实化的，我们假设微小的粒子和电子“具有”固定的位置，但因它的细微在被观察时无法不受仪器所扰乱。

但这不是玻尔的看法。根据哥本哈根的立场，电子直到被量度时才“拥有”这些属性。源于经验主义以不能观察到的事物不在物理科学中存在的名言，玻尔否认电子本身有任何位置和动力，通过实验观察使它们模糊的精灵世界变成现实，（因此有一册讨论量子力学的书称为《原子中的精灵》）。电子没有固有的位置和速率：这都是与仪器互动的产物，玻尔直率地指出，若用古典物理的术语而言，“量子世界是不存在的”。

哥本哈根立场现在居量子力学中的主流地位，但是它常被人误会，我们需要指出它所说“没有”的含义。哥本哈根立场并非说原子世界的一切属性都是因与实验仪器互动的关系而产生，不动的属性——电荷、质量和旋转——是固定的，在不同的观察环境中都是一样的。这些原子的特性与日常生活中的事物并无不一样，但是那些动态的属性才是不确定的——位置、速率或旋转的指向。哥本哈根主义者认为动态的属性并无客观的存在，只因与测量仪器的互动关系才产生。

一个说明的例子是颜色，它并不是物体的内含属性，而是按照光线的本质，物体吸收光波的特性，和观察者的视觉（眼睛的敏锐力），这些因素的互动关系产生颜色。玻尔认为原子的动态属性并不存在，而是与仪器互动的产物；^⑤在哲学的领域中，动态的特性非首要而是次要的品质。

但就算哥本哈根学说只以动态特性为不确定的，也在物理学上带来重要的观念上的改变。一切古典力学都以在活动中的粒子为根据，但在量子力学中不能同时被确定的就是这些基要的属性。

另一种对哥本哈根立场的误解是主观主义，但是玻尔的立场并非认定我们的思想创造了量子世界。它们是客观地存在的，但

位置和动力的特性以不确定的状况之下存在（直到我们用实验来固定其中一项）。因此我们不能知道量子世界的本身，我们只知道它对被不同方法所观察时的反应而已。正如海森堡如此说：“自然科学不单描述和解释大自然……它描述被我们考究的大自然。”^②

若说量子世界是不确定的，乃是指它在一个范围中的或然率中存在。这可能是哥本哈根立场中最奇异的解释，它说一切潜能上的可能性都存在，直到波动的函数固定在某一种实在化的状况中。譬如在未被观察前的电子可以波浪或粒子状况存在，但当被观察之际，波浪函数倒塌在二者之中其一而使它变为现实。

■ 薛定谔的猫

对哥本哈根立场的批评者认为，他们赋予观察测量本身太重要的地位，玻尔似乎宣称与测量仪器的互动关系从黑暗的原子精灵世界中显出了动态的属性。薛定谔不同意玻尔对量子力学的看法，他用所谓“薛定谔的猫”的矛盾来说明玻尔的荒谬。



用薛定谔之猫挑战哥本哈根学说

这故事的开始是一只猫被困在有一小块放射性石头的箱子中，放射性石头的半衰期是已知的。（像所有原子的事件一样放射性是

有纯粹的或然性质的，我们不知晓原子在何时和为何要放射一个 alpha 粒子，我们只知道在一定的时刻中有多少原子会这样做。）我们在其中设计了一个实验：在一个小时内应有一对一的原子放射机会，若放射之后就会引起一系列连锁作用，使一瓶毒气破碎，导致猫的死亡。

我们设立这实验之后等了一个小时，结果如何？原子有没有放射？猫是死是活？

若根据哥本哈根的解释，量子世界在未被观察之前是在不确定的可能范围中存在。在这实验中再来打开这个箱子之前，原子可能已放射，也可能不放射，是在一种模棱两可的状况之中。

在这个假想的实验中，我们将量子世界与现实世界连接，若是严谨的哥本哈根主义者会说一个小时之后可怜的猫既不死也不活，因为它在两种可能性中同时存在。但这究竟是什么意思，什么是不死不活的猫？当我们将量子世界应用到现实世界时，它就不再有任何意义。

当然如果我们打开箱子来看，猫是死的或是活的，波函数倒塌在二者之一上，一个严谨的哥本哈根主义者被逼要说观察的行动本身使猫被看来是死的或是活的。但这怎样可能的？猫本身在未被观察前应是死的或是活的！观察本身是否有创造现实的魔力？

正如 Nick Herbert 论述哥本哈根学说似乎使测量的仪器赋有魔力——可使猫死和使它活，他继续说：

“我们很难相信大自然赐给人与量子世界接触这行动，一个举世无双的地位。每一种自誉为有超自然力量的测量方法都必须被怀疑，这种以测量为中心的宇宙在哲学上是可疑的。”^④

虽然哥本哈根立场仍享正统的盛誉，几位怀疑它的物理学家已提出其他的解释方法。

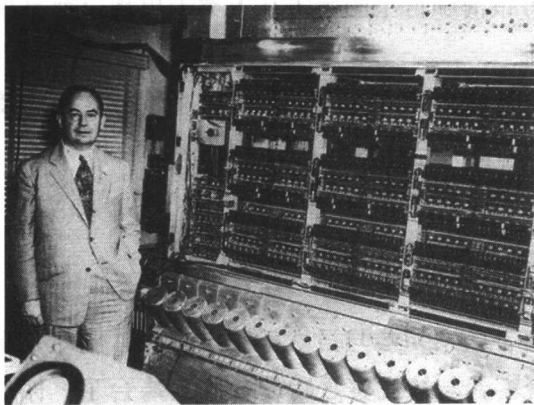
■ 观察者所创造的现实

哥本哈根学说引致一种更极端的非以观察工具而以观察者为中心的立场。上面已提及每一个立场都以量子力学中不同的部分为基要性质，这种取舍决定量子系统应有何种属性。

要是欲使量子物体以粒子形态出现，我们就必须选做一个粒子实验，若欲使它以波浪出现，就选做一个波浪实验。这种取舍同样应用在量子的位置和速率上，在每一个个案中的观察举动似乎创造了那属性的现实，正如物理学家 John Wheeler 说：“原子世界中若非等到它被观察以前都不是真实的。”

提倡观察者创造现实的学者却不能在什么才算是观察这问题上达成一致，有些人以一个记录为观察的本质，这种立场认为荧幕上的一黑点，一个探索放射能量的仪器上的声音，或胶片上的一个形象与一个观察的人一样有效。

其他人却以为只有一个有知觉的人才可观察，这论据认为一切都是由原子所构成——包括了衡量的仪器，因此它们像被量度的量子一样被测不准原理所规范，所以我们需要用另外一副仪器



Von Neumann 与他的仪器

来测量第一副的结果，如此类推，直至无穷的推算。^⑧

逻辑上来说，在这观察的过程中不是原子运动的唯一步骤，是当一个脑中的物质讯号变成了人思想中的印象。这是著名数学家 John Von Neumann 的看法。在这里上述无穷的推算可达到终结。事物的完全存在——动态的属性被实际化——有赖它们被人经历到。

Von Neumann 的理论避开了以测量仪器具有魔力的抨击，却将它转移到人的思想，更详细地来说是无人可理解的人脑与思想相接之处。简言之，Von Neumann 以人脑与思想的相连取代了量子的不确定性。

Von Neumann 的几位门徒更激烈地将他的立场引申，他们倡导世上“一切”特征——不单是动态而已——都是思想的产物，宇宙在未被观察前是在半真实的不稳定状态，直等到观察者使它完全现实化。其中的学者 John Wheeler 称它为参与的宇宙理论。^⑨

我们大多数人都会像 Polkinghorne 一样认为这个立场是“何等惊人的以人为中心”。当我们进行一个要把电子撞击在荧屏上的实验时，在荧屏上的形象在人未将它显露和未被人见之前是不成形的吗？在宇宙中未被人观察的地方的电子是根本没有位置或动力的吗？^⑩是否有着千万银河和行星的宇宙在人类未出现以前是模糊不定之物呢？

若玻尔赋予测量仪器超自然的力量，那么上述这种立场却使人的思想具有超自然的力量——在哲学上也同样是可疑的。

■ 量子的整体主义

在量子力学中观察者的亲切参与虽然很难被解释，但却是真实的。古典物理学中观察者与被观察之物的分割已垮台了，你不

第九章

量子力学的奥秘：理解新物理学

能问有关原子世界本身，只能问它在观察者的某种量度情况之下有何反应，你要考虑整个实验的结构。这使物理学家宣称量子力学使人离开个别物体来研讨物体之间的互动来源——而且整个像一个天衣无缝的世界。

这个整体的量子力学往往引用著名的 EPR 实验作为支持的证据。这个实验以三位提倡它的科学家为名（Einstein, Podolsky, Rosen），这实验似乎证实一对电子就算在彼此有极大距离的情况之下也彼此影响，这种现象比普通受光速规范的讯号的速度快很多，其实它似乎是立刻发生的。两个电子似乎是以一种神秘的统一品质来链结。有些物理学家认为在这种现象背后的世界是一个天衣无缝的整体。

英国物理学家玻姆（David Bohm）说宇宙的个体实在不是真的个体：“我被引到一个‘不断的整体’的领域中，在其中不容许古典物理学中所分析出来的分割自存的部分。”他说量子力学证实了整个“宇宙的息息相关”^⑧。

不出意料之外，这种结论被新纪元物理学家如 Frifjof Capra（著有《物理中的道》）和 Gary Zukav（著有《在舞蹈中的物理大师》），他们



玻姆

以之为新的物理学与旧的哲学如印度教、佛教和道教等东方宗教协调的证据。这些新纪元运动的物理学家宣称原子物理证实了神秘的“统一性”。Capra 如此说：

“量子力学使我们不看宇宙为个别物体的总和，而是一个联合的整体中各部门错综复杂的联合网，而这就是东方神秘主义所经

历的世界。”^②

Nick Herbert 论及 EPR 实验的结果：

“这似乎是分离的一体性的简单结果……是一个量子裂缝，物理学从其中接纳了神秘主义者的声言：‘我们都是同一的’不单是可能性，而是必须性。”^③

然而抨击者却认为现代物理与东方神秘主义不过是有一个表面上的相似而已。Ian Barbour 说：“亚洲的传统论及不被分辨的整体，但物理学的整体、合一具有高度发展和结构，受制于严谨的范制、对称原则和不变定律。”

新纪元物理的兴起可被理解为对古典物理学的简化主义的过分反应。古典物理是分析化和原子化的，它以每个系统中最微小的部分的表现来为整体定义，却忽略了整体的相连性。但新纪元物理学家却在马的另一端跌落马下。Barbour 说要是古典物理学夸大了部分的角色，那么如 Capra 一类的人却夸大了整体的角色。^④

一个完整的对量子整体论的评语应包括反对新纪元物理学的哲学一元论的论证，这已超出本书的范围。我们在这里只要指出圣经的现实观非一元而是二元的，因为神与被造物在本体上是完全分开的。我们不是神，无论莎莉·麦莲（译者按：著名好莱坞女明星，相信新纪元哲学）如何声称我们是神，我们还是被造物，我们的问题并非要经历与大我的合一，而是我们是罪人，需要了解在神圣的创造主面前的破碎。

■ 很多个宇宙

在各种量子力学的引申立场中可能最骇人的是很多个宇宙的立场。出自普林斯顿大学的研究员 Hugh Everett，他尝试从测量方法中驱走魔力，挑战为何实验本身有创造现实的特权地位？为何

我们观察的行动可使波函数倒塌成为各种可能中唯一的现实？

Everett 否认观察的行动本身有这种能力，但他认为唯一能否认这个可能性的途径是否认波函数真的倒塌了。其实所有的可能性都实现了——只是在不同的宇宙中而已。

譬如一个属性中有五个可能性，那么宇宙便被分成五个宇宙。在标准的立场中波函数在五个可能性中只倒塌在一个可能性上——就是实验的结果，但在 Everett 的立场中，量子世界在五个不同的宇宙中以五个不同的实验来现实化。

所以宇宙是永远地分歧为各种同时存在的世界，但我们只能体验在现今生活空间的世界，就算我们无穷地分裂为与自己犹如镜像的个体，住在这些其他世界中，也无法经历在这些世界中的事物。

这个无穷的、无法观察的诸宇宙与我们在某一刻所见的宇宙同时存在，这一立场似乎太夸张了，因此虽有几位知名的理论物理学家也列在它的信徒之中，仍不能被普遍接纳。正如物理学家 Davies 和 Brown 如此说，这很多个世界的立场“引进物理学世界中太多荒谬的‘形而上学的负累’”。^⑤普遍来说科学家喜欢选择简单的理论，但是这无穷尽的世界是无法简单的。曾任教于牛津大学的 Rudolf Peierls 一言以道之：“要是我们无法观察到或与这些宇宙联系，何必要把它们发明出来？”^⑥

其实接受这种多个宇宙立场的动机，不是科学而是神学上的问题。量子理论从实验中进展到天文学，在其中与有关宇宙的来源的猜想联合在一起，这理论说在大爆炸之后的微秒的片段中的物质在形成时，事物是在量子力学的层面进行的。（译者按：大爆炸论认为宇宙以一个庞大的能量发散开始，一切物体都在这能量的冷却和浓缩的过程上形成，与多个宇宙论无直接关系，这理论是当今天文学上的主流思想。）

我们上文已提到量子现象与观察者不能分割，我们不能通晓事情的本身，只知道在某一个实验环境中发生的现象。问题就来了：在宇宙形成的开始尚未有观察的人存在，量子如何运作？奥斯丁德州大学的天文物理学家 David Deutsch 说当我们研究整个宇宙的时候，“我们无法在逻辑上想像观察者是在宇宙之外”^⑧，在没有观察者将波函数倒塌之际，Deutsch 和 Everett 以无穷的宇宙取而代之。



爱尔兰主教 George Berkeley

就算多个宇宙理论的唯一其他选择是一位观察者的存在——这观察者一定要是人类吗？数百年前爱尔兰主教 George Berkeley (1625 - 1753) 认为宇宙的存在是基于神对它的观察。我们并非赞同 Berkeley 的唯心论，但这可作为一定要有观察者才有现实的其他解释。那些支持多个宇宙理论者大概愿意接受无穷尽不能观察到的宇宙；却不能承认一位无限却看不到的神。

■ 新的现实主义

在现代物理学发展以前，大部分科学家都是现实主义者，他们相信宇宙不倚靠我们对它的观察而客观地存在^⑨，就算在今天学坛中的大部分从业物理学家都是没有想透的现实主义者——没有想透是因为他们相信他们在研究物质的真正结构，但却没有想清楚支持这立场的哲学根基。因此，有几位物理学家曾尝试发展现代化的现实主义。

玻尔是以不可知论来支持他量子力学的本质，但现实主义者并不同意。他们认为量子世界确实存在——大部分的现实主义者更以为这世界充斥着日常的事物。他们问：究竟我们在量子力学中所观察到的是什么东西？在荧屏上的黑点图案、在气体房间中的圆形轨道、指标上的讯号，明显地这些都是日常生活中的事物，我们为何一定要以古怪的、“非寻常”的理论来作为解释？是否把这些能产生上述实验结果的电子视为一种普通物体更顺理成章——它们具有普通的位置和动力？

从历史的角度来说，量子力学大部分的创始人都是现实主义者——爱因斯坦、普朗克、德布罗意、薛定谔。当薛定谔发现量子力学正朝着反现实主义的方向发展时，他说：“我不喜欢这种发展，我对我曾有任何与这事有关感到抱歉。”大部分现实主义相信量子世界是建立在古典物理学的根基上，如粒子和场——量子波浪好像磁场一样的动力场合。

但在解释量子力学的谜方面现实主义的立场有所改变——因此我们可称呼他们为新的现实主义者，譬如玻姆发展他的新现实主义，认为微粒具有一定的位置与动力，而波浪是分开的却又是真实的物体，不单是数学上的构造而已。在玻姆的理论中每一个粒子以它的波浪轨道移动（他称之为“驾驶波浪”），正如在海中漂流的软木瓶塞。

但是为要使这个日常生活的例子有效，这驾驶的波浪需要有不寻常的表现，它以不能看见的动力场向外伸展，为适应环境而改变，因而影响在其上的粒子的表现。这立场解释了为何一个电子可“晓得”是否有两个裂缝（那么它创造了干预图案），抑或是一个裂缝（那么它就像一团粒子的表现），这粒子所跟沿的波浪如一动力场一样在前引领，将讯息传达给粒子。

当然这理论中有很奇怪的观念。首先这驾驶波浪要与宇宙中

其他粒子在原则上连接才可解释一切的影响力——像万有引力一样（但它不像引力一样因距离而减弱）。其次它需要将讯息立即传达给粒子，使它因此转移它的属性，这与爱因斯坦的不能超光速的声明冲突。因此玻姆认为他的理论不过是建立普遍而现实的量子力学的一个起点而已。

爱尔兰物理学家 John Bell 继续发展了玻姆的理论，认为 EPR 实验支持这个驾驶波浪的立场。他认为这实验证明量子物体彼此之间有一种神秘的互动关系，不受空间距离的限制——换句话说不受地点的规范。Bell 称之为非地区性的现实主义。

这虽然是现实主义，但却与常识中的“现实”有很大的分别，Polkinghorne 开玩笑地说新现实主义者跳出了不确定的油锅却跳入了非地区性的火中。

但是基于人类本性的关系，大部分从业的物理学家继续是某方面的现实主义者，认为电子“好像”普通的在沿着某一途径飞行的物体（就算我们只能以统计的方法来研讨这途径）。他们的实验和计算都很派用场，既然量子力学尚未能为世界提供新的隐喻观念，科学家所能做的也只能是如此。

前几章中我们看到不同的隐喻在科学界争取主流的地位——世界是一个神秘的谜、一个生物、一架机器等。继牛顿之后物理学家差不多已普遍地接受世界是一个大时钟这隐喻，今天量子力学粉碎了这形象，却并没有提供任何可资取代的立场。其实一个不能确定的宇宙可能是不堪设想的，所以大部分的物理学仍在牛顿的世界观中运作，虽然在理论上他们已摒弃了这立场，他们运用日常生活的例子如桌球和斜起来的平面来形容电子的运作。

可能这正是应用现实主义的好理由，正如 Polkinghorne 所说，“一位普通的量子力学家和一位普通的修车师有同样的哲学水准”。但他继续说，正如修车师往往有一种对修车的悟性，值得被研究

机械物理的学者所注意，同样地从业的物理学家也对他们的项目有一种应用的悟性，需要哲学家的详细考量。我们还不知道哪一种现实主义的立场是对的，但 Polkinghorne 的结论是“我认为最有智慧的途径是寻找与大部分量子力学从业者的立场最接近的哲学系统”。³⁹

■ 物理与哲学

现代物理的兴起深远地影响了每一种传统的哲学专业——知识论、形而上学和伦理学。在知识论中它启发了新的科学知识的系统，在形而上学中它再引发唯物论与唯心论的辩论，在伦理学上重振了自由意志与决定论的争辩。让我们简要地讨论一下每个方面。

■ 知识论：我们知道的是什么？

实证主义 (Positivism)

哥本哈根立场往往与一套被称为实证主义的科学哲学相连。⁴⁰ 实证主义认为电子并不以普通观感的意义“存在”，但既然科学只是要解释观察结果而已，不是要建立本体论（解释现实的理论），这样也是无所谓的。

为了增进解释上的连贯性，Davies 和 Brown 这样说：“一个原子不需要作为一个独立个体才实际的存在。”他们坚持“原子”一词“不过是联系不同观察结果的一套数学上的关系而已”。在应用上来说，只要物理学家采用量子力学，他或她能正确地预料实在的结果，不需要牵涉到本体论⁴¹。玻尔同样也以量子力学为

“一个引申预测结果的工具，不过是一种计算的过程而已，量子力学不是要寻找‘什么是’大自然，不过是要说明‘我们能怎样形容它’而已”。^④

普遍的科学家都觉得这种知识论立场很不令人满意。科学家花费时间和精力不过是要使实验结果协调吗？这是使人难以置信的。玻姆说：“若研究物理的目标不过是要解释实验的结果而已，那么物理学就不像它以往那么使人向往，我们是否会因为喜欢解释实验而做实验？”^⑤

对大部分科学家来说，研究科学的动机是要寻找世界怎样运作，了解它的机能作用，正如 Polkinghorne 所言：“我还未认识任何不以研讨现实的世界为己任的理论科学家。”^⑥加尔文大学哲学系教授 Del Ratzsch 说：“近代科学家普遍来说（虽不是全不赞同）都是现实主义者，那就是说他们要发现世界的基层构造和隐藏机制，所以实证主义的‘反现实主义’是对‘科学界的现实主义传统’的不忠心。”^⑦

工具主义 (Instrumentalism)

今日学坛中工具主义已大部分取代了逻辑实证主义^⑧，它是实用主义的一种，它认为理论的功能在于它有没有效果，能否应用来解决科学上的问题。

像实证主义一样，工具主义者也不认为电子和原子粒子的存在问题有任何重要性，科学的目的并非要发掘“真实”的大自然，而是要发展可用于预测和应用在技术上的功能的观念。用 Nick Herbert 的比喻来说，现实主义的科学理论为一个真实的花园的介绍图景，实用主义者则以它为用在操作上的烹饪指南。^⑨

工具主义也与实证主义受到同样的批评，从业的科学家不是以制作实验工具为他们人生目标，他们盼望发现世界运作的原理，

他们的理论不单是有用的指南，而更是可以判别正确或错误的观念。正如科学哲学家 Frederick Suppe 说各人都以科学定律是否对或错，这是说工具主义“初步被认定是遭人反对的”。^⑧

现实主义 (Realism)

无论科学哲学在说什么大部分从业的科学家仍是现实主义者——不单把它应用在量子世界（上文已讨论过），也包括一切科学知识在内。^⑨现实主义者认为理论乃是要尝试说明现实，因此可以是对的或是错的，不单是有效与否，科学不单是一种建构，而实在是一种发现。

这种观念乃是每一个科学家的行业标记，正如 Barbour 所言，“科学家通常在从业时的假设是现实主义的”。^⑩就算在量子力学中的科学家也承认他们的工作是发现了新的微粒，而非发明了它。他们以极庞大和昂贵的实验来研究这些理论上的东西是否真的存在。

譬如哲学家和宗教教授 Ray Clouser 叙述微中子（neutrino 指微小的中性粒子）的发现过程：微中子的存在可解释 Wolfgang Pauli 的实验结果，因此他首次提出这东西的观念。后来微中子的假设也在其他原子理论中连结了解释上的鸿沟，但是物理学家却一直为找不到微中子而感到烦恼。因为微中子的微小，物理学家需要投资巨量的心血、仪器、时间和金钱，最终才找到足够的证据来确认它的存在。

在这个故事中首先要注意的是若微中子只是一种有效的观念（工具主义），或可解释实验的语言（实证主义），而非真实存在的话，物理学家不会为此烦恼；其次请注意科学家愿意投资大量的时间、力量和精神来证实微中子确实存在。Clouser 说：“很清楚地科学家的动机乃是要发现大自然的来源和什么东西真实地存

在。”^⑧

科学家本能地假设一个现实主义的立场可用做支持普遍应用这立场的理由。其实在科学哲学中正在兴起的趋向是以实在的科学从业者的实践来为科学下定义，而非以他们“应该”有的思想。Ratzsch 说基于上述的和其他理由，在过去十五年中科学哲学是转向现实主义的立场^⑨。

但是我们要承认量子力学正在改变很多旧的现实主义的立场。首先，现实主义传统上与把世界作为某具体模型或比喻来比较的思想挂勾——如牛顿的机器形象。但量子世界不能以画像来形容，譬如没有形象可代表波浪与粒子的二元性。

神学家 E. L. Mascall 说现实主义的知识论不需要与画像比喻相连，它只需要与可理解性相连。他说：“一个现实的世界不是它的可想像性，而且它可被思想捉摸。”

换句话说，Mascall 指出，“世界并非因不能是欧式几何中一些微小的团堆，在被动地不断地在时间的洪流中飘荡的无限领域而失却现实的权制”，因为“客观世界的主要本质是可理解性，而非可识别性”。虽然量子世界是很难被想像的，它在数学上有高度的可理解性，它能简单地和精巧地以数学的公式来表达，这就是一切现实主义的知识论所需要的。^⑩

同时量子物理学也是极端现实主义的解毒剂——Del Ratzsch 称呼它为“硬”现实主义。极端现实主义认为理论是精确字面上地对世界的形容，否认科学家的个人信仰与委身对他科学理论的影响。Ratzsch 提倡以“软”现实主义取而代之，这立场承认很多时候数据是模棱两可的，几套相媲美的理论都可做同样的观察结果的解释。“软”现实主义承认理论并非大自然的抄本，而是一种估计，一个比喻，或一个模型，它也不是将观察结果排列出的机械产物，对什么是现实，和哪一种实验有机会成功的信念大大地

影响科学家研究的对象、所预料的实验结果，以及对它们作何种解释。^⑤在量子力学中不可避免的观察者的影响使这些真理更具体化。

■ 形而上学——思想或物质

在量子力学的早期，很多人以为它否认了唯物论，为哲学上的唯心论开路。其实在 20 世纪 30 年代至 50 年代，借着 James Jeans 和 Arthur Eddington 的普及化的推广，唯心论的量子力学广被接纳。

Arthur Eddington 以物理学来支持他认为物质没有实体的唯心论。牛顿形容原子乃为坚硬不能刺透像小桌球一样的固体，但现代物理学显示原子中大部分是空间，内含被震动的电子所环绕的原子核，而且这些也非传统上的物质，它们像块状的浓缩能量，与日常生活中的实体世界比较之下，物理带来的是一个“影子的世界”^⑥。



Eddington

批评者认为 Eddington 将能量与精灵的思想混淆在一起，一个能量的世界与一个物质世界同样地物质化，量子力学并没有引来心灵主义，它不过以新的物质主义取代了旧的立场而已。

James Jeans 采用另一套支持唯心论的论据——一套数学的方法。他说我们不能以任何有连贯性的画像来形容量子理论；我们只能以数学方法来表达，但数学乃是思想的一部分；所以 Jeans 认



James Jeans

为世界基本上是思想化的，这就是他常被引用的名言的意思：“宇宙开始像一个伟大的思想，而不是一架伟大的机器。”

批评者认为 Jeans 错解了量子力学的本质，根据他的说法它成为纯数学的一种自由思想的产品，但研究量子力学的科学家也以实验来考究他们的理论。这些实验可能不是直接性的，但是科学家仍然以物质世界为依

归，而非单靠思想和数学的世界。

今天这个唯心论的量子力学已不再被普遍接受^⑤，只为新纪元的物理学家所推崇。在他们书中的一个主要论据是观察者的主动参予量子力学，被解释为实际上创造了世界的特性。正如 Gary Zukav 所言，因为我们只能知晓一个粒子的位置或动力，但不能两样同时知道，我们只能选择二者之一。所以他的结论是“我们不单影响现实，在某个角度来看我们实在是创造了现实”。^⑥

但是 Zukav 夸大了他的个案，在量子物理中观察者影响实验的结果，但并非直接地与他的思想和知觉有关，而是借着他的测量工具。一个有知觉的观察者不一定要用场来使荧屏上出现黑点，放射性测量器记录讯号，或在烟雾房间中出现轨道。其实放射性的石头在千万年前没有观察者存在以前已在地底下持续地衰变放射粒子。

新纪元唯心论宣称可用量子物理作它的支持，但具讽刺性的趋向是它也击杀了物理学——和其他一切科学。科学的大前提是客观“外在”的真实世界可供人观察，我们虽然不能完全认识它，我们的衡量工具虽然会影响观察的结果，它虽然会在时间中改变，

但一定有一些与我们知觉无关的客观存在的事物，才可能有科学的研究，一定有一个自由内含结构的现实可以用我们的理论来探讨。^⑧

要是世界是我们思想的创造物（新纪元思想的立场），它不会有内含的结构，它可根据我们的信念来改变，那么就根本没有任何试验理论的客观标准，科学本身就被摧毁了。最惊奇的是新纪元思想家积极地采用科学来支持一套摧毁科学的哲学。

反之基督信仰教导我们世界乃是神所创造，它的存在与我们的观察无关。它是神的作为，不是人类思想的产物，正如在第一章我们提及，这种信念是为何科学革命不在印度教的东方发生，而会在有基督信仰的欧洲发生的其中一个理由。

■ 道德观——一种选择

启蒙主义以世界为一架庞大的机器，在十八世纪中勒梅特里（la Mattrie）写 *L'homme machine* 一书，声称人是一架机器，他的行为完全受制于物理和生物上的动力，人的意志、选择和道德责任被认为是可以摒弃的幻觉而已。

这个机械的世界观往往被基督信仰，唯心论和浪漫主义所挑战，而大部分反对的声音都来自科学领域之外，他们很容易便被戴上“敌对科学”的帽子。自由与责任感被认为是没有理性的愿望，被科学的事实所摒弃。在十九世纪末，达尔文的进化论似乎证实了人类不过是大自然的一部分，完全受制于不能改变的自然规律。达尔文的同僚赫胥黎认为人类是一群有“知觉的自动机器”，我们一切思想和感情都是原生质中“分子改变的表现”。^⑨

社会学理论家 Floyd Matson 说既然量子力学在这场辩论的核心中带出不确定的领域，“庞大机器的形象首次被科学所抨击”，^⑩

一切以古典物理为根据攻击自由意志的立场都倒台了。物理学家 Pascal Jordan 写道：“我们可以说完全的科学事实将尝试把人作为没有自由意志的机器的论调否定了。”^④

这就是常被引用的宣称现在的物理学比三百年前的状况与基督信仰更协调的理由。James Jeans 认为最低限度新的物理学重新使人注意到人类的自由和尊严，他以多彩多姿的文笔写道：

“古典物理学似乎将自由的意志封锁起来，但新物理学完全不是这样……旧的物理学使宇宙看来像一座监狱，而非居所；但新物理学的宇宙似乎更像一个可作自由人生活的住处。”^⑤



Polanyi

这不能说新物理学给道德的自由选择一个正面的根据，它所能做到的是将古典物理学所竖立的堵住人类自由的高墙强行拆去，然而量子力学本身只涉及没有原因的，或只有隐蔽的原因的事项，原因不明的事项与有原因事项并不都等于一种负责任的自由选择。正如物理学家和哲学家 Michael Polanyi 所言：量子力学容许在一个范围中的任何完全随便运作的领域，但是“人类的

决策绝不是完全随便没有原因的”。^⑥同样地，Barbour 说：

“电子的表现指出凌乱而非自由的状况，当然自由与机遇却不能被预测，但除此外它们并无任何相通之处。我们绝对不会因赌博的轮盘的定点不能预测，而以之来代表我们的自由意志。”^⑦

最基本的问题并非是决定论或非决定论，而是简化主义：我们是否将人简化为构成他本身的原子而已？正如 Barbour 指出两方的讨论立场都有简化主义的流弊，他们认为人类的行为都可以物

理化学的词句来形容。一个立场说若原子是决定性的，那么人也是被它所决定的；相反的立场认为若原子不是决定性的，人也非决定性。^⑤这场辩论若没有一套应用物质本身来解释人体，却拒绝将人简化为原子而已的圣经系统，那将是永远没有休止的。^⑥

■ 神抑或机器？

很多基督信徒热切地接受量子力学，认为它不单与人类自由契合，更与神学协调，这不足为奇。古典物理学被认为是与神迹或神的眷顾为敌。曾是美国科学联合会（American Scientific Affiliation）的会长的 Richard Bube 解释说：“在古典物理学的决定论世界观中，基督信仰中神眷顾的信念不堪一击。神以他的权能命令托住万有的观念被替代为无可阻挡的自然定律来运作的宇宙观。”^⑦

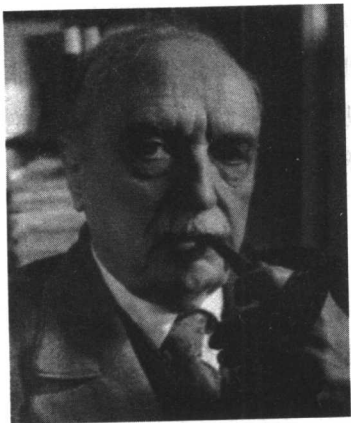
十九世纪中兴起的新派神学乃是古典物理学决定论的延伸，它认为自然定律不能被任何事物来干预，这是要建立一套非超自然化的基督信仰的尝试。直至 1958 年的近代神学家布尔特曼（Rudolf Bultmann）说：

“现代人只以可被理性宇宙系统来理解的现象为真实的，他不接受神迹，因它们不切合自然的规律。”^⑧

根据布尔特曼的立场，基督信徒也要摒弃“现代人”不能接受的理念。

但若量子力学告诉我们大自然的事物终究不是固定和不可阻挡的话，那么一个有力的拦阻超自然世界的围墙便要倒塌，科学不再能被用来摒弃圣经中所教导的神在历史中的伟大作为。

但是量子力学并没有赋予神的作为一个正面的根据，正如它也不能证实人有道德的自由一样。它并非在不同量子层面中留下



布尔特曼 (Bultmann)

“神可干预”的“空隙”，因神的介入而成为现实（这是某些基督信徒的论据），量子力学不过接受不决定论的领域，不可与圣经中的神迹和神的眷顾相提并论。

在基督信仰中的真正问题并非大自然的不变性，而是究竟大自然是否是一个封闭系统？Colin Brown 在他的书 *Miracles and the Critical Mind*[®] 中的论点是人类自由和神的作为的共同问题是：在大自然的常规中能否容许一个有资格的施动者的自由运作？答案是肯定的。当人类自由地选择时，我们并没有抵触或毁坏自然常规，反之我们在因果的循环中供给新的事项。我们使大自然做一些不能按它内有能力去做的事情——但是在我们的参与之后，大自然的常规再次享有一切。

譬如当一位建筑工匠建造一房屋的时候，他做了一些大自然——木与石头——不可能按本质成就的东西，但当房子被盖好后，



路易斯

它就立即遇到像风吹、日晒和雨淋的大自然现象。在实验室中的科学家也说明这种双方面的效果，他们在试管或培养器中制作条件，然后结果按自然常规而产生。

神迹原则上也是一样，正如路易斯 (C. S. Lewis) 所言，从耶稣五饼二鱼（译者

按：新约圣经福音书所记载耶稣神迹之一，下同）的神迹而来的食物与普通食物一样使人饱足，从死里复活的拉撒路也像常人一样老化，就算从童贞女成孕的耶稣也要经过九月怀胎之后才诞生。路易斯的结论是：“神迹的执行并非吊销了事物发展的模式，而是为这模式供给新的事物。”^⑩把量子机遇作为自由意志或神迹的根据不单是愚蠢的而且是不必要的错误。

■ 因果的危机

基本上的问题正是简化主义。我们是否以原子的结构来为现实本体下定义？历史上的答案是肯定的，在分析性的思维中，一切事物的本质在于它最微小的成分。当西方思想家不再以神为宇宙最终原因之后，他们的目标转移到物质身上——将它分解成为最微小的成分，为要了解它的结构和来源。Arthur Koestler 说：“自文艺复兴之后，终极的原因已慢慢从天堂被转移到原子核身上。”^⑪

量子物理的兴起使这终极的原因化为机遇而已，虽然日常经历仍根据古典物理的定律，但这不过是大量原子统计的平均数学而已，原子本身并没有跟随任何可测量到的因果律。Percy Bridgman 如此说：

“当物理学家在他的分析中透视到原子或电子层面时，要是海森堡的测不准原理是对的话，他发现在其中的事物找不到原因。不能找到原因，或因果律失去意义，意思是说因果律实在是被摒弃了。”^⑫

换言之，传统中决定性的宇宙哲学根基已被毁，古典物理假设宏观世界的规律乃是基于微观世界的结构（正如晶体的构造是根据它的原子结构）。但若原子并非严谨地有决定性的话，决定论

的根据在什么地方？罗素有力地描写这难题：

“要是个别的原子是没有规律的，为何在大量的原子团堆中就规律？……或然率的理论在逻辑上和数学上都很不令人满意；我不相信有任何炼金术，可从大量的、个别的混乱无常中产生整体的规律。”^③

这曾被称为因果的危机。Matson 说虽然在宏观世界中古典物理学的定律仍很实用，但以前支持它们的原则已经混乱。^④工程师仍根据古典物理来建筑桥梁和房屋，但是他们再不能以原子层面的决定性哲学来解释物理的“效果”。

■ “我的无误信条”

与第二卷中有关数学的讨论比较之下，我们发现一连串相同的事项：早期的科学家是基督信徒，以世界为有规律的和我们可以发现这些规律为出发点，但因牛顿物理的惊人成功，很多西方思想家以为科学可以离开它的基督信仰的根源，科学要从无误的命题开始——不证自明的理性主义者的真理或经验主义者的观察数据——单靠这些就可以建立可靠知识的高峰，物理学要达到拉普拉斯所追求的理想——一个完全客观和能体现在局部中每一个微粒的轨道，像神一样的知识领域。

萧伯纳（George Bernard Shaw）生动地形容牛顿的信念：“牛顿的世界是理性决定论的堡垒，每一事物都可以计算出来，每件事情的发生都基于它的必然性。”这种观念成为包括萧伯纳本身在内的以现代化为荣的学者的信念，并以此取代传统信仰，他说：“这是我的信仰，在这里我找到无误的教条，我藐视有负责的自由意志信念的天主教徒，也讥笑自以为有个人决断的新教信徒。”

但牛顿的信念被新物理学所粉碎，萧伯纳叹息地说：“现在

——现在这信念还剩下什么？电子的轨道不跟随任何规律，它随意选上一个途径而摒弃其他……这全是任意而行，这可计算的世界已成为不可预算的了。”^⑥

对于萧伯纳和他同辈的人来说，物理的根基好像已被摧毁——连同一切“建构”可理解的世界的途径在内。古典物理学的最基本假设——客观、决定性、原子论——都被摒弃，连牛顿物理学这最伟大的科学成就也忽然地被推翻，我们怎能再信任人类的思想？难怪在二十世纪中不同的反现实主义哲学像百花齐放般地出来，宣扬科学并非寻求真理，而只是摆饰自然的工具而已。

对基督徒来说，这种发展是对科学教条主义剧毒的解药——针对萧伯纳所言的“无误的教条”，譬如 Koestler 欢呼“十九世纪科学家的傲慢自大狂”的倒台。有基督信仰的哲学家 Gordon Clark 因为今日的科学家“更愿意承认科学并非发现绝对真理”，和并非宣布终极现实的立场而高兴。^⑦美国科学哲学家 Mary Hesse 的话可能是比较形像地描述了科学家学到的功课：“神是在天堂而人是生在世上，人不能推想到神的超越和他的客观。”^⑧

但是基督徒也应小心防范量子革命中的极端引申——新纪元运动所普及化的非理性、主观甚至是神秘的立场。历史上来说，基督徒认为世界具有由一位有理性和可靠的神所设计出来的规律，非受制于人类的思想。这个规律不是绝对的，也非永恒性的，但无论如何，它却是真实的，这就是启迪初期科学家的原动力。

新物理学最有利的效果可能是它重振科学与哲学的对话——物理与形而上学的交流——二者之间往往有很大的张力。最虚张声势的科学曾摒弃一切哲学、形而上学和宗教为神话而已，但是今天的微观物理已与物质的终极本身的推想连结，这些问题已不能被思想界所忽视。历史学家 Carl Becker 如此说：“人们本以为物理学已使人摒弃了形而上学的需要，但借着自己正当的研究，

它却成为一切科目中最与形而上学有关的学问。”^⑧

我们可能更正确地说，物理不过是恢复了它的真体。其实在大部分物理学的发展史中它与形而上学是不可分割的，历史上的人物如伽利略、笛卡儿、牛顿和莱布尼茨是在他们哲学上和神学上的前提中来提倡他们的科学理论，新的物理学不过使物理学从实证主义的错谬中被释放出来，使科学与整个人类知识系统再次联系在一起而已。

基因的化学密码： 历史论战的解决

近代科学带来近代技术是不言而喻的常识，但它的逆转也是真的：技能促进新的科学发展，当我们设计更复杂的机器时，我们会发现更能解释动植物的原则。其实科学家往往直到发明了机器来执行生物中的功能时才了解这些功能。

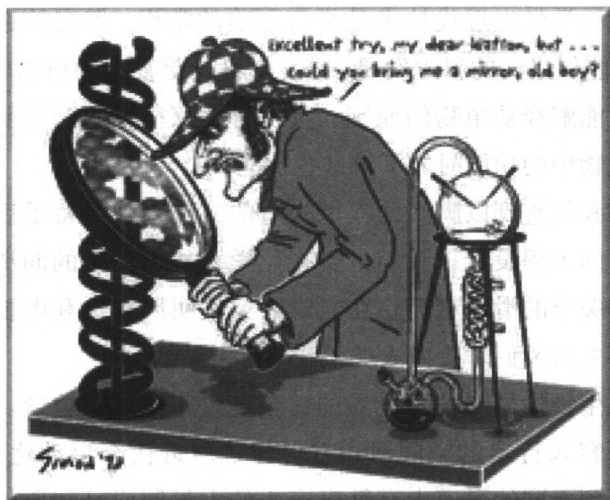
譬如我们直到以脚底的弧型构造的原理来建造桥梁后才了解脚底的奇妙工程设计；我们也要在化学家找到完美的润滑油才了解手脚关节的滑动精巧；在光学专家发明照相机和电脑数码扫描的发展之后我们才明白人类眼睛的复杂结构。

但是生物世界与技术世界的比较莫过于分子生物学。若将细胞变成可容人行走的空间时，它会像一所近代全自动化的工厂，我们会见到不同的渠道中有秩序产生的大量制成品和原料在生产链中运作。我们会见到数十万台不同的像机械人的机器在管理生产的过程，这就是蛋白质。其中有些酵素是催化剂，像有秒表的机器人一样调剂细胞的运作。其实我们会在细胞中见到差不多任何高科技仪器的类似物，很多形容这种吸引人的分子生物世界的名词都来自二十世纪的技能。^①

在其中最切实的例子就是脱氧核酸或 DNA。DNA 有密码的功

能，最佳的解释是借用资讯世界中的概念。在人类社会中资讯的传递和储存在历史中以不同的途径来解决，从土块到纸莎草纸，纸卷而至书本，现在印刷的书页已被电脑光盘、录像带等来代替，科学家甚至正在研究以化学密码来储存、传递和处理资讯。

在生物世界当然这已是老生常谈，它从来都是以化学密码系统来运作，细胞利用 DNA 的冗长链状的特性来储存资讯。这是一种最佳的经济答案；以它的大小来作比较，DNA 储存资讯的容量，超越了一切所知的系统。它是如此的有效，就算是需要用来确定一个如人类那么复杂的生物的信息的 DNA 也只有几百万分之一克的重量，像一个小标点的大小而已。



漫画 DNA

今天我们对 DNA 太熟悉了，往往忘记了直至 1960 年，这基因密码才被发现——这种发现不单革命性地改变了应用生物学，也影响了理论生物学。它为如下的问题提供了新的答案：什么是生命？什么使生物与非生物不同？生命是怎样来的？

在这一章中我们简单地介绍 DNA 革命的故事，也描述从它发

展出来的共同解释。在生物界中，三种历史性的思维至今仍十分活跃（见第三至五章，尤其是五章末），每一种思维中的代表学者都曾尝试采用分子生物学的发现来巩固自己的立场——要以自己的系统来加以解释。DNA 的发现也使相信设计的学者重新整理他们的论点。

■ 化学密码

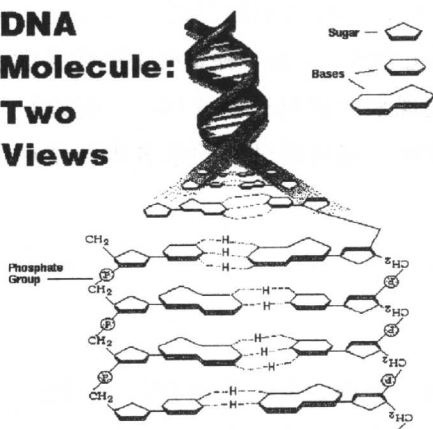
DNA 的故事从蛋白质开始。生物学家在发现 DNA 的功能时，他们深信蛋白质是构成细胞遗传功能的主要成份。在蛋白质中最吸引人的是酵素，像一条工厂的生产线一样，是微小的自动机器，用切除和黏贴的方法，为细胞运作提供需要。

酵素的奇妙性能在于它的形状，每一种酵素都是一长链的氨基酸，像一团毛线球一样捆在一起，每样酵素都根据它氨基酸的排列次序产生个别的结构。这种三度空间的立体构造就是酵素借着与为自己而设计的特别的原子或分子接触而完成它的运作的秘诀。它们将这些分子抓牢之后，或将它切开为不同的部分，或使它们合并而成更大的分子。

每一个有生命的细胞的一切运作都是在乎蛋白质的功能，而蛋白质却是基于氨基酸的排列次序。那么什么是确定氨基酸排列的因素？诺贝尔奖得主生物学家 Jacques Monod 说：“生物的奥秘实在就是在于这个层面的组织。”生物学家深信若他们“不单说明这些排列次序，也宣告它们聚合的原理的话，他们便可声称已测透了生命的奥秘”，于是生命之谜被揭开了。^③

但在 1952 年他们的梦想被粉碎了。在这年中第一个蛋白质的全部氨基酸排列次序被揭晓了，生物学家却惊讶地发现氨基酸没有根据任何定律来聚合，这些次序中并没有任何规律性和系统可

DNA Molecule: Two Views



DNA 的排列与分解

言。换句话说，若一个蛋白质有两百个氨基酸的成份的话，即使科学家已知晓其中一百九十九个的排列次序，他们仍无法预测最后一个氨基酸是什么。^④在失望之余，生物学却认识到这个发现的一个极重要的含义：在这个整体上的规律的“缺乏”，告诉他们氨基酸的排列次序

不是按照任何定律来聚合，反之在某处一定有一套氨基酸排列的指南——确定每一个的次序。正如 Monod 所言，蛋白质成员“的排列次序不被本身任何定律来规范”。所以生物学家意识到“它需要一个暗码——一套完备的指南书，告诉它怎样存在”。^⑤

在 20 世纪 40 年代，Oswald Avery 的实验已指出遗传的化学根基并非蛋白质而是核酸——更精确的是脱氧核酸——今天所谓的 DNA，细菌被 DNA 注射之后有永久的遗传变更，但科学家仍然抱着怀疑的态度。诺贝尔奖得主生理学家 George Beadle 说，在那个时代“人们认为 DNA 是一种单调的聚合物，内含四种核苷酸，此四个排列不断的重复”。^⑥另外一位诺贝尔奖获得者 Max Delbrück 更进一步说，“当时人们以 DNA 为一种愚拙的东西”，且太过愚蠢而无法成为活的细胞内复杂的蛋白质的指南。^⑦

但 DNA 并非愚拙的，原因是它们并不是“不断地重复”，它们并没有任何简单的重叠规律，反之像蛋白质一样，它们的排列程序不是固定的。正如英文字母的字母，在句子中的英文字母可被重组排列来表达不同的意思，在 DNA 中的核苷酸也可以被重组排

列成很多不同的链状次序，串成一个复杂的生物信息。其实 DNA 与人类的语言比较贴切，促使生物学家采用编辑学上和语言学上的辞句来排列它，他们以暗码或记号系统来代表 DNA；他们用抄写、翻译信息来形容这些分子，也将校正和改错的功能运用在 DNA 上。

这是一种革命性的发现，有人以此与物理上的相对论和量子力学相比。其实这两次革命是相连的，因为物理上有薛定谔首次提倡密码的观念。在 1944 年他所写的一本小书《什么是生命？》中他说一个受精卵一定包含“一套详尽有关生物将来全部的发展过程的密码系统”，或“一个微型的密码”。^⑧同时以发表《大爆炸论》盛名的物理学家 George Gamow 可能首次提出这密码的排列方式——“DNA 的链状排列次序应与蛋白质上氨基酸的排列次序有某种关系”^⑨的假设。

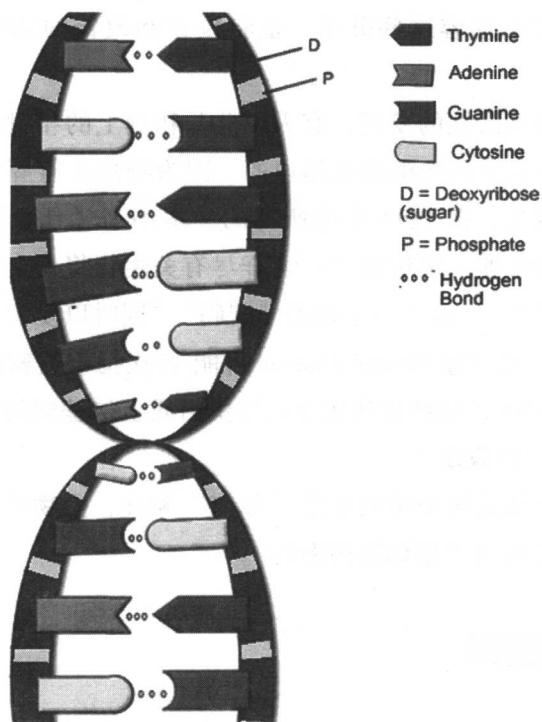
问题的症结是两个排列次序“如何”相连，生物学家对这问题的解答就是所谓“破译遗传密码”。

■ 破译密码

大部分人今天都熟识 DNA 的双旋模型，好像一条楼梯被卷成一个螺旋形状，“楼梯”的两旁扶手是糖和磷酸的分子，“楼梯”的梯级就是四个核酸的根基：腺嘌呤（A），胸腺嘧啶（T），鸟粪嘌呤（G），和胞嘧啶（C），一个核苷酸由一个与糖和磷酸相连的根基构成，但复制过程中，“楼梯”的两旁扶手分裂，每一半吸引来自附近的细胞质中一系列新的核苷酸（细胞质在细胞核之外），代替了失去的那一半。

若蛋白质被认为是遗传原料的话，那么遗传的过程主要是蛋白质的自我复制。而当生物学家发现遗传的原料是 DNA 时，他们

就要解决一个新的问题——密码的传递。哲学家 Michael Simon 说一定要有一些“非”蛋白质的分子来确定“是”蛋白质的分子^⑩。



DNA 的四个根基

答案是基因密码的假设——DNA 以与文字传递语言相似的过程来运作，DNA 的字母是它的四个根基：A，T，G 和 C，这些根基在 DNA 中的排列次序决定制作蛋白质的蓝图。

但这只不过是第一个步骤而已，下一个问题要回答的是 DNA 的密码如何与细胞的各部分联络。其实细胞中的语言不是一种而是两种——在 DNA 中以四个根基构成的讯息，或以二十个氨基酸形成的蛋白质，当 DNA 被制成蛋白质时，类似对他种语言的翻译。生物学家所说的“破译基因密码”，他们的意思就是找到在两

种化学语言之间的翻译原理——确定 DNA 中的密码排列如何编写为蛋白质中的某种氨基酸的排列。

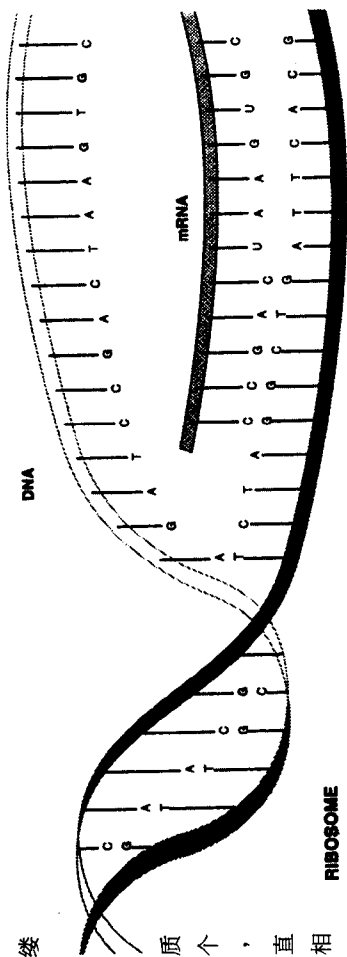
遗传学家现在已知道 DNA 的四个根基以三个聚合作为一个密码单位 (Codon)，正如一个三个字母的英文字一样，每个密码单位确定一个氨基酸。譬如密码 GUA 确定 amino acid valine，密码 GCA 确定氨基酸丙酸 (alanine)。有些密码被用做标点符号，表达氨基酸排列的起点和终点。其他有同义的密码，正如两个不同词可作同一个解释——快乐或高兴。不同的密码也可确定同一个氨基酸，不单是 GUA 确定缬氨酸 (valine)，GUC, GUG 和 GUU 也是。

在蛋白质制作过程中，DNA 停留在细胞核中，而翻译和传递信息的工作有赖于另一种核苷酸——RNA 来担任。讯息核酸 (mRNA) 列出在某一片段的 DNA 的根基排列，如同影印副本一样 (见图一)，然后它便继续传递信息到细胞各处成为蛋白质制造过程的样板，迁移核酸 (tRNA) 到处搜寻氨基酸，每个迁移核酸好像人一手拿着某氨基酸，另一手拿着在信息核酸上的某一个密码，直等到氨基酸以化学键与生长中的蛋白质链联合时，迁移核酸才“撒手”，这样每一个氨基酸就被准确地连结成为有用的蛋白质。在“生产线”上将各部门连结在一起的结构名叫核糖体 (ribosome)。(见图二)

若说这个 DNA 是“愚蠢”或简单得实在是骗人的，当你想到近代电脑只以二进制来运作时，DNA 的四元密码当然可以应付任何数量的复杂资讯。其实在一个人体的细胞中所存储的资讯与三十册大英百科全书相等。

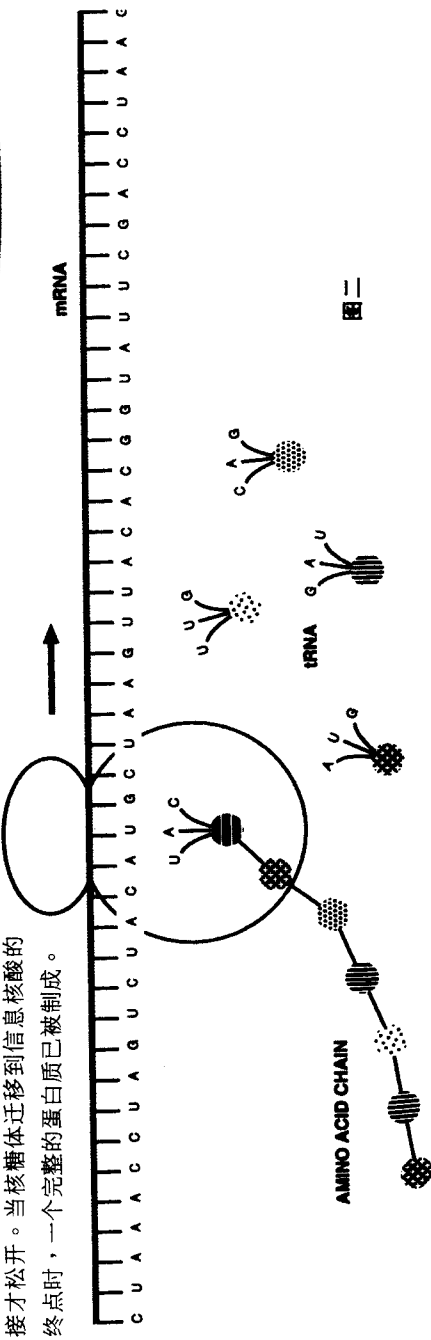
图一：在第一步制造蛋白质的过程中，双螺旋模型的片段被解开，从中产生一缕如副本一样的信息核酸。

图一



图二：信息核酸离开细胞核移到细胞质中，穿过了一个核糖体，核糖体从一个密码转到另一个密码，在每个密码上，核糖体吸引了与它相符的迁移核酸，直到在上氨基酸与在生长中的蛋白质链相接才松开。当核糖体迁移到信息核酸的终点时，一个完整的蛋白质已被制成。

图二



图二

■ 密码与复杂

DNA 的发现揭晓了一个生物中新领域的奥秘——一个比任何人类资讯密码系统更为复杂的密码结构，譬如在一个简单的过滤性病毒中的 DNA 中内含数层的讯号。分子生物学家 Frederick Sanger 发现在一简单的病毒（ ϕ x174）中，它在 DNA 的头一个字母开始“读出”一个信息，但从第二个字母却开始“读出”“第二个”信息，就好像在读莎士比亚的戏剧时读头个字母读出“罗密欧与朱丽叶”——在第二个字母却开始读出“仲夏夜之梦”。这是一个极为奇妙的复杂过程，一个内容包含在其他内容之中。^①

另外一个吸引人的发现是高等生物中的 DNA 资讯是在“无用的 DNA”之间的片段状况中排列，科学家至今还未找到这些“无用的 DNA”有何意义。譬如在一个细菌中有一个基因的讯息是“这是如何做消化乳糖的蛋白质的方法”，在高等生物中的讯息变为“这是 XX 如何制作乳糖 XX 的蛋白质的方法”。^②虽然无人晓得“无用 DNA”的功能是什么，但是一个实用的成果是将这些“无用 DNA”切除之后，余下的 DNA 资讯片段可以按不同的模型来重新组合，发展出一门新的重组 DNA 的科学研究。

不单如此，基因可被与特殊的 DNA 紧密相连的小型蛋白质开启或关闭，这发现也带来如胚胎发育这样的研究，在胚胎发育的过程中研讨基因如何被开启或关闭。

DNA 的发现使我们对活着的细胞的理解改观，我们现在知道，生命的中心是语言，一种密码，一套指南。正如 Lila Gatlin 所言：“生命在功能上可以用一套资讯系统来下定义。”^③

Jeremy Campbell 也说：“这证实大自然不能只以物质和能量来看待，也不能单以物理和化学来解释……要获取一幅完整的图画

一定要解释第三个成员，我们需要在物理和化学的有力理论上加上一个姗姗来迟的因素：资讯的理论，大自然一定要以物质、能量和资讯来解释。”^④

生命来源的问题也因为这些发现需要重新衡量。生命的来源当今已大部分被资讯的来源取代，正如 Bernd - Olaf Kuppes 写道：“生命的来源很清楚，它基本上与生物资讯的来源相等。”^⑤

遗传理论的发展也给传统生物学中的辩论如机能主义或生机主义、简化主义或整体主义、进化论或创造论带来新的启发。现在让我们看看 DNA 在哲学上的意义，以在第五章中讨论过的三条历史上的主要科学思路来整理我们的讨论——机械主义、新柏拉图主义和亚里士多德世界观。

■ 写在原子中

在科学革命时，基督信徒也接受机械主义，但今天的机械主义者往往是唯物论者和简化主义者。在机械主义中的生物学家坚持要将生命简化为物理和化学过程的产物，他们很快地就采用了 DNA 革命来支持他们的唯物世界观。

他们的理由很简单，若我们以 DNA 为遗传分子的话，以它能确定蛋白质的结构——因而确定了细胞中差不多一切的化学作用——那么我们的结论一定是 DNA 能遗传和延续生命。既然核酸无可否认的是一种化学物质，那么我们根据这套论点同意生命的本体能简化为化学。

这个论证最大的影响是在生命来源的争论上。在唯物世界观中，DNA 可简化为一系列的根基排列，它的来源是基于物理和化学的动力在它们的成员中的运作。这种信念在发现双旋模型的两们科学家 Francis Crick 和 James Watson 的写作中表达出来。Crick

第十章

基因的化学密码：历史论战的解决

说：“至今为止，我们一切发现都很容易被标准的化学键来解释”^⑯，同时 Watson 坚持生物的特征“都可以大小分子之间的协调互动作用来完全解释”。^⑰换言之在机械主义中，生命不过是化学，而生命的来源可以用普通的化学与物理过程来解释，再次引用 Crick 的话：



James Watson 和 Francis Crick

“当代生物学的终极目标其实是要以物理和化学来解释‘一切’生物学。”^⑱

最早的机械主义和生命来源的理论特别注重机遇——在早期地球的一个温暖池塘中一些化学物质的随意运作。当然因为生命的复杂性，这种生命来源的或然率是极不可能的，但生物学家盼望以冗长的时间来补救这种低的或然率，他们声称在冗长的时间中，最不可能发生的事情不单变成可能，而且是不可避免的。

但是1966年在费城 Wistar Institute 的研讨会中，电脑革命已来到生物学中，数学家应用高速率的电脑来推算这种反复实验的机缘巧合的结果。所得的论据彻底粉碎生物学家的梦想，电脑运算表明，把生命源自机遇巧合过程的或然率实在是零，无论所容许的时间是多么的漫长。^⑲

从此唯物论者已慢慢地抛弃以机遇巧合为生命来源的主要解释，而以物质本身内含的某种动力为依归。他们以机遇为他们的

“间隔之神”（译者按：一切不能理解之事以神作为原因），但是这个神一定被科学知识所吞没。

■ 预定的生命？

机遇的言论失势后，它们被物质中的内含自组动力所代替。马里兰大学的 Cyril Ponnampuruma 这样综论今日这个研究立场：“原子和分子内含一种特性似乎促使它们趋向最有利的情况”来产生有生命的分子^①。

这样“内含特性”的意义就是如化学键一类的东西。1969年一本名叫《生物化学的预定论》问世，其中的论点是有长键构造的分子——蛋白质和 DNA——中的特殊排列乃是基于它们化学键的动力的差异。化学的研究乃是基于化学的化合物不是完全随便地彼此运作。反之，因为它们大小、形状和化学功能的不同，会与某些物质有比较容易的互动作用，生物化学家开始认为在地球的原始状况的“热汤”中这种化学键的差异可能确定了某种排列的组织。^②

但是这种预定论已失去它开始时的可能性。首先它没有实验上的证明，仿照原始地球状况的实验并没有显示任何因化学键吸力不同而有显著的整合差异的效果^③。《生物化学的预定论》作者之一 Dean Kenyon 从此以后因实验的结果已摒弃这立场。在一次采访中他这样说：“要是你概观今日一切仿效原始地球状况的实验时，一件很突出的结果是你不能得到氨基酸的有系统的链状排列，也不能找到赖以建成 DNA 的基要结构的核苷酸的链状排列。这些根本不在任何实验结果中，若我们认为必有很多自动排列的现象的话，我们的理论一定出了问题。”

这些实验却产生了一团主要是棕色胶黏状的油泥物，或如

Kenyon 精巧的描述：“仿效实验的主流结果是非生物界的物质。”²⁸

这常常使很多读者惊奇，我们常常读到的报道要闻是生物学家近乎在试管里制造生命。在本书出版之前，时代杂志在封面上印出一个乐观的故事——“生命是怎样开始的？”（1993年10月11日出版，下面的副标题是——“科学家在地球最大的奥秘中找到惊奇的答案”）

但是事实上科学所找到的“答案”是极其可怜的。仿照原始地球状况的实验曾产生少量的有机化合物——特别是氨基酸，但因这些结果所带来的热情已在从业的科学家中差不多全部冷却。这些有机化合物在所有产品中的含量稀少（大概只有百分之二），它们普遍是被大量的柏油泥状物充塞着，更加精细设计的实验也不能改变这些结果，这已是一个十分确实的模范。正如化学家 Robert Shapiro 所言：

“一堆混杂的化学药品，就算有氨基酸在其中，与一个细菌来相比的话，犹如拿一小札无意义或有意义、各自存放在几张碎纸上的文字，来与莎士比亚的全部著作比较。”²⁹

■ 没有化学规律

我们不是对生命来源实验进行全盘批判，³⁰但 Shapiro 的碎纸上的字的比喻指出唯物论在生命来源中的讨论的第二个问题——资讯的角色。在物质中的内力不能产生一个可作资讯传递工具分子。

DNA 分子储存和传递的资讯，比一切人类技能所能制造的电脑都庞大，原因是每一个根基——每一个它的化学字母——差不多并无任何限制，可与其他数个中的一个来连结，每一个都有同样的或然率。DNA 之所以有如此庞大的资讯储存量，其实就是基

于这种在广泛的链状排列次序中随机应变的重新安排效率。

试看看英文字句，若故事的开始说“从前”，读者不知道故事如何进展，下文一定要按照字句和文法的规范，但是却没有任何规范来限制故事本身的内容。在人类语言中的随机应变的本能使差不多是无穷的字句和段落作本能上无限的排列，传递差不多是无穷多的不同意念。

DNA 分子有同样的随机应变的本能——一种不能被物质动力和规律来解释的现象。一条定律产生正常的可预测的模式，请回想上面提到的蛋白质。生物学家欲找到一条蛋白质聚合的定律，他们希望如何找到这定律的效果呢？他们要寻找的是正常的模式。当遗传学家“不能”在大体上找到一个模式时，他们才理解到他们不是在研究自然规律能产生的东西^⑥。

这种推理同样可应用在 DNA 上。若我们能在其中找到正常重复的模式时，这便证明它是来自一条自然定律。但一个重复的模式内含很少资讯。电脑专家往往喜欢在纸张上印满如“生日快乐”一样的重复字句，作为包装纸之用，这些重复的字句有很少的资讯内容，整张充满这些重复字句的纸张只有与最初四个字一样多的资讯。

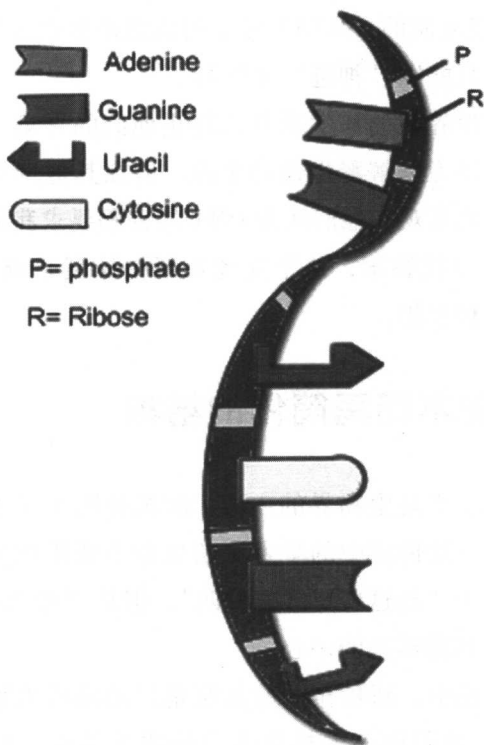
若 DNA 的排列次序是一种像化学键一样的物质动力，那么我们所产生的 DNA 便像上述的电脑包装纸一样，这样整个 DNA 都是重复的排列次序，内含极少资讯。

■ 以二当一

DNA 内有的化学难题实在太难解决，很多科学家回到机遇的理论中，转移注意力到 RNA 身上。

第十章

基因的化学密码：历史论战的解决



RNA

要解释整个基因密码与单是面对 DNA 排列的问题不可同日而语，整个确定编写的过程也要被理解——从 DNA 被翻译成为蛋白质。要是解释其中一个复杂的分子如何从自然互动的过程而来已是何等的困难，那么要了解整个协调运作的密码系统的来源则是更大的挑战！

这个问题已促使很多科学家在过去数年中重新考虑 RNA，有些 RNA 有 DNA 和蛋白质的功能（同时是密码和酵素），一个复杂的资讯分子的来源远比两种不同的复杂分子的来源易被了解。

但是 Shapiro 的论点是 RNA 本身的复杂性也使它的机遇性的来源在一个可能的原始地球中被纳入几乎不可能的或然率中。他

说：“这种自我复制的（RNA）分子的机遇来源在这个那么不合适的情形下似乎只能以‘神迹’来解释。”^②

但是机械世界观的科学家并未终止他们的寻觅，他们仍然盼望能单以物质动力来解释生命的来源。但在其他世界观中的生物学家却并非如此乐观，他们认为DNA的密码要求我们在物理与化学领域以外来寻找答案，这个立场在新柏拉图系统中受到欢迎，让我们看看这种思想。

■ 生命的不可再简化的结构

虽然机械主义是生物界的主流，新柏拉图主义仍然是一种有力的少数立场。这传统中的学者深信生命不能简化为物理或化学——生命是基于“比这些更多的东西”，但是“什么是”“比这些更多的东西”却是辩论的中心。

在十九世纪中，新柏拉图的系统是以浪漫的生物学家来代表（见第五章），他们许多人接受生机论或泛灵论。生机论（vitalism）设想在生物中存在某种生命力，活跃地选择和安排事物发展。泛灵论设想某种有目的的力量，也提倡在惰性物质中存在某种生机力。生机论和泛灵论已不再是科学界中可立足的立场，但他们却被一种所谓“有机论”（organicism）所取代。有机论者辩论说他们的生命基于“比物理和化学更多的东西”，虽然他们摒弃往日认为生物中内含特殊的形而上的物质和动力这立场，他们认为生命的独特性是归功于它的复杂组织^③。

有机论承认生物乃是由普通的物质元素所构成——如碳、氮、氧和氢气等元素。他们也承认构成生物细胞的原子和分子个别按照物理和化学定律来运作，但是他们说生命的特点在乎一种由个别成员连合成为一个完整的总体的“组织过程”，是在无生物领域

中所不存在的。

一个很显著的例子是电脑。在一个电脑中，每个成员部分都按电子和力学的定律来运行，但这台机器不能简化为一堆电线和芯片，使电脑进行它的不寻常功能的东西是这些成员高度被组织成一个整体——一个总体上“控制”电子成员和机械过程，来执行整个机器的功能的组织系统。

同样地，有机论者辩论说，一个活的机体不能被简化为原子和分子。使这个机体独特于非生物的是组织系统，一个全盘的方案，掌管化学反应，使之效力于机体成长。

■ 究竟什么使一个钟表发出滴答声

近年来在学坛上深具影响力的有机论者是化学家 Michael Polanyi，他对简化主义的崭新抨击为有机论带来活力。²⁹从历史上来说，大部分的简化论者都隶属于机械世界观；因此数百年来生机主义者与“简化主义”的辩论都是基于对“机能作用”的抨击——生物中的功能和结构不能以任何机械过程来做解释。



Polanyi

但是 Polanyi 明白机械哲学不一定牵涉到简化主义，他的问题是：你说生

命是一架机器吗？好吧，我们接受这个比喻，但这并非促使我们来接受简化主义，其实正好相反，机器的比喻实在更能支持有机论者的立场——生命是比物理和化学更多的东西。

Polanyi 的论点是究竟一幅机器最终是什么？它当然是物质上的原子和分子的组合——铁、钢、塑胶等等，但决定机器意义的

是它的功能，而不是它的成分。

若以原子的层面来分析的话，一堆碎铁与一个铁锁并无分别。它们之间的不同之处在于人的目的，将碎铁做成铁锁的功能。这立场可应用在一切工具和机器上，制定它们的结构的原则是基于它们被设计来执行的功能。

让我们来看一看一个钟表，要是有一个儿童问你它是什么，你大概不会形容它的齿轮和表的成分，钟表可以用不同的物质和机制来制作，无论是古典的落地式大摆钟，或是现代的电子手表。钟表的定义在于它报时的功能，同样一个机器以它的目标或功能来阐明。

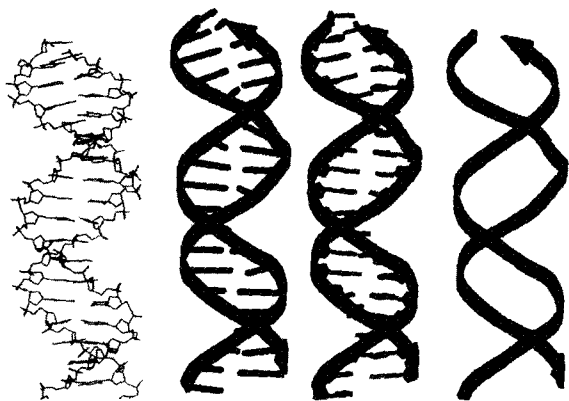
试想像一群从外星而来的科学家刚抵达地球，从未见过一个钟表，他们为这个机器大伤脑筋，他们彻底地分析它的物质成分：重量、大小、形状、齿轮和其他部分的运作等，当他们完成他们的实验时，你想他们能明白这是什么东西吗？不会！一个全面性的物理和化学上的分析不能显示钟表的功能是为要报时。为它定义的特性乃是组织一切物质成员的运作原则——是不能在物质的层面中发现的。

要是我们以这种思维应用在像眼睛一样的生物结构时，当我们分析它的一切物质成员——晶状体、虹膜、视网膜和视锥——仍不能告诉我们什么是眼睛，真正阐明眼睛的原则是它是视觉的器官。它的一切物质成员都按着这个功能来组织和构成。要理解生物构造之前，我们不单要考虑它的物理和化学的内容，更重要的是研究组成它们的运作原则或目的。

所以 Polanyi 说我们可以自由地以机器来代表生物，正如机械主义者所言，但这不是无可避免的简化主义的过程，组合机器的物质构件的运作原则或目的是不能在物质本身中找到的。

在日常生活中这种分别是显而易见的。狄更斯（Charles Dick-

ens) 的小说有字句和纸张的成分, 但没有人会说这不过是白纸黑字而已。一本小说与一堆废纸乱字的分别是组合纸上字符的艺术思想。莫札特 (Mozart) 的交响乐由音符构成, 但没有人会说这不过是一堆音符而已, 使它成为音乐的原则是组成它的乐理。一间房屋的成分是砖和墙, 但它并非乱砌而成, 是建筑的蓝图使这些建筑材料变成一间房屋。有机论者以同样的论据说, 生物由化学元素所构成, 但是它并不只是化学结构而已, 使生物被分辨出来的是组合这些化学结构成为生物的有机原则。



DNA 结构

■ 生命的语言

要是 Polanyi 的论据是正确的话, 我们需要两个层面来分析生物的构造——物质上和组织上的解释。对 DNA 分子的解释是最佳的说明, 含氮碱、戊糖和磷酸构成了 DNA 中的核苷酸, 它们按照普通的化学定律来运作, 但是这些定律却不能解释在 DNA 的链状排列次序中的讯息。

在 Polanyi 的论点中, DNA 的根基排列是在其中的物理和化学

定律“以外”或“独立的”。那就是说，链上根基的排列并非基于内含的物理动力。就是这种“物质上的不确定性”使 DNA 的根基排列好像纸张上的字句一样，可随机应变地形成不同的组合。^⑨要是物理的动力不能规范 DNA 的结构的话，那么我们需要在物理“以外”来寻找它的组合原则。我们需要第二个层面的解释。

要是用人类语言来说明的话会更容易明白。你现在看到的是白纸和黑字，但这些字句的排列并非基于印刷的油墨与纸张的化学作用，或者电脑排版中的电子反应，其中的资讯乃是完全不受制于纸张或传递的媒介。

DNA 中的资讯可以用同样的思维来理解，它与它用做储存和传递的物质媒介——化学的成员——完全是各自独立的，要是我们知道如何将 DNA 密码的信息翻译，我们可用不同的物质来表达它。我们可以采用自来水笔、蜡笔或油漆，我们甚至可以将讯息用木棍写在沙滩上，信息的内容不会因为传递的工具而改变，因为它不是受制于储存和传达的媒介。

既然讯息不被物质的媒介所规范，它也不是来自这些媒介。DNA 中的信息非来自 DNA 中的化学——正如这书中的文章非源于用作印刷的纸墨一样。但是简化主义却认为化学作用本身产生了 DNA 中的信息，这就好比说油墨写了这页的字句，油墨的分子自动地组织起来变成这篇有复杂字句的文章。

实际上这篇文章是根据文字原则的文法、句法和诠释，加上逻辑和理解。Polanyi 以同样的理由来维护在 DNA 上的资讯也是受制于有机组织中的特殊规律和原则——一些不能简化为物理和化学的原则。

Polanyi 的论据不单被新柏拉图主义者所拥护，也被在亚里士多德传统中的学者所接受，后者在近代学坛中特别被注意的是创造论者。但是创造论者提议再进一步发展 Polanyi 的逻辑，他们以

此来重建一套基于设计的立场。

■ 谁编写了基因密码？

在现代生物学家中亚里士多德再次被广泛地接受。1970年，Max Delbrück 认为亚里士多德的形式观念与现代的基因纲领——在胚胎中“已先存”发展蓝图——十分相似。^④

亚里士多德也受到 Sussex 大学的 B. C. Goldwin 的推崇，他说亚里士多德了解生物不能单从分析它的物质本身来理解，反而要根据一套“组织的原则”——引导它从胚胎发展成长的形式 (form)。^⑤

动物学家 Ernst Mayr 也以同样的语气说亚里士多德最近“在被人尊崇”，Mayr 说过去数百年中哲学家和物理学家“对像亚里士多德等的生物学家以蛙卵变蛙和鸟卵成鸟的现象需要物理定律以外的因素这立场听而不闻”，但是今天亚里士多德的立场被证实了。“他清楚地晓得原料本身没有发展生物复杂整体的本能，他看到在原料之外的东西”——亚里士多德称这种有目的原则为 *eidos* 或形式。Mayr 说：“只有当今日的学者完全理解生物的二元性质之后，他们才明白引导生物发展和运作的蓝图——基因纲领——是亚里士多德所提倡的形式原则的代表。”^⑥

最后 Jeremy Campbell 赋予亚里士多德预测到信息理论发展的荣誉。他说，“亚里士多德认为大自然中有主动的力量如计划、目的和资讯。”——这正是今日生物学的最新领域。DNA 代表“生物界的密码模型，是物质的形式”。^⑦

这种现代遗传学和亚里士多德立场的协调被现代的基督化的亚里士多德主义者（见第五章）所注意——就是当代的创造论者。Campbell 所言的“计划、目的和资讯”与创造论者对生物结构的

了解不谋而合。所以当代的创造论者热烈地拥护 Polanyi 认为 DNA 的基因密码不能用现代的物理和化学因素来解释的立场，他们更将这论据推展为最佳的答案是一个有智慧的设计。

■ 自然的规律

机械论对生命的解释曾因某些单凭物理化学过程而产生的自然现象得到初步的证实。譬如雪花有错综复杂的图案，但却可以用水从液态变为固态的冰时的分枝增长状况来解释，一点都没有超自然的神秘感。

唯物论者常以冰和其他晶体的增长作用作为自我生长的规律的证据，一个晶体不过是在固态状况中的一个大量的原子或分子有规律的排列而已，在溶液中，原子（或离子，我们在这里不注重它们的分别）自由地漂动，但是当它们彼此碰撞时，它们自然会朝着一个方向和位置聚拢成为层状的固定图案。

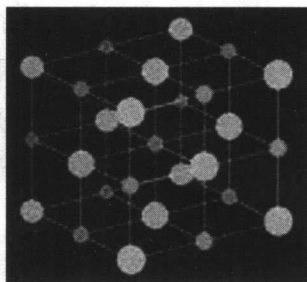
譬如当钠和氯离子溶化在水中而水被蒸发掉时，所得来的就是氯化钠的晶体——食盐。若将氯和钠的离子分开来研究的话，我们不会看到晶体构造的因素。它们的特性也可被看为它们的“形状”，因此它们在彼此交接时的趋势是以一个固定的图案来分开层次，使食盐得到它的晶体结构。动物学家 Richard Dawkins 说，“若我们将自己缩小成为原子的标度时，我们会看到差不多是无尽的原子直线的行列遍布整个平面——是一个重复几何图案的画廊。”^⑤

这种几何图案就是每个晶体的特征。石墨和钻石都是碳的晶体，它们之间的唯一分别是其中的原子组合为不同的几何图案，钻石中的原子是以四角形状来排列，但在石墨中的原子却以六角形的图案来彼此重叠。

第十章

基因的化学密码：历史论战的解决

若晶体的增长可以解释规律化的来源的话，那么同样的过程可被用来解释生命的来源。普遍有关生命来源的书——尤其是为普罗大众所写的通俗书——都以晶体的形成做为生命来源的比喻。



晶体结构

这一套以晶体为生命来源的开始的理论颇受当代人注意。University of Glasgow 的化学家 A. G. Cairns - Smith 建议生命是在一些黏土上的晶体的表面开始，这个晶体是一个组织生命的建筑材料成为精确行列的样板和分子模型。Cairns - Smith 还说最早期的生命根本并非有生物的结构，而是一个矿质的晶体——在 DNA 之前像一个有缺陷的“晶体基因”，带来基因中的突变。^⑧

但这些论证都有一个显著的矛盾：晶体的构造是重复的——“重复几何图案的画廊”，而 DNA 的链状排列并无任何重复的图案。上面我们已说过，就是 DNA 随机应变的特性可容许它有应用为语言的功能。要是在 DNA 中运作的动力与在晶体中的是一样的话，那么 DNA 应具有一个或数个不断重复的图案——正如晶体中的几何图案——而不能储存和传递信息。

事实上晶体的形成过程并未带来任何在生命来源讨论上的启示，因此科学家转向一套来自物理学家 Ilya Prigogine 的新比喻。当你将洗浴盆的塞子拿走后，盆中的水在流下水道时往往成为一个漩涡；当科学地将油加热，在某一个温度时在油面中会形成六角形的图案。Prigogine 应用一套数学的公式来形容这种所谓非平衡的系统。他的研究往往被认为是大自然中自我组织的证据，唯物论的生命来源立场往往要引用 Prigogine 的结果来比喻自然的组织能力。

但 Prigogine 的新例子并没有与上述的晶体现象存在本质上的分别，在洗浴盆中的漩涡和油面的六角形图案，与晶体中的组织相似。在 DNA 中所见的是完全不同的组织，而科学家直至最近才开始注意到这种不同的地方，这就是在观念上和数理上能处理这些不同处的资讯理论。

■ 衡量资讯

Paul Revere 说：“若从陆路来就是一，若从海道来就是二”。（译者按：Revere 是美国独立战争中一个英雄）Revere 并不认识资讯理论，但他有采用它的原则的灵感。资讯理论研究情报的表达方法，Paul Revere 乃是将敌人的攻击途径翻译成为一套简单而有效的密码。

资讯理论的根基乃是衡度和量化情报。其实任何规范和组织都可以被量化，正如化学家 Leslie Orgel 的解释：“一个结构的资讯含量乃是确定这构造的最简单的操作说明”，即如何构建它的指南。愈复杂的结构就需要愈多的说明来它确定它。^⑥

一个没有组织的结构——譬如一堆乱字——需要很少的说明。若你要写出一系列没有意思的字母，你只需要用两项说明：（一）随便选择一些落叶——橡树、枫树、桦树——将它们堆起来。（二）重复这步骤。一个凌乱的结构可用很少的说明来确定，它所内存的资讯量是很少的。

一个极度整齐的结构同样地只有很低的资讯量——“要是”它有重复组织。还记得上述的电脑专家制造了将“生日快乐”不断重复而印出来的包装纸，这是一个极整齐的图案，但只需要几个简单的说明：（一）“印出生日快乐四字”！（二）“重复这步骤直到整张纸都印满了。”

在自然界我们在晶体中看到这种极度整齐的结构——一个不断重复的构造。一个晶体有高度的结构，却有低量的资讯。要是我们需要告诉一位化学家怎样来制造一个晶体的话，我们只需要两个说明。在说明用来建造这晶体的原子或分子之后，我们指出几个原子要排列出来的几何图案，然后就说“重复这步骤”。正如 Orgel 如此说：“因为晶体的结构是重复的，我们只需要一种结构的资讯。”^⑧

还有另外一种与此完全不同的组织，它具有高量的资讯，需要大量的说明。譬如，你要电脑打印朗费罗（Longfellow）的整个诗句“我儿啊，你们将听到 Paul Revere 午夜的骑马声”（译者按：朗费罗是美国著名诗人），你一定要将每一个字母输进电脑中，并无其他捷径。

这就是在写作的资讯中所见的组织，这也是在 DNA 中的组织——我们可能选择叫它为复杂性，而非组织性以作分别。我们无法用一些简单的说明来告诉一位化学家怎样在实验室中制造哪怕一个最简单的细菌中的 DNA，我们要把逐个根基列出来（译者按：细菌有大概数百万个 DNA 的根基），因此 DNA 有高量的资讯。

资讯理论使我们有辨别这两种组织的工具——无生物的结构和在生物界和人类工艺品（如写出来的语言）中的组织。无生物界的组织可能像一堆凌乱的树叶，或是像晶体一样的整齐，但二者的资讯含量都很低。反之生物界的资讯含量是高的，生物结构的说明一定是按部就班的。^⑨

这就是为何晶体的增长和油面上图案与生命的来源无关。它们是组织性的例子，而非复杂性的例子。正如资讯专家 Hubert Yockey 的论点，认为 Cairns - Smith 并没有在他的“晶体基因”理论中解决资讯的问题，因为他并没有清楚地分辨“组织性”与

“复杂性”^④。在这个特殊的大前提中，复杂性所指的是一个有高量资讯的结构。

■ 一个分子如何变成一个讯息？

我们如何来解释这第二种有高量资讯——或复杂性的组织？在非生物界运作的物理和化学动力可以解释组织性，但却不能解释复杂性。它们能产生一个晶体，但不能产生密码。究竟是什么动力或代理者有能力创造复杂性——确定 DNA 链状中的根基排列次序？

让我们再次考虑 DNA 与写出暗语的比较。你正在读的字句并无任何特别的次序（译者按：英文字母在字句中的拼法不根据字母本身的次序），它们不像电脑制作出来的包装纸中的重复图案，其实在写出来的语言中（译者按：字母化的语言）的字母是随便地排列的。

试想若你正在阅读希腊文的一段文章，你不懂这语言，那么你无法通过考究字母的排列来了解这段文章是一堆乱字或是有意义的字句。同样一个不懂英文的人也不能从“那男孩在跑步”（The boy runs）或（Het yob surm）这些相同的字母中看出只有前者的排列才有意义。

每种字母化的语言本质上都是一些字母的主观的拼合，英文字母 b-o-y 之间并无任何内涵的特性要使这个排列在英文字句中有意义。在德文中的 J-u-n-g-e 也没有内在的本质使它在德文中有意义但在英文中却并无意义。在英文 g-i-f-t 是礼物的意思，但是在德文中这字的意义是毒物。

本质上主观字母排列的意义乃在于语言上的惯例，在字典中被标准化。英语系统从本能上是无穷的字母排列（或串音排列）

中选出较少的字句来赋予意义。

这正是细胞的写照。DNA 的根基排列在化学立场上是主观的，某一个根基排列的资讯不是蕴含这些排列中的化学本能，其实在细胞所采用的基因密码“之外”，有很多不同的根基排列——所有的排列在化学动力的立场中是有同等的或然率的。若单凭这些排列的物理构造，我们不能分辨哪一种是生物所应用的排列以及哪种是无用的排列。在它们的物理结构中没有任何可使我们将它们分辨的特性。在庞大的可能有的根基排列中，只有少数以某种方式被挑选出来作为基因密码⁴¹。

那么是什么东西使这些 DNA 排列成为有意义的密码？什么使一系列的分子变成资讯？物理学家 H. H. Pattee 问道：什么是“规范这些其实是很普通的分子成为记号的东西”？⁴²资讯的储存在于一系列任意组合的根基排列以某种方式被赋予记号的特性。Henry Quastler 称呼它为“被记忆下来的意外选择”。⁴³

若 DNA 分子的物理特性不能分辨其中的成员，那么我们应清楚地了解没有任何对它的物质成员的分析可以解释它的独特之处——它作为记号的功能。反之，这答案从 DNA 与写出来的语言的比较中可以揭晓，在字母的排列中赋予意义的是语言上的惯例——用法、文法、句子结构。Pattee 认为同样地，“只有整体性的阐释和文法才能使这些物质结构有记号上的属性”。⁴⁴

但是大自然中的文法规律从哪里而来？语言的惯例并非源自化学的作用。Monod 也不承认基因密码是“在化学上任意而行的，因为资讯也同样地可被其他的惯例来传递”。⁴⁵其实语言上的惯例并非从任何已知的自然定律而来。正如生物学家 Peter Calow 所言，生物的设计是基于“以惯例来成立的一套系统和应用，并非从自然定律而来”。⁴⁶要是 DNA 的语言惯例不来自大自然的规律，那么它们从哪里来？在人类广泛的经验中答案是显而易见的：语言的

惯例来自运用资讯和智慧的思想领域。

解码情报信息比密码更能显示智慧的功能。DNA 的讨论往往有三种东西之间的混乱：一、DNA 这个传递讯息的媒介；二、包含文法和翻译的密码；三、被译为蛋白质的蛋白质信号。唯物论的生物学者未注重讯息的媒介。他们认为若能以物理和化学来解释 DNA 的由来，一切其他层面的东西便迎刃而解，当核苷酸被催促连结成为链状物之后，链状排列就以某种方式“得着意义”，正如玩拼字游戏时将字母和字源胡乱地混合在一条长的行列中，语言的惯例就自动出现，使这些混乱拼合的字母变得有意义。

新柏拉图主义的生物学家认为简化主义者的立场不恰当，需要提倡在物理和化学以外的文化规律或“组合的原则”。但是他们的问题是他们认为这些“原则”已足够解释遗传资讯的来源。像其他自然规律一样，“组合原则”只能形容组织化的过程已开始之后的模范而已^⑥，不能解释这过程的来源。

在上面已提到狄更斯的小说乃是有文学创作规则，但是文学创作规则本身不能写出小说来，它不过是作者所采用的规条而已。一间房屋是一堆建筑材料根据建筑设计方案建成的产品，但建筑设计方案本身不能建造房屋，它不过是建筑工匠所采用的规条而已。同样地在 DNA 的讨论中我们混乱了范畴，以为组合的原则可以解释 DNA 的资讯。所缺乏的是一个动因——一位以文法原则将 DNA 的资讯写在物质媒介中的作者。创造论者认为 DNA 独有的资讯特性的最佳解释是它乃是生命创造者所赋予的。

■ DNA 的设计

在 1991 年盖洛普调查中发现百分之九十的美国人相信神创造了世界，不论是权威即时的创造，抑或是用引导自然过程来创造。

要是你询问这百分之九十的人为何如此相信的话，他们会指着整个自然世界说，有史以来，自然中的规律都使人察觉到它背后有智慧者的掌管。

若以逻辑来说的话这就是设计的论据，在科学革命中是极受欢迎的。科学家在较深入地研究大自然时，发现一个比科学未启蒙时代所了解的更复杂的世界，因此在科学界中这设计的论证一直都特别受欢迎。Frederick Ferre 说：“这是最经验化的有神信仰的论据”，基于“在大自然中可被观察到的秩序”^⑧。

设计的论据是基于大自然中的秩序与人类制成品中的秩序之间的相似，最被人知晓的论据是来自 1802 年 William Paley 的立场。他用很多的详细叙述来形容生物界中的精密的适应功能。若说这些适应功能都是物质动力的效果的话，就正如在荒地上找到一只表，而说它是风雨侵蚀的结果。在表中的次序清楚地告诉我们来自匠人的智慧，那么 Paley 认为在生物中相似的秩序也是来自“神圣”的智慧。要是我们相信盖洛普的统计的话，绝大多数的美国人仍然接受 Paley 的立场。

Paley 论据的中心是生物与表相似，但是今天分子生物学家给我们一个更惊人的对比——DNA 的根基排列与写出来的语言相比。若我们使 Paley 的立场现代化的话，好比说 DNA 不过是物理化学的产物而已，就好像在荒地上找到一本书或一个电脑光盘而说它们是风雨侵蚀的结果。要是书本与电脑光盘需要有智慧的作者，那么同样地 DNA 的信息需要有智慧的作者。创造论者认为虽然没有人目睹神创造生命，在生命特有的复杂性中，我们可目击到只能来自有智慧运作的结果。

在持科学界主流思想的人当中很少人愿意顺从这种思路。唯物论者面对生物来源基于物质的理论的难题，采取你们等着瞧的观察立场，但是数十年来的生命来源的实验已建立了一致的趋势，

这些巩固的趋势是不能被推翻的，而目前这种趋势更是迫切。今天我们可以十分肯定地说在大自然环境中原子和分子在无人干预的情况下会产生什么东西——和“不能”产生什么东西，它们不能自动地组合成为生命的复杂结构——DNA 和蛋白质。

创造论者认为就算它们能自动组合成为蛋白质或 DNA，它们也不可能有密码的功能。因为密码系统不单需要物质的媒介——那些化学的“纸墨”，你还需要一套语言的惯例——一套能以讯号与意义、文法与根基排列连结的辞典。在非生物界中哪里来一套与辞典和文法规则相似的东西？这是根本不可能的，唯一相似的状况是人类的语言。所以创造论者的论据是从 DNA 的密码中我们有理由推理到这是源自类似人类智慧的原因这个结论。

■ 科学与设计

那么 DNA 革命对生物界有何意义？我们认为它竖立了三个传统世界观的主要洞察力。首先它确认了机械世界观中细胞功能基于物质的立场——DNA 中的糖和根基。我们不要求援于生物中形而上的神秘的东西和心灵的感应。生机论和泛灵论完全地被摒弃了。

但是 DNA 革命也证实了新柏拉图主义认为的生命不能简化为物理化学的立场。生物与非生物界的不同，不在于它们的成员本质，而是在于它们的组织性能，用作传递资讯的分子有不能被物质动力来解释的组织功能。

在今天生物界中的辩论中心不是生机论或机械论，而是复杂组合性的来源。原子和分子在单独一处时根据物理和化学的定律来运作。机械主义在这方面的立场是对的，但是当它们在一起时被组织起来成为超越这些物质定律的结构——最高超的例子就是

DNA 中的密码讯息。这是新柏拉图主义者的“慧见”，讯息分子具有与非生物界截然不同的复杂性能，一套完整的生物学应包括这种复杂性的解释。

最后 DNA 革命也确认了亚里士多德系统中把生物的结构与发展归功于一套内含可理解的规模或计划的理论——这计划现在已被认定为是 DNA 密码中的讯息。创造论者更进一步引申说这套可理解的计划是来自一个智慧的源头。这个资讯分子的存在成为古老的设计论的新版本。

对这立场的批评者常常认为它是在科学无知领域中的一些权宜答案。在早几百年中这往往是真的，譬如以前许多世纪中，闪电和疾病往往被认为是神直接的参与，迟些时候当自然的答案被揭晓时，他们认为“一切”现象在最终都可找到自然的解释，可填满余下知识领域的空缺。

但是现代的设计理论并非源自于我们知识中的空缺，而是基于分子生物带来的知识“演进”。资讯理论告诉我们大自然有两种组织：一种可在自然现状中产生——闪烁的晶体、油面上的六角形图案和洗浴盆中的漩涡，但是第二种的组织——DNA 的复杂构造——是不能从任何可在实验中观察得到的自然过程产生。

但是日常经历却给我们一个第二种复杂组织的说明：在写下的语言中的字母排列。在我们的经验中写下来的语言一定是智慧的产物，所以也可以从 DNA 的资讯构造中作出正面支持智慧动因的论据。

这是设计论据的新版本，若我们阅读 Francis Crick（按：发现双旋模型者之一）的自传可以看到这论据的有力。当 Crick 叙述完他在 DNA 革命中扮演的角色以后，他说：“生物学家要常常提醒自己我们所见的不是设计而来，反而是进化而来的。”⁴⁹好像 Crick 在劝导自己——要忽视最自然的对数据的解释——来相信生



Francis Crick

命不过是源于自然的原因而已。这好像一位地质学家看到 Rushmore 山上的四个总统雕像（译者按：在美国西部一山上的巨型雕像），虽然见到人像的显著线条和工艺，却硬说是风雨侵蚀的结果。在 DNA 中的精巧工艺的^⑤证据也是同样的确实。

■ 但是这些是否科学？

对这种设计立场的最普遍的抨击是来自科学领域以外——认为一切以智慧动因为根据的立场都不科学。它假设有一套哲学上的“魔术疮疤”，将真正的科学——天文学、物理学、化学、生物学和地质学——与虚伪的科学分隔——针刺法、星相学、神秘心理学，和维利科夫斯基（Velikovsky）的著作^⑥。在这立场中，一切与设计者或智慧动因有关都是在虚伪的科学领域之中。

但是科学哲学家却声名狼藉地不能为这个“魔术疮疤”清楚地画出分界线来——他们没有确定分辨这两个领域的标准。可观察性、可考验性、可重复性，可被证实为错误等标准曾被提倡，但是没有一样是被普遍接受的。

其实很多科学哲学家现在发觉提倡分辨标准的哲学原则也有主观的成分——它代表提倡者的形而上大前提。Larry Laudan 认为用来为科学定义的原则实在是哲学战场上的武器。他说：“任何人研究科学家与‘伪科学家’的争论历史中，一定会看到为科学定义的标准都通常被用作彼此竞争的立场的辩论武器。”他继续说：“譬如众人皆知亚里士多德企图将跟从医德宣言（Hippocratic

Oath) 的医生陷在拮据中，声名狼藉的逻辑实证主义者欲推翻形而上学。Popper（按：提倡可被证实为错误的才是科学）乃是针对马克思和弗洛伊德。在每种情况之下，他们都采用自己订出来的分辨标准来攻击他人的立场。”^⑤

同时生物哲学家 David Hull 说他“十分怀疑”人倡导的所谓真正科学定义的标准。他认为“这些标准都是为了方便自己攻击他人立场的工具”^⑥。

若 Lauden 和 Hull 是的话，我们怎样面对以科学定义来拒绝有智慧的生命来源的立场？是否这不过代表了科学家个人反对此立场的哲学观念？似乎是。因为若单从逻辑的角度来看的话，设计的论据与其他有关历史的论据是相等的。

历史性的科学以一惯性的原则作为依归，我们以今日所见的相似例子来看过去的事物，相同的事物可推理到相同的原因。譬如当我们在今天观察到水的侵蚀力，我们的结论是在过往水的侵蚀使河流改道。在火星上有狭长的沟渠，但是火星上并没有水。他们应用在地球上的观察结果，推理在火星的历史中曾有在地面上流动的水。

这一惯性的原则能应用在自然或有智慧的因素中。1748 年哲学家休谟曾写道：“从相同的原因中我们可以推测到相同的效果”，稍后他又说：“这个推理可以应用在没有知觉的凶猛动力或一个有理性的智慧。”^⑦换言之一贯性的原则在因果的立场上是中立的。

若将它应用在生命的来源上时，这一惯性的原则要求我们对现有的富有资讯的结构如 DNA 分子寻找一个相似的例子，我们上面已指出没有任何已知的自然过程可以创造富有资讯的结构。但是日常的经历给我们很多有智慧原因的例子——书本、诗章、歌曲、电脑软件等。连房屋和汽车都是资讯的产物，拒绝接受这种

结论为不科学，这一立场使人怀疑是否是机械唯物主义的偏见——他们对科学的定义不过是维护唯物世界的武器而已。^⑤

要是我们对科学的定义是根据科学发展史的话，它不会是如此的狭窄。在科学历史中从哥白尼到量子力学，科学一直都与形而上学和宗教问题结成了不解之缘。譬如牛顿公开地支持从科学中引申到宗教意义的立场（他称之为自然哲学），在他的 *General Scholium* 一书中他说：“根据事物的表现来引申到有关神的讨论是属于自然哲学的范围。”^⑥

今天的例子可列出 Francis Crick（按：刚在 2004 年 7 月逝世），他清楚地声明他对 DNA 的研究工作是基于他要传扬简化主义的目标，他本是物理学家出身，却转而研究生物。Horace Judson 说：“Crick 转向生物的一个重要原因是他是一个迫不及待地要揭晓生机幻象中的模糊领域的无神论者。”他自己也这样说：“我完全不怀疑我自己的动机……我要寻找一些可以阐明这个立场的学问——对生机论的摒弃。”^⑦当然 Crick 认为无神论与简化主义必须相连的立场是错误的。很多生机主义者是无神论者；很多有神论者也摒弃生机论。但 Crick 的话代表了一切科学研究的宗教情操，没有一个不考虑这些因素的科学定义可以代表真实的科研活动的基础。

在这本书中我们从科学的发展史中清楚地看到科研与学术从来没有在哲学和宗教的真空领域中发展，基督信仰加上不同的哲学系统，是大部分西方科学传统的原动力、约束力和塑造者，现代的基督信徒应从历史先例的深井中汲水，若我们这样的话，我们就不会被实证主义者和其他否认宗教可对真正的学术作出贡献这立场所威胁。

第一章: *An Invented Institution*

1. Loren Eiseley, "Francis Bacon," in *The Horizon Book of Makers of Modern Thought*, intro. Bruce Mazlish (New York: American Heritage Publishing, 1972), pp. 95-96, emphasis in original.
2. Loren Eiseley, *Darwin's Century* (Garden City, NY: Doubleday, 1958, Doubleday Anchor Books, 1961), p. 62.
3. David C. Lindberg, "Conceptions of the Scientific Revolution," in *Reappraisals of the Scientific Revolution*, ed. David C. Lindberg and Robert S. Westman (Cambridge: Cambridge University Press, 1990), p. 14. Similarly, R. N. D. Martin says there is no evidence to show that Duhem's historical work was motivated by a desire to defend scholasticism. See *Pierre Duhem: Philosophy and History in the Work of a Believing Physicist* (La Salle, IL: Open Court, 1991).
4. Colin Russell, *Cross - Currents: Interactions Between Science and Faith* (Grand Rapids: Eerdmans, 1985), pp. 190-96.
5. John William Draper, *History of the Conflict Between Religion and Science* (New York: D. Appleton, 1875), pp. vi, xi, 364, 365.
6. The lesson of White's book, Sarton says, is that theologians who "were indiscreet enough to interfere" with science always ended up supporting the wrong theories. "I wonder," Sarton muses, "whether they were not the victims of a sly devil who wanted to make fun of them." There's no doubt that Sarton himself was making fun of them. He goes on to praise theologians who know better than to "tamper" with scientific controversies. George Sarton, "Introductory Essay," in *Science, Religion, and Reality*, ed. Joseph Needham (New York: George Braziller, 1955), pp. 14-15.
7. Bruce Mazlish, preface to Andrew Dickson White, *A History of the Warfare of Science with Theology*, abridged ed. (New York: Free Press, 1965), p. 13.
8. Andrew Dickson White, *A History of the Warfare of Science with Theology*, 2 vols. (New York: Dover Publications, 1960, reprint of an 1896 edition), 1:

viii.

9. The term “scientific revolution” covers roughly the period between Copernicus and Newton. It became common usage after Butterfield’s lectures, published as *The Origins of Modern Science* (1948), and A. R. Hall’s book *The Scientific Revolution, 1500 – 1800* (1954).

Some historians object to the term “revolution” to describe the beginnings of modern science, since the process was neither sudden nor violent. We will use the term only in the sense that certain philosophical concepts (e. g., Aristotelian cosmology) were overthrown and replaced.

10. M. B. Foster, “The Christian Doctrine of Creation and the Rise of Modern Natural Science,” *Mind* 43 (1934), reprinted in *Science and Religious Belief: A Selection of Recent Historical Studies*, ed. C. A. Russell (London: University of London Press, 1973). Also reprinted in *Creation: The Impact of an Idea*, ed. Daniel O’Connor and Francis Oakley (New York: Charles Scribner’s Sons, 1969).
11. Alfred North Whitehead, *Science and the Modern World* (New York: Macmillan, Free Press, 1925), pp. 12 – 13.
12. Langdon Gilkey, *Maker of Heaven and Earth; The Christian Doctrine of Creation in the Light of Modern Knowledge* (New York: University Press of America, 1959), p. 132.
13. Thomas Torrance writes that the “Christian belief in the goodness and integrity of the physical universe . . . played an incalculable part in transforming the ancient worldview. It destroyed the Platonic and Aristotelian idea that matter is, if not evil, the raw material of corruption and unreality and the source of disorder in the universe, and it also ruled entirely out of consideration the pessimistic views of nature that emanated from the dualist sects such as the Manichaeans and Gnostics, thereby emancipating the material reality of the universe for serious scientific attention.” From *Divine and Contingent Order* (Oxford: Oxford University Press, 1981), p. 67.
14. Mary Hesse, *Science and the Human Imagination: Aspects of the History and Logic of Physical Science* (New York: Philosophical Library, 1955), pp. 42 – 43. See also Harvey Cox, “The Christian in a World of Technology,” in *Science and Religion: New Perspectives on the Dialogue*, ed. Ian G. Barbour (New York: Harper and Row, 1968), p. 263.
15. Ian Barbour, *Issues in Science and Religion* (New York: Harper and Row, Harper Torchbooks, 1966), pp. 48 – 49. This is not to overlook the fact that the monks did engage in labor, regarding it as one way to glorify God. Nevertheless, many historians have noted the distinctive emphasis in Protestantism on the moral and spiritual value of all labor. See, for example, Max Weber in *The Protestant*

- Ethic and the Spirit of Capitalism* (New York: Charles Scribner's Sons, 1958). For Luther, Weber says (p. 81), "every legitimate calling has exactly the same worth in the sight of God."
16. Cited in Eugene M. Klaaren, *Religious Origins of Modern Science: Belief in Creation in Seventeenth - Century Thought* (Grand Rapids: Eerdmans, 1977), p. 41.
 17. Cited in Christopher Kaiser, *Creation and the History of Science* (Grand Rapids: Eerdmans, 1991), p. 127.
 18. Harvey Cox, *The Secular City*, rev. ed. (Toronto: Macmillan, 1966), pp. 19 - 21. Similar themes can be found in Arend van Leeuwen, *Christianity in World History* (Edinburgh: Edinburgh House Press, 1964).
 19. R. Hooykaas, *Religion and the Rise of Modern Science* (Grand Rapids: Eerdmans, 1972), p. 17.
 20. The full quotation from Boyle, given in Klaaren p. 150, is as follows:
 The veneration, wherewith men are imbued for what they call nature, has been a discouraging impediment to the empire of man over the inferior creatures of God: for many have not only looked upon it, as an impossible thing to compass, but as something *impious to attempt*, the removing of those boundaries which nature seems to have put and settled among her productions; and whilst they look upon her as such a venerable thing, some make a kind of *scruple of conscience* to endeavor so to emulate any of her works, as to excel them. (emphasis added)
 21. Cox, *Secular City*, p. 21. As Forbes observes, it was "Christianity, by its opposition to animism, [that] opened the door to a rational use of the forces of nature." R. J. Forbes, "Power," in *A History of Technology*, vol. 2, ed. Charles Singer (Oxford: Clarendon Press, 1956), p. 606.
 22. Thomas Sieger Derr, *Ecology and Human Need*, originally published in 1973 under the title *Ecology and Human Liberation* (Philadelphia: Westminster Press, 1975), p. 20.
 23. Melvin Calvin, *Chemical Evolution* (Oxford: Clarendon Press, 1969), p. 258.
 24. Derr, *Ecology and Human Need*, p. 26. Derr goes on: "Many scientists, philosophers, and historians . . . have remarked that modern science owes much to the Christian faith in the dependability of the creator God."
 25. Kaiser, *Creation and the History of Science*, p. 109.
 26. Ernst Mayr, *The Growth of Biological Thought* (Cambridge: Harvard University Press, 1982), p. 199. The quotations here may appear to identify Mayr as a proponent of natural theology. He is not; his own position is a completely materialistic form of evolution.

27. A. R. Hall, *The Scientific Revolution, 1500 – 1800: The Formation of the Modern Scientific Attitude* (Boston; Beacon Press, 1954), pp. 171 – 72. As historian John Randall explains, “Natural laws were regarded as real laws or commands, decrees of the Almighty, literally obeyed without a single act of rebellion.” John Herman Randall, *The Making of the Modern Mind* (New York: Columbia University Press, 1926, 1940), p. 274. See also Stephen F. Mason, *A History of the Sciences*, originally published under the title *Main Currents of Scientific Thought* (New York; Collier Books, 1962), pp. 173, 182.
28. Carl Becker, *The Heavenly City of the Eighteenth – Century Philosophers* (New Haven; Yale University Press, 1932), p. 55. By the eighteenth century, however, the logic of the argument began to be reversed, taking on the form familiar to us today. As science progressively revealed the marvelous order of nature, people began to argue not from God to order but from order to God. This is the classic argument from design.

For example, in Hume’s *Dialogues Concerning Natural Religion*, the character Cleanthes does not argue that God is eternal reason, and therefore nature must be rational; instead he argues that nature is a lawful machine, and therefore God must be a rational engineer. Natural law had ceased to be an article of faith and had become identified with the observed behavior of objects. (Becker, pp. 56 – 57.)

In other words, whereas formerly the existence of God was regarded as so certain that it could serve as the starting point for argument, now it was the orderliness of nature, discovered by science, that was regarded as more certain. Order in nature became the starting point of argument, and the existence of God became an inference from it. This is not to deny the importance or validity of design arguments but only to point out the massive intellectual shift that has taken place.

29. Hooykaas, *Religion and the Rise of Modern Science*, pp. 3 – 4.
30. Dudley Shapere, *Galileo: A Philosophical Study* (Chicago: University of Chicago Press, 1974), pp. 134 – 36, emphasis in original.
31. C. F. von Weizsacker, *The Relevance of Science* (New York: Harper and Row, 1964), p. 163. See also George Herbert Mead, *Movements of Thought in the Nineteenth Century*, Works of George Herbert Mead, vol. 2, ed. and intro. Merritt H. Moore (Chicago: University of Chicago Press), pp. 1, 5 – 8. Mead writes that science rests on the “confident faith” that every detail in nature can be rationally understood. The source of that faith, he says, is the theological doctrine that the world

was created by a God who was infinitely intelligent and who had infinite power. Everything that such a deity created . . . must be the expression of that intelligence, and nothing could resist its expression. . . There

could be nothing accidental or irrational in such a world.

To speak of the rationality of creation is not to deny the Biblical teaching of the Fall, which states that since the original creation the world has been marred by sin, death, and disharmony. Yet the Fall does not completely destroy the inherent character of creation. It represents a temporary disfigurement of that character – a disfigurement that can be reversed in redemption. This is quite different from the Greek view where matter is intrinsically opposed to reason, order, and goodness.

32. R. G. Collingwood, *An Essay on Metaphysics* (Chicago: Henry Regnery, Gateway Editions, 1972; originally published by London: Oxford University Press, 1940), pp. 253 – 57.
33. Eiseley, *Darwin's Century*, p. 62.
34. Joseph Needham, *The Grand Titration: Science and Society in East and West* (Toronto: University of Toronto Press, 1969), p. 327.
35. Kaiser, *Creation and the History of Science*, pp. 10, 121. Similarly, historian Robert Cohen notes that the rise of science required a belief in a “rational creator of all things,” with its corollary that “we lesser rational beings might, by virtue of that Godlike rationality, be able to decipher the laws of nature.” Robert Cohen, “Alternative Interpretations of the History of Science,” in *The Validation of Scientific Theories*, ed. Philipp G. Frank (Boston: Beacon Press, 1956), p. 227.
36. Paul Kocher, *Science and Religion in Elizabethan England* (San Marino, CA: Huntington Library, 1953), p. 32.
37. Hesse, *Science and the Human Imagination*, pp. 44 – 45. See also Gilkey, *Maker of Heaven and Earth*, pp. 123 – 25; O'Connor and Oakley, *Creation: The Impact of an Idea*, General Introduction, p. 18. It is important to keep in mind that, for Aristotle, Form does not mean shape but essential purpose.
38. Gary Deason, “Reformation Theology and the Mechanistic Conception of Nature,” in *God and Nature: Historical Essays on the Encounter Between Christianity and Science*, ed. David C. Lindberg and Ronald L. Numbers (Berkeley: University of California Press, 1986).
39. A. C. Crombie, *Medieval and Early Modern Science*, vol. 2 (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1963), p. 315, emphasis added.
40. Cited in Kaiser, *Creation and the History of Science*, p. 154.
41. A thorough discussion of Boyle can be found in Klaaren, *Religious Origins of Modern Science*, from which these quotations were taken (pp. 135, 139, 151).
42. Cited in Edward B. Davis, “Newton's Rejection of the Newtonian World View: The Role of Divine Will in Newton's Natural Philosophy,” in *Science and Christian Belief*, 3, no. 1, p. 117.
43. Barbour, *Issues in Science and Religion*, p. 379.

44. Kaiser, *Creation and the History of Science*, p. 110, emphasis added. Similarly, Marin Mersenne (1588 – 1648) criticized Kepler's early attempts to force the solar system into a geometrical pattern – his argument being that it is wrong to cherish any preconceived pattern for the structure of the solar system since it is only one of infinitely numerous possibilities and therefore ultimately dependent on the choice of the deity. See John Hedley Brooke, *Science and Religion: Some Historical Perspectives* (Cambridge: Cambridge University Press, 1991), p. 26.
45. Roger Cotes, preface to the second edition of Newton's *Principia*, in *Newton's Philosophy of Nature: Selections from His Writings*, ed. H. S. Thayer (New York: Hafner, 1953), emphasis added.
46. Brooke, *Science and Religion*, pp. 139 – 40, emphasis in original. This interpretation of the condemnation of 1277, as fostering experimental methodology in science, was first advanced by Pierre Duhem. It can also be found in Foster and Hooykaas.

Yet we need to be cautious about drawing a direct causal connection. Historian David Lindberg argues that the immediate effect of the condemnation was to throw a tighter theological rein around the neck of philosophical inquiry. See *The Beginnings of Western Science* (Chicago: University of Chicago Press, 1992), pp. 234 – 44.

Edward Grant maintains that the condemnation contributed initially to skepticism by eroding confidence in the capacity of human reason to arrive at demonstrated truth, whether in theology or in natural philosophy. For if there are no necessary rational connections in creation, how can reason penetrate its structure? See "Science and Theology in the Middle Ages," *God and Nature*, pp. 54 – 58. It took centuries before science came to be defined as a process not of deducing necessary connections but of describing contingent regularities.

47. Torrance, *Divine and Contingent Order*, p. 109. Similarly, Anglican theologian E. L. Mascall writes, "The Christian God is not only a God of omnipotence and freedom, He is also a God of rationality and order." From *Christian Theology and Natural Science* (New York: Longmans, Green, 1956), pp. 93 – 94. See also Francis Oakley, "Christian Theology and the Newtonian Science: The Rise of the Concept of the Laws of Nature," in *Creation: The Impact of an Idea*.
48. John Baillie, "Christianity in an Age of Science," in *Science and Faith Today* by John Baillie, Robert Boyd, Donald Mackay, Douglas Spanner (London: Lutterworth Press, 1953), p. 17, emphasis added.
49. Some historians have argued that the story of Galileo and the leaning tower of Pisa is apocryphal, or that it was merely a "thought experiment" carried out theoretically. Other historians are more inclined to accept the story as genuine. Either way the point still stands: Galileo argued explicitly that we cannot rationally intuit

- the ways God created objects to behave; instead, we must observe their actual behavior.
50. Klaaren, *Religious Origins of Modern Science*, p. 15. See also Paul Liben, "Science Within the Limits of Truth," *First Things*, no. 18, (December 1991), pp. 29 - 32.
 51. Cited in Mason, *A History of the Sciences*, pp. 177, 178. See also Kocher, *Science and Religion*, pp. 24 - 28.
 52. R. K. Merton, "Puritanism, Pietism, and Science," *Sociological Review*, 28, pt. 1, (January 1936). Reprinted in *Science and Ideas*, ed. Arnold B. Arons and Alfred M. Bork (Englewood Cliffs, NJ: Prentice - Hall, 1964).
 53. P. M. Rattansi, "The Social Interpretation of Science in the Seventeenth Century," in *Science and Society*, ed. Peter Mathias (Cambridge: Cambridge University Press, 1972), pp. 2 - 3.
 54. Lynn White, "What Accelerated Technological Progress in the Western Middle Ages?" in *Scientific Change*, ed. A. C. Crombie (New York: Basic Books), pp. 290 - 91.
 55. Cox, "The Christian in a World of Technology," in *Science and Religion: New Perspectives on the Dialogue*, p. 264.
 56. Brooke, *Science and Religion*, pp. 19 - 33. Brooke also mentions a fifth way Christianity has influenced science - by playing a *constitutive* role in theory formation (e. g., Ray and Linnaeus invoked the language of Genesis 1 in their definitions of species). This will be discussed in chapter 5.
 57. White, *A History of the Warfare*, 1: 126.
 58. Russell, *Cross - Currents*, p. 42.
 59. Randall, *Making of the Modern Mind*, p. 226.
 60. Brooke, *Science and Religion*, p. 88. See also Russell, *Cross - Currents*, pp. 50 - 51. Arthur O. Lovejoy notes that modern writers often speak as though medieval cosmology, by assigning mankind the central place in the universe, gave "man a high sense of his own importance and dignity." But in fact the opposite is true. "For the medieval mind . . . the centre of the world was not a position of honor; it was rather the place farthest removed from the Empyrean, the bottom of the creation, to which its dregs and baser elements sank. . . The geocentric cosmography served rather for man's humiliation than for his exaltation." Copernicanism was opposed in part precisely because the theory assigned too lofty a position to the earth by removing it from the center. From *The Great Chain of Being: A Study in the History of an Idea* (Cambridge: Harvard University Press, 1936, 1964), pp. 101 - 02.
 61. Martin Rudwick, "Senses of the natural world and senses of God," in *The Sciences and Theology in the Twentieth Century*, ed. A. R. Peacocke (Notre Dame:

- University of Notre Dame Press, 1981, paperback ed., 1986), p. 242. For a detailed account of the Galileo controversy, see *The Galileo Connection* by Charles E. Hummel (Downers Grove; InterVarsity Press, 1986).
62. The Pope had even celebrated Galileo's telescopic discoveries in Latin verse. Giorgio de Santillana, *The Crime of Galileo* (New York: Time Reading Program Special Edition, originally published by Chicago: University of Chicago Press, 1955), pp. xx, 165n.
63. Philipp Frank, *Philosophy of Science: The Link Between Science and Philosophy* (Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Spectrum Books, 1957), p. 144.
64. It was for precisely the same reason that many Christians opposed Darwin's theory of evolution centuries later. Long after Aristotelianism had lost credibility in physics, it remained strong in biology. Darwin's completely materialistic account of life finally broke the Aristotelian connection between physical order and moral order. Adam Sedgwick (1785-1873), Darwin's former teacher, saw exactly what was happening and wrote to him saying,
- 'Tis the crown and glory of organic science that it does, through final cause, link material to moral... You have ignored this link; and, if I do not mistake your meaning, you have done your best in one or two pregnant cases to break it.
- Sedgwick went on to predict that if the link between the material and the moral order were ever broken (which he did not believe could happen), the human race would be morally brutalized and degraded. Cited in Charles Coulston Gillispie in *The Edge of Objectivity* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1960), p. 350, emphasis in original.
65. Hesse, *Science and the Human Imagination*, pp. 34-35.
66. Jerome Ravetz, "Tragedy in the History of Science," in *Changing Perspectives in the History of Science: Essays in Honour of Joseph Needham*, ed. Mikul s Teich and Robert Young (London: Heinemann, 1973), p. 212-14.
67. Herbert Butterfield, *The Origins of Modern Science: 1300-1800*, rev. ed. (New York: Free Press, 1957, 1965), pp. 178-81.
68. Russell, *Cross-Currents*, p. 44.
69. Rudwick, in *The Sciences and Theology*, pp. 256-57. Brooke (*Science and Religion*, pp. 98-99) conjectures that the "fateful urgency" with which Galileo sought to convert the Catholic hierarchy to Copernicanism may have reflected a genuine desire to uphold the reputation of Catholic scholarship, to spare it the ignominy of holding a faulty cosmology.
70. John Dillenberger, *Protestant Thought and Natural Science* (Notre Dame: University of Notre Dame Press, 1960), p. 29. If we truly want to understand the Reformers (and not merely castigate them), Dillenberger says, we must look at

their generally positive views of science and not merely their reactions to individual theories.

71. B. A. Gerrish, "The Reformation and the Rise of Modern Science," in *The Impact of the Church Upon Its Culture*, ed. Jerald C. Brauer (Chicago: University of Chicago Press, 1968), p. 264n.
72. Mark Graubard, introduction, William Harvey, *On the Motion of the Heart and Blood in Animals*, trans. R. Willis, rev. and ed. Alex. Bowie (Chicago: Henry Regnery, Gateway Editions, 1962), p. 13.
73. P. M. Rattansi, "Science and Religion in the Seventeenth Century," in *The Emergence of Science in Western Europe*, ed. Maurice Crosland (London: Macmillan, 1975), pp. 81 – 82.
74. Eiseley, *Darwin's Century*, p. 62.
75. Surely a "strange contradiction in scientific thought," Whitehead comments. Whitehead, *Science and the Modern World*, p. 4.

第二章：The History of Science and the Science of History

1. Francis A. Yates, *Giordano Bruno and the Hermetic Tradition* (New York: Random House Vintage Books, 1964).
2. John Herman Randall, *The Making of the Modern Mind* (New York: Columbia University Press, 1926, 1940), p. 242.
3. Bernard Elevitch, "Bruno, Giordano," *The Encyclopedia of Philosophy*, vol. 1, Paul Edwards, editor in chief (New York: Macmillan and Free Press, 1967), p. 407.
4. Hugh Kearney, *Science and Change, 1500 – 1700* (New York: McGraw – Hill, World University Library, 1971), p. 106.
5. Yates, *Giordano Bruno*, pp. ix – x.
6. Sir James Jeans, *Physics and Philosophy* (New York: Dover Publications, 1982, republication of a work co – published by Cambridge University Press and Macmillan, 1943), p. 19.
7. Yates, *Giordano Bruno*, pp. 447 – 48, emphasis in original.
8. Charles Webster, *From Paracelsus to Newton: Magic and the Making of Modern Science* (Cambridge: Cambridge University Press, 1982), p. 12. See also Robert S. Westman and J. E. McGuire, *Hermeticism and the Scientific Revolution* (Los Angeles: William Andrews Clark Memorial Library, 1977), and Brian P. Copenhaver, "Natural Magic, Hermeticism, and Occultism," in *Reappraisals of the Scientific Revolution*, ed. David C. Lindberg and Robert S. Westman (Cambridge: Cambridge University Press, 1990), pp. 262, 264.
9. For a comprehensive introduction to the history of science as an academic disci-

pline, see Helge Kragh, *An Introduction to the Historiography of Science* (Cambridge: Cambridge University Press, 1987).

Another approach to the history of science, becoming increasingly popular today, comes from the field of sociology. Inspired by Marxism and by Karl Mannheim's sociology of knowledge, this approach is often called the sociology of science. Like all Marxist theories, the sociology of science tends to stress interests. It assumes that the source of ideas can be traced by asking: Whose interests does it serve?

Some historians within this tradition are concerned with the *internal* sociology of science – how science is affected by institutionalization, patterns of education, organs of communication, changing values, and so on. See John Ziman, *Public Knowledge: The Social Dimension of Science* (London: Cambridge University Press, 1968).

Others are concerned with the *external* sociology of science, with the interaction between the scientific community and the surrounding socioeconomic, political, and religious milieu. Two historical works within this tradition are Steven Shapin and Simon Schaffer, *Leviathan and the Air – Pump: Hobbes, Boyle, and the Experimental Life* (Princeton: Princeton University Press, 1985) and Margaret C. Jacob, *The Cultural Meaning of the Scientific Revolution* (New York: Knopf, 1988).

10. Ironically, the Enlightenment belief in progress was itself a secularization of the Christian belief in providence. As David C. Lindberg explains:

Secularization during the Enlightenment eroded belief in divine providence as a moving force in history and discredited Christian teleology as a theme by which to structure the course of historical change. The historiographic void was filled by the idea of progress, based on faith in the development and application of human reason.

From “Conceptions of the Scientific Revolution,” in *Reappraisals of the Scientific Revolution*, p. 6.

11. Carl Becker, *The Heavenly City of the Eighteenth – Century Philosophers* (New Haven: Yale University Press, 1932), pp. 105, 108.
12. Thomas Kuhn, “The Relations Between History and History of Science,” in *Historical Studies Today*, ed. Felix Gilbert and Stephen R. Graubard (New York: W. W. Norton, 1972, 1971). See also Thomas Kuhn, “The History of Science,” in *The Essential Tension* (Chicago: University of Chicago Press, 1977).
13. Andrew Dickson White, *A History of the Warfare of Science with Theology* (New York: Dover Publications, 1960, republication of the 1896 edition).
14. Mary Hesse, *Science and the Human Imagination: Aspects of the History and Logic of Physical Science* (New York: Philosophical Library, 1955), p. 10.

15. Robert Westman, "Proofs, Poetics, and Patronage," *Reappraisals of the Scientific Revolution*, p. 169. A highly readable description of the positivist approach to the history of science can be found in Joseph Agassi, *Towards a Historiography of Science* (The Hague, Netherlands: Mouton, 1963), pp. 1-20.
16. Thomas Kuhn, "History and the History of Science" in *The Essential Tensions*, p. 140.
17. Antony Flew, *Darwinian Evolution* (London: Granada Publishing, Paladin Books, 1984), p. 47. Flew goes on to explain (pp. 47, 48, 50) what that everyday experience is: "Almost every animal or plant which forces itself on the attention of the biological layperson belongs to some commonly named kind very obviously and very widely different from every other ordinary familiar kind. Who would ever mistake a cat for a dog, a cow for a horse, or - come to think of it - a hawk for a handsaw? The same, of course, applies to specimens of all the kinds actually listed in Genesis. This first impression of the absolute distinctiveness of natural kinds is reinforced by the recognition that couples from all these kinds normally reproduce, as Genesis has it, after their own kind." These are the "inescapably familiar everyday realities which make that Genesis view so plausible."
18. For a detailed analysis of the history of the phrase "unity of knowledge," see Robert McRae, *The Problem of the Unity of the Sciences: Bacon to Kant* (Toronto: University of Toronto Press, 1961).
19. Wilhelm Dilthey, *Pattern and Meaning in History*, ed. and intro. H. P. Rickman (New York: Harper and Row, Harper Torchbooks, The Academy Library, 1961).
20. Hayden V. White, "Wilhelm Windelband," *The Encyclopedia of Philosophy*, vol. 8 (New York: Macmillan and Free Press), p. 321.
21. Bertrand Russell, *A History of Western Philosophy* (New York: Simon and Schuster, Clarion Books, 1945), p. 39.
22. Thomas Kuhn, *The Essential Tension* (Chicago: University of Chicago Press, 1977), pp. xi-xiii. Kuhn refers to what we are calling the idealist method as the "hermeneutic" method.
23. Marx W. Wartofsky, "The Relation Between Philosophy of Science and History of Science," in *Essays in Memory of Imre Lakatos*, Boston Studies in the Philosophy of Science, vol. 39, ed. R. S. Cohen, P. K. Feyerabend, and M. W. Wartofsky (Boston: D. Reidel Publishing, 1976), p. 728.

Idealist historians have not only revived study of the intellectual context of science, they have also rehabilitated the role of ideas *within* science - the theoretical side of science. Scientific controversies do not rage merely over empirical facts but over conceptual disagreements. Mass, force, action - at - a - distance, electron - these are all theoretical concepts. Progress in science often consists not in the

- discovery of new facts but in the clarification or redefinition of concepts. See Larry Laudan, *Progress and Its Problems: Towards a Theory of Scientific Growth* (Berkeley: University of California Press, 1977).
24. Cited in Lindberg, *Reappraisals of the Scientific Revolution*, p. 14.
 25. Lynn Thorndike, *A History of Magic and Experimental Science*, 8 vols. (New York: Columbia Univ. Press, 1923 - 1958); Brian Vickers, ed., *Occult and Scientific Mentalities in the Renaissance* (Cambridge, England: Cambridge University Press, 1984); J. L. Righini Bonelli and William R. Shea, eds., *Reason, Experiment, and Mysticism in the Scientific Revolution* (New York: Macmillan, 1975); Margaret J. Osler and Paul Lawrence Barber, eds., *Religion, Science, and Worldview: Essays in Honor of Richard S. Westfall* (Cambridge, England: Cambridge University Press, 1985).
 26. Alexandre Koyr, "Commentary" in *Scientific Change*, ed. A. C. Crombie (New York: Basic Books, 1963), p. 850.
 27. Feyerabend argues that things such as myths and witchcraft are as well confirmed by experience as are scientific theories. See *Knowledge Without Foundations* (Oberlin, OH: Oberlin College, 1962), pp. 23, 27, 28. See also "Problems of Empiricism," in *Beyond the Edge of Certainty: Essays in Contemporary Science and Philosophy*, ed. Robert F. Colodny (Englewood Cliffs, NJ: Prentice - Hall, 1965), pp. 146, 225 - 26, n. 9.
- Feyerabend argues that in a free society, "all traditions are given equal rights, equal access to education and other positions of power." Scientists, he says, represent merely one tradition and should have to compete for a hearing with Christians, Taoists, cannibals, Black Muslims, and Native Americans. "If the taxpayers of California want their state universities to teach Voodoo, folk medicine, astrology, rain - dance ceremonies, then this is what the universities will have to teach." From *Science in a Free Society* (London: NLB Publishers, 1978), pp. 30, 87.
28. R. G. Collingwood argued explicitly that all knowledge should be recast in the mold of history. (Recall that for the idealists, "history" meant what we call the humanities.) "I conclude that natural science as a form of thought exists and always has existed in a context of history. . . From this I venture to infer that no one can understand natural science unless he understands history." From *The Idea of Nature* (Westport, CT: Greenwood Press, 1986; reprint of London: Oxford University Press, 1944), pp. 176 - 77.
 29. Paolo Rossi, "Hermeticism and Rationality," in *Reason, Experiment, and Mysticism in the Scientific Revolution*, pp. 257ff.
 30. *Ibid.*, p. 271, emphasis in original.

第三章：A New “Thinking Cap”

1. Herbert Butterfield, *The Origins of Modern Science, 1300 – 1800*, rev. ed. (New York: Free Press, 1957), p. 13.
2. Hugh Kearney labels them the organic, the magical, and the mechanistic world-views. See *Science and Change: 1500 – 1700* (New York: McGraw – Hill, World University Library, 1971). His book is a major source for the following section.

Other historians delimit the same three streams of thought but use different labels. Eugene M. Klaaren, in *Religious Origins of Modern Science* (Grand Rapids; Eerdmans, 1977), characterizes the three approaches as the ontological, the spiritual, and the voluntarist. He links them to various religious traditions as follows:

1. The ontological approach, following Aristotle, sees God as the highest Being in a hierarchy of being, in which each level strives to reach its full potential. Science is a process of rational deduction to determine a thing’s “nature.” Religion stresses God’s rationality; the believer’s major goal is being in God’s presence. This approach has been found most congenial by Catholicism.
 2. The spiritual approach sees God as a universal, indwelling Spirit and the creation as His body. Science is a process of gaining mystical insight into the spirits that animate the creation. Religion stresses God as the “Father of lights” (van Helmont’s favorite phrase), i. e., the bestower of immediate, intuitive insight. The believer’s major goal is dwelling in the spirit. This approach has been found congenial by Anabaptism and (later) pietism.
 3. The voluntarist approach sees God as an author or craftsman and the creation as His workmanship – like a clockmaker and his clock. Science is experimental, searching out the mechanical laws by which the clockwork operates. Religion stresses God’s power and His will; the believer’s major duty is to do His will. This approach has been most congenial to Reformation Protestantism, particularly Calvinism.
3. Mark Graubard, introduction, William Harvey, *On the Motion of the Heart and Blood in Animals* trans. R. Willis, rev. and ed. Alex Bowie (Chicago: Henry Regnery, Gateway Editions, 1962), pp. 5, 13.
 4. *Ibid.*, pp. 16, 19. Of course, among the founders of modern science many *did* pride themselves on rejecting Aristotelianism, just as positivist historians say. Yet even these figures generally continued to think and work within an Aristotelian

conceptual universe. After all, it was the universe they had been brought up in, the one they knew best, the one that formed their unconscious assumptions.

For example, Jean - Baptiste van Helmont (1579 - 1644), credited with the discovery of gas, is generally included in the neo - Platonic tradition. He directed harsh, even abusive, criticisms against Aristotle and claimed that his own scientific concepts were distinctively Christian as opposed to Aristotelian. Yet, says historian Walter Pagel, van Helmont's concept of gas continued to bear many of the marks of Aristotelianism. Gas represented for him a spiritual impulse within a material object - in Pagel's words, that which "makes the object tick and reach its destined end." In short, van Helmont's gas was a chemical version of an Aristotelian Form or final cause. From "The Spectre of Van Helmont," in *Changing Perspectives in the History of Science: Essays in Honour of Joseph Needham*, ed. Mikul s Teich and Robert Young (London: Heinemann, 1973), pp. 101 - 03.

5. Harvey, *On the Motion of the Heart*, p. 84, emphasis in original.
6. Kearney, *Science and Change*, p. 86. Even the notion that nature at its best moves in circular (or cyclical) motions is Aristotelian.
7. Harvey, *On the Motion of the Heart*, p. 85.
8. Kearney, *Science and Change*, pp. 86 - 87.
9. William B. Ashworth, Jr., "Natural History and the Emblematic World View," in *Reappraisals of the Scientific Revolution*, ed. David C. Lindberg and Robert S. Westman (Cambridge: Cambridge University Press, 1990), p. 305.
10. Kearney, *Science and Change*, p. 40.
11. *Ibid.*, p. 98.
12. Cited in Thomas Kuhn, *The Copernican Revolution: Planetary Astronomy in the Development of Western Thought*, foreword James B. Conant (New York: Random House, Vintage Books, 1957, 1959), p. 131. Kuhn notes that "neo - Platonism is explicit in Copernicus's attitude toward both the sun and mathematical simplicity. It is an essential element in the intellectual climate that gave birth to his vision of the universe."
13. Butterfield, *The Origins of Modern Science*, pp. 70 - 71; Colin Russell, *Cross - Currents: Interactions Between Science and Faith* (Grand Rapids: Eerdmans, 1985), p. 39. For several additional arguments raised at the time against heliocentrism, see Morris Kline, *Mathematics: The Loss of Certainty* (New York: Oxford University Press, 1980), p. 39.
14. A. R. Hall, *The Scientific Revolution, 1500 - 1800: The Formation of the Modern Scientific Attitude* (Boston: Beacon Press, 1954), p. 36.
15. Kearney, *Science and Change*, p. 104.
16. *Ibid.*, p. 134.
17. Cited in Kuhn, *The Copernican Revolution*, p. 131.

18. Gerald Holton, *Thematic Origins of Scientific Thought: Kepler to Einstein*, rev. ed. (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1973, 1988), pp. 65, 70.
19. Richard S. Westfall, *The Construction of Modern Science: Mechanisms and Mechanics* (New York: John Wiley, 1971; Cambridge, England: Cambridge University Press, 1977), pp. 25 – 28.
20. Cited in John Hedley Brooke, *Science and Religion: Some Historical Perspectives* (Cambridge, England: Cambridge University Press, 1991), p. 119.
21. Kearney, *Science and Change*, p. 112.
22. Butterfield, *The Origins of Modern Science*, p. 47.
23. Allen G. Debus, “The Medico – Chemical World of the Paracelsians,” in *Changing Perspectives*, pp. 86 – 87. For a discussion of Paracelsus from a Christian point of view, see Christopher Kaiser, *Creation and the History of Science* (Grand Rapids: Eerdmans, 1991), pp. 116 – 20.
24. Augustine may in turn have picked up the concept from the Greek philosopher Anaxagoras, who believed that there were “panspermia,” or germs of life, scattered among the other “seeds” that make up the universe. Anaxagoras taught that where the seeds of life combined in sufficient quantity with seeds of other matter, organisms formed. See Hilde Hein, *On the Nature and Origin of Life* (New York: McGraw – Hill, 1971), p. 111.
25. Pagel, in *Changing Perspectives*, pp. 101 – 03.
26. R. G. Collingwood, *The Idea of Nature* (Westport, CT: Greenwood Press, 1986, reprint; originally published by London: Oxford University Press, 1944), p. 111. The ancient Greek philosophers essentially secularized pagan animism. They turned it into the principle that the world of nature is saturated or permeated by mind. They based their reasoning on the observation that nature is a world of bodies in motion (which they regarded as a characteristic of life) and that these motions are orderly (which they regarded as a sign of a mind). Thus the Greeks concluded that, as Collingwood puts it (pp. 3 – 4), “the world of nature is not only alive but intelligent; not only a vast animal with a soul’ or life of its own, but a rational animal with a mind’ of its own.” Individual plants and animals, in Greek thought, represented “a localization of this all – pervading vitality and rationality.”
27. Blaise Pascal (1623 – 1662) was one of the few mechanists who declined to argue from the order in the universe to the existence of God. God is known not through the lawful patterns of nature, he held, but through miraculous intervention in those patterns. The world of matter follows mechanical laws; the world of the spirit breaks into that pattern according to the inexplicable will of God.
28. John Maynard Keynes, “Newton, the Man,” in *Essays in Biography*, 2d ed., ed. Geoffrey Keynes (London: Rupert Hart – Davis, 1951), p. 310.

29. Roger Cotes, preface to the second edition of Newton's *Principia*, in *Newton's Philosophy of Nature: Selections from his Writings*, ed. H. S. Thayer (New York: Hafner, 1953), p. 134.
30. Keynes, in *Essays in Biography*, pp. 311, 313 - 14, emphasis in original.
31. P. M. Rattansi, "Reason in Sixteenth - and Seventeenth - Century Natural Philosophy," in *Changing Perspectives*, p. 159.
32. Richard Westfall argues that Newton's concept of gravitational force derived from the alchemical notion of active principles in nature. See "The Role of Alchemy in Newton's Career," in *Reason, Experiment, and Mysticism in the Scientific Revolution*, ed. M. L. Righini Bonelli and William R. Shea (London: Macmillan, 1975). See two responses to Westfall within the same volume: Paolo Casini, "Newton - A Skeptical Alchemist?" and Marie Boas Hall, "Newton's Voyage in the Strange Seas of Alchemy." For a more recent statement of Westfall's position, see Richard Westfall, "Newton and Alchemy," in Brian Vickers, *Occult and Scientific Mentalities in the Renaissance* (Cambridge, England: Cambridge University Press, 1984).
33. E. A. Burt, *The Metaphysical Foundations of Modern Science*, rev. ed. (New York: Doubleday Anchor Books, 1932, 1954), pp. 256 - 64.
34. Philipp Frank, *Philosophy of Science: The Link Between Science and Philosophy* (Englewood Cliffs, NJ: Prentice - Hall, Spectrum Books, 1957), p. 24.
35. Kuhn, *The Copernican Revolution*, p. 132, emphasis added.
36. Burt, *Metaphysical Foundations*, pp. 36, 52 - 53.
37. Kearney, *Science and Change*, p. 138.
38. Burt, *Metaphysical Foundations*, p. 284.
39. Allen Debus, *Man and Nature in the Renaissance* (New York: Cambridge University Press, 1978), p. 11.
40. John Dillenberger, *Protestant Thought and Natural Science* (Notre Dame: University of Notre Dame Press, 1960), p. 27.
41. B. A. Gerrish, "The Reformation and the Rise of Modern Science," in *The Impact of the Church upon Its Culture*, ed. Jerald D. Brauer (Chicago: University of Chicago Press, 1968), p. 248.
42. Kearney, *Science and Change*, p. 149. For a more detailed discussion of Galileo's clash with the church, see chapter 1.
43. Gary Hatfield, "Metaphysics and the New Science," in *Reappraisals of the Scientific Revolution*.
44. William Shea, Introduction, *Reason, Experiment, and Mysticism*, p. 15.
45. Paolo Rossi, "Hermeticism and Rationality," in *Reason, Experiment, and Mysticism*, p. 260; Debus, *Man and Nature*, p. 134.
46. Mary Hesse, "Reasons and Evaluations in the History of Science," in *Changing*

Perspectives, pp. 143 – 44.

47. Robert Westman, “Proofs, Poetics, and Patronage: Copernicus’s Preface to *De revolutionibus*,” in *Reappraisals of the Scientific Revolution*.

第四章: *The Newtonian World Machine*

1. Samuel Clarke, a friend and disciple of Newton’s who acted as his spokesman, wrote:

The Notion of the world’s being a great Machine, going on without the Interposition of God, as a Clock continues to go without the Assistance of a Clockmaker; is the Notion of Materialism and Fate, and tends, (under pretence of making God a Supra – mundane Intelligence,) to exclude Providence and God’s Government in reality out of the World.

Cited in Edward B. Davis “Newton’s Rejection of the Newtonian World View’: The Role of Divine Will in Newton’s Natural Philosophy,” in *Science and Christian Belief*, 3, no. 1, (1991), p. 113. As Davis notes, since Clarke consulted with Newton on his writings, these words undoubtedly represent Newton’s own view.

2. For a list of the discoveries Galileo made and how they overturned Aristotle’s physics, see John Herman Randall, *The Making of the Modern Mind* (New York: Columbia University Press, 1926, 1940), pp. 232 – 33. Aristotelian concepts continued to exert a great influence in biology, however, as we shall see in the next chapter.
3. E. L. Mascall, *Christian Theology and Natural Science* (Hamden, CT: Archon Books, 1965), p. 198.
4. T. F. Torrance, “Divine and Contingent Order,” in *The Sciences and Theology in the Twentieth Century*, ed. A. R. Peacocke (Notre Dame: University of Notre Dame Press, 1981). Christopher Kaiser uses the phrase “relative autonomy” to mean the same thing. See *Creation and the History of Science* (Grand Rapids: Eerdmans, 1991), pp. 15, 131.
5. Kaiser, *Creation and the History of Science*, p. 16.
6. *Ibid.*, p. 93.
7. Richard S. Westfall, *The Construction of Modern Science: Mechanisms and Mechanics* (New York: John Wiley, 1971; Cambridge: Cambridge University Press, 1977), p. 29.
8. Cited in Kaiser, *Creation and the History of Science*, p. 154.
9. “Leibniz,” in *Eighteenth – Century Philosophy: Readings in the History of Philosophy*, ed. Lewis White Beck, general editors, Paul Edwards and Richard Popkin (New York: Free Press, 1966), p. 192.

10. Kaiser, *Creation and the History of Science*, pp. 158 – 61.
11. Alexandre Koyr , *From the Closed World to the Infinite Universe* (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1957, paperback edition, 1968), p. 273.
12. As Marvin Olasky puts it, “If God is everywhere . . . God is nowhere. Theoretical pantheism could merge nicely with practical materialism.” From *Prodigal Press* (Wheaton, IL: Crossway Books, 1988), p. 24.
13. Westfall, *Construction of Modern Science*, pp. 69 – 72.
14. Kaiser, *Creation and the History of Science*, p. 163. The mechanistic worldview in science correlated in theology with the doctrine of salvation preached by Martin Luther and John Calvin, in which human beings can do nothing to effect their own salvation. They are passive; God alone saves and justifies. See Jacques Roger, “The Mechanistic Conception of Life,” in *God and Nature: Historical Essays on the Encounter between Christianity and Science*, ed. David C. Lindberg and Ronald L. Numbers (Berkeley: University of California Press, 1986), p. 279.
15. Kaiser, *Creation and the History of Science*, pp. 163 – 64.
16. Herbert Butterfield, *The Origins of Modern Science, 1300 – 1800*, rev. ed. (New York: Free Press, 1957), p. 137. The “successors” of whom Butterfield speaks are Boyle and Newton. For a detailed account of the tensions felt by Christians who adopted the mechanistic philosophy, see Richard Westfall, *Science and Religion in Seventeenth – Century England* (New Haven, CT: Yale University Press, 1958; Hamden, CT: Archon Books, 1970).
17. For additional parallels between Boyle’s scientific concepts and the neo – Platonic worldview, see Westfall, *Construction of Modern Science*, pp. 76 – 80.
18. For more on the Cambridge Platonists, see Koyr , *From the Closed World*.
19. Kaiser, *Creation and the History of Science*, p. 189.
20. See Koyr , *From the Closed World*, chapter 5. For the theological implications of Newton’s view of space, see Charles Thaxton, “A Dialogue with Prof on Christianity and Science,” in *God and Culture*, ed. , D. A. Carson and John D. Woodbridge (Grand Rapids: Eerdmans, 1993), pp. 293 – 97.
21. Randall, *Making of the Modern Mind*, p. 276. By contrast, Randall goes on to say, “the very form of nineteenth – century evolutionary science has made that idea [of an external Creator] all but impossible, and substituted for it the notion of God as immanent, as a soul or spirit dwelling within the universe and developing it through long ages.”
22. As Leibniz wrote, Newton and his followers taught that “God Almighty wants to wind up his Watch from Time to Time; Otherwise it would cease to move. He had not, it seems, sufficient Foresight to make it a perpetual Motion. Nay, the Machine of God’s making, is so imperfect, according to these Gentlemen, that he is obliged to clean it now and then by an extraordinary Concourse, and even to mend

- it, as a Clockmaker mends his Work; who must consequently be so much the more unskillful a Workman, as he is often obliged to mend his Work and to set it Right." Cited in Koyr , *From the Closed World*, p. 236, emphasis in original.
23. E. A. Burt, *The Metaphysical Foundations of Modern Science*, rev. ed. (New York: Doubleday Anchor Books, 1932, 1954), p. 298.
 24. Mechanistic explanations of light and other electromagnetic phenomena were not entirely successful, however, which opened the door to the new physics of relativity and quantum mechanics (see chapter 8). Life remained problematic as well (see chapter 5).
 25. Burt, *Metaphysical Foundations*, pp. 238 – 39.
 26. Butterfield, *Origins of Modern Science*, chapter 9. See also Randall, *Making of the Modern Mind*, p. 264.
 27. For a detailed account, see John Dillenberger, *Protestant Thought and Natural Science* (Notre Dame: University of Notre Dame Press, 1960), chapters 5 and 6.
 28. Cited in Randall, *Making of the Modern Mind*, p. 287.
 29. For a detailed account, see *ibid.*, chapters 12 – 15.
 30. The tendency of each party to define itself in exclusion to the other led to a distortion of the full – bodied Biblical tradition – a distortion that continues to plague modern Christians. Today in the creation/evolution debate, for example, theistic evolutionists tend to stress God's working through processes immanent in creation, while creationists tend to stress God's transcendent power to create structures *de novo*.

第五章：The Belated Revolution in Biology

1. William Coleman, *Biology in the Nineteenth Century: Problems of Form, Function, and Transformation* (New York: John Wiley, 1971; Cambridge, England: Cambridge University Press, 1977), p. 12.
2. For an excellent though brief description of the three worldviews in biology, see John C. Greene, *Science, Ideology, and World View: Essays in the History of Evolutionary Ideas* (Berkeley: University of California, 1981), chapter 3. A fuller description is found in Charles Coulston Gillispie, *The Edge of Objectivity* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1960). James R. Moore describes the three worldviews as they divided Christians at the time of Darwin in *The Post – Darwinian Controversies* (Cambridge, England: Cambridge University Press, 1979).

Coleman likewise outlines three approaches in the history of biology, though he delineates them somewhat differently, as does E. S. Russell in *Form and*

- Function: A Contribution to the History of Animal Morphology* (London: John Murray, 1916; Chicago: University of Chicago Press, 1982).
3. Arthur O. Lovejoy, *The Great Chain of Being: A Study in the History of an Idea* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1936, 1964), pp. 273–74. For example, on p. 273, Lovejoy quotes the French *philosophe* J. B. Robinet as saying, “Arts and sciences, laws, the diversity of the forms of government, war and commerce – everything, in short, is only a development. The seeds of all were latent in Nature; they have unfolded, each in its own time.”
 4. A. R. Hall, *The Scientific Revolution 1500–1800: The Formation of the Modern Scientific Attitude* (Boston: Beacon Press, 1954), p. 281.
 5. Ernst Mayr, *The Growth of Biological Thought; Diversity, Evolution, and Inheritance* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1982), p. 102.
 6. Interestingly, however, natural theology was popular with these two groups for opposing reasons. Christians saw in natural theology useful arguments against unbelief. Deists saw in it useful arguments against orthodox Christianity and in favor of a “natural” religion that rejected special revelation and proclaimed that knowledge of God is accessible to all rational minds from natural phenomena alone. See John Hedley Brooke, *Science and Religion: Some Historical Perspectives* (Cambridge, England: Cambridge University Press, 1991), p. 193.
 7. Mayr, *Growth of Biological Thought*, pp. 103, 104.
 8. Marjorie Grene, *A Portrait of Aristotle* (Chicago: University of Chicago Press, Phoenix Books, 1963). See especially pp. 60–62.
 9. Interestingly, Aristotle did not teach that species are immutable, a position often attributed to him. The Forms are eternal; but since in his philosophy the material world always falls short of the eternal Forms, Aristotle expected actual biological organisms to exhibit a wide range of irregularity – to be erratic, unstable, variable. But there can be no science of biology if organisms are erratic and unstable. Hence, a scientific approach to biology was first made possible by a Christian adaptation of Aristotelianism, which taught that God created not only eternal Forms but also actual biological species and that these were therefore objective and constant. See Conway Zirkle, “Species Before Darwin,” *Proceedings of the American Philosophical Society* 103, no. 5, (October 1959), pp. 636–44.
 10. Cited in Richard S. Westfall, *The Construction of Modern Science: Mechanisms and Mechanics* (New York: John Wiley, 1971; Cambridge, England: Cambridge University Press, 1977), pp. 91–92.
 11. Mayr, *Growth of Biological Thought*, p. 256–57.
 12. Erik Nordenskiöld, *The History of Biology: A Survey*, originally published in Swedish in three volumes in 1920–24 (New York: Alfred A. Knopf, 1928; St. Clair Shores, MI: Scholarly Press, 1976), p. 200.

13. This form of the natural theology was sometimes called physico - theology, to emphasize that its starting point was evidence for design in the physical universe.
14. James L. Larson, *Reason and Experience: The Representation of Natural Order in the Work of Carl von Linn* (Berkeley: University of California Press, 1971), pp. 149 - 51.
15. William Coleman, *Georges Cuvier, Zoologist: A Study in the History of Evolution Theory* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1964), pp. 144 - 60; E. S. Russell, *Form and Function*, pp. 35 - 42.

For modern evolutionists, one of the most salient arguments in favor of evolution comes from the fossil record, which shows that many organisms living in the past differed from modern forms. Cuvier was well aware of the fossils; as noted, he established the science of paleontology. But he did not feel that the order of the fossils required an evolutionary explanation. Instead, to account for the succession of fossils in the rock strata, he proposed a theory of successive catastrophes, such as floods and volcanic activity, each cutting a huge swath in the biosphere. After every catastrophe, Cuvier proposed, a new population of organisms migrated in, which explains why a different group of organisms dominated each successive era of geological history. This was a catastrophist theory of earth's history.

16. Coleman, *Georges Cuvier*, p. 26.
17. Cited in *ibid.*, p. 28.
18. As Jacques Roger explains, the Reformation led to an overall worldview that stressed the distinction between God and His creation. In theology it led to the doctrine of salvation preached by Martin Luther and John Calvin, in which sinners are incapable of effecting their own salvation. In science it led to the mechanistic concept of matter as passive and inert, incapable of creating anything on its own. Positively, that meant, in Roger's words, that "God, being the only source of grace and salvation in the spiritual world, was the sole origin of motion and activity in nature." From "The Mechanistic Conception of Life," in *God and Nature: Historical Essays on the Encounter between Christianity and Science*, ed. David C. Lindberg and Ronald L. Numbers (Berkeley: University of California Press, 1986), p. 279. See also Gary B. Deason, "Reformation Theology and the Mechanistic Conception of Nature" in the same volume.
19. Expressions in literature, philosophy, and politics are merely "the fruits of romanticism," says Gillispie, *The Edge of Objectivity*, p. 179. "Its roots go deeper into man's consciousness of nature."
20. Coleman, *Biology in the Nineteenth Century*, p. 121.
21. Mayr, *Growth of Biological Thought*, p. 97.
22. Lovejoy, *Great Chain of Being*, p. 297.
23. R. G. Collingwood, *The Idea of Nature* (Westport, CT: Greenwood Press,

- 1986; reprint of London: Oxford University Press, 1944), p. 110.
24. On Maupertuis, see Mayr, *Growth of Biological Thought*, p. 328; on Buffon, see Mayr, p. 41. Buffon's *Histoire naturelle* "decisively influenced Herder and through him the Romantics and *Naturphilosophie*."
25. Cited in Dietrich von Engelhardt, "Historical Consciousness in the German Romantic *Naturforschung*," in *Romanticism and the Sciences*, ed. Andrew Cunningham and Nicholas Jardine (Cambridge, England: Cambridge University Press, 1990), p. 58.
- In another essay in the same book, Evelleen Richards discusses in detail the romantic "metaphor of gestation." She cites Lorenz Oken's concept of a "perfect parallelism" between the forms assumed by the developing human embryo and the ascending sequence of mature forms constituting the animal series. See "Metaphorical Mystifications': The Romantic Gestation of Nature in British Biology."
26. See, for example, Lovejoy, *Great Chain of Being* (pp. 281 - 83). Robinet was "one of the earlier prophets" of an active principle permeating nature (a "*puissance active*"). A succinct introduction to German romanticism and its influence on biology can be found in Peter Bowler, *Evolution, the History of an Idea* (Berkeley: University of California, 1984), pp. 99 - 102. Aristotelian biology was often vitalistic as well, but the Aristotelian concept of Form emphasized an intelligible pattern in contrast to an active force.
27. For a detailed account of this transformation, see Lovejoy, *Great Chain of Being*.
28. Ian G. Barbour, *Issues in Science and Religion* (New York: Harper and Row, Harper Torchbooks, 1966, 1972), p. 67.
29. John H. Randall, *The Making of the Modern Mind* (New York: Columbia University Press, 1926, 1940), p. 419.
30. Lovejoy, *Great Chain of Being*, pp. 317, 322.
31. Greene, *Science, Ideology, and World View*, pp. 34 - 35.
32. Coleman, *Biology in the Nineteenth Century*, p. 121.
33. Roger, in *God and Nature*, p. 289. Buffon's predecessor, Maupertuis, likewise assumed that elementary particles of matter are endowed with something like will, memory, and perception. For a helpful essay on various forms of pansychism see "Pansychism," by Paul Edwards, *The Encyclopedia of Philosophy*, vol. 6, Paul Edwards, editor - in - chief (New York: Macmillan and the Free Press, 1967), pp. 22 - 31.
34. *Ibid.*, p. 289.
35. Nordenski ld, *History of Biology*, p. 323, emphasis added.
36. *Ibid.*, pp. 327 - 30. Interestingly, even after citing these passages that clearly reveal Lamarck's neo - Platonic leanings, Nordenski ld continues to refer to his

- conception of life as “mechanical” and “materialistic” and describes his evolutionary theory as having “a purely physical character.”
37. Russell, *Form and Function*, pp. 218ff.
 38. Gillispie, *The Edge of Objectivity*, p. 276.
 39. Roger, in *God and Nature*, pp. 288 – 89.
 40. *Ibid.*, pp. 287, 289.
 41. Mayr, *Growth of Biological Thought*, p. 389. Similarly, Coleman (*Biology in the Nineteenth Century*, p. 153) explains that “the reductionists were inspired by abhorrence of their predecessors’ speculative excesses.”
 42. Roger, in *God and Nature*, p. 291.
 43. Coleman, *Biology in the Nineteenth Century*, p. 150.
 44. Roger, in *God and Nature*, p. 292.
 45. Coleman, *Biology in the Nineteenth Century*, p. 152.
 46. *Ibid.* Coleman writes: “The reductionists’ terms remain, however, merely premises and are not to be considered necessary conclusions drawn from organic . . . phenomena.”
 47. Cited in Gertrude Himmelfarb, *Darwin and the Darwinian Revolution* (Garden City, NY: Doubleday Anchor Books, 1959), pp. 329 – 30.
 48. Thomas Paul Thigpen, “On the Origin of Theses: An Exploration of Horace Bushnell’s Rejection of Darwinism,” *Church History* 57, no. 4, (December 1988), pp. 499 – 513.
 49. Jacques Barzun, *Darwin, Marx, Wagner; Critique of a Heritage*, 2d ed. (Chicago: University of Chicago Press, 1941, 1958, 1981), pp. 11, 36.
 50. Gillispie, *The Edge of Objectivity*, p. 317.
 51. Russell, *Form and Function*, p. 309. See also pp. xxxii, 204, 235.
 52. Neal C. Gillespie, *Charles Darwin and the Problem of Creation* (Chicago: University of Chicago Press, 1979), p. 19.
 53. Charles Darwin, *On the Origin of Species*, a facsimile of the First Edition, intro. Ernst Mayr (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1964), p. 482. For a response to the charge that the concept of creation is not scientific, see J. P. Moreland, *Christianity and the Nature of Science: A Philosophical Investigation* (Grand Rapids: Baker Book House, 1989), chapter 6.
 54. Carl Becker, *The Heavenly City of the Eighteenth – Century Philosophers* (New Haven, CT: Yale University Press, 1932), pp. 161 – 62.
 55. Cited in Randall, *Making of the Modern Mind*, pp. 581 – 82.
 56. Philip F. Rehbock, “Transcendental Anatomy,” in *Romanticism and the Sciences*, p. 153. In the same volume, Evelleen Richards (“The Romantic Gestation of Nature,” p. 136) speaks of “Owen’s formal synthesis of Geoffroyan morphology and Cuvierian teleology.”

57. Bowler, *Evolution, the History*, p. 120.
58. In the colorful description given by Gillispie (*The Edge of Objectivity*, p. 321), Haeckel "worked a syncretism between the Goethean sense of unity in nature and the Darwinian proof of organic evolution. Haeckel's were the voice of Jacob and the hands of Esau, the historicist spirit of romantic idealism and the hairy philosophy of monistic materialism."
59. There were two forms of emboitement theory. One stressed the role of the sperm and was called animaculum. It held that an entire miniature human being (a homunculus) was curled up inside the head of each spermatozoon. The other form of emboitement stressed the role of the egg and was called ovism. It held that the entire human race was present already in Eve. See Westfall, *Construction of Modern Science*, pp. 97 - 104.
60. Mayr, *Growth of Biological Thought*, pp. 88 - 89.
61. Coleman, *Biology in the Nineteenth Century*, p. 144.
62. Douglas Futuyma, *Science on Trial: The Case for Evolution* (New York: Pantheon, 1983), pp. 12 - 13; Richard Dawkins, *The Blind Watchmaker: Why the Evidence of Evolution Reveals a Universe Without Design* (New York: W. W. Norton, 1986, 1987).
63. Howard J. Van Till, Davis A. Young, Clarence Menninga, *Science Held Hostage: What's Wrong with Creation Science and Evolutionism* (Downers Grove, IL: InterVarsity Press, 1988).
64. Frank L. Marsh, *Variation and Fixity in Nature: The Meaning of Diversity and Discontinuity in the World of Living Things, and Their Bearing on Creation and Evolution* (Mountain View, CA: Pacific Press, 1976), p. 87; Lane P. Lester and Raymond G. Bohlin, *The Natural Limits to Biological Change* (Grand Rapids: Zondervan/Probe, 1984), p. 162. Michael Denton, *Evolution: A Theory in Crisis* (Bethesda, MD: Adler and Adler, 1986).
65. Barbour, *Issues in Science & Religion*.
66. E. J. Ambrose, *The Nature and Origin of the Biological World* (Chichester, England: Ellis Horwood Ltd., 1982).

Interestingly, the same theological fault lines split Christians in Darwin's day. Christian Aristotelians and Christian mechanists disagreed over Darwinism (the former rejecting it, the latter accepting it), while largely remaining theologically orthodox. But Christians with romantic leanings were attracted to non - Darwinian forms of evolution (Lamarckianism, etc.) and embraced theological liberalism. See Moore, *Post - Darwinian Controversies*.

第六章: *Math in the Past*

1. Cited in Philipp Frank, *Philosophy of Science: The Link Between Science and Phi-*

- osophy (Englewood Cliffs, NJ: Prentice – Hall, Spectrum Books, 1957), p. 83.
2. Morris Kline, *Mathematics in Western Culture* (New York: Oxford University Press, 1953), p. 96.
 3. Morris Kline, *Mathematics: The Loss of Certainty* (New York: Oxford University Press, 1980), p. 29.
 4. *Ibid.*, pp. 34 – 35.
 5. Cited in *ibid.*, p. 31.
 6. A. R. Hall, *The Scientific Revolution, 1500 – 1800* (Boston: Beacon Press, 1954), p. 36.
 7. E. A. Burt, *The Metaphysical Foundations of Modern Science*, rev. ed. (New York: Doubleday Anchor Books, 1932, 1954), pp. 38, 52.
 8. John H. Randall, *The Making of the Modern Mind*, (New York: Columbia University Press, 1926, 1940), p. 220.
 9. R. G. Collingwood, *An Essay on Metaphysics* (Chicago: Henry Regnery, Gateway Edition, 1972; originally published by London: Oxford University Press, 1940), p. 250.
 10. Richard S. Westfall, *The Construction of Modern Science: Mechanisms and Mechanics* (New York: John Wiley, 1971; Cambridge, England: Cambridge University Press, 1977), pp. 21 – 22. See also Herbert Butterfield, *The Origins of Modern Science, 1300 – 1800*, rev. ed. (New York: Free Press, 1957), pp. 17, 25, 96 – 97. As A. R. Hall puts it (*The Scientific Revolution*, pp. 170 – 71), the world of Galileo's theories was an "ideal world of abstraction without resistance or friction, in which bodies were perfectly smooth and planes infinite, where gravity was always a strictly perpendicular force, and projectiles described the most exquisitely exact parabolas." To apply to the real world, of course, at some point Galileo had to add friction, air resistance, and everything else back in.
 11. Kline, *Mathematics: The Loss of Certainty*, p. 52.
 12. Randall, *Making of the Modern Mind*, p. 258.
 13. Cited in Kline, *Mathematics: The Loss of Certainty*, p. 36.
 14. Burt, *Metaphysical Foundations*, pp. 63, 64.
 15. Cited in *ibid.*, p. 75.
 16. Hans Reichenbach, *The Rise of Scientific Philosophy* (Berkeley: University of California Press, 1954), p. 103.
 17. Cited in Robert McRae, *The Problem of the Unity of the Sciences: Bacon to Kant* (Toronto: University of Toronto Press, 1961), pp. 59 – 60.
 18. Randall, *Making of the Modern Mind*, p. 267.
 19. Karl Popper, *Conjectures and Refutations* (New York: Basic Books, 1962),

pp. 15 - 16.

20. Randall, *Making of the Modern Mind*, p. 268.
21. Burt, *Metaphysical Foundations*, p. 123. "How, indeed, do we know that there is any such world?" (p. 185). See also his discussion of epistemology on pp. 300ff.

第七章: *The Idol Falls*

1. Rudolph Weingartner, "Historical Explanation," *The Encyclopedia of Philosophy*, vol. 4, Paul Edwards, editor - in - chief (New York: Macmillan and Free Press), p. 7.
2. Morris Kline, *Mathematics: The Loss of Certainty* (New York: Oxford University Press, 1980), p. 74, emphasis added.
3. John Hedley Brooke, *Science and Religion: Some Historical Perspectives* (Cambridge, England: Cambridge University Press, 1991), p. 186.
4. John H. Randall, *The Making of the Modern Mind* (New York: Columbia University Press, 1926, 1940), p. 271.
5. Eric Temple Bell, *The Magic of Numbers* (New York: Dover Books, 1946), pp. 373 - 76.
6. Kline, *Mathematics: The Loss of Certainty*, p. 88.
7. Hans Reichenbach, *The Rise of Scientific Philosophy* (Berkeley: University of California Press, 1954), p. 142. See also Loren Graham, *Science in Russia and the Soviet Union* (Cambridge: Cambridge University Press, 1993), p. 119.
8. Arthur Lovejoy, *The Great Chain of Being: A Study of the History of an Idea* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1936, 1964), p. 66. The Greeks had what Lovejoy calls "an aesthetic aversion" to the notion of infinity, which they equated with indefiniteness. To say of something that it is infinite is to say that it "has no clear - cut arithmetical character at all." An infinite number is therefore, in the words of Plotinus, "contrary to the very nature of Number."
9. Quoted in Kline, *Mathematics: The Loss of Certainty*, p. 151.
10. Philipp Frank, *Philosophy of Science: The Link Between Science and Philosophy* (Englewood Cliffs, NJ: Prentice - Hall, Spectrum Books, 1957), pp. 59, 72, 75.
11. Vern S. Poythress, "A Biblical View of Mathematics," in *Foundations of Christian Scholarship* (Vallecito, CA: Ross House Books, 1979), p. 169.
12. See Benacerraf and Putnam, "Introduction," *Philosophy of Mathematics*, p. 18.
13. Intuitionist L. E. J. Brouwer acknowledges his philosophical debt to Kant in "Intuitionism and Formalism," in *Philosophy of Mathematics*, 2d ed., ed. Paul

- Benacerraf and Hilary Putnam (Cambridge, England: Cambridge University Press, 1983), pp. 77ff.
14. Arend Heyting, "The Intuitionist Foundations of Mathematics," in *Philosophy of Mathematics*, p. 52. A more moderate form of intuitionism acknowledged some elements of mathematics as "given," a view expressed by Leopold Kronecker when he said, "God created the natural numbers, the rest is the work of man."
 15. Frank, *Philosophy of Science*, pp. 70, 73.
 16. Stephen Barker, "Non - Euclidean Geometry," in *Mathematics: People, Problems, Results*, vol. 2, ed. Douglas M. Campbell and John C. Higgins (Belmont, CA: Wadsworth International, Brigham Young University, 1984), pp. 117 - 21.
 17. John Passmore, *A Hundred Years of Philosophy* (Baltimore, MD: Penguin Books, 1957, 1966), p. 395.
 18. Kline, *Mathematics: The Loss of Certainty*, p. 264. G del's paper also contained his famous incompleteness theorem, demonstrating that no system can ever prove every true statement contained in the system.
 19. Cited in *ibid.*, p. 394.
 20. Georg Cantor, a devout Lutheran, worked out his mathematical theories under the direct inspiration of what he called "Christian philosophy." Bruce Hedman argues that Cantor's set theory rests on the distinction between God's absolute rationality and the created and contingent nature of human rationality. See "Cantor's Concept of Infinity: Implications of Infinity for Contingence," *Perspectives on Science and Christian Faith* 45, no. 1, (March 1993).
 21. Cited in Kline, *Mathematics: The Loss of Certainty*, p. 257.
 22. *Ibid.*, p. 316.
 23. *Ibid.*, p. 97.
 24. Cited in Frank, *Philosophy of Science*, p. 48.
 25. Bell, *The Magic of Numbers*, pp. 331, 355.
 26. Edward A. Purcell, *The Crisis of Democratic Theory: Scientific Naturalism and the Problem of Value* (Lexington, KY: University Press of Kentucky, 1973), p. 53. Quotations in the following section are all cited in chapter 4 of Purcell's book.
 27. Michael Guillen, *Bridges to Infinity* (Los Angeles: Jeremy Tarcher, 1983), p. 62.
 28. Carl Hempel, "On the Nature of Mathematical Truth," in *The World of Mathematics*, vol. 3, ed. James R. Newman (New York: Simon and Schuster, 1956), pp. 1619ff. See also Douglas Gasking, "Mathematics and the World," in *ibid.*, pp. 1708ff.
 29. Poythress, in *Foundations*, p. 170.

30. Peter Bowler, *Evolution, the History of an Idea* (Berkeley: University of California Press, 1984), pp. 25 – 26.
31. Peggy Marchi, “Mathematics as a Critical Enterprise,” in *Essays in Memory of Imre Lakatos*, ed. R. S. Cohen, R. K. Feyerabend, M. W. Wartofsky, Boston Studies in the Philosophy of Science, vol. 39 (Boston: D. Reidel Publishing, 1976), p. 382.
32. Eugene P. Wigner, “The Unreasonable Effectiveness of Mathematics in the Natural Sciences,” in *Mathematics: People, Problems, Results*, pp. 117, 120, 122, 124.
33. Kline, *Mathematics: The Loss of Certainty*, pp. 335, 340, 348.
34. Gasking, in *World of Mathematics*, pp. 1708ff.
35. Guillen, *Bridges to Infinity*, p. 71.
36. For a recent restatement of Dooyeweerdian thought, see Roy A. Clouser, *The Myth of Religious Neutrality* (Notre Dame, IN: University of Notre Dame Press, 1991). Chapter 4 treats mathematics. Other Christians who have written on the subject of mathematics are listed in Gene Chase and Calvin Jongsma, *Bibliography of Christianity and Mathematics* (Sioux Center, IA: Dordt College Press).

第八章: *Is Everything Relative?*

1. Paul Johnson, *Modern Times: The World from the Twenties to the Eighties* (New York: Harper and Row, 1983), pp. 1, 4 – 5.
2. Among the best popularizations of Einstein’s theories are his own book, *Relativity: The Special and the General Theory*, trans. Robert W. Lawson (New York: Crown Publishers, 1961) and Lincoln Barnett, *The Universe and Dr. Einstein*, rev. ed., foreword, Albert Einstein (Mattituck, NY: American Reprint Co., 1948, 1950). For a simple textbook approach see Sung Kyu Kim, *Physics: The Fabric of Reality* (New York: Macmillan, 1975) and Walter Fuchs, *Physics for the Modern Mind*, foreword, Max Born, trans. Dr. M. Wilson and M. Wheaton (New York: Macmillan, 1965, 1967). For a very brief but readable introduction, see Robert M. Hazen and James Trefil, *Science Matters: Achieving Scientific Literacy* (New York: Doubleday, Anchor Books, 1991).
3. Eric Chaisson, *Relatively Speaking* (New York: W. W. Norton, 1988), pp. 42 – 44.
4. Dudley Shapere, *Galileo: A Philosophical Study* (Chicago: University of Chicago Press, 1974), pp. 99 – 100; Richard Westfall, *The Construction of Modern Science: Mechanisms and Mechanics* (New York: John Wiley, 1971; Cambridge, England: Cambridge University Press, 1977), p. 17; E. J. Dijksterhuis, *The Mechanization of the World Picture* (Princeton, NJ: Princeton Univer-

- sity Press, 1950, translated 1961), pp. 352 – 57. Actually, Aristotle’s experiment would have worked if he had had better instruments. Galileo’s relativity principle applies only to uniform linear motion. Since the earth rotates on its axis, its surface is not an inertial frame. This produces what is known as the Coriolis force, which is demonstrated by the Foucault pendulum.
5. This has nothing to do with the Doppler effect, which applies to the frequency of sound waves, not to their velocity.
 6. Chaisson, *Relatively Speaking*, p. 56. Eric Chaisson notes that scientists have hypothesized the existence of particles that move *faster* than the speed of light but can never move any more *slowly*. They have dubbed these hypothetical particles “tachyons” (after the Greek word *taxis*, meaning swift). If tachyons exist, then what relativity excludes is crossing of the light barrier.
 7. Albert Einstein and Leopold Infeld, *The Evolution of Physics* (New York: Simon and Schuster, Touchstone Book, 1938, 1966), p. 197.
 8. *Ibid.*, p. 221.
 9. Hans Reichenbach, *From Copernicus to Einstein* (New York: Wisdom Library, division of Philosophical Library, n. d.), chapter 4.
 10. Chaisson, *Relatively Speaking*, p. 81.
 11. Obviously we are not talking about Euclidean geometry here, where space is always flat and lines always straight. In his concept of curved space, Einstein was the first to apply non – Euclidean forms of geometry to physical theories.
Hence an indirect consequence of relativity theory was that it popularized non – Euclidean geometry. As discussed in chapter 7, the development of non – Euclidean geometry had a devastating impact on the academic world, where it became a powerful metaphor for the overthrow of accepted truths and authoritative systems of thought. But its destructive effects did not find their way into popular culture until Einstein put forth his notion of curved space, which made use of non – Euclidean geometry.
 12. For a brief list of dissenters from Einsteinian theory, see Petr Beckman, *Einstein Plus Two* (Boulder, CO: Golem Press, 1987), pp. 20 – 21. Among Christians, physicist Thomas Barnes offers a critique of relativity in *Physics of the Future* (El Cajon, CA: Institute for Creation Research, 1983), and offers his alternative using concepts of classical physics in *Space Medium* (El Paso, TX: Geo/Space Research Foundation, 1986).
 13. Herbert Dingle, letter to the editor, *The Economist*, March 5, 1977. For a full treatment, see Dingle’s book, *Science at the Crossroads* (London: Brian and O’Keefe, 1972).
 14. P. A. M. Dirac, “The Early Years of Relativity,” in *Albert Einstein: Historical and Cultural Perspectives*, ed. Gerald Holton and Yehuda Elkana (Princeton,

- NJ: Princeton University Press, 1982), pp. 79 – 80.
15. An excellent account of the way relativity and quantum theory were taken up by artists and writers can be found in Alan J. Friedman and Carol C. Donley, *Einstein as Myth and Muse* (New York: Cambridge University Press, 1985).
 16. Gerald Holton, “Einstein and the Shaping of Our Imagination,” in *Albert Einstein: Historical and Cultural Perspectives*, pp. xiv – xvii. See also Friedman and Donley, *Einstein as Myth*.
 17. Dirac, in *Albert Einstein: Historical and Cultural Perspectives*, pp. 79 – 80.
 18. Newspaper quotations are from Friedman and Donley, *Einstein as Myth*, pp. 10 – 11.
 19. Loren R. Graham, “The Reception of Einstein’s Ideas,” in *Albert Einstein: Historical and Cultural Perspectives*, p. 119.
 20. Ian Barbour, *Issues in Science and Religion* (New York: Harper and Row, Harper Torchbooks, 1966), pp. 28, 285.

Moreover, since relativity theory is so difficult to understand, it encouraged radical skepticism – doubt in the ability of human reason to know truth. If Einstein is right, then many of our common – sense notions about such fundamental things as time and space are wrong. How then can the average person trust his reason as a guide to truth? Yaron Ezrahi, “Einstein and the Light of Reason,” in *Albert Einstein: Historical and Cultural Perspectives*.

21. Cited by Graham, in *Albert Einstein: Historical and Cultural Perspectives*, p. 107.
22. Holton, in *ibid.*, p. xv.
23. Francis Schaeffer, *How Should We Then Live?* (Old Tappan, NJ: Fleming H. Revell, 1976), p. 138.
24. Cited in Gerald Holton, *Thematic Origins of Scientific Thought*, rev. ed. (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1988), pp. 250 – 64, emphasis added.
25. Cited in *ibid.*, pp. 254 – 55, emphasis in original.
26. Cited in Steven Weinberg, *Dreams of a Final Theory: The Search for the Fundamental Laws of Nature* (New York: Random House, Pantheon Books, 1992), pp. 242, 245, emphasis added.
27. Friedman and Donley, *Einstein as Myth*, p. 111.
28. E. L. Mascall, *Christian Theology and Natural Science* (Hamden, CT: Archon Books, 1965), p. 169.
29. Stanley Jaki, *The Origin of Science and the Science of Its Origin* (South Bend, IN: Regnery Gateway, 1978), p. 98.
30. Nick Herbert, *Quantum Reality: Beyond the New Physics* (New York: Doubleday Anchor Books, 1985), p. 36.

31. J. C. Polkinghorne, *The Quantum World* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1984), p. ix.

第九章: *Quantum Mysteries*

1. It is important to distinguish relativity theory from quantum mechanics. As we saw in the last chapter, relativity theory remains as objective and deterministic as classical physics was. Yet since both relativity and quantum mechanics rejected central concepts of Newtonian physics, and since they appeared at about the same time, the two are generally lumped together under the rubric of the “new physics.”
2. John Gribbin, *In Search of Schrödinger's Cat: Quantum Physics and Reality* (New York: Bantam Books, 1984), p. 2. A little later (p. 4), we find another sweeping statement: “. . . experiments prove that there is no underlying reality to the world.”
3. J. C. Polkinghorne, *The Quantum World* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1984), p. 1.
4. Quoted in Tony Hey and Patrick Walters, *The Quantum Universe* (Cambridge, England: Cambridge University Press, 1987), p. 46.
5. Cited in Alan J. Friedman and Carol C. Donley, *Einstein as Myth and Muse* (New York: Cambridge University Press, 1985), p. 114.
6. To understand what an interference pattern is, imagine two water waves colliding. Where a crest of one wave meets a trough of the other, the two cancel each other out. (This corresponds to the areas where the photographic screen remains blank.) Where two crests meet, they reinforce each other and form a composite crest of combined height. (This corresponds to the areas where electrons hit the screen, creating dark stripes.)
7. Nick Herbert, *Quantum Reality: Beyond the New Physics* (New York: Doubleday Anchor Books, 1985), pp. 65–66.
8. P. C. W. Davies and J. R. Brown, eds., *The Ghost in the Atom* (Cambridge, England: Cambridge University Press, 1986), p. 8. Actually, even with one slit open, the electrons show some wavelike behavior (e. g., they form a diffraction pattern). But they do not form an interference pattern.
9. Herbert, *Quantum Reality*, p. 38.
10. Friedman and Donley, *Einstein as Myth*, p. 117.
11. Sir George Thomson, *The Inspiration of Science* (London: Oxford University Press, 1961), p. 117.
12. Ian G. Barbour, *Issues in Science and Religion* (New York: Harper and Row, Harper Torchbooks, 1966), p. 293. See also Polkinghorne, *Quantum World*,

pp. 7 - 8.

13. Friedman and Donley, *Einstein as Myth*, p. 118.
14. Fritjof Capra, *Turning Point* (New York: Simon and Schuster, 1982), p. 87.
15. Interview with John Wheeler in *Ghost in the Atom*, p. 60.
16. The Uncertainty Principle should not be interpreted to mean a psychological uncertainty on the part of the atomic physicist. It can be quantified in a precise mathematical formula:

$$\Delta p \Delta x \geq h$$

where Δp is the uncertainty in momentum, Δx is the uncertainty in position, and h is Planck's constant. Operationally this means that as we determine the position of an atomic entity more precisely (as Δp decreases), the momentum becomes less precise (Δx increases).

The quantities in the formula are determined by the experimental set - up. Take, for example, the classic two - slit experiment in which a stream of electrons passes through two parallel slits and hits a photographic screen on the other side. If the distance between the two slits is a , then the uncertainty in the position is a . Hence the uncertainties we are talking about do not refer to some state in the physicist's mind; they are determined by the design of the experiment. Philipp Frank, *Philosophy of Science: The Link Between Science and Philosophy* (Englewood Cliffs, NJ: Prentice - Hall, Spectrum Books, 1957), pp, 207 - 10. See also Herbert, *Quantum Reality*, pp. 67 - 70.

17. Roy A. Clouser, *The Myth of Religious Neutrality* (Notre Dame: University of Notre Dame Press, 1991), p. 136.
18. Hugh Ross, *The Fingerprint of God* (Orange, CA: Promise Publishing, 1989), p. 134.
19. Frank, *Philosophy of Science*, chapter 9.
20. Werner Heisenberg, *Physics and Philosophy: The Revolution in Modern Science* (New York: Harper and Row, Harper Torchbooks, 1958), p. 54.
21. Gary Zukav, *The Dancing Wu Li Masters* (New York: Bantam Books, 1979), p. 28, emphasis in original.
22. Michael Talbot, *Mysticism and the New Physics* (New York: Bantam Books, 1981), p. 34.
23. P. C. W. Davies and J. R. Brown, *Ghost in the Atom*, pp. 1, 4.
24. Herbert, *Quantum Reality*, p. 157.
25. *Ibid.*, pp. 46, 99.
26. Heisenberg, *Physics and Philosophy*, pp. 58, 81.
27. Herbert, *Quantum Reality*, p. 141, 148.
28. Interview with David Bohm in *Ghost in the Atom*, pp. 118 - 19.

29. See John D. Barrow and Frank J. Tipler, *The Anthropic Cosmological Principle* (Oxford: Oxford University Press, 1988).
30. Polkinghorne, *Quantum World*, p. 65. See also Ian Barbour, *Religion in an Age of Science* (New York: HarperCollins, HarperSanFrancisco, 1990), p. 113.
31. Cited in Herbert, *Quantum Reality*, p. 18, emphasis in original.
32. Fritjof Capra, *The Tao of Physics* (London: Fontana Paperbacks, Flamingo edition, 1975, 1983), p. 150.
33. Cited in Marilyn Ferguson, *The Aquarian Conspiracy: Personal and Social Transformation in the 1980s* (Los Angeles: J. P. Tarcher, 1980), p. 172.
34. Barbour, *Issues in Science and Religion*, p. 119.
35. Davies and Brown, *Ghost in the Atom*, p. 37.
36. Interview with Rudolf Peierls in *ibid.*, p. 81.
37. Interview with David Deutsch in *ibid.*, p. 90.
38. Here we are talking about ontological realism (what sort of world exists) not epistemological realism (whether theories can be true), which is discussed later.
39. Polkinghorne, *Quantum World*, p. 33.
40. A comparison of positivism with other philosophies of science, presented in the form of a debate, can be found in Larry Laudan, *Science and Relativism: Some Key Controversies in the Philosophy of Science* (Chicago: University of Chicago Press, 1990).
41. Davies and Brown, *Ghost in the Atom*, pp. 24 – 26.
42. From a personal letter, cited in Polkinghorne, *Quantum World*, p. 79.
43. Interview with David Bohm in *Ghost in the Atom*, p. 124.
44. Polkinghorne, *Quantum World*, p. 79.
45. Del Ratzsch, *Philosophy of Science: The Natural Sciences in Christian Perspective* (Downers Grove, IL: InterVarsity Press, 1986), pp. 36, 84, emphases in original. Later Ratzsch notes that “realism has the advantage of conforming to what most practicing scientists have believed they were doing” (p. 90).
46. A prominent proponent of instrumentalism is Larry Laudan. See *Progress and Its Problems: Towards a Theory of Scientific Growth* (Berkeley: University of California Press, 1977).
47. Herbert, *Quantum Reality*, p. 4.
48. Frederick Suppe, *The Structure of Scientific Theories*, 2d ed. (Chicago: University of Illinois Press, 1977), p. 135.
49. For a defense of realism, see W. H. Newton – Smith, *The Rationality of Science* (London: Routledge, 1981).
50. Barbour, *Issues in Science and Religion*, p. 171, emphasis in original.
51. Clouser, *Myth of Religious Neutrality*, p. 137.

52. For some of the other reasons, see Ratzsch, *Philosophy of Science*, pp. 80 – 85. See also Suppe, *Structure of Scientific Theories*, pp. 651 – 728, who says the emerging trend in philosophy of science today is “historical realism.”
53. E. L. Mascall, *Christian Theology and Natural Science* (Hamden, CT: Archon Books, 1965), pp. 174 – 75.
54. Ratzsch, *Philosophy of Science*, pp. 85ff. Presenting similar arguments, J. P. Moreland, who teaches philosophy of religion at Talbot Seminary of Biola University, urges Christians to adopt selective (“eclectic”) realism. See *Christianity and the Nature of Science* (Grand Rapids: Baker Book House, 1989).
55. Arthur Eddington, *The Nature of the Physical World* (Ann Arbor, MI: University of Michigan Press, Ann Arbor Paperbacks, 1958).
56. In academic circles, idealist interpretations of the new physics lost credibility after being skillfully debunked by L. Susan Stebbing in *Philosophy and the Physicists* (London: Methuen and Company, [1937], New York: Dover Publications, 1958).
57. Zukav, *Dancing Wu Li Masters*, p. 28, emphases in original.
58. See Israel Scheffler, *Science and Subjectivity* (Indianapolis, IN: Hackett Publishing, 1982).
59. Stebbing, *Philosophy and the Physicists*, pp. 145, 149. Of course, not everyone who accepts evolution gives it a materialistic interpretation (see chapter 5).
60. Floyd Matson, *The Broken Image* (New York: George Braziller, 1964), p. 130.
61. Pascual Jordan, *Science and the Course of History* (New Haven, CT: Yale University Press, 1955), p. 113.
62. James Jeans, *Physics and Philosophy* (Cambridge, England: Cambridge University Press and Macmillan, 1943, New York: Dover Publications, 1981), p. 216.
63. Michael Polanyi, *Personal Knowledge* (Chicago: University of Chicago Press, 1962), p. 390n.
64. Barbour, *Issues in Science and Religion*, p. 309.
65. *Ibid.*, p. 313.
66. See the writings of Hermann Dooyeweerd, who proposed an entire Christian philosophy based on anti – reductionism. His most comprehensive work is *A New Critique of Theoretical Thought* (Jordan Station, Ontario: Paideia Press, 1984).
67. Richard Bube, *The Encounter Between Christianity and Science* (Grand Rapids: Eerdmans, 1968), p. 184.
68. Rudolf Bultmann, *Jesus Christ and Mythology* (New York: Charles Scribner’s Sons, 1958), pp. 37 – 38.
69. Colin Brown, *Miracles and the Critical Mind* (Grand Rapids: Eerdmans,

- 1984), pp. 223 - 24, 232, 291 - 92.
70. C. S. Lewis, *Miracles: A Preliminary Study* (New York: Macmillan, 1947).
 71. Arthur Koestler, *Arrow in the Blue* (London: Hamish Hamilton, 1952), p. 258.
 72. Percy Bridgman, *Reflections of a Physicist* (New York: Philosophical Library, 1950), p. 93.
 73. Bertrand Russell, *Religion and Science* (Home University Library, 1935, London: Oxford University Press, 1961), pp. 160 - 61.
 74. Matson, *Broken Image*, p. 146, emphasis added.
 75. From *Too True to Be Good*, cited in Frank, *Philosophy of Science*, pp. 232 - 33.
 76. Koestler, *Arrow in the Blue*, p. 258.
 77. Gordon Clark, *The Philosophy of Science and Belief in God* (Nutley, NJ: Craig Press, 1964), pp. 66, 91 - 95. Clark embraces an operationalist view of science.
 78. Mary Hesse, *Science and the Human Imagination* (New York: Philosophical Library, 1955), p. 90.
 79. Carl Becker, *The Heavenly City of the Eighteenth - Century Philosophers* (New Haven, CT: Yale University Press, 1932), p. 24.

第十章: A Chemical Code

1. Michael Denton, *Evolution: A Theory in Crisis* (Bethesda, MD: Adler and Adler, 1986), p. 329.
2. Good historical accounts can be found in Horace Freeland Judson in *The Eighth Day of Creation* (New York: Simon and Schuster, Touchstone Book, 1979) and John Gribbin, *In Search of the Double Helix* (New York: Bantam Books, 1987).
3. Jacques Monod, *Chance and Necessity* (New York: Random House, Vintage Books, 1971, 1972), pp. 95 - 97.
4. Today biologists have discovered some regularities in amino acid sequences, so that one can predict certain secondary and tertiary structures such as alpha helices and hydrophobic domains, etc., with fair accuracy. The implications, however, remain essentially the same. See footnote 26.
5. Interview with Jacques Monod in Judson, *Eighth Day*, p. 213.
6. George W. Beadle, "The Language of the Gene," in *The Languages of Science*, intro. Philippe Le Corbeiller (New York: Basic Books, 1963), p. 62.
7. Interview with Max Delbrück in Judson, *Eighth Day*, p. 59, emphasis in original.

8. Erwin Schrödinger, *What Is Life?* (Cambridge, England: Cambridge University Press, 1944, 1967), p. 61.
9. Judson, *Eighth Day*, pp. 228 - 29, 250ff.
10. Michael A. Simon, *The Matter of Life: Philosophical Problems of Biology* (New Haven, CT: Yale University Press, 1971), p. 138.
11. F. Sanger, G. M. Air, B. G. Barrell, et al., "Nucleotide Sequence of Bacteriophage Phi - X - 174," *Nature* 265 (1977), p. 687.
12. Robert Shapiro, *Origins: A Skeptic's Guide to the Creation of Life on Earth* (New York: Simon and Schuster, Summit Books, 1986), p. 76.
13. Lila Gatlin, *Information Theory and the Living System* (New York: Columbia University Press, 1972), p. 1.
14. Jeremy Campbell, *Grammatical Man: Information, Entropy, Language, and Life* (New York: Simon and Schuster, 1982), p. 16.
15. Bernd - Olaf Koppers, *Information and the Origin of Life* (Cambridge, MA: MIT Press, 1990), pp. 170 - 72.
16. Francis Crick, *Of Molecules and Men* (Seattle: University of Washington Press, 1966), p. 11.
17. J. D. Watson, *The Molecular Biology of the Gene* (New York: W. A. Benjamin, 1965), p. 67.
18. Crick, *Of Molecules and Men*, p. 10, emphasis in original.
19. P. S. Moorhead and M. M. Kaplan, eds., *Mathematical Challenges to the Neo - Darwinian Interpretation of Evolution* (Philadelphia: Wistar Institute, 1967).
20. Interview with Cyril Ponnampereuma in Shapiro, *Origins: A Skeptic's Guide*, pp. 186 - 87.
21. D. H. Kenyon and G. Steinman, *Biochemical Predestination* (New York: McGraw - Hill, 1969).
22. R. A. Kok, J. A. Taylor, and W. L. Bradley, "A Statistical Examination of Self - Ordering of Amino Acids in Proteins," *Origins of Life and Evolution of the Biosphere* 18 (1988), p. 135.
23. Interview in the *Bible Science Newsletter*, September 1989. After rejecting his own earlier theory, Kenyon has now become a creationist.

Of course, even if the predestinist theory were right, that still would not explain the ultimate source of the ordered sequence of bases in DNA. Instead, it would only push the question back a step. If the simple chemicals that compose life contain all the instructions needed to construct living things from scratch, then these chemicals are not simple at all but veritable mines of information. Where did all this information come from? Why are chemicals "programmed" to create life? See A. E. Wilder - Smith, *The Creation of Life* (Wheaton, IL: Harold Shaw Publishers, 1970), pp. 116, 121, 132.

24. Shapiro, *Origins: A Skeptic's Guide*, p. 116. Claims about the results of origin – of – life experiments are often exaggerated, even in the scientific literature, Shapiro says. “I have seen several statements in scientific sources which claim that proteins and nucleic acids themselves have been prepared” in simulation experiments. But such statements are not true. These complex molecules have *not* formed. All that has appeared are their simplest building blocks, and these are not in the right forms for life. See p. 108.

Moreover, even these skimpy results can be obtained only by nurturing the experiment along in such a way that conditions are completely unlike anything that would occur naturally. (pp. 177 – 89, 204.)

For a discussion of the various ways the investigator intervenes in origin – of – life experiments, and the impact of that intervention on the plausibility of the experiment, see Charles Thaxton, Walter Bradley, and Roger Olsen, *The Mystery of Life's Origin: Reassessing Current Theories* (New York: Philosophical Library, 1984; Dallas: Lewis and Stanley, 1993), chapter 6.

25. Comprehensive critiques of origin – of – life theories can be found in Shapiro, *Origins: A Skeptic's Guide*, and in Thaxton, Bradley, and Olsen, *Mystery of Life's Origin*. See also Walter Bradley and Charles Thaxton, “Information and the Origin of Life,” in *The Creation Hypothesis*, ed. J. P. Moreland (Downers Grove, IL: InterVarsity Press, 1994).
26. Today molecular biologists have mapped hundreds of protein sequences, and some regularities have in fact emerged. Amino acids do exhibit some stable preferences. But that does not change the basic argument presented here. In fact, it strengthens the argument. It means that the analogy between protein structure and a language is even closer than was previously thought.

No language allows letters and words to be combined completely randomly. Rules of grammar and composition restrict what combinations are allowable. These constraints, which produce certain regularities within a language, are analogous to the constraints that produce regularities in amino acid combinations.

The constraints imposed by rules of grammar and composition do not, however, dictate actual content. They cannot produce, say, Shakespeare's *Hamlet*. By the same token, the minor constraints in amino acid sequences do not account for a protein's overall sequence. See Klaus Dose, “The Origin of Life: More Questions Than Answers,” *Interdisciplinary Science Reviews* 13, no. 4 (1988), p. 354. Discussing differences in relative reactivities among amino acids, Dose says:

These differences in relative activities are obviously too small to allow sufficient sequence selection to produce, for example, prebiotic polypeptides of specific structures and functions as required for pro-

toenzymes.

27. Shapiro, *Origins: A Skeptic's Guide*, p. 170. Some scientists, such as Manfred Eigen in G ttingen, have devised RNA theories that do not rely on chance. They hope to increase the odds of RNA formation by assuming that all its energy - rich precursors (e. g., nucleotides) were readily available in the primordial soup.

But, of course, that begs a very large question: Is it reasonable to assume that precursors such as nucleotides were all present in large amounts, just waiting to assemble into RNA? There is no experimental evidence that nucleotides would form from the starting materials available on the early earth. Certainly, none have formed in simulation experiments.

In experimental situations only the simplest building blocks of nucleotides have formed. And even these minor successes took place through highly artificial laboratory manipulations, not under conditions that would have held in a natural setting on the early earth. (See Shapiro, pp. 171 - 89.)

28. We will not take the space here to indicate all the elements that modern organicism retains from nineteenth - century romantic biology. Suffice it to point out a few similarities (see chapter 5 for comparison).

Like their nineteenth - century predecessors, organicists generally see evolution as progressive - advancing toward some goal - an idea rejected by mechanistic evolutionists. To support progressivism, organicists often draw a parallel between the evolution of life and individual development from a fertilized egg. As Michael Polanyi writes, "Evolution may be seen then as a progressive intensification of the higher principles of life. This is what we witness in the development of the embryo and of the growing child, processes akin to evolution." From "Life's Irreducible Structure," in *Knowing and Being: Essays by Michael Polanyi*, ed. Marjorie Grene (Chicago: University of Chicago Press, 1969), p. 234.

The progressive nature of evolution is described by organicists as ascent up a hierarchy of levels of complexity - a modernized version of the great chain of being or ladder of life. E. J. Ambrose describes it as a "ladder of complexity." See *The Nature and Origin of the Biological World* (Chichester, England: Ellis Horwood Ltd., 1982), p. 117.

New levels of complexity are attributed to a process described as "emergent." That is, at each stage of evolution novel and more complex properties are said to appear from inherently simpler starting materials. The term is borrowed from the nineteenth - century epigeneticists, who were also called emergentists.

29. The discussion that follows is based on several works by Polanyi: "Life's Irreducible Structure" in *Knowing and Being; Personal Knowledge; Towards a Post - Critical Philosophy* (Chicago: University of Chicago Press, 1958, 1962), pp. 328 - 31; *The Tacit Dimension* (New York: Doubleday, 1966); "Life Tran-

- scending Physics and Chemistry," *Chemical and Engineering News* (August 21, 1967), pp. 54 – 65; Michael Polanyi and Harry Prosch, *Meaning* (Chicago: University of Chicago Press, 1975), chapter 11.
30. Polanyi, "Life's Irreducible Structure," in *Knowing and Being*, pp. 229, 230.
 31. Max Delbrück, "How Aristotle Discovered DNA," in *Physics and Our World: A Symposium in Honor of Victor F. Weisskopf*, ed. Kerson Huang (New York: American Institute of Physics, 1976).
 32. B. C. Goodwin, "Biology and Meaning," in *Towards a Theoretical Biology* vol. 4, ed. C. H. Waddington (Edinburgh: Edinburgh University Press, 1972). Goodwin goes on to say (p. 269): "Aristotle was correct to insist that something like formative ideas, 'different in some sense from ordinary physical matter, must guide the intricate and extraordinarily varied formative processes of organic nature."
 33. Ernst Mayr, *The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution, and Inheritance* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1982), pp. 88 – 90. Mayr says that Aristotle's *eidōs* was "conceptually virtually identical" with the genetic program in DNA.
 34. Campbell, *Grammatical Man*, p. 270.
 35. Richard Dawkins, *The Blind Watchmaker: Why the Evidence of Evolution Reveals a Universe Without Design* (New York: W. W. Norton, 1986, 1987), p. 150.
 36. A. G. Cairns – Smith, *Seven Clues to the Origin of Life* (New York: Cambridge University Press, 1985). See also Dawkins, *Blind Watchmaker*, pp. 148 – 58.
 37. L. E. Orgel, *The Origins of Life* (New York: John Wiley and Sons, 1973), p. 190.
 38. *Ibid.*, p. 190.
 39. For a more technical description of these distinctions, see Hubert P. Yockey, "A Calculation of the Probability of Spontaneous Biogenesis by Information Theory," *Journal of Theoretical Biology* 67 (1977), p. 345 – 76.
 40. Hubert Yockey, *Information Theory and Molecular Biology* (Cambridge, England: Cambridge University Press, 1992), p. 262 – 63. "The clay scenario," Yockey writes, "is one of the attempts to use the order' that is characteristic of a crystal as an analogue of the order' that is supposed to characterize information biomolecules." But the two kinds of order are not analogous. Hence, the "transfer of information from clay surfaces to organic macromolecules . . . is mathematically impossible, not just unlikely."
 41. This argument is presented in A. E. Wilder – Smith, *The Natural Sciences Know Nothing of Evolution* (San Diego, CA: CLP Publishers, Master Books, 1981), pp. 77 – 87. See also the works by Polanyi cited in note 29.
 42. H. H. Pattee, "Laws and Constraints, Symbols and Languages," in *Towards a*

Theoretical Biology, p. 249.

43. Henry Quastler, *The Emergence of Biological Organization* (New Haven, CT: Yale University Press, 1964), pp. 15 - 17.
44. Pattee, "Laws and Constraints," in *Towards a Theoretical Biology*, p. 252.
45. Monod, *Chance and Necessity*, p. 108.
46. Peter Calow, *Biological Machines: A Cybernetic Approach to Life* (New York: Crane Russak, 1976), p. 112.
47. As C. S. Lewis argued, the laws of nature do not make events occur. They are conditional: They tell us what pattern events must take once they are initiated, but they have no power to initiate anything in themselves. A natural law tells us that "If A, then B," but it has no power to make A happen. See *Miracles* (New York: Macmillan, 1947).
48. Frederick Ferr, "Design Argument," *Dictionary of the History of Ideas*, vol. 1 (New York: Charles Scribner's Sons, 1973), p. 673.

As critics have pointed out, the label "argument from design" is not quite accurate. More accurate is the "argument to design." Proponents start by considering some structure or process in the natural world and argue to the conclusion that it exhibits the characteristics of intelligent design.

49. Francis Crick, *What Mad Pursuit* (New York: Basic Books, 1988), p. 138.
50. Paul Nelson, "Concluding Remarks," Sources of Information Content in DNA: An International Conference, held June 23 - 26, 1988, in Tacoma, Washington.
51. Larry Laudan, "The Demise of the Demarcation Problem," *Physics, Philosophy, and Psychoanalysis*, ed. Robert S. Cohen and Larry Laudan (Dordrecht, Holland: D. Reidel, 1983), pp. 119.
52. David Hull, "The Limits of Cladism," *Systematic Zoology* 28 (1979), p. 419.
53. David Hume, *An Inquiry Concerning Human Understanding* (New York: Bobbs - Merrill, 1955 [1748]), Section IV, Part II, p. 50; Section XI, p. 146.
54. For a penetrating analysis of the way science has been defined to allow only philosophical naturalism, see the works of Phillip Johnson: *Darwin on Trial* (Washington, DC: Regnery Gateway, 1991); "Evolution As Dogma," *First Things*, no. 6, (October 1990); "Creator or Blind Watchmaker?" *First Things*, no. 29, (January 1993); "God and Evolution: An Exchange," with Howard Van Till, *First Things*, no. 34, (June/July 1993).

See also J. P. Moreland, "Must Natural Science Presuppose Methodological Naturalism?" in *The Creation Hypothesis*, ed. J. P. Moreland (Downers Grove, IL: InterVarsity Press, 1994).

55. For philosophical arguments that creation cannot be disqualified from science, see two books by J. P. Moreland: *Scaling the Secular City* (Grand Rapids: Baker

- Book House, 1987), chapter 7; *Christianity and the Nature of Science: A Philosophical Investigation* (Grand Rapids; Baker Book House, 1989), chapter 6.
56. Judson, *Eighth Day*, p. 109.