

目 录

原序	1
第二版序	5
第三版序	6
第四版序	8
绪论	9
起源	22
第一章 古代世界的科学	30
第二章 中世纪	108
第三章 文艺复兴	155
第四章 牛顿时代	217
第五章 十八世纪	256
第六章 十九世纪的物理学	283
第七章 十九世纪的生物学	344
第八章 十九世纪的科学与哲学思想	388
第九章 生物学与人类学的进一步发展	429
第十章 物理学的新时代	486
第十一章 恒星宇宙	561
第十二章 科学的哲学及其展望	588
人名索引	645

“自然如不能被目证那就不能被征服”^①

最初，人们尝试用魔咒
来使大地丰产，
来使家禽牲畜不受摧残，
来使幼小者降生时平平安安。

接着，他们又祈求反复无常的天神，
不要降下大火与洪水的灾难；
他们的烟火缭绕的祭品，
在鲜血染红的祭坛上焚燃。

后来又有大胆的哲人和圣贤，
制订了一套固定不变的方案，
想用思维或神圣的书卷
来证明大自然应该如此这般。

但是大自然在微笑——史芬克斯式的笑脸^②。

① 原文是拉丁文：“Natura enim non nisi parendo vincitur”。

② 史芬克斯(Sphinx)是希腊神话中的狮身人面兽。据说，她在古代埃及的提佛城(Thebes)郊外守着大路口，向过路人提出一个谜语。猜不中的人就被她吃掉。这个谜语就是：什么动物早晨四条腿走路，正午两条腿走路，傍晚三条腿走路？谜底是人。后来，奥狄浦斯(Oedipus)从那里经过，猜中了这个谜语。于是，史芬克斯就自己把自己杀死。而奥狄浦斯以后也就成了提佛城的国王。在西方的文学中，史芬克斯象征着难解的谜团。——译注

注视着好景不常的哲人和圣贤，
她耐心地等了一会——
他们的方案就烟消云散。

接着就来了一批热心人，地位比较卑贱，
他们并没有什么完整的方案，
满足于扮演跑龙套的角色，
只是观察，幻想和检验。

从此，在混沌一团中，
字谜画的碎片就渐次展现；
人们摸清了大自然的脾气，
服从大自然，又能控制大自然。

变化不已的图案在远方闪光；
但它的景象不断变幻，
却没有揭示出碎片的底细，
更没有揭示出字谜画的意义。

大自然在微笑——
仍然没有供出她内心的秘密；
她不可思议地保护着
猜不透的史芬克斯之谜。

1929年9月于多塞特郡希尔费尔德

原 序

现代科学的巨大宏伟的大厦，或许是人类心灵的最伟大的胜利。但是，它的起源、发展和成就的故事却是历史当中人们知道得最少的部分之一，而且我们也很难在一般文献中找到它的踪迹。历史学家所讲的不外是战争、政治和经济；揭露原子秘密，在我们眼前揭开空间深度等活动，虽然使哲学思想起了革命并使我们有可能把物质生活提高到历代梦想不到的水平，但是关于这些活动的发展情况，大部分历史学家却没有讲到，或很少讲到。

在希腊人看来，哲学和科学是一个东西，在中世纪，两者又和神学合为一体。文艺复兴以后，采用实验方法研究自然，哲学和科学才分道扬镳；因为自然哲学开始建立在牛顿动力学的基础上，而康德和黑格尔的追随者则引导唯心主义的哲学离开了当代的科学，同时，当代的科学也很快地就对形而上学不加理会了。不过，进化论的生物学以及现代数学和物理学，却一方面使科学思想臻于深邃，另一方面又迫使哲学家对科学不得不加以重视，因为科学现在对哲学，对神学，对宗教，又有了意义。与此同时，物理学本来有很长时间就一直在寻找，并且找到了所观察到的现象的机械模型，这时却似乎终于接触到一些新概念，在这些概念里，机械模型是不中用的，同时也似乎终于接触到一些根本的东西，这些东西，用牛顿的话来说，“肯定不是机械的”。

大多数科学家一向朴素地认为他们所处理的就是终极的实在，现在，科学家们开始更清楚地看出他们的工作的真正性质了。

科学方法主要是分析性的，要尽可能地用数学的方式并按照物理学的概念，来对现象作出解释。但是，现在我们晓得，物理科学的根本概念都是我们的心灵所形成的一些抽象概念，目的在于给表面上一团混乱的现象带来秩序和简单性。因此，通过科学走向实在，就只能得到实在的几个不同方面，就只能得到用简单化了的线条绘成的图画，而不能得到实在自身。不过，话虽这样说，就连哲学家现在也开始明白，在用形而上学的方法研究实在的时候，科学的方法和成果是现有的最好不过的证据，而一种新的实在论，如果可能的话，就必须利用这些科学的方法和成果来建立。

就在这时候，人们对于科学以及科学同其他思想形式的相互作用的历史，也重新产生了兴趣。1913年在比利时开始发行期刊《爱西斯》(*Isis*)，后来又成立了一个总部设在美国的国际性组织科学史学会。这些都标志着这个问题的一个新的发展时期。哲学的复兴和历史研究的复兴大概是有着联系的，因为数学家或实验家在解决某一具体问题的时候，只需要了解他的直接前辈的工作，研究一般科学的比较深刻的意义以及科学同其他思想领域的关系的人们，却不能不了解科学所以有今天的来龙去脉。

自从惠威尔(Whewell)写出关于归纳科学的历史和哲学的著作以来，迄今差不多一百年了。他的谨慎周详的判断至今仍有其用处和价值。在惠威尔的时代以后，不但科学知识有极大的进步，就是过去的历史也因为有许多专门的研究而弄得更清楚了。效法惠威尔重新写作一部普通科学史的时候已经来到了。它需要的不是关于某一时期或某一问题的详细研究，而是科学思想发展的完备的轮廓。我相信，这样一部科学史在科学本身的内在意义和科学与哲学及宗教的关系问题上，都可以给人很多教益。

文艺复兴时期的人文主义者重新去研究希腊文，不但是为了

语言和文学的缘故，而且也是因为在希腊哲学家的著作中可以找到关于自然界的最好不过的知识。因此，当时的古典教育就包含了一切自然知识。到现在，情况早已不是这样了，因此，如果有一种文化建立在两千年前的语言的基础上，它就不能很充分地代表真正的希腊精神，除非它同时研究以往的科学的方法和成就以及目前的科学的方法和成就，而对自然知识在未来的不断增进，抱着乐观的瞻望。

这本书的总的纲目是以我和我的妻子所写的一份关于这个问题的纲要为基础的。那份纲要在1912年由朗曼斯公司 (Messrs Longmans) 出版，题目是《科学与人的心灵》(*Science and the Human Mind*)。我还利用和发挥了我在其他几部著作中提出的见解，特别是下列几种著作：《物理科学的发展近况》(*The Recent Development of Physical Science*，莫雷公司出版，共五版，1904年至1924年)；《剑桥现代史》(*Cambridge Modern History*，1910年)第十二卷中论述《科学时代》(*The Scientific Age*)的一章；ix《大英百科全书》(1911)第十一版中的《科学》(*Science*)一文；《剑桥科学文献选》(*Cambridge Readings in the Literature of Science*) 1924年至1929年的一卷中收集的科学经典文章；1927年德文郡学会 (Devonshire Association) 会长关于牛顿时代的演说；以及哈姆斯华思公司 (Harmsworth) 出版的《世界史》(*Universal History*，1928) 中论述《现代科学的诞生》(*The Birth of Modern Science*) 的一章。对于以上各著作的发行人，我都应致以谢意。

我当然无法一一指出本书各章的材料来源。但是，我必须指出，我得力于萨尔顿博士 (Dr George Sarton) 的历史著作和好友怀德海博士 (Dr A. N. Whitehead) 及爱丁顿教授 (Professor

Eddington) 的科学和哲学著作的地方很多。萨尔顿博士的不朽著作《科学史导论》(*Introduction to the History of Science*) 第一卷在1927年出版,因此,在叙述古代和中古时代早期的情况的时候,我得以利用他所搜集的宝贵材料。我们怀着莫大的兴趣期待着这部著作其他各卷的出版。

许多朋友对本书原稿或清样的各部分提出批评,我对他们给予我个人的莫大帮助,深表感谢。罗伯逊教授(Professor D. S. Robertson)审阅了讨论《古代世界的科学》的第一章;斯特沃特博士(Dr H. F. Stewart)审阅了讨论《中世纪》的一章;卢瑟福爵士(Sir Ernest Rutherford)(后来成为勋爵)审阅了讨论《物理学的新时代》的一章;爱丁顿教授审阅了讨论相对论和天体物理学的几节及讨论《科学的哲学及其观点》的最后一章,而我的女儿玛格丽特(Margaret),即安德森(Bruce Anderson)夫人审阅了讨论生物学的部分和绪论部分。埃利奥特(Christine Elliott)小姐做了大部分文书工作;她反复抄录手稿平均达五次之多,并且提出了许多批评和意见。我的妹妹和我的女儿伊迪丝(Edith)分担了编制索引的繁重工作。我诚恳地感谢他们;这本书如果有任何价值的话,在很大程度上应归功于他们的帮助。

我开始研究的时候,是想把我自己对于本书所讨论的极其重要的问题的见解清理出一个头绪来,结果就写成这本书。我写这本书主要是为了自己的兴趣和乐趣,但是我也希望一部分读者会觉得我的劳动对他们自己也是有用的。

丹皮尔-惠商

1929年8月于剑桥

第二版序

本书出版以后不到几个月就需要再版，很可以说明它所讨论的问题不但是科学家感到兴趣的，也是比较广大的一般读者感到兴趣的。

再没有什么故事能比科学思想发展的故事更有魅力了——这是人类世代努力了解他们所居住的世界的故事。不但这样，这个故事在目下还特别富于兴趣，因为我们可以看见富于历史意义的知识的大综合之一正在我们的眼底下进行，我们可以感觉到我们正处在重大事件的前夕。我坚信科学是历史的适当题材，也是文学的基础。如果我能帮助把这个信念灌注到别人的心中，我就心满意足了。

许多书评作家和记者对第一版中的具体问题，提出了有益批评。我愿意向他们表示感谢。如果我没有采纳他们的全部意见的话，我也至少对他们的意见作过仔细的考虑。我特别要感谢我的朋友詹姆斯爵士(Sir James Jeans)和艾德里安教授(Professor E. D. Adrian)给予我的帮助。

丹皮尔-惠商

1930年3月于剑桥

第三版序

本书第二版和第三版的印行之间相隔十一年之久，有一段时间还绝了版。第三版迟迟不能发行是不可避免的，这是因为在第二次世界大战爆发前后有许多紧急工作要做的缘故。

在1930—1940的十年间，人们进行了不少新的科学研究，获得很多惊人的发现。而且，在那个期间，科学史本身也成为一门公认的专门学科。这方面的系统研究使过去的情况更加大白于世。大量文献涌现出来，但是，在讨论一般科学史的著作中，只要提到下列几种就够了：希思爵士 (Sir Thomas Heath) 的《希腊数学》(*Greek Mathematics*, 1931) 和《希腊天文学》(*Greek Astronomy*, 1932)；萨尔顿博士的《科学史导论》(1931年) 的第二卷的两册，这两册一直叙述到十三世纪末叶；沃尔夫教授 (Professor A. Wolf) 的《科学、工艺和哲学的历史》(*History of Science, Technology and Philosophy*, 1934和1938)，这部著作叙述了十六、十七和十八三个世纪的情况；霍格本教授 (Professor L. Hogben) 的《大众数学》(*Mathematics for the Million*, 1937) 及《市民科学》(*Science for the Citizen*, 1940)；剑桥讲演集中题为《现代科学的背景》(*The Background to Modern Science*, 1938年) 的一卷；毕策奇 (H. T. Pledge) 先生的《一五〇〇年以来的科学》(*Science since 1500*, 1939)。专门讨论科学史的刊物《爱西斯》继续按期出版，成为几乎取用不竭的史料宝藏。因此，有必要对本书旧版大加修改，并增添一章来叙述近十年来的进展。结果实际上是写出了

一本新书。

朋友们又一次以他们的专门知识惠然相助，我愿对他们表示衷心、诚恳的感谢。康福德教授(Professor Cornford)审阅了原稿中讨论《古代世界的科学》的一章，并且提出许多改进意见。关于最近一个时期的新材料，向我提供意见的有下列几位：物理学方面——阿斯頓博士(Dr Aston)和费瑟博士(Dr Feather)；化学方面——曼博士(Dr Mann)；地质学方面——埃尔斯博士(Dr Elles)；动物学方面——潘廷博士(Dr Pantin)。有关生物化学的章节是我的女儿玛格丽特写的，有关免疫的章节是她的丈夫安德森博士写的。埃利奥特小姐不辞劳苦地辨认我的相当潦草的手稿，并且把它打印出来。我的妹妹丹皮尔小姐对索引作了必要的增补。剑桥大学出版社更本着他们一贯的好意把本书精美地排印出来。

丹皮尔

1941年8月于剑桥

第四版序

xii 在把本书第三版改为第四版的时候,《1930年到1940年》一章里所讨论的大多数问题,都分散到前面各章里去了。为了解决战时的具体问题,世界各国,尤其是英美两国,都做了一些新的工作。这种工作附带地也使科学知识有所增进。因此,我也尝试着对已经披露的比较重要的发现,作了叙述。

第三版序中所列的书目,应增添下列几种:贝里(A. J. Berry)先生的《现代化学》(*Modern Chemistry*),汤姆森爵士(Sir George Thomson)的《原子》的第三版;安德雷德教授(Professor Andrade)的《原子和它的能量》(*The Atom and its Energy*)。

第三版发行后,值得深深哀悼的是,在某些阶段帮助我写作本书的三位友人:卢瑟福勋爵,爱丁顿爵士和秦斯爵士,先后不幸逝世。

丹皮尔

1947年1月于剑桥

绪 论

拉丁语词 *Scientia* (*Scire*, 学或知) 就其最广泛的意义来说, ^{xiii} 是学问或知识的意思。但英语词 “science” 却是 natural science (自然科学) 的简称, 虽然最接近的德语对应词 *Wissenschaft* 仍然包括一切有系统的学问, 不但包括我们所谓的 science (科学), 而且包括历史, 语言学及哲学。所以, 在我们看来, 科学可以说是关于自然现象的有条理的知识, 可以说是对于表达自然现象的各种概念之间的关系的理性研究。

物理科学的起源可以追溯到对于肉眼可见的天体运行一类自然现象的观察, 可以追溯到人们用来增进自己生活的安全和舒适的粗笨器具的发明。同样, 生物科学也一定是从动植物的观察以及原始医学和外科开始的。

但是, 在早期阶段, 人们差不多普遍地走错了路。他们以为同类事物可以感应相生, 因此就企图在交感巫术的仪式中, 用模仿自然的办法, 来为丰富的土壤祈得雨水、日光或肥沃。有的人不满足于这样求得的结果, 就进到另一阶段, 相信起精灵来了。他们以为自然界必定有种种精灵主宰, 这些精灵和他们一样反复无常, 但却更有力量。太阳变成了菲巴斯^① 的火焰车, 雷电成了宙斯^② 或索尔^③ 的武器。于是, 人们就用和更原始时期一样的仪式, 或者是从

① 菲巴斯是希腊神话中的太阳神, 即阿波罗。——译注

② 宙斯是希腊神话中的天神。——译注

③ 索尔是北欧神话中的雷神。——译注

更原始时期的仪式演变出来的仪式，来讨好这些精灵。另外一些人看到天空星辰位置不变，行星运行颇有规律，就以为一定有一个不变的命运之神在控制着人类的命运。而人类的命运是可以从天象中观察到的。巫术、占星术和宗教显然必须同科学的起源一并加以研究，虽然它们在历史上和科学的确切关系以及它们相互间的关系还不得而知。

xiv 在古代埃及和巴比伦的记录中，经验知识已经有了一些条理——如度量的单位和规则，简单的算术，年历，对天象的周期性的认识，以至对日食和月食的认识。但是，首先对这些知识加以理性考察的，首先探索其各部分之间的因果关系的，事实上也就是首先创立科学的，应该说是希腊爱奥尼亚 (Ionia) 的自然哲学家。这种活动中最早也最成功的活动，是把丈量土地的经验规则（大部分是从埃及传来的）变成一门演绎科学——几何学。而创始者相传是米利都的泰勒斯 (Thales of Miletus) 和萨摩斯的毕达哥拉斯 (Pythagoras of Samos)。三百年后，亚历山大里亚的欧几里得 (Euclid of Alexandria) 才对古代几何学加以最后的系统化。

这些自然哲学家在物质中寻找实在，渐渐创立了关于基本元素的学说，其最高峰就是留基伯 (Leucippus) 和德谟克利特 (Democritus) 的原子论。另一方面，意大利南部的比较带有神秘色彩的毕达哥拉斯派却认为实在不在于物质，而存在于形式和数中。他们自己就发现正方形的一边和对角线没有公约数，这个发现同认为整数是存在的基本实体的观念，是很难调和起来的。但是，这种观念在各时代中还是时常复活和重新出现。

在苏格拉底和柏拉图的雅典学派兴起以后，形而上学就代替了爱奥尼亚的自然哲学。希腊人对自己的心灵的作用入了迷，于是就不再去研究自然，而把目光转向自身。他们把毕达哥拉斯派

的学说加以发展,认为只有理念或“理式”才具有充分的实在性,感官对象是不具有充分实在性的。亚里斯多德在生物学上虽然重新回到观察和实验,但是在物理学和天文学上还是紧紧遵循着他的老师柏拉图的内省方法。

亚历山大大帝东征西讨,把希腊化文明带到了东方,一个新的文化中心就在亚历山大里亚形成。在那里,同时还在西西里岛和意大利南部,有一种新的方法出现了。阿利斯塔克(Aristarchus)、阿基米得(Archimedes)和希帕克(Hipparchus)并没有去制订完备的哲学体系,而提出了一些具体的和范围有限的问题,并且用一些同现代科学方法相似的科学方法来加以解决。就连天文学也发生了变化。在埃及人和巴比伦人的心目中,宇宙是一个箱子,大地是这个箱子的底板。爱奥尼亚人以为大地是在空间中自由浮荡着的,毕达哥拉斯派则以为大地是一个圆球,围绕着中央火运行。阿利斯塔克研究了地球与日月的明确的几何学问题,以为把这个中央火看做是太阳,问题就更加简单了。他还根据他的几何学对太阳的大小,作了估计。但是,大多数人都不接受这个学说。希帕克仍然相信地球居于中心,其余各天体都按照均轮与本轮的复杂体系绕地球运行。这个体系通过托勒密(Ptolemy)的著作,一直流传到中世纪。

罗马人在军事、法律和行政方面有很大天才,在哲学方面却没有什么独创能力。在罗马还没有陷落以前,科学就已经停止发展^{xv}了。在这个当儿,早期教会的教士们把基督教教义、新柏拉图主义的哲学和从东方祭仪宗教得来的要素融合起来,形成基督教义的第一次大综合。在这个综合中,柏拉图和奥古斯丁的哲学居于主导地位。在整个黑暗时代,西方人仅仅从一些提要 and 注释中对希腊学术略有所知,虽然从希腊人那里得到最初动力的阿拉伯学派

兴起后,自然知识也有一些增加。

到十三世纪,亚里斯多德的完整的著作被重新发现了,并且译成了拉丁语,最初是从阿拉伯语译本译过来,后来又从希腊语直接译过来。在圣托马斯·阿奎那(St Thomas Aquinas)的经院哲学中,形成了另外一种新的综合。他把基督教义同亚里斯多德的哲学和科学融合成为一个完整的理性知识体系。这是一件很困难的任务,他却巧妙地完成了。

正如罗马法的存在使得秩序的理想在整个混乱时代和中世纪得以维持不坠一样,经院哲学也维持了理性的崇高地位,断言上帝和宇宙是人的心灵所能把握,甚至部分理解的。这样,它就为科学铺平了道路,因为科学必须假定自然是可以理解的。文艺复兴时期的人们在创立现代科学时,应该感谢经院学派作出这个假定。

不过,新的实验方法的本质,是离开完全理性的体系而诉诸无情事实的裁判——这些事实与当时可能的任何哲学综合都毫无关系。自然科学在其探讨的中间阶段,可以使用演绎推理,归纳推理也是它的方法的主要部分,但是,由于科学主要是经验性的,它归根到底不得不诉诸观察和实验;它不象中世纪的经院哲学那样凭借权威接受一种哲学体系,然后再依据这个体系来论证种种事实应该如何如何。人们有时以为中世纪的哲学和神学不是充分运用理性的,其实不然。它们的结果是运用逻辑方法从它们认为是权威的和肯定的前提中演绎出来的。这些权威的和肯定的前提就是教会所解释的圣经以及柏拉图和亚里斯多德的著作。另一方面,科学则依靠经验,它所用的方法就和填补字谜画时所用的方法一样。科学也要运用理性来解决确定的谜团问题,并形成唯一可能的有限的综合和学说;但是,观察或实验既是研究的起点,也是最后的裁判者。

在蛊惑中世纪人心的巫术、占星术和迷信(大半是异教的遗迹 xvi)的浊流中,托马斯·阿奎那所阐明的经院哲学保存了关于自然界可以理解的信仰。但是,托马斯派哲学也包含了托勒密的地球为中心的天文学和亚里斯多德的拟人观的物理学及他的许多错误见解,如运动需要不断施加力量,物之轻重在于其本质,并自寻其天然位置等等。因此,经院哲学家反对哥白尼的学说,不肯使用伽利略的望远镜,甚至当史特芬(Stevin),德·格鲁特(de Groot)和伽利略用实验加以证明之后,仍然不肯承认轻重不同的物体可以以同样的速度落向地面。

这些差异后面藏着更深刻的分歧。阿奎那及其同代人和亚里斯多德一样,以为实在的世界是可以通过感官觉察出来的:这个世界是色、声、热的世界;是美、善、真,或其反面丑、恶、假的世界。在伽利略的分析下,色、声、热化为单纯的感觉,实在的世界只不过是运动中的物质微粒而已,表面上同美、善、真或其反面毫无关系。于是,破天荒第一次出现了认识论的难题:一个非物质的、无展延的心灵何以能了解运动着的物质。

由伽利略开始的工作,至牛顿集其大成。牛顿证明:物体靠相互引力而运动的假说已足以解释太阳系中一切庄严的运动。结果,就形成了物理学上的第一次大综合,虽然牛顿自己也指出万有引力的原因仍然不得而知。不过,他的门徒们,尤其是十八世纪的法国哲学家,却忽视了他的明智的谨慎精神,把牛顿的科学变成了机械论的哲学。根据这个哲学,整个过去和未来,在理论上都是可以计算出来的,而人也就变成了一架机器。

有些头脑清晰的人认识到科学不一定能揭示实在。还有一些讲求实际的人一方面接受决定论,作为科学上便利工作的假说(事实上,这也是当时唯一可能的假说),另一方面又在日常生活中把

人看做是一个自由的、负责任的主动者,并且继续毫不受打扰地信奉他们的宗教。存在的整体是太广大了,人们在只研究它的一个方面的时候,是无法窥知它的秘密的。另一条逃避机械论的道路是康德和黑格尔的追随者们所走的道路。他们建立了一个归根结蒂溯源于柏拉图的哲学,即德国唯心主义。这个哲学同当代的科学差不多完全脱离了关系。

虽然有这些反动思潮,牛顿的动力学仍然既加强了素朴的唯物主义,又加强了决定论的哲学。对于有逻辑头脑而不善深思的人来说,从科学推出哲学似乎是一件必然的事。这种倾向随着物理科学的每一进步而得到加强。拉瓦锡(Lavoisier)把物质不灭的证据推广而及于化学变化,道尔顿(Dalton)最后建立了原子说,而焦耳(Joule)也证明了能量守恒的原理。每一个别的分子的运动的确还是无法测定的,但是,在统计上,组成一定量物质的千万个分子的行为却是可以计算和预测的。

十九世纪下半期,有些人觉得这种机械观可以扩大运用到生物学中来。达尔文搜集了地质学上的和物种变异的种种事实,提出了自然选择的假说,使古来的进化论更加为人相信。地位仅次于天使的人类本来是从宇宙的中心地球上来俯览万物的,而今却变成了围绕着千万颗恒星之一旋转的一个偶然的小行星上面有机发展锁链中的一环。他是一个微不足道的存在物,是盲目的、不可抵抗的造化力量的玩物,这些力量和人类的愿望和幸福是毫不相干的。

生理学也开始扩大自己的研究范围,认定有生命的机体的功能可以用物理和化学的原理来解释。在有些生物学问题上,有机体必须当做一个整体来看待,这个事实是有其哲学上的重要性的。但是,科学按其本性来说,是分析性的和抽象的,它不能不尽可能