

# 第一部 求知的艺术

在企图理解实情时，我们就像是想去了解手表的机械装置的人：虽然看得到表面和会动的指针，甚至于听到滴答声，却始终没法把表盖打开。如果他够聪明，可能会想出某种机械装置的心像，来解释观察到的东西，可是他永远不能确定这心像是否是唯一的解释。

——爱因斯坦和殷菲德，  
《物理之演化》



## 第一章 科学如隐喻

在哲学、科学及感触的最前沿经验上，不可避免地，要去摸索出一种新语言，用来为这些刚注意到及正在了解中、还不稳当的新东西，赋予精确的意义及心像（image）。

——法兰克·欧本海默

欧本海默在探险博物馆介绍一系列关于“诗及科学的语言”的阅览时，写下了前面这段话。诗和科学？真奇怪。可是如果你读了波耳<sup>②</sup>某一回写下的话，就不会感到奇怪了。波耳写道：“在原子这方面，语言只能以在诗中的用法来应用。诗人也不太在乎描述的是否就是事实，他关心的是创造出新心像。”

译注：法兰克·欧本海默（Frank Oppenheimer）是旧金山探险博物馆（Exploratorium）的创办人，“原子弹之父”罗伯·欧本海默之弟，在20世纪50年代，因他的和平主义论调而被列入黑名单，因而被摒除于物理界之外。见后记《推动力及影响》。

译注：波耳（Niels Bohr），1885 - 1962，丹麦物理学家，以拉塞福模型为基础，提出氢原子结构理论，（引入量子数  $n$ ，提出电子以循圆形轨道，以倾斜方式绕原子核旋转），1922年诺贝尔物理奖得主。

毕竟科学牵涉到的多半是去观看看不见的事物——非但夸克及似星体，甚至于光“波”及带电荷的“粒子”，磁“场”及重“力”，量子“跃迁”及电子“轨道”等。事实上，这些现象之中没有一个是严格地按字面意思表达出来的东西。光波在真空中传播时，不像池塘中的水波一样上下波动；场（field）不像一片充满了干草的场地，而是力的强度及方向的一种数学描述；原子并没有照文字上说的，从某一量子态跳到另一量子态去；电子也不是真的绕着原子核走圆形轨道，就如爱情也不会按照文字所描写的，造成心痛一样。

我们运用这些字的方式是隐喻（metaphor）：以我们熟悉的材料为模，再加上幻想为型。物理教授纪安可利（Douglas Giancoli）这么写道：“当物理学家说电子像粒子，他用的是隐喻式的比较，就如诗人写爱情像一朵玫瑰花。这两个心像，都用实质的物品，一朵玫瑰花或一个粒子，来阐明抽象的理念，爱情或电子。”

## 试看一堆有字天书

几世纪以来，科学隐喻的形态已有很多种。最近，物理学家努力想去了解宇宙中某种斥力的新证据，你可以听见他们在这些词，如“精华”<sup>①</sup>、“X物质”、“平滑物”、“怪能量”中翻来覆去。如果出现的景色愈复杂，他们也就愈要伸展开，去寻觅适当的幻想词语来描述。

译注：古希腊人认为世界的组成是四种元素：空气、水、地及火（类似中国道家的五行：金、木、水、火、土）。中古时代人认为天体的组成和地球的不同，他们把这组称为第五元素（quinte是第五之意），后来把任何精华都称为 *quintessence*。

可是这些语言的古怪性，并不比科学家用来描述难以形容的物体的专有名词更为甚。

以下是 17 世纪的培根<sup>①</sup> 对热的描述“热是一种扩张的行动，不分布于物体的整体，只存在于其小部分，同时又互为制衡、互斥、被击回，因而物体会有一种不同的运动，永远在颤抖中挣扎、被回音所刺激，因而从这些颤抖、挣扎、回声中能冒出火及热的威猛。”<sup>②</sup>

而牛顿对我们现在认为是化学反应的描述则为：“关于某种最微妙、弥漫及隐藏于所有整体物质中的精灵，我们应当说，有某些力及作用，它们能使物体振起精神，使粒子在近距离中互相吸引，如果邻接，则能紧密地结合……而可能还有别种能在小到无法观测的距离中作用的……及能在长距离起作用的带电物体，以及能斥开及吸引邻近的物体；能发出光、反射光、折射光、调节光，及使物体加热；所有的感觉都能被触发、受激，及……沿着神经的固体线丝传播。”<sup>③</sup>

再看厄司特<sup>④</sup> 在 19 世纪早期对电的心像：“电的冲撞只在物体的有磁部分有功效。所有不带磁的物体似乎都能被这种电的冲撞所穿透，而带磁的物体，或它们的磁粒子，能抵抗这种电冲撞的输送。因此，它们能被这些相争的力所冲动。”

译注：培根（Francis Bacon），1561 - 1626，英国名哲学家、政治家及散文家。

译注：到了 19 世纪中叶，才知道热是什么东西（分子的动能），以前只能以感觉来测知热，因此用这些不精确的语言来描述热。

译注：牛顿也是一位炼金学家（alchemist），因此用了炼金学的口气来描述。见后记“推动力及影响力”的注释。

译注：厄司特（Hans Christian Oersted）1777 - 1851，丹麦物理学家，在电磁学上贡献很大，磁场以他的姓氏为单位。

译注：电的冲撞（conflict）指的是磁场，因为当时还不知道磁的来源。

拿这些和一篇现代论文中倡议某种“暗物质”<sup>①</sup>的摘录相比。这篇论文是物理学家钟氏（Daniel Chung）、柯伯（Edward Kolb）及利奥托（Antonio Riotto）所写的，“本论文之目的是论证宇宙可能是由一种超重的大质量弱作用粒子<sup>②</sup>组成的（我们把这粒子称为 X 粒子），其质量比弱作用的规模要大上好几个数量级……要看真空选择效应及其尺度因子可微分性在产生出的 X 密度的大 X 质量之行为，我们要开始把以下的作用形式〔座标为  $ds^2 = dt^2 - a^2(t) dx^2$ 〕量化……”。

## 科学家词穷了

科学关心的主题非但经常无法由肉眼看到，也无法感触及，无法量度，而且有时还想像不到。唯一能检视这些难以捉摸的实体的方式，就是把它们按尺度放大或缩小，或者赋予它们视觉化的心像，使我们至少暂时得到掌握它们的方法。可是甚至早在 1882 年，物理学家兼律师司大罗（Johann B. Stallo）就已经说了，目前的宇宙模型只是“推理小说”，是一个在了解它时有用的工具，

译注：暗物质（dark matter）是一种假设的不明性质的物质。自 20 世纪 30 年代起，天文学家就发现有许多星系的运动（速度）不能被观测到的恒星总数所解释；星系中恒星的速度是由星系本身的质量所定，一定大小的星系，若质量大，恒星的速度也大。但实际测量出的速度要比从观测到的恒星总质量估算出的要大很多，约相当于数十倍质量的差额。到了 20 世纪 90 年代，天文学家从另外独立的新观测中断定这质量的差额确实存在，因此把这些看不见的物质称为暗物质。似乎宇宙中的暗物质的成分为看得见的物质（即星球，包括我们的组成）的 50 倍。目前已有许多关于暗物质的理论，可是还不知道这些暗物质的组成，只知道它们和普通物质之间的作用非常微弱，弱到还不能测出的程度。本篇论文做了一种臆测，建议一种暗物质，可是不知其形态，只好旁敲侧击。这样的推论，错的机遇要比对的机遇多，就如以上培根、厄司特的推论一样。

译注：大质量弱作用粒子（weakly interacting massive particle），简称 WIMP，具有可观质量并能产生弱作用的基本粒子之通称。

可是最后也只能把它们看成物质世界“象征的表相”而已。

当我们谈到科学的时候，就如同谈到许多其他的事物，竟发现自己真的词穷了，因此就出现了隐喻。植物学家布朗<sup>①</sup>首先注意到悬浮在水中的植物孢子（芽胞）做疾速、无规则运动（现称为布朗运动），他把这现象称为一种“塔朗特舞”<sup>②</sup>。按照物理学家加莫夫<sup>③</sup>的说法，布朗把它拟人化为“神经过敏的行为”。（布朗运动是第一个令人信服的分子存在的证据，因为孢子被水分子撞击后，产生了舞蹈式的运动。）

后来加莫夫把 X 射线描述为许多种不可见光的混合体。“当运动中的电子被（靶）止住时，它以很短波长的电磁波形态吐出能量，像一枚枪弹射在钢甲上所发出的声音一样。”因此，在德国，这种光被称为制动辐射（bremsstrahlung）或煞车辐射。

有时这些隐喻很容易混淆。许多光的混合体称为白光，可是我们也把声音的混合体称为白噪音（white noise）我们说某色彩很“响”（loud，如大红大紫），称发芽中的洋芋烂了，而发芽（seedy）的真意乃是有繁殖力，因为从种子能长出新植物。在不同场合，宇宙被描述为泡沫、虚无，或爆竹。时间为流体或粒状，或二者兼有。如果你听上去好像科学家不知道他们在说什么话，

<sup>①</sup> 译注：布朗（Robert Brown），1773 - 1858，为苏格兰植物学家，1827 年观察花粉颗粒而发现原子的布朗运动（Brownian motion）。

<sup>②</sup> 译注：塔朗特舞（tarantella）是一种意大利南部的 6/8 拍双人快舞，原先是用来治一种神经方面的病 tarantism，这是一种歇斯底里性或癡狂性的舞蹈症，以前认为此病是被一种大型有毛的蜘蛛 tarantula 所咬而引起的。

<sup>③</sup> 译注：加莫夫（George Gamow），1904 - 1968，乌克兰裔美国物理学家，发现核子  $\alpha$  衰变的原理，及预测宇宙背景辐射的存在。见后记“推动力及影响力”。

至少有部分原因是，在把日常语言翻译为科学用语时，一大把意思都失去了。

去想像看不到的事物是件难事，因为想像的意思是在脑中已经有了视觉化的心像。而对一件你从来没有看过的东西，你怎会有一个心像？就如知觉一样，科学模型同样已经嵌入了我们对世界的复杂观感，也就是所谓的文化。想像一下（如果你能这么做），如果人们仍旧认为原子的模型和行星一样，电子绕着原子核转，如果人们还认为地球是平的。能不能呢？

因为我们已经有了这些事实的心像，因此，再也无法相像这些和既有心像不同的形态。“对我们说来，模型或图像之能有意义，乃在于它是由已经在我们脑中存在的理念所组成，”物理学家京期<sup>①</sup>这么写道。伟大的遗传学家霍登<sup>②</sup>首先注意到，自然内部的结构“非但比我们假想出的要怪异，而且比我们能够假想出的还更怪异。”

### 科学用语也不能免俗

因为不能假想宇宙真正的形态是什么，我们只能依赖自己很觉得自在、可是有相当限度的模型。这些模型的形象不时在改变，后果是，我们对宇宙的看法也一直在大幅改变。从牛顿的机械式模型（以不可见的滑轮及弹簧所控制的宇宙模型）到现在的模型之间，已经有一大段距离了；现在的模型中，力的心像是空间中的皱痕，物质的心像仅

译注：京斯（James Jeans），1877-1946，英国名天文学家、数学家兼物理学家，创恒星出生的理论及条件。

译注：霍登（J. B. Haldane），英国遗传学家、生化学家，在酵素研究及染色体研究方面有卓越贡献。

是能量的振动细丝，物质世界乃是一个更高的 11 维空间中的影子。科幻作家艾西莫夫这么写道：“科学理论倾向于符合我们时代的智慧时尚。”

艾西莫夫更进一步去谈一个具体的例子，原子。这例子很好，因为实质上我们仍然看不见原子。擅长几何学的希腊人，主要以形态来表达原子：火的原子是锯齿状，因此火能伤人；水的原子是平滑的，因此会流动；地的原子是立方体，因此地是固体。到了 19 世纪初，大部分的欧洲国家都采用了公制，从某种意义说来，当时注重的是量度，因此不再对形态感兴趣，只有多寡才重要。所以原子变成了无形无态的小撞球，原子之间的区别在于它们的质量。更迟一些，在 19 世纪 80 年代，当时科学的时尚是力场，因此对原子的看法是，它们之间的区别在于外围电子的组态。

所有这些心像一直持续到今日，物理学家仍然聚集注意力于量，而有机化学家则聚集注意力于分子的形状，等等。

另一个这种现象的熟悉例子，就是平凡的夜空。在北半球的恒星被分入叫星座的星群中。星座的名称反映出替它们取名的希腊人脑中跳动的心像：浪漫与冒险；这些星座说出皇后和战士、神和猛兽的故事。而在南半球的恒星呢，则是由一个更近代的文化所取名，当时这个文化的主要兴趣在于航海。他们在天上看不到熊、爱侣，看到的是三角形、钟及望远镜。“把恒星分门别类为星座，诉说出极少关于恒星的事，”京斯写道：“可是告诉我们极多的、这些最早的文化及中古世纪天文学家头脑中想到的事。”

译注：希腊人认为世界由四种元素组成，火、水、地、空气。

当然，一点也不奇怪，我们对原子及恒星的看法会变，因为每日愈来愈多的事物的心像也不时大幅变化。任何文化对童年的认识、对女人的角色、工作、宗教、政府等的看法，在不同时代都有大不相同的看法。《绿野仙踪》（*The Wizard of Oz*）里那位可爱的朱蒂，看上去要比今日的孩童模特儿胖了些。

### 常识不一定可靠

隐喻是从日常经验取出的。除了用已经知道的东西当做蓝本以外，没有其他方法去想像不知道的事物。因此，在这个一眼就眺望到的景色中，必定充满了熟悉的心像。我们用这些心像去描述科学中不可见的事物，以及尚未看到的未来；这些心像就从我们每日经验到的、“可看到的”世界取材。而这里就出现了摩擦。我们并未经过极大或极小的东西，不会触摸到看不到的力、数学的场、空间的曲率及时间膨胀。我们不能爬入一个原子，或者咻咻地到达光的速度。“整个科学乃是把每日的想法加以精炼，”爱因斯坦这么写道。可是他也指出，日常生活的“常识”仅是我们早期的教育训练留在我们脑中的一层偏见。

常识是必需的，也很有用处。“只有坚持，熟悉的知识一定要再次出现于不熟悉的事物中时，才会发生危险，”罗伯·欧本海默这么写道：“如果这想法只是把我们带上这样的思路：每一个我去拜访的国家都和上一个我们去过的国家一样，那就大错特错了。”然而这正是人们的所作所为。可以确定的是，每一个科学模型，就如学习一种外国语言一样，直到你不假思索的时候，才真正管用。若你仍然要

在脑中不断搜索正确字眼，你是很难流利地开口说这外国语的。如果简单的理念及假设仍然含糊、难以捉摸的时候，就很难了解从这些理念及假设引导出的复杂理念。如果你需要不断提醒自己，“让我们想一下，原子核是在当中的那个东西。电子是在外面的小很多的东西。电子就是那个带负电荷的？对了，我记得是如此。”这理念还不完全属于你。流利的意思是，所有的字眼及理念都在你的舌尖上，待命而出。可是，如果你的某种语言很流利或对某一套理念很流利，它们就已经是你的一部分了。到了这个程度，其他的语言及不同的理念都会自动变成外语，或觉得怪异。

### 太熟悉也很危险

“熟稔有催眠性，”物理学家瑞德里 (B. K. Ridley) 写道。任何我们熟悉的模型都能孵育出认可。这是个柔而有力的陷阱。“想象一下熟稔的危险性，”瑞德里继续写道：“似乎很明显，同一物体不能同时出现于两个不同的地方；可是一个绕射中的电子却能<sup>①</sup>。看上去大小及位置都能无限变化，每一事物都共享同一时间；但是，爱因斯坦证明并非如此。我们一定要再三检视来自直觉的理念。”

要检视这些直觉的理念并不是易事，因为它们来自直觉！要迈步走向新疆域去，需要一些新的字眼及心像。可是这些从哪里来？常常，不知不觉间，我们一直回到同一

译注：在电子的干涉现象中，一枚电子能被处在两个地方的原子同时影响，造成绕射的模式。因为要同时受这两个地方的影响，等于说电子可同时出现在两个地方。光子亦然。

泉源去。或者如爱因斯坦所说的，“我们忘却了，世上那些日常经验已使我们框制出（科学出现之前的）观念。要把我们经验到的世界描绘出心像，而不戴上已建立好的旧观念眼镜来作解释，是件不容易的事。还有另一个困难，我们的语言迫使我们使用那些和原始观念分不开的字眼。”

语言很容易使一个字变成“错误及迷惑之源，”爱因斯坦说。可是科学还有一个特别的语言问题，即字词都是从日常生活的语言中借来的，再把这些字词应用在离开日常生活很远的领域中。当我首次尝试以“当你的脚趾撞到东西时所感到的力”去解释新发现的力粒子<sup>①</sup>时，我发现我跟跄地步入语意学的灌木林中，因为宏观尺度的“力”和次微观尺度的“力”可以化装为完全不同的东西。物理学家从牛顿力学中借来这字，应用在量子力学中，而在那里它就改观了（至少对一位外行人来说是改观了），改得几乎面貌全非。

在因果律的观念几乎无立足之地的量子力学体系中，力怎能有意义？可是物理学家仍然谈到“力粒子”，而我们这批仍然留驻在撞球式粒子心像及“推、扯”力的观念的人，因此困惑于无希望及无可挽救的深渊中。

“科学所用的字眼和我们日常生活及语言中用的字眼一样，造出的误解经常要比阐明的多，”罗伯·欧本海默说：“与可辨识的术语相比，这些日常用字在科学上的应用，在你企图去了解时，经常会造成你的挫折感。因为科学中的字如相对论、原子、突变、作用，含有的的是完全改变过的意

译注：力粒子（force particle）指的是传播力的媒介粒子。按量子力学的看法，所有的力（重力、电力，等）都各由一种粒子为媒介，例如电力的媒介是光子等等。

义。”

夸克是什么意思？

许多物理学家对于应用在次原子粒子方面的字眼感到不安。例如，夸克(quark)是从《芬尼根守夜》借来的。在德文中的意思约为“乳酪”。可是对许多人来说，夸克没有什么意义。物理学家说，更糟的是那些有特殊意义的词的应用。次原子世界中充满了许多古里古怪的粒子族；奇怪的是，它们的名字都是熟悉的词。“奇异”乃是其中之一。可是被称为“奇异”的粒子或“魅”(charm)的粒子，或者“色彩”(color)或者“味”(flavored)的粒子并非有异，或者能使人在感官方面感到愉快，或者看得出绿色，或者好吃。有些物理学家声称这些词的应用比胡说八道还要糟，因为它们不折不扣必定会引起误解。

物理学家费曼<sup>②</sup>反对这种“糟透的”命名法：“一个夸克并不比另一个夸克看来会更奇异些。也许‘魅’尚可用，因为它和现实的距离远到你不会把它看成有魅力。”可是人们却认为上夸克(up quark)在某种意义上是转向上面的方向的粒子，因此，这是很容易令人误解的。物理学家维斯科夫也赞同，“当人们谈及虚粒子时，我总觉得毛骨悚然，”他说：“没有这个东西，那只是用来描述场的强度的一个数学观念。”这字“虚”(virtual)指的是这类寿命非常短的

译注：《芬尼根守夜》(Finnegans Wake)是爱尔兰名作家乔爱思(James Joyce, 1882 - 1941)写的小说，自1923年写到1939年完成，书中的许多谜语有些尚未被猜出。在小说中，夸克(quark)代表的是海鸟鸣声。

② 译注：费曼(Richard Feynman), 1918 - 1988, 美国物理学家，以费曼图及路径积分法诠释量子电动力学，1965年诺贝尔物理奖得主。为人幽默风趣，对科学教育与物理学有独到的见解。

粒子的特性，可是维斯可夫指出，即使这个词“粒子”<sup>14</sup>，也只是用来提醒我们这个场有量子效应。”

专门去找这些现代字眼如“魅”及“色彩”的麻烦，也许不太公平。像电荷（electric charge）这词的来源是什么？是不是一种“记帐”<sup>15</sup>？战争中的袭击或火药？〔倒是“从此处得到兴奋刺激”（to get a charge out of）这句话来自科学用法，而不是反之〕。我们常说的正电及负电，则根本没这回事；如果有的话，正电应该称为负电，负电应该称为正电<sup>16</sup>。（带负电的物体其实带的是超量的电子，其电荷为负。）当原子“受激”（excited）它并没有像人一样紧张兮兮地坐在椅角（虽然原子受激会跳些舞）在次原子的范畴，“力”的意思较近于“发生作用”，力的强度则是它能发生的机率。

## 爱因斯坦把“以太”请出物理教室

字的毛病是，无论我们觉不觉得，它们会自动表现出某种心像。以“波”这字为例，一想到波的时候，几乎无法不去联想到如水波的心像。因为有了这个把波和水波心像的联系，几世纪以来没有人想得出光到底是什么。水波在水中传播的方式，大约与声波在空气及其他物体中的传播一样，需要一个媒介。如果光是一种波，那么似乎非要忍痛认准它一定是在某物质中传播。几世

译注：电荷的英文是 charge，这字（动词兼名词）有许多的意思，如责任、记帐、火药、充电、袭击、花费……等等。

译注：电流就是电荷的流动。早期刚发明电池的时候，把一极称为正（阳），另一极称为负（阴），认为电流从阳极流向阴极。可是以后发现电子带的是负电荷，电流是从负极（阴极）流向正极（阳极）的电子流，因此如果按原有的定义的话，应当把现在的阳极阴极的定义反过来（即把现在的阳极称为阴极，阴极称为阳极）。可是因为已经用了多年，不便改。因此，现在沿用的是旧的不正确定义。

纪以来使人痛苦的，就是要想出这某物质到底是什么。

结果呢，没人能找出这个神秘的物质，甚至于想像出它那些不可能有的特性。某物质后来被称为以太(ether)。而从 17 世纪末叶到爱因斯坦的时代，人们对以太存在的信念，就如以前的人认为地球是方的信念一样坚强。可是如果要能传播光，振动一定要极快，因此，以太一定要有固体的特性<sup>①</sup>。不必说，这就引起一些问题。“如果这无所不穿的以太是固体的话，”加莫夫这么写道：

行星及其他天体如何能在其中运动，而不遭遇到任何阻力？即使能假定无所不在的以太是很轻的、很容易被压扁的固体，就如保丽龙，天体在其中的运动一定会钻出许多洞痕，因而使它失去了能把光传播越过远距离的特性！这件头痛的事在许多世代中一直困扰着物理学家，直到最后被爱因斯坦把它请出去为止，他把以太丢出物理教室的窗外。

爱因斯坦能把以太丢掉，是因为他把光波像水波一样上下波动的心像丢弃掉。光波之所以能在虚无中传播，因为它在实质上的组成是运动中的电场，这电场造出一个运动中的磁场，这运动中的磁场又造出一个运动中的电场，如此这般——就如穿梭而上的靴带一样，把自己

<sup>①</sup>译注：物体刚性愈大，声波的传播速度愈高。在钢铁中声波的速度要比在空气中大许多倍。如果真的有这传播光的“某物质”，其刚性势必不可想像地高。可是当我们把手在空气中挥动时，并感受不到这“某物质”的刚性。

拉上去。也像一部电动机去转动一部发电机，这发电机再去开动一部电动机，等等。光不需要在任何物质中传播，因为光波疾行时（以每秒 30 万公里的速度疾行），电场及磁场互生互灭。但是我们很容易可以看出，这水波的心像如何能把人们的思路悬挂在那里，动也不动。

当然，历史中还有许多其他的例子。毕达哥拉斯行星绕着看不见的圆球旋转的模型，深深铭印于希腊人的思想中，使得“希腊人很快就不能在一想到行星时，不联想到这些以完美圆形轨道运行的球体。”作家墨奇（Guy Murchie）这么写道：“任何其他的轨道，明显地代表对神的不敬。”哈佛大学的生物学家古尔德<sup>②</sup>提醒我们，早期要人们去接受大陆漂移理论<sup>③</sup>，是件多么困难的事。因为这个理论和我们当时的思路异道而行；可是一旦这理论被接受了，每个人都认为不能接受这理论的人是笨蛋。

爱因斯坦也陷入一个基本上不变的宇宙的心像。他甚至于还发明了类似恶名昭彰的“万有以太”的东西，以便他的理论能应用来创出静止宇宙的模型。那是一个叫做“宇宙常数”的数学工具，这常数产生斥力，能排

① 译注：毕达哥拉斯（Pythagoras），公元前 582 - 500，希腊科学及哲学家，发现毕氏定理（直角三角形两短边的平方和等于最长边的平方，中国在周朝时候也发现同样的定理，现称为勾股弦定理），并创音乐的乐阶。

② 译注：古尔德（Stephen Jay Gould），1941 - ，哈佛大学古生物学家，全球著名的科学作家，著有《达尔文大震撼》（*Ever Since Darwin*），《猫熊的大拇指》等书。

③ 译注：如果把所有大陆的大陆棚（continental shelf）视为大洲的边界，绘出地图，那么可以把所有的大陆棚地图都拼凑在一起成为一个大陆块。20 世纪初，德国气象学家兼地质学家韦格纳（Alfred Wegener，1880 - 1930）创大陆漂移理论，说所有的大陆本来都联在一起，后来才漂移开的。这问题一直是悬案，直到 20 世纪 60 年代，用了镭射及人造卫星，发现大陆之间的漂移速度约每年 10 厘米（因此，经过 10 亿年后，可以把大陆漂移过太平洋、大西洋宽度的距离）。再加上地质学上的许多其他证据，这理论现在已被几乎所有的地质学家接受。

斥重力的吸引，因而使宇宙变成静态。后来他称这发明为“我一生中最大的错误”。可是反讽似的，最近的科学证据显示宇宙的边缘似乎有加速（扩张）的现象，因而暗示这种斥力可能存在。如果真是这样的话，可以说，爱因斯坦说自己犯下大错的话，就说错了。

一点不奇怪，努力想要去了解这种力的物理学家，也发明了一套新的词语去描述它。其中的一个词——精华，或第五元素<sup>①</sup>，等于循环早期的以太。中古时期，以太也称为第五元素（在火、地、空气、水四元素之后）。

### 化约抽象法<sup>①</sup> 是老把戏

模型有可能是十全十美的，但却是不可行的，就如时装模特儿、超人、女超人。可是物理学中仍然充满了十全十美而不可行的东西：理想气体、完美晶体、充当所有事物（从原子到恒星）模型的撞球。莫里逊写道，科学的中心特性就是“抽象化过程，把真实世界的某部分蒸馏出一个洁净的体系。我们希望这个体系能代表我们有兴趣去研究真实世界体系的性质。在物理工作中，大多数的兴奋刺激都牵涉到去寻觅出一个能把复杂的体系聪慧地抽象化的模型；在抽象化之后还能证明这个抽象化是确当的。”

译注：本段标题原文为 *reductio ad abstractum*，来自拉丁文 *reductio ad absurdum*，归谬法（*reduction to absurdity*），藉证明一命题的反面为矛盾或荒谬，来证明这命题为正确的证明法。在此把 *absurdum*（荒谬）改成 *abstractum*（抽象化）。