科学思想的变化和哲学的关系

THE NATURE OF THE PHYSICAL WORLD

物理世界的本质

[英]A.S.爱丁顿 著 / 张建文 译



中国大地出版社

需要全本请访问www.ertongbook.com

物理世界的本质

[英]A. S. 爱丁顿 著

张建文 译

中国大地出版社

·北　京·

图书在版编目(CIP)数据

物理世界的本质 /（英）A. S. 爱丁顿著 ；张建文译
. — 北京 ：中国大地出版社，2017. 12
ISBN 978-7-5200-0075-8

Ⅰ. ①物… Ⅱ. ①A… ②张… Ⅲ. ①物理学—研究
Ⅳ. ①O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 211733 号

WULI SHIJIE DE BENZHI

著　　者:[英]A. S. 爱丁顿著
译　　者:张建文
责任编辑:王一宾
责任校对:王洪强
出版发行:中国大地出版社
社址邮编:北京海淀区学院路 31 号,100083
购书热线:(010)66554518
编辑室电话:(010)66554511
网　　址:http://www. gph. com. cn
传　　真:(010)66554518　(010)66554686
印　　刷:北京财经印刷厂
开　　本:710mm×1000mm　1/16
印　　张:17. 25
字　　数:224 千字
版　　次:2017 年 12 月北京第 1 版
印　　次:2017 年 12 月北京第 1 次印刷
定　　价:49. 00 元
书　　号:ISBN 978-7-5200-0075-8

如对本书有意见和建议或本书有印装问题,请致电 010—50976448

序

本书主体是 1927 年 1 月到 3 月我在爱丁堡大学所做的吉福德(Gifford)讲座课程,主要是关于新近发生的科学思想巨大变化的哲学结果。相对论与量子理论曾引发了物理世界的新奇概念。热力学原理的进步阐释了渐进但却同样重大的变化。本书前 11 章大部分是关于新的物理学理论,论及采用它们的理由,尤其是隐藏于这些理论后面的概念,其目的在于阐明关于今日所存在的世界的科学见解,而在科学尚未臻于完善的地方,则要判明现代思想的趋势。最后的 4 章,是思考这些科学见解有关人类经验包括宗教在内的广泛方面所应有的地位的内容。在本书中始终遵循着探求的总体精神,正如在绪论的总结中所叙述的。

我希望讨论科学的各章要同后几章的应用分开,并能够引起读者的兴趣。但是,本书写作上并未如此编排,各章并非完全独立成篇。对相对论与量子理论给出平易的阐释并非我的目的,更重要的是要获悉那些最伟大的哲学概念是如何被发现的这一发展过程。本书大部分易于阅读,但也会碰到极具难度的论述。

我的主要目的已如前述,即这些科学理论的发展为哲学家提供了新的材料。然而,我还要更进一步说明,我本人如何设想来使用这些材料。我意识到,此处所陈述的哲学见解,仅仅引发关注——它们只是现代科学工作的一个直接研究结果和对现代科学工作的理解。我在科学的特别激励下所形成的关于事物本质的总体思想,对我本人之外的任何人而言并不重要。尽管这两种思想来源,于我而言十

分明确，然而在我开始准备这些讲义时，为达成首尾一致，以及面对可能的非难来辩护它的努力中，它们便成为不可分割的了。由此，我便回想起，关于物理世界我的概念中由相对论的数学研究中所滋生出的观念论的色彩。只要我具有任何较早的哲学见解，它们便呈现出一个完全不同的情境。

我开始便怀疑自己，冒险深入到科学以外的领域，于科学家而言，是否确如所愿。对于这种探究的根本的裁断，便是：它可以为科学家提供关于自身科学研究领域的一种更好的视角。在口头讲演中，自由地提出我的各种见解，似乎并不会导致严重的混乱，但是否永久地记录它们，是否给予它们一种更加完全的形式则难以决断。我对于专业的哲学评论家存有诸多畏惧，但是，一想到那些可能要看看此书是否“在天使之侧”，从而判断其价值的读者，我便完全释然了。从我讲授之后的一年，为把本书各个部分都修改得更加让人满意，我曾数易其稿。如今，相较于早前的书，我以更为自疑的态度以此书示世人。

对于一本大篇幅的著作而言，讲座上的口头用语文体一般说来很不合适，但我决定不做修改。一个科学著者，采用数学公式对他而言是再自然不过了，也是最为清晰的表现方法了，反过来还要请读者给以体谅。本书很多主题极为艰深，因此要使读者了解的唯一希望，便是说明要点，如同面对面讲授时的质询。

在此有必要提醒美国读者，我们（作者为英国人）表示大数字的用语与美国不同，譬如十亿（Billion）在此表示一兆兆（million million）的意义。

1928 年 8 月

A. S. 爱丁顿

需要全本请访问 www.ertongbook.com

目　　录

绪论　1

第一章　古典物理学之坍塌　7

第二章　相对论　22

第三章　时间　35

第四章　宇宙的静止　55

第五章　生成　74

第六章　重力——法则　92

第七章　重力的解释　113

第八章　人在宇宙中的位置　131

第九章　量子理论　143

第十章　新量子理论　158

第十一章　世界建造　180

第十二章　指针读数　192
第十三章　实在　210
第十四章　因果关系　225
第十五章　科学与神秘主义　243

绪 论

我安定下来从事这些讲稿的写作工作，并把我的椅子拖到我的两张桌子附近。两张桌子！是的，在我周围的每件东西都是双份的——两张桌子、两把椅子、两支笔。

这对于我们开始一门理应达到超水平的科学哲学课程，还不是太过艰深。即便如此，我们也还是不能立即就接触到事物的本质，我们首先得从事物的表面梳理一下。梳理伊始，我首先触及的便是我的两张桌子。

其中一张桌子，很久以来便同我非常熟悉。它是我称之为世界的那个环境的极为平常的物体。我该如何描述一下它呢？它有广度，它相对永存，它有颜色，最为重要的是它是物质的。就物质这一点而言，我的意思不仅仅是说我靠在它上面时它不倾倒，而是说它是由“物质”构成的。由“物质”这个词，我就尝试着把物体的固有性质的某种概念传达出来。它是一个物体，并不像空间，只是一种虚无，也不像只有上帝才知其为何物的时间！但是那还不足以帮助你理解我的意思，因为具有这种物质性是一个“物体”的鲜明的特性。我也不奢望有更好的办法，如以一张普通桌子为例，能把物质的本质说得更为明白。由此，我们便处于循环往复中。归根结底，如果你是一个普通人，一个常人，并不十分拘泥于科学的细节，那你就会相信，你懂得一张普通桌子的本质了。我甚至于听到过不少人说，假如科学家可以找到易于理解桌子的本质的术语，他们便能够更好地理解他们自身本质的奥秘。

第二张桌子是我的科学的桌子，它是我最近才认识的，所以还不太熟

习。它不属于上面所提到的那个世界——只要我睁开眼睛，那个世界便在我周围自然地出现了。这里我先不考虑它有几分客观，又有几分主观，它是隐晦地把自身强加给我注意的世界的一个组成部分。而我的科学的桌子基本上是虚空的，在虚空中稀疏地散布着高速奔驰的许多电荷。但是这些电荷的体积总和也不及桌子自身体积的十亿分之一。虽然构造奇特，但这张桌子依然是一张完全有用的桌子。它支持着我的稿纸——如第一张桌子一样令人满意：因为当我把纸片放在它上面时，那些微细的带电粒子便以猛烈的速度在下边持续撞击，支撑着纸片像钟摆似地处于基本平稳状态。如果倚在这张桌子上面，我却还是不能够穿过它。或者严格准确地说，我科学的手臂穿过我的科学桌子的机会少之又少，在实际生活中可以忽略。来逐一考察桌子们的属性。如果作为普通用途，对这两张桌子确实没什么好选择的，但遇到特别的情形时，那我的科学的桌子便优势立显。假如屋子着了火，我的科学的桌子便自然地分解成科学的烟雾，而我所熟悉的第一张桌子，则会由于它的物质属性，将历经一个形变过程。这一物质属性，我只能将其称为奇迹。

在我的第二张桌子的周围，没有什么实在的东西，而差不多由完全空荡荡的空间所充满。按力场的观点而言，这一点是正确的，但这些力场不是“物质”的，而是属于“影响”范畴。即使在不是虚空的那一小部分里，我们也决不能将旧有的物质的概念移植过去。如果把物质分解成电荷，那么我们便离开始时提出物质概念的图景很远了。而物质概念的意义——如果有的话，就在这一过程中失掉了。现代科学观点的总体趋势是打破“物质”“影响”“形态”等等的界限，而代之以共同的背景。无论我们是研究一个实际的物体、一个磁场、一个几何图形，或研究一段时间，这些方面的科学信息均可总结为能够度量的量。既非测量器具，也非测量器具的使用方式，对这些信息提出任何本质上的差异。测量本身无以提供范畴分类的依据，我觉得有必要对这一度量建立某种背景——一个客观世界。

观世界。但这一客观世界的属性，除了它们已被测量所反映的以外，都不具备科学纯洁性。科学最终将对此秉持异议，将包含在这些测定之中的精密的知识，附到一个既不能给出与背景相关的确切的知识，却又将无关性引入知识体系的传统的概念陈列馆。

这里，我不打算特别强调电子的非实体性，因为在目前的思想领域，这基本上没有必要。假定它们是如你们所猜想的那样是实体的，那我的科学的桌子和日常的桌子之间就存在巨大的差异。我的科学的桌子处在大部分是虚空的地方，物质（如果有的话）星星点点地、稀疏地散布其间：我的日常概念上的桌子，则是我们所认为的具象的实体——一种对柏克莱（Berkley）式主观主义的具体的抗议。在我面前的纸片，或者置于一蝇群之上，纸片被位于其下的蝇群的一系列小的撞击维持着处于波动状态；或者因被其下方的物质支撑着，这些物质占据着空间而排除了其他物质。这些差异反映了本质上的区别。所有这些至少在概念上有差异，但是，对于我在纸片上书写的实际的工作，却没有分别。

一方面，我无须告诉你们，现代物理学通过精密的试验和严格的逻辑，使我确信我的第二张科学的桌子才实际上是那里唯一的桌子——无论“那里”位于何处。另一方面，我无须告诉你们，现代物理学也绝不会成功地驱除那张位于我的眼前可以看见、能够抓握感触的第一张桌子——个外部的性质，心理想象和遗传偏见的奇异的混合物，我们必须暂时与它告别了，因为我们即将从熟悉的世界转到物理学所揭示的科学世界——个或即将成为完全客观的世界。

“你自相矛盾地说着两个宇宙。它们实际上不是一个相同的世界的两个方面或两种解释吗？”是的，毫无疑问，在某种情形下，它们最终是相同的，但从物理学的客观世界转变到人类意识中很亲密熟知的世界的过程，是物理学范围之外的事，因此按照物理学方法研究的世界依然与意识所熟悉的世界相隔离，直至物理学家在它上面完成自己的工

作。因此，我们暂且认为作为物理学家研究主题的桌子与所熟识的桌子是完全分开的，而不事先判断它们最终具有同一性这一问题。确实，整个科学的考察是以现实世界为起点，最终也必须返回现实世界，但是科学家所负责的那一段旅程，却是陌生领地。

直到最近，都存在这一个非常紧密的关联：物理学家以往常从现实世界借来他的物理世界的原料，但是他再也无须如此了。物理学家的原料是以太、电子、量子、势能、哈密尔顿（Hamilton）函数等等，目前他极为小心翼翼地保护这些原料不致被日常世界借来的概念所感染。日常的桌子与科学的桌子相对应，但却没有日常的电子、量子或者势能与科学的电子、量子或者势能相对应，我们甚而并不希冀构造一些这些物体的日常对应物，或者如我们经常说的来解释电子。在物理学家业已完成了他的世界的构造之后，关联和同一便成为可能，但试图过早进行关联已被证明是完全有害的。

科学的目的在于创造一个世界，能够将普通的经验符号化。所采用的每一个符号表示普通经验中的事物，甚或表示用普通经验可以说明的某些事物，这完全是不必要的。街头人往往这样做，要求给出事物在科学里面的具体说明，但他必然会失望，这与我们学习阅读的经验相似。刊载于书本上的东西是实际生活中的事情符号，本书的所有目的，即是最终要读者把某种符号，譬如面包与日常生活的某种概念相对应。但是在字母被连缀成单词和单词连缀成句子之前，企图过早开展这种对应是有害的。符号 A 并不是日常生活中的任一事物的对应物。对于小孩子而言，A 字母似乎极其抽象，所以我们对字母 A 给予小孩一个其所熟识的概念："A 便是一个射青蛙的射手"，这冲淡了他当下的困难。但是小孩如果照着 Archers（射手）、Butchers（屠夫）、Captain（船长）并围绕着那些字母打转，那他的词语构造就不会有切实的进步，他早晚都会意识到字母是抽象的。在物理学上，我们早已走过用"射手"和"苹果

需要全本请访问 www.ertongbook.com

派”来定义基本符号的时代了。对于如何解释电子到底应该是什么的发问，我们只有如此答复，“它是物理学最为基础(ABC)的一部分。”

由是观之，物理学的客观世界就成了一个影子世界。要消除我们的幻影，我们就要去除物质，因为实际上，我们知道，物质是我们幻影中最大的一个。稍后，或许我们会发问：是否在我们去除那些不真实的东西的热情中，我们会太过无情地大动干戈？也许，事实上，客观现实就是一个孩子，离开它的乳母的幻影便不能存活。但果真如此，那与科学家就关联不大。科学家有适当的和充足的理由在幻影世界里展开他的研究，并乐意把关于客观现实的确切形态的决定权留给哲学家。物理世界中，我们观察着日常生活剧目的皮影戏表演，我的肘部的影子停留在影子桌子上面，如同影子墨水流过影子纸张一样，所有这些都是符号，作为物理学家留下来的符号。其后，来了位炼金大师将符号进行了变换。稀疏散布着的电力核转变为可感触的实体，它们无休无止的搅动转变为夏日的酷热，以太振动的音阶转变为壮美的彩虹。炼金大师的转变绝不止步于此，在转变后的世界中产生了全新的意义，这些新意在符号的世界里几乎无迹可寻。如此一来，它转变成了一个美丽而有意图的世界，但也会有苦难和罪恶的世界。

有关物理科学是对影子世界的关注这一明确的认识，是最近发展的最为重要的事件之一。我的意思并不是说物理学家们在任何程度上都为这个哲学的隐喻所占据。从他们的观点而言，这与其是撤回一个不可靠的要求，毋宁是对于自洽发展自由的确认。在此，我不再坚持物理学世界的影子和符号的特性，原因在于它有哲学基础，而非在我所必须描述的科学理论中，远离所熟悉的概念将显而易见的原因。假若对这一远离无所准备，你们可能对现代科学的理论缺乏同情，甚至你们会认为它们是滑稽可笑的——我敢说许多人都是这样的。

教育我们自身把物理世界视为纯粹符号的世界是件困难的事。我

们往往以符号重复或者与从意识的世界得到的不调和的概念相混淆。没有长时间的经验的修养，我们伸出手只抓着了影子，而不是接受影子的本质。确实，除非我们把自身完全限制于数学的符号主义，否则要想避免把我们的符号罩上诡诈的外衣是很难的。当我想到一个电子时，在我脑海里便升起一个坚硬、红色的微球。相似地，质子则显出中性的灰色球。自然，这些颜色是荒谬不堪的—或许并不比其余的概念更荒谬，但我依然坚持己见。我非常能理解，年轻的人们是要寻求这些十分具体的图景，要从如今已与人类预知的概念剥离的哈密尔顿函数和符号之中尽力创造出世界来，甚至不遵守传统的数学法则。至于我自己，要达到那种思想的高度还存在困难。但我相信这必然会到来。

在这些讲座中，我打算讨论某些物理世界最新研究的结果，这些结果给哲学思想提供了足够的食粮，这将包括科学上新的概念，也可以包括新的知识。在这两点上，我们被引导使用与 19 世纪末流行的、迥然不同的方法考察物质世界。我不会把吉尔福德讲义的最终目的，即这些纯粹的物理发现与我们人类自然的、更广泛的方面和利益相关联的问题，置之不理。这些关系必须历经改变，因为我们关于物理世界的整个概念都发生了急剧的改变。我相信，如同今日被深刻理解的物理世界的恰当的评价，抱持虚怀若谷的感情，能够面向一代人之前还被认为不具逻辑性的、跨越性科学测定的广泛意义。而在后面的讲义中，我将尝试集中关注那种感情，加倍努力去发现它将去往何方。但是，如果我不坚持它的研究本身就是一个目的的话，那我就是不忠实于科学了。科学之途必然因其自身而追求科学，而不必注意它可以提供更好的风光。以这种科学精神，我们不得不沿着科学之途，无论它引导我们到达风光之巅，抑或晦暗隧洞。所以，当我的讲座课程结束时，你们也必将乐意同我一道走科学之途，而不是苛责我在路旁野花中逗留，这便是我们之间的互相理解。我们就此进入课程。

第一章
古典物理学之坍塌

原子的结构

1905 年至 1908 年之间，爱因斯坦和闵可夫斯基将一个根本的变革引入我们的时间与空间的观念。1911 年，卢瑟福在我们的物质概念里引入了自德谟克利特以来最为巨大的变革。奇怪的是，对这两种变革的接纳完全不同。时间和空间的新观念，在各方面都被看成是革命性的：有人以极大的热忱来欢迎它们，其他一些人则拼命地反对。物质的新概念则遵循科学发现的一般经验：它逐渐证实它的价值。当证据被完全确认后，它便迅速地取代以前的学说，学术界没有感受到大的冲击。但是现在，当我听到现代科学对布尔什维克主义的抗议和对旧秩序的哀怨时，我便不由得想到，卢瑟福而非爱因斯坦才是真正的始作俑者。当我们把我们现在假定的宇宙与我们通常所预想的宇宙相比较

时，最为显著的变革并不是爱因斯坦的时间和空间的再认识，而是把我们所认为的一切实体使之崩解，解离成飘荡在虚空里面的细点了。对于那些认为事物多少是如它们所显现给我们的人而言，这是一个突如其来的震动。近代物理学所揭示的原子内的虚空，比天文学所揭示的星际空间巨大的真空更令人震撼。

原子之疏松一如太阳系。假使我们消除人体中所有未被填充的空间，而把他的质子和电子聚结成为一个整体，那么人便要缩小到只有用放大镜才看得到的细点了。

这种物质的稀松性在原子理论中不曾预示过，确切地说，业已知道和空气相似的气体里，原子之间远远分开，留出大量空洞的空间。但这也只是预测，具有空气特性的东西在其中才会只有相当少量的物质，而“空无所有”(airy nothing)通常都用来表示没有物质存在。在固体中，原子被紧密压缩接触，所以旧原子理论同我们的预想相一致，把固体物体看成大部分是无多大空隙的实体。

发端于19世纪末的物质的电工理论起初也没有改变这一认识，虽知道阴电是很小容积内集中的单位电荷，但是物质的其他要素，即阳电，可比照原子同样大小绘制成胶质圆球，在里面还包含有细微的阴电荷，所以在一个固体里面的空间大部分是充实的。

但是，在1911年卢瑟福表明阳电也是要集中成细微的小点的，他的少量实验证明原子能够施加巨大的电场力。除非阳电荷作为一个高度集中的引力源，否则这种力是不可能的，它必须包括在与原子大小相较还要细小的多的核里面。因此，第一次，原子的主体就完全成为真空了，原子的“太阳系”模型代替了实际的“棒球”模型。两年后，尼尔斯·玻尔基于卢瑟福的原子理论而发展了他的著名的理论。此后原子理论更是突飞猛进。未来无论原子的观念有多大变化，但要再回到旧的实体原子理论是不可想象的。

现在所接受的结论是：一切物质，最终都是由两种基本要素—质子和电子构成的。

从电性上看，质子和电子电性互斥，因为质子是一个阳电荷，而电子则是一个阴电荷。但在其他方面，它们的属性又差异巨大。质子质量是电子的1840倍，所以物质的绝大部分质量都是基于构成物质要素的质子。除了在氢气里面，找不出纯净的质子。氢气似乎是物质最原始的形态，氢原子包括一个质子和一个电子。其它物质原子里面，多个质子和较少的电子结合在一起构成原子核。达到电性平衡要求的电子像原子核的遥远的卫星一样散布着，这些电子甚至能够从原子逃逸而自由地穿过物质漂荡。一个电子的直径差不多为一个原子的直径的5万分之一，原子核的直径也大不了几多，一个孤立的质子据信还要小得多。

30年前，在以太拖曳(aether－drag)问题上有过许多争论，即绕太阳运动的地球是否拖曳着以太一道行走。当时，原子的实体性是不成问题的，很难相信物质能够从以太中费力通过而不搅乱它。实验结果发现没有出现以太的对流，这是令人惊奇而困惑不解的事。但是我们现在证实，以太能够滑过原子，一如能滑过太阳系一样的容易，而我们的预想却全然指向别的方向。

在稍后几章我们会再回到“太阳系”的原子，现在我们所关注的是两件事情：一是原子是极端空虚的；二是它是由电荷构成的。

卢瑟福的原子核理论常常不被看作本世纪的一个科学革命，它是一个非常远大的发现，但却是一个落在物理学的古典体系里面的发现。这一发现的本质和意义能够用平常的名词来表示，即可以用科学上早已流行的概念来说明。“革命性”的称号通常留给了两个近代伟大的进步——相对论和量子理论，这两个理论不但是有关世界内容的新发现，它们还包括了我们如何思考世界的变革。它们不能用平常的字眼表

示，原因在于我们首先不得不掌握那些在旧的物理学体系中都不曾梦想过的新概念。

我并不确定“古典物理学”这一说法有严格定义，但是普遍的观点是：牛顿在《原理》中所发展的自然规律的理论框架，为后世的理论发展提供了一个希望遵从的范式。在这一框架的四个角之内，出现认识极大变革是可能的：光波说代替了粒子说，热从物质变成了动能，电从连续的流体变成以太形变的核。但是这在原系统的弹性范围中得到认可。波动、动能与形变在原系统中早已有各自的位置，将同样的概念用于说明更为广泛的现象是对牛顿原始观点的普适性的一个贡献。

现在我们来看古典物理学系统是如何坍塌的。

菲茨杰拉德收缩

我们最好从下面的事实开始：假定你有一根以极高速运动的木棒，开始时木棒指向与其运动方向垂直。现在把它转个直角，这样木棒的就指向运动方向了，木棒便会收缩，木棒沿着运动方向的长度比横过运动方向时要短些。

这个收缩，便是著名的菲茨杰拉德收缩，在所有通常的情形下是极其微小的。这一收缩完全与棒的材料无关，而仅仅与其速度有关。例如，如果速度达到 30577.536 米/秒 ——地球绕日的速度——那么长度的收缩便达到二亿分之一，或者说地球直径收缩了 0.0635 米。

这已由各种不同的大量实验所证实。最早也最闻名的实验是首次由迈克尔逊·莫雷于 1887 年所做的实验，该实验由莫雷和密勒在 1905 年更准确地重复过，在最近一两年中又有多个研究者开展了重复实验。我不打算再叙述这些实验了，它们只是说明如何便利地给你的木棒以一大的速度的方法，就是把它放到高速围绕太阳运动的地球上来。在

需要全本请访问 www.ertongbook.com