

相对论的新观点

〔法〕列·布里渊 著

刘松林 译

贵州人民出版社

相对论的新观点

[法] 列·布里渊 著

刘 松 林 译

贵州人民出版社

封面设计 胡朝惠
技术设计 荀新馨

相对论的新观点

〔法〕列·布里渊 著
刘 松 林 译

贵州人民出版社出版发行

〔贵阳市延安中路5号〕

贵州新华印刷厂印刷 贵州省新华书店经销
787×1092毫米 32开本 4.375印张 95千字
1987年2月第1版 1987年2月第1次印刷
印数1——2,570
书号13115·79 定价0.78元

俄译本编者序

奉献给读者的这部书是根据作者生前的手稿整理出版的。作者列昂·布里渊是法国的杰出科学家，他对固体物理和信息论作出了重要的贡献。本书毫无疑问会受到读者的注目，因为布里渊在这里用新的观点，结合最新的科学成就对这一问题进行了探讨。

这一探讨的特点首先在于把物理科学定义为一门实验科学，在此基础上对狭义相对论和广义相对论的基本原理作了深入的分析。任何一个物理理论都不可能宣称自己能给出绝对正确的自然界的图象。理论总有一定的适用界限，这种界限是在理论与实验相比较的过程中逐步揭示出来，并在与新的实验相比较的过程中不断得到明确规定的。相对论自然也不可能例外。

按爱因斯坦的思想，狭义相对论应该是光速不变原理和广义相对性原理（其最新的完整的公设实际上包含若干项原理）的逻辑推论。这一理论由原子核物理提供了非常令人信服实验验证，实际上它正是核能技术的理论基础。在这一方面，我们的任务只能是准确规定理论适用界限，更精确地检验为理论提供依据的实验事实。

至于广义相对论，却与广为流传的观点相反，这一理论的雄伟建筑是竖立在如此不坚固的实验基础上，因而可把它称为泥足巨人。事实上，这一基础至今仍然仅由三个实验事

实构成：两项天文观测（水星近日点位移和光线穿过太阳附近时的偏离）和一项对在大质量的引力场内红移的观测（这一现象也可不用广义相对论作出解释）。目前有人试图以广义相对论来解释一些相对论天文物理效应，如残留辐射、宇宙膨胀（哈贝尔效应）。

这就形成了令人困惑不解的现象。一方面，广义相对论是建立最精密的研究宇宙的方法（拓扑法，协变群论，多层次理论等等）的基础，在这个理论里应用了如象引力场量子化这样一些出色的类比法；而另一方面，这一理论把引力场与连续时空域等同起来，但这种公设并无周密的实验验证，而且这一理论也没有可供实验检测的基本物理量，例如引力场的能量。

我们可以这么说，量子力学的历史发展过程表明，由于实验工作成果的积累及其对理论的充实，使得量子理论不断得到补充和完善，愈来愈“成熟”，精度愈来愈高。然而广义相对论至今依然穿着“神童”的短裤在嬉游，对于这位“神童”甚至还允许免受实验的检验。这种情况对于真正的物理学家来说是不可容忍的。

因此对广义相对论来说，寻找实验依据在今天已经成为最“热门”的问题。目前正从两方面向这一问题发起攻击。理论物理学家试图把广义相对论“线性化”或按电磁场理论的方程形式“麦克斯韦化”，目的是想开辟设计新的引力实验的新途径。在实验物理学者中近年来出现了真正的“热潮”，他们试图对来自宇宙的引力波进行检测（在不同国家的十几个实验室中正在进行这类实验）。

正是在这种情况下，布里渊这一著作的出版便有特殊的

价值。这本书里正好有着为建立引力理论所需要的东西——把物理测量和信息论的理论成果融合在一起的近代科学探讨方法。

对爱因斯坦的天才假说无条件地表示钦佩和赞誉的时期结束了，现在听到物理学的主人的沉重脚步声——“实验”这位陛下向我们迎面走来，只有他有权宣称，假说中什么东西在自然界里获得验证，什么必须要抛弃。

布里渊在这本书里首先提出“可观测量”的概念，把测量和信息的概念推到首位，在此基础上提出了自己的理论。他试图用已知的布里吉曼的研究成果，继续对狭义和广义相对论作出批判性的分析。本书并没有对相对论作全面的分析，而且布里渊的分析结果也不是最终的，它只是一位科学家从新的立场观点来分析已较为成熟的问题的一种尝试。书里仅讨论了作者很熟悉的问题，而对另一些同样重要且已提到日程上来的问题则并未涉及。布里渊一书的分析讨论无论从内容和形式上均具有活泼、新颖的特点，必然会受到对相对论有兴趣的广大读者的注目。

在对量子理论和相对论作出比较后，作者得出一些有趣的结论，其中之一是指出在量子理论中理论与实验的独特的共生关系的意义。狭义相对论在核物理中得到出色的验证，而对广义相对论来说则很遗憾，完全没有足够的实验验证。但是，作者却从中作出过于绝对的结论（“广义相对论是建立在沙滩上的美妙的数学理论的典范”，“宇宙学是一种科学幻想”等等）。这种结论只有在作者掌握周密充分的论据后才能提出，在本书里作者显然没有提出这样的论据。产生疑虑的原因很简单：实验就象酵母一样，使量子理论迅速成长起来；与量子理

论相比较,广义相对论在这方面就大为逊色。我们暂且把属于作者个人观点的这种绝对化的表述搁置一边。可以肯定的是,广义相对论是一杰出的数学理论,但为了使它有资格称得上物理理论,还必须对它进行实践检验,用科学创造规律学对其进行验证,要求对基本物理量以及他们之间的关系提出依据。

即使是就狭义相对论而言,也可指出一些重要关系并未得到充分的实验验证,但这些关系对建立广义相对论来说却是至关重要的。例如,牛顿假设引力扰动的传播速度等于无穷大,而在狭义相对论范围内必须认为这一速度不大于光速。爱因斯坦假设它等于光速,但是目前还没有关于引力传播速度的实验数据报导,因此这一问题悬而未决。象这样的问题还有不少,他们正等待着实验的裁决。

作者的一些其他断言,特别是关于广义相对论的,也是值得商榷的。布里渊在批评相对论时,指出它的这样或那样的缺点、模糊的概念或属争议性的结论(这类结论在该理论中不仅有,而且要比本书所引述的多得多,他们都需要作进一步的阐述)时,往往不自觉地陷入这样一种窘境:把小孩和水一起从浴盆里泼出。他这样做时忘记了这个理论曾以相当高的精度,预言被观察现象的定量关系,诚然,它还需要实验验证。应该认为,布里渊的这种明显的观点,是任何一位有思索能力的读者一定能注意到的。即使如此,布里渊提出的一系列尖锐的批判意见仍是值得重视的。广义相对论应该对他们给予回答,并以此维护自己的生存权利。

在布里渊所讨论的问题中特别值得注意的是:相对论与势能;引力作用传播速度和量子化原子钟;狭义相对论的多普勒效应。在讨论这些问题时,作者从近代测量的技术可能

性出发，重新分析狭义相对论的结论，而这种分析对于近代物理来说非常具有代表性。愈来愈高的测量精度往往导致本质上完全不同的新结论，这种现象对于发展是永无止境的物理科学而言，是自然的也是必要的。譬如说，引力波的检测问题，若能获得肯定的解决，那就能使引力理论取得本质性的突破，而这样的问题实际上是检测装置的精度问题。只有检测装置的精度达到一定等级，才有可能探测引力波的频率和强度。作者所掌握的关于实验精度的所有材料似乎都是最新的，只是在俄译本准备出版期间，书中有几处需要补充较新的实验数据。

我们需得同意本书作者的最后一句话：“因此，我们需要格莱塞！”“格莱塞”这一新名词的意思是指类似于莱塞的利用引力子束的装置。引力理论的某些问题依赖于近代实验技术的发展，这些问题的解决离我们这一代人已经为期不远，我们已向这一目标迈步。然而在既定方向上必须作不懈的最后努力！凭借我们的直觉，我们设想，如果有引力波的存在，那么正是引力波能对引力理论中悬而未决的问题作出解答。欲使引力学说获得物理实质上的发展，而不是纯数学形式的有时甚至是思辨的发展，必由之路只能是通过实验工作者的实验室。

在这条艰辛的道路上，布里渊从批判的立场写出的这本书特别有益，因为作者毫不过分地赞誉相对论，完全承认它在近代理论物理中的贡献，而且在凡是能够提出问题的地方直接打上疑问号。

A.3. 彼德罗夫

作 者 序

为建立关于引力能流的概念，首先必须将此能量隔离；这种情况与烹饪书介绍美味佳肴颇类似。这种概念是否有用要看以后的发现；在这一问题上又与佳肴必须品尝有一定的相似之处。

亥 维 赛

1893年

在我的论科学的不确定性一书最近出版（1964年）以后，我才得以喘息一下，接着就开始研究暂时搁下的问题。其中一些问题对我来说是相当明确的，只不过没有彻底解决。有些问题则一直是很模糊的，需要深入的思考。

我决定从一种新的角度和与众不同的观点来分析相对论的一些原理。沿康庄大道前进是毫不费力的，然而沿着无人问津的崎岖小道探索，则有可能登上前人从未攀登过的顶峰，一幅壮丽的美景会展现在我们眼前。在我的整个科学研究生涯中，我的注意力始终被在理论适用范围边缘所产生的问题，很少有人研究的两种理论发生交叉的领域所吸引。一种理论所给出的描述如何与另一种理论所描述的图象相适应？例如，怎样利用波动理论和粒子理论获得相同的而且与实验相符合的结果呢？什么时候可以运用几何光学，什么时候应该运用光的波动理论？回到相对论的正题上来说，它什么时候

和怎样转变为经典力学？

在列举的这些例子中，可能出现这样一种有趣的情况：有时（并不经常）问题的一个解是一收敛级数，其首项与第一种理论相适应，但往往这种级数是半收敛的，那么只能利用它的前面若干项。在此情况下，它将对由另一理论在边缘区域所得解的足够好的近似。

引 言

科学理论所以有价值在于它能够作出预言。在《科学的不确定性和信息》^[1]一书中我曾指出，理论 T 仅在其适用范围 D 内可给出正确的结果，其最大误差为 ε 。如果在此范围之外试图应用该理论却得出极其错误的结果，那是毫不奇怪的。对 T_1 和 T_2 两个理论的适用范围 D_1 和 D_2 二者相毗连的边缘区域进行研究始终是很有意义的。这种研究能把每一种理论中表述得不精确的假说显现出来。

任何一种理论均包含许多量，其中有些量是可实验测量的，有些量是不能实验探测的，前者称为可观测量，后者称为不可观测量。两者之间有时并未作严格的区分，因此许多作者断言这些或那些量是可观测量，其根据是与任何物理实验毫不相关的臆断的定义。这就导致矛盾和谬误的产生，这种现象无论如何必须避免。在此问题上我坚持一种严格的看法，我认为（按照布里吉曼的观点），对于某一量来说，只有在能够指出观测的方法并给出实验装置的详细说明时，该量才是可观测量。

如果这些条件得到满足，那么就可以说，理论 T_1 在其适用范围 D_1 内描述了可观测量 O_1 之间的关系，同时也描述了包含不可观测量 U_1 在内的各种关系。这些包含不可观测量在内的附加关系在理论中有一定的应用，但它们没有什么重要意义。在 D_1 和 D_2 两者的边缘区域，在可观测量 O_1 和 O_2 之间

应有紧密的对应关系，而在不可观测量 U_1 和 U_2 之间就不一定有这种关系。如果已附加说明，那么即使没有这种对应关系也不会受到多大影响。

现在该提出一个最重要的问题：“对科学理论我们能够相信到什么程度？”回答应十分谨慎：“相当高的程度，但不能过高！”所有理论均有局限性，他们都仅在一定的程度上和在一定的范围内是“好理论”。他们并非是“放之四海而皆准的真理……”。任何理论都建立在周密地作出的实验基础上，但是实验结果只能达到“可能误差所决定的精度”，也就是说，误差有一定的范围，这种范围实验工作者是能够作出估计的。但是始终存在这样的可能性，这就是在新的实验中出现新的未能预见的产生误差的原因，或者把理论应用到远远超出其应用界限的领域。

我想在这里顺便讲一件亲身经历的事。几年前我路过新墨西哥州时，一座美丽的小城的市名引起了我的注意，它叫“真理或者后果”。我站在市名牌下思考着，它指的究竟是什么“真理”。显然，不是指科学真理。古老的焚化火刑的浓烟向我迎面扑来，我感到难以忍受，并想象这里的多神教徒——土著人受到了怎样的嘲弄，而“巫师”又受到怎样的折磨。

我们任何时候都不应该象教徒似地虔诚和狂热地去接受科学理论，每一位科学家都应该随时对自己热衷的理论进行修正和补充。在科学领域里不存在绝对真理。但是我应该说得更准确些，这里指的是实验科学。至于数学，那就完全是另一回事。

某些传统科学是观察和对观察结果的阐释这两者的奇特的混合物。这种阐释建立在出色的理论上，但被外推

到超出实验条件许可范围如此之远，以至使人不得不采取谨慎的态度而且往往惊奇地发现：期望的常被当作真实的，周密的分析被幻想所取代。讨论宇宙起源的问题是很有趣的，但应该知道，这种讨论难免是一种幻想。读者大概也不会相信描写宇宙的这种或那种模型，如突然的原始爆炸以及由 $-\infty$ 到 $+\infty$ 的扩张或压缩。这些理论过于美妙，它的真实性令人难以置信，不可思议。

请允许我再谈历史上的一段轶事。在巴黎大学读书时，我常去听彭加勒的精彩演讲，多年来这些演讲被他的一个学生记录整理后，由哥梯埃-维拉尔出版社出版。记录演讲的是波莱尔，或者是特拉斯，或者是萨吉，还可能是另一个聪明的年轻人，后来他自己也成了一位著名的学者。

在1911年，彭加勒并未委托任何人作这一工作，当时他讲授的是天体演化学。他知道天体演化理论远非是可信的，他多次指出：不同学者提出的理论阐述大相径庭。那时候我们根本不知道，太阳辐射的热量从何而来；也不理解星球是如何形成的，他们又是怎样消失的。在我们的知识领域里有相当多的空白点。有时彭加勒会突然停止演讲，沉默地在黑板前面徘徊。然后他转向听众，推开自己的演讲稿说：“刚才我有了一个新的想法，让我们试一下，看它行不行……”他阐述了自己的新观点并把它们写在黑板上，求解一些量的具体数值。最后作结论说：“它比其它理论的计算好不了多少，这说明我们知道得太少了。”天体演化学是彭加勒在突然逝世前一年所讲授的最后一门完整的课程。

您可能会想，现在的情况是否要好些？当然，在最近五十年里我们获得了许多新的知识。但是我们依然远远没有理

解天体演化过程，这种理解至今仍然是对未来的一种期待，是鼓舞人心的。

一些读者可能会说：“我们应该相信某些已被确认的原理，例如时空对称原理、相对性原理等等。”那又怎么样呢？我们还可以证明相对性原理的相对性！这一著名原理最初是在经典力学中提出的。它说：在一静止参考系里所表述的力学规律，如果该运动从以给定的恒定速度运动的参考系来考察，则将保留其原来的形式。读者可能注意到，我在这里用的是“参考系”，而不是“坐标系”。在第四章里我们将会看到，这两者之间是有原则性区别的。坐标系是一纯几何概念，它没有质量。其原因很简单，因为在几何里没有质量的概念。参考系应该有质量，而且必须承认，这一质量比相对于它运动的任何物体的质量大得多。

现在让我们把注意力集中到“给定”一词上。给定速度一词表示的是什么？谁向我们给出这一速度？它是怎样给出的？每当我听到“给定的”一词时就特别留神，因为这一用语只有在一种情况下有确定的意义，那就是主考老师给束手无策的学生出考试题时作为试题条件。在这种情况下速度是一精确给定值，它不会有问题。

实际上这种情况根本不存在。如果我要观察在空中运动的一个不明物体，那么谁也不可能为我给定它的速度。不论它是一颗星球还是一个“飞碟”，我总得用实验装置去测量它的速度。我可以利用从不明物体反射回来的光信号来测出返回所需的时间、多普勒频移等等。作了这样的测量，我便能计算出速度。

但是我应该考虑到，即使最精密的实验总要对运动产生

扰动。在观察前和观察后这两种情况下物体的速度是不相同的。任何实验都要求确定观察者和被观察者之间的联系方式，在观察结束，相互联系终止之后，物体将处于另一运动状态。今天这已经是众所周知的事实，我们也可用量子力学中的大量事实对其作出证明。在测量速度时我们利用的是光信号，它是由大量的光子构成的。这些光子在反射的同时，对反射物体施一向外推的作用（反冲效应），从而改变它的速度。

给定的速度——这只是我们的想象力结出的硕果。有一种错觉：“我只是对它看一眼，什么都不会变的。”正是这种错觉造成沿袭至今的幼稚的错误。在十九世纪，在物理学界普遍存在这种错觉是很自然的，它不会受到怀疑。现在我们知道事情并非如此。以给定的恒定速度运动的参考系从来就没有过，现在也不存在。只有在一种特殊情况下可以提出这一问题，这就是参考系是稳重的，它具有如此大的质量，使得在测量其速度时所产生的扰动小得可忽略不计。在第五章里我们将看到这一精确的修正引起许多复杂的问题。旧的相对性原理是一种理想化的情况。它仅是一种极限情况，而且应用时必须保持高度的谨慎。例如把它运用于运动的原子、电子、中子、光子、中微子以及所有质量很小的新的神秘“粒子”（对它们我们尚未找到更合适的名称）时就是如此。

对不久前才提出的许多原理同样可以提出类似的意见，这些原理对一些定义没有作出很充分的分析。例如，怎样才能实际地测量“对称性”。

上面我们仅举几个例子，它们说明科学家的观点是如何改变的，以及随着时间的推移又出现了多少新的问题，这些问题在五六十年以前即使是天才爱因斯坦都不能预见

到。

现在发明了异常精密的原子钟，它的物理性能与爱因斯坦所设想的有很大程度的不同。这一问题将在第三章详细讨论。这里先提一下在确定长度和时间的国际单位时所遇到的一个困难。长度单位是利用氪-86在确定的条件下发出的一条光谱线的波长来确定的（精度达 10^{-8} ）。时间单位是通过铯的一条光谱线的频率来确定的（精度达 10^{-12} ）。于是同一个物理现象——光谱线——被利用来作两种不同的定义：长度单位和时间单位，而光速 c 则是不确定的因而显得是任意的。最好是一劳永逸地规定，光谱线要么用于确定频率，要么用于确定波长，而不是兼而用之。

目前有人认为，上述单位的定义适用于有一定的引力场存在的地球表面。爱因斯坦的广义相对论预言，在引力势不同的区域内长度和时间单位在测量过程中会有一些变化。它还预言光速 c 的改变。利用上述长度和时间单位的定义方法，对这些预言进行实验验证是相当困难的。这是计量科学的一个重大问题。

本书的目的是分析上面所提出的问题，同时也分析从本世纪初，在相对论和量子理论出现以后所产生的其它问题。第一章介绍产生这些理论的历史背景，但是我们首先要分析一下科学理论发展的一般过程。

在文献〔1〕里，我们应用科学信息分析方法对科学理论的意义作了一般性分析，同时也指出了科学家个人的作用。科学家的任务首先是设计一种能够不受外界影响的实验并作出相当完整的描述，使得在其它实验室里能重复这种实验，并复核原始实验数据。此外，科学家还需凭借自己创造

性的想象力去建立一种理论，以确立各实验事实之间的联系。利用这一理论他可以预言新的现象和结果，然后通过新的实验进行验证，看其是否符合实际。为了阐明新的实验，必要时对理论可以进行修正或者重新建立。

科学知识建立在经验事实和理论阐述这两个基础之上。这两个方面逐渐互相融合渗透，形成一种极好的相辅相成的共生体。这一问题在文献^[1]里〔第Ⅲ章和第Ⅳ章〕作过分析。在建立理论的过程中，人类的想象力究竟起了什么作用，在林特赛的精彩的论文^[2]里有精辟的论述：

“科学是一种意念，它与事物的表象不完全相同，为理解事物的本质需要通过人类所特有的思维活动……。科学是描述、建立和理解人类经验的一种方法⁽¹⁾。”

参 考 文 献

- 〔1〕 Brillouin L., Scientific Uncertainty, and Information, Academic Press, New York, 1964.
- 〔2〕 Lindsay R. B., Phys. Today, 20(12), 23(1967).

(1) 马克思主义哲学认为，科学是描写客观存在的事物和现象的方法。

——俄译注