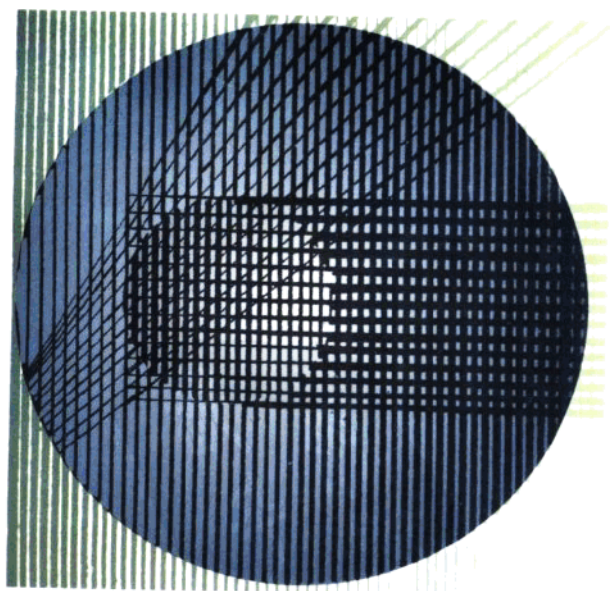


论科学实在

LUN KE XUE SHI ZAI

——从物理学的发展看自在实在向科学实在的转化

成素梅 著



● 新华出版社



内容提要

从物理学的发展来回答自在实在向科学实在的转化问题,不仅是现代物理学,而且是当代科学哲学研究不可避免的重要问题。本书主要通过对物理学发展史的考察,引伸出从自在实在向科学实在转化的三种可能模式:直观性转化模式、相对性转化模式、整体性转化模式。揭示了科学研究过程中,自在实在、对象性实在和科学实在之间的内在关系和科学实在的复制性、层次性和建构性的特点。

本书的读者对象为从事物理学和哲学工作的人员、大学生、研究生以及对物理学和哲学有兴趣的广大爱好者。

目 录

第一章 问题与前提	(1)
第一节 问题的提出	(3)
一、近代科学研究的哲学基础	(3)
二、存在的若干问题	(5)
三、两种观点的对立和分歧	(12)
第二节 前提的界定	(21)
一、概念前提	(21)
二、认识论前提	(26)
三、方法论前提	(31)
第三节 对本书线索的简要说明	(34)
第二章 经典物理学中的转化问题	(37)
第一节 经典力学的特点	(38)
一、超时空性	(39)
二、单值决定性	(43)
三、纯客观性	(45)
第二节 经典力学观念的扩张	(49)
一、不可逆性与概率	(49)
二、统计力学与经典力学观念	(55)
三、电磁场理论与“以太”	(57)
第三节 直观性转化模式	(60)
一、基本特征	(60)
二、优点	(63)
三、缺点	(64)

第四节 直观性转化模式的困扰	(65)
一、经典物理学中的内在不协调性	(66)
二、经典观念的狭隘性	(69)
三、轨道描述的局限性	(72)
第五节 结 语	(76)
第三章 相对论中的转化问题	(81)
第一节 狭义相对论提出的认识论问题	(82)
一、时空关系	(84)
二、质能关系	(90)
三、简要分析	(92)
第二节 对狭义相对论所提出问题的强化	(93)
一、时空“柔性”度规概念的含义	(94)
二、物质与时空	(97)
三、“人择原理”	(100)
第三节 相对性转化模式	(102)
一、基本特征	(103)
二、与直观性转化模式的比较	(104)
三、经典实在观	(106)
第四节 结 语	(109)
第四章 量子力学的基本假设及解释	(112)
第一节 量子力学的传统解释	(114)
一、波函数的概率解释	(114)
二、传统解释的形成及要点	(116)
三、对传统解释的批评	(121)
四、EPR 论证及早期的评论	(123)
第二节 隐变量理论和贝尔不等式	(132)
一、隐变量理论的提出及发展	(132)
二、贝尔不等式及其实验结果	(136)

三、对玻姆解释的评论	(139)
第三节 量子力学的统计解释	(142)
一、统计解释与传统解释和隐变量解释之间的区别 与联系	(144)
二、统计解释的基础	(147)
三、统计解释面临的困难和各种评论	(153)
四、统计解释在特殊问题上的应用	(158)
第四节 结 语	(163)
第五章 量子理论中的转化问题	(169)
第一节 量子力学的新特征	(170)
一、作为算符的物理量与统计因果性	(170)
二、概率幅叠加的非经典特征	(172)
三、全同粒子系统的统计性关联与非定域性	(175)
第二节 量子实在的客观性	(181)
一、微观客体的客观性	(181)
二、量子理论形成中的客观制约性	(186)
三、量子概念内涵的客观性	(191)
第三节 微观实在观	(195)
一、产生基础	(195)
二、基本前提	(198)
三、与经典实在观之间的关系	(206)
第四节 整体性转化模式	(208)
一、基本含义	(208)
二、基本特点	(210)
三、三种转化模式之间的关系	(213)
第五节 结 语	(215)
人名索引	(222)
后 记	(229)

第一章 问题与前提

科学研究的结果，往往使离开科学领域很远的问题的哲学观点发生变化。……哲学的推广必须以科学成果为基础。可是哲学一经建立并广泛地被人们接受以后，它们又常常促进科学思想的进一步发展，指示科学如何从许多可能的道路中选择一条路。

——A. 爱因斯坦

对科学理论和概念进行元理论的研究，已不是新颖的课题。它始终是哲学家探讨的主要论题之一。然而，与既往有所区别的是，目前，对这一课题的研讨视角、研讨重点、研讨方式以及研讨结论均发生了实质性的变化。哲学家已经不再可能忽略科学家研究问题的行为方式及表述问题的概念运演来单方面地进行形而上的观念思辨；同时，科学家也不再可能像往常那样把哲学研究看成是多余的概念游戏而置若罔闻。

上世纪以来，当实证主义者企图以理性方式来规范科学研究行为，并高举起“拒斥形而上学”的旗号以便把科学知识局限在“可确证”领域内的时候，他们显然未曾想到，本世纪的许多科学巨匠们实际上已无可奈何地卷入了对科学成果进行合理性解释的激烈争论之中，以至普里戈金(I. Prigogine)在其名著《从混沌到有序》中竟写下了如下一段发人深思的话：

“在科学会议上最令人激动的时刻经常是发生在科学家们讨论这样一些问题的时候，这些问题看来似乎没有任何实用性，没有什么生存价值——例

如对量子力学作出某些可能的解释,或者是这个膨胀着的宇宙在我们的时间概念中所起的作用。”^①

物理学家海森堡(W. Heisenberg, 1901—1976)在描述20世纪以来量子理论的研究概况时也曾深有体会地回忆道:

“(量子理论)不仅是关于实验的诠释的一种无歧义的规定,而且也是人们据此来谈论原子尺度内的大自然的一种语言,而且在这种程度上也是哲学的一部分。事实上,玻尔从1912年以来用来思索原子现象的方法一直就是介于物理学和哲学之间的一种东西,而且只有通过把基本探索和实际的实验问题结合起来,他才能根据原子理论来成功地解释了元素周期表。”^②

在这里,海森堡把量子力学看作是人们谈论原子尺度内的大自然的一种语言,认为这种语言的共同选择架起了物理学与哲学之间的桥梁,从而使物理学研究与哲学研究关联了起来;而普里戈金所说的关于量子力学解释的争论以及关于时间的本质的争论,也不是具体科学的可确证性的争论,而是隐含在科学成就中的“形而上”预设的分歧。正是这种描述自然的语言变化,正是这种预设的分歧,使科学家和哲学家在“科学思想”这个交汇地带上汇集到一起,相互切磋。其目的是,一方面为科学的进一步发展寻找有效的前提和假设;另一方面,为哲学范畴的丰富和哲学观念的发展寻找坚实牢固的科学支柱。

事实上,在科学家研究自然的过程中,怎样无歧义地使用概念;怎样获得和接受定律;怎样评价和证明理论;怎样为理论进行合理性辩护……;每一个环节都不可避免地触及到一系列形而上的问题。特别是20世纪以来的物理学发展,直接导致了物理学和哲学的革命,更使许多问题变得十分尖锐起来。在这种背景下,本书对物理学发展中所提出的一个关键性科学思想问题——理论和

概念的实在性问题——进行较为系统的研讨将是有益的。

第一节 问题的提出

近代物理学首先在力、热、光、电、磁、声等与人们日常生活密切相关的领域内掘起，形成了各种关于“事实”的宏观物理理论。在这些理论的形成中，物理学家的基本认识方式是逐一地设定实在物，并把它们看成是时空中的具体存在，处于一定的物理状态，占有确定的时空点，具有确定的实在内容。从这种研究方式出发，形成了一套习以为常的方法论体系及评价和解决问题的价值标准，从而自发地奠定了科学研究的哲学基础。这种基础一旦形成，就成为一只无形的“手”牵制着物理学家尔后认识问题和解决问题的方方面面。当物理学的发展越来越超出人的感官阈限的时候，由这种牵引作用而引发的一些深层次的矛盾便明显地产生出来。

一、近代科学研究的哲学基础

近代自然科学是随着实验方法的确立而发展起来的。实验方法所具有的物质性、能动性及可感性等特点带来了科学研究中的唯物主义传统。这种传统包括如下基本点：承认存在着一个客观的、离开知觉主体而独立存在的外部世界，它是科学研究的现实对象；对研究对象的知识首先来自观察、实验等感性物质活动；加工感性材料而形成的概念和理论是对客观对象的间接而深刻的反映；概念和理论的正确性需由是否与对象相符合来加以判断；正确的概念和理论具有指导人们作出预见从而变革现实的作用。

几百年来，这种唯物主义的研究传统既是近代科学研究的哲学基础，同时又是确保科学研究能够持续发展的价值基础。它确已贯穿于一些科学家从事研究活动的始终。下面所提供的爱因斯坦（A. Einstein, 1879—1955）与泰戈尔在30年代的一段精彩对话^①足可以说明问题。

爱因斯坦：关于宇宙的本性，有两种不同的看法：1、世界是依存人的统一整体；2、世界是离开人的精神而独立存在的实在。

泰戈尔：当我们的宇宙同永恒的人是和谐一致的时候，我们就把宇宙当作真理来认识，并且觉得它就是美。

爱因斯坦：但这都纯粹是人对宇宙的看法。

泰戈尔：不可能有别的看法。这个世界就是人的世界。关于世界的科学观念就是科学家的观念。因此，独立于我们之外的世界是不存在的。

爱因斯坦：这就是说，真和美都不是离开人而独立的东西。

泰戈尔：是的……

爱因斯坦：对美的这种看法我同意。但是，我不能同意你对真理的看法。

泰戈尔：为什么？要知道真理是要由人来认识的。

爱因斯坦：我虽然不能证明科学真理必须被看作是一种正确的不以人为转移的真理。但是，我毫不动摇地确信这一点。比如，我相信几何学中华达哥拉斯定理陈述了某种不以人的存在为转移的近似正确的东西。无论如何，只要有离开人而独立的实在，那也就有同这个实在有关系的真理；而对前者的否定，同样就要引起对后者的否定。

在这段对话中，爱因斯坦所坚持的正是科学研究中的唯物主义传统。在这里，本体论意义上的实在论（承认研究对象的客观实在性）、认识论意义上的实在论（承认理论是对客观实在的一种反映）和真理论意义上的实在论（正确的理论必然是对客观实在的正

确反映)是和谐统一的。它过去是、现在是、将来也应该是科学发展的基本哲学基础。

问题在于,本世纪以来,物理学的迅猛发展,提出了一些值得重视的新情况和新问题,强烈要求对上述哲学基础的各个环节进行详尽细致的阐发和研讨。

二、存在的若干问题

在物理学的发展过程中,17世纪物理学的研究成就,使人们从迷恋于古代人(特别是亚里士多德)的著作以及圣经作为科学知识标准的错误认识中彻底地解脱出来。这种方法论上的转变不仅成为科学基础的最重要的一块转角石,而且这种转机提示了尔后物理学的发展路线。结果,18、19世纪物理学理论的物化成果在各行各业所取得的辉煌胜利向人们郑重地宣告:如果我们要了解自然界我们就必须向自然界请教。自然界既是科学研究之起点同时亦是它的归宿。

也许正是沿着这条前人所指引的“道路”,20世纪的物理学家在渴望着揭开深层次的自然之谜的努力探索中,在试图将经典物理学的计划贯彻到底的各种尝试中,曾一度陷入了迷惘与困惑的认识论困境之中。因为人们在揭示自然之谜的同时,人的行为本身不仅在很大程度上“干扰”了自然界自身的存在方式,而且甚至影响了自然界的演化方式。这就使得20世纪的每一位物理学家还必须是一位哲学家,因为他们在创立物理学理论的过程中,首先必须对一些纯属形而上的问题发表自己的见解。正是这些众说纷纭、莫衷一是的见解,直接冲击着近代自然科学研究的唯物主义传统。因此,系统深入地在这种研究传统进行阐述势在必行。

首先,从20世纪物理学的研究对象来看,物理学所重点研究的内容越来越远离人类能够直接感知的宏观世界。以J. J. 汤姆逊(J. J. Thomson, 1856—1940)电子荷质比的测定为开端,物理学进入了原子以下的微观领域;1900年普朗克常数的发现则标志着微

观世界与宏观世界的原则差异；与此相应，各种相对论性效应的发现又把物理学的研究内容推进到星系以上的宇观世界。对于微观和宇观世界，人类感官的绝对阈限和相对阈限均显得过于狭窄，必须运用测量仪器将来自对象的信息编码、转录和放大，才能形成感知经验。而每种复杂的测量仪器都包含着一种或几种理论，是已有理论的物化形式。正如科学哲学家瓦托夫斯基所说：

“测量的物理工具和仪器是一个测量系统的具体化，是以硬件和技术体现着一种概念结构，在这种结构中，各种量值在理论上得到整理，各种具体的数被安置在一种演绎的理论网络中。”^④

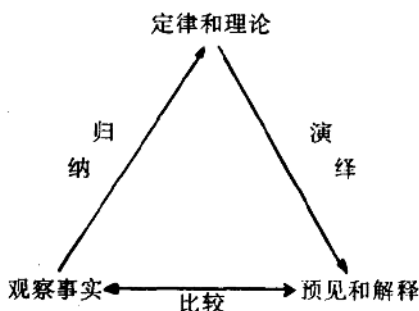
仪器从来就不是硬件的简单组合，而是以生产技术为前提，按一定背景理论将硬件组织为物化了的观念结构。这种观念结构对来自对象的信息起着选择和规整作用，成为记载感知经验的一种框架。^⑤

在这里，测量仪器具有控制、制备与感知三重功能，其作用比以往任何时候都显得重要起来。微观和宇观客体必须在“制备”后才能成为研究对象，并在理论的规整下才能记载为经验和知识。那么，既然如此，这些经过仪器“制备”了的对象及理论规整了的经验在多大程度上是客观的呢？

其次，从物理理论形成过程来看，形成理论的途径越来越多样化，方法越来越多元化。如果说，在近代自然科学产生之初，归纳主义的过程论曾得到了普遍支持的话，那么，本世纪以来，“假说——演绎”的过程论则更加受人重视。毋庸置疑，这种方法论的转型，打开了本世纪初物理学家长期禁锢着的思维大门。同时，亦带来了一些值得解答和深思的基本问题。

归纳主义者认为，理论是通过事实归纳——定理提出——经验证实而形成的。在这条途径上，形成理论所依赖的经验基础起着决定性的作用，它既是形成理论的起点，也是确证理论的主要手

段,理论与经验事实的一致性保证着理论的客观性。赖欣巴哈(H. Reichenbach)曾指出,“归纳原则”决定科学理论的真实性,从科学中排除它,就等于剥夺了科学判定理论真假的真实性。理论与观察事实和新的预言三者之间的相互关系如下图所示:



这种归纳推理的过程显然隐含了非常重要的三个基本假定:

- (1)科学始于观察;
- (2)观察是知识形成的可靠基础;
- (3)如果一定的条件满足,从有限的观察经验中所概括出的普遍定律是合理的。

归纳主义所隐含的这些假定的片面性受到了当代许多科学哲学家的深刻批判。他们提出了“观察渗透理论”、“背景知识制约观察”以及不存在不受理论“污染”的绝对不变的“中性观察”等重要论断。

其一,观察陈述必须用某种理论语言构成,理论背景是筛选、理解和描述观察陈述的前提条件。特别是在现代科学的探索中,研究者几乎不可能与研究对象直接接触,研究工具作为一种中介物,一方面使研究对象的某些特性通过图象、数据等形式体现出

来；另一方面它又使工具自身所携带的理论背景成为科学家解释所显示图象、数据的一个不可忽视的条件。科学家所拥有的背景知识和背景信念，将首先对已经得到的观察现象进行筛选、过滤和改造，然后作出有意向性的陈述。这样，纯粹的脱离任何观念指导的经验事实将难以存在。

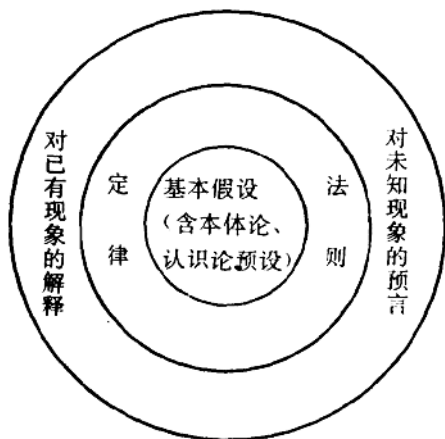
其二，形成观察陈述的先行过程，决定了观察陈述具有一定程度的易谬性。这种易谬性直接指向观察是形成知识的可靠基础的直观假定。现代物理学理论的形成，是不可能单纯地依靠有限实验事实来归纳产生的。

事实上，如何能够保证从有限数目的单称观察陈述，推导出具有普遍性的、不受具体条件限制的理论和定律的全称陈述的可靠性，从未得到过任何严格的证明。它一直为哲学家和逻辑学家所关注，且以“归纳问题”的形式存在于科学哲学之中。

经典物理学的成功虽然曾经为归纳主义的过程论提供过有力支持。然而，现代物理学理论的形成，却对归纳法所存在的缺陷进行了深刻的揭示，并展示出另一种理论形成方法，即“假说——演绎”的方法。按照这种方法，理论是通过发现问题——提出假设——演绎检验而取得生存权的。

“假说——演绎”方法的兴起，造成了归纳主义的相对衰落和假设主义的相对盛行。与归纳主义把理论的发展和理论的证明统一起来研究的方法有所不同，假设主义把理论的发现和理论的证明相对区别开来。它认为理论发现的过程并非是纯逻辑的。任何一种科学理论都会建立在一套事先假定的本体论、方法论、认识论等基础之上。假设的前提不同，即使拥有同样的经验观察事实，也将会建造起形式迥异的理论大厦，理论的优劣将通过它拥有的解释力和预见力的大小以及一些美学原则等来判定。能解释更多的实验事实，能预言更具有操作性的实验现象，更简单、更具有对称性等的理论，将被视为是更有生命力的理论。这种理论的结构形式

通常是：以基本假设（包含本体论预设）为核心，导出定律和法则，然后对已有现象进行解释，对未知现象作出预言。如图所示：

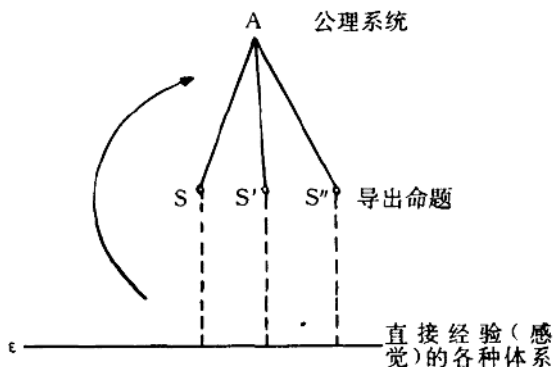


显然，在这条理论形成的途径上，与理论相关的经验事实主要是一种辩护性因素，它既不是建构理论的起点，也不足以用与经验事实的一致来判定理论为“真”。在理论形成中起决定作用的是科学家的逻辑思维和非逻辑的直觉、灵感等活动。其中，研究方法和技巧起着关键作用。正如爱因斯坦在自述中所说：

“狭义相对论这一发现决不是逻辑思维的成就，

尽管最终的结果同逻辑形式有关。”^①

爱因斯坦从自己创立的物理学理论的切身体验出发指出，在直接经验事实与公理体系之间不存在任何必然的逻辑联系，而只有一个不是必然的直觉的（心理的）联系。即认为作为科学理论基础的基本概念和假设是不可能从经验中归纳出来的，而只能以经验事实为引导凭借思维的“自由创造”去领悟。爱因斯坦把这种关系图示为：



爱因斯坦对这个示意图曾作了以下说明：

(1) ϵ (直接经验) 是已知的。

(2) A 是假设或者公理。由它们推出一定的结论来，从心理状态方面来说，A 是以 ϵ 为基础的。但是在 A 同 ϵ 之间不存在任何必然的逻辑联系，而只是一个不是必然的直觉的（心理的）联系，它不是必然的，是可以改变的。

(3) 由 A 通过逻辑通路推导出各个个别的结论 S。S 可以假定是正确的。

(4) S 然后可以同 ϵ 联系起来（同实验验证）。这一步骤实际上也是属于超逻辑的（直觉的），因为 S 中出现的概念同直接经验 ϵ 之间不存在必然的逻辑联系。

既然如此，在这种建构方式中所建立起来的理论，还能够对客观实在进行正确的复制吗？

再次，从凝结物理理论成果的形式来看，现代物理学的数学化、符号化、模型化趋势日益明显。理论模型是在符号投射中建立起来的，它可以按照符号系统自身的自主性、结构性相对独立地进

行符号运演,并得出其指代意义尚待确定的新符号,经过符号反演后被解释为某种“所指”。例如,狄拉克(P. A. M. Dirac, 1902—1984)对 e^+ 的正电子解释,量子力学中对概率幅的统计解释,都是在这种符号约定——符号投射——符号运演——符号反演过程中得出的。^⑦

然而,解释的过程是对对象的认知进行创造性重建的过程,总是包含着背景知识的引入。按照解释学家海德格尔(M. Heidegger, 1889—1976)的见解,解释需有以“前有”、“前见”、“前设”所构成的“前结构”为中介。前有是指解释者受所处的文化背景、知识状况、精神物质条件及心理结构的影响而形成的东西,这些东西虽不能条理分明地给予清晰的陈述,但却决定着他的解释;前见是从前有中选出的一个特殊角度和观点,成为解释的人手处,通过前见,外延模糊的前有被引向一个特殊的问题域,进而形成特定的见解;前设是解释前有的假设,从这些假设得出前有的结果。解释学家的这些见解虽不完全适用于对符号的解释和反演,但符号解释和反演中确实存在着先存观念和知识的引入问题。

因此,解释(Interpretation)本身并不完全是纯粹客观的描绘,它与科学家个人的世界观、实在观及其方法论诸方面的背景知识有着密不可分的联系,从而导致自然科学研究与哲学、社会文化等社会科学的研究内在地联系起来。

既然如此,这种联系是否会破坏物理理论和概念的实在性呢?

鉴于上述各点,由抽象物理思想与形式化的符号运演所描述的科学实在与客观存在的自在实在之间的关系问题,自然而然地成为当代科学界和哲学界共同关注的基本问题之一。围绕着这个问题不少从事理论和实验研究的科学家与具有科学修养的哲学家竞相登台亮相,力图给予明确的回答。尽管他们回答的观点不尽统一,回答的细节更是千差万别,但就基本思路而言,可以大致概括

为两类观点。

三、两种观点的对立和分歧

回答上述问题的一类引人注目的观点，来自逻辑实证主义、现代经验主义、操作主义和工具主义等流派。这些流派都立足于不同的视角，运用不同的方法，阐述了经验主义、实用主义和工具主义的真理观。其中以下观点产生了较为广泛的影响：

(1)逻辑实证主义的观点。这种观点的主要代表人物是美籍德裔数理逻辑学家、哲学家卡尔纳普(R. Carnap, 1891—1971)，其思想渊源可追溯到马赫主义和罗素(B. Russell, 1872—1970)、维特根斯坦(L. Wittgenstein, 1889—1951)的逻辑原子主义。逻辑原子主义对马赫主义进行了逻辑学的改造，逻辑实证主义对逻辑原子主义的观点进行了主观经验主义和约定主义的改造。

马赫主义承袭了传统经验主义的核心思想，把感觉经验看成是“中性的要素”，认为科学理论是按照“思维经济”的原则以尽可能少的思维所形成的对尽可能多的经验事实的描述。在此基础上，逻辑原子主义抓住逻辑表达的清晰性特点把能否用来陈述或表达经验事实(即原子事实)看作是语言的意义标准，他们试图立足于超验的逻辑必然性来规整主观感知的经验事实，以表达基本经验事实的命题陈述为基础，运用还原论的分析方法构造科学知识体系，将语言或知识是否与主观感觉经验“符合”作为判别命题的意义标准。

逻辑实证主义进一步把这种经验证实原则的意义标准明朗化，通过综合命题和分析命题的区分，致力于对科学知识的“合理重建”，力图通过建立一套完整的、理想的人工语言系统，来规范科学家的研究行为，把科学理论看作是由语言的形成规则(即指如何把各种语言符号组合起来形成一个句子的约定规则)和变形规则(即指如何从给定句子推演出其他句子的约定规则)为准则、以各种命题涵项为核心所组成的形式化的知识体系，认为科学就是使