

自然科学哲学问题译丛

# 物理学的方法论原理

〔苏〕B.M. 凯德洛夫 主编  
H.Φ. 奥夫钦科夫  
柳树滋等 译

知识出版社

自然科学哲学问题译丛

# 物理学的方法论原理

[苏] Б.М.凯德洛夫 主编  
H.Φ.奥夫钦尼科夫  
柳树滋等译

知 识 出 版 社

自然科学哲学问题译丛  
物理学的方法论原理

【苏】Б.М.凯德洛夫 Н.Ф.奥夫钦尼科夫 主编  
柳树滋等 译

知识出版社出版发行

(北京阜成门北大街17号)

新华书店总店北京发行所发行 固安光涛印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 16.25 字数 346 千字

1990年12月第1版 1990年12月第1次印刷

印数：1—1200

定价：6.2元

ISBN 7-5015-0452-0/B·49

## 内 容 简 介

该书是由苏联著名哲学家B.M.凯德洛夫主编的专门论述物理学方法论原理的专著，1975年由苏联“科学”出版社出版。

书中共十章，分别论述了以下十条原理：解释原理、简单性原理、物理学世界图景的统一原理、数学化原理、守恒原理、对称原理、对应原理、互补原理、可观察性原理和基元性原理。其中每一条原理都既是对物理学发展史和物理学研究方法的哲学概括，又是一般哲学原理在物理学领域中的具体应用，因而对物理学的研究具有指导的意义。

本书可供自然辩证法研究者、哲学研究者和自然科学工作者参考。

# 目 录

<b>绪论： 方法论研究的各个层次</b> .....	( 1 )
<b>第一章 解释原理</b> .....	( 24 )
1. 作为方法论原理的解释.....	( 24 )
2. 直观解释.....	( 34 )
3. 数学解释.....	( 46 )
4. 评“科学的哲学”对解释原理的某些 说明 .....	( 62 )
<b>第二章 简单性原理</b> .....	( 76 )
1. 是否可能有统一的、普遍的简单性 法则?.....	( 78 )
2. 简单性和假说的可证实性.....	( 82 )
3. 简单性和信息性.....	( 91 )
4. 简单性和知识的经验论证.....	( 98 )
5. 数学简单性概念.....	( 107 )
6. 迭代简单性.....	( 111 )
<b>第三章 作为方法论原理的物理学世界图景的         统一</b> .....	( 124 )
1. 19世纪末 20 世纪初经典物理学中物理 世界图景的统一原理.....	( 127 )
2. 20 世纪物理学中统一的世界图景问题 .....	( 144 )
3. 20 世纪物理学中世界图景统一的性质的	

变化 .....	( 169 )
4. 现代物理学世界图景中客体的统一问题的解决 .....	( 176 )
<b>第四章 作为物理学理论统一原理的数学化</b> .....	( 199 )
1. 经典物理学的数学化及其统一问题 .....	( 199 )
2. 爱因斯坦的实现物理学统一的“几何化”纲领 .....	( 202 )
3. 量子理论的数学是物理学和化学综合的概念基础 .....	( 206 )
4. 物理学的统一问题和现代数学 .....	( 209 )
5. 范畴、函子、格和物理学与生物学的理论综合问题 .....	( 214 )
<b>第五章 守恒原理</b> .....	( 220 )
1. 守恒观念的起源 .....	( 220 )
2. 惯性原理和经典力学的形成 .....	( 233 )
3. 守恒原理和经典物理学的发展 .....	( 251 )
<b>第六章 对称原理</b> .....	( 263 )
1. 基本表述 .....	( 264 )
2. 对称原理在其现代理解中的某些特点 .....	( 267 )
3. 对称原理的历史漫游 .....	( 270 )
4. 对称性是建立和构成物理学理论的原理 .....	( 288 )
5. 对称性和物理学史上成问题的情况 .....	( 308 )
6. 现代物理学理论中对称原理的发展乃是丰富它的方法论内容的钥匙 .....	( 318 )
<b>第七章 对应原理</b> .....	( 338 )

1. 科学的质态更替问题·····	( 339 )
2. H.玻尔对应原理的形成·····	( 344 )
3. 对应原理和 20 世纪物理学中的新 情况·····	( 351 )
4. 对应原理和极限过渡关系·····	( 363 )
<b>第八章 互补原理</b> ·····	( 379 )
1. H.玻尔互补性观念的形成·····	( 380 )
2. H.玻尔互补性观念的进一步发展·····	( 394 )
3. 围绕互补原理的争论·····	( 408 )
<b>第九章 可观察性原理</b> ·····	( 446 )
1. 经典物理学中的可观察性·····	( 447 )
2. 可观察性原理在现代物理学形成和发展中 的作用·····	( 451 )
3. 评“科学哲学”中对可观察性原理的某些 说明·····	( 456 )
<b>第十章 基元性原理和基本性概念</b> ·····	( 473 )
1. 20 世纪物理学中的革命和基本性 概念·····	( 475 )
2. 从抽象上升到具体的方法与基元性* 原理·····	( 489 )
3. 现代科学关于实物的结构和基元性原理 的具体化·····	( 495 )
<b>结束语：物理学方法论原理的相互联系</b> ·····	( 505 )
<b>译后记</b> ·····	( 510 )

\* 原文此处误印为“基本性”现予更正。——译者

## 绪论：方法论研究的各个层次

现代物理学是自然科学的主导部门。在现代知识体系中，它继续形成着科学思维的风格，形成研究活动的起始要求，提供科学思维的准则。物理学理论在某种意义上乃是系统地发展着的科学知识的榜样。

近年来，同物理学一起发展起来的理论生物学形成了自己的、科学地研究客体的原理。事实上，最近几十年来获得深入研究的那些系统观念的最新复活首先同生物学的发展联系着。这些观念在越来越大的程度上开始应用于科学活动的许多领域。理论生物学的成就及其问题的极端重要性使得人们对它特别注意，并把它推向现代科学研究的最为发达的领域之列。如果注意到，由于现代物理学深入到原子和基本粒子世界，在理论地掌握这个构成它的最新研究对象的“奇异”世界时遇到了怎样的困难，以至于对它能否进一步成功地向前推进出现了怀疑，那末，对理论生物学在现代科学知识体系中的相对作用的这种评价就更加显得有根据了。这就发生一个问题：物理科学不是可以终结了吗？

然而，尽管现代理论生物学取得了巨大成就，而最新物理学理论遇到了异常的困难，我们还是不得不确认，现代科学知识体系的客观形势是这样：物理学对于决定科学思维结构的观念集合仍然带来决定性的贡献。现代物理学理论包含这



样一些起始的原理，它们的作用已经扩展到了它们原来的适用范围之外。物理知识的高度系统化，运用数学的日益增长的程度，对人们世界观问题影响的深度，更不用说它的非常广泛的实际应用了——表征物理学的这一切高级特征使得这门科学仍然处于现代科学知识的领先地位。这就是为什么特别需要对物理学知识的历史和现状进行方法论分析的原因。这种分析的结果具有普遍的科学意义。

**沿着科学知识各个梯级的方法论运动** 物理学的最重要的任务，也和一般科学知识一样，是认识自然界。解决这个任务是个复杂的过程。这个过程的根本目标乃是“思维向客体的永恒的、无止境的接近〔1〕”。这种向目的的不间断的接近，要以制定一定的手段和运用这些手段的技能为前提。这些手段不是天上掉下来的，它们是人创造的。而且，认识的手段是在一定知识领域发展的过程本身中形成的。物理学知识的复杂化及其发展同获得这种知识的手段的发展联系着。

人们常常谈论经验的手段和理论的手段，或者换言之，谈论获得新知识的方法。但是这种划分本身以经验知识和理论知识之间的区别为前提。因此，在考察方法之前，必须注意这两类知识的区别问题。某些研究者在科学方法论领域中就这个问题所作的详细分析表明，经验知识和理论知识的区分并没有严格的根据。例如，B.A. 列克托尔斯基写道：“把知识分为经验的和理论的，带有历史条件的制约性，因为我们在知识分类中已经考虑到的对象的可观察性是历史地改变着的：今天未被观察到的，明天能够变成可观察的”〔2〕。然而某些方法论概念以把科学知识概略地分解为经验的和理论的

知识为前提，并以此作为自己潜在的根据。这种划分有可能导致方法论的某些不可靠的解决。例如，我们在本书中将看到，在比较严格地分析经验科学中理论知识的本性时，暴露出对方法论原理的某些说明是没有说服力的。

可以说，纯粹经验的知识在科学认识的实际历史中是永远不存在的。大家知道，以非常精密的技术装备起来的现代物理实验离开相应的理论观念简直不可想象。甚至A. 贝克勒尔当年所实现的，对在铀盐的影响下感光板发黑这种现象的简单的记录，都要以一定的理论观念为前提。这些观念最初可能是错误的。如所周知，A. 贝克勒尔起初把感光板变黑看成是萤光作用的结果。而后，当他确信变黑现象与这种作用无关时，居里随后的工作才在放射性辐射观念的基础上导致新的解释。但是不管怎样，事实总是用现成的理论概念的语言记录的。舍此，它就不能作为实验上被确定的事实加以考察。

如果设想科学知识以阶梯的形式发展，沿着梯级由经验上升到理论，那么将发现，在这个阶梯上甚至第一个梯级也不是纯经验的。为了确信这一点，必须试一试从最高理论层次向直接的经验，由上而下地做方法论的运动。这种运动看来是不容易的。在现代科学方法论中，就知识的经验论证问题所展开的许多争论证明了这种困难。这些争论表明，试图寻找原初的、纯粹经验的梯级（知识由此上升到日益复杂的理论结构）是徒劳的〔3〕。

根据对这些争论进行详细描述的方法论史的经验，可以采取某些想象的步骤，沿着科学知识的梯级自上而下和自下而上地进行考察。在沿着这些梯级进行运动的时候，同每一个

步骤相联系都可以观察到科学思维的层次的变化，其中理论的东西同相应的经验的东西是不可分割的。当我们克服各种方法论的佯谬、冲出成堆的互相矛盾的解答时，我们就出现在人类关于世界的知识的发源地，置身于感性知觉的不断变化的领域中。在这里，理论的概念失去意义。更正确地说，我们在这里遇到理性思维的最简单的形式，这种思维消失在原始感性知觉的结构中。一般说来，这里就是人类知识的源泉。但是，在这些源泉中感觉的东西（类似经验的东西）同原始理性的东西（类似理论的东西）是不可分割的。

感知外界事物的能力，一般说来是人及其活动的特点。这种能力是人在其历史演化和个体发育的一切阶段上所固有的。显然，感性梯级本身是科学知识发展的必要条件，但却不是充分的条件。科学的发生以一系列的因素为中介，这些因素同社会性、同相对独立于个体的集体知识的发生，以及同保存和传递这种知识的方式的发明联系着。

现在，在方法论的分析中，当我们从原始的感觉梯级上升到知识的理论形式的时候，我们发现这些形式以某个中间层次——发达的感觉技能的领域为其先决条件。而这又同发达的语言形式和艺术的发生历史地联系着。在个性的形式中则同掌握一般文化的过程联系着。对外界事物的感觉和知觉是人所共有的。但是，在形象中表达思想和借助于知觉掌握这种思想的能力取决于掌握一般文化传统的程度。

在科学方法论中，按照我们的分类，有时被称为经验知识的东西发生在第二个、第三个知识的梯级上。但在科学方法论研究的领域中，这仍然是分析知识的第一个原始梯级。在这个梯级上，经验的东西作为还原（把理论归结为经验）

的目标而出现在研究中。但它本身却是某种长期过程的结果，在这个过程中可以观察到理性和感性统一的形式变换，而在以后的一些从经验科学开始的梯级中，可以观察到经验和理论的统一形式的变换。

在科学知识的领域中，沿着想象的阶梯继续上升的时候，我们可以看到，理性的东西怎样发展为理论的东西。而在这个理论的层次内部还可以重新有自己的划分。例如，A.A.季诺维也夫把理论研究区分为两个层次，或者也许可以换句话说，分为两个理论知识的梯级。理论知识的第一级包括下列研究手段，如关于对象的个别属性和关系的抽象、概念的形成，经验规律的确立，假说的提出等等。理论知识的第二级以建立“被称为理论的特殊的知识体系<sup>[4]</sup>”为特征。作为体系的理论的发生，是理论知识的最高梯级。在这个梯级上，经验知识的成就取决于理论的发达程度。

在科学史上有这样的情况，研究者有时没有发现新的事实，虽然这些事实已经出现在他们的眼前。这或者是由于观察者缺乏理论上的准备，或者是由于在客观的、集体的知识中还没有足以同化新的观察事实的发达的理论。理论层次上的科学知识具有影响先前的知识梯级的可能性，并把其中的经验知识导向更高的层次。

依科学知识发生的结构向下和向上的方法论运动向我们揭示出经验和理论相互交织的图景。在这幅图景中可以看到认识的经验要素和理论要素之间的独特的不对称性。如果说纯经验的知识是不可能的话（它的一切形式都是由思想以理性或理论知识的形式所构造的），那么，理论知识却具有为科学理论的特点所决定的对于经验知识的相对独立性。

对于理论极为重要的经验情况的可重演性原理，可以作为建立物理学理论的出发点。在本书中，读者可以追寻这条原理究竟采取了哪些形式，以及它在建立和发展理论的方法论原理的体系中是怎样起作用的。这里只要注意到，在经验的土壤上生长起来的理论带有自己内在的原理，它不是直接从实验中产生的，宁可说它是决定实验条件的原理。上述原理就其结果而言是基本的原理，因为它决定理论在科学知识体系中的特殊作用。比如说，这种作用在于，理论以其内在的运动能够深入到比经验上提供的东西更深的现实层级中去。这个特点在理论知识的第一个层次上，在假说的提出中已经表现出来。但是，只有在发达的理论层次上，才揭示出向现实的这样一些层级运动的可能性，这些层级没有也不可能包含在直接的经验中，它们不自觉地展开和暴露在系统化的进程和内在理论活动的进程中。因此，理论知识具有对于经验知识的相对独立性。正因为如此，才可能提出研究理论知识、它的内部结构和发展规律的问题。

**理论和方法** 理论知识在自己的起源中已经作为自身运动的方法发挥着作用。应当怎样理解这一点呢？难道经验、实验不是象物理学这样的经验科学知识发展的源泉吗？

是的，经验知识在理论的发展中当然起着重要的作用。离开观察和实验，理论知识不可能获得同现实的联系。但这种联系不是简单的联系，它要求特殊的方法论的分析。比如说，在这种分析中必须估计到科学知识的这种重要的标志，如在经验基础上获得的结论的逻辑的可靠性。关于归纳结论和类比推理的可靠性的大量逻辑研究表明，对于科学中的经

验知识的那些研究是成问题的〔5〕。

对此可以补充一点，经验知识不是独立存在的，它总是被牵连到理论知识的体系中。这里，经验材料促进理论知识的发展。一方面，它们充当理论解释的对象（当它们被用自然语言记录下来时）；另一方面，独立发展的理论可以获得经验的解释。在第一种情况下知识被提到更高的理论层次，此时原始层次的经验事实被理论所同化。实际上，在某种意义上，可能偶然发现未曾预料到的现象，然后，理论体系以它们为基础，而它们又在这些理论体系中获得解释。在第二种情况下，理论的内在发展导致新的经验领域的发现，相反地，这些领域若不是借助于理论就不能进入人类的实践。在现代科学中，正是经验知识和理论知识的相互关系中的第二个方面占着优势。不仅为了证明而且为了获得新的结果而在现有理论的基础上安排实验计划，已经成为现代科学发展的特点。在这种发展中，现象的可观察性及对它们的解释是作为需要加以合理的方法论分析的问题而出现的。

由于经验知识和理论知识的统一的多梯级性，当从前同一些理论观念相联系的经验材料，由于更深刻的分析而后同其它一些理论概念加以比较时，在科学史上可能发生互相交织的情况。还可能出现这样一些一开始就发生许多互相冲突的理论解释的情况。而且，一定的具体理论并非总是单义地同历史上确定的经验事实群相联系。在理论的视野中还可能出现从前同这一理论并不发生联系的新事实，理论力图同化这些事实，给予它们以自己的解释。

大家知道，布朗运动的现象是由英国植物学家罗伯特·布朗于1828年发现的。起初这个现象用普通语言记录下来，

并且看来似乎是同理论无关的。但是，仅仅随着它在研究过程中获得这种或那种解释，布朗运动的现象才成为科学的经验事实。重要的是，把经验事实引进理论同它作为科学事实的形成是同时的。在这个过程的每一个阶段上存在各种不同的理论解释，以探求被观察的现象同相应于它的理论观念的适当联系。经验事实依赖于容许这样或那样解释它的那些观念而改变自己的内容。斯帕兰察尼早在18世纪就已观察了悬浮粒子的运动，但却把它同生命过程联系在一起。只有P.布朗肯定这个运动是非生命粒子所固有的。1863年，奥托·维涅耳假定，被研究的现象应当用液体固有的内部运动来解释。19世纪末，揭示了布朗运动的热本质。而只是在20世纪初，M.斯莫卢霍夫斯基和A.爱因斯坦才在原子理论的基础上解释了这个现象。在这份同布朗运动的研究相联系的基本的科学史事件的清单中，对我们说来重要的是，对这一现象的彻底解释以把事实纳入原子理论为前提，原子理论的发生和存在当然不依赖于布朗运动的事实。

正如我们已经指出的，理论构成了理论知识的第二个，也就是更高的层次。在斯莫卢霍夫斯基和爱因斯坦的工作以前，对布朗运动的解释还不是实质性的。这只是把更高层次的理论知识同原始假说加以区分的系统化方法，这些假说的使命在于实现把这件事实纳入理论体系的尝试性步骤。

对于作为科学理论的首要特征的系统性，早已有人指出过了。黑格尔指出：“真理在其中存在的真正的形式只可能是它的科学体系”。〔6〕系统性是理论的特点，而不是一般理论知识的特点。对于现代物理学理论来说，重要的是引进基本概念 的体系，用以表示理论的理想化客体的各种不同性质〔7〕。

概念的这种体系是理论的基础，它开辟了进一步发展理论的系统化的可能性。

存在着各种不同的系统化方法，例如物理学理论所特有的知识的数学结构化。大家知道经典物理学理论是按照欧几里德几何学的样式建立起来的。现代物理学理论在继承和发展这些传统的同时，把形式化和公理化的数学方法作为系统化的手段。例如，A.A.梁普诺夫在从这个角度分析各种理论的时候，把科学理论分为四种类型：描述性的理论、数学模型的理论、公理化的多层次的理论和逻辑-数学化的理论〔8〕。这些理论，正如从作者所做的分析中可以看到，是按照它们系统化的不同程度而安排的。

A.A.梁普诺夫所指出的科学理论的类型可以表示为一个发展的系列，它一般地反映科学知识所特有的变化趋势。И.П.斯达哈诺夫甚至把这种趋势表述为科学知识进化的规律：“任何知识的进化都指向这样一种状态，在这种状态下能够最广泛地应用演绎逻辑的推理”〔9〕。

这一切容许我们除了指出理论的第一个重要特征——系统化外，还指出它的第二个特征，就是科学理论具有自己运动的能力、内在发展的能力，因为理论的概念结构组成它的生命力的特殊方式。在这种方式下，理论之内容的运动取决于对基本概念及其全部逻辑结构的内在分析的深度。理论的这种可以称之为自我反省的特点，在科学理论的一切类型上都可以看到，尤其是在逻辑-数学类型的理论中可以看到更加清楚，在那里，正如A.A.梁普诺夫所说，“某个科学对象及其研究程序同时得到描述”〔10〕。

在指出科学理论的第二个特点——自我发展的能力时，



必须注意理论运动的两种类型。第一种运动类型同它的作用范围的扩大联系着。理论具有扩展的能力。它力图无限制地扩大自己的应用范围。当然，一种具体理论迟早总要碰到自己作用的界限。但是，不论这些界限怎样，都不是绝对的。这些界限并没有剥夺理论追求普遍性的趋向。遇到适用性的界限并不意味着破坏理论的普遍性，而只是暴露出它的原理对于解释从前很少研究过的或尚未认识到的领域是不充分的。新的理论的诞生补充以前的知识，但不破坏它。经典力学在电磁过程中遇到了自己适用性的界限。然而，它的原理在一定条件下在这些过程中继续保持自己的效力，尽管是不充分的。这里表现出一般知识和特殊知识之间特有的相互渗透的辩证法。在由旧理论过渡到新理论的时候，“我们有可能在达到科学发展的更高梯级后，在任何时刻，只要给予科学认识在较低梯级上所具备的条件，它便以某种方式过渡到从前的理论的范围。”〔11〕

可以说，理论为扩展其应用范围而外延式地运动着。这种运动是科学理论的常规发展所特有的。科学家和科研集体进行创造性努力的领域就在这里。研究者在这条道路上可以期待重要的发现，而对理论的要求是真正能解释现象。

但正是由于这种无限制地追求普遍性的意图构成了理论的不可分离的属性，这个属性碰到适用性的界限，有时就成了灾难。这种相遇是同向深处探寻新理论联系在一起的。我们在这里所涉及的是理论运动的第二种类型——理论深化的过程，换句话说，是新理论的诞生过程和阐明新旧理论知识之间的关系的过程。〔12〕在深化运动的道路上出现了对知识进行新的系统化的需要。发生了探索新的系统化原理的必要。理论