

物理學史讲义

夏宗经编

黄石师范学院

物理学史讲义

夏宗经编

黄石师范学院
科研生产处
物理系

一九八三年十月

编者说明

本讲义是为我院物理系开设物理学史选修课编写的一本试用教材。在83年承德物理学史讲习讨论会上，应与会师范院校代表的要求，向各兄弟院校作了交流，受到了各位专家、同行的鼓励。由于近来有不少院校来人来函索取，在我院科研处与物理系的大力支持下决定重印，以便能更好地向我院和各兄弟院校的专家、同行学习。

在编写过程中，编者参阅、采用了有关论著和文章的一些成果、观点和资料。为了教学与叙述方便，有的引用时未加引号，有的转用其意，带有辑说性质；列仅在书末出了主要参考文献与资料来源。在此谨向有关著作者表示歉意与谢意。

由于编者水平不高，占有的资料很少，加之仓促成编付印，错误不妥之处一定很多，幸望得到大家的批评指正。

目 录

第一章: 绪论	(1)
§ 1. 关于自然科学发展的模式	(1)
一、归纳主义的见解	(1)
二、证伪主义的见解	(3)
三、“历史学派”的见解	(5)
§ 2. 关于物理学的方法论问题	(6)
一、解释原理	(7)
二、简单性原理	(8)
三、物理学世界图景的统一原理	(8)
四、数学化原理	(9)
五、守恒原理	(10)
六、对称原理	(11)
七、对应原理	(12)
八、互补原理	(12)
九、可观察性原理	(13)
十、基元性原理	(14)
§ 3. 关于物理学史分期问题	(15)
一、我们的分期方案	(15)
二、近代物理学发展的三个阶段	(16)
三、现代物理学的一些特点	(17)
第二章: 古代物理学——物理学的萌芽时期	(19)
§ 1. 古巴比伦与古埃及	(19)
§ 2. 古代中国	(20)
一、力学	(20)
二、热学	(22)
三、声学	(23)
四、光学	(24)
五、电磁学	(25)
六、关于物质结构的猜测	(27)
§ 3. 古希腊古罗马	(27)
一、古希腊的力学	(28)

1. 亚里士多德论力的作用和他的落体定律	(28)
2. 阿基米德论杠杆和流体静力学	(29)
3. 希龙和其他希腊发明家	(30)
二、古希腊的光学	(30)
三、古希腊的电磁学	(30)
四、古希腊声学	(31)
五、古希腊的原子论	(32)
六、古罗马的物理学	(33)
§ 4. 阿拉伯人	(33)
§ 5. 中世纪的欧洲	(34)
第三章：经典物理学——物理学的近代时期	(36)
§ 1. 文艺复兴	(36)
一、哥白尼体系	(37)
1. 哥白尼体系建立以前古希腊天文学成就	(37)
2. 哥白尼的研究	(39)
3. 开普勒的研究	(41)
4. 伽利略的贡献	(43)
二、力学	(44)
1. 史特芬的平衡原理与落体实验	(44)
2. 伽利略的生平	(44)
3. 伽利略与落体实验的传说	(45)
4. 伽利略的《关于两门新科学的对话》	(46)
三、光学	(48)
1. 望远镜和显微镜的发明	(48)
2. 望远镜在科学研究中的第一次应用	(48)
四、电磁学	(48)
1. 吉尔伯特的实验	(48)
2. 不同地方的不同磁偏角、磁倾角	(49)
五、实验和归纳为主的科学方法的确立	(50)
§ 2. 十七世纪	(51)
一、力学	(52)
1. 笛卡儿的旋涡说	(52)
2. 笛卡儿学派与莱布尼兹学派之间的争论	(52)
3. 重量与质量之间的区别	(53)
4. 牛顿生平	(53)
5. 牛顿的贡献	(55)

6. 关于万有引力定律发现的年代问题	(58)
7. 力学发展中的数学	(59)
8. 托里拆利实验	(63)
9. 盖里克关于空气压力的实验	(65)
10. 波意耳——马略特气体定律	(65)
二、光学	(67)
1. 折射定律	(67)
2. 光速的测定	(67)
3. 惠更斯的波动说	(68)
4. 牛顿的棱镜实验	(68)
5. 反射望远镜的发明	(69)
6. 光的微粒说	(69)
三、热学	(70)
1. 温度计的发展	(70)
2. 运动生热	(71)
四、电磁学	(71)
1. 磁偏角的长期变化	(71)
2. 电的吸引和排斥实验	(72)
五、声学	(72)
§ 3. 十八世纪	(73)
一、分析力学	(74)
二、光学	(76)
1. 波动说被放弃	(76)
2. 消色差透镜的发明	(76)
3. 大型反射望远镜的出现	(77)
三、热学	(77)
1. 阿蒙顿的空气温度计	(77)
2. 华伦海特温度计	(77)
3. 百度温标的采用	(78)
4. 蒸汽机的早期发展	(79)
5. 热质说与热的早期量度	(80)
四、电磁学	(81)
1. 电火花与莱顿瓶的发明	(81)
2. 富兰克林的实验	(82)
3. 卡文迪许和库仑的静电实验	(83)
4. 电流的发现与伏打电堆	(84)
五、声学	(85)

六、天文学	(85)
§ 4. 十九世纪	(87)
一、物质结构	(87)
1. 原子论的建立	(88)
2. 分子概念的提出	(88)
二、物理光学	(89)
1. 波动说的复兴	(89)
2. 光速的测定	(91)
3. 光谱线的研究	(92)
三、热力学和统计物理学	(94)
1. 热质说受到的挑战	(94)
2. 能量守恒与转化定律	(95)
3. 热力学第二定律	(98)
4. 热力学第三定律	(100)
5. 气体分子运动论	(100)
6. 统计物理学	(101)
四、电磁学	(103)
1. 电解的开始	(103)
2. 静电学数学理论的发展	(103)
3. 电流磁效应的发现	(104)
4. 安培定律的发现	(105)
5. 欧姆定律的发现	(106)
6. 法拉第的贡献	(107)
7. 麦克斯韦的贡献	(111)
8. 赫兹实验	(114)
五、世纪之交的机械学派与批判学派	(114)
1. 两种历史作用	(115)
2. 两种哲学根源	(117)
第四章：现代物理学——物理学的现代时期	(118)
§ 1. 量子物理学	(119)
一、十九世纪末的三大发现	(119)
1. X射线的发现	(119)
2. 放射性的发现	(121)
3. 电子的发现	(122)
二、量子力学的诞生	(123)
1. 量子论的建立	(123)

2. 德布罗意波的提出	(125)
3. 矩阵力学的诞生	(126)
4. 波动力学的诞生	(130)
三、一场国际性的大论战	(132)
1. 哥本哈根解释	(132)
2. 统计解释	(133)
3. 随机解释	(134)
4. 隐参量解释	(134)
5. 测量理论的解释	(135)
四、玻尔与哥本哈根学派	(136)
§ 2. 相对论	(139)
一、相对论产生的历史背景	(139)
1. “以太风”测定的零结果	(139)
2. 洛仑兹的理论	(140)
3. 彭加勒的思想	(140)
二、爱因斯坦创建狭义相对论的思路	(141)
三、狭义相对论的局限性	(143)
四、爱因斯坦创建广义相对论的思路	(144)
1. 广义相对论两个基本原理的提出	(144)
2. 时空“柔性”度规概念的建立	(145)
3. 引力场方程的建立	(148)
4. 验证广义相对论的三大效应	(150)
五、爱因斯坦生平和主要贡献	(151)
§ 3. 现代宇宙学	(152)
一、第一个自治而统一的动力学	(153)
二、科学史上一桩最大胆的预言	(154)
三、红移	(155)
四、年龄检验和稳恒态宇宙学	(156)
五、热大爆炸	(157)
六、微波背景辐射	(158)
七、七十年代以来	(159)
§ 4. 统一场论	(160)
一、统一场论的发端	(160)
二、几何统一场论的几种主要方案	(162)
三、短暂的中兴	(163)
四、从杨一米尔斯场到弱电统一理论	(165)
五、大统一理论	(167)

六、走向四种相互作用全面大统一的新努力·····	(169)
七、统一场论的发展给我们的启示·····	(170)
§ 5. 层子和轻子的下一个层次·····	(170)
一、 $GW S$ 转变·····	(171)
二、 $GW S$ 转变的原因·····	(171)
三、新问题中的老问题·····	(173)
四、 $GW S$ 转变发生在追求大统一过程中的原因·····	(174)

第一章 绪论

我们始于迷惘，终于更高水平的迷惘。

——引自A. F. Chalmers: 《科学究竟是什么?》

物理学是自然科学的带头科学，物理学史是整个科学史的最重要的组成部分。

关于科学史的教学与研究，从来没有一个固定的模式。著名的美国科学史家萨顿(Sarton, 1884—1956)说过：“科学史是一个十分复杂、规模惊人的领域，因此，只有很愚蠢的人才会说，只有一种研究或教授的方法，别无其他。事实上，有许多方法、有许多观点(着眼点)，其中每一种都是可以接受和利用的，其中没有一个是独一无二的。”萨顿的这种见解是对的。

我们这本物理学史讲义是为我院物理系开设物理学史选修课编写的。它既不是一堆物理学家轶事和物理发现年表的堆砌，也不是探讨物理专业技术性很强的具体内容；它只是对物理学“基本观念”发展的追踪。

半个世纪以前，德国著名科学家奥斯特瓦尔德(W. Ostwald, 1853—1932)曾经说过：“虽然，用现在的教授方法很成功地讲授了在其现今发展状态中的科学知识，但是杰出的和有卓识远见的人，不得不一而再地指出时常出现在当前我们的青年科学教育中的一个缺点，这就是缺乏历史感和缺少关于作为科学大厦基础的一些重大研究的知识。”我们不得不遗憾的指出，当年奥斯特瓦尔德所提到的德国科学教育中的这一缺点，在目前我们物理教学中仍然很明显的存在。学习“物理学史”课的目的，就是为了克服这个缺点，就是为了开阔眼界，活跃思想，增长知识，掌握方法，探索物理学发展的规律。

在学习物理学史的具体内容之前，准备在绪论中先讨论一下几个理论问题，以引起大家的注意。

§ 1. 关于自然科学发展的模式：

从历史上看，自然科学究竟是怎样发展起来的呢？这是研究科学史的一个重要理论问题。对于这个问题有各式各样的见解，归纳一下主要有以下几种：

一、归纳主义的见解：

这是一种传统的、经典的见解。它的始祖是弗兰西斯·培根(Francis Bacon, 1561—1626)。它的基本观点是：

1. 经验原则。

科学开始于观察，科学来源于经验，经验是全部科学的基础。科学理论是从观察和实验中得来的经验事实的基础上建立起来的，是已经被经验证实了的知识。

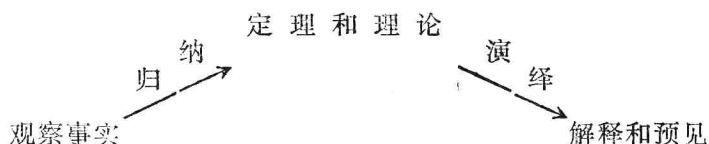
2. 归纳原则。

从经验事实上升到科学理论靠的是归纳，归纳法是最重要的科学方法。归纳逻辑既是“发现的逻辑”，又是“论证的逻辑”。就是说，科学发现靠归纳，科学论证也是靠归纳，科学理论只不过是对观察和实验的材料进行归纳概括的结果。用培根的话说，只要“及时采集无数的成熟葡萄”，科学的酒浆就会源源而来。

3. 累进原则。

科学的发展是积累的、渐进的，科学的历史就是得到经验证实的理论不断增加积累的历史。随着观察和实验技术的改进获得经验事实材料的增多，通过归纳而获得的科学定律和理论数目也越来越多，更加具有普遍性。科学知识就象是个货栈，随着时间的推移，里面堆放的东西越来越多，而且永无止境。

4. 科学发展的模式是：



以上这种观点在科学史上曾经起过极大的思想解放作用，在反对宗教神学和经院哲学的斗争中有很大的历史功绩。由于它同人们的日常经验相符合，与近代自然科学发展初期的水平相适应，因而在相当长的一段时间内，它已经作为一种常识被大多数科学家所接受，似乎是不成问题了。其实不然，归纳主义的最大缺点，是夸大了经验的作用，轻视理性思维；夸大了归纳的作用，轻视演绎法。它越是走向极端，把科学理论仅仅看成是经验的归纳，夸大到归纳万能的经验主义，它的这个缺陷就显得越严重，破绽百出，矛盾重重，走向了反面。

这种归纳主义的科学史观，有它产生的历史原因。爱因斯坦说，这是科学幼年时期“原始”状态很容易产生的一种幻觉。在近代自然科学产生以后，有三、四百年是处于搜集材料、积累材料、归纳整理材料的经验自然科学时期，这个时期的最大科学成就是牛顿力学。这本来是超越狭隘经验的人类理智的伟大创造，但它同人们的日常经验联系紧密，不象现代物理理论那样抽象费解，以致使人们产生了一种幻觉，似乎理论仅仅是经验的归纳：刻卜勒从第谷的观测资料中归纳出行星运动定律，牛顿又从伽利略和刻卜勒的定律中归纳出万有引力定律，这里面抽象思维的理论创造作用被忽视了，连牛顿本人也深深陷入了这种幻觉之中，他告诫别人：“物理学，当心形而上学！”并声称他“不作假说”，“让实验说话”，其实他在科学研究中就作过无数的假说，并在“形而上学”（指哲学思维）方面很有研究。

归纳主义有两个基本假定：一是科学开始于观察，观察事实构成科学知识的稳固基础；二是科学知识借助于归纳原则从观察陈述中推导出来。对于这两个基本假定，许多

人提出了质疑。

对第一个假定的质疑是：科学并非开始于观察。因为：①观察总是依赖于观察者过去的经验、知识和文化，两个正常的观察者，在同一物理环境中从同一地点看同一对象，他们的视网膜上形成同一映象，但是不一定有相同的视觉经验。②观察总是受理论指导的。在科学研究中，观察总是有目的、有意识、有计划地进行的，决不是盲目的。③观察陈述以理论为前提。观察的结果总得用语言表达出来，这就必须使用某种概念，运用某种理论知识。因此，理论先于观察，科学并非开始于观察。

对第二个假定的质疑点是：即使观察可以向我们提供可靠的观察陈述作为科学的出发点，也不能用归纳法概括出保证可靠的真的科学知识。因为归纳原则是不能证明的。①逻辑上得不到证明。逻辑证明的特点是：如果前提是真的，那末结论必然是真的。演绎推理具有这种性质，而归纳推理却不具有这种性质。在归纳推理中，由于结论已经超越了前提的范围，前提是真的，结论未必是真的。而结论之假与前提之真在逻辑上并无矛盾，所以归纳原则正确与否在逻辑上是得不到证明的。②经验上得不到证明。用归纳法得出的结论成功地应用于预见和解释新的事实，是否就证明了归纳原则的正确性呢？没有，因为这是一种循环论证。

面对这些有力的质疑，归纳主义不得不节节后退。既然通过归纳法作出的概括不能保证完全是真的，但是它们可能是真的。于是他们就放弃了“必然真理”，提出了“或然真理”。认为科学知识是一种可能是真的知识，并认为随着观察数目的增多，或然率将增大。质疑者认为这种改变并没有解决问题，因为观察数目再多，总是有限的，而定律和理论是普遍的，它所包括的可能情况的数目是无限的。用有限数除以无限数，或然率仍旧是零。

随着自然科学的发展成长，对传统的归纳主义质疑越来越多，批判也越来越厉害，它就越来越维持不下去了。

二、证伪主义的见解：

这是一种同归纳主义相反的见解，它是由英国各科学哲学家波普尔（Popper，1902—）在其名著《科学发现的逻辑》中首先提出来的，在西方科学界和哲学界都有很大影响。由于它一反传统的、经典的教义，给人以一种清新的感觉，起到了一定的解放思想的作用。它的基本观点是：

1. 科学不是开始于观察，而是开始于问题。

由于观察依赖于观察者过去的经验知识，观察总就受一定理论的指导，观察陈述又是以一定的理论为前提，因而理论先于观察，科学不能开始于观察，只能开始于问题。问题发生在理论与观察实验之间有矛盾，或理论内部的矛盾，这才是科学的起点。

2. 科学分界的标准是可证伪性。

波普尔自己常说，对他的思想形成起决定性作用的是1919年对爱因斯坦广义相对论的检验。那年5月29日英国皇家学会派往西非和南美的两个日全食考察队，测得恒星光线在行经太阳附近时确实发生偏转，其数值分别为1.61角秒（误差0.30秒）和1.98角秒

(误差为0.12秒),这与爱因斯坦所预言的1.74角秒基本上一致。它表明牛顿的引力理论是不精确的,而爱因斯坦的广义相对论是更精确的理论。这件事给予当时才17岁的波普尔以极大的“理智上的震动”,使他第一次认识到什么叫科学。一个科学理论尽可以千百次得到验证,也不能最后证实,而一次反证则足以证明它为假。正象无论看到有多少白天鹅也不能证实“一切天鹅都是白的”这个结论,因为只要发现一只黑天鹅就足以把这一论断推翻。由此,波普尔认为,科学之所以为科学,并不在于它的“可证实性”,而在于他的“可证伪性”。托勒密学说和哥白尼学说,牛顿理论和爱因斯坦理论等等,都是可证伪的(有的已被证伪,有的尚未被证伪,但在逻辑上可以被证伪)因而都是科学;数学、逻辑学、哲学、方法论(包括他自己的证伪主义方法论)等等,都是不可证伪的,因而都是非科学。有时波普尔把科学和非科学又称作经验科学和形而上学,或科学和类科学。所以,可证伪性是用来给科学分界的。

3.科学的方法不是归纳法,而是试错法(试探——除错法)。

波普尔认为,科学理论根本不是归纳出来的,因为从有限数目的单称的观察陈述是引不出全称的普遍定律和理论的。而且归纳原理本身就不可靠,也无法得到证明。因此他断然拒绝任何一种归纳法,甚至下结论说:归纳法是不存在的。这反映了波普尔坚决反对归纳主义的立场。

那末科学理论是从哪里来的呢?波普尔认为是靠创造的想象和直觉,是灵感的激起和释放。科学工作者为了解决问题,设想出种种解决办法和试探性理论,然后进行批判性讨论,通过检验排除错误。

波普尔的方法与众不同之处在于,检验的目的不是为了证明一个理论正确,而是为了排除错误,对理论进行反驳,对推测加以否定。波普尔经常宣称自己是可错论者,他主张通过错误来学习,通过证伪而进步,科学的本质就在于永无止境的探索。

4.科学发展的历史不是累进的,而是“不断革命”。

波普尔说:“科学知识的增长,并不是观察的积累,而是一再推翻现有的科学理论,一再由更好、更使人满意的理论取而代之。”科学的进化不是通过证实、肯定、累加,而是通过证伪、否定、反驳;不是继承渐进,连续发展,而是“不断革命”。

5.科学发展的模式是:

问题→假设→证伪→新问题→……

科学开始于问题;科学工作者为解决问题发挥想象的创造力,提出可证伪的假设;接着就是对这些假设进行批判和反驳,设法通过检验证明它们为假;已证伪的假设必须无情的抛弃,有的假设也许证明较为有效,就要进一步接受更严格的批判和检验。当一个已成功地经受住了广泛的、严格的检验的假设最终被证伪时,又出现了一个新问题。新问题又要求提出新的假设,跟着又是新的批判和检验。波普尔认为,科学就是一组旨在精确陈述或解释自然界某方面性质和行为的推测性假说。决不能说一个理论是真的,只能说它比先驱理论优越,因为它经得住证明先驱者为假的检验。但是,不管理论已经经受住了多少次检验,将来总有一天被证伪。真理只能追求,永远不能占有。

证伪主义的出现,是与十九世纪末二十世纪初物理革命以来,现代自然科学的发展

状况相适应的一种科学哲学。它的特点就是反对经验主义、反对归纳主义、反对可证实性原则，强调理性思维的创造，强调科学的革命批判精神，强调科学理论的相对真理性。它提出了不少很有价值的思想，值得我们研究。但是它轻视经验，完全抹煞归纳法，认为任何科学理论都是假设，则走向了另一个极端，这是它很大的缺陷。

三、“历史学派”的见解：

这是美国著名科学史家库恩（Kuhn，1922—）在1962年出版的名著《科学革命的结构》一书提出来的，这本书在西方科学哲学和科学史界引起了极大的反响。

库恩在研究科学史时发现，归纳主义和证伪主义的科学观，都不能和历史的证据切合。因为它们用的都是逻辑分析方法，把科学史材料作印证他们的方法论原理的事例，而且有点随心所欲，这只能反映科学发展的“横断面”。库恩认为各门科学真正重要的东西是它们的进化和发展，即应研究科学发展的“动力学”，因此要用历史方法代替逻辑分析方法，从历史中寻找逻辑。

库恩指出，现在许多科学教科书在它们的序言和导言中，歪曲了科学进化的图景，把各门学科的历史发展说成是知识直线积累的过程。他说，科学的历史不是一堆轶事和年表的堆砌，不是各种货色的知识一件件、一批批添加到不断扩大的知识总汇中去的货栈。它包含着—系列“非积累的发展事件，在其中一套较陈旧的规范全部或局部被一套新的不相容的规范所代替”，从而构成了科学革命。库恩认为科学发展有两种形式：常规科学和非常规科学。常规科学总是在某种传统规范的框架内发展的，其任务是解难题，是量的积累时期；非常规科学是由传统规范不能处理的反常现象引起的，这种反常现象使常规科学面临危机，引起科学革命，是质的变革时期。库恩提出的科学发展模式是：

前科学—>常规科学—>危机—>科学革命—>新的常规科学……

前科学是指一门科学产生之前众说纷纭的百家争鸣阶段，在这个领域中有多少人研究就几乎有多少种理论，谁也不是权威，每个人都得从头开始论证自己的论点，还没有形成该学科规范。

规范的建立是由前科学进入常规科学的标志。在库恩看来，一门科学之所以成为科学，首先发端于一次重大的科学成就，如哥白尼天文学、牛顿力学、麦克斯电磁理论等等。这些成就如此光彩夺目，振奋人心，不但吸引了一批坚定的拥护者，团结在有权威的科学家周围，形成“科学共同体”，而且指示了这一共同体推进这门科学的基本方向，成为进一步发展的基础，这就是规范。

规范是一个贯穿库恩全部科学观的基本概念，规范及其更替是贯穿全部科学历史的主线，可是库恩从来没有给规范下一个全面的定义。有人分析，所谓“科学规范”，除了定律、理论、假说、方法、规则等科学内容外，还包括哲学性和社会性的内容，如“科学信念”，“世界观”，“社会心理学”，以及各种社会因素对科学的影响等。其中有的成立，载明于教科书、手册、规定、指令中；有的虽未成文，但是已经不言而喻，心照不宣为人们所公认。

在常规科学时期，科学的进步表现为在规范支配下，积累事实，发展规范的细节，应用规范去解决科学中发生的问题和任务，改进规范，使之与自然界更为一致。规范的出现起着定向作用，使科学的结构保持一定的稳定性，保证了科学自身的发展，不致停留于没完没了的抽象争论和混乱之中。但是发展到一定程度这种稳定性就会变成保守性，这就是规范的僵化。

危机是指在常规科学范围内，遇到了原有规范不能解决的问题，出现了反常，反常聚集起来导致危机。一切规范都会有若干反常，在常规科学时期，这些反常还不构成危机，无碍大局，只有出现了破坏对规范信任的严重反常，“常规”科学家千方百计想排除这些反常无效，才导致危机。危机的发生标志着在常规科学范围内进行工作的时期宣告终结，开始进入了科学革命时期。

在科学革命时期，科学工作者试探各种各样解决危机的办法，“什么都试试看”，新规范终于应运而生。新旧规范互不相容，加深了危机，发生了动乱，新规范驱赶旧规范。

库恩认为，由于对立的规范支持者各自有一套不同的标准，没有逻辑上的理由证明一个规范比另一个规范优越。按照规范A的标准，规范A优于规范B；按照规范B的标准，判断就正好相反。他把科学革命比作政治革命，正如“政治革命的目的是以那些制度所禁止的方式改革政治制度”一样，科学革命也是由于有些科学工作者越来越感到现存规范再也不能有助于对自然界这一方面的探索了。

关于新规范怎样获得统治地位的问题，库恩引用普朗克的话说：“一个新的科学真理的确定，并不是通过说服反对者声明自己搞通了，倒是因为它的反对者逐渐死光了，而新一代却从一开始就熟悉这个真理。”库恩还认为，提出新规范的大都是年轻人和新手，而且往往会受到权威的压制，但他们是新规范的信徒，他们是靠热情的宣传和说教，而不是靠论证使人们相信新理论的。新的规范建立了自己的统治以后，就开始了新的常规科学时期。

所以，科学发展的历史就是常规阶段同革命阶段相互交替的历史。

以上介绍的关于科学发展模式的三种见解，仅仅是许许多多学派中影响较大的典型代表，他们有的强调经验，有的强调理性；有的强调归纳，有的强调演绎；有的强调逻辑，有的强调历史；有的强调继承积累，有的强调变革否定。各有各的道理，但是也有其片面性。

§ 2. 关于物理学的方法论问题：

物理学的方法论是介于哲学原理和物理学理论之间，对物理学探索和物理学理论的建立和发展起指导作用的普遍原理。

物理学的识认首先从确认观察和实验事实开始，力图从理论上去解释它们；随着物理学的发展，出现了不同的理论可以解释同一组现象的情况，于是就需要在这些理论之间进行选择，于是简单性便作为选择性原则出现了；不仅如此，物理学理论力图对物理

世界提供统一的解释，这种要求在方法论上具体化为两条原理：世界的物理图景的统一和物理学知识的数学化，这两条原理体现了对物理学知识的整体性要求；对称性和守恒性则把这种要求进一步具体化了；随着物理学认识由宏观向微光过渡，又出现了对应性，可观察性和互补性的方法论要求，对应性涉及相对真理的辩证关系问题，可观察性使实践标准在自然科学中具体化了，互补性深化了对物理实在的认识；最后，基元性原理及与之相联系的基本性概念对各门自然科学知识体系结构提出了统一的逻辑要求。下面我们对这十条原理作一扼要介绍。

一、解释原理：

什么是“解释”？定义很难下，大体上可作如下说明。①广义的解释，其含义同“理解”、“阐明某种事情的原因”、“揭示某件事情的本质”等相近，它要求回答这样两个问题：即怎样解释某一个现象？这样的解释是否合乎科学的要求？②狭义的解释，即物理学的解释，是指这样一种研究程序：把被解释的事实纳入到一定的物理学理论体系之中，并且从物理直观、数学形式和认识论的角度去说明这种纳入的合理性。它也要求回答两个问题：一是怎样使新的经验事实同物理学理论一致起来？这包括常规时期的“解难题”的活动，把异常的事实纳入已知的理论框架；在科学革命时期，改变基本理论以容纳新的事实。总之，一是使理论所表达的规律性能“复盖”特定领域内的经验事实；二是严格论证这种“复盖”的合理性。所以，在物理学研究中，解释的程序和论证的程序是不可分的。

物理学解释的基本类型是直观解释和数学解释。对这两种类型作出严格的划分是很困难的。它们之间的基本关系是“相互说明”。所谓直观解释，乃是借助对解释的现象进行形象的、“可感触的”构拟而进行的解释。正如亚里士多德所指出的，科学始于惊奇。人碰到异常现象，直观解释消除这种异常现象，把未曾料到的东西归结为习惯的和熟悉的东西，把被解释的现象归结为事物的自然次序。例如，用几何光学来解释插入水中的筷子在视觉上的“弯折”现象，用大量空气分子的混乱运动的统计理论来解释天空的“兰色”等等。但是应当把直观解释所要求的概念同直接感知性概念区别开来。直观解释所要求的概念的直观性并不是指直接感知性，而是指它同直接被感知的东西有着发生学上的联系。象“原子”、“理想气体”、“波”、“粒子性”这样一些概念就是具有直观性的概念，虽然它们本身是抽象的。还可以把直观性解释推广到用本体论的哲学范畴对现象所作的解释，如原因和结果、连续与间断，等等，这些范畴为人们提供了一个“看”自然界的角度。最后，直观解释还可以包括用“互补原理”来说明微观物理实在这种形式。

所谓数学解释，是指对物理现象的数学模拟。它包括两个部分：数学公式的体系，和把数学形式体系同具体的物理情况联系起来的法则。数学模拟大体上可分为三类，即几何学模拟（在相对论中达到高度发展）、动力学模拟（如牛顿力学、电磁理论）和统计学模拟（如统计力学、量子力学）。此外，公理化方法和群论方法在数学解释中也起着重要作用。

当代著名的物理学家爱因斯坦和波尔的论战，就是围绕量子力学的解释问题，即如何把量子力学的数学形式体系同微观物理现象联系起来的问题而展开的。

二、简单性原理：

对科学的研究的基本要求，一是正确性（理论与实践的一致，科学知识 with 经验事实的一致）；再一个是有效性（“以简驭繁”）和经济性（“以少做多”），这里所说的有效性和经济性，就是简单性原则的具体体现。

简单性原理还表现为下列几种形式：

1. 分析的简单性。把所有研究的“对象、要素从无限复杂的客观世界中分割出来，”“不要拥抱不可拥抱的东西”，这也就是科学的抽象，只有经过这种抽象，科学的认识才成为可能。

2. 综合的简单性。对于已有的领域来说，寻找更简单的原理来概括之，或扩大已有原理的应用范围。

3. 理论的简单性。即威廉·奥卡姆“剃刀原则”：“不应该把本质增加到超过需要。”

4. 启示的简单性。如何用最经济的办法获得正确的理论。科学史告诉人们，正确的往往是简单的，但简单的不一定是正确的。简单性原则并不能唯一地帮助我们找到正确的理论。

5. 选择的简单性。对于经验现象的集合

$$O = \{O_1, O_2, O_3 \dots O_n\}$$

存在着相互独立的 m 个理论 $T_1, T_2, T_3 \dots T_m$ ，在这种情况下应该选择其中最简单的理论。这一原则对于哥白尼体系之战胜托勒密体系起了重要作用。

6. 动态的简单性。考虑到理论与实验的不断发展，提出了一种更加有效的简单性标准。如果对于同样的 $O = \{O_1, O_2, O_3 \dots O_n\}$ 存在两个假设 H_1 和 H_2 ，那①在 O 的情况下， H_1 与 H_2 等价；②在 $O+O'$ 的情况下， H_1 和 H_2H' （ H' 是补充假定）等价；③在 $O+O'+O''$ 的情况下 H_1 同 $H_2H'H''$ （ H'' 是新的补充假定）等价，如此等等。那么我们根据动态简单性原则，将选择假设 H_1 。例如经典物理学中光的波动说之战胜光的微粒说，就是根据这条原理以决胜负的。

理论简单性的增加，不能作简单的理解，而应该理解为它所包含的信息量的增大，以及理论的基本前提向着逻辑简单性的方向发展，理论所对应的变换群的扩展，理论所能概括的知识层次的增加……等等。

三、物理学世界图景的统一原理：

解释和简单性是规范科学知识的必要条件而不是充分条件，还需要对一系列对解释的性质提出补充要求的方法论原理，统一性就是其中之一。

追求知识的统一性，渊源甚久。毕达哥拉斯的“万物皆数”，德谟克利特的原子论，中国古代的阴阳五行学说和元气说，目的都在于揭示无限多样性的现象背后的统一