

# 第九章 物理亦文化

## § 9.1 现代物理学的认识论

“科学的全部都不过是对日常思维的一种精炼。”

“认识论要是不同科学接触，就会成为一个空架子。科学要是没有认识论——只要这一点是可以设想的——就是原始的混乱的东西。”

——爱因斯坦

# 一、认识论的相对性原理

1. 爱因斯坦勇敢地建立了“狭义相对论”。他从批判“绝对时间”入手，强调“同时性的相对性”，并用一条“光速不变原理”导出了洛仑兹变换公式，于是描述物理现象规律的微分方程式在洛仑兹变换下保持形式不变，这就是“相对性原理”的严格表述。

- ▶ 狭义相对论的伟大胜利证明爱因斯坦思想方法的高明。他的高明首先在于把“观察者”  $s$ 和 $s'$  作为认识主体放进理论中去。
- ▶ 正如他所说的：“物理学的概念是人类智力的自由创造，它不是（虽然表面上看来很象是的）单独地由外在世界所决定的。”

## 2. 认识论的“相对性原理”

推广爱因斯坦的思想方法，认识论的“相对性原理”可表述为：你既然要谈认识，便首先必须把自己作为“认识主体”放进去，其次要考察客体所处的环境。任何一种事物，都只有在相对于其他事物的运动和变化中才能被认识，当脱离它的对立物（既其环境，包括认识主体及测量仪器在内）而孤立地（即抽象地）存在着的时候，势必成为神秘而不可理解的东西。

请读者结合所学物理知识或自己的专业知识进行思考。

## 二、什么实验最美

- ▶ 物理学首先是一门实验科学，几乎所有物理知识都来自实验的的观测。2002年5月物理杂志《Physics World》由读者投票评选出了物理学中最美的10个实验。关于这些实验美在何处的介绍见教材，这里从略了。
- ▶ 总之任何理论都必须接受实验检验，然而这不等于说，理论完全出于被动地位，有时候正要靠理论才能决定人们要做什么样的实验以及在实验中可看清什么。

## 三、测量与信息

### 1. “信息”的来源

问题的关键是对“信息”来源的认识上。许多科学家或明说或默认“信息的客观性”。相反，我们认为（也是物理学和自然哲学的发展告诉我们的）：**信息不是客观存在的，而是主体对客体作测量时才共同制造出来的。**

- ▶ 过去由于测量手段太弱，以为只是把“客观存在”的信息（如 $X$ 和 $P_x$ ）如实地反映出来，现在我们才懂得：“测量”过程不是一种简单的“反映”过程，而是一种“变革”过程，“信息”乃是“变革”的结果。矛盾只有当充分尖锐化时才有可能被认识，这种认识在20世纪粒子物理学的发展中更是明显地被揭示出来。
- ▶ 玻尔有一句精彩的话“物理学的任务并不是去发现大自然是什么样的。物理学关心的是我们对大自然可以说些什么”。

## 2. 我国哲学中的论述

- ▶ “客体本不含信息”是我国哲学“古已有之”的观点，西方的康德哲学也已殊途同归了(见 § 1-3, 三).
- ▶ “信息来自变革”在我国哲学中也有悠久的历史，孔子说过：“致知在格物，物格而后知至”。1937年毛泽东在《实践论》一文中说：“你要有知识，你就得要参加变革现实的实践，你要知道梨子的滋味，你就得变革梨子，亲口吃一吃，你要知道原子的组织和性质，你就得实行物理学和化学的实验，变革原子的情况。”



## 四、物质结构的演变

西方哲学关于原子论的观点和分析归纳法，直接促进了自然科学对物质结构的研究。正是100多年中大量的实验事实和一些难以理解的“谜”一再昭示我们，关于物质结构观念的不断变化，促使人们对物质世界的认识从宏观到微观、到宇宙越来越深入。

## § 9.2 现代物理学的方法论

认识论和方法论密不可分。从知识结构层次上看，也许认识论更基础一些。但也必须看清，现代物理学许多认识往往依赖于思维方法和研究方法的不断深入才获得的。本节只讨论方法论的若干方面。

# 一、模型方法的实质

## 1. 正确的模型应抓住主要矛盾

从玻尔模型的成功，可以看出：一种“模型”往往是指理论上比较直观的图像。能否成功取决于是否抓住了问题中的“主要矛盾”，如果正确地抓住了，就能够使由此模型理论所得到的结果与实验相符，或者可以合理解释历史上难以理解之谜。玻尔模型的二个假设抓住了原子结构的“主要矛盾”，所以取得了成功。

## 2. 建立模型要仔细分析条件

由于客观事物的复杂性，同时存在的矛盾不止一种，且不同条件下所突出的主要矛盾也不一样，原来略去的次要矛盾有可能上升为主要矛盾

- ▶ 仍用玻尔模型例子，玻尔模型成功地揭开了氢光谱之谜。但是随着实验水平的提高，原来的一条氢光谱线，实际包含了波长很接近的许多条，称为光谱线的精细结构。对它的解释必须考虑电子的自旋运动和绕核的轨道运动之间的相互作用。这在当时的玻尔模型中是被忽略的“次要矛盾”。
- ▶ 费曼参加**1986**年美国挑战者号载人宇宙飞船起飞后爆炸一事的原因分析。他以敏锐的物理分析和通过示范实验，判断出原因是低温下橡皮垫圈硬化破裂导致燃料泄漏。

3. 模型方法的使用是反映了研究者的一种直觉的形象思维能力，这也是一种超逻辑思维。

值得指出,在自然科学研究中,不仅需要形式逻辑和数学推理的能力(人左脑功能)也需要(甚至是更需要)一种超逻辑思维能力(右脑功能)。

## 二、对称性在物理学中的地位

### 1. 什么是对称性

对称性是指物理规律(或可观察量)在某种(本质上不可观察的)变换下保持不变的性质。下面介绍两种对称性:

## (1) 平移对称性（平移不变性）

在坐标系平移后P点的坐标  $(x',y')$  可表示为:

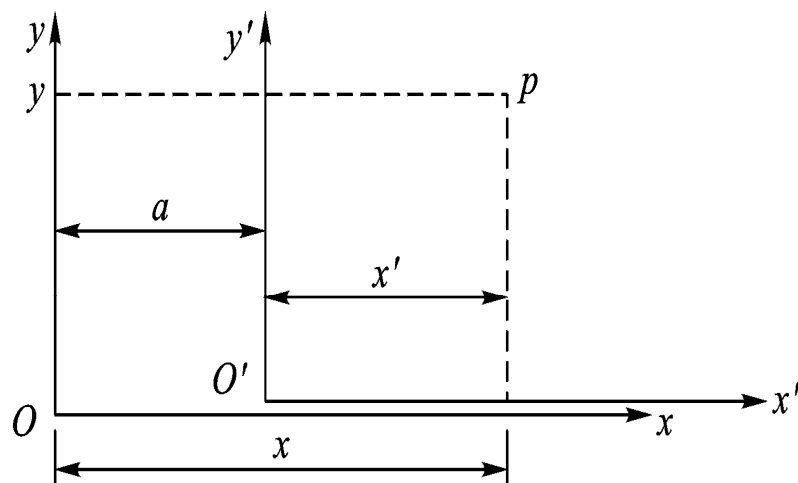
$$x' = x - a, \quad y' = y$$

若有两点  $P(x_1, y_1)$  与  $Q(x_2, y_2)$ , 则其距离的平方在平移前后是不变的, 即有:

$$D_2 = (x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2$$

$$= (x_1' - x_2')^2 + (y_1' - y_2')^2$$

这种“平移不变性”反映了空间的“均匀性”。



(a) 坐标系沿  $x$  轴的平移:  
 $x \rightarrow x' = x - a, \quad y \rightarrow y' = y$

## (2) 转动对称性（转动不变性）

当 $oxy$ 坐标系绕 $o$ 点以 $z$ 轴为转轴和转过一个角度 $\Theta$ ，变为新坐标 $ox'y'$ 时， $P$ 点坐标有关系：

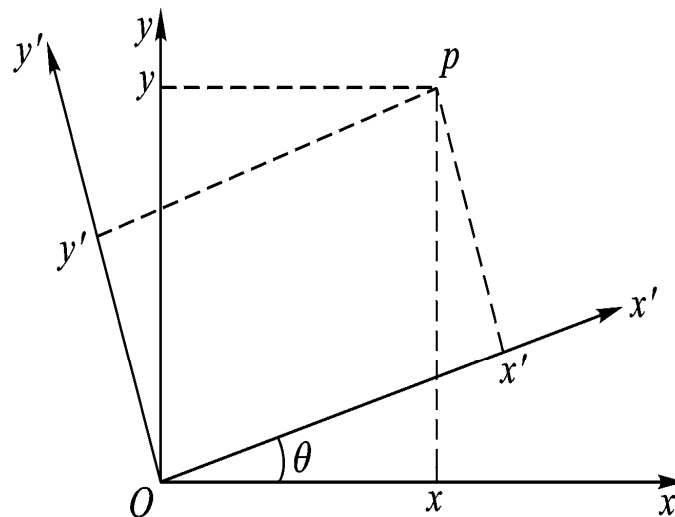
$$x \rightarrow x' = x \cos \Theta + y \sin \Theta$$

$$y \rightarrow y' = -x \sin \Theta + y \cos \Theta$$

上述变换称正交变换。直线 $OP$ 的长度 $L$ 保持不变

$$L^2 = x^2 + y^2 = x'^2 + y'^2$$

同样，若还有一点 $Q$ ，则 $PQ$ 的长度也保持不变。这一转动不变性是空间“各向同性”的反映。



(b) 二维欧氏空间中坐标系的转动：

$$x \rightarrow x' = x \cos \theta + y \sin \theta, y \rightarrow y' = -x \sin \theta + y \cos \theta$$

## 2. 从洛仑兹变换也可看成是某种“正交变换”来看对称性的重要性

爱因斯坦的老师，数学家闵柯夫斯基在1905年爱因斯坦建立狭义相对论后，他灵机一动：既然洛仑兹变换能保持两个“事件”的“空—时间隔”不变(见8-2-7式)

$$(x_1-x_2)^2-c^2(t_1-t_2)^2=(x_1'-x_2')^2-c^2(t_1'-t_2')^2$$

那么洛仑兹变换也可看成是某种“正交变换”。



他把图b中的y轴改成一个虚的时间轴:

$y \rightarrow ict, y' \rightarrow ict'$ . 转角  $\Theta \rightarrow i\xi$ , 且实的  $\xi$  通过下面双曲函数关系式与s和s'间的相对速度v联系起来:

$$\tanh \xi = v/c, \cosh \xi = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}, \sinh \xi = \frac{v/c}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$$

则由上面提到的正交变换可立即得到洛仑兹变换关系式。

对此，爱因斯坦对他老师的发现极为赞赏。由此可以看到人们可以利用眼睛看不见的对称性来作为建立新理论的出发点，对称性在**20**世纪物理学的理论发展中确实起到了重要的作用。

从方法论上讲，以尽可能少的普遍的基本原理(对称性)作为前提(出发点)，用严格的数学演绎推理，导出各种特殊的可供实验检验的预言。这种“从一般到特殊”的演绎法，从相对论开始，在物理学中迅速成熟起来，发展到量子力学，达到了前所未有的高度。

## § 9.3 从相对真理到绝对真理

- ▶ 爱因斯坦：“相信世界在本质上是有秩序地和可认识的这一信念，是一切科学工作的基础。”这表达了科学家对于真理可认识性的坚定信念。同时科学家也清醒懂得：一切具体的真理是相对的而非绝对的，我们只能通过对相对真理的认识不断地逼近绝对真理。
- ▶ 真理判断的标准首先是实验，然后看理论是否越来越简单(简单性原理)，是否越来越统一(统一性原理)。

- ▶ 因果性原理在量子物理基本规律的讨论中受到了挑战，量子物理的基本规律是统计规律。哥本哈根学派甚至认为：大自然的一切规律都是统计性的，经典因果律只是统计规律极限。而爱因斯坦等人则表示不同意量子理论对自然界的描述本质上是统计性的，并认为量子力学理论不完备(见 § 6-5)。

两种观点的争论仍在进行着。