

# 楊振寧評傳

甘幼坪 著

廣西科學技術出版社

# 楊振寧評傳

甘幼琿 著

廣西科學技術出版社

(桂)新登字06号

杨振宁评传

甘幼坪 著

☆

广西科学技术出版社出版

(南宁市河堤路14号)

广西新华书店发行

广西大学印刷厂印刷

\*

开本850×1168 1/32 印张5.25 插页10 字数130 000

1992年5月第1版 1992年5月第1次印刷

印数: 1-1000册

ISBN 7-80565-614-2  
K·5

定价: 3.35元

## 前 言

三十一年过去了。

那是1957年，传来了两位年轻的中国旅美物理学家李政道和杨振宁荣获当年度诺贝尔物理学奖的消息。当时，本书作者还是个高中学生，感到李、杨两位为中国人增了光，心里有一股不可名状的兴奋与激动。回想起来，我的这种心情未因岁月的流逝而淡薄，一切恍如昨日。这决不是孩子气的冲动，我想，海内外所有炎黄子孙都会人同此心，心同此理。

到动手写这本书为止，诺贝尔奖得主的名单上华人的名字已增至四个。但是，曾登上这个世界科学最崇高奖坛的中国人，却仍只有李、杨二位。<sup>①</sup>

前几年，作者与黄得勋合作，有幸翻译了杨振宁先生的大作《读书教学四十年》<sup>〔1〕</sup>，并因此得到杨先生的鼓励。尔后，作者曾多次给杨先生去信，请教他各种问题，总是很快就收到他热情而诚挚的复函，所获教益良多。通过这些信件，在作者心目

---

<sup>①</sup>杨振宁1957年没有加入美国国籍；他是1964年春加入美国国籍的。参见文献<sup>〔1〕</sup>，P.10

中逐渐形成一个大睿大智的长者和诲人不倦、慈祥敦厚的老师的形象。

1986年，在美国 Drexel 大学，作者第一次与杨振宁先生会面。聆听他那闪烁着人类最深邃的智慧火花的演讲，同他无拘束地交谈，作者惊喜地发现，果然文如其人，我脑际中的杨先生与现实里的杨先生丝毫不爽。

这些年来，作者萌发了写一本书以介绍杨振宁先生成就和学术思想的念头，但是又不免忐忑不安，因为我知道，杨先生的科学成就灿烂辉煌，学术思想博大精深，决不是我这支秃笔所能表述其万一的。

本书分为三部分：杨振宁先生对物理学的贡献，他的简历；他的成功给我们的启示。介绍一位物理学家的成就，完全不用一点数学，毕竟是件艰难的事，诚如伽利略所言：“自然界这本硕大无朋的书，是用数学语言写成的。”

我将勉为其难，尽力而为。奈何才疏学浅，谬误难免，读者诸君不吝赐教，是所至祈。

作者

# 目 录

|                                                           |        |
|-----------------------------------------------------------|--------|
| 第一章 当今健在的最伟大的物理学家·····                                    | ( 1 )  |
| (一) 青年成名, 震惊寰宇——发现弱相互作用宇称<br>不守恒规律·····                   | ( 1 )  |
| (二) 锲而不舍, 毕生追求——记杨振宁在统计物<br>理学领域的成就·····                  | ( 24 ) |
| (三) 历久弥真, 再逐桂冠——杨振宁-米尔斯规<br>范场拾零·····                     | ( 33 ) |
| 第二章 读书教学四十五年——杨振宁简历·····                                  | ( 46 ) |
| (一) 从合肥到石溪·····                                           | ( 48 ) |
| (二) 名师指引, 奠定根基——杨振宁在西南联合<br>大学的岁月·····                    | ( 51 ) |
| (三) 泰斗熏陶, 发现自我——杨振宁在芝加哥大<br>学的三年半·····                    | ( 54 ) |
| (四) 象牙塔里十七年, 硕果累累树参天——杨振<br>宁在普林斯顿高等学术研究所的科学创造生<br>涯····· | ( 60 ) |

---

|                                                   |       |
|---------------------------------------------------|-------|
| (五) 跳出象牙塔, 开辟新天地——杨振宁创立组<br>约州立大学石溪分校理论物理研究所····· | (64)  |
| 第三章 杨振宁的成功之路给我们的启示·····                           | (65)  |
| (一) 杨振宁成功之路初探·····                                | (65)  |
| (二) 杨振宁论教育·····                                   | (71)  |
| (三) 杨振宁论物理学及其发展·····                              | (76)  |
| (四) 杨振宁谈研究学问的方法·····                              | (79)  |
| (五) 杨振宁谈中国科学技术的发展和中国的现代化<br>·····                 | (87)  |
| 后记 ·····                                          | (93)  |
| 参考文献 ·····                                        | (95)  |
| 附录一 杨振宁的诺贝尔演讲: 物理学中的宇称守恒及其他<br>对称定律·····          | (98)  |
| 附录二 杨振宁谈与李政道合作发现弱作用中宇称不守恒的<br>经过 ·····            | (108) |
| 附录三 杨振宁论著目录 ·····                                 | (114) |

# 第一章 当今健在的最伟大的物理学家

当今世界，科学进步一日千里。它不但发展神速，而且分工越来越细。无怪乎大家都感叹：隔行如隔山！岂止是隔行如隔山。就是同一门学科，能了解各个分支最新发展的全才，也属罕见，遑论对它们都有所贡献了。杨振宁却是当代物理学许多分支的奠基人和推动者，是一个物理学天才。

提起他的贡献，首先映入读者脑际的，想必是他和李政道于1956年发现的弱相互作用下宇称不守恒规律。是的，这个不朽成就如雷贯耳，谁人不知，哪个不晓？可是，要讲清楚“弱相互作用”、“宇称”和“宇称守恒”，一切还得从头说起。

## （一）青年成名，震惊寰宇——发现弱相互作用宇称不守恒规律

什么是相互作用、对称性、宇称和宇称守恒？

我们知道，普通的实物由分子和原子构成。原子是由带负电



的电子和带正电的原子核结合而成的整体。原子核中有带正电的质子和不带电荷的中子，它们合称为核子，核子还可以分解为更基本的成分。这就是构成一般实物的各种微观层次。原子这个层次以下的粒子，叫做亚原子粒子，它们之间有相互作用，即它们在一起时，彼此之间相互施以作用力。近一个世纪以来，物理学家凭经验知道这些力可以分为下列四类（右边的数字表示它们的相对强度）：

|             |            |
|-------------|------------|
| 核力（强相互作用）   | 1          |
| 电磁力（电磁相互作用） | $10^{-2}$  |
| 弱力（弱相互作用）   | $10^{-13}$ |
| 万有引力        | $10^{-38}$ |

核力是把核子结合成原子核的力，它与与奇异粒子的产生有关。电磁力是我们熟知的一种力，在电工和电子技术中，我们都要跟它打交道。由于麦克斯韦（J.C. Maxwell, 1831—1879）的贡献，一百多年前人们对电磁相互作用的规律就了解得很深透了。当亚原子粒子经受非电磁衰变或者核子吸收中微子时，弱力就会出现。相传牛顿（I. Newton, 1643—1727）对着树上掉落的苹果发愣时，就悟出了万有引力的道理（这个故事尽管家喻户晓，却无可稽考）。屈指算来，少说也有三百年的历史了。

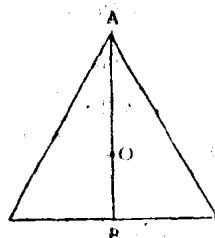


图1 等边三角形的对称

要了解什么是宇称，得先介绍物质世界和物理规律的对称性概念。

我们从日常生活经验知道，一个等边三角形绕通过中心  $O$ （图1）且垂直于图面的轴转过  $120^\circ$ ，所得到的图形与原来的三角形完全重合，即图形保持不变。再者，等边三角形关于它的任一根顶垂线（例如图1中的  $AB$ ）反演后，也保持不变。所谓关

于AB反演不变，就是指把图形沿AB摺叠时，AB左、右两边的图形完全重合的意思。一个球体（或球面）绕其任一直径转过任意角度后保持不变。一个无限长的圆柱面，绕其轴线转过任意角度后保持不变；此外，沿着它的轴线方向位移任意的距离，也保持不变。后者涉及了另一类对称性，即“平移对称”。总之，如果一个物体的形状在某一变换下不变，我们就说它是对称的。一种对称性必定涉及某种不变性。

随着物理学的发展，人们逐渐建立了更高级的对称性概念。在物理学中，对称指的是物理学定律在某种变换下的不变性。我们仅举最简单的几种为例。

**空间平移不变性** 把空间坐标框架平移到另一个位置上去，则相对于这两个坐标框架来说，物体的运动规律不变。

**空间旋转不变性** 把空间坐标框架转动任意一个角度，物理规律在新、旧两个坐标系中保持不变。

我们可以形象化地用一句话来概括上面的两条原理，那就是，在中国做一个物理实验所得的结果和在美国做这个实验的结果一定相同。这是很自然的。如若不然，同一个实验在甲地做和在乙地做结果不同，那就没有什么普遍的规律性可言；谈到物理规律，住在莫斯科的伊凡同住在布宜诺斯艾利斯的豪尔赫就搭不上界，没有任何共同语言。

**时间平移不变性** 把计算时间的原点（零时刻）移动一下，物理规律保持不变。通俗地说，就是昨天做某个物理实验与今天做同一个实验所得的结果相同。这也容易为人所接受。否则，物理规律时时在变，学习就成为多余，前人的经验不适用于今天，我们的经验也不能为下一代所用，一切寻找物质运动规律的努力都纯属枉然，也就没有必要对自然规律进行研究了。

**洛伦兹变换不变性** 设有A、B两个坐标系，其中B相对于A作匀速直线运动，则同一个物体在这样的两个坐标系中的运动规律

一样。用日常语言来说，就是在地面做实验，和在风平浪静的大海中平稳地航行的大船上做的同一个实验结果一样。伽利略（G. Galileo, 1564—1642）这位老夫子四百年前就说过那样的话，看来，它是颠扑不破了。

以上四种对称性，是强作用、弱作用、电磁作用和万有引力共同具有的。我们还知道，一般说来，一个对称原理（或者说，一个相应的不变性原理）产生一个守恒定律。例如，前面所述的第一个对称原理导致动量守恒，第二个导致角动量守恒，第三个导致能量守恒，等等。

电荷共轭不变性（简称C） 自从安德森（C.D. Anderson, 1936年诺贝尔物理学奖得主，1905—）在1932年发现正电子以后，人们知道了反粒子的存在。除电荷的符号相反之外，其他性质完全相同的一对粒子，互为正、反粒子。例如，电子的反粒子是正电子，前者带负电荷 $-e$ ，后者带正电荷 $+e$ ，除此之外，两者的性质完全相同。现在我们已经知道，所有的粒子都有自己的反粒子，例如质子与反质子，中子与反中子，……等等。C要求粒子所遵从的物理定律与反粒子遵从的完全一样。C在经典物理学中根本没有对应物，所以用我们的日常经验是无法想象的。

时间反演不变性（简称T） 把时间轴的方向倒转，即在一切实物方程中时间 $t$ 都用 $-t$ 代替，这样做的结果，体系的运动规律保持不变。形象地说，就是把一个体系的运动过程拍成电影，不管电影是顺着放还是倒着放，过程的物理规律不变。虽然，时间反演不变性在19世纪就已提出，但它太玄妙了，我们无法用日常经验来想象。时间倒流是什么意思？怎样才能做一个时间倒流的实验去检验T呢？

确实，时间问题远非如此简单。在牛顿力学所塑造的世界模型中，时间是一个后来添加上去的概念。对牛顿力学或量子力学来说，时间是可逆的；对热力学和统计力学来说则不然。热力学

第二定律意味着时间有一个优先方向：过去和未来，原因和结果不能倒置。电影只能顺着放，倒着放电影是被热力学第二定律所禁止的。

空间反演不变性（简称 $P$ ） 把空间坐标框架三个轴的方向都反过来，物理规律不变。

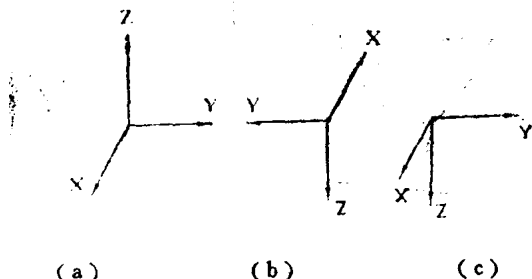


图2 空间反演

从图2可以看到，把坐标框架(a)的三个坐标轴的方向倒过来，得到(b)；把(b)绕z轴转过 $180^\circ$ ，使它的x、y轴与(a)的x、y轴重合，就得到(c)。由这个例子可以明显地看出，三个轴的方向都反过来，与只把z轴反向的结果相同。(a)、(c)两个坐标系互为镜象：把其中一个当作实物，另一个就好像是前者在镜子里的影象。因此，空间反演也称为镜象反射。另外，用手在镜子前比划比划就知道，一只右手在镜子里的影象是一只左手，反之亦然，如图3所示。于是，镜象反射对称也就是左右对称，空间反演不变性，镜象反射不变性或左右变换不变性指的是同一码事。

宏观物体按牛顿定律运动，确实是镜象反射不变的。图4画的是一架喷气式飞机，它在向右喷气，喷出的气体的反作用力推着它向左飞。镜子里面也有一架飞机：它向左喷气，向右飞行。能不能让真实的那架飞机像它在镜子里的影象那样向左喷气，向

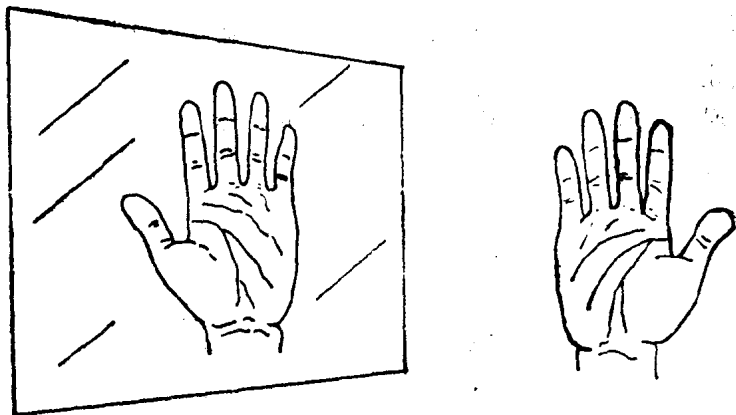


图3 右手及其镜象

右飞行呢？这当然是完全做得到的。所以，飞机的镜象运动完全可以在现实世界里实现，并且同样也遵循牛顿运动定律。像喷气式飞机例子所表明的，真实过程可以用镜子里的过程来代替，在运动规律方面两者不可区分，我们说它们具有左右对称性。

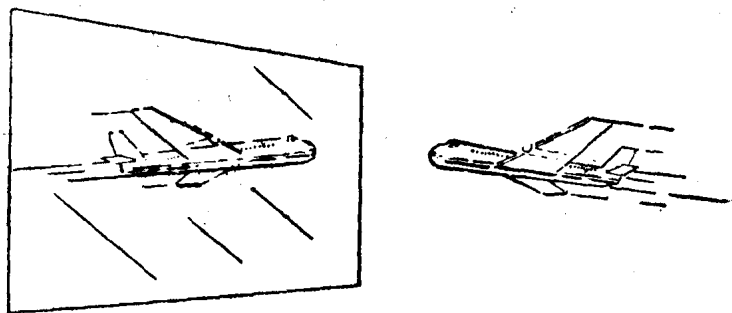


图4 左右对称

电磁学的规律也是左右对称的，这可以由图5来说明。图上有一根载流长直导线，电流方向自左而右。长直电流  $I$  的近旁有

一个小圆形电流  $i$  (它相当于一枚小磁针)。在  $I$  所产生磁场的作用下, 小圆形电流被取向: 它的轴线方向 (即小磁针的方向) 沿着图中虚圆的切线方向, 且轴线方向与  $I$  的流向满足大家熟知的右手定则。

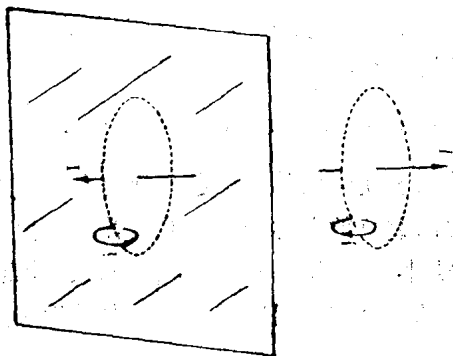


图5 电磁学规律是左右对称的

再看镜子里,  $I$  的方向逆转了,  $i$  的环流方向同样也逆转了。但是, 这些方向之间所满足的右手定则却没有改变: 镜里镜外都遵循同样的规律。所以, 电磁学的规律也是空间反演不变或左右对称的。

像这样的例子, 我们还可以举出很多。看来, 在经典物理学中, 物体运动规律的左右对称, 是确定无疑, 天经地义的。于是, 我们相信, 微观世界的运动规律当然也应左右对称。就这样, 我们把宏观世界所具有的一种对称性, 外推到微观世界中去了。

在经典物理学中, 这种左右对称并不产生相应的守恒定律, 因为它是一种分立的对称性, 与空间平移、转动、时间平移等连续的对称性不同。可是, 在描写微观粒子运动的量子力学中, 这种对称性却有着更深一层的意义, 它能产生相应的守恒定律。

微观粒子（或体系）的状态在量子力学里用一个波函数来描述。这个波函数随时间和空间坐标而变化。如果波函数 $\psi(x, y, z, t)$ 描述粒子（或体系）的一个状态，则 $\psi(-x, -y, -z, t)$ 所描述的就是原来状态的空间反演态。一般说来， $\psi(-x, -y, -z, t)$ 是不同于 $\psi(x, y, z, t)$ 的另一个函数，但对于某些状态的波函数，有

$$\psi(-x, -y, -z, t) = \pm \psi(x, y, z, t)$$

的关系，这种状态就叫做具有固定宇称的态。等式右边取正号时，我们说波函数 $\psi$ 的宇称为+1（或者说宇称为正、为偶，等等）；取负号时，宇称为-1（宇称为负、为奇，等等）。由此可见，宇称的概念与空间反演（即左右对称）密切相关，而左右对称就在微观世界的运动规律中产生一条新的守恒定律，那就是宇称守恒定律。它可以表述为：一定状态下的粒子系统具有确定的宇称，粒子系统的宇称在相互作用前后保持不变。这意味着，一个描写实际粒子系统状态的波函数，经过空间反演后，仍然是描写该系统实际存在状态的波函数。或者说，宇称守恒定律断言，一种运动（或过程）的镜象运动（或过程）一定可以在现实世界中实现；物质世界的运动规律是宇称守恒，即直到最深的层次上，物理规律是左右对称的。马赫（E.Mach, 1833—1916）曾经认为，物理学规律显示出完全的左右对称性，这就是所谓马赫原理。这说明，他凭直觉就相信，对物理定律来说，左和右是不可区分的。

宇称和宇称守恒的概念最初被用来成功地解释拉波蒂（O. Laporte）在1924年研究铁的原子光谱结构时发现的一个规律。他发现有两种谱项，即所谓“带撇项”和“不带撇项”，后来人们改称为偶能级和奇能级。吸收或发射一个光子的电磁跃迁，总是从带撇项到不带撇项，反之亦然，决不会发生在带撇项之间或

不带撇项之间。接着，人们发现这个选择规则同样适用于其他元素的原子光谱，它被命名为 Laporte 规则或 Laporte-Russell 规则。为了解释这个经验定律，维格纳（E. Wigner, 1963 年诺贝尔物理学奖得主，1902——）在 1927 年引入相当于现代意义的宇称概念。用现代术语，拉波蒂所说的偶能级带有偶宇称，奇能级带有奇宇称，而在原子的允许跃迁中所吸收或发射的光子带有奇宇称。由此可见，Laporte-Russell 规则正好是原子在电磁跃迁（发射或吸收光子）过程中宇称守恒的表现。

30 年代以来，宇称守恒定律被迅速地应用到原子、分子和核物理学中。物理学家在讨论能级标记、选择定则、强度规则及角分布时，都明白或隐晦地假定宇称守恒，后来更进一步把它推广到介子物理学和奇异粒子物理学中去，并取得了无数的成功。于是人们确信，宇称守恒是物理学的一个基本规律。这种观念像日月经天、江河行地，在二三十年时间里一直被物理学界奉为金科玉律，直到 1956 年两位年轻的中国人对它发难，才从根本上动摇了。

是两种粒子还是一种粒子？—— $\theta$ — $\tau$  之谜

1947 年，鲍威尔（C. F. Powell, 1903——1969, 1950 年诺贝尔物理学奖得主）等人刚从宇宙线中发现  $\pi$  介子过后不久，罗彻斯特和布特勒便从宇宙线的云室照片中发现了一个粒子（人们把它叫做  $\theta$  介子）衰变为两个  $\pi$  介子的过程：

$$\theta \longrightarrow \pi + \pi$$

1949 年，鲍威尔等又在宇宙线中发现了反  $\pi$  介子和另一个粒子，他们把它命名为  $\tau$  介子。从照片中可以看到如下的衰变过程：

$$\tau \longrightarrow \pi + \pi + \pi$$



因为 $\theta$ 和 $\tau$ 具有出人意外的一些特点，所以被归入“奇异粒子”一类。此后几年，人们对这“两种”奇异粒子做了许多研究，热烈地讨论着由“它们”所引起的各种疑问。达利兹（R. Dalitz）和法布里（E. Fabri）分别在1953年和1954年发表的两篇文章中对此作了很好的总结。他们指出，从 $\theta$ 介子和 $\tau$ 介子的衰变过程，可以推知它们的自旋和宇称。原先早已确定 $\pi$ 介子的自旋为零，宇称为负。如果忽略 $\pi$ 介子之间相对运动引起的效应，则为了使各自衰变的过程中宇称守恒， $\theta$ 介子的宇称必须等于两个 $\pi$ 介子的总宇称（即宇称的乘积），显然应为正，而 $\tau$ 介子的宇称则必须为负（即三个 $\pi$ 介子的宇称积）。但是，因为 $\pi$ 介子在运动，问题并不像上面的推理那样简单，必须测量 $\pi$ 介子的出射动量和角分布。许多实验室做了这方面的研究。到1956年春，所有的实验都毫不含糊地支持 $\theta$ 介子的宇称为正， $\tau$ 介子的宇称为负，它们不会是同一个粒子的结论。

然而，实验证据又清楚地表明， $\theta$ 介子和 $\tau$ 介子具有相同的质量（误差不到百分之一）、寿命和电荷，而且它们同核子和 $\pi$ 介子都有强相互作用。根据这些事实，人们不禁要问，或许 $\theta$ 和 $\tau$ 竟是同一个粒子？否则，它们具有相同的质量、寿命、电荷及其他一些性质，便委实难以解释了。

要么 $\theta$ 和 $\tau$ 是不同的粒子，宇称可以仍然守恒，天下太平无事；要么， $\theta$ 和 $\tau$ 是同一个粒子，它有两种衰变方式，从而宇称不守恒，天下便不得安宁。二者必居其一。这就是 $\theta$ - $\tau$ 之谜。在1954—1956的两年时间里，它一直困扰着全世界的物理学家。

“他们发现，自己的处境就好像一个人被关在一间黑屋子里摸索出路一样。他知道在某个方向上必定有一个能使他脱离困境的门。然而究竟在哪个方向上呢？”〔1〕