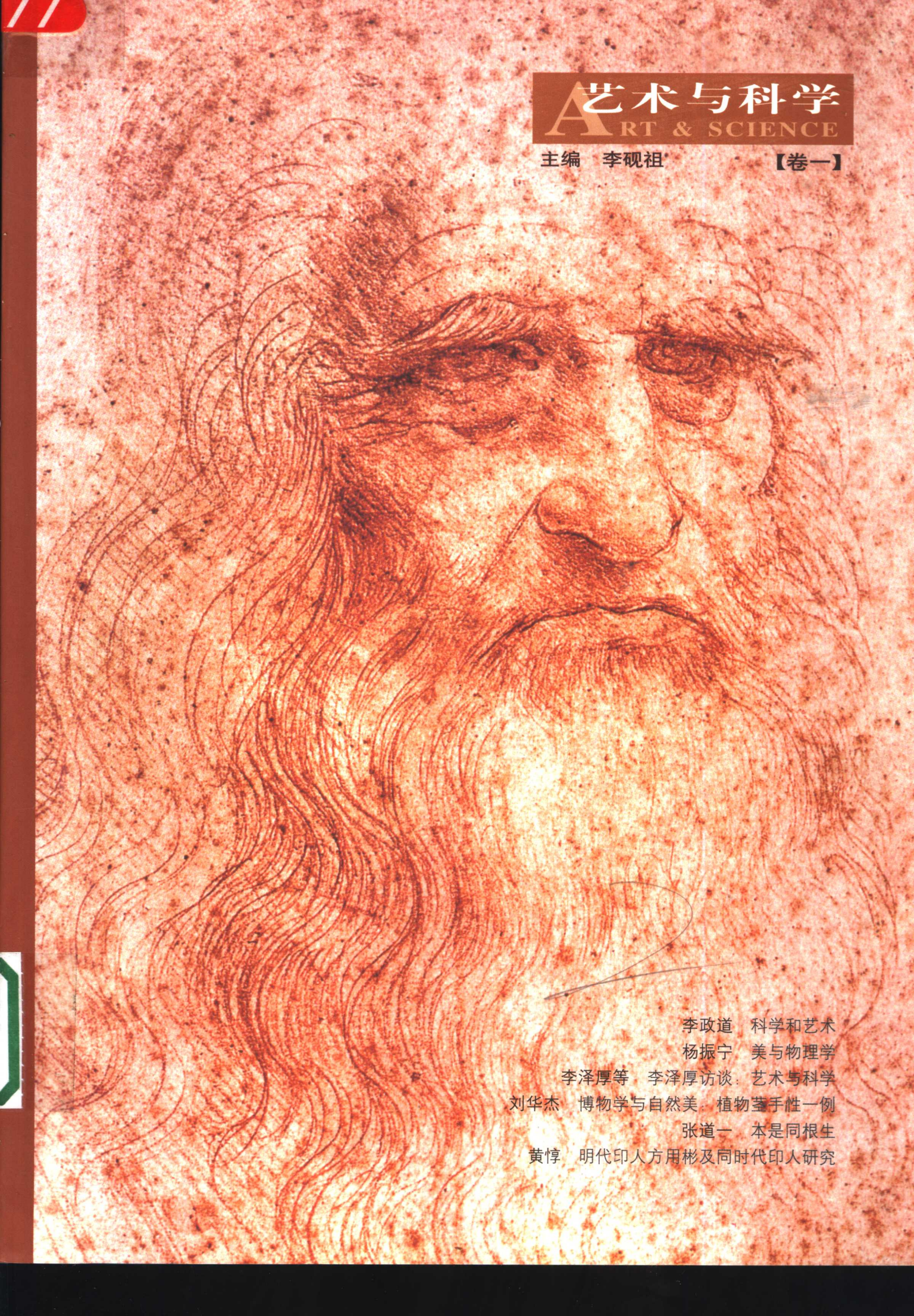




# 艺术与科学 ART & SCIENCE

主编 李砚祖

【卷一】

李政道 科学和艺术

杨振宁 美与物理学

李泽厚等 李泽厚访谈：艺术与科学

刘华杰 博物学与自然美：植物茎手性一例

张道一 本是同根生

黄惇 明代印人方用彬及同时代印人研究



# 艺术与科学

## ART & SCIENCE

【卷一】

主 编 李砚祖  
副主编 陈池瑜  
戴吾三  
刘 兵

清 华 大 学 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

艺术与科学(卷一)/李砚祖主编. —北京:清华大学出版社, 2005.3

ISBN 7-302-10453-0

I. 艺… II. 李… III. 艺术—关系—科学—研究 IV. J0-05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 010317 号

版权所有, 翻印必究。举报电话: 010-62782989 13501256678 13801310933

出 版 者: 清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机: 010-62770175

责任编辑: 甘 莉

整体设计: 陈 楠

特邀编辑: 柳 沙 陈晓华 王树良

印 装 者: 北京市联华印刷厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 210 × 285 印张: 12

版 次: 2005 年 3 月第 1 版 2005 年 3 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-10453-0/J · 59

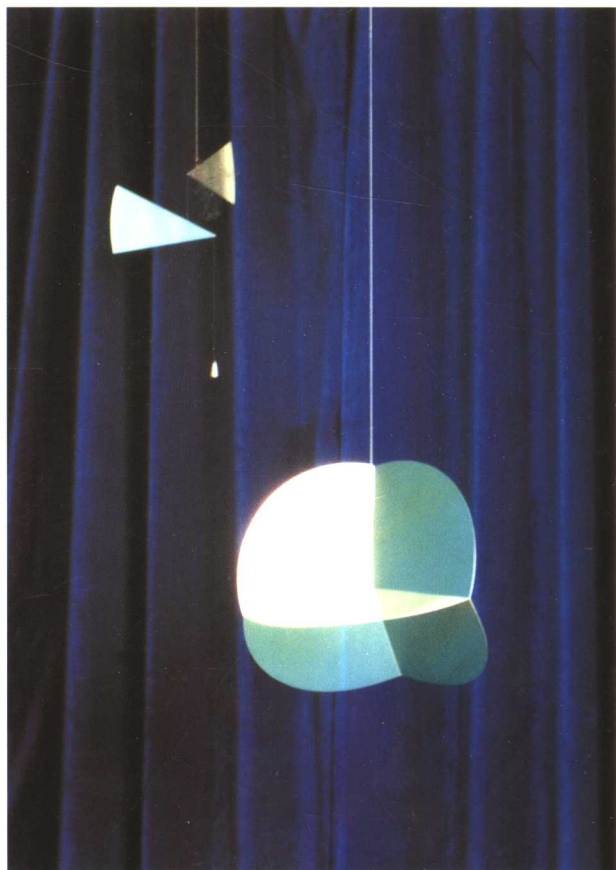
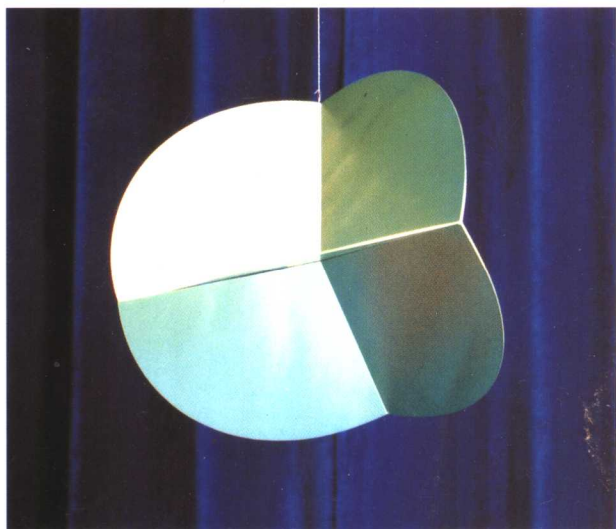
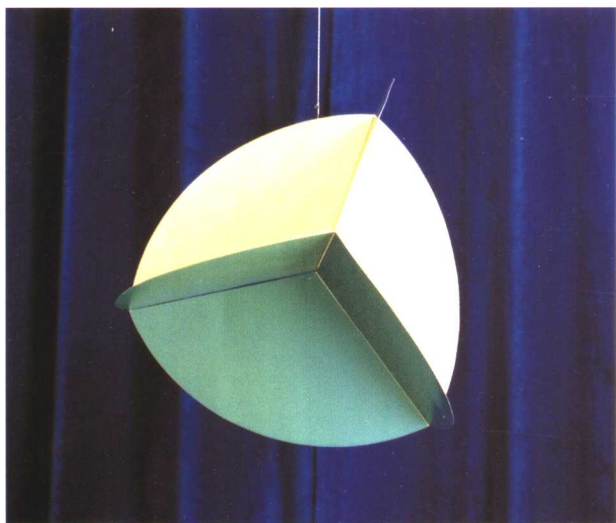
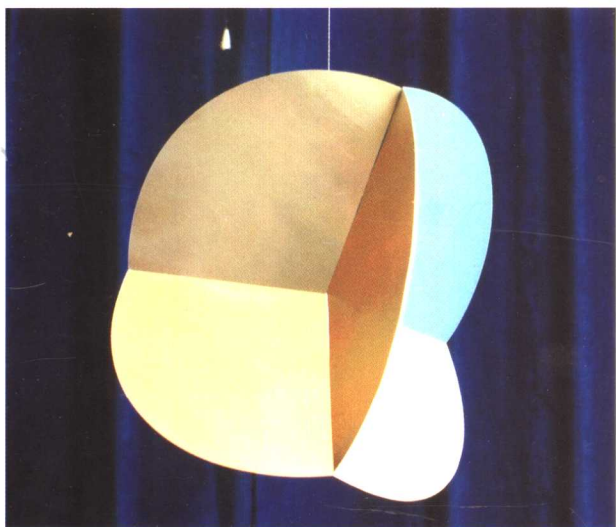
印 数: 1~2000

定 价: 32.00 元

地 址: 北京市清华大学学研大厦

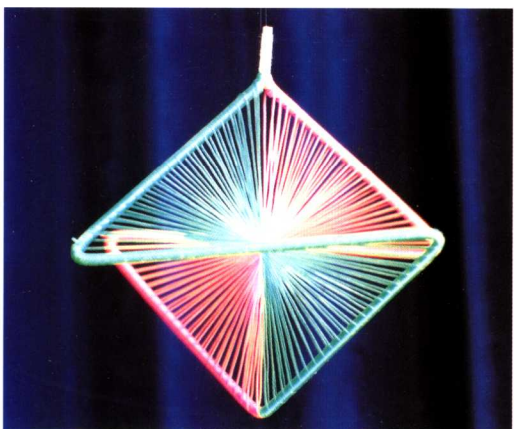
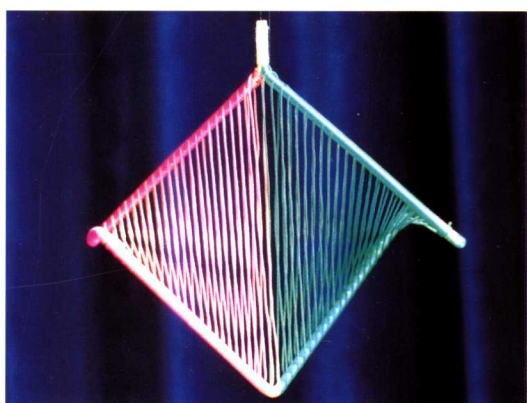
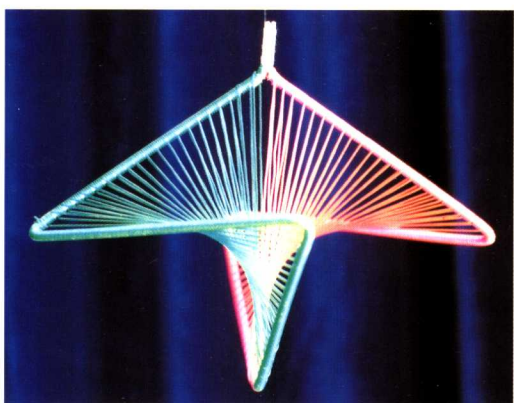
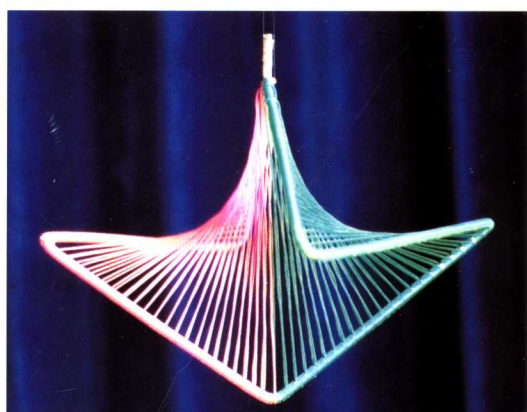
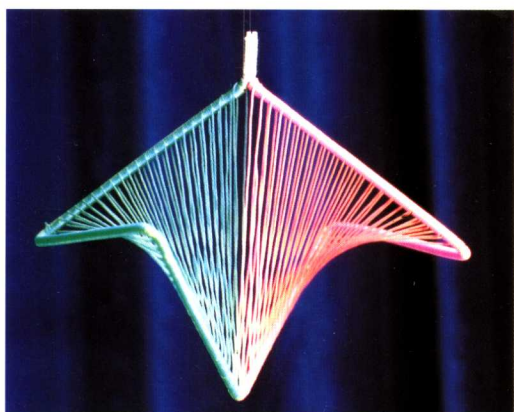
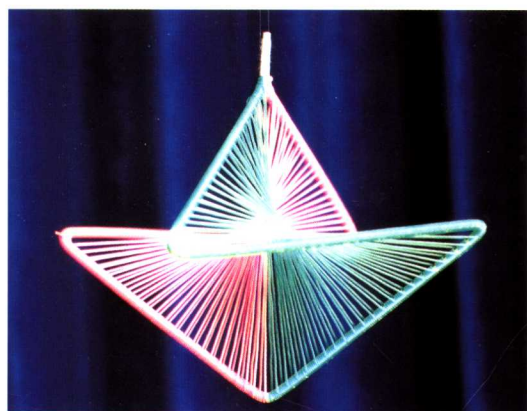
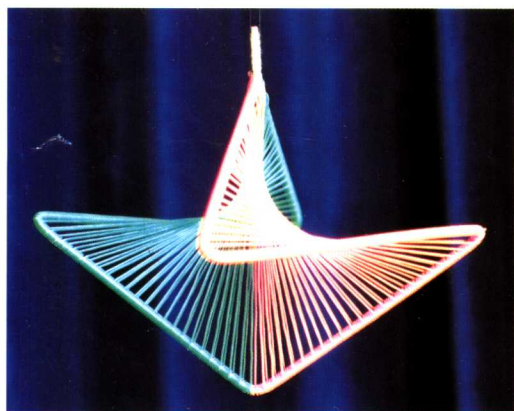
邮 编: 100084

客户服务: 010-62776969



郭慕孙  
几何动艺的理论与方法——采用多面体的组成制作几何动艺  
(附图)

图1 3-4 转变 这一几何动艺组件，制自两个相同的圆盘，代表四面体的6个内面。



郭慕孙

几何动艺的理论与方法——采用多面体的组成制作几何动艺（附图）

图2-A 扭毯 这是一个用铝焊条弯制成的几何动艺组件，代表八面体12条棱中连续的6条，然后将对应的棱用线连接，编织成毯子，在编织过程中，毯子翻转了180°。

# 艺术与科学

ART & SCIENCE (卷一)

## 目 录

### 一、思想

|                        |    |
|------------------------|----|
| 李政道：科学和艺术——在炎黄艺术馆的讲话   | 01 |
| 杨振宁：美与物理学              | 05 |
| 李泽厚等：李泽厚访谈：艺术与科学       | 10 |
| 何祚庥：关于“自然、科学与美”的若干理论问题 | 20 |
| 张道一：本是同根生——艺术与科学纵横谈    | 23 |

### 二、视界

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 徐恒醇：艺术和科学中的审美因素          | 28 |
| 陈望衡：艺术是什么                | 33 |
| 刘 兵：“和谐”概念的意义：从毕达哥拉斯到开普勒 | 43 |
| 彭 锋：审美化情形中的科学与艺术         | 47 |
| 肖 鹰：艺术中的科学主义             | 53 |
| 高建平：科学与人文关系辨析            | 57 |

### 三、探索

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 赵宋光：黄金分割率值的自然带域再认知                  | 64  |
| 刘华杰：博物学与自然美：植物茎手性一例                 | 67  |
| 陈池瑜：庄子“大美”“至人”境界与魏晋自然主义及其山水艺术       | 77  |
| 田 松：绘画就是欺骗——埃舍尔的艺术及其与科学的关联          | 86  |
| 常宁生 邢 莉：文艺复兴艺术的科学基础——早期西方美术学院中的数学课程 | 103 |

## 四、史学

|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| 黄 惇：明代印人方用彬及同时代印人研究——读《明代徽州方氏亲友手札七百通考释》后 | 115 |
| 朱良志：石涛的点与圈                               | 125 |
| 张朋川：器理与书画之道——工具材料的演变和中国书画艺术发展的关系         | 134 |
| 牛克诚：色彩，在中国古代的认知与表达                       | 144 |

## 五、万象

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 朱乐耕：在建筑与音乐之间——韩国麦粒音乐厅、美术馆陶艺创作谈  | 154 |
| 郭慕孙：几何动艺的理论与方法——采用多面体的组成件制作几何动艺 | 158 |

## 六、田野

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 方李莉 刘 怡：木匠当代诸生相——周至、户县木业调查 | 164 |
|----------------------------|-----|

## 七、译林

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 沃尔夫岗·克鲁尔：数学中的审美观               | 175 |
| 马瑞佐罗·维塔 (Maurizio Vitta)：设计的意义 | 180 |

## 八、读书

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 卢卫红：雅努斯的两张面孔：《艺术与物理学》 | 183 |
| 吴 燕：我们生来就是看客：《艺术与宇宙》  | 186 |

封面 达·芬奇：自画像(素描，局部)

封底 达·芬奇：铸造大炮的作业程序(素描)



## 科学和艺术

——在炎黄艺术馆的讲话

哥伦比亚大学 李政道

**内容提要：** 科学和艺术是不可分割的，就像一个硬币的两面。它们共同的基础是人类的创造力，它们追求的目标都是真理的普遍性。

艺术，例如诗歌、绘画、音乐等，用创新的手法去唤起每个人的意识或潜意识中深藏着的、已经存在的情感。情感越珍贵，唤起越强烈，反响越普遍，艺术就越优秀。科学，例如物理、化学、生物等，对自然界的现象进行新的准确的抽象。科学家抽象的阐述越简单，应用越广泛，科学创造就越深刻。尽管自然现象本身并不依赖于科学家而存在，但对自然现象的抽象和总结属于人类智慧的结晶，这和艺术家的创造是一样的。

**关键词：** 艺术，科学

狄拉克(P.A.M.Dirac)<sup>1</sup>有一次对奥本海默(J.R.Oppenheimer)<sup>2</sup>说：“我听说你也是一位诗人。”奥本海默回答说：“是的。”狄拉克说：“这很奇怪。诗人描述的感情是每个人内在所有的，也都能理解的，但是他所叙述的方式是从未有人用过的；在物理学中则正相反，我们用的是和其他人同样的语言，但表达的是以前任何人都不知道的知识。你怎么能同时成为两者呢？”

艺术和科学的共同基础是人类的创造力。它们追求的目标都是真理的普遍性。

艺术，例如诗歌、绘画、音乐等，用创新的手法去唤起每个人的意识或潜意识中深藏着的、已经存在的情感。情感越珍贵，唤起越强烈，反响越普遍，艺术就越优秀。

科学，例如物理、化学、生物等，对自然界的现象进行新的准确的抽象，这种抽象通常被称为自然定律。定律的阐述越简单，应用越广泛，科学就越深刻。尽管自然现象不依赖于科学家而存在，它们的抽象是一种人为的成果，这和艺术家的创造是一样的。

科学家追求的普遍性是不同自然现象的普遍性，它的真理性植根于外部世界，科学家和整个人类只是这个外部世界的一个组成部分。艺术家追求的普遍真理性也是外在的，它植根于整个人类，没有时间和空间的界限。尽管科学的普遍性和艺术的普遍性在这一点上不同，它们仍然有着很强的关联。

例：诗的普遍性

李白(公元701—762)在他的诗《把酒问月》中写道：

青天有月来几时，我今停杯一问之。……

今人不见古时月，今月曾经照古人。

古人今人如流水，共看明月皆如此。……

三百多年后，苏轼(公元1037—1101)作了《水调歌头》，他写道：

明月几时有，把酒问青天。……

人有悲欢离合，月有阴晴圆缺，此事古难全。

但愿人长久，千里共婵娟。

在吟诵这些诗的时候，它们的相似之点和不同之处同样感动着读者。尽管李白和苏轼生活的时代和今天的社会已经完全不同了，但每一首诗在今天人们的心中仍然引发强烈的感情共鸣。

例：科学的普遍性

在19世纪、20世纪之交，科学家作出了两个关键性的发现，它们看上去似乎有些神秘，与我们的日常生活无关。一个是迈克耳孙和莫雷在1887年做的光速实验，另一个是普朗克在1900年发现的黑体辐射公式。前者是爱因斯坦特殊相对论的实验依据，后者为量子力学奠定了基础。正是因为有了相对论和量子力学，20世纪所有的科技发展——核能、原子物理、分子束、激光、X射线技术、半导体、超导体、超级计算机，才得以存在。对人类和人类了解自然而言，它们几



乎包括了一切，这是对科学的普遍性的最好说明。

## 对称和不对称

科学和艺术的很多内容是基于对称与不对称之间的相互影响和作用。自然界是不是完全对称的，或者它有着内在的不对称性？具有全部对称的东西更完美，还是具有部分不对称的东西更完美？

图1是弘仁的原画，它包含着一些左右不对称。我对弘仁的画做了修改，使它变得完全左右对称，这是图2。请你自己判断哪一个更美。

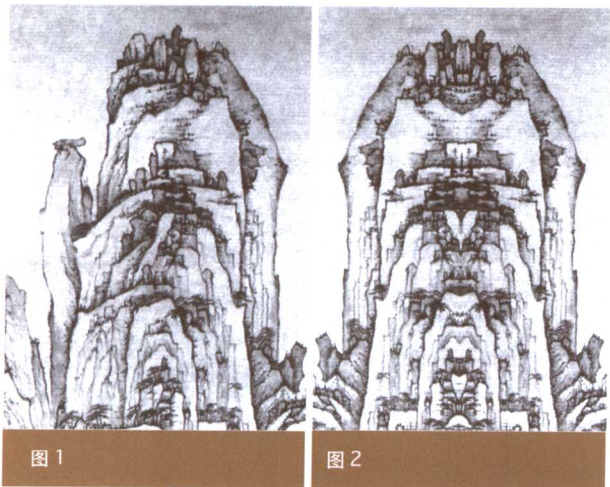


图1

图2

在日常生活中，左和右明显是不同的。但是在1956年底发现左右对称破坏(宇称不守恒)之前，自然定律在左右交换下的对称性被认为是理所当然的。为什么呢？

让我举一个例子。如图3所示，假定有两辆汽车，一辆是另一辆在镜中的映像，其他完全一样。汽车A (Car a) 的司机坐在左前方，油门靠近他的右脚。汽

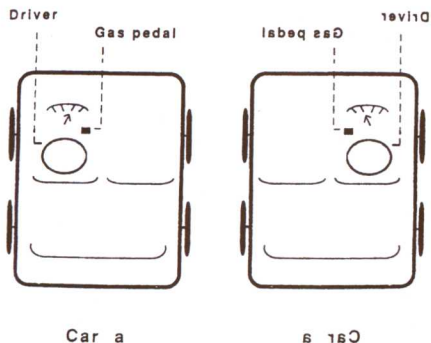


图3

车B (Car b) 的司机坐在右前方，油门靠近他的左脚。两辆车加了同样数量的汽油，假定其中没有杂质，而且是左右对称的。现在假定汽车A的司机顺时针转动汽车的点火钥匙，并用右脚踩油门，使汽车以每小时30英里的速度向前行驶。另一辆车的司机做完全一样的事情，但是对换了左右。即他反时针转动点火钥匙，用左脚踩油门，但油门踏板的倾斜度和汽车A的一样。汽车B的运动应该怎样呢？请大家来猜一下。

也许，你的常识告诉你，这两辆车明显地应该以完全相同的速度向前运动。如果这样，你就和1956年以前的物理学家一样。两种装置，一个是另一个的镜像，其他完全一样，它们应该在以后的时刻，在所有的方面都有相同的行为，当然除了原来的左右差别之外。这个结论看起来是合理的。换句话说，虽然右和左是不同

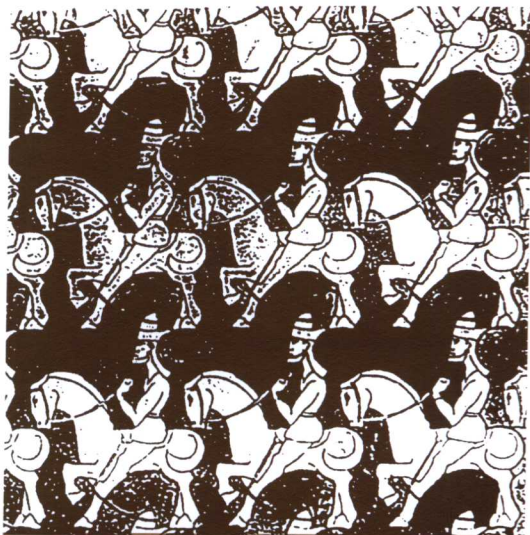


图4

的，除了这个差别外，它们应该没有其他差别。因此，我们把哪一个叫左，哪一个叫右完全是相对的。这正是物理中的左右对称原理。

令人惊讶的是，人们发现上面的结论并不正确。现在我们知道，自然界的定律对于左和右、粒子和反粒子、时间反演都不是对称的。在物理学中，我们用C表示粒子和反粒子的交换，P表示右和左的交换，T表示过去和将来的交换。虽然，C、P或T，单独的对称不合自然规律，我们发现，所有的自然定律对于CPT的联合操作是对称的。换句话说，如果我们同时做下面的

交换:

粒子→反粒子

右→左

过去→将来

所有的物理定律是对称的。这称为 CPT 对称性。图 4 是埃雪(M.C.Escher)画的,它表达了 CP 对称(如果你想像马是在运动中,它也提示了 CPT 对称性)。

## 用艺术说明的科学

### 欧几里得和非欧几里得空间

如果几个人站在一条直线上,面向垂直于线的同一方向,甲先生在乙先生的右边,乙先生在丙先生的右边。那么,甲先生就在丙先生的右边。如果,如图 5,几个人站成一个圈,这个关系就不对了(每个人面向同样半径的方向,例如,面向圆外)。这是因为直线的内禀几何是欧几里得型的,而圆是非欧几里得型的。这是一维空间的情况。高维的非欧几里得空间就很难直观地想像了。这里,艺术可以给予帮助。

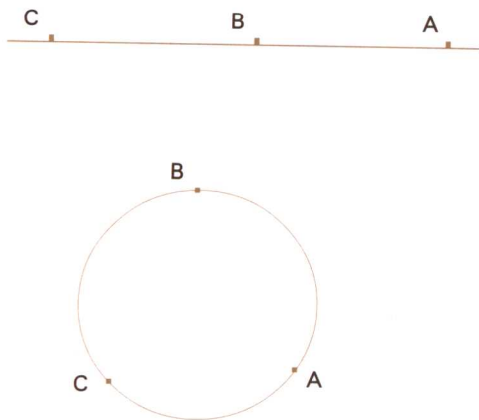


图 5

在我们生活的三维欧几里得空间中,如果点 A 比点 B 高,点 B 比点 C 高,那么点 A 一定比点 C 高。

如图 6 所示,在非欧几里得空间,这就不一定正确了。

### 在高维中消除低维的简并

我们在物理中常常遇到这样的情况,在高维中两个

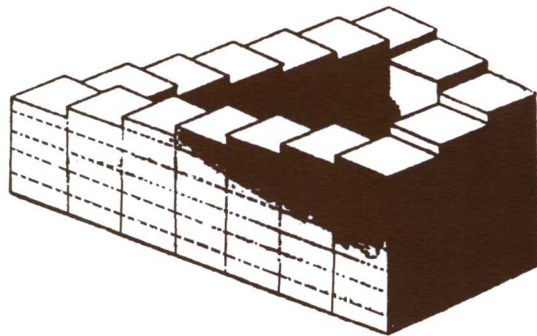


图 6

物体是不同的,但是把它们投影到低维空间,看上去是一样的(“看上去是一样的”有时被称为“简并”)。图 7 是一个圆柱的二维投影。用眼睛凝视这个图像,并沿着圆柱移动,你会发现它看上去像两个不同的三维物体。

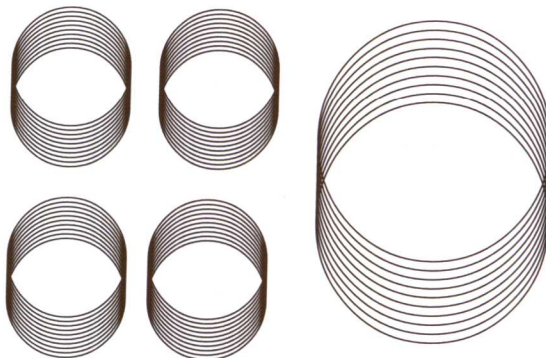


图 7

## 超弦

超弦理论认为,我们四维世界中的所有现象只是十维空间中一根弦的表现。一次,我对已故李可染大师解释为什么这在科学上是可能的,我说:“想像用一根三维的线来绣一幅二维的图。我们可以绣出人、马、马车和许许多多其他东西。再想像这根线可以按任何方式运动,三维空间中线的运动就产生了人、马等二维图像的运动。”我们讨论的结果是可染大师作了一幅著名



的关于超弦的画(图8)。

自1987年以来,中国高等科学技术中心每年的国际会议都邀请画家按照会议的主题作画。作者中有已



图8

## 思想

故李可染先生,还有吴作人、黄胄、华君武、常莎娜等艺术大师,也有鲁晓波这样的后起之秀。这些作品既给予科学家艺术欣赏,又触发他们的思想火花,受到了国内外科学界的广泛赞扬。这次画展中,还有其他许多用艺术来描绘科学的大作。我希望这个会议能促进艺术家和科学家更紧密地合作。

我想,现在大家可以相信科学和艺术是不能分割的。它们的关系是与智慧和情感的二元性密切关联的。伟大艺术的美学鉴赏和伟大科学观念的理解都需要智慧。但是,随后的感受升华和情感又是分不开的。没有情感的因素,我们的智慧能够开创新的道路吗?没有智慧,情感能够达到完美的成果吗?它们很可能是不可分的。如果是这样,艺术和科学事实上是一个硬币的两面。它们源于人类活动最高尚的部分,都追求着深刻性、普遍性、永恒和富有意义。

## 注释

1. 相对论量子力学的发明人。
2. 第二次世界大战期间,美国洛斯阿拉莫斯原子弹计划的主任。

## 作者简介

李政道 男,当代物理学大师,美国物理学家。1926年11月25日生于中国上海市,原籍江苏苏州。1953—1960年历任美国哥伦比亚大学助理教授、副教授、教授,1960—1963年任普林斯顿高等研究院教授,1964年至今任哥伦比亚大学教授。李政道教授关于弱衰变过程中宇称性不守恒定律与杨振宁教授共获1957年诺贝尔物理学奖。

从20世纪40年代末到70年代初,李政道教授在弱相互作用研究领域做出了许多具有里程碑性质的工作:除去宇称不守恒定律,还有二分量中微子理论、两种中微子理论、弱相互作用的普适性、中间玻色子理论以及中性K介子衰变中的CP破坏等重要研究成果。

20世纪70年代和80年代,李政道教授创立了非拓扑性孤子理论及强子模型方面的研究,具有经典意义。量子场论中的“李模型”对以后的场论和重整化研究有很大影响。“KLN定理”的提出,为分析夸克—胶子相互作用奠定了理论基础。“反常核态”概念的提出,深化了人们对真空的认识,推动了相对论重离子碰撞的理论和实验研究工作。用随机格点的方法研究量子场论的非微扰效应,并建立离散时空上的力学,理论上受到广泛重视。李政道教授近年来关于高温超导的系统理论研究工作,也是别具一格的。

1985年,他倡导成立了中国博士后流动站和中国博士后科学基金会,并担任全国博士后管理委员会顾问和中国博士后科学会名誉理事长。1986年,在中国科学院的支持下,创立了中国高等科学技术中心(CCAST)并担任主任,在北京大学建立了北京现代物理中心(BJMP);其后,在浙江大学成立了浙江近代物理中心,在复旦大学成立了李政道实验物理中心。他是中国科技大学、北京大学等11所大学的名誉教授。

1994年6月8日当选为首批中国科学院外籍院士。



# 美与物理学

纽约大学石溪分校 杨振宁

**内容提要：**从对19世纪物理学的热力学、电磁学与统计力学的3项最高成就的历史回顾中，本文论述了著名物理学家狄拉克、海森伯各自成就的特点和风格，讨论了物理学与数学的关系，指出了美与物理学的内在联系。各个物理工作者对于物理学中不同美与妙的地方具有不同的感受，因而就发展成为各自独特的研究方向和方法，即风格。作者认为风格的区别是由于所专注的物理学内涵不同，实验、唯象理论、理论构架是物理学研究由表面向深层发展的三个层次，物理学遵从的是依次自表面向深层的发展。

**关键词：**物理学，狄拉克，海森伯，研究与发展，风格

19世纪物理学的三项最高成就是热力学、电磁学与统计力学。其中统计力学奠基于麦克斯韦(J. Maxwell, 1831—1879)、波耳兹曼(L. Boltzmann, 1844—1905)与吉布斯(W. Gibbs, 1839—1903)的工作。波耳兹曼曾经说过：“一位音乐家在听到几个音节后，即能辨认出莫扎特(Mozart)、贝多芬(Beethoven)或舒伯特(Schubert)的音乐。同样，一位数学家或物理学家也能在读了数页文字后辨认出柯西(Gauchy)、高斯(Gauss)、雅可比(Jacobi)、亥姆霍兹(Helmholtz)或基尔霍夫(Kirchhoff)的工作。”<sup>1</sup>

对于他的这一段话也许有人会发生疑问：科学是研究事实的，事实就是事实，哪里会有什么风格？关于这一点我曾经有过如下的讨论：让我们拿物理来讲吧，物理学的原理有它的结构。这个结构有它的美和妙的地方。而各个物理学工作者，对于这个结构的不同的美和妙的地方，有不同的感受。因为大家有不同的感受，所以每位工作者就会发展他自己独特的研究方向和研究方法。也就是说他会形成他自己的风格。<sup>2</sup>

今天我的演讲就是要尝试阐述上面这一段话，我们先从两位著名物理学家的风格讲起。

## (一) 狄拉克

狄拉克(P. Dirac, 1902—1984)是20世纪一位大物理学家。关于他的故事很多，比如：有一次狄拉克在普林斯顿大学演讲，演讲完毕，一位听众站起来说：“我有一个问题请回答：我不懂怎么可以从公式(2)推导出来公式(5)。”狄拉克不答，主持者说：“狄拉克教授，请回答他的问题。”狄拉克说：“他并没有问问题，只说了一句话。”

这个故事所以流传极广是因为它确实描述了狄拉克的一个特点：话不多，而其内含有简单、直接、原始的逻辑性。一旦抓住了他独特的、别人想不到的逻辑，他的文章读起来便很通顺，就像“秋水文章不染尘”，没有任何渣滓，直达深处，直达宇宙的奥秘。

狄拉克最了不起的成就是1928年发表的两篇短文，写下了狄拉克方程<sup>3</sup>：

$$(\boldsymbol{\alpha} \cdot \mathbf{p} + mc^2 \beta) \Psi = E \Psi \quad (D)$$

这个简单的方程式是惊天动地的成就，是划时代的里程碑，它对原子结构及分子结构都给予了新的层面和新的极准确的了解。没有这个方程，就没有今天的原子、分子物理学与化学。没有狄拉克引进的观念就不会有今天医院里通用的核磁共振成像(MRI)技术，不过此项技术实在只是狄拉克方程的一项极小的应用。

狄拉克方程“无中生有，石破天惊”地指出为什么电子有“自旋”(spin)，而且为什么“自旋角动量”是 $1/2$ 而不是整数，初次了解此中奥妙的人都无法不惊叹其为“神来之笔”，是别人无法想到的妙算，当时最负盛名的海森伯(W. Heisenberg, 1901—1976)看

了狄拉克的文章，无法了解狄拉克怎么会想出此神来之笔，于1928年5月3日给泡利(W. Pauli, 1900—1958)写了一封信描述了他的烦恼“为了不持续地被狄拉克所烦扰，我换了一个题目做，得到了一些成果。”<sup>4</sup> (按：这成果是另一项重要贡献：磁铁为什么是磁铁。)

狄拉克方程之妙处虽然当时立刻被同行所认识，可是它有一项前所未有的特性，叫做“负能”现象，这是大家所绝对不能接受的，狄拉克的文章发表以后三年间关于负能现象有了许多复杂的讨论，最后于1931年狄拉克又大胆提出“反粒子”理论(Theory of Antiparticles)来解释负能现象。这个理论当时更不为同行所接受，因而流传了许多半羡慕半嘲弄的故事。直到1932年秋安德森(C. D. Anderson, 1905—1991)发现了电子的反粒子以后，大家才渐渐认识到反粒子理论又是物理学的另一个里程碑。

20世纪的物理学家中，风格最独特的就数狄拉克了。我曾想把他的文章的风格写下来给我的文、史、艺术方面的朋友们看，始终不知如何下笔。去年偶然在香港《大公报》“大公园”一栏上看到一篇文章，其中引了高适(700—765)在《答侯少府》中的诗句：“性灵出万象，风骨超常伦。”我非常高兴，觉得用这两句诗来描述狄拉克方程和反粒子理论是再好没有了：一方面狄拉克方程确实包罗万象，而用“出”字描述狄拉克的灵感尤为传神。另一方面，他于1928年以后四年间不顾玻尔(N. Bohr, 1885—1962)、海森伯、泡利等当时的大物理学家的冷嘲热讽，始终坚持他的理论，而最后得到全胜，正合“风骨超常伦”。

可是什么是“性灵”呢？这两个字联起来字典上的解释不中肯。若直觉地把“性情”、“本性”、“心灵”、“灵魂”、“灵感”、“灵犀”、“圣灵”(Ghost)等加起来似乎是指直接的、原始的、未加琢磨的思路，而这恰巧是狄拉克方程之精神。刚好此时我和香港中文大学童元方博士谈到《二十一世纪》1996年6月号钱锁桥的一篇文章，才知道袁宏道(1568—1610)(和后来的周作人(1885—1967)，林语堂(1895—1976)等)的性灵论。袁宏道说他的弟弟袁中道(1570—1623)的诗是“独抒性灵，不拘格套”，这也正是狄拉克作风的特征。“非从自己的胸臆流出，不肯下笔”，又正好描述了狄拉克的独创性！

## (二) 海森伯

比狄拉克年长一岁的海森伯是20世纪另一位大物理学家，有人认为他比狄拉克还要略高一筹<sup>5</sup>。他于1925年夏天写了一篇文章，引导出了量子力学的发展。三十八年以后科学史家库恩(T. Kuhn, 1922—1996)访问他，谈到构思那个工作时的情景。海森伯说：“爬山的时候，你想爬某个山峰，但往往到处是雾……你有地图，或别的索引之类的东西，知道你的目的地，但是仍堕入雾中。然后……忽然你模糊地，只在数秒钟的功夫，自雾中看到一些形象，你说：‘哦，这就是我要找的大石。’整个情形自此而发生了突变，因为虽然你仍不知道你能不能爬到那块大石，但是那一瞬间你说：‘我现在知道我在什么地方了。我必须爬近那块大石，然后就知道该如何前进了。’”<sup>6</sup>

这段谈话生动地描述了海森伯1925年夏摸索前进的情形。要了解当时的气氛，必须知道自从1913年玻尔提出了他的原子模型以后，物理学即进入了一个非常时代：牛顿(I. Newton, 1642—1727)力学的基础发生了动摇，可是用了牛顿力学的一些观念再加上一些新的往往不能自圆其说的假设，却又可以准确地描述许多原子结构方面奇特的实验结果。奥本海默(J. R. Oppenheimer, 1904—1967)这样描述这个不寻常的时代：“那是一个在实验室里耐心工作的时代，有许多关键性的实验和大胆的决策，有许多错误的尝试和不成熟的假设。那是一个真挚通讯与匆忙会议的时代，有许多激烈的辩论和无情的批评，里面充满了巧妙的数学性的挡架方法。”“对于那些参加者，那是一个创新的时代，自宇宙结构的新认识中他们得到了激奋，也尝到了恐惧。这段历史恐怕永远不会被完全记录下来。要写这段历史须要有像写奥迪帕斯(Oedipus)或写克伦威尔(Cromwell)那样的笔力，可是由于涉及的知识距离日常生活是如此遥远，实在很难想像有任何诗人或史家能胜任。”<sup>7</sup>

1925年夏天，23岁的海森伯在雾中摸索，终于摸到了方向，写了上面所提到的那篇文章。有人说这是三百年来物理学史上继牛顿的《数学原理》以后影响最深远的一篇文章。

可是这篇文章只开创了一个摸索前进的方向，此

后两年间还要通过玻恩(M. Born, 1882—1970)、狄拉克、薛定谔(E. Schrödinger, 1887—1961)、玻尔等人和海森伯自己的努力,量子力学的整体架构才逐渐完成。<sup>8</sup>量子力学使物理学跨入崭新的时代,更直接影响了20世纪工业发展,举凡核能发电、核武器、激光、半导体元件等都是量子力学的产物。

1927年夏,25岁尚未结婚的海森伯当了莱比锡(Leipzig)大学理论物理系主任。后来成名的布洛赫(F. Bloch, 1905—1983,核磁共振机制创建者)和特勒(E. Teller, 1908—,“氢弹之父”,我在芝加哥大学时的博士学位导师)都是他的学生。他喜欢打乒乓球,而且极好胜,第一年他在系中称霸。1928年秋自美国来了一位博士后,自此海森伯只能屈居亚军。这位博士后的名字是大家都很熟悉的——周培源。

海森伯所有的文章都有一共同特点:朦胧、不清楚、有渣滓,与狄拉克的文章的风格形成一个鲜明的对比。读了海森伯的文章,你会惊叹他的独创力(Originality),然而会觉得问题还没有做完,没有做干净,还要发展下去;而读了狄拉克的文章,你也会惊叹他的独创力,同时却觉得他似乎已把一切都发展到了尽头,没有什么再可以做下去了。

前面提到狄拉克的文章给人“秋水文章不染尘”的感受。海森伯的文章则完全不同。二者对比清浊分明。我想不到有什么诗句或成语可以描述海森伯的文章,既能道出他的天才的独创性,又能描述他的思路中不清楚、有渣滓、有时似乎茫然乱摸索的特点。

### (三) 物理学与数学

海森伯和狄拉克的风格为什么如此不同?主要原因是他们所专注的物理学内涵不同。为了解释此点,请看图1所表示的物理学的三个部门和其中的关系:唯象理论(phenomenological theory)(2)是介乎实验(1)和理论架构(3)之间的研究;(1)和(2)合起来是实验物理,(2)和(3)合起来是理论物理,而理论物理的语言是数学。

物理学的发展通常自实验(1)开始,即自研究现象开始。关于这一发展过程,我们可以举很多大大小小的例子。先举牛顿力学的历史为例,布拉赫(T. Brahe, 1546—1601)是实验天文物理学家,活动领域是

(1),他做了关于行星轨道的精密观测。后来开普勒(J. Kepler, 1571—1630)仔细分析布拉赫的数据,发现了有名的开普勒三大定律。这是唯象理论(2)。最后牛顿创建了牛顿力学与万有引力理论,其基础就是开普勒的三大定律。这是理论架构(3)。

再举一个例子:通过18世纪末、19世纪初的许多电学和磁学的实验(1),安培(A. Ampère, 1775—1836)和法拉第(M. Faraday, 1791—1867)等人发展出了一些唯象理论(2)。最后由麦克斯韦归纳为有名的麦克斯韦方程(即电磁学方程),才进入理论架构(3)的范畴。

另一个例子:19世纪后半叶许多实验工作(1)引出普朗克(M. Planck, 1858—1947)1900年的唯象理论(2)。然后经过爱因斯坦(A. Einstein, 1879—1955)的文章和上面提到过的玻尔的工作等,又有一些重要发展,但这些都还是唯象理论(2)。最后通过量子力学之产生,才步入理论架构(3)的范围。

海森伯和狄拉克的工作集中在图1所显示的哪一些领域呢?狄拉克最重要的贡献是前面所提到的狄拉克方程(D)。海森伯最重要的贡献是海森伯方程<sup>9</sup>,是量子力学的基础:

$$pq - qp = -i\hbar \quad (H)$$

这两个方程都是理论架构(3)中之尖端贡献,二者都达到物理学的最高境界。可是写出这两个方程的途径却截然不同:海森伯的灵感来自他对实验结果(1)与

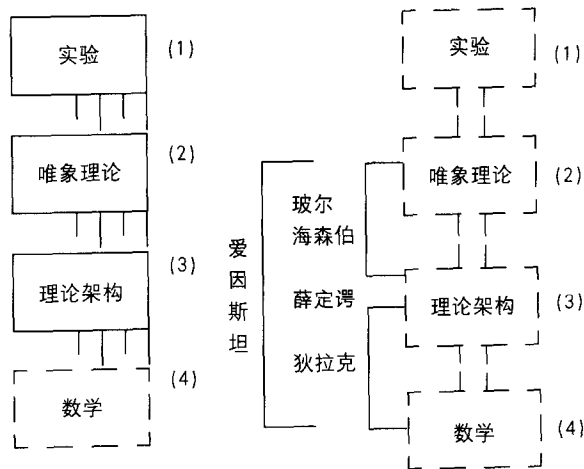


图1 物理学的三个领域

图2 几位20世纪物理学家的研究领域



唯象理论(2)的认识,进而在摸索中达到了方程式(H)。狄拉克的灵感来自他对数学(4)的美的直觉欣赏,进而天才地写出他的方程(D)。他们二人喜好的,注意的方向不同,所以他们的工作的领域也不一样,如图2所示,(此图也标明玻尔、薛定谔和爱因斯坦的研究领域。爱因斯坦兴趣广泛,在许多领域中,自(2)至(3)至(4),都曾做出划时代的贡献。)海森伯从实验(1)与唯象理论(2)出发:实验与唯象理论是五光十色、错综复杂的,所以他要摸索,要犹豫,要尝试了再尝试,因此他的文章也就给读者不清楚、有渣滓的感觉。狄拉克则从他对数学的灵感出发:数学的最高境界是结构美,是简洁的逻辑美,因此他的文章也就给读者“秋水文章不染尘”的感受。

让我补充一点关于数学和物理的关系。我曾经把二者的关系表示为两片在茎处重叠的叶片(图3)。重叠的地方同时是二者之根,二者之源。比如微分方程、偏微分方程、希尔伯特空间、黎曼几何和纤维丛等,今天都是二者共用的基本观念。这是惊人的事实,因为首先达到这些观念的物理学家与数学家曾遵循完全不同的路径,完全不同的传统。为什么会殊途同归呢?大家今天没有很好的答案,恐怕永远不会有,因为答案必须牵扯到宇宙观、知识论和宗教信仰等难题。

必须注意的是在重叠的地方,共用的基本观念虽然如此惊人地相同,但是重叠的地方并不多,只占二者各自的极少部分,比如实验(1)与唯象理论(2)都不在重叠区,而绝大部分的数学工作也在重叠区之外。另外值得注意的是即使在重叠区,虽然基本观念物理与数学共用,但是二者的价值观与传统截然不同,而二者发展的生命力也各自遵循不同的茎脉流通,如图3所示。

常常有年轻朋友问我,他应该研究物理,还是研究数学。我的回答是这要看你对哪一个领域里的美和妙有更高的判断能力和更大的喜爱。爱因斯坦在晚年时(1949年)曾经讨论过为什么他选择了物理。他说:在数学领域里,我的直觉不够,不能辨认哪些是真正重要的研究,哪些只是不重要的题目。而在物理领域里,我很快学到怎样找到基本问题来下功夫。<sup>10</sup>

年轻人面对选择前途方向时,要对自己的喜好与判断能力有正确的自我估价。

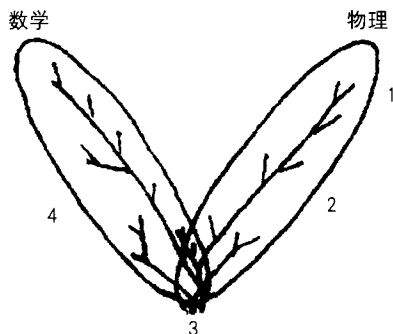


图3 二叶图

#### (四) 美与物理学

物理学自(1)到(2)到(3)是自表面向深层的发展。表面有表面的结构,有表面的美。比如虹和霓是极美的表面现象,人人都可以看到。实验工作者作了测量以后发现虹是 $42^\circ$ 的弧,红在外,紫在内;霓是 $50^\circ$ 的弧,红在内,紫在外。这种准确规律增加了试验工作者对自然现象的美的认识。这是第一步(1)。进一步的唯象理论研究(2)使物理学家了解到这 $42^\circ$ 与 $50^\circ$ 可以从阳光在水珠中的折射与反射推算出来,此种了解显示出了深一层的美。再进一步的研究更深入了解折射与反射现象本身可从一个包容万象的麦克斯韦方程推算出来,这就显示出了极深层的理论架构(3)的美。

牛顿的运动方程、麦克斯韦方程、爱因斯坦的狭义与广义相对论方程、狄拉克方程、海森伯方程和其他五六个方程是物理学理论架构的骨干。它们提炼了几个世纪的实验工作(1)与唯象理论(2)的精髓,达到了科学研究最高境界。它们以极度浓缩的数学语言写出了物理世界的基本结构,可以说它们是造物者的诗篇。

这些方程还有一方面与诗有共同点:它们的内涵往往随着物理学的发展而产生新的、当初所完全没有想到的意义。举两个例子:上面提到过的19世纪中叶写下来的麦克斯韦方程是在本世纪初通过爱因斯坦的工作才显示出高度的对称性,而这种对称性以后逐渐发展为20世纪物理学的一个最重要的中心思想。另一个例子是狄拉克方程。它最初完全没有被数学家所注意,而今天狄拉克流型(Dirac Manifold)已变成数学家热门研究的一个新课题。

学物理的人了解了这些像诗一样的方程的意义以后，对它们的美的感受是直接而又十分复杂的。

它们的极度浓缩性和它们的包罗万象的特点也许可以用布雷克(W. Blake, 1757—1827)的不朽名句来描述：

To see a World in Grain of Sand  
And a Heaven in a Wild Flower  
Hold Infinity in the palm of your hand  
And Eternity in an hour<sup>11</sup>

它们的巨大影响也许可以用蒲柏(A. Pope, 1688—1744)的名句来描述：

Nature and nature's law lay hid in night;  
God said, let Newton be! And all was light.<sup>12</sup>

可是这些都不够，都不够全面地道出学物理的人面对这些方程的美的感受。缺少的似乎是一种庄严感，一种神圣感，一种初窥宇宙奥秘的畏惧感。我想缺少的恐怕正是筹建哥德式(Gothic)教堂的建筑师们所要歌颂的崇高美、灵魂美、宗教美、最终极的美。

## 注释

1. 见 Ludwig Boltzmann, ed. E. Broda (Oxbow Press, 1983), 23
2. 杨振宁：《读书教学四十年》，(香港，三联书店，1985)，116页。
3. 此方程式中P是动量，c是光速(=300,000公里/秒)，m是电子的质量，E是能量， $\Psi$ 是波函数。这些都是当时大家已熟悉的观念。 $\alpha$ 和 $\beta$ 是狄拉克引进的新观念，十分简单但却影响极大。在物理学和数学中都起了超级作用。
4. 译自 A. Pais, Inward Bound (Oxford University Press, 1986), 348。海森伯是当时最被狄拉克方程所烦扰的一位物理学家，因为他是这方面的大专家：1913年玻尔最早提出了量子数的观念，这些数都是整数。后来于1921年还不到20岁的学生海森伯大胆地提出量子数是 $1/2$ 的可能。1925年两位年轻的荷兰物理学家把 $1/2$ 的量子数解释成自旋角动量。这一些发展都是唯象理论(2)，它们得到了许多与实验(1)极端符合的结果，十分成功。可是它们都还只是东拼西凑出来的理论。狄拉克方程则不然，它极美妙地解释了为什么自旋角动量必须是 $1/2$ 。由此我们很容易体会到当天才的海森伯看了狄拉克方程，在羡慕之余，必定会产生高度的烦恼。
5. 诺贝尔奖金委员会似乎持此观点：海森伯独获1932年诺贝尔奖，而狄拉克和薛定谔合获1933年诺贝尔奖。
6. 译自 A. Pais, Niels Bohr's Times (Oxford University Press, 1991), 276。

7. 译自 J. R. Oppenheimer, Science and the Common Understanding (The Reith Lectures 1953, Simon and Schuster, 1954)。引文最后一句是说荷马(Homer, 古希腊诗人)和喀莱尔(T. Carlyle, 1795—1881)都恐怕难以胜任。
8. 紧跟着海森伯的文章，数月内即又有玻恩与约尔丹(P. Jordan, 1902—1980)的文章和玻恩、海森伯与约尔丹的文章，这三篇文章世称“一人文章”、“二人文章”及“三人文章”。合起来奠定了量子力学的数学结构。狄拉克和薛定谔则分别从另外的途径也建立了同样的结构。但是这个数学结构的物理意义却一时没有明朗化。1927年海森伯的“测不准原理”和玻尔的“互补原理”才给量子力学的物理意义建立了“哥本哈根解释”。
9. 事实上海森伯并未能写下(H)。他当时的数学知识不够。(H)是在注8所提到的二人文章与三人文章中最早出现的。
10. 节译自爱因斯坦的“Autobiographical Notes”。原文见 Albert Einstein, Philosopher-Scientist, ed. P. A. Schilpp, Open Court, Evanston, Ill. (1949)。
11. 陈之藩教授的译文(见他所写的《时空之海》，台北，远东图书公司，1996，47页)如下：

一粒砂里有一个世界，  
一朵花里有一个天堂，  
把无穷无尽握于手掌，  
永恒宁非是刹那时光。

12. 我的翻译如下：

自然与自然规律为黑暗隐蔽；上帝说，让牛顿来！一切遂臻光明。

注：本文原载于《二十一世纪》1997年4月号。经作者同意，予以转载，个别地方有所改动。

## 作者简介

杨振宁 男，当代物理学大师，在基本粒子理论和统计力学方面都曾作出许多卓越贡献。他在1956年和李政道共同提出在弱衰变过程中宇称性不守恒的可能，跟着这革命性观点由实验证明，整个物理学界为之轰动，杨、李二位在翌年因此获得诺贝尔物理学奖。杨教授在1954年和米尔斯(R. Mills)所提出的广义规范场理论，今日已经成为讨论一切相互作用的基础语言和工具，其重要性与广义相对论可相比拟。杨教授早年先后在西南联合大学和芝加哥大学攻读物理学，1949年受聘于普林斯顿高等学术研究所，1966年出任纽约大学石溪分校理论物理研究所所长迄今，1986年起兼任香港中文大学的博文讲座教授，现为清华大学高等研究中心名誉主任，博士生导师。

## 李泽厚访谈：艺术与科学

中国社会科学院 李泽厚

天津社会科学院 徐恒醇

清华大学 李砚祖

### 思想

编者按：2003年4月，本刊主编李砚祖，天津社会科学院徐恒醇研究员在北京拜访了李泽厚先生，并就艺术与科学的问题进行了两次访谈。以下为访谈记录，经李泽厚先生过目并同意在本刊发表，在此深表谢意。

李砚祖：泽厚先生，由清华大学主办的《艺术与科学》杂志即将创刊，《艺术与科学》杂志将以艺术与科学的探讨为宗旨，研究艺术与科学两者的互为关系和影响，研究艺术中的科学，亦研究科学中的艺术。这既是一个新课题，又有着一定的历史渊源，在实践探索和理论研究方面也会遇到不少的问题，为此，我们想请教您有关这方面的想法。

李泽厚：我写了《美学四讲》以后，就没有做美学研究了，这几年一直在做思想史研究，现在还没做完，准备做一段时间以后，再回来做美学研究。那么可能会涉及你们要做的这个课题——艺术与科学。

徐恒醇：美学是研究艺术与科学相互关联的一个切入点，因为它们作为人类的精神创造物，必定具有某种审美共性。可是目前美学界对于科学美或这种审美共性是否存在还有争议。

李泽厚：我觉得科学美肯定是存在的，到现在很多人还否认这个问题。许多自然科学物理科学家都在谈，他们探讨经验的或者审美的假设哪一个更接近真理，他们宁肯接受感觉更美的这个，因为感觉更接近于真理。所以我以前讲“以美启真”，或者“自由之光”。爱因斯坦说，真正的科学发现和发明不是归纳，也不是演绎，因为归纳和演绎是逻辑的，而它恰恰不是逻辑的，而是审美的，它是一种想像，或者一种创造的想像，所以我把它叫做自由之光，自由之光就是以美启真，美能够启发那些想像力，这是在发现和发明中

很重要的一点。这用康德的理论来说，是一种判断力，是通过人的一种感受引导到一种普遍性，而这种普遍的东西——概念规律，实际上是对现有的概念的突破，因为所有的科学系统都是由一些概念构成的，只有突破这种既定的概念，才可能有创造。“以美启真”启发科学家去寻找新的东西。这是康德的判断力理论，讲得很透彻，康德讲到两种判断力，一种是决定判断力，一种是反思判断力。反思判断力就是趋向于没有概念规定的这样一种途径，是新的、真的发现。不是逻辑的，是审美的，是一种感受，这种感受讲得最多的当然就是形式感。

形式感就是秩序、单纯、对称、均衡、比例、节奏。这些形式怎么可能就引导到事物的根本性的东西？特别是科学世界，宇宙的、客观的世界。我的看法就是这种形式感来源于人们操作活动的劳动，因为人是靠这样一种掌握形式上的规律来维持人的生存活动。所以我从使用和制造工具的劳动过程中发现这样一些基本规律，包括质量的规律：硬的、软的、重的、轻的、直角的、锐利的、钝的这样一些质，这样一些材料的规律，而且发现材料和材料之间、材料和对象之间、材料和使用的人之间的形式规律，把握其中的重复性、干预性、秩序性，包括劳动中的节奏，把握好节奏才能够更好地劳作和生存，这关系到人的生存。然后把它提高到哲学上就与人的存在相关，这种形式感对于维持人的存在相关，而人的存在首先是一种物质的存在，而外在世界也是一种物质的存在，所以这和整个宇宙世界的存在有关系。既然和人的存在有关系，那么发现这种规律就是发现存在性的规律，这种规律远远超过人的自然存在本身，而波及整个世界、整个宇宙的现实存在。我认为这是关键性的一点。人的存在不是观念性的思辨，不仅仅是语言上的思辨，