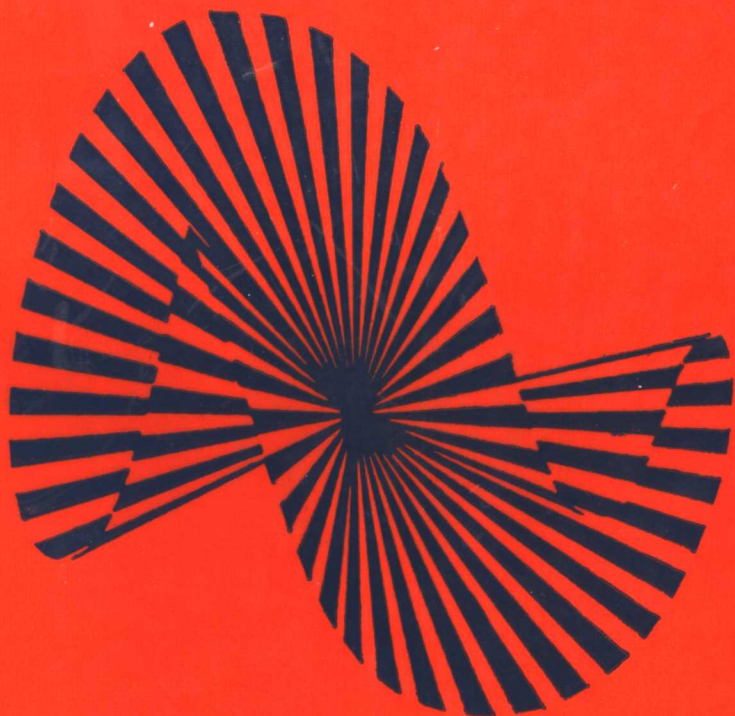


物理学

臻美概论

●王宏金 程民治 著●



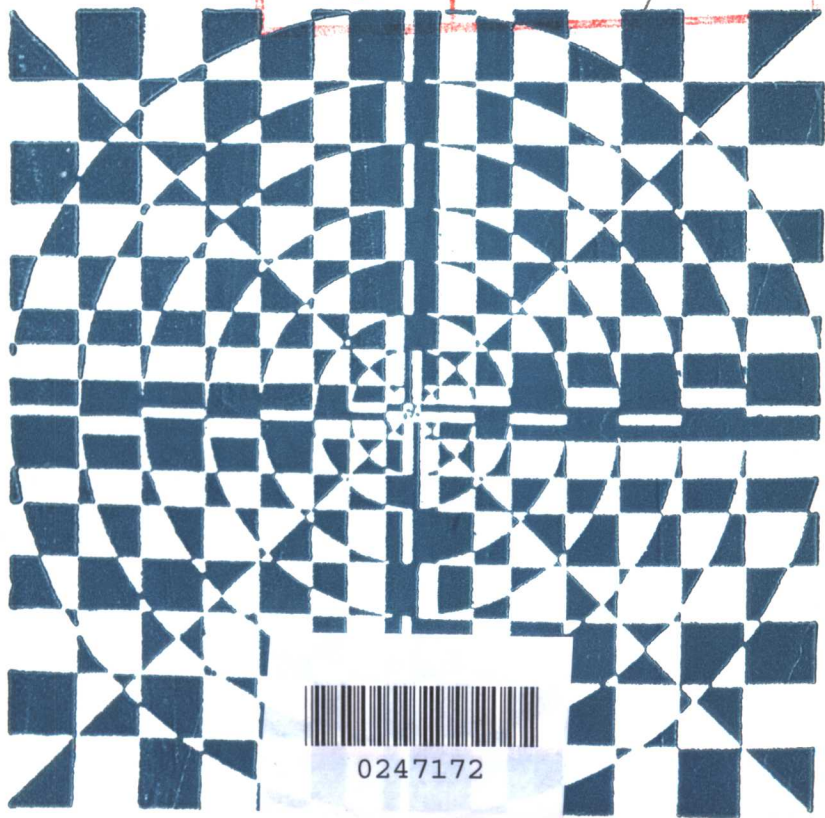
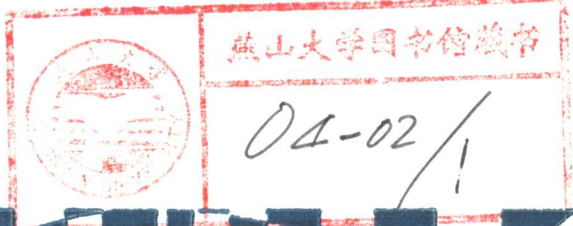
●山东教育出版社●

02

# 物理科学臻美概论

WULI KEXUE ZHENMEI GAILUN

●王宏金 程民治 著●



0247172

山东教育出版社

独

**物理科学臻美概论**

王宏金 著  
程民治

\*

山东教育出版社出版发行

(济南经九路胜利大街)

山东新华印刷厂临沂厂印刷

\*

850毫米×1168毫米 32开 8.125印张 5插页 179千字

1996年8月 第1版 1996年8月第1次印刷

印数 1—1000

ISBN 7-5328-2293-1/G·2129

定价 10.90元

如印刷质量有问题,请与印刷厂联系调换。

## 内 容 提 要

本书通过对科学和艺术——一个硬币的两面之剖析,深刻地论述了科学家从事科学活动的内驱力之一是对美的追求。作者以翔实材料、流畅的文笔,阐述了物理科学臻美创造的准美学原则、美学方法,以及物理科学臻美的认识论意义、教学论意义与通才教育论意义。本书作为物理学与美学、哲学等学科相交叉的学术专著,对于从事物理学和美学的教学或研究等领域的人员是一本颇具启发性的参考书。

## 序

自然界的变化是多彩的、复杂的，又是和谐的、美妙的。科学家的主要兴趣就是探索自然界的奥秘，寻找引起各种变化、变迁的起因和机理。这并非完全为好奇心所驱使，而是人类生存和发展的必然。当科学家经受长期的阵痛，在某一方面取得重大发现和突破时，不仅他们自己感到极大的喜悦和满足，同时也为人类文明创造了宝贵的财富，推动了社会的进步和发展。因此，人类的文明史就是科学技术的发展史，这种说法并不过分。

物理学是自然科学的重要领域，是定量地研究自然规律的实验科学。在大量观测和实验的基础上，物理学家们又试图运用最生动的语言和最简洁的公式来描绘事物变化的实质和内在联系，预言那些当时尚未认识到的世界，并推动整个科学技术的发展。这方面的事例实在太多了。在19世纪，经过法拉第的试验和麦克斯韦的研究，得到了简洁而完美的麦克斯韦方程组，把电和磁统一了起来，并由此发明了发电机、电动机、电话、电报、雷达等现代化设备，产生了19世纪后期和20世纪初的世界文明。20世纪初相对论和量子力学的完成，带来了核能、激光、半导体、超导体、计算机等全部20世纪的文明。从浩瀚无边的宇宙到微观世界的基本粒子，无不是物理学家的研究对象；从星系到夸克，全都共同遵从着基本的物理规律。甚至于所谓真空，也成为当今的研究热点。正如李政道博士所指出的：假如真空是可以激发的，那么微观的粒子与宏观的真空就是不可分的；微观的世界

与宏观的宇宙也是不可分的。因为真空处处有,永远有,所以是永久性的。这项研究将对人类文明产生什么影响,现在还无法想象。

自然界是美的,物理学也是美的。人们常常赞叹大自然中的绮丽风光为鬼斧神工,赞美文学艺术家们的诗琴书画是千古绝唱。同样,那些揭示自然奥秘的物理定律,那些开启世界文明的观测实验,也都是科学家们精美绝伦的心血结晶。实际上,许多著名的物理学家,本身就是数学家、哲学家、文学和艺术大师。听他们充满激情的精辟讲演,看他们文采横溢的论文著作,从哪一方面来讲,都是一种极好的享受。确实,科学与艺术是相通的,它们从不同的侧面来认识世界,来描绘和探索自然的美,同时又把累累硕果回馈给世界和人类。

读了王宏金和程民治二位撰写的《物理科学臻美概论》书稿,颇有收获,也有感触。作者借助了较丰富的资料,对物理科学与美学的历史渊源,物理科学臻美原则、方法等,作了较深刻的揭示。应该说,他们选择的这个研究课题是较新颖的,这项工作也是交叉科学领域中一件有意义的工作,对社会科学工作者,尤其对自然科学工作者,具有多方面的启迪。

应作者之约,拟就此文,援以为序。

王 水

1995年11月于中国科技大学

## 前 言

物理科学中是否存在美？物理科学活动与审美活动究竟有没有关系？如果有关系，又是一种什么关系？

这第一个问题，已被现代物理学家广泛深入的科研活动证明为不争的事实。本世纪以来，许多伟大的物理学家，如爱因斯坦、海森堡、狄拉克、玻尔、泡利、魏扎克、杨振宁、钱德拉赛克、汤川秀澍等诺贝尔奖金获得者，都有深刻的体验，即物理科学的确是一个美的世界。尤其是系统科学诞生后，科学家们在综合运用各种物理知识考察自然与社会时，越来越多地发现了美，创造了美，感受到美，由这种美引发的科学美感反过来又进一步激发他们去追求，去探索科学真理。

这第二个问题，正是本书探讨的主要内容。科学家的科学创造，除了反映世界，还来源于对美的追求。科学史家库恩指出：“美的概念在核对结果和发现新规律中被证明是非常宝贵的。”衡量一个科学理论是否符合真理性，不仅有实践（实验）标准，传统逻辑标准，还有审美标准。当然，科学美的评价和判断并不是以人的意志为转移的，它依据的是客观事实。古今中外许多物理学家都曾用审美的眼光评论过物理学的成果，用臻美方法进行理论探索，“按照美的规律来创造”，并多有建树。众所周知，经过19世纪与20世纪之交的科学革命以后，物理学的研究方法已从牛顿为代表的经验—归纳法阶段发展到以爱因斯坦为代表的假说—演绎法阶段。这种转化使近代的科研活动更注重理论

表达的逻辑一贯性和整体和谐性,要求建立假说的原始命题尽可能少。在假说的构思阶段,依靠简单的观察实验或搜集事实材料,已难以直接得出新的概念或公设,物理学家必须运用大量想象、直觉,创造出理想模型,在思维中进行模拟实验。另外,在演绎阶段,要求理论必须是高度公理化的,即从少数原始命题出发,暂时撇开实验,运用一定的数学工具,进行大量的推理演算,再把最后的结果同客观事实相对照,若符合观测事实,遂即证明了整个理论的真实性。显然,这种方法使理论物理学加强了对数学的依赖性,物理学家往往根据数学表达的形式美,直觉地判断理论的真实性及其价值。物理学的这种研究特点在当代表现得尤为突出。由于当代物理学越来越深刻地触及自然界的深层结构和本质,因此,依赖直接经验或观测材料去做全面归纳已不可能。这就要求物理学家必须要借助直觉、想象、类比、假说、试探等方法,同逻辑演绎方法配合,才有可能取得突破性进展。尤其是科研活动的关键阶段——领悟阶段,总是交织着反映与选择,这时候需要不断地抛弃不合适的方案,保留合适的方案;而使物理学家做出正确选择,起支配作用的往往正是他们对科学对象所作出的审美观照。从这个角度上看,审美鉴赏能力是科学家从事科研活动的重要素质之一。以爱因斯坦为例,他提出的科学思想,有许多是出于美学而不是出于逻辑的考虑。他对实验和理论不相符的忧虑,甚至远远不及对基本原理的不简捷、不和谐所引起的忧虑。而这正是刺激他的思想的源泉。正如物理学家霍夫曼所说:“爱因斯坦的方法,虽然以渊博的物理学知识为基础,但是本质上是美的,直觉的。”

当我们翻开厚重的物理学史长卷,追寻物理学家探索科学真理的足迹时,由衷地感到,科学家在追求真理的同时,也在追求美,追求一种更高级的、内在的、能够反映事物本质的科学美。



正是有了这种感受,才激励着作者“数年磨一剑”,深入到物理世界的深层,努力挖掘其美学内涵。

《物理科学臻美概论》一书,从论述科学家从事科学活动的内驱力之一是对美的追求这一动机出发,阐述了物理科学臻美创造过程中的准美学原则、美学方法,以及物理科学臻美的认识论意义、教学论意义。物理科学的美学问题是一个新的课题,研究者少,资料匮乏,探索中常有“不识庐山”的感觉。好在我们的工作始终得到物理学界前辈的扶助,中科院院士、著名物理学家王淦昌先生对我们的工作给予大力支持和鼓励;中科院院士、中国科技大学物理系教授、博士生导师王水先生对我们的研究给予了悉心指教,并拨冗仔细审阅了全稿,欣然为本书作序。在此,谨向二位先生表示由衷的敬意。

谨以此书献给即将步入 21 世纪的科学工作者们。

**作 者**

1995 年 12 月

# 目 录

<b>第一章 科学和艺术——一个硬币的两面</b> .....	(1)
一、形式美组合规律的一致性 .....	(2)
1. 简单性 .....	(2)
2. 对称性 .....	(4)
3. 和谐统一性 .....	(5)
二、动态意义上的内在统一性 .....	(7)
1. 一览无余成不了艺术 .....	(9)
2. 混沌是精确的升华 .....	(12)
三、科学思维中的审美意象.....	(16)
1. 彭加勒的感觉意象 .....	(18)
2. 爱因斯坦的视觉意象 .....	(20)
3. 玻尔与海森堡的心理意象 .....	(22)
四、科学中的艺术与艺术中的科学.....	(25)
1. 诗的物理与物理的诗 .....	(25)
2. 物理的音乐与音乐的物理 .....	(29)
五、科学和艺术相似相通的原因.....	(32)
1. 探索动机的一致性 .....	(32)
2. 都要“按照美的规律来建造” .....	(34)
<b>第二章 臻美是物理学创造的动机</b> .....	(39)
一、物理学家的宇宙宗教观与感情.....	(41)
1. 爱因斯坦的“宇宙宗教” .....	(42)

2. 海森堡等人的“宇宙宗教” .....	(43)
3. 宇宙宗教的内在涵义 .....	(44)
4. 宇宙宗教的表现形式 .....	(47)
5. 宇宙宗教的哲学基础 .....	(50)
6. 宇宙宗教的美学、伦理意义 .....	(53)
二、一座辉煌壮丽的科学殿堂 .....	(56)
三、哥德尔定理与物理科学美 .....	(63)
1. 物理科学美的相对性 .....	(64)
2. 20世纪物理学的不完美性及其展望 .....	(67)
四、主客体不可分及人与自然的和谐 .....	(70)
1. 认知中的主客体相互同化与顺应 .....	(70)
2. 互补原理对主客体同一的揭示 .....	(74)
3. 人择原理的认识论特征与意义 .....	(77)
<b>第三章 物理科学臻美创造的准美学原则 .....</b>	<b>(86)</b>
一、爱因斯坦的自然性原则 .....	(86)
1. 自然性原则中的内在完备性 .....	(87)
2. 自然性原则中的逻辑简单性 .....	(91)
3. 自然性原则中的内在对称性 .....	(96)
4. 自然性原则中诸准美学标准的调节性 .....	(102)
二、知识简单性原则 .....	(106)
1. 语句简单性原则 .....	(107)
2. 语义简单性原则 .....	(116)
3. 语用简单性原则 .....	(128)
三、统一性原则 .....	(133)
1. 物理内容或逻辑上的统一性原则 .....	(135)
2. 数学形式上的统一性原则 .....	(140)
四、复杂整体性原则 .....	(145)

1. 自然观的新起点 .....	(145)
2. 复杂整体性原则的内涵 .....	(148)
3. 与客观简单性原则的关系 .....	(151)
五、并协互补性原则 .....	(155)
六、对应协调性原则 .....	(159)
<b>第四章 物理科学臻美创造方法论</b> .....	(163)
<b>一、科学想象及其与艺术想象的关系</b> .....	(163)
1. 科学想象的内涵与重要性 .....	(164)
2. 科学想象的功能 .....	(168)
3. 科学想象与艺术想象的比较 .....	(174)
4. 音乐艺术与科学想象 .....	(177)
5. 文学诗歌与科学想象 .....	(181)
6. 造型艺术与科学想象 .....	(186)
7. 科学想象的特点 .....	(188)
<b>二、触发直觉、灵感的美学因素</b> .....	(190)
1. 由自然美引发的直觉与灵感 .....	(193)
2. 由文学艺术引发的直觉与灵感 .....	(196)
3. 由造型艺术引发的直觉与灵感 .....	(200)
<b>三、对称方法</b> .....	(204)
1. 形象对称法 .....	(205)
2. 抽象对称法 .....	(206)
3. 数学对称法 .....	(208)
<b>四、逻辑方法</b> .....	(211)
<b>五、逻辑与非逻辑交融互补法</b> .....	(213)
1. 科学的进步引起了思维方式的突破 .....	(213)
2. 一种综合型的思维方式——科学审美思维 .....	(216)
3. 以层面观念与兼容思想为其特征 .....	(219)

<b>第五章 物理科学臻美的重大意义</b> .....	(223)
<b>一、认识论意义</b> .....	(223)
1. 审美有助于主体创造能力的提高 .....	(226)
2. 以美启真——由求美而达真 .....	(228)
3. 以美示真——由求美而促真 .....	(231)
4. 以美传真——由接受美而接受真 .....	(232)
<b>二、教学论意义</b> .....	(233)
1. 以美辅德 .....	(234)
2. 以美求真 .....	(236)
3. 以美促健 .....	(238)
<b>三、通才教育论意义</b> .....	(240)
1. 有利于触发知识的综合效应 .....	(241)
2. 有利于异学科研究方法的相互借鉴 .....	(243)
3. 有利于交叉学科的创立 .....	(244)

## 第一章 科学和艺术——一个硬币的两面

当今，科学和艺术都有其专门的研究领域。它们各自从不同的途径、不同的角度、不同的层次，运用不同的方法，帮助人类去认识世界和改造世界。艺术是用动作、线条、色彩、音响和造型等手段构成的形象来反映社会生活，表达艺术家思想感情的一种社会意识形态；科学则是深入到“事物的内里”，而忽略“形式的素质”，主要从量的方面来说明事物的。用今天的眼光来看，虽然它们所涉及的对象有重叠和交叉的部分，但它们之间在学科形态上的界限还是十分清楚的。

然而，早期的科学和艺术却如同一对孪生兄妹，两小无猜，形影不离。它们共同产生于生产劳动，又一起推动着生产劳动向高级形态发展，从而使人类逐渐从动物中区分出来，从原始和蒙昧中解放出来。

古时候的学者大都多才多艺，往往同时在几个方面为人类文明作出巨大贡献而名垂史册。如被誉为近代“科学上的艺术家、艺术上的科学家”的达·芬奇，既是大数学家，又是大物理学家，还是大画家、音乐家和发明家；素有“近代科学之父”之称的伽利略还具有卓越的文学才能等等。这不能不与他们当时所处的科学和艺术尚未分家、浑然一体的历史条件有着某种内在的联系。但是在文艺复兴后的几个世纪里（主要是17—19世纪），由于生产力的发展，使得一部分人脱离生产，专门从事科学或艺术研究。随着研究领域的不断深入，科学和艺术成果纷呈。一方

面在科学上取得了像牛顿力学、引力理论、微积分的创立，元素周期表和近代化学的创立，以及电磁理论、进化论、原子物理学开创等一系列突出成就；另一方面，在艺术上如文学界产生了诸如歌德、席勒、海涅、托尔斯泰、巴尔扎克等一些世界文豪，而绘画界却产生了像库尔贝、门采尔、科罗、安格尔等古典主义大师。

科学和艺术就这样被推动演进了4个世纪。

然而，“合久必分，分久必合”是世界历史发展的自然法则。如今，伴随着知识领域的整体化、综合化趋势，科学与艺术之间又出现了新的交叉、渗透、融合的现实和走向统一的趋势。从原来的自在的一体态到当今的自为的一体化，这是极为深刻的历史变化。这种历史变化，显然是以科学和艺术两者**原本具有的一体性为其内在逻辑根据的。**

下面本书将从方法论、认识论等角度，深入挖掘科学和艺术之间的相似相通之处及其根源，并动态地寻找和研究它们内在的统一性。

## 一、形式美组合规律的一致性

科学和艺术，虽然各自采取独特的同构方式、方法和语言，从两个全然不同的侧面来反映大千世界中无数现象背后的两种秩序：精确的、严格的秩序和混沌的、奔放的秩序。但是，它们却都遵循着共同的形式美的组合规律——简单性、对称性以及和谐统一性等。

### 1. 简单性

科学创造活动的本质，总是力图用一个凝练、简洁的公式或定律去概括最大量、最丰富的自然现象。公式或定律的阐述越简

单,应用越广泛,科学本身越见深刻。

虽然自然界的客观规律在人类诞生以前就已经存在,但是表述自然界客观规律的科学理论体系,却是人类创造性劳动的成果,是人类思维对大量的事实进行整理、概括和总结的产物。客观事物的辩证性质要求科学工作者用辩证思维去反映它,并把它概括为系统的理论形态。因此,自然科学理论就其本身的表现形式来看有其主观的一面;但就其客观内容而言,却是反映客观事物及其运动过程本质的知识,即普遍规律、必然联系、内在关系方面的知识。当然,这种反映并不是机械的、被动的,而是在纷乱中找出秩序,在杂多中见出统一,在现象中揭示本质。因此,科学工作者要运用概括和抽象手法,归纳出概念和公设,运用逻辑思维推导出定律和推论。为了删除那些不符合经济性的东西,把构成理论的元素及其关系凝缩得更紧密,科学工作者还要使自己的理论符合“简单性原则”。一切科学的伟大目标都是“要从尽可能少的假说或公理出发,通过逻辑的演绎,概括尽可能多的经验事实”。〔1〕牛顿用他的力学运动三大定律和万有引力定律囊括了开普勒、伽利略的成果,把天上、人间的力学运动现象全部包容在自己的力学体系之中,自然比开普勒、伽利略的理论更为深刻、简单和宏远。而爱因斯坦则在更高的思想层次上,以简单的两个基本假设(光速不变原理和相对性原理)为基础,建立了狭义相对论,把牛顿力学作为一种宏观低速状态下的特例而包括在其中。他的广义相对论也是如此,等效原理和广义协变原理(广义相对性原理)是该理论仅有的两条基本假设,借助黎曼几何这一演绎工具,导出了引力场方程,把一切涉及力的问题都归结为该方程的解,因而广义相对论则是更加概括、更加简单与

---

〔1〕《爱因斯坦文集》卷1,商务印书馆,1979年版。



宏远的理论，它进一步把物质、运动、时间、空间和引力统一了起来。

追求简约，渴望简单与宏远同样也是艺术作品的创作目标。艺术家总是力图以最少的人物、最简单的场景和道具去表现作品的情节，而对每一个人物的，特别是主要人物却要求刻画得更为细致而完美。如达·芬奇的《蒙娜·丽莎》是一幅构图简单的肖像画，人物的表情是瞬时的，但却凝固了永恒的美。虽然古希腊的雕像通常只一个人，我国古代戏曲的布景常常仅一张桌子，但却有极高的表达能力和艺术感染力。我国古诗之妙往往在于它专求“意象”和“清空”，即摄取事物的神理，遗其外形，以数言而统万象。诗人们所呕心沥血的，乃是企图用最少的汉字高度概括人类最丰富的思想感情。“春蚕到死丝方尽，蜡烛成灰泪始干。”这句名诗之所以成为千古绝唱，正是因为它符合艺术王国所追求的简约、凝练，仅仅用了 14 个汉字，便生动地概括了自然界蚕类的生理现象，蜡烛燃烧时的物理化学现象（其中裹挟着诗人的“移情”，即把蜡烛人格化），而且更主要地还在于它的引申意义：用常见的生物和物理现象，比喻并概括了那些为某种崇高的事业和理想而献身的“鞠躬尽瘁，死而后已”的精神。

## 2. 对称性

对称性质，无处不在，悠悠万物中既表现出镜对称、轴对称、点对称等空间对称性，又表现出周期、节奏、旋律等时间对称性，还表现有与时空坐标无关的更复杂的对称性。因此，作为研究物质世界最基本的运动、结构及其规律性的科学理论，由于它是借助于一系列概念、判断和推理表达出来的，经过实践检验或逻辑证明的系统知识，自然会浸透着圆满、匀称的对称性质。例如，物理学中有分别与能量守恒定律、动量守恒定律、动量矩守恒定