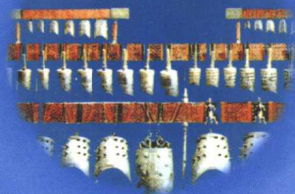


走向科学的明天丛书

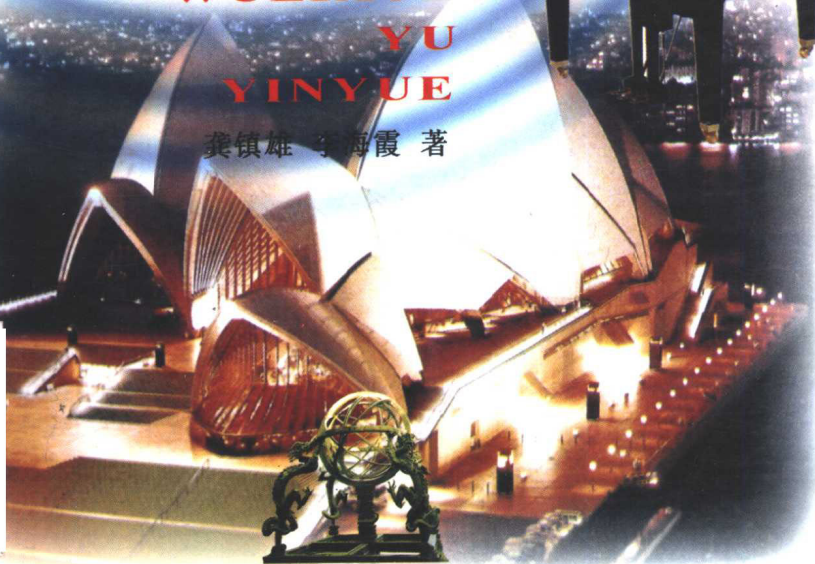
ZOUXIANG
KEXUE
DE
MINGTIAN
CONGSHU



物理学与音乐

WULIXUE
YU
YINYUE

龚镇雄 李海霞 著



广西教育出版社

国家“九五”重点图书
出版规划项目



走向科学的明天丛书

物理学与音乐

龚镇雄 李海霞 著

广西教育出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

物理学与音乐/龚镇雄等著. — 南宁: 广西教育出版社, 1999. 11

(走向科学的明天)

公开发行

ISBN 7-5435-2938-6

I. 物... I. 龚... II. 音乐学: 物理学
IV. J611.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 53102 号

走向科学的明天丛书

物理学与音乐

龚镇雄 李海霞 著

☆

广西教育出版社出版

南宁市鲤湾路 8 号

邮政编码: 530022 电话: 5850219

本社网址 <http://www.gep.com.cn>

读者电子信箱 master@gep.com.cn

全国新华书店经销 广西民族印刷厂印刷

*

开本 850×1168 1/32 3.5 印张 插页 6 68 千字

1999 年 12 月第 1 版 2001 年 1 月第 3 次印刷

印数: 10 001—15 000 册

ISBN 7-5435-2938-6/G · 2224 定价: 7.00 元

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与承印厂联系调换

序

在世纪之交,我们这套《走向科学的明天丛书》问世了。这是一套面向青少年朋友的大型科普读物,是为了补充学校教育之不足,从数学、物理学、化学、天文学、地球科学和生命科学六大基础科学的历史发展、当前的成就、未来的璀璨远景,分类展示给读者。

本世纪末,有一股反科学的逆流,认为科学的时代已经过去。例如美国的约翰·霍根,他写了一本书《科学的终结》,他说:“科学(尤其是纯科学)已经终结,伟大而又激动人心的科学发现时代已一去不复返了!”与此同时,法国当代女巫伊丽莎白·泰西埃也写了一本畅销书《占星术——21 世纪的科学》,再加上那些“世纪末”的谣言和形形色色的邪教,把社会搅得似乎有点混乱。

然而,科学永远是照亮世界的火炬,光芒所至,一切邪魔歪道都会原形毕露。这套《走向科学的明天丛书》也正是告诉大家,21 世纪的科学非但不会终结,还将会有更大的发展。

为什么《走向科学的明天丛书》还是从数、理、化、天、地、生这老的六大基础科学讲起?因为我们不能割断人类认识客

观世界的历史,这是人类认识绝对真理的长河中的一个非常重要的环节,近代科学和未来的科学都是在这个基础上发展起来的,边缘科学、前沿科学……我们都在科学的明天中讲到了。有人不顾客观的科学发展的历史事实,主观地想把科学体系打乱,从而建立个人的“新科学体系”,这样只能把科学搞乱,给伪科学以钻空子的机会。

在80年代初期,科普界曾有过一场争论,那就是有人说知识的科普已经过时,科普的任务是普及科学思想和科学方法,而这个任务将由科学文艺(主要是科幻小说)来完成。我们说科学基础知识与科学思想和科学方法是刀与刃的关系,抛弃科学基础知识,科学思想和科学方法就成了无刀之刃,只是幻想与空话。科学基础知识越深厚,科学之剑也就越坚实,砥砺出来的剑刃也就无坚不摧。我们推出这套《走向科学的明天丛书》,也就是想让每一位读者都能得到这柄坚实的剑,而砥砺剑刃则需要读者们自己的努力了。

这套丛书的编写是在一批老科普作家支持下集体完成的,他们多年来在教育和科研第一线工作,如今大多已年近花甲或年过花甲,但为了科普事业的发展,他们仍然在百忙之中创作了这批精彩的科普作品,我们应该向他们表示衷心感谢。

最后,要特别感谢广西教育出版社,正是在编辑们的精心设计和组织下,这套《走向科学的明天丛书》才能与读者早日见面。

郭正谊

1999年8月20日

致青少年朋友

自然界是无限广阔和丰富多彩的,人们对自然界的认识和开发利用日新月异。

从远古起,人们就注意观察和研究自己周围所接触的事物,例如钻木取火、摩擦生电和杠杆、磁石等物理现象,逐渐积累了大量的物理资料。然而,物理学的迅速发展并成为一门学科还是16世纪以后的事。从那时起到19世纪末,物理学已发展成为相当完整的经典体系,曾大大地推动了社会生产力的发展,使机械工业、电力工业普遍推广,无线电通讯广为普及。

随着工农业生产和科学实验的发展,仪器也日益改进,人们研究的范围也日益扩大。到20世纪初,陆续发现了一系列新的物理现象,经典物理学已经无法解释。通过大量的实验和探索,研究高速运动粒子所遵循的规律——相对论诞生了,研究微观粒子波粒二象性理论的量子力学也相继诞生了。相对论和量子力学的建立,不仅解决了许多经典物理学所不能解决的问题,而且广泛地扩展了物理学研究的领域。20世纪上半叶至中叶,先后建立了许多物理学的新分支,取得了可喜

的成就。

量子力学解决了原子结构和原子运动的问题,给化学元素周期律奠定了物理基础;阐明了原子的结构和变化的规律,对于分子如何结合的问题也作出了很大的贡献;阐明了有关分子性质的物理基础。这样,就给量子力学应用于化学现象的研究开辟了道路,建立了量子化学这门新的学科,并且已开始用来指导实践。

把量子力学和相对论用来研究原子核物理现象,建立了原子核理论。在这个理论指导下,原子弹、氢弹、核反应堆等都已先后问世。

量子力学、相对论与电磁理论统一起来,形成了量子电动力学,在说明电子和电磁场相互作用方面,取得了与实验符合得很好的结果。

量子力学和统计物理结合,发展、建立了量子统计物理学,它对固体、液体(统称为凝聚态)和等离子体中各种物理性质的研究,起着主导作用。像航空工业和火箭工业需要的高强度金属材料、自动化技术和电子计算机技术中需要的半导体材料和磁性材料,以及原子能动力工业所需要的特殊材料等,因得益于统计物理学,已由过去的盲目摸索状态走向在理论指导下有计划地研制的阶段,研制过程也得以大大加快。

今天,物理学的研究与应用已渗透到人类社会的各个领域,对推动社会发展起着日益巨大的作用。

21世纪即将来临,物理学将沿着什么方向发展,这是大家所关心的问题。为了使广大青少年朋友在中学学习的基础上,了解物理学的今天和明天,广西教育出版社特邀国内知名的科学家和科普作家撰写了《走向科学的明天丛书·物理学》。该丛书共6本:《物理学的明天》、《物理学与太阳能》、《趣谈相

对论》、《话说现代光学》、《物理学与音乐》、《物理学与人类文明》。作者用通俗、流畅的文笔,描述新的知识,介绍新的领域,集知识性、新颖性、趣味性和可读性于一体,使读者开阔视野,诱发思维,启迪心智。

我衷心地祝贺这套丛书问世,并真诚地期望它受到青少年朋友的欢迎。

阎金铎

1999年6月于北京

写在前面的话

现时的音乐已经深入到我们生活的许多方面。有兴趣的读者不妨做一次统计，我们在一天中听到的声音有：收音机、电视机中播出的声音，收录机、音响、家庭影院中发出的声音，窗外的高音喇叭声或工地、街上传来的声音，户外飘来的琴声、歌唱声、说话声，电话、电铃的响声……其中，音乐声占了很大的比重。由此可见，音乐是每个人、每个家庭生活中不可缺少的一部分。可以试想，如果生活中没有了音乐，世界将会变成什么样子？！

我们正在迈进 21 世纪，这个新时代将是一个高科技的时代、一个信息的时代，能够在这个新时代里遨游并大展宏图的人，必须是全面发展的高素质的人。而所谓的高素质，其中之一就是具备相当的艺术鉴赏力，那么初步了解音乐就应该是必不可少的了。

音乐又是何物呢？古时候，不论东方还是西方，许多国家和民族几乎都认为，音乐是来自神仙居住的天上。我国古籍有记载：“音乐之所由来者远矣，始于度量，本于太一。”（《吕氏春秋》）。“太一”就是宇宙天外。还有：“五音，天音也。”（《尚书》）。然而，从物理学的角度看，音乐实质上就是

一种声波。换一句话说，音乐与物理学有着本质的内在联系。

21 世纪还将是科学与艺术结合的世纪。这里的结合远非是各门艺术中如何使用了高科技，如计算机艺术、激光舞台背景等；也不仅仅是科学技术中如何渗入了艺术的因素，如劳动环境及产品造型的艺术化、形象化等，而是指科学与艺术在学科内容、表现形式、思维方法、概念表述、研究方法以及追求目标等方面的相互结合、相互渗透、相互借鉴和相互启迪。从这个意义上看，物理学与音乐的联系正是这种结合的典型。

出于上述考虑，我与李海霞同志共同撰写了《物理学与音乐》一书。我们试图从科学与艺术共同规律的角度，揭示日常生活中司空见惯的音乐现象的物理内涵，从音乐的物理构成上解释了音乐中的旋律、和弦、拍子、节奏、音色、速度、调式、曲式、织体等要素。书中更对音律、乐器、音响、歌唱、音乐的演出场所、环境音乐、计算机音乐的物理机制进行了阐述，介绍了这些领域的发展前沿和发展趋势。本书的主要特点是角度新颖，可读性强。此外，结合实际生活的特点，我们希望把人们身边的音乐用尽可能通俗易懂的语言表述出来，努力做到深入浅出。我们还尽量避开一些专门术语，如果实在绕不开，则作一些粗浅的解释，目的是使青少年朋友不产生畏难情绪，以一种轻松感读完全书。想深究的读者，不妨参考别的专门书籍。

21 世纪把人生的价值提到了一个前所未有的高度。艺术家多懂一些科学，可以更好地发挥艺术器材的效能，营造更完美的创造空间；科学家多懂一些艺术，可以有更多的灵感出现在科学研究和创造发明中，这样便可以间接地加快人类发

展的步伐。我们希望借《物理学与音乐》这本书在这方面做一个尝试,也希望它成为青少年朋友进入科学和艺术殿堂的敲门砖。

龚镇雄

1999年3月于北京

目 录

序

致青少年朋友

写在前面的话

从科学与艺术到物理学与音乐	1
科学和艺术发展的三个阶段	1
科学与艺术结合的两个例子	
——建筑与音乐	3
历史发展中的物理学与音乐	4
物理学家与音乐家	5
音乐的物理构成	7
音乐是一种声波	7
音乐声及物理学中的噪声	9
音乐的主观量与客观物理量	10
节奏 调式 旋律 曲式 和弦	12
音律	16
什么是音律	16
十二平均律 五度相生律 纯律	19
音律的应用——钢琴的调律	21
音律学的历史发展和研究	22
乐器	25
乐器本来就是一种物理仪器	25
乐器的分类	26
乐器材料的物理性能	30
乐器的声学标准	31
一些常见乐器发声的物理机制	33
音乐电声 音响	48
音乐电声的工作过程	48

☞ 麦克风和卡拉 OK	50
☞ 调频 扬声器 音箱	53
☞ 磁带录音机 电唱机 激光唱片	55
☞ 立体声和高保真	59
☞ 电子乐器——电子琴和电子合成器	62
计算机音乐	66
☞ 从电子音乐到计算机音乐	66
☞ 计算机音乐的内容和 MIDI	68
☞ 计算机音乐的前景	72
歌唱	74
☞ 人体发出的音乐	74
☞ “人体乐器”的物理模式	76
☞ 歌唱的发声原理	78
☞ 美声唱法 民族唱法 通俗唱法	80
☞ 伴奏——歌唱的声乐环境	84
音乐的演出场所	86
☞ 广场上的音乐会 浴室里的歌声	86
☞ 音乐厅的最佳结构设计	88
环境音乐概述	92
☞ 休闲环境音乐	93
☞ 娱乐环境音乐	93
☞ 工作和学习环境音乐	94
☞ 社交环境音乐	94
☞ 购物环境音乐	95
☞ 影视背景音乐	95
☞ 宗教音乐	96
☞ 礼仪音乐	96

☞ 养生音乐和治疗音乐	96
☞ 生态音乐	97

从科学与艺术到物理学与音乐

科学与艺术发展的三个阶段

科学与艺术的关系问题是一个持续争论了几千年的古老话题。许多先哲——包括科学家、艺术家、哲学家以及思想家，对此发表过各自的见解。有人强调两者的共性，认为作为人类文化两翼的科学与艺术一直就是血脉相通、息息相关的。如爱因斯坦就说过：“真正的科学和真正的音乐需要同样的思维过程。”法国评论家巴尔扎克也曾惊叹：“艺术家的猜想与科学家的发现多么相似！”也有人强调二者的差异，认为：

“科学探索的是大自然，而艺术则探索人的心灵。”（俄国诗人穆斯泰·伽·里姆语）。或者认为：“科学的生命很短，而艺术可以让我们永葆青春。”（俄国物理学家契达依戈罗茨基语）。一直到现在，许多人还在争论：未来属于科学还是属于艺术？

科学与艺术的发展大致经历了三个阶段，即合一分一合，划了一个完美的圆圈。

在人类历史的早期，科学与艺术是结合在一起的。希腊神话中的太阳神阿波罗既是司医学、航海之神。又是司音乐、文艺之神。由于当时科学并未被细微划分，而且它的发展深度也远比不上今天，所以当时有些人可以集数“家”于一身，如意大利的达·芬奇，既是一位艺术家和哲学家，又是工程师、物理学家和生物学家，他在许多领域里，都取得了他那个时代登峰造极的成就。这就不难怪有许多哲学家认为：科学的和谐与艺术的和谐都是美的体现。与此相应，在艺术的发展过程中，音乐与数学和物理从来就是密切联系的。

与其他艺术一样，到了中世纪以后，科学与艺术分离脱节，各自向着自己学科纵深的方向发展，它们之间逐渐形成了一道看似不可逾越的鸿沟，这是人类文明发展中的自然进程。

随着科学的发展，科学与艺术越来越表现出相互渗透的趋势，科学技术正越来越多地参与到艺术家的创造过程之中。正如19世纪法国文学家福楼拜所说：“艺术越来越科学化，科学越来越艺术化，两者在山麓分手，有朝一日，将在山顶重逢。”而现在，又该到重逢的时候了。

科学与艺术结合的两个例子

——建筑与音乐

如果说大自然赋予了我们鲜花，科学给它们培土、施肥，艺术把它们编织成花环，那么音乐和建筑则是花环上最艳丽的两朵鲜花。

希腊哲学家毕达哥拉斯发现了琴弦的长短与音高有一定的关系，并由此得知，我们情感体验里最隐秘的东西——音乐竟和我们头脑里把握得最清晰的数学有着奇异的结合。后来，西方科学就凭数学这把钥匙开启了大自然这把锁，而音乐则直接地把宇宙的数理秩序诉之于情感世界。

古希腊传说中有一个关于歌者奥尔菲斯的故事：歌者奥尔菲斯，是首先给予木石以名号的人，他凭借这名号催眠了它们，使它们像着了魔，解脱了自己，追随他走。他走到一块空旷的地方，弹起他的七弦琴来，这空场上竟出现了一个市场，音乐演奏完了，旋律和节奏却凝住不散，表现为市场里的建筑。市民们在这个由音乐凝成的城市里来往漫步，周旋在永恒的韵律之中，所以有人说：“建筑是凝固着的音乐。”19世纪的音乐理论家和作曲家姆尼兹·豪普德曼把这句话倒过来，称：“音乐是流动着的建筑。”意思是说，音乐虽是在时间里流逝不停地演奏着，但它的内部却具有极严整的形式、间架和结构，依顺着和声、节奏、旋律等规律，像一座建筑物那样。如果说音乐是用旋律、和弦、节奏等把生活进行提高、深化、概括，那么建筑则是用比例、匀称、组合等，使音乐在空间里形象化（见彩图1~3）。