



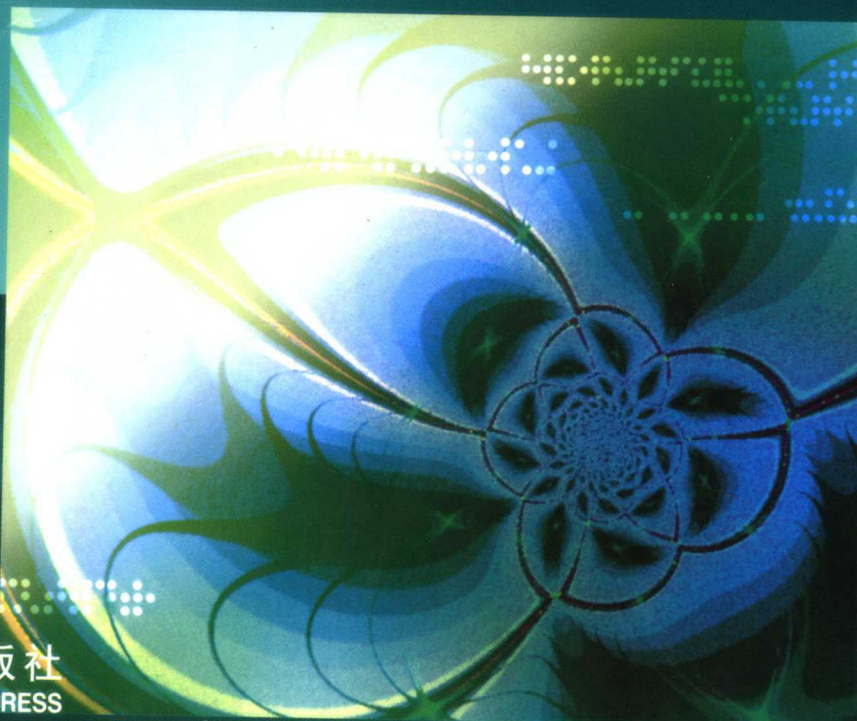
● 普通高等学校信息与计算科学专业系列丛书



教育科学“十五”国家规划课题研究成果

分形

李水根 编著



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

普通高等学校信息与计算科学专业系列丛书

教育科学“十五”国家规划课题研究成果

分 形

李水根 编著

高等教育出版社

内容简介

本书是关于分形的一部教科书。基本内容有:引论、二维空间的分形图形生成、高维(三维和四维)空间的分形图形生成、分形空间与迭代函数系统、测度与维、分形插值、分形混沌动力系统、随机分形和分形图像压缩九部分。

本书内容由浅入深,定理推导详略适当,语言通顺,内容新颖,很多都是近年来的新成果。书中配以大量的例题和图片,以利于读者对内容有更好的理解;附录适当的 C 语言及 BASIC 程序,供读者上机实践。

本书可作为高等院校信息与计算科学、信息工程、数学与计算机等专业的本科生教材,也可供有关专业的研究生及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

分形/李水根编著 —北京:高等教育出版社,
2004.5 (2005 重印)

ISBN 7-04-014372-0

I 分 II 李. . III 分形理论 - 高等
学校 - 教材 IV. O189.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 020793 号

策划编辑	李 蕊	责任编辑	薛春玲	封面设计	王凌波
责任绘图	郝 林	版式设计	马静如	责任校对	康晓燕
责任印制	孔 源				

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
		网上订购	http://www.landaco.com
经 销	北京蓝色畅想图书发行有限公司		http://www.landaco.com.cn
印 刷	北京铭成印刷有限公司		
开 本	787×960 1/16	版 次	2004 年 5 月第 1 版
印 张	15 5	印 次	2005 年 2 月第 2 次印刷
字 数	300 000	定 价	22.00 元
插 页	7		

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 14372-00

信息与计算科学专业系列教材编委会

顾 问 李大潜 刘应明

主 任 徐宗本

副主任 王国俊 马富明 胡德焜

委 员 (以姓氏笔画为序)

韦志辉 叶中行 白峰杉 羊丹平 孙文瑜

吕 涛 阮晓青 陈发来 沈世镒 陈 刚

张志让 吴 微 柳重堪 凌永祥 徐 刚

徐树方 黄象鼎 雍炯敏

秘 书

李水根 王 瑜

总 序

根据教育部 1998 年颁布的普通高等学校专业目录,“信息与计算科学”专业被列为数学类下的一个新专业(它覆盖原有的计算数学及其应用软件、信息与运筹控制等专业).这一新专业的设置很好地适应了新世纪以信息技术为核心的全球经济发展格局下的数学人才培养与专业发展的需要.然而,作为一个新专业,对其专业内涵、专业规范、教学内容与课程体系等有一个自然的认识与探索过程.教育部数学与统计学教学指导委员会数学类专业教学指导分委员会(下称教指委)经过过去两年艰苦细致的工作,对这些问题现在已有了比较明确的指导意见,发表了《关于信息与计算科学专业办学现状与专业建设相关问题的调查报告》及《信息与计算科学专业教学规范》(讨论稿)(见《大学数学》第 19 卷 1 期(2003))为此,全国高等学校教学研究中心在承担全国教育科学“十五”国家级规划课题——“21 世纪中国高等教育人才培养体系的创新与实践”研究工作的基础上,根据教指委所颁布的新的教学规范,组织国内各高校的专家教授,进行其子项目课题“21 世纪中国高等学校信息与计算科学专业教学内容与课程体系的创新与实践”的研究与探索.为推动本专业的教材建设,该项目课题小组与高等教育出版社联合成立了“信息与计算科学专业系列教材编委会”,邀请有多年教学和科研经验的教师编写系列教材,由高等教育出版社独家出版,并冠以教育科学“十五”国家规划课题研究成果.

按照新的《信息与计算科学专业教学规范》(讨论稿),信息与计算科学专业是以信息技术和计算技术的数学基础为研究对象的理科类专业.其目标是培养学生具有良好的数学基础和数学思维能力,掌握信息与计算科学基础理论、方法与技能,受到科学研究的训练,能解决信息技术和科学与工程计算中的实际问题的高级专门人才.毕业生能在科技、教育、信息产业、经济与金融等部门从事研究、教学、应用开发和管理工作的,能继续攻读研究生学位.根据这一专业目标定位和落实“强基础、宽口径、重实际、有侧重、创特色”的办学指导思想,我们认为,本专业在数学基础、计算机基础、专业基础方面应该得到加强,各学校在这三个基础方面可大体一致,但专业课(含选修课)允许各校自主选择、体现各自特点.考虑到已有大量比较成熟的数学基础与计算机基础课程教材,本次教材编写主要侧重于专业基础课与专业课(含选修课)方面.

信息与计算科学,就其范畴与研究内容而言,是数学、计算机科学和信息工

程等学科的交叉,已远远超出数学学科的范畴。但作为数学学科下的一个理科专业,信息与计算科学专业则主要研究信息技术的核心基础与运用现代计算工具高效求解科学与工程问题的数学理论与方法(或更简明地说,研究定向于信息技术与计算技术的数学基础),这一专业定位明显地与计算机科学与信息工程专业构成区别。基于这一定位,信息与计算科学专业可包括信息科学与科学计算(计算数学)两个大的方向。科学计算方向在我国已有长期的办学经验,通常被划分为偏微分方程数值解、最优化理论与方法、数值逼近与数值代数、计算基础等学科子方向。然而,对于信息科学,它到底应该怎样划分学科子方向?应该怎样设置专业与专业基础课?所有这些都仍是正在探索的问题。

任何技术都可以认为是延伸与扩展人的某种功能的方式与方法,所以信息技术可以认为是扩展人的信息器官功能的技术。人的信息器官主要包括感觉器官、传导器官(传导神经网络)、思维器官和效应器官四大类型,其功能则主要是信息获取、信息传输、信息处理和信息应用(控制),因而感测技术、通信技术、智能技术与控制技术通常被认为是最基本的信息技术(常称之为信息技术的四基元),其他信息技术可认为是这四种基本技术的高阶逻辑综合或分解衍生。所以可以把信息科学理解为是“有关信息获取、信息传输、信息处理与信息控制基础的科学”。从这个意义上,我们认为:信息处理(包括图像处理、信号分析等)、信息编码与信息安全、计算智能(人工智能、模式识别等)、自动控制等可构成信息科学的主要学科子方向。这一认识也是教指委设置信息与计算科学专业信息科学方向课程的基本依据。

本系列教材正是基于以上认识,为落实新的《信息与计算科学专业教学规范》(讨论稿)而组织编写的。我们相信,该系列教材的出版对缓解本专业教材的紧缺局面,对推动信息与计算科学专业的快速与健康发展会大有裨益。

从长远的角度看,为适应不同类型院校和不同层次要求的课程需求,本系列教材编委会还将不断组织教材的修订和编写新的教材,从而使本专业的教学用书做到逐步充实、完善和多样化。我们诚恳地希望使用本系列教材的教师、同学们及广大读者对书中存在的问题及时指正并提出修改意见和建议。

信息与计算科学专业系列教材编委会

2003年8月31日

序 言

自从 Euclid(欧几里得)在两千多年前创立几何学以来,在漫长的岁月里,自然科学研究人员与数学家们基本上都在 Euclid 空间进行研究和探索.但 Euclid 几何学不是万能的,大自然中的许多现象都不可能由 Euclid 几何来解释.比如树是三维空间的实物,但能由 $z=f(x,y)$ 来描述吗?显然不能.那么如何来描述大自然几何及其他许多 Euclid 几何所不能解决的问题呢?虽然历史上曾经出现像俄罗斯数学家 Lobachevski(罗巴切夫斯基,1792—1856)创立的非欧几何,但其影响有限并且还不能解决我们当前所面临的许多问题.20 世纪 70 年代, Mandelbrot 的分形几何(Fractal Geometry)出现了,许多以前的“数学怪物”及大自然现象在分形几何学里都很容易迎刃而解.更有意义的是,分形几何问世后,立刻被广泛应用于自然科学和社会科学的众多领域.因此,“分形”被认为是 20 世纪数学科学的最重要发现之一.

本书分九章.第一章是引论,介绍了分形与所谓经典数学怪物的关系,相信能引起读者对分形的兴趣.第二章与第三章是分形图形学的部分重要内容,它是分形在信息科学中的重要应用之一.第二章介绍二维空间的分形图形生成.主要有自相似曲线、Mandelbrot 集、Julia 集、Newton 分形、Gumowski - Mira 分形与 L-系统.其中对 Mandelbrot 集的描述有较新的内容.第三章是高维空间的分形图形生成.其中有三维空间的 L-系统和山地风景,四维空间则是四元数分形.由于三维空间的 L-系统与山地风景的程序设计有较大的难度,读者可将它们仅列为阅读内容,重点可放在四元数分形部分.本节较详细地介绍了它的理论,也提供了完整的程序和讲解.第四章是分形空间和迭代函数系统.其中“数学基础”部分是为未学过泛函分析的读者准备的.实际上只有度量空间这一小部分内容,相信有数学分析或高等数学基础的读者都能理解.迭代函数系统是分形理论的一个重要部分,本章作了较全面的介绍,它也是后面分形插值和分形图像压缩的理论基础.第五章是测度与维.测度仅介绍了 Hausdorff 测度,并不深奥.而维数恰恰是区别分形与 Euclid 几何图形的基本参数,所以本节对 Hausdorff 维与盒维(分形维)予以重点的关压.本节也简介了工程中有用的 q -维.针对许多读者对维数计算的浓厚兴趣,特意安排了“维数测定”这一节.另外,结合当前自然科学与社会科学中对重标极差分析的广泛应用,特结合无理数 π 的分维计算予以介绍.第六章是分形插值.从原理与方法两方面介绍了分形曲线的插值.第七章是

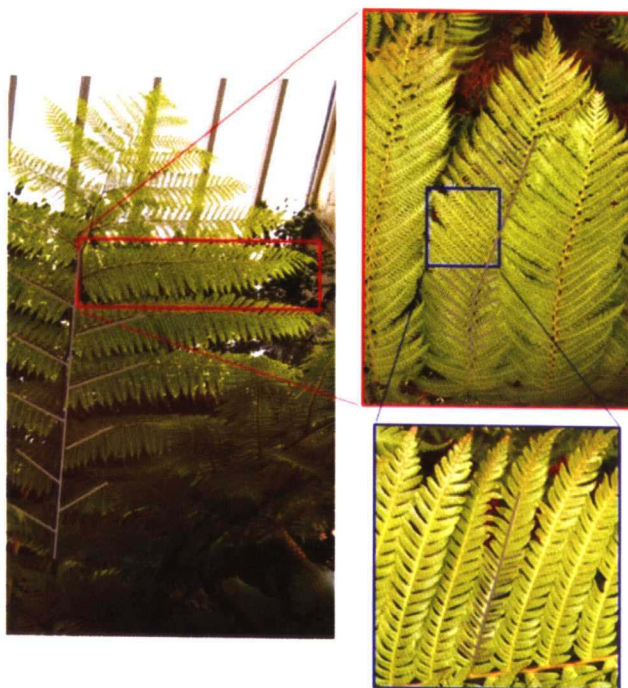
分形混沌动力系统. 重点介绍了 Feigenbaum 分形与 Julia 复动力系统. 第八章是随机分形. 这里并未介绍随机分形的数学理论, 只是结合实践中有重要应用的随机行走、随机分形生长、随机 Internet 交通和随机海岸线等内容简介了分形在科学研究与工程技术中的应用. 第九章是分形图像压缩. 这也是分形在信息科学中的重要应用之一. 本章既有它的理论部分, 也有实践的介绍. 可以看出, 分形图像压缩是极具潜力的方法.

本书的撰写者在西安交通大学有长期的《分形》教学经验, 但由于学识有限, 错误与不足在所难免, 敬请指正, 不胜感激.

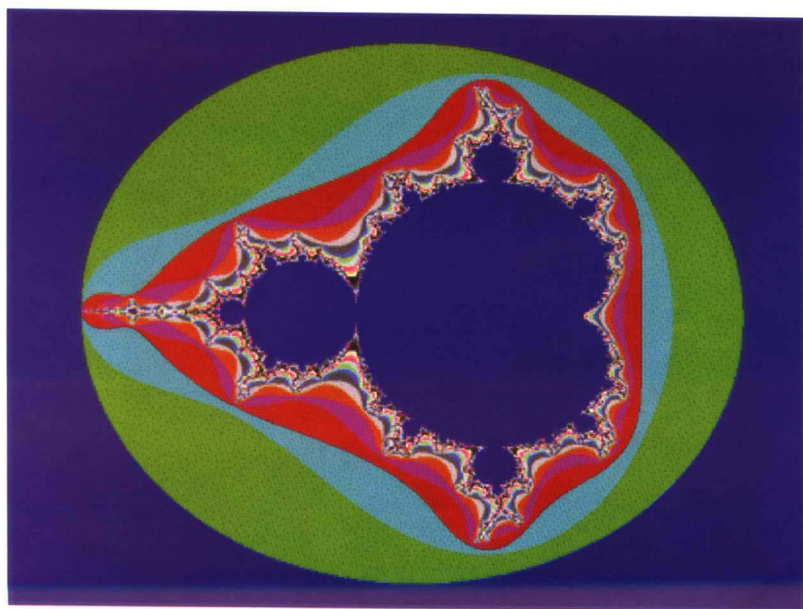
本书的部分插图和部分程序来自西安交通大学研究生袁仁华(现在上海电信)、郭泮、本科生赵翔鹏(现在北京大学硕博连读)、李旭阳(现在南京)和刘杰诗(现在广东)的工作. 第九章中的两种分形图像压缩方法, 也出于袁仁华和郭泮的工作, 在此深表谢意.

李水根

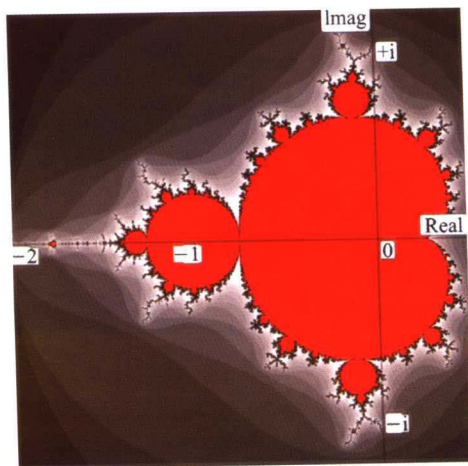
2003 年 10 月 31 日



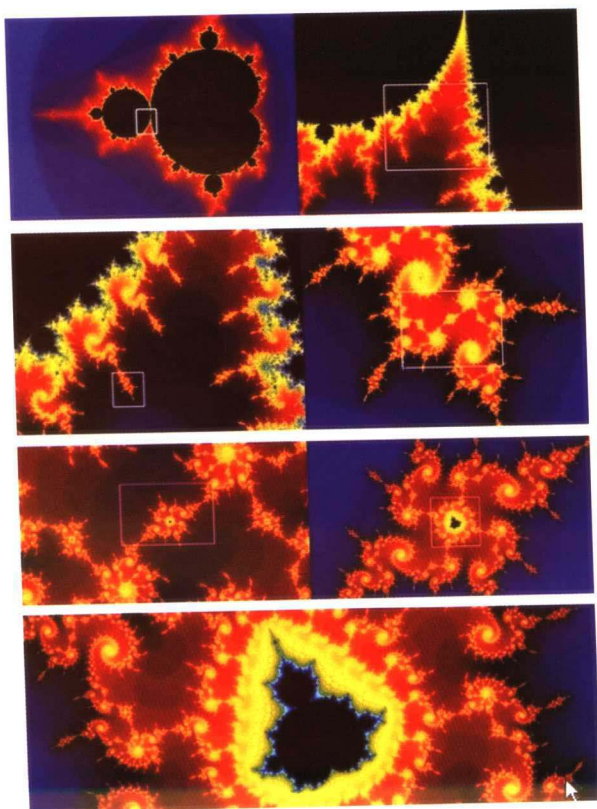
彩插(一)



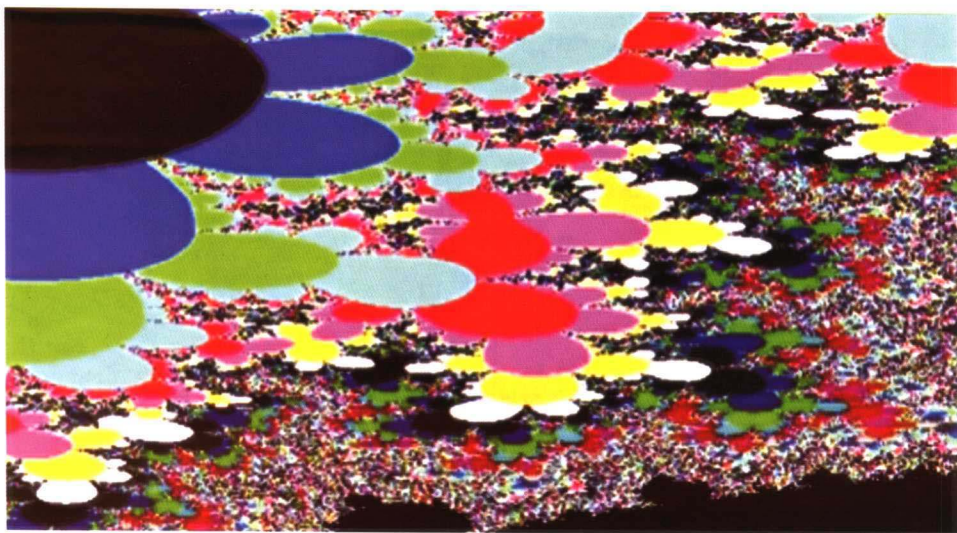
彩插(二)



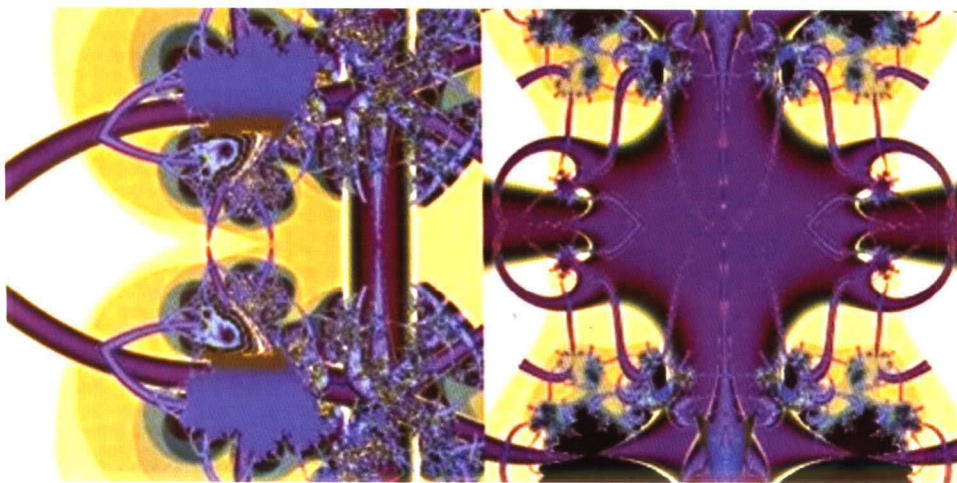
彩插(三)



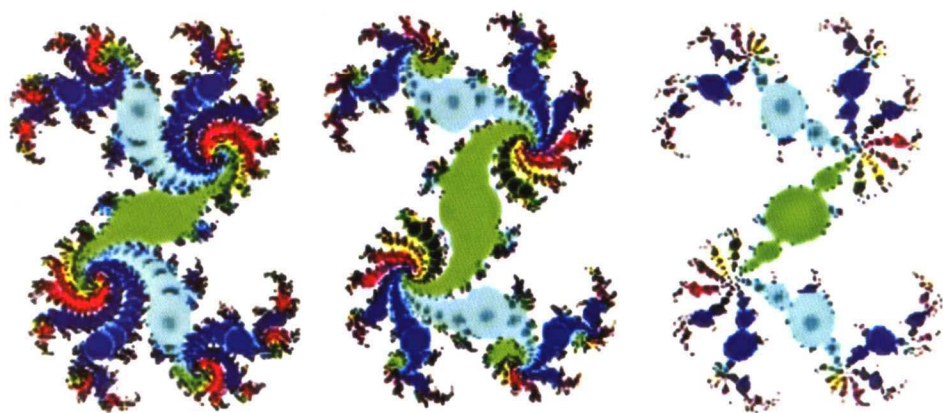
彩插(四)



彩插(五)



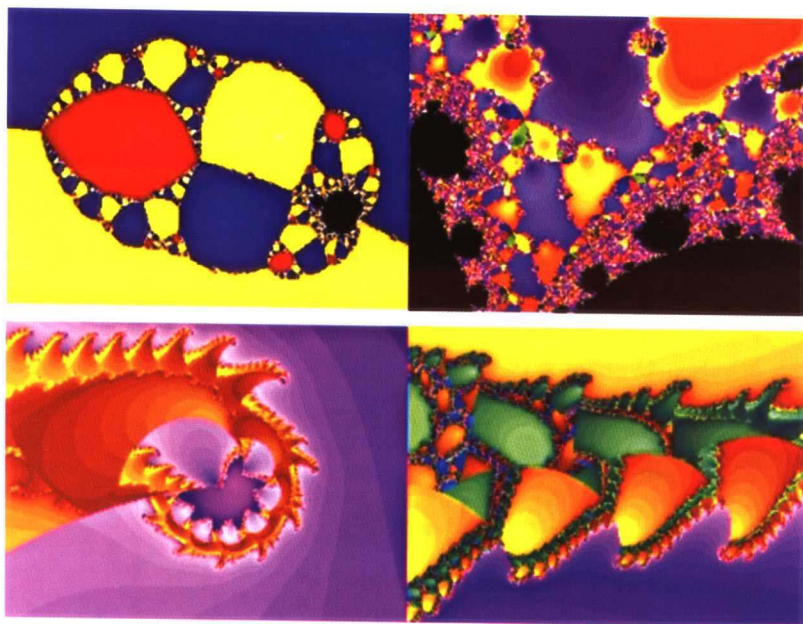
彩插(六)



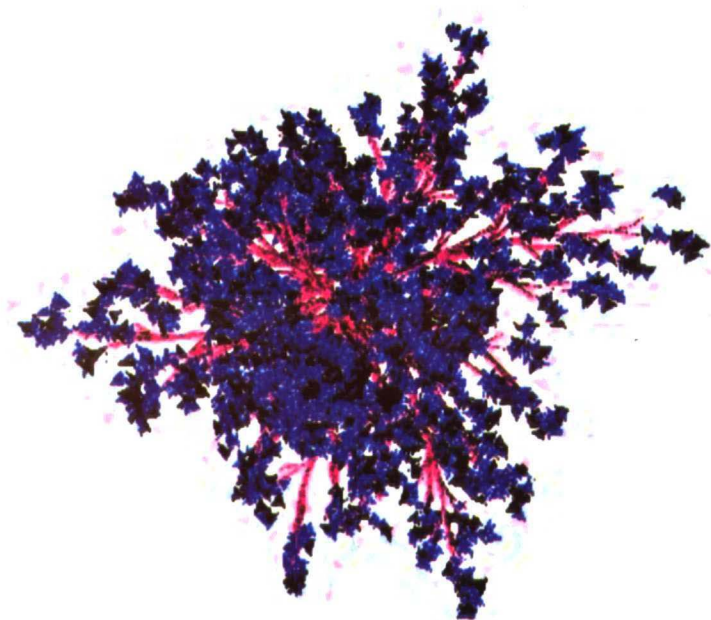
彩插(七)



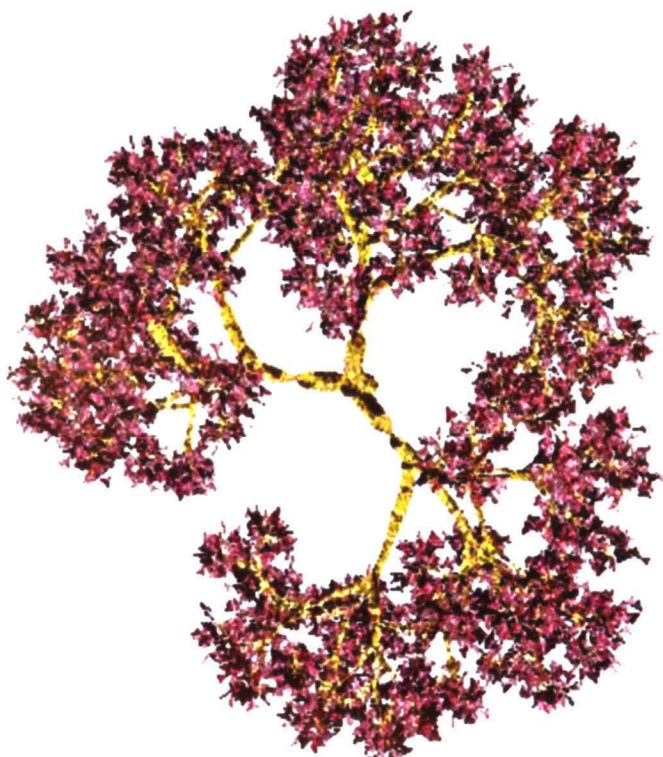
彩插(八)



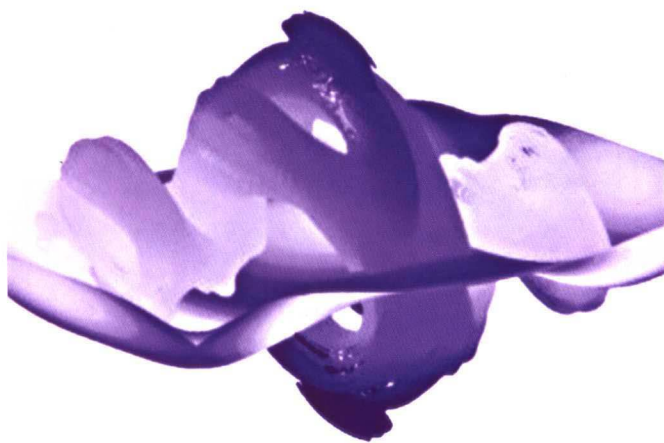
彩插(九)



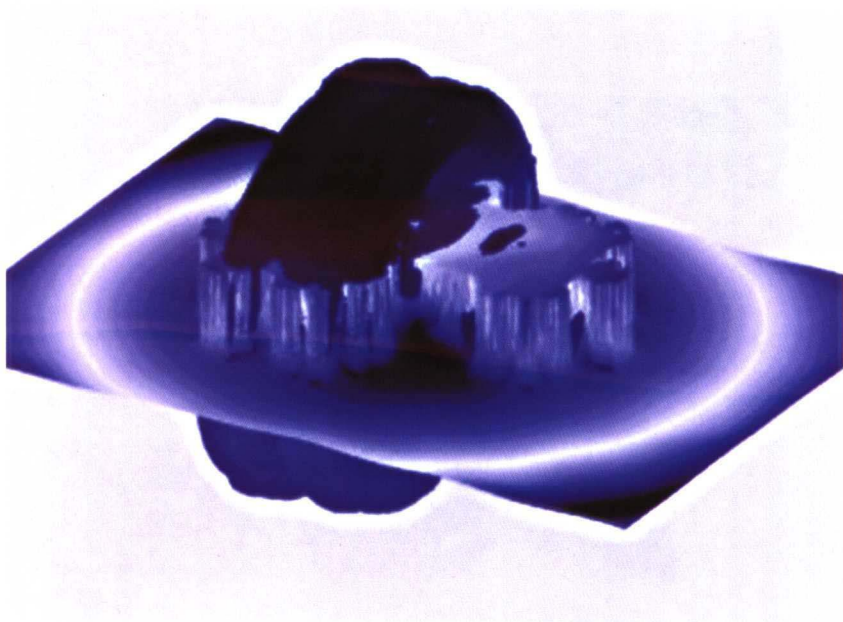
彩插(十)



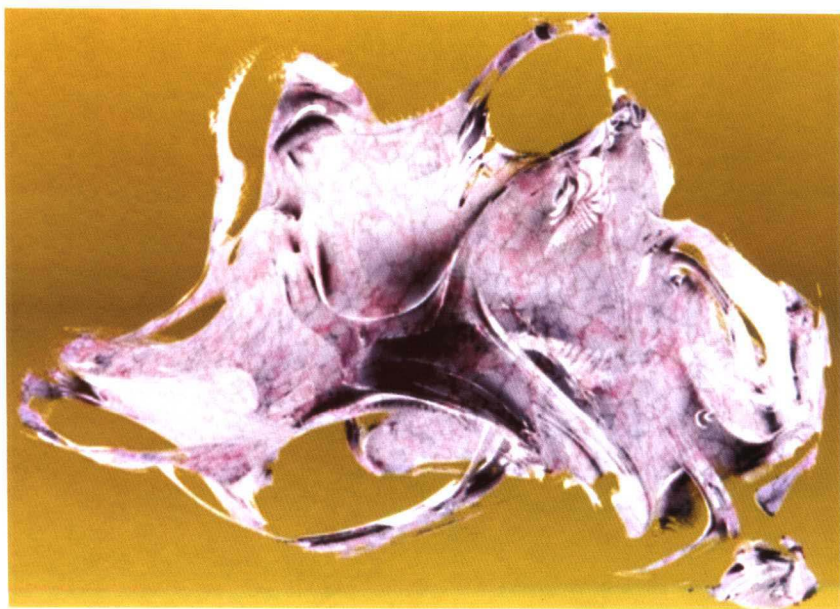
彩插(十一)



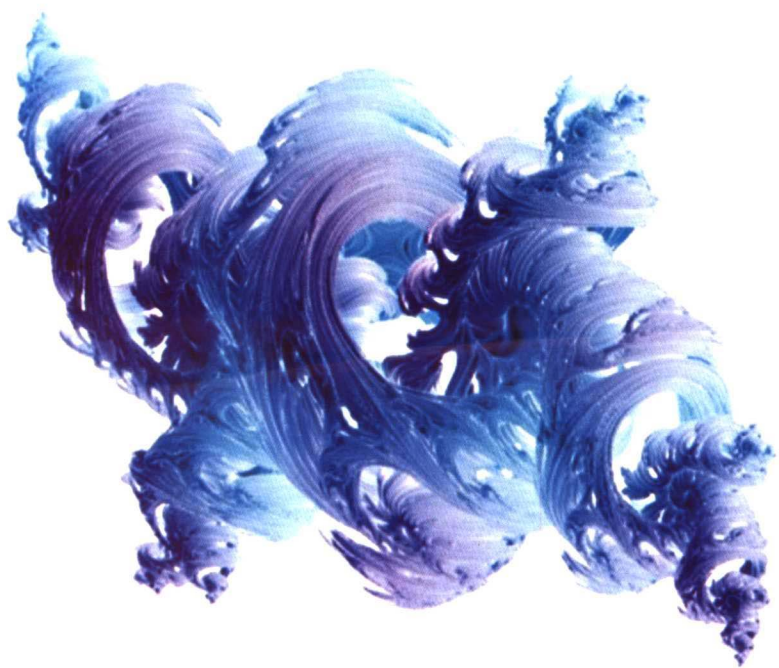
彩插(十二)



彩插(十三)



彩插(十四)



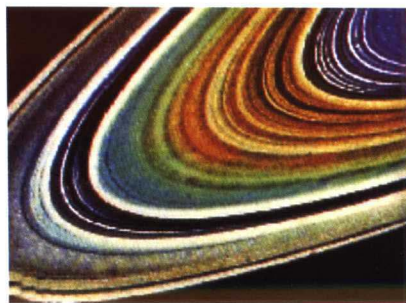
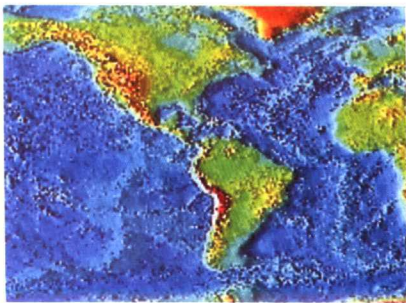
彩插(十五)



彩插(十六)



彩插(十七)



彩插(十八)