

科学与艺术

——在中国艺术研究院的讲话

周光召

一、科学和艺术的价值

纯粹的科学和艺术都是人类文化宝库中最具创造力和最有价值的部分。科学和艺术以各自不同的角度认识世界。它们的内容和表现形式虽然不同，都是人类从各种事物现象的状态和变化中，以不同的方式对“真、善、美”进行不懈追求所产生的智慧的结晶。

纯粹的科学和艺术的创作都没有实用的目的，只是发源于对“真、善、美”的追求，只是受好奇心的驱使和着眼创造力的施展。

“真、善、美”代表了科学和艺术的价值观和道德观。按照“真、善、美”的要求和标准，发展科学和艺术能提高人类自身的价值和道德，促使人类向更完美的方向进化。

自然科学家也追求为善

和社会科学不同，自然科学求真唯实，追求客观真理，反映客观世界的真和美，没有内在的与人性相关的善恶标准。但是自然科学产生技术，技术的应用对社会生活产生重大影响，它既可以用来改善人类的生活条件，也能够用来进行破坏甚至毁灭人类的生存条件。自然科学和社会科学结合，产生了科学的伦理学，确定了自然科学研究应当遵循的道德准则和善恶标准。一位有社会责任感的科学家在工作中应当也会同时追求真、善、美。

许多反映自然美的艺术作品同样没有善恶标准。而以社会作为对象的艺术作品，以多种艺术形式揭露世间一切丑恶的现象，展示人类一切美好的事物，抑恶扬善，成为社会的良心。

当艺术作品进入市场，成为商品以后，一部分流行艺术，迎合市民的低下趣味，宣扬暴力和淫秽，也丧失了对“真、善、美”的追求。

只有保持科学和艺术的本色，才能提高人类自身的价值和道德，促使人类向更完美的方向进化。

二、科学和艺术的共性和个性

艺术和科学有相通的一面，都要表达表面现象内部隐藏的某种永恒的、带普遍性的、简单的真理和美感。

艺术家进行创作和科学家进行研究都要从对世间事物和现象的深入观察和思考开始，都要有丰富的想象力、敏锐的判断力，掌握独特的技术和分析的方法，才能在追求真理和美感的过程中完成伟大的作品和做出崭新的发现。

科学、艺术和美

对称性和对称性的破缺、比例和相似性、黄金分割等在科学和艺术中都体现了美的规律。

美是艺术的灵魂。同时，不朽的艺术作品常常是对世界和人性真实的写照，对善的向往和对恶的鞭

拮。对艺术的欣赏能提升人性，纯化人的灵魂。

科学家所注重的美则是现象多样性内部隐藏的规律的同—性，是事物不停的运动演化过程中的某些物理量和几何量的对称性和不变性，是外部绚丽多彩的现象下内在的简单性。科学的美是理性的美，主要是通过事物共同遵循的结构和运动规律表现出来的。如所有生物的遗传密码都是由四种核苷酸分子 A、C、T 和 G 作为密码子母排列组成的。这就是科学家心目中生命内在的美。

科学和艺术的共性和个性

艺术是以人为中心的，它要注重表达的是艺术家对人的感情、人的价值、人与人的关系、人与自然的关系所形成的感受。艺术对美的理性认识是通过感性表达出来的。

而科学则是以客观世界作为中心，它注重的是客观事物之间的关系和相互作用，是它们运动变化的内在规律。科学对美的感性认识是通过理性表达出来的。

艺术和科学与伦理学相结合都体现以人为本的思想，很多伟大的艺术家和科学家同时也是伟大的人道主义者。

艺术作品是艺术家依据自身的观察和人生经历，以艺术形式所表达的个人对大自然、对人生和世界的看法，向大众展示自身的感受、感情、思想和认识。艺术作品带有强烈的作者的个性和主观感受。

和艺术不同，在确定条件下证实的科学结论是客观的，不依科学家个人的主观感受而变更，可以在相同条件下，为其他科学家所重复证明。

科学没有国界，也不包含科学家的个性，科学知识和科学方法可以经过传授和实践，为大众所掌握。

科学研究成果是客观事物运动规律的知识，科学发现必然带来技术的发明和工业的应用。发现越基本，规律越普遍，越能产生重要的技术和应用，对社会的发展起的作用也越大。如半导体、激光的发现产生了微电子和光电子技术，形成了家用电脑和光纤工业，发展了手机和因特网，改变了人们的工作方式和生活方式。

艺术表达作者的思想 and 感情，思想越深刻、感情越丰富，越能感染广大的人群。优秀的作品超越时代和地域，具有永久的魅力。如李白、杜甫的诗，莎士比亚的剧本，贝多芬的交响乐，达芬奇的画等等。有些作品深刻反应了群众普遍的情绪和心声，在特定的年代和民族中更具有广泛强烈的震撼力，如《义勇军进行曲》。

科学虽以现象的描述为基础，着重的却是规律

的发现。科学的美常常反映在内在规律的数学形式上。例如所有速度小于光速的机械运动，从太阳系到机器人都服从同一个简单的数学方程：

$$F = ma$$

艺术所着重表达的则是内心的感情，是强烈的爱和憎，是个人的意境和神韵，常常以抽象的形式追求理想的美。国画大师，寥寥几笔，花草人物，跃然纸上，意境高雅，妙趣横生。

科学和艺术对事物的认识都经历了由繁到简，由现象到本质的过程，它们都来源于实践而高于实践，来源于生活而高于生活。

而科学和艺术的生命力都在于推陈出新，标新立异。学习的唯一目的是超越和创新，对科学和艺术的评价都只认首创，而不认跟踪。

三、科学家论科学的美

数学家和哲学家罗素

“数学，如果正确地看它，则具有……至高无上的美——正像雕刻的美，是一种冷而严肃的美，这种美不是投合我们天性的微弱的方面，这种美没有绘画或音乐的那些华丽的装饰，它可以纯净到崇高的地步，能够达到严格的只有最伟大的艺术才能显示的那种完美的境地。一种真实的喜悦的精神，一种精神上的兴奋，一种觉得高于人的意识——这些是至善至美的标准，能够在诗里得到，也能够数学里得到。”

Jules Henri Poincare

“科学家并不因为有用而研究自然；他研究是因为他感到高兴，他高兴是因为自然很美。如果大自然不美，就不值得去研究，如果大自然不值得了解，生命也就没有价值了。当然，我在这里不是说那种打动我们感官的外在的美，并不是因为我低估它们，只是它们和科学没有关系。我指的是由于事物各部分间的和谐和秩序所反映出的深刻的内在美，这种美只能由智慧才能把握。这是由实体，或者说结构所给出的内在美，因它才形成炫耀我们感官的亮丽形象。没有它的支撑，外在的美就象一个多变的模糊短暂的梦，是不完整的。”

爱因斯坦

“追求真理和美是在我们一生中能始终保持童趣的活动领域。”

“把人们引向艺术和科学的最强烈的动机之一，是要逃避日常生活中令人厌恶的粗俗和使人绝望的沉闷，……一个修养有素的人总是渴望逃避个人生活而进入客观知觉和思维的世界；……除了这种消极的动机以外，还有一种积极的动机。人们总想以最适

当的方式来画出一幅简化的和易领悟的世界图景；于是他就试图用他的这种世界体系来代替经验的世界，并来征服它。这就是画家、诗人、思辨哲学家和自然科学家所做的，他们都按自己的方式去做。各人都把世界体系及其构成作为他的感情生活的支点，以便由此找到他在个人经验的狭小范围里所不能找到的宁静和安定。”

诺贝尔奖获得者，理论物理学家狄拉克

“爱因斯坦推崇这种思想：凡是在数学上是美的，在描述基本物理学方面就很可能是有价值的。这实在是比以前任何思想都要更加根本的思想。描述基本物理理论的数学方程中必须有美，我认为这首先应当归功于爱因斯坦而不是别人。”

“我认为，信仰这个理论的真正理由就在于这个理论本质上的美。这个美必定统治着物理学的整个未来。即使将来出现了与实验不一致的地方，它也是破坏不了的。”

爱因斯坦一旦遇到困难，思索陷入困顿时，他就会不由自主地放下笔，拿起琴弓。那优美、和谐、充满想象力的旋律，会在无形中开启他对物理学的思路，引导他在数学王国作自由、创造性的遐想。音乐往往催化出爱因斯坦的科学创见和思维火花。在音乐的自由流淌中，深奥的理论物理学有了美妙的旋律。

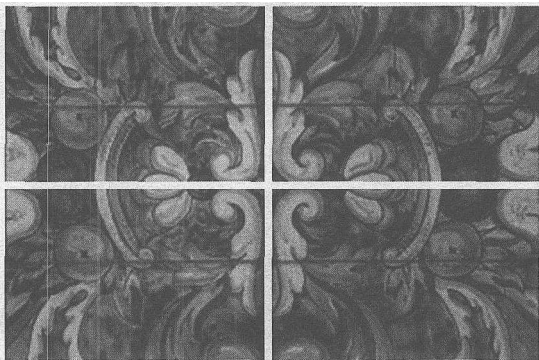
在柏林科学院，爱因斯坦同普朗克一起演奏贝多芬的作品，也是人们广为流传的美谈。弹钢琴者是量子论创始人普朗克，演奏小提琴者，则是相对论创始人爱因斯坦。量子论和相对论共同构成了本世纪物理科学两大支柱。在科学上，他们共同描绘了物理学的一幅优美和壮丽的图景，在音乐艺术上，他们同样能奏出扣人心弦的乐曲。在这两位理论物理学大师的心目中，科学的美和艺术的美是相通的而且是互补的，是精神世界最高最美的两个侧面。只有科学的美，没有艺术的美，是残缺的；只有艺术的美，没有科学的美，同样是残缺的。

李政道论科学和艺术的共性

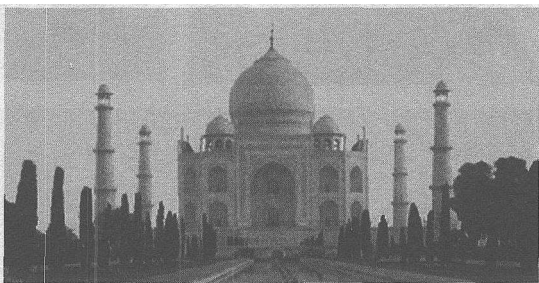
“科学和艺术的关系是同智慧和情感的二元性密切相联的。对艺术的美学鉴赏和对科学观念的理解都需要智慧，随后的感受升华与情感又是分不开的。没有情感的因素和促进，我们的智慧能够开创新的道路吗？而没有智慧的情感能够达到完美的意境吗？所以，科学和艺术是不可分的，两者都在寻求真理的普遍性。普遍性一定植根于自然，而对自然的探索则是人类创造性的最崇高的表现。事实上如一个硬币的两面，科学和艺术源于人类活动最高尚的部分，都追求着深刻性、普遍性、永恒和富有意义。”

四、对称和对称破缺 左右(镜像)对称性

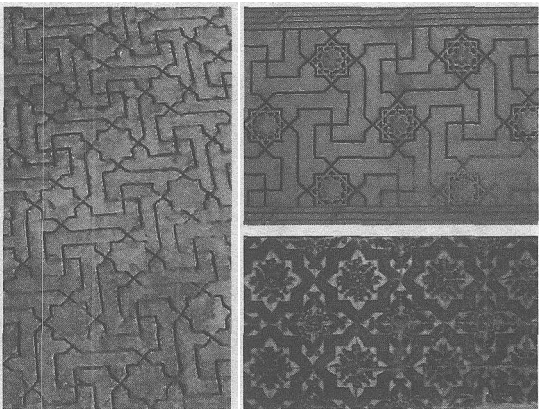
图形中存在对称线，对称线两边的图形存在左右(镜像)对称



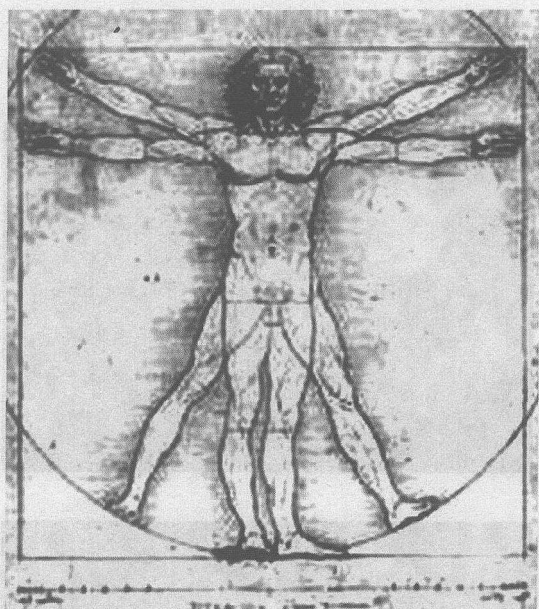
泰姬陵的左右对称性



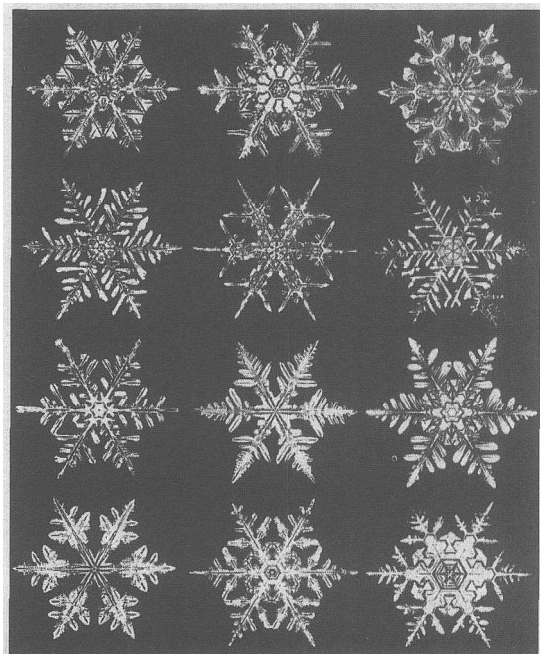
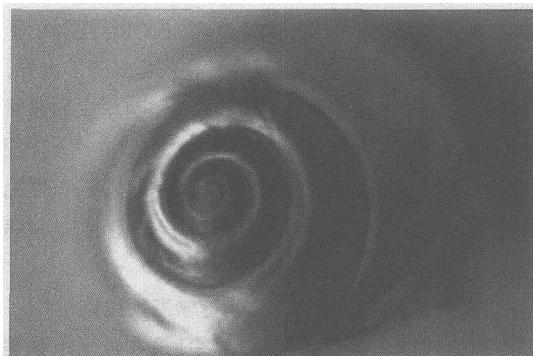
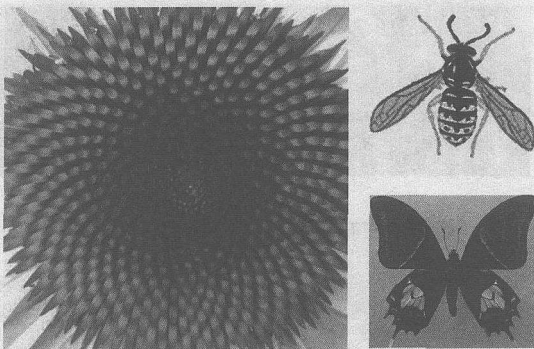
伊斯兰建筑装饰——重复的对称图案



对称、对称破缺和比例



自然界中出现的对称



变动中的不变性——对称性

对称性常常给人以庄严的美感，许多著名传世的建筑都有对称的外表。天然的晶体和某些生物也常常显示其对称的构造。

科学中的对称性还带有根本的意义，超出了一般美感的范畴。现在，我们知道，对称性导致守恒律。例如为何过去和现在事物运动的规律是相同的，那是因为运动规律在时间平移的变动中能够保持不变，也就是它具有时间平移的对称性，已经证明，时间平移对称性导致能量守恒定律。

守恒定律在科学中占有非常重要的位置。科学家在很长时间内都认为对称性和守恒定律是最美的，也是绝对的，不会受到破坏。

在相当长的时间内，科学家认为自然界出现的非对称现象不反应事物运动的基本规律，是不美的。

艺术家很早就发现，太对称显得呆板，不自然。匀称但不完全的对称则给我们以活泼生动的美感，带来世界丰富多彩的多样性



不对称带来的动感



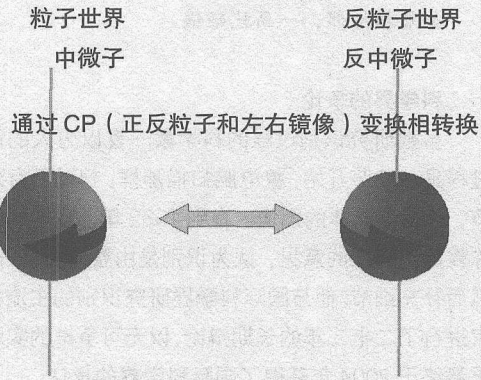
美的代表作



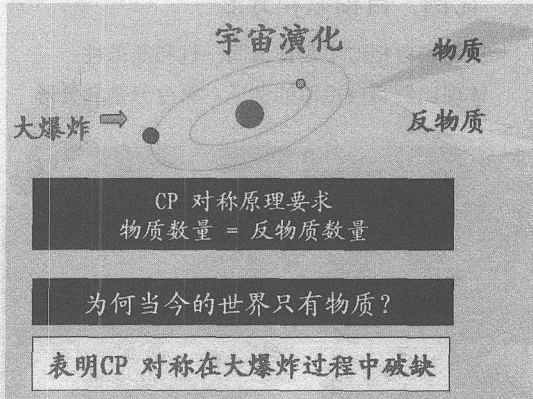
科学界很晚才认识对称破缺的美

1956年,李政道和杨振宁发现在微观世界中,左右镜向对称遭到弱相互作用的破坏,科学界才认识到,一些基本规律在一定条件下也存在对称破缺,而且仍然是美的。

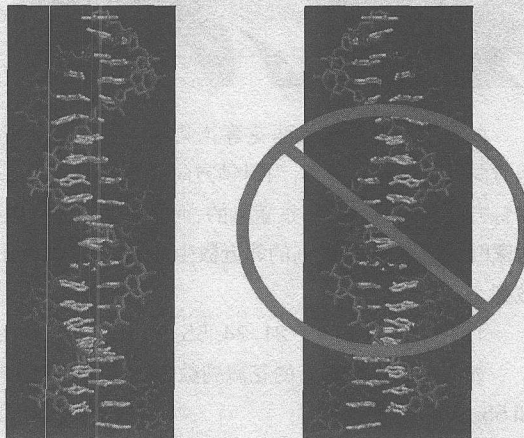
最近科学研究发现,世界的基本结构和相互作用都来源于某种高维时空的局域对称性,对称性和它的破缺是世界统一性和多样性的根源。



宇宙演化



对称破缺的DNA



在地球生物起源过程中,左右镜像对称性遭到破坏。

五、人的图像识别过程

艺术家观察超前科学家的另一个例子

人如何识别图像，艺术家早就有了清楚的看法。那就是先识别整体，然后补充细节。画家只要少数几笔，就能够抓住对象的特征，不仅神似，而且形似。

学生赞叶浅予舞蹈人物绘画要领：

画头少画脖，重视外轮廓

上身画得重，加强动态感

脚不贴地面，舞姿随乐和

如果扣细部，一画就砸锅

科学界的争论

多数研究识别过程的科学家一直以为人的识别过程是从细节开始，象电脑扫描那样，扫过所有的细节，才得出整体的图像。直到1982年，我国科学家陈霖提出相反的意见，认为识别是由整体特征开始，然后补充细节。他与国际科学界研究识别的主流科学家进行了二十二年的长期辩论，以无可争辩的实验数据最终于2004年获得了国际科学界的承认。

六、比例、自相似和分形

比例和自相似中表现出同一性和简单性

体现比例和自相似的例子：黄金分割和分形



向日葵，雏菊和大丽花等花朵从花心出发有两组方向相反的螺旋图案，沿时钟方向的花瓣列数和反时针方向的花瓣列数不是随意的，而是按照意大利数学家Fibonacci发现数列的邻近数生成的。Fibonacci数列为

1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89 ……，

如向日葵两组螺旋的花瓣列数为21和34，或34和55。

Fibonacci数列是无穷长的数列

1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89……

如将第n个数叫做An，这个数列形成的规则是 $An + An + 1 = An + 2$

容易证明，该序列相邻两个数的比例为 $An / An + 1$ ，当n变得越来越大时，趋向固定数值，称为黄金分割： $\Phi = 0.618$

Fibonacci数列是无穷长的数列

1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144……

可以直接计算

$1/2 = 0.5$, $2/3 = 0.6667$, $3/5 = 0.6$, $5/8 = 0.625$

$8/13 = 0.6154$, $13/21 = 0.62$, $21/34 = 0.6176$,

$34/55 = 0.6181$, $55/89 = 0.61797$,

$89/144 = 0.61805$ …

由此可知，相邻数的比例极限趋向黄金分割值： $\Phi = 0.618$

Fibonacci数列相邻数之比的极限值称为黄金分割 Φ (phi) 它也等于以下线段的比例

如果将整个线段A+B的长度取作1，则线段A的长度为0.618，同时线段B的长度只有线段A的长度的0.618。

$$A / (A+B) = B / A = \Phi = 1 / (1 + \Phi),$$

$$\Phi + \Phi^2 = 1$$

$$\Phi = 0.618$$

相似性和黄金螺旋

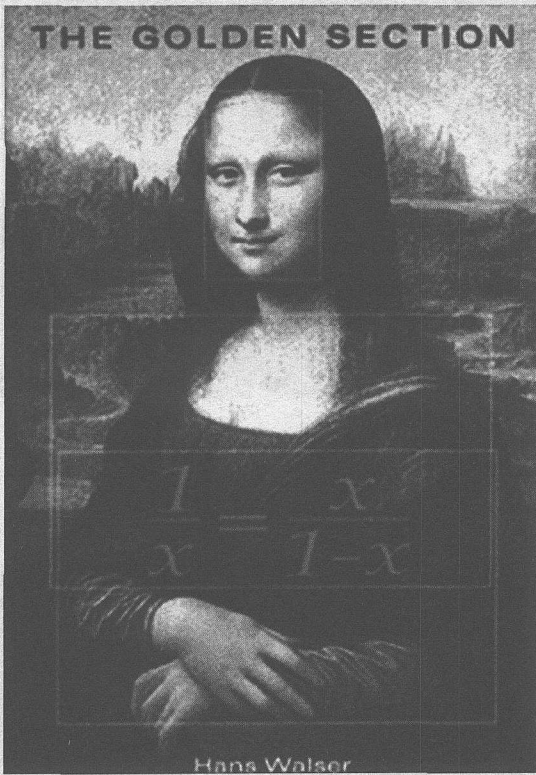
相似性和黄金螺旋

$A + B$

$(A+B)/A = A/B$

Le Corbusier's Man

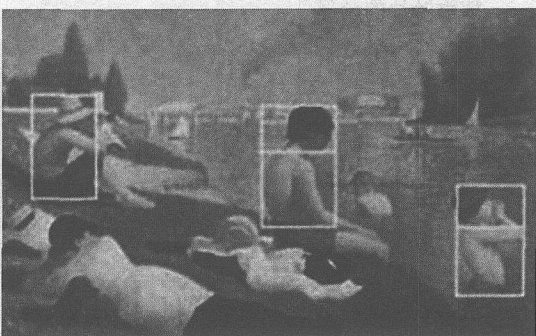
Mona Lisa II



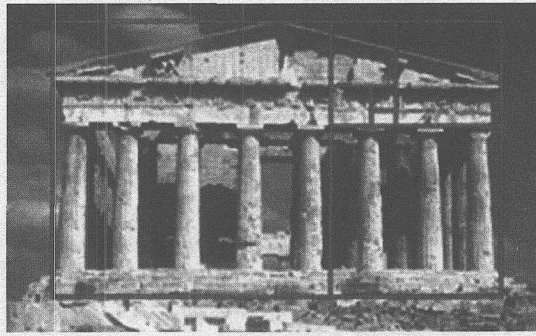
人面



Seurat's Bathers



希腊神庙



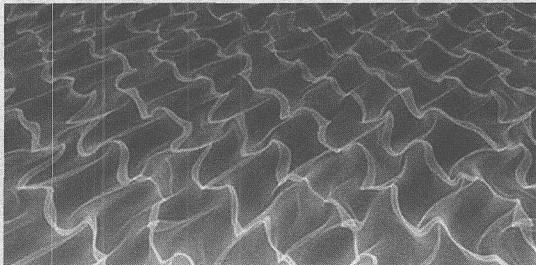
图案就是相似的图形按某种规律重复



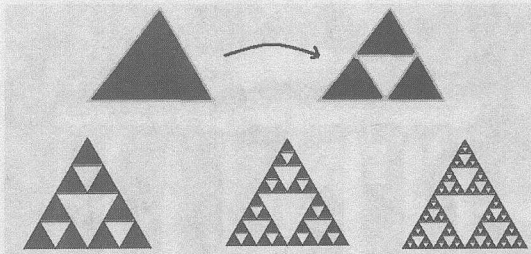
沙丘的图案



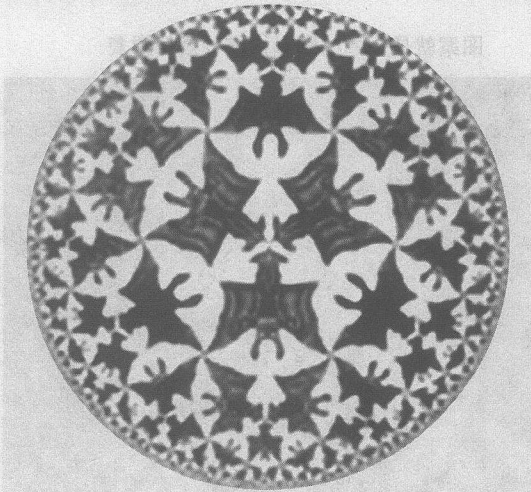
光的花纹是光连续穿过两层水波在第二层底部形成的



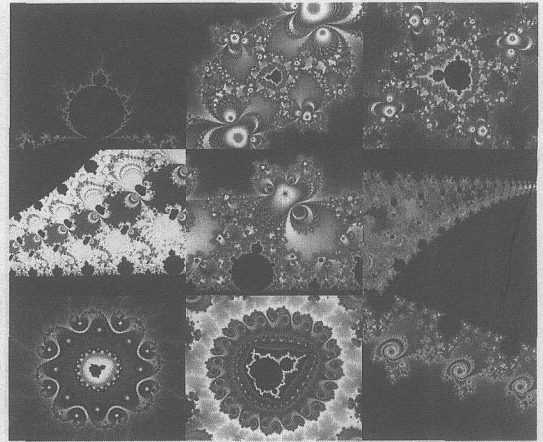
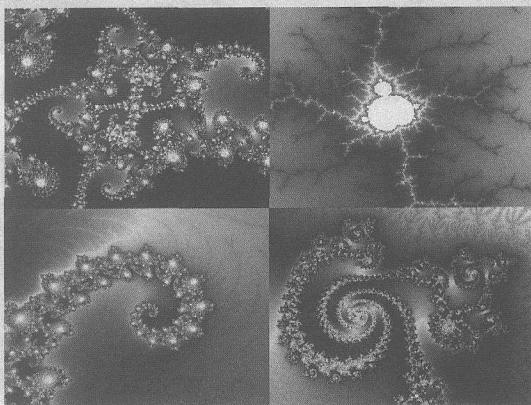
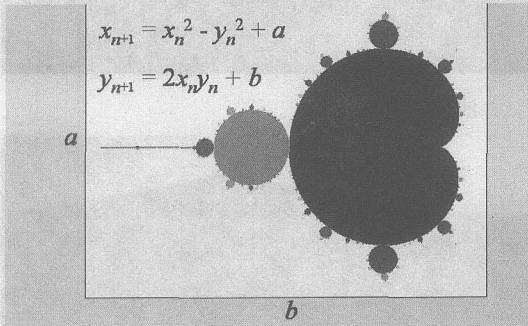
自相似图形和分形



艺术家 Escher 创作的极限圆

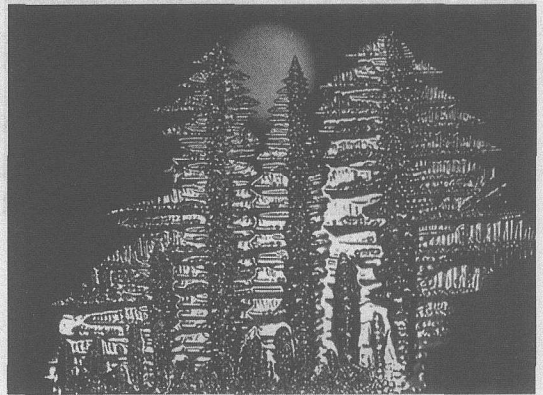


Mandelbrot 集——由简单数学公式创造具有无穷复杂性的艺术

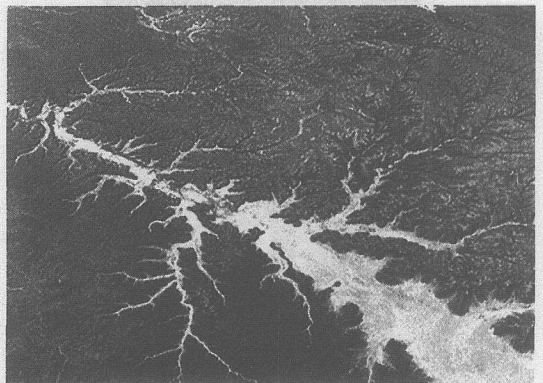


七、自然界中的美

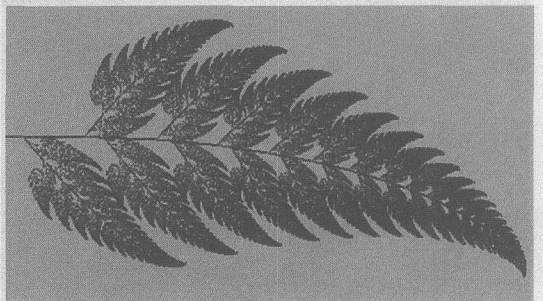
物理中的分形——熔融锡冷却过程中形成树状的晶体



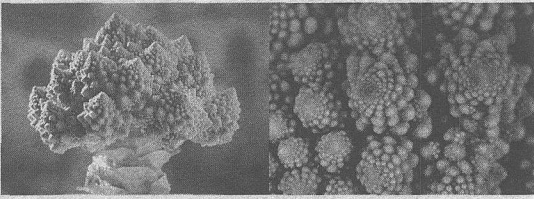
地理的分形——三角洲的卫星图片



植物叶片的分形



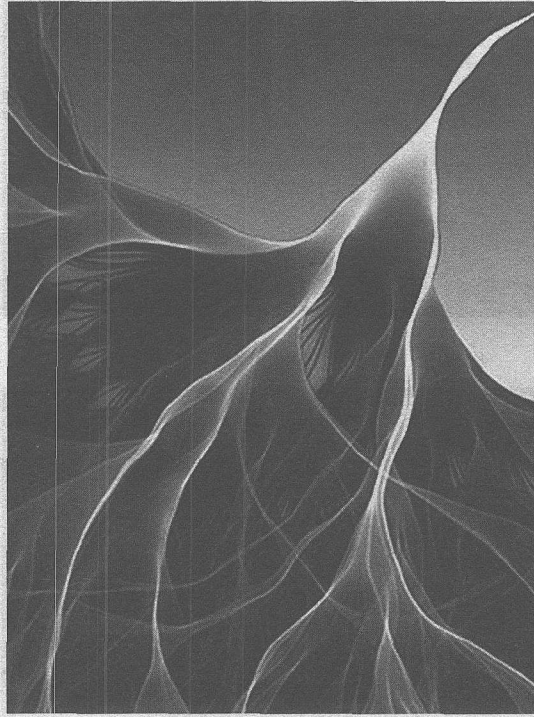
一种菜花的分形



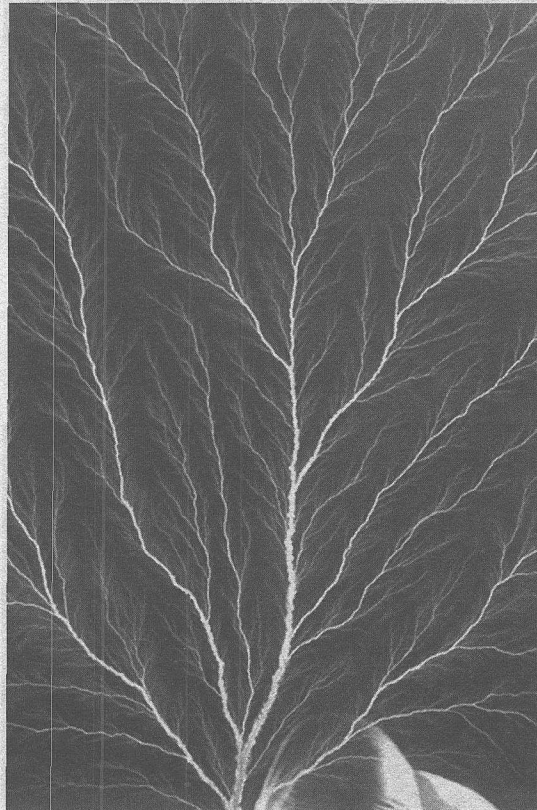
肾脏血管的分形



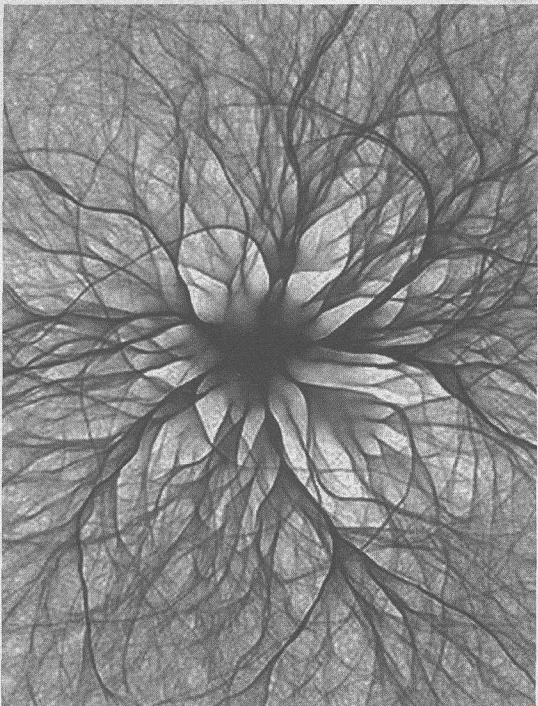
电子运动的分形 - 穿过纳米级大小的量子点引起的电子数指数增长



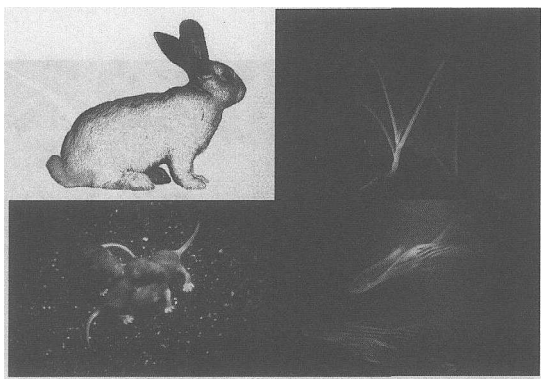
电子运动的分形——加速器电子穿过有机玻璃产生的树状花纹



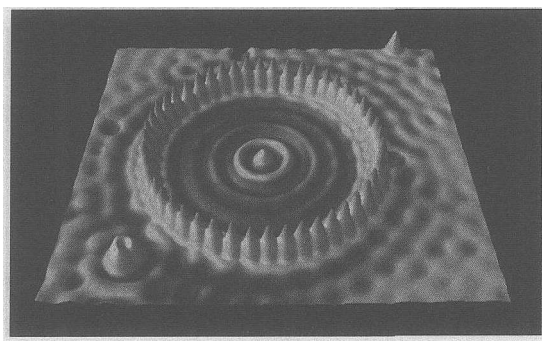
电子运动的分形 - 通过起伏不平非均匀物质的电子所造成的花纹



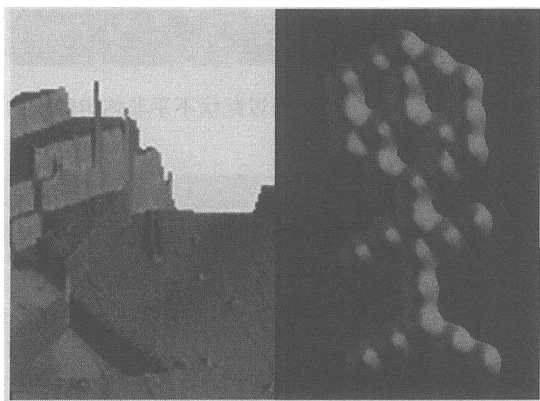
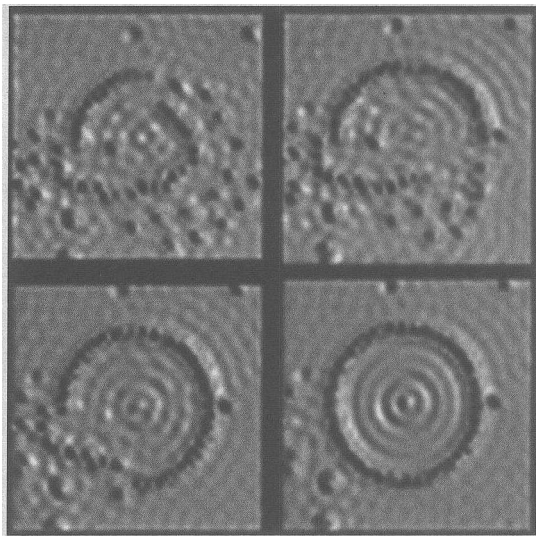
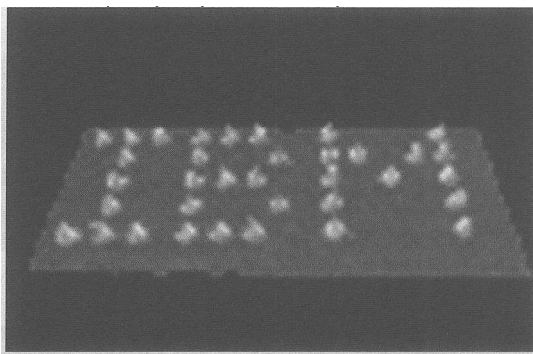
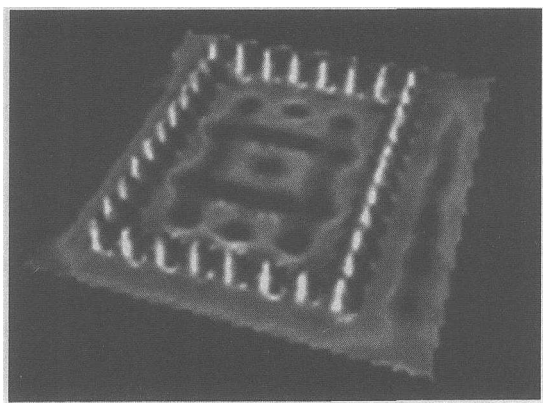
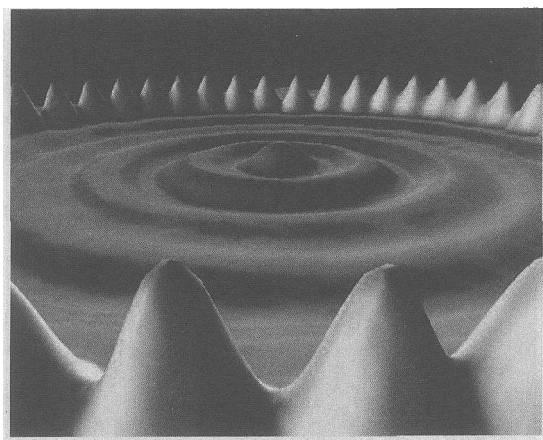
最新科技创造的美 - 转入水母荧光基因的生物



移动单个原子做出的图案



世界最小的字和画



结束语

“研究是对未来的探索。科学和艺术是发展现代社会的主要推动力。它们都应对形成未来社会作出自身的贡献。”

——威尔逊 Stephen Wilson

“艺术和科学相结合比它们单独对大众更有吸引力，能更好地为大众所理解。”

中国艺术家和中国科学家携起手来，相互支持，共同努力，一定能把中国文化发扬光大，为中华民族的伟大复兴作出自身的贡献。