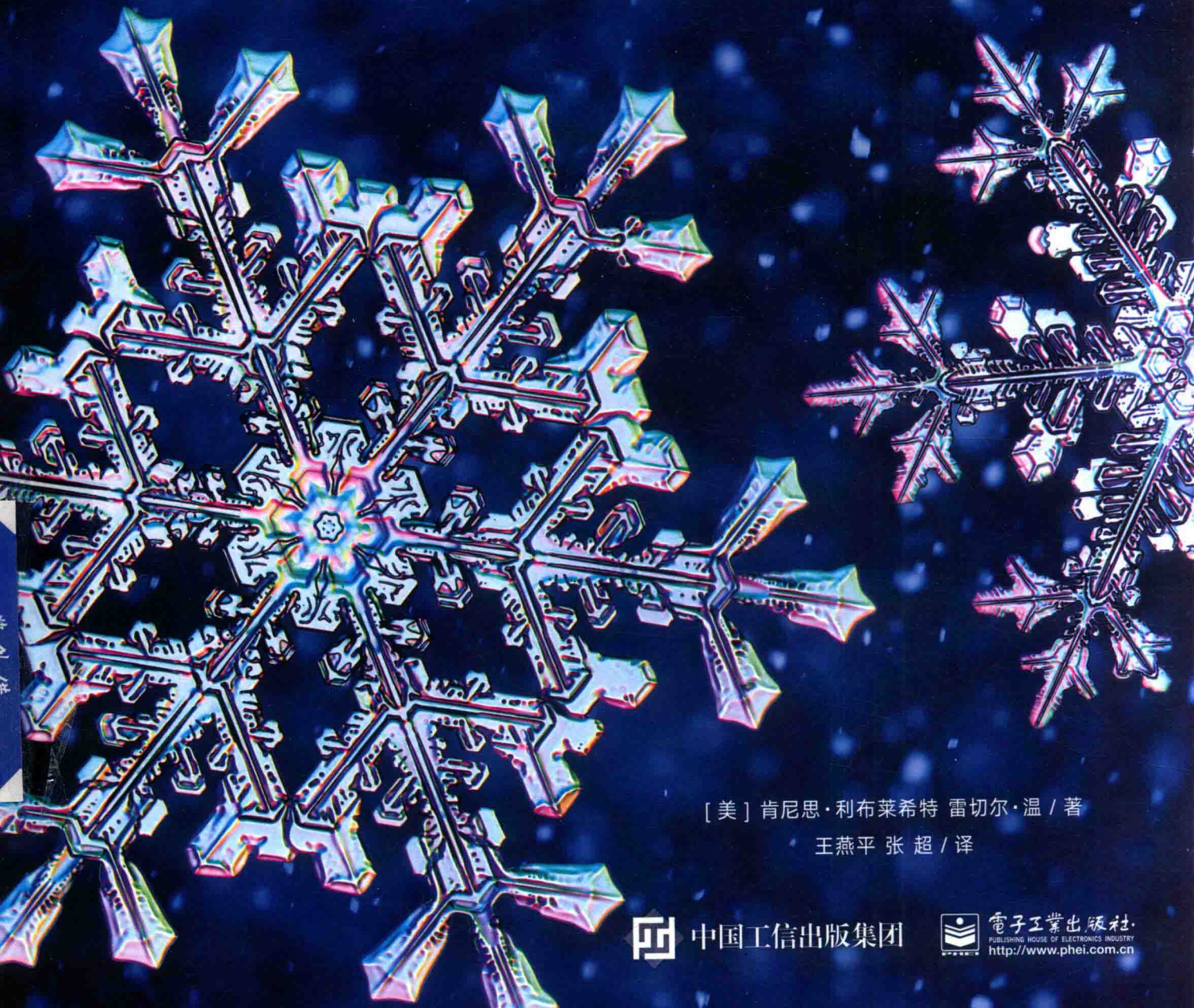


左右系列

THE SNOWFLAKE: WINTER'S FROZEN ARTISTRY

雪花的答案

冰 冻 艺 术 中 的 科 学



[美] 肯尼思·利布莱希特 雷切尔·温 / 著

王燕平 张超 / 译

中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

 左右系列

雪花的答案 冰冻艺术中的科学

The Snowflake: Winter's Frozen Artistry

[美]肯尼思·利布莱希特 雷切尔·温 著 | 王燕平 张 超 译

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

Original Title: The Snowflake: Winter's Frozen Artistry

© 2015 Quarto Publishing Group USA Inc.

本书中文简体版专有出版权由Quarto Publishing Group USA Inc.授予电子工业出版社，未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

版权贸易合同登记号 图字：01-2017-3552

图书在版编目（CIP）数据

雪花的答案：冰冻艺术中的科学 / (美) 肯尼思·利布莱希特 (Kenneth Libbrecht), (美) 雷切尔·温 (Rachel Wing) 著; 王燕平, 张超译. - 北京: 电子工业出版社, 2017.9 (左右系列)

书名原文: The Snowflake: Winter's Frozen Artistry

ISBN 978-7-121-32393-5

I. ①雪… II. ①肯… ②雷… ③王… ④张… III. ①雪 - 普及读物 IV. ①P426.63-49

中国版本图书馆CIP数据核字 (2017) 第187530号

策划编辑: 孟 杨

责任编辑: 杨 鸽

文字编辑: 温 婷

版式设计: 许建华

印 刷: 北京利丰雅高长城印刷有限公司

装 订: 北京利丰雅高长城印刷有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编: 100036

开 本: 889×1194 1/16 印张: 9 字数: 244.8千字

版 次: 2017年9月第1版

印 次: 2017年9月第1次印刷

定 价: 79.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。

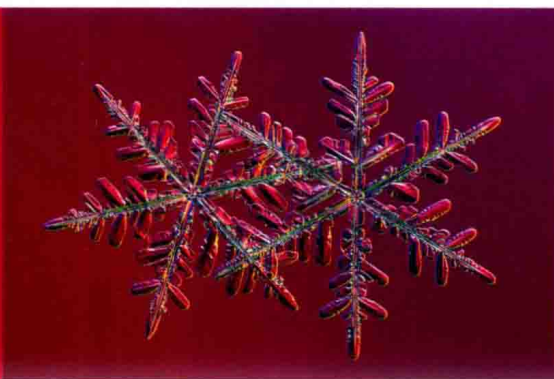
若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: (010) 88254161 转 1827, mengy@phei.com.cn。

目 录

1 冬天的冰冻艺术.....	9
2 雪花观察	19
3 降雪野外指南.....	35
4 雪花天气	65
5 雪晶对称性	81
6 冰的形态发生.....	97
7 专门设计的雪花.....	109
8 雪花摄影	125
后记	141
关于作者	143







 左右系列

雪花的答案 冰冻艺术中的科学

The Snowflake: Winter's Frozen Artistry

[美]肯尼思·利布莱希特 雷切尔·温 著 | 王燕平 张 超 译

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

Original Title: The Snowflake: Winter's Frozen Artistry
© 2015 Quarto Publishing Group USA Inc.

本书中文简体版专有出版权由Quarto Publishing Group USA Inc.授予电子工业出版社，
未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

版权贸易合同登记号 图字：01-2017-3552

图书在版编目（CIP）数据

雪花的答案：冰冻艺术中的科学 / (美) 肯尼思·利布莱希特 (Kenneth Libbrecht),
(美) 雷切尔·温 (Rachel Wing) 著; 王燕平, 张超译. - 北京: 电子工业出版社, 2017.9
(左右系列)

书名原文: The Snowflake: Winter's Frozen Artistry
ISBN 978-7-121-32393-5

I. ①雪… II. ①肯… ②雷… ③王… ④张… III. ①雪 - 普及读物 IV. ①P426.63-49

中国版本图书馆CIP数据核字 (2017) 第187530号

策划编辑: 孟 杨

责任编辑: 杨 鸽

文字编辑: 温 婷

版式设计: 许建华

印 刷: 北京利丰雅高长城印刷有限公司

装 订: 北京利丰雅高长城印刷有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编: 100036

开 本: 889×1194 1/16 印张: 9 字数: 244.8千字

版 次: 2017年9月第1版

印 次: 2017年9月第1次印刷

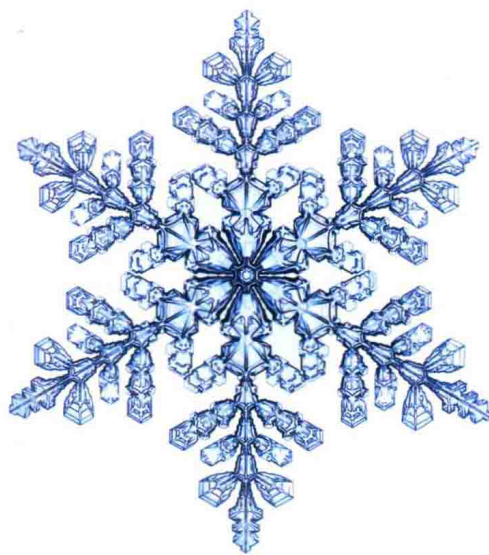
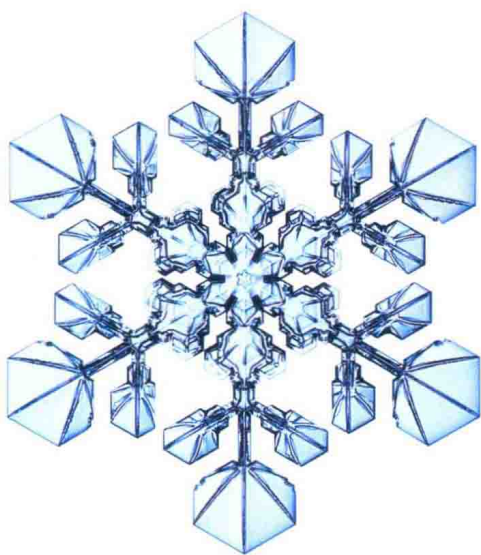
定 价: 79.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。

若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

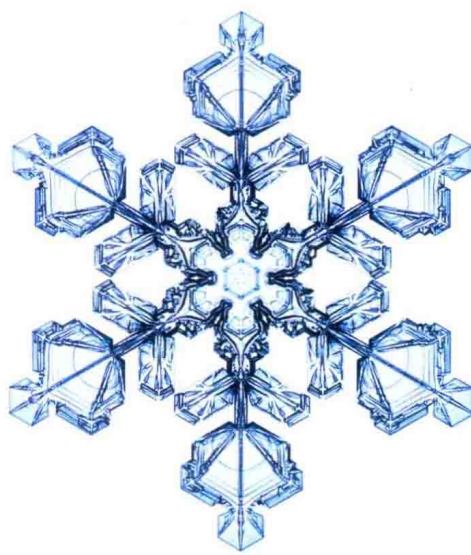
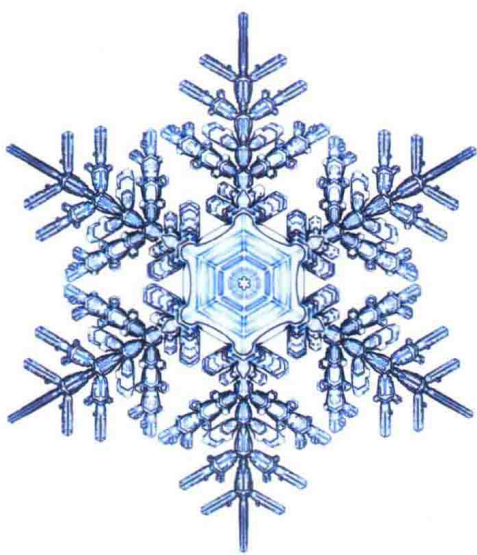
质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

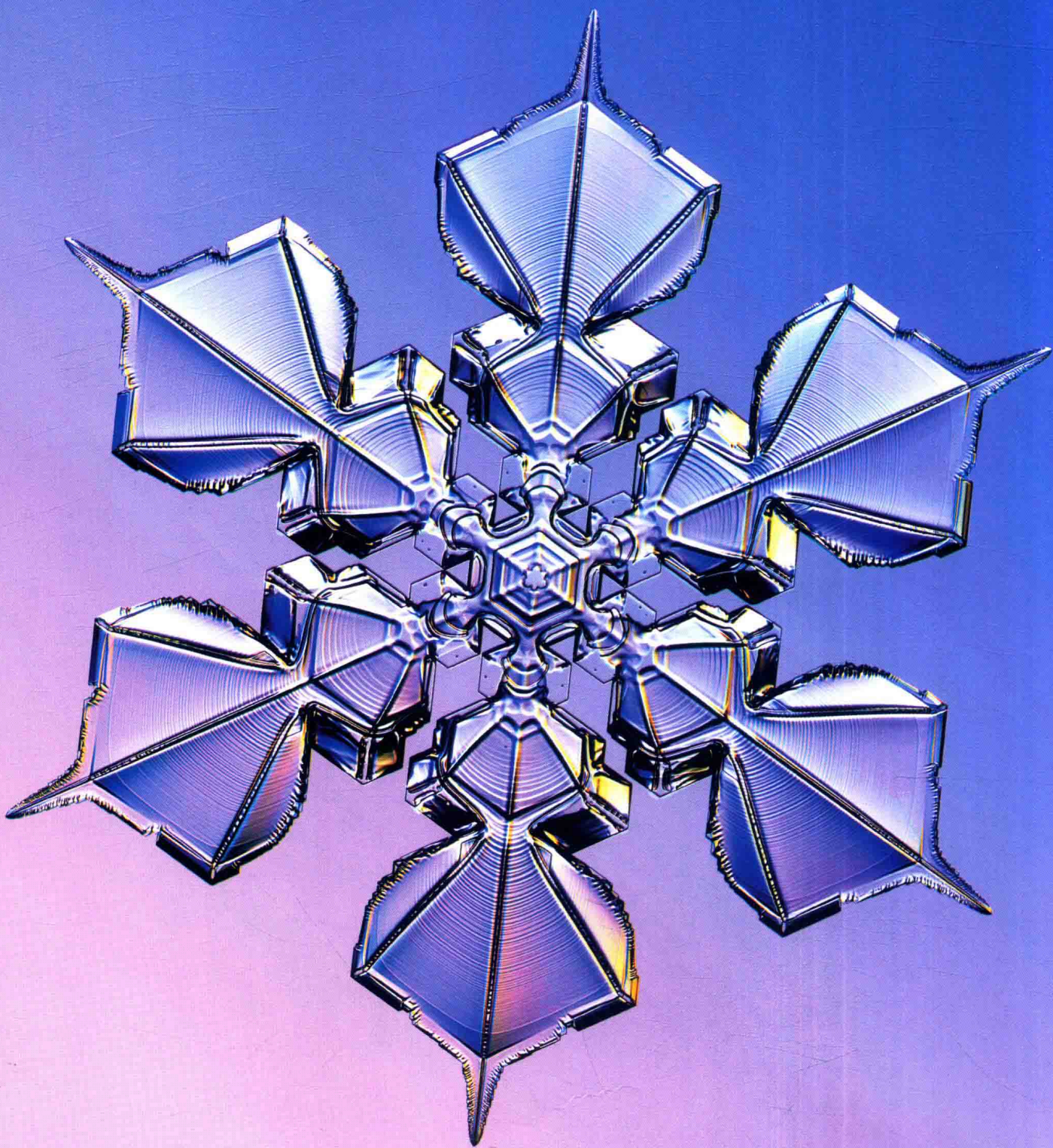
本书咨询联系方式: (010) 88254161 转 1827, mengy@phei.com.cn。



献 辞

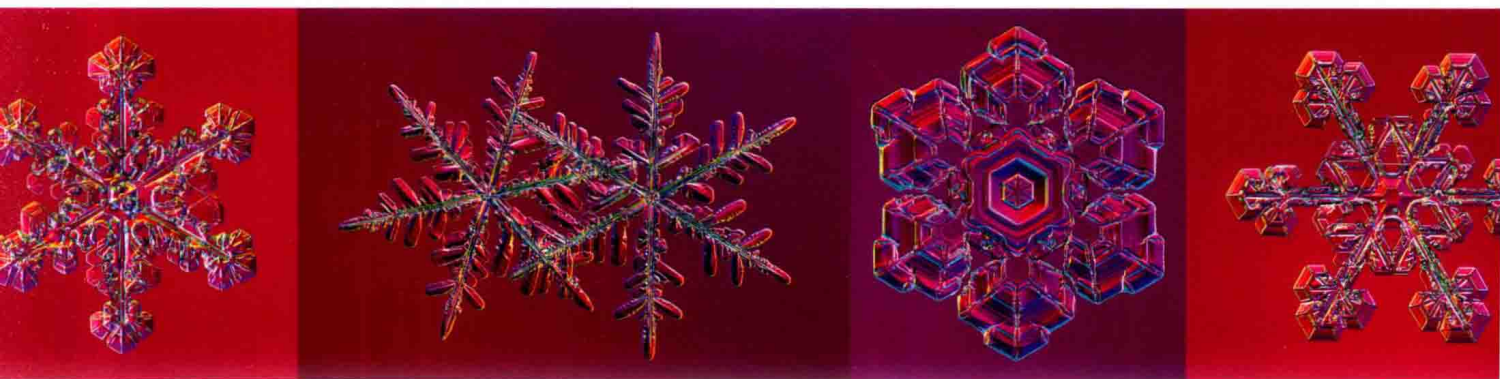
献给阿兰娜和马克斯——我们最喜爱的雪花探险同伴；献给我们的其他家人和朋友，他们看我们对雪花如此痴迷，对我们给予了协助、支持、启发与喝彩，偶尔有时候，他们也会亲切地起哄。特别感谢阿夫拉对这本书进行的批判性阅读。





目 录

1 冬天的冰冻艺术.....	9
2 雪花观察	19
3 降雪野外指南.....	35
4 雪花天气.....	65
5 雪晶对称性	81
6 冰的形态发生.....	97
7 专门设计的雪花.....	109
8 雪花摄影	125
后记	141
关于作者	143





冬天的冰冻艺术 | 1

“空气中真是充满了富有创造性的天才，才能产生出这么美妙的东西！
此时我心中的赞赏之情就和看到真正的星星落到我外套上一样。”

—亨利·大卫·梭罗 (Henry David Thoreau), 《日报》, 1856年

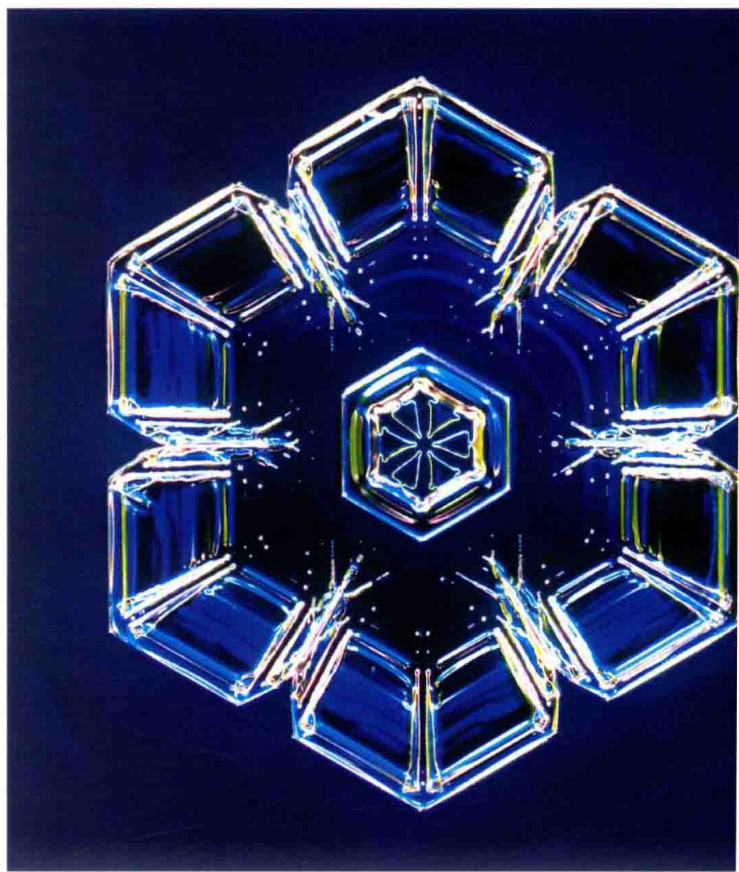
“说真的，你们住在南加州，却专门在1月份跑来这里度假？”我们冬季旅行时，有人见我们迎着寒冷的北风去寻找和拍摄那些最完美的雪花，往往是这种反应。是的，我们放弃了欣赏帕萨迪纳 (Pasadena) 晴朗的蓝天，却跑去体验安大略北部、佛蒙特州、密歇根、阿拉斯加中部、日本北部，甚至是瑞典最北部那些布满灰云的天空。冬季虽有不好之处，但也有它的魅力，大自然精雕细琢出的雪花非常美，相比起我们感受到的美，那些不好之处根本不算什么了。

我们愿意在寒冬中一路向北长途跋涉，原因之一是我们都喜欢冬天，而且也想让我们的孩子们去感受一下。我俩从小都是在有雪的国度长大——雷切尔在纽约长大，肯尼思在北达科他州长大，所以我们关于冬天的记忆里充满了雪球、雪城堡、雪人，还有滑雪、坐雪橇以及制作雪花天使的场景。我们还记得无数个早上当我们醒来，大地披上了一层亮闪闪的白色外衣，整个世界都成了白色仙境。

对页：雪晶 | 佛蒙特州东部这棵铁杉树的树枝上装饰着许多雪花，如果你的眼睛够敏锐的话，可以从中分辨出许多星形雪花来。

图片来源：玛莎·马西 (Martha Macy)。

下雪天的下午回到小学教室，我们特别喜欢的时刻就是老师给我们一些放大镜，让我们到外面去观察落下的雪花——这些也成为我们进行剪



冰上的图案 | 整体呈六角形的雪晶上，装饰着一些复杂的图案。



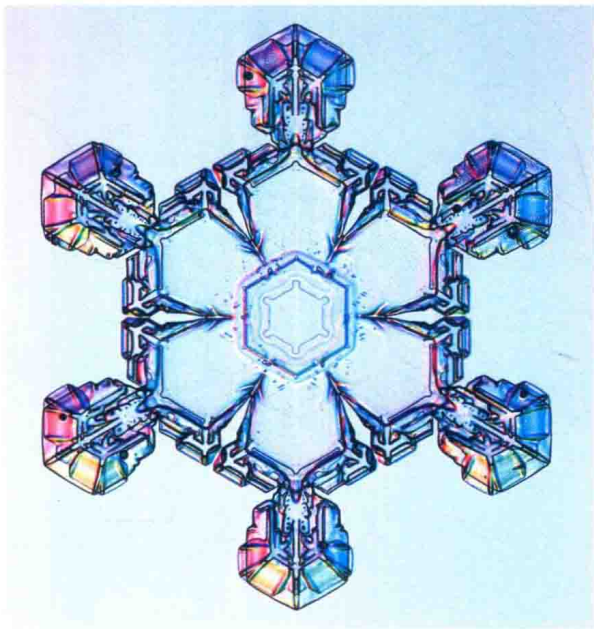
分枝的美丽 | 像这样的星形雪晶有6个主要的分枝, 每一个主分枝又有许多侧分枝。

纸创作的最终灵感。天气越冷, 雪晶的样子越迷人, 我们也就有越充分的时间去观察这些闪耀的小星星的形态和对称结构。再接下来的活动就变成了寻宝游戏, 因为每个孩子都试图找到最大或者最特别的雪花, 好给老师留下深刻的印象。如果花点时间近距离仔细观看的话, 你会发现从云中飘落下来的雪花有着令人惊叹的构造。

尽管我俩都很喜欢小时候观察雪花的经历, 但在小学之后, 我们很快就不再关注它们了。我们对于这些从天空落下的冰的艺术品失去了兴趣, 也不再停下来思考大自然是如何雕琢出这样

微观尺度的杰作。也许是因为对现象本身太熟悉了, 熟悉到我们甚至不会再停下来去注意它们。也或者因为我们拥有的美好事物实在太多了, 就好像当你的私家车道上堆满了厚厚的雪, 你手上握着一把铁锹, 恐怕这时你很难再去欣赏雪花的精细之美。

直到过了很久, 我们搬到了南加州几年之后, 才开始更深层次地去欣赏那些微小的雪花。肯尼思开始研究晶体是怎么生长的, 有一天, 他的注意力开始转移到冰的物理学方面, 以及那些被我们长期遗忘的雪花的形成。也许因为他生于



变化无穷 | 落到地球上的雪晶有着变化无穷的非凡形状和图案。

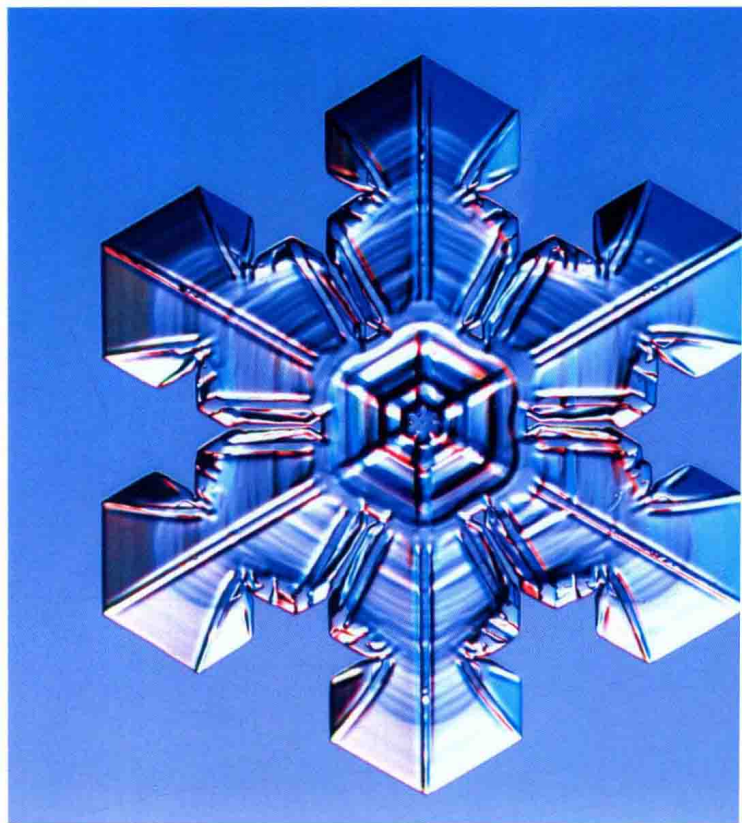
北达科他州，这有一定影响，但科学的视角总能让人看到事物的其他方面。雷切尔也被吸引了过来，很快，我俩的新发现比我们从小到大看到的都多。

通过一个简单的放大镜，我们就能看到不同类型的雪花有很显著的多样性。在显微镜下观看单个的雪晶为我们打开了一个全新的世界，我们能够从中看到不可思议的复杂结构。这种美丽复杂的形式能够自然地出现，轻轻地落到广袤的大地上，而且落下的数量是如此巨大，真是一件非同寻常的事！

雪花科学引领我们走入了雪花摄影的领域，不久之后的1月中旬，我们就带孩子们一起坐上了北上开往哈得孙湾的火车。拍了一万多张照片之后，我们希望能和大家一起分享这些引人注目的雪花照片，给大家讲讲有关雪花形成的故事。

接下来的部分，我们将会一起开启冬季云彩之旅，看看雪花是怎么诞生和生长的，探究它们的形态和对称性的起源。我们也会在实验室里生长出雪花，这样我们就能看到它们生长的过程，在一定条件下实验室里会形成大自然中不曾见过的特别形态。我们开始思考这些特别的六角形对称结构是如何在稀薄的空气中聚合在一起的。我们试着去回答孩子们询问的看似最简单的问题：雪花是从哪里来的？

那么，穿上你的雪地靴，带上你的放大镜，跟随我们一起去近距离看看冬季的冰冻艺术吧。

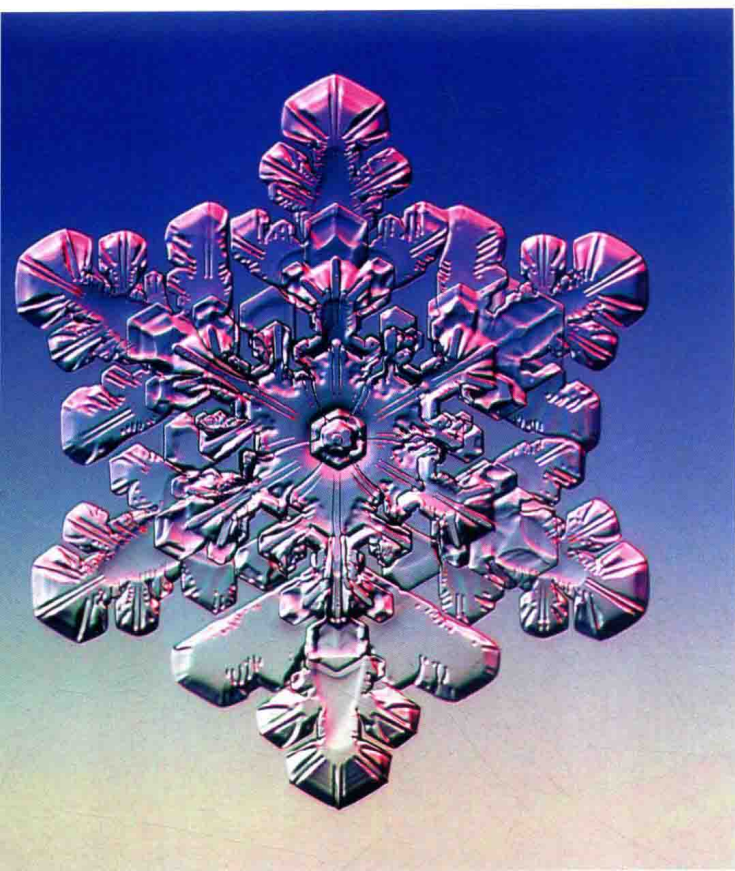


冰中的小平面 | 许多雪晶中存在着像镜子一样的小平面，这让我们想起宝石的切割平面。

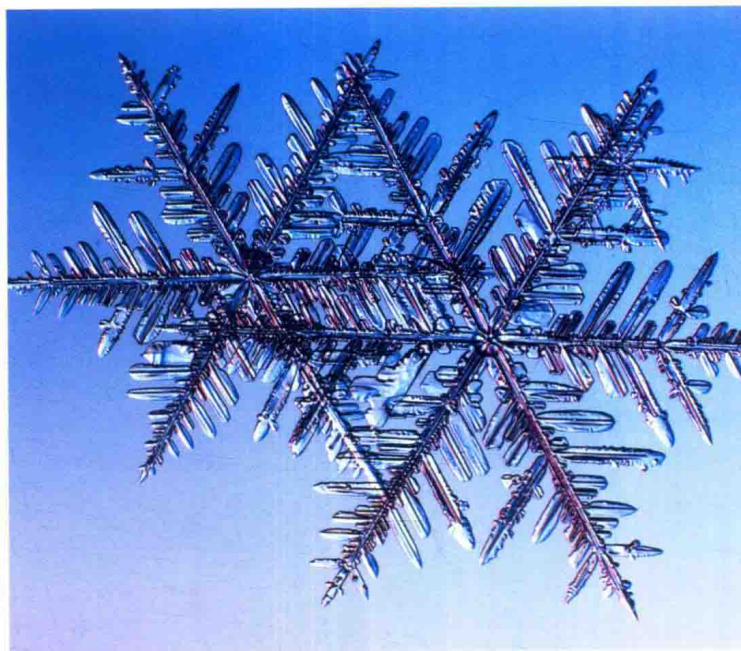
雪花是什么？

当我们说到雪花，我们通常指的是雪晶。这两个词常被用作同样的意思，不过，从气象学上说它们是有区别的。雪晶，顾名思义，指的是单个的冰晶，其中的水分子都以精确的六角形排列。不管什么时候，当你看到的是一个典型的六角形对称结构，那么你正在观看的就是一片雪晶。

雪花则是一个更总括的词汇，可以用来指单个的雪晶、一簇聚在一起的雪晶，甚至是飘落途



短命的艺术品 | 拍摄雪花最好是在它们刚从云中落下之后。一旦雪花掉进雪堆里，它们原本复杂的图案就会慢慢失去精妙的细节。

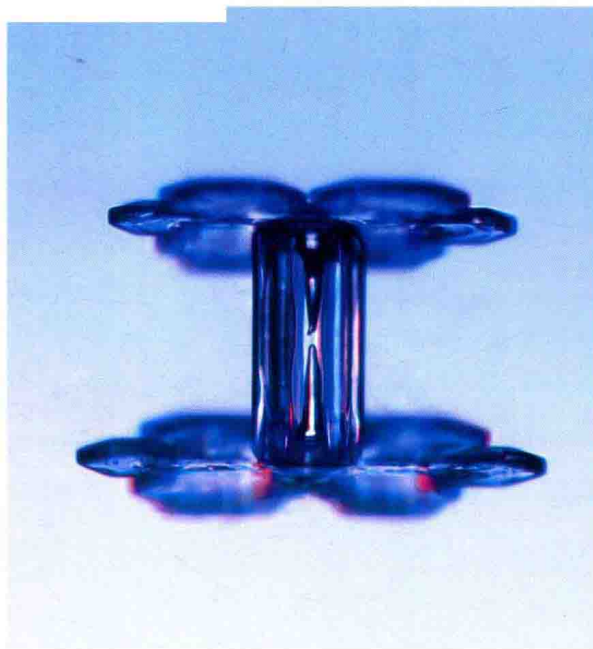
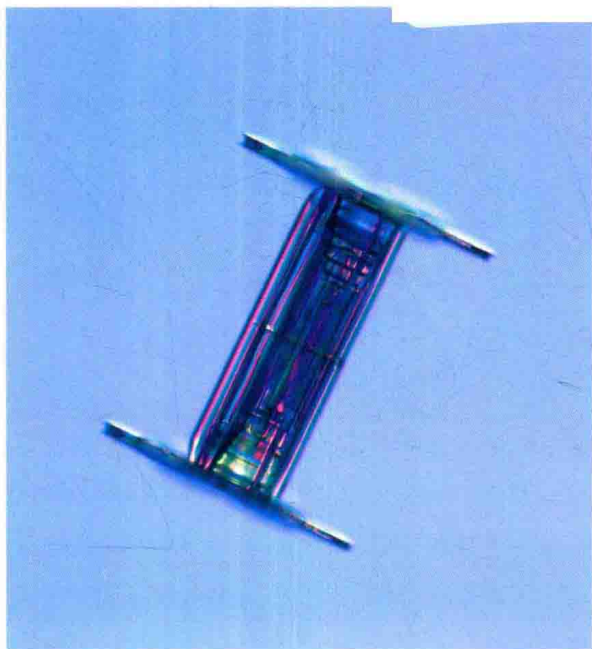


蕨叶雪花 | 密集排布的侧分枝使得这些雪花看上去好似蕨类植物的叶子。

中碰撞堆积在一起的许多雪晶。暖和天气的降雪过程中会有大团的雪落下，这些也被叫作雪花，它们每一团都是由几百甚至上千片单独的雪晶组成的。雪晶通常被称为雪花，这也没什么，就好比 we 称郁金香为花，是一样的道理。

有些人认为雪花很简单，就是冻住的雨滴，但事实并非如此。雨滴在掉落的过程中确实会被冻住，但这种类型的产物叫作冻雨。冻雨颗粒的样子你恐怕能够想到，就是一滴被冻住的水，不具有雪花那些微妙的形态或对称性结构。水汽蒸发到空中并非先变成液态水，而是会遇冷直接形成雪花。随着越来越多的蒸汽凝结成初生的雪晶，雪晶便会生长和发展，产生出华丽的图案来。

标准的雪花是有6个分枝的星形雪花。也就是滑雪毛衣以及冬季节日装饰爱用的那种雪花样



冠柱晶 | 这两张图展示的是冠柱晶——这是一个名不见经传的雪花类型，当柱状晶的两个末端生长出星形板状晶，最终形成的就是冠柱晶。

式。大自然创作出了很多这类雪花的变种，每一个都有着自己独特的形态。6个主要的分枝上可能还会长出次级分枝，有时候次级分枝很多之后，雪晶看上去就好像蕨类植物的叶子。有时候次级分枝比较对称，但大部分时候都不对称。

在自然界中你是找不到一片八瓣雪花的。同理，也没有四瓣、五瓣、七瓣的雪花。潜在的分子晶体对称结构决定了这些瓣数的雪花根本不可能存在。如果制作剪纸雪花，八个瓣的很容易做，但真实的雪花是绝不会有八个瓣的，且不说你在节日装饰中所看到的雪花是什么样。

独特的雪花

雪花是一种临时艺术品。在这本书中，我们为了捕捉到尽可能多的雪花形态，都是在每片雪花样本掉落的过程中对其进行采集，然后迅速拍

照。短短几分钟时间，落下来的雪花就会改变原来的形态。尖锐的边角开始变圆，精致的结构也会很快消失。在雪花下落过程中，没有两片雪花是完全一样的，但是落到地面之后，它们的独特性很快就消失了。在雪堆内部，有图案的雪花杂乱地堆叠在一起，慢慢地会变成一些冰块儿。为了看到最好的雪花，你需要趁着雪花还很新鲜的时候采集样本。

最早从书中了解雪花的时候，我们对雪花的认知还停留在6个分枝的星形雪花上。实际上，这种模样的雪花是最大的雪晶，因而你很容易用袖子接住它们然后观看其形态，另外，这种形态也几乎是大众媒体上我们能见到的唯一雪花形态。

后来我们认识到雪花有各种各样丰富的类型，雪花王国就好似一个动物园，而星形雪花只是其中的一种，对此我们感到十分惊讶。