



Кеннет Либбрехт

# СНЕЖИНКИ

тайная красота зимней природы

ЗАНИМАТЕЛЬНОЕ СНЕЖИНКОВЕДЕНИЕ

Самый полный определитель  
снежных кристаллов

Таинство рождения снежинки:  
физика и кристаллография

Приемы и инструменты  
наблюдения и фотосъемки

Более 200 фотографий снежинок

Эта книга рассказывает о снежинках — удивительных и загадочных крошечных ледяных скульптурах, которые падают на землю с небес. Вы наверняка разглядывали блестящие кристаллы на рукаве своего пальто, но приходилось ли вам когда-нибудь видеть снежинки в форме папоротникообразных звездчатых дендритов, пластинок с секторами, звезд с двенадцатью лучами или столбиков с венцами?

Снежные кристаллы — настоящие шедевры природы, хотя и рождаются они среди холодных ветров в пасмурном небе. Процесс возникновения ажурных снежинок из водяного пара подобен магии, волшебству, и красота каждой из них мимолетна и неповторима. Вы узнаете, почему снежинки имеют столь сложную форму, как появляются различные узоры и что лежит в основе их шестичленной симметрии, начнете замечать в каждой снежинке множество мельчайших деталей, на которые прежде не обратили бы никакого внимания.

**В этой книге:**

- ▶ Самый полный атлас снежинок и определитель типов снежных кристаллов.
- ▶ Арсенал охотника за снежинками: приемы и инструменты наблюдения и фотосъемки снежинок.
- ▶ Как читать иероглифы с небес: как по форме и строению снежинки, упавшей на вашу ладонь, узнать историю ее путешествия в облаках.
- ▶ Более 200 уникальных фотографий снежинок крупным планом.

Когда начнется очередной снегопад, берите лупу и эту книгу, отправляйтесь на улицу и собственными глазами взгляните на миниатюрные шедевры природы, падающие с небес.

**Вас ждут удивительные открытия!**

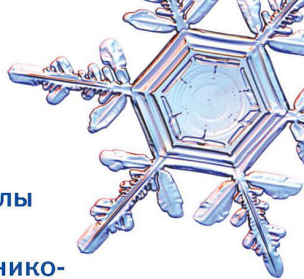
ISBN 978-5-98124-697-5



9 785981 246975



*Отличный подарок!*





Кеннет Либбрехт

# СНЕЖИНКИ

*тайная красота зимней природы*



*занимательное*  
СНЕЖИНКОВЕДЕНИЕ

*Автор выражает особую благодарность Уолтеру Тейну, Джону Джазеку, Валери Пегг и сотрудникам гостиницы North Adventure Inn за гостеприимство во время нескольких съемочных экспедиций.*

*Отдельная благодарность Аланне Либбрехт и Рэйчел Уинг за предварительное редактирование этой книги.*

УДК 502/504, ББК 26.233, Л 55

Снежинки: тайная красота зимней природы. Занимательное снежинковедение / Кеннет Либбрехт. Пер. с англ. — М.: ООО «Издательство «Добрая книга», 2017. — 112 с.

ISBN 978-5-98124-697-5

Эта книга рассказывает о снежинках — удивительных и загадочных крошечных ледяных скульптурах, которые падают на землю с небес. Вы наверняка разглядывали блестящие кристаллы на рукаве своего пальто, но приходилось ли вам когда-нибудь видеть снежинки в форме папоротникообразных звездчатых дендритов, пластинок с секторами, звезд с двенадцатью лучами или удивительных столбиков с венцами?

Снежные кристаллы — настоящие шедевры природы, хотя и рождаются они среди холодных ветров в пасмурном небе. Процесс возникновения ажурных снежинок из водяного пара подобен магии, волшебству, и красота каждой из них мимолетна и неповторима. Вы узнаете, почему снежинки имеют столь сложную форму, как именно появляются различные узоры и что лежит в основе их шестичленной симметрии, начнете замечать в каждой из них множество мельчайших деталей, на которые прежде не обратили бы никакого внимания. *В этой книге:*

- Самый полный атлас снежинок и определитель типов снежных кристаллов.
- Арсенал охотника за снежинками: приемы и инструменты наблюдения и фотосъемки снежинок.
- Более 200 уникальных фотографий снежинок крупным планом.



Издательство «Добрая книга»

Телефон для оптовых покупателей: (495) 650 44 41.

Адрес для переписки/e-mail: [mail@dkniga.ru](mailto:mail@dkniga.ru)

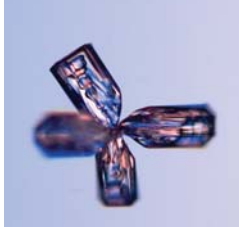
Адрес нашей страницы в Интернете: [www.dkniga.ru](http://www.dkniga.ru)



Все права защищены. Любое копирование, воспроизведение, хранение в базах данных или информационных системах, передача в любой форме и любыми средствами — электронными, механическими, посредством фотокопирования, записи или иными, включая запись на магнитный носитель, — любой части этой книги запрещено без письменного разрешения владельцев авторских прав.

© Кеннет Либбрехт, 2006.

© ООО «Издательство «Добрая книга», 2016 — издание на русском языке, перевод на русский язык, оформление.



# Содержание

Наблюдение за снежинками . . . . . 7

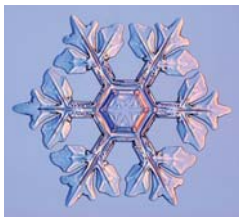
## Часть первая. Наука о снежинках

Основы . . . . .	10
Морфологическая диаграмма. . . . .	11
Симметрия снежинок . . . . .	12
Двух одинаковых не бывает? . . . . .	13
Формирование граней кристалла . . . . .	16
Неустойчивое ветвление . . . . .	18
Формирование граней и ветвление . . . . .	19
Неустойчивый рост острого края . . . . .	21
Гребни, перемычки и ободки. . . . .	24
Сублимация . . . . .	27
Зерна. . . . .	28
Классификация снежинок . . . . .	30
Происхождение снега . . . . .	32



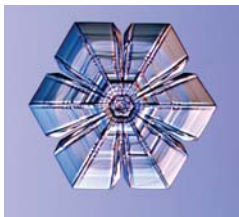
## Часть вторая. Виды снежинок: определитель и справочное руководство

Иероглифы с небес . . . . .	34
Простые призмы. . . . .	35
Звездчатые пластинки . . . . .	39
Пластинки с секторами. . . . .	49
Звездчатые дендриты . . . . .	54
Папоротникообразные дендриты . . . . .	59
Полые столбики . . . . .	64
Иглы. . . . .	67
Столбики с венцами . . . . .	69
Двойные пластинки . . . . .	75
Полые пластинки . . . . .	77
Разделенные пластинки и звезды . . . . .	82
«Флаги» и «канделябры» . . . . .	85
Пулеобразные розетки . . . . .	86
Пространственные пластинки и дендриты . . . . .	87
«Ножны» . . . . .	88
Чашеобразные кристаллы . . . . .	89
Треугольные кристаллы . . . . .	90
Сдвоенные кристаллы. . . . .	93
Снежинки с двенадцатью лучами. . . . .	96
Снежинки неправильной формы . . . . .	99
Иней. . . . .	100



## Часть третья. Наблюдение за снежинками

Инструменты для наблюдения . . . . .	102
Фотографирование снежинок. . . . .	103
Поиск снежинок . . . . .	105
Освещение. . . . .	107



## Наблюдение за снежинками

Эта книга рассказывает о снежинках — удивительных крошечных ледяных скульптурах, падающих на землю с небес. Вы наверняка разглядывали эти блестящие кристаллы на рукаве своего пальто, но приходилось ли вам когда-нибудь видеть снежинки в форме папоротникообразных дендритов, пластинок с секторами, звезд с двенадцатью лучами или удивительных столбиков с венцами? Если нет, читайте дальше, а во время следующего снегопада смотрите внимательнее. Вас ждут потрясающие открытия.

Наблюдение за снежинками — занятие простое, недорогое и увлекательное для людей любого возраста, от мала до велика. Вам понадобится (кроме холодной погоды и хорошего справочника по снежинкам) лишь недорогая складная лупа. Всегда носите ее в кармане куртки или пальто и доставайте каждый раз, когда падающие с неба кристаллы покажутся вам интересными. Снегопады бывают разными, и далеко не все они приносят интересные снежинки, но порой эти ледяные кристаллы оказываются просто завораживающими.

Наблюдение за снежинками во многих отношениях сродни наблюдению за птицами. Для каждого из этих занятий нужно лишь выйти на улицу и начать совершать новые открытия, оба они позволяют лучше понять природу и подобны увлекательным поискам сокровищ. Хотя, конечно, наблюдать за птицами можно в теплый солнечный день, тогда как поиском снежинок придется заниматься холодной зимой.



Зато наблюдателю за снежинками никогда не досаждают комары!

На мой взгляд, рассматривание снежинок — крайне недооцененный вид досуга. Изучение бесконечного многообразия форм и узоров — увлекательный процесс; к тому же, достав лупу из кармана, очень легко завести разговор со случайным прохожим или соседом по подъемнику на горнолыжном курорте. Тем не менее, на миллион орнитологов-любителей найдется, наверное, всего один наблюдатель за снежинками. Почему? Дело не в холодном климате, ведь существует масса популярных зимних развлечений. Дело не в снаряжении, ведь для этого требуется так мало. И дело определено не в недостатке красивых снежинок. Возможно, людям просто не хватает хорошего справочника.

Я надеюсь, что эта небольшая книга поможет вам открыть для себя удивительный микромир снежинок, чтобы и вы когда-нибудь уделили пару минут изучению этих шедевров природы.



**Пример 1. Белый снег.** В этой книге я буду показывать отдельные снежинки крупным планом, приводя некоторые из них в качестве примеров и указывая на определенные характерные особенности. На этой фотографии изображена снежинка, которую можно увидеть, скажем, у себя на рукаве (если вы одеты в черное). Хотя вы, возможно, считали, что снежинки имеют белый цвет, приглядевшись внимательнее, вы увидите, что многие из них прозрачны, как стекло. На этой фотографии через прозрачный лед хорошо виден черный фон.

То, что мы видим на снимке, — это ребра и грани кристалла; именно они рассеивают большую часть света. Снежинки кажутся белыми, потому что мы видим свет, рассеянный их гранями. Тот же белый цвет мы видим в царапинах или в выгравированном изображении на стекле.

Большинство снимков в этой книге сделаны в проходящем через кристалл свете определенного цвета, источник которого расположен за кристаллом. При этом лед преломляет свет подобно очень сложной линзе, позволяя лучше разглядеть внутреннюю структуру снежинки.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

---

# НАУКА О СНЕЖИНКАХ





# ОСНОВЫ

Для начала давайте посмотрим, что представляют собой снежинки и как они возникают. Это поможет вам понять, почему снежинки имеют столь сложную форму и как именно появляются различные узоры. Понимание механизмов возникновения снежинок значительно обогащает наши впечатления. Имея представление о структуре снежинок, вы начнете замечать в каждой из них множество мельчайших деталей, на которые прежде не обратили бы никакого внимания. Научившись распознавать характеристики разных типов снежинок, вы сможете лучше понять процесс их образования. Наблюдать за снежинками всегда интересно, но вы получите еще большее удовольствие, если будете знать, как сформировались их прекрасные формы и узоры.

Снежинки состоят из обычного льда. Но это не замороженные капли дождя, и формируются они не из жидкой воды. Снежинки образуются, когда водяной пар в воздухе переходит сразу в твердое состояние, минуя жидкое. Именно динамика конденсации пара определяет уникальный внешний вид снежинки.

Лед — кристаллический материал; это означает, что молекулы воды расположены в углах регулярной кристаллической решетки. Даже если снежный кристалл имеет сложную форму, его молекулярная решетка непрерывна на всем его протяжении. Множество особенностей формы снежинок (шестичленная симметрия, грани, ориентация лучей и ответвлений) — результат упорядоченного



*Снежинка — это монокристалл льда, подобный изображенному выше. Снежинками также могут называть агрегаты нескольких снежных кристаллов, которые выпадают на землю в виде хрупких снежных хлопьев.*

расположения молекул в кристаллической решетке.

Чтобы понять, каким образом снежные кристаллы приобретают столь удивительную форму, надо иметь представление о том, как молекулы воды в воздухе присоединяются к растущему кристаллу. Природа создает снежинку, добавляя молекулы воды к кристаллу при конденсации паров воды на его поверхности. Этому посвящена первая часть книги.

## Симметрия снежинок



При взгляде на снежинки сразу возникают два вопроса:

1. Почему они все такие разные?
2. Почему рост всех шести лучей происходит равномерно?

На снимке выше изображен кристалл сложной формы, не похожий на другие. Хорошо видно, что боковые ответвления и другие элементы практически идентичны на всех лучах. Почему снежинка формируется таким образом?

Частично ответ можно найти на морфологической диаграмме, показывающей, что образование снежных кристаллов очень чувствительно к местным условиям. Если рассматривать весь срок существования снежинки, становится понятно, что ее форма определяется историей ее роста. Пока ветер носит растущий кристалл внутри облака, он постоянно испытывает перепады температуры и влажности. Каждая такая перемена в непосредственном окруже-

нии кристалла влияет на процесс его роста. Снежинку может носить и крутить в облаке достаточно долго, что приводит к образованию кристалла с довольно сложной структурой. А так как не найдется двух снежинок, которые проделали бы в облаке одну и ту же траекторию, не бывает и двух одинаковых кристаллов.

Но хотя разные снежинки движутся по разным траекториям, шесть лучей одного кристалла путешествуют вместе. Они растут синхронно просто потому, что подвергались одним и тем же изменениям внешних условий.

Однако есть множество способов нарушить симметрию снежинки. В кристаллической решетке порой возникают дефекты; чрезмерное количество соседей может помешать ее росту; снежинка может сталкиваться с другими кристаллами и капельками. Каждое из этих событий приводит к асимметричному росту.

Не думайте, будто все снежинки идеально симметричны. Присмотревшись к ним во время снегопада, вы быстро заметите, что идеальные образцы попадаются редко. Порой я перебираю тысячи штук, чтобы найти самые выдающиеся примеры. Симметрия — важное свойство снежных кристаллов, но свойство хрупкое и далеко не всегда идеально воспроизводимое.

## Двух одинаковых не бывает?

Считается, что двух одинаковых снежинок не бывает, но так ли это? Если бы можно было просмотреть все снежинки на планете, неужели среди них не нашлось бы хотя бы нескольких точных копий?

Чтобы ответить на этот вопрос, подумайте, сколькими разными способами можно расставить ваши книги на книжной полке. Если у вас 15 книг, есть 15 вариантов расстановки для первой книги, 14 для второй, 13 для третьей и так далее. Расчеты показывают, что есть более триллиона способов расставить на полке всего 15 книг. А количество возможных вариантов расстановки 100 книг намного превышает число атомов во всей Вселенной!

Теперь представьте, сколько есть у природы различных способов расставить элементы одной снежинки. У сложных образцов легко насчитывается более ста отдельных характеристик, каждая из которых могла бы быть другой. Поэтому количество сочетаний различных элементов и характеристик снежинки невероятно велико, и вероятность найти две идентичные снежинки практически равна нулю, даже если бы у нас была теоретическая возможность изучить все когда-либо существовавшие снежинки.

Разумеется, эта логика применима к сложным кристаллам с большим количеством элементов. У простых кристаллов меньше характеристик, поэтому существует меньше возможных вариантов их сочетания. Самая простая из снежинок — шестиугольная пластинка, отличающаяся только длиной и



шириной, и такие кристаллы могут быть очень похожими друг на друга.

На фотографиях выше изображены два схожих, но не идентичных снежных кристалла. Они упали рядом с разницей в несколько минут и, совершенно очевидно, вместе путешествовали в облаках. У обеих одна и та же общая форма и схожие элементы. На первый взгляд, можно подумать, что это снимки одного и того же кристалла. Но при более подробном изучении и сравнении можно выявить множество различий. Когда дело касается снежинок, иллюзия сходства всегда исчезает при внимательном их рассмотрении.



**Пример 2. Идеальная симметрия.** Некоторые снежные кристаллы отличаются особенно точной шестичленной симметрией, как снежинка на этом снимке. Присмотревшись, вы заметите, что даже малейшие элементы повторяются здесь шесть раз с достаточно высокой точностью. Я сделал этот снимок ранним январским утром в городе Фэрбанкс на Аляске, когда на улице стоял мороз  $-18^{\circ}\text{C}$ . Грани кристалла очень четкие. Его размер составляет около 2 мм от одной вершины до другой. Для более простых небольших граненых кристаллов, подобных этому, симметрия характерна чаще, чем для крупных сложных снежинок с множеством ответвлений. Более медленный рост, как правило, более стабилен и приводит к образованию небольших, более симметричных кристаллов.





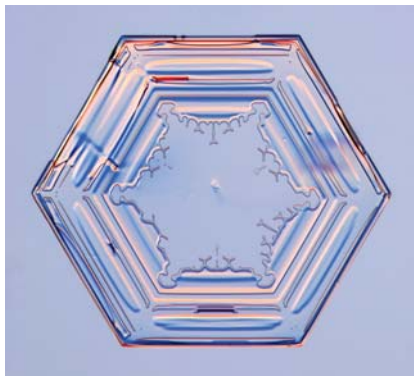
**Пример 3. Неидеальная симметрия.** На фотографии выше изображена снежинка с неидеальной симметрией. Такие кристаллы гораздо чаще можно наблюдать в природе. Как видите, шесть лучей несколько отличаются друг от друга длиной, а боковые ответвления неодинакового размера расположены неравномерно. Этот образец в 1,5 раза крупнее предыдущего, и его стремительный рост привел к менее симметричной форме.

Несмотря на сложную форму, все равно очевидно, что это монокристалл льда. Обратите внимание, что лучи и боковые ответвления расположены под углом 60 градусов по отношению друг к другу. Это признак упорядоченной непрерывной молекулярной решетки, лежащей в основе структуры кристалла.

# Формирование граней кристалла

Многие снежные кристаллы имеют большое количество кристаллических поверхностей или **граней**. Благодаря яркому отражению света от этих зеркальных граней свежесвыпавший снег блестит, а при изучении снежинки, упавшей на рукав, мы видим отдельные «искорки».

Формирование граней — один из важнейших механизмов образования разных форм и узоров снежинок. Благодаря этому процессу происходит переход от геометрической формы молекулы воды к геометрической форме крупного снежного кристалла. Грани формируются у кристаллов потому, что некоторые их поверхности аккумулируют «материал» медленнее других. Рассмотрим рост изначально круглого центра ледяного кристалла (рисунок внизу слева). Кристалл растёт, когда молекулы воды конденсируются из воздуха на его поверхности. Молекулам воды легче закрепиться в трещинках и впадинках кристалла из-за более сильных молекулярных связей в таких местах, поэтому неровные участки



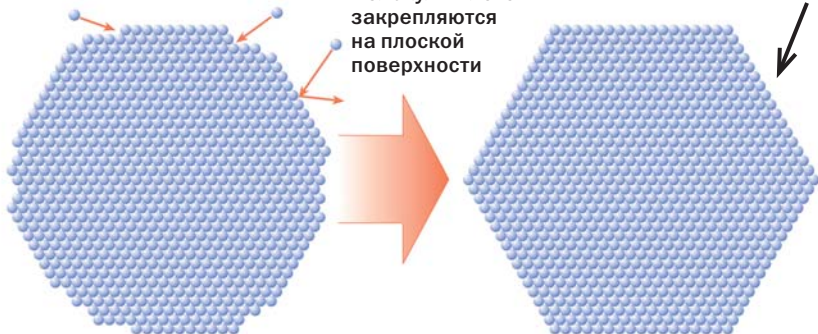
заполняются быстрее. Плоские поверхности, наоборот, отличаются меньшей свободной валентностью, а потому реже присоединяют молекулы воды и растут медленнее.

По мере того, как конденсирующиеся молекулы воды занимают свои места на поверхности кристалла, они очень быстро заполняют межмолекулярные пустоты. Затем остаются лишь плоские поверхности (границы), и ледяной кристалл продолжает ещё некоторое время расти. Так кристалл становится граненым независимо от своей первоначальной формы.

молекулы с большей вероятностью закрепляются на неровной поверхности

молекулы плохо закрепляются на плоской поверхности

рост приводит к образованию граней



## Шестиугольная ледяная призма



Молекулярная решетка кристалла льда приводит к появлению двух видов граней: шести боковых граней призмы двух оснований, как показано на рисунке выше. Фигура, образованная этими восемью плоскостями, называется **шестиугольной призмой**. Такой формой (или приближенной к ней) зачастую обладают крошечные снежные кристаллики, а также кристаллы, которые растут очень медленно.

Формирование и развитие грани — ключевой процесс роста снежинки, даже если при этом не формируются идеально плоские грани. Крупные звездчатые кристаллы, например, обладают плоской формой благодаря развитию в плоскости оснований. Молекулы воды легко прикрепляются к боковым граням призмы и практически ни-



когда не присоединяются к поверхностям оснований. Таким образом, боковые поверхности быстро увеличиваются, и в результате формируются тонкие ледяные пластинки. Даже если в кристалле возникают узоры и лучи, в целом он остается тонкой плоской пластинкой.

*Симметрия снежинки всегда возникает на основе шестиугольной молекулярной решетки кристалла льда посредством образования граней. Если перед вами шестиугольный симметричный снежный кристалл, знайте, что в определенный момент он прошел через процесс формирования граней. Грани обычно образуются, когда снежный кристалл очень мал, и остаток этого шестиугольника часто заметен в центре снежинки.*



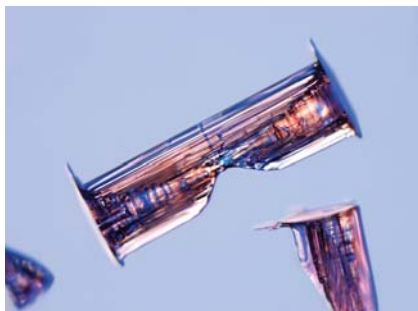
ЧАСТЬ ВТОРАЯ

Виды снежинок:  
ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ  
И СПРАВОЧНОЕ РУКОВОДСТВО





## Иероглифы с небес



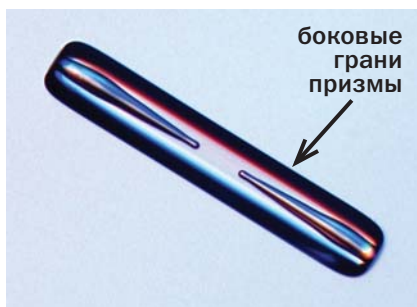
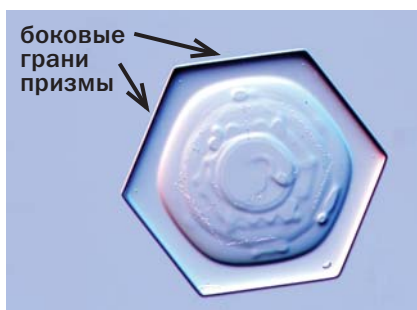
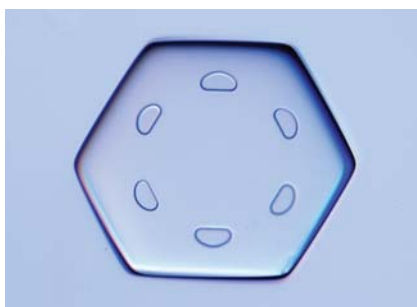
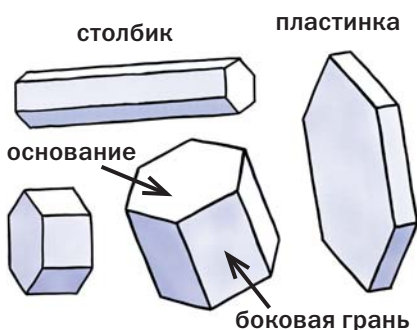
Снежинка подобна ледяному иероглифу с небес — форма и строение каждого кристалла рассказывают историю его путешествия в облаках. Рассматривая снежинку, вы узнаете об условиях, в которых она находилась на разных этапах развития. При наблюдении за снежинками довольно интересно попытаться понять, каким образом разные кристаллы приобрели свой окончательный вид.

Наблюдение за птицами хотя и схоже по духу с наблюдением за снежинками, но лишено именно такого аспекта, как и изучение растений или других живых организмов. Биохимическая машина жизни практически непостижима в своей сложности, поэтому получить хотя бы общее представление о любом живом организме — огромный труд. Но снежинка достаточно проста, чтобы можно было понять, каким образом сформировался каждый кристалл.

Описывая разные виды снежных кристаллов, я постараюсь объяснить, каким образом формировался каждый из них. Я буду ссылаться на основные механизмы роста снежинок, о которых рассказывал в первой части книги, и с их помощью «расшифрую» возникновение различных элементов кристаллов среди облаков. Наблюдение за снежинками принесет вам гораздо больше удовольствия, если вы научитесь «читать» эти иероглифы. Имея представление о развитии и росте снежных кристаллов, вы сможете в полной мере наслаждаться их красотой.

## Простые призмы

Простые призмы — небольшие граненые снежные кристаллы в виде пластинок или столбиков. Они отличаются простой формой, незатейливыми узорами и отсутствием ответвлений. Эти «минималистичные» снежинки встречаются очень часто, их можно наблюдать во время большинства снегопадов независимо от температуры воздуха. Однако большинство простых призм так малы,



что разглядеть их можно лишь в микроскоп. Эти кристаллы — по сути, юные снежинки, не успевшие вырасти и приобрести более сложную форму. Размер образцов на этих снимках составляет около 0,3 мм, что примерно соответствует размеру точки в конце этого предложения. Простые призмы также называют «алмазной пылью» из-за того, что эти крошечные граненые кристаллы напоминают драгоценные камни. Однако огранка драгоценных камней — процесс искусственный, ибо их грани создаются человеком, в то время как грани снежных кристаллов возникают и растут сами собой.

Развитие граней — преобладающий процесс в формировании простых призм, так как они отличаются малыми размерами. На этом этапе процесс ветвления еще не мог начаться. На практике ветвление обычно начинается, когда кристалл достигает размера более половины миллиметра, хотя это далеко не строгое правило. При особенно высокой влажности ветвление может начаться раньше. При низкой влажности кристаллы остаются гранеными дольше.

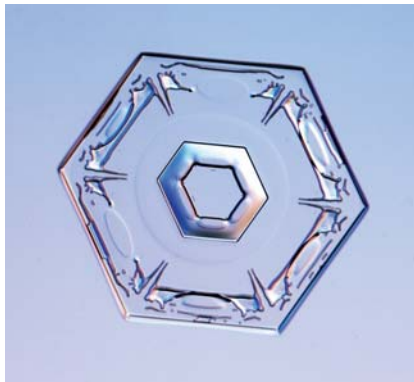
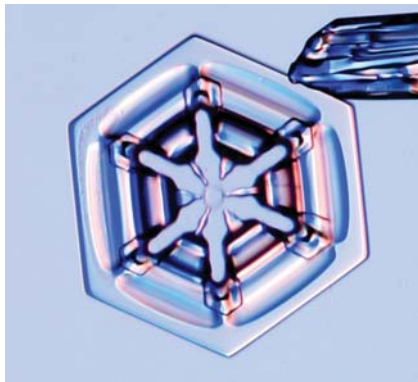
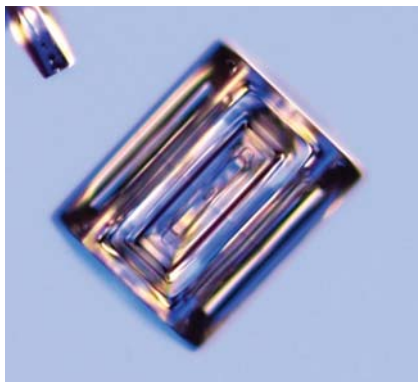
Полностью сформировавшиеся грани кристалла отличаются очень четкими углами во время роста, но на фотографиях они далеко не

**кристалл с углами, скругленными в процессе сублимации**



всегда такие. Сублимация часто скругляет ребра, как например, у небольшой призмы на верхнем снимке. Эрозию четких элементов особенно часто можно наблюдать у образцов малого размера и при более высоких температурах.

Сублимация всегда остается неизвестным фактором во время наблюдения за снежинками, ведь мы не знаем, в каких именно условиях находились разные кристаллы после формирования. К тому моменту, когда снежинки достигают земли, они могут выглядеть совсем иначе, чем в то время, когда росли в облаках.



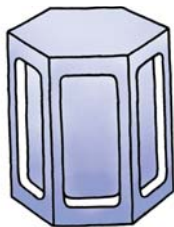
углубление на боковой грани призмы

четкие углы

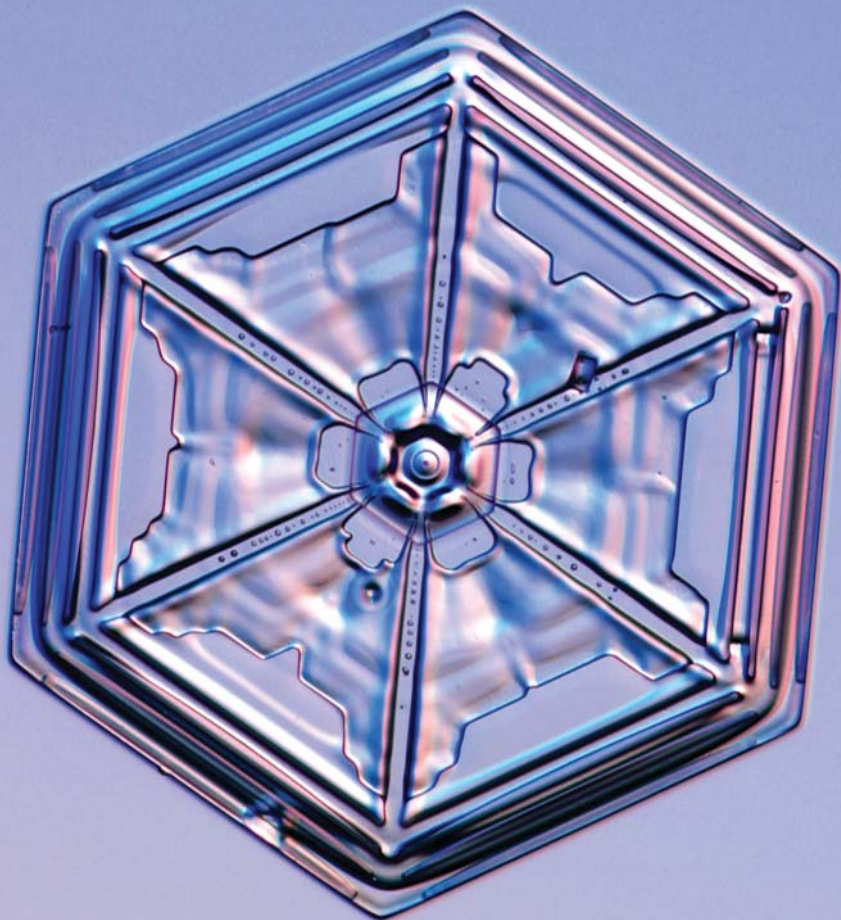
основание призмы

**Пример 8. Грани с углублениями.** Делая этот снимок, я сфокусировал камеру на одной боковой грани призмы из «алмазной пыли». Размер кристалла составляет около 0,3 мм. Я поймал и быстро сфотографировал этот кристалл в очень морозный день, поэтому сублимация еще не успела сделать свое дело — углы остались четкими и ярко выраженными.

Мне нравится эта фотография, потому что это наглядный пример углублений, которые порой можно наблюдать на боковых гранях призмы. В процессе роста кристалла благодаря диффузии водяных паров из воздуха углы кристалла получают большое количество «строительного материала». Центры граней получают меньше, и потому аккумулируют материал медленнее. Со временем центры граней отстают в росте от ребер, как показано на рисунке справа. Это распространенная картина роста кристалла и первый шаг к ветвлению (см. стр. 19). Если бы этот кристалл продолжал расти, вскоре из простой призмы он превратился бы в более сложную структуру.





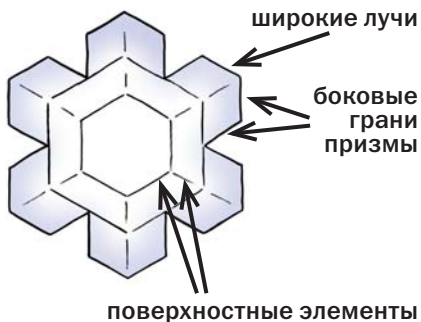


**Пример 9. Простая шестиугольная пластинка.** Кристаллы, подобные этому, легко можно найти в большинстве снегопадов, если использовать микроскоп. Как правило, бывает достаточно позволить снежинкам упасть на несколько стеклянных пластинок для микроскопа (так называемые предметные стекла), а затем внимательно изучить их в поисках интересных образцов. Многие удивительные снежинки для фотосъемки я нашел именно с помощью этого простого способа.

Узор на этом кристалле возник благодаря колебаниям температуры и влажности во время путешествий снежинки. При каждом изменении параметров окружающей среды менялся и характер роста кристалла. Элементы на поверхности стали результатом этих перемен в росте. Если бы кристалл формировался в идеально стабильных условиях, его основания были бы более гладкими без каких-либо элементов.

## Звездчатые пластинки

Звездчатые пластинки — тонкие плоские кристаллы среднего размера с общей шестичленной симметрией. Для них характерны широкие лучи с малым количеством боковых ответвлений и обилием сложных поверхностных элементов. При соответствующих условиях звездчатые пластинки образуются в большом количестве. Лучшие образцы таких кристаллов можно найти во время легких снегопадов при достаточно низкой температуре.

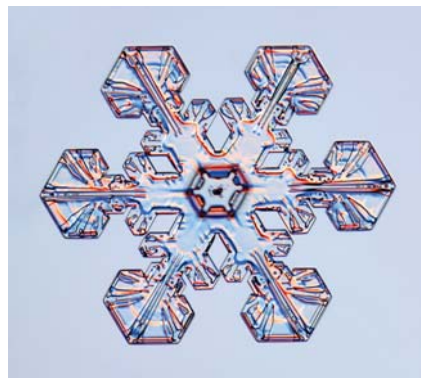


Блеск снега, который мы видим во время снегопада, — это, как правило, свет, отражающийся от оснований звездчатых пластинок. Эти кристаллы достаточно крупные, чтобы их общую структуру можно было рассмотреть с помощью простой лупы. Такие снежинки часто достигают 2 мм в диаметре, то есть примерно размера этой буквы «О». Микроскоп открывает для наблюдателя совершенно новый мир, позволяя подробнее рассмотреть сложные узоры на каждом кристалле.

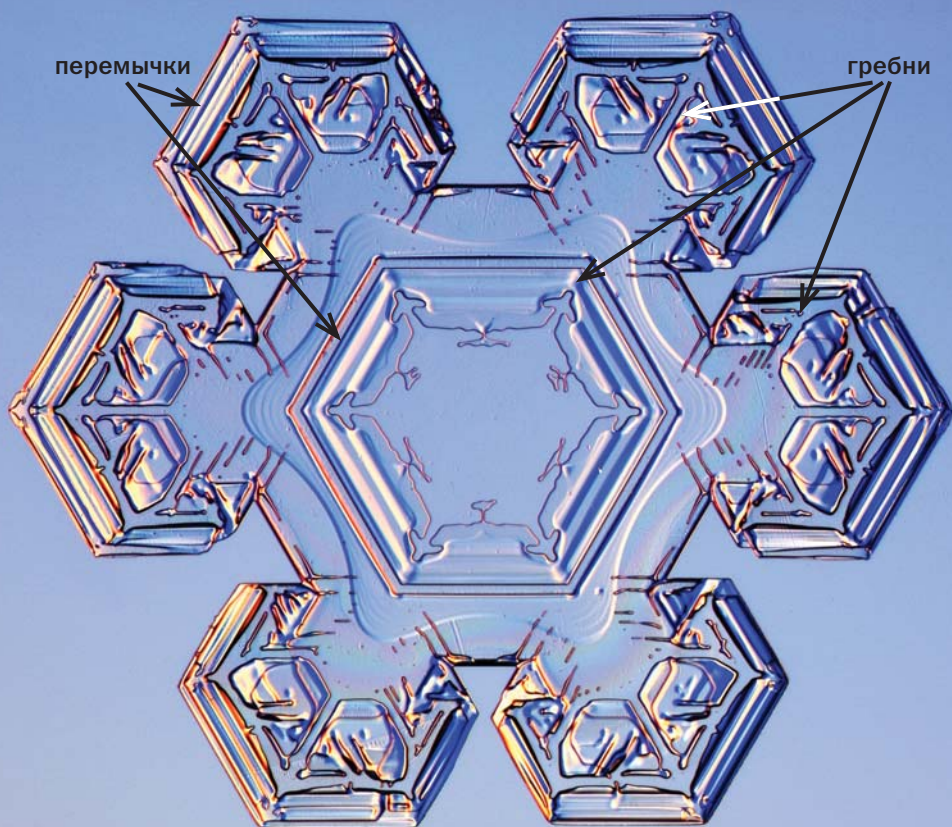




Звездчатые пластинки образуются в определенном диапазоне температур, а потому встретить их можно далеко не в каждом снегопаде. Морфологическая диаграмма показывает, что крупные пластинчатые кристаллы образуются, когда температура в облаках составляет около  $-15^{\circ}\text{C}$  или  $-2^{\circ}\text{C}$ . При более высокой температуре полностью сформированные кристаллы сложно найти из-за сублимации и других факторов. Самые удивительные звездчатые кристаллы встречаются при температуре  $-15^{\circ}\text{C}$  плюс-минус несколько градусов. Если вы хотите найти такие снежинки, вам придется подождать подходящей погоды.

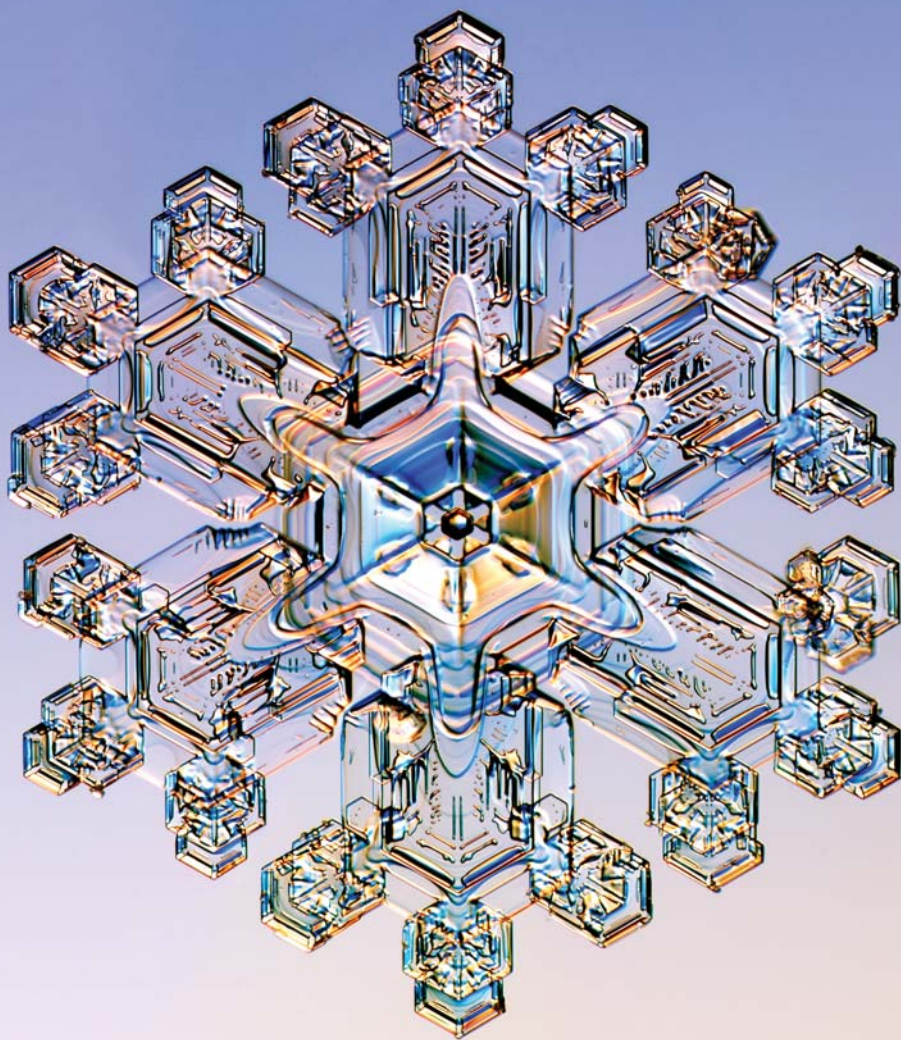






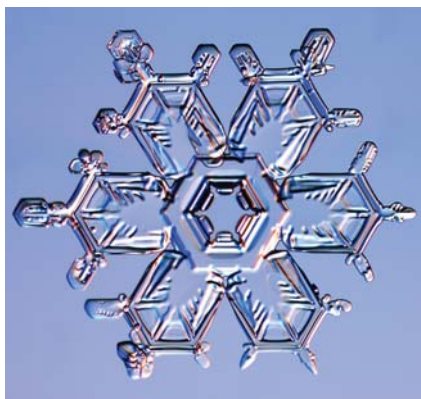
**Пример 10. Поверхностные узоры на звездчатых пластинках.** Наблюдая за снежинками, вы вскоре заметите, что любая звездчатая пластинка по-своему интересна. Даже при относительно простом общем контуре кристалла (см. предыдущий пример) узоры на поверхности могут быть необычайно богатыми и сложными. Изобилие поверхностных элементов — одна из основных причин того, что каждая снежинка уникальна и разительно отличается от остальных. Для звездчатых пластинок характерны особенно сложные узоры, так как их рост очень сильно зависит от колебаний влажности и температуры. Они формируются в такой среде, в которой и неустойчивое ветвление, и неустойчивый рост острого края происходят при «пороговых» условиях этих процессов — то есть когда даже малейшие изменения в непосредственном окружении кристалла влияют на динамику этих процессов, что, в свою очередь, изменяет характер роста. Перемены в характере роста вызывают появление самых разных остаточных гребней и перемычек, в каком-то смысле аналогичных древесным кольцам (см. стр. 25). Большинство поверхностных узоров на этой снежинке появились в результате повторного формирования этих базовых элементов во время сложной серии колебаний температуры и влажности.





**Пример 11. Королевская снежинка.** Этот величественный звездчатый кристалл я обнаружил одним поздним вечером в городе Берлингтон в штате Вермонт, наблюдая за снегопадом с холодной крыши гостиничной парковки. Пожалуй, это не самое романтическое место, но снежинкам все равно, куда падать — на прекрасный заснеженный луг или крышу в центре города. Мне нравится фотографировать снежинки на парковках по ночам, так как они удобны и хорошо освещены.

Диаметр этой снежинки от вершины до вершины составляет чуть более 3 мм, что достаточно много для столь хорошо сформированного, богато украшенного кристалла.



Наблюдать за звездчатыми пластинками — огромное удовольствие. Вы не только не найдете двух одинаковых снежинок, но вам крупно повезет, если попадутся две хотя бы отдаленно похожие друг на друга. Эти кристаллы сформировались в одном снегопаде на Верхнем полуострове штата Мичиган.



**Пример 44. Тайная красота зимы.** Снежные кристаллы — великолепный пример шедевров природы, хотя и рождаются они среди холодных пронизывающих ветров в пасмурном зимнем небе. Стоит лишь обратить на них внимание, и снежинки вызовут восторг, если обнаружить их у себя на рукаве, и истинное восхищение, если рассмотреть их под микроскопом. Их сложная структура развивается по мере того, как снежинки танцуют в небесах, и красота каждой из них мимолетна и неповторима.

Не удовлетворяйтесь одними лишь фотографиями в этой книге. Берите лупу и при следующем же снегопаде отправляйтесь на улицу. Своими глазами взгляните на эти миниатюрные произведения искусства. Новые находки поразят вас до глубины души.



## Об авторе

**Кеннет Либбрехт** — профессор физики Калифорнийского технологического института и всемирно известный специалист по физике и кристаллографии снега и снежинок. Выходец из Северной Дакоты. Окончил Принстонский университет, где изучал солнечную астрономию и физику Солнца под руководством выдающегося американского астрофизика Роберта Дикке; в 1984 году получил докторскую степень. В 2006 году Почтовая служба США выпустила четыре марки с фотографиями снежинок, сделанными Либбрехтом.

