**Устный журнал «Небесная геометрия»**

Цель:

* дать физическое и математическое обоснование разнообразия форм снежинок.

Задачи:

* изучить историю появления фотографий с изображениями снежинок;
* изучить процесс образования и роста снежинок;
* определить зависимость форм снежинок от внешних условий (температура, влажность воздуха);
* объяснить разнообразие форм снежинок с точки зрения симметрии.

Страница 1  
**История изучения снежинок**

**(слайд 5-9)**

Многие ученые задумывались над природой снега. Что такое снежинки? Почему они образуются? Почему имеют именно такую форму? Представляем пятерку ученых, которые дали ответы на все эти вопросы.

**1. Иоганн Кеплер (Johannes Kepler)**

В 1611 году исследователь выпустил свой трактат «О шестиугольной снежинке».

Это исследование можно считать первым в истории трудом по изучению кристаллов снега. Кеплер задумался, почему кристаллы всегда имеют форму правильного шестиугольника. Он объяснил этот феномен плотным расположением сфер, формирующих гексагональну структуру кристалла.

Кеплер впервые заинтересовался и природой симметрии снежинок, но объяснить ее не смог.

Прошло 300 лет, прежде чем ученые смогли дать ответ на поставленный Кеплером вопрос. Это стало возможным благодаря открытию рентгенокристаллографии.

**2.** **Рене Декарт (René Descartes)**

Философ и математик Рене Декарт первый подробно описал форму снежных кристаллов - настолько хорошо, насколько это можно было сделать без помощи микроскопа.

Его подробные записки, датированные 1635 годом, содержали описания редких форм

снежинок - 12-угольных и столбикообразных.

**3.** **Роберт Хук (Robert Hooke)**

В 1665 году Роберт Хук выпустил огромный том под названием «Микрография». Работа включала изображение всего, что автор мог увидеть благодаря крупнейшему изобретения того времени - микроскопу. В этом альбоме были многочисленные фото снежинок, на которых четко видна абсолютная симметрия и правильная форма снежных кристаллов. Это открытие изменило тогдашние представления о снежинках.

**4.** **Уилсон Елвин Бентли (Wilson Alwyn Bentley)**

Уилсон Бентли (1865-1931) - американский фермер, который занимался фотографированием снежных кристаллов. В его коллекции 5000 снимков, из которых более 2000 были опубликованы в 1931 году в его известной книге «Снежные кристаллы».

Книга издается дополнительными тиражами по сей день.

**5.** **Укичиро Накайя (Ukichiro Nakaya)**

Укичиро Накайя стал первым ученым, сумевшим создать систематическое учение о снежных кристаллах. Оно стало огромным прорывом в понимании природы снега. Накайя, по специальности физик-ядерщик, в 1932 году был назначен на должность профессора на Хоккайдо - северном острове Японии. Проводить ядерные исследования на новом месте возможности не было, зато внимание ученого привлекли снежинки - благо, в «подопытном материале» на холодном Хоккайдо недостатка не было.

В отличие от Бентли, японец фотографировал и изучал все попавшиеся кристаллы, включая не очень красивые и несимметричные. Благодаря настойчивому труду и научному подходу к работе Накайя сумел составить детальный каталог типов снежинок. снежинок в заданных условиях. Это позволило определить закономерности между формой снежных кристаллов и средой их формирования. Итогом нескольких лет работы ученого стала работа «Снежные кристаллы: естественные и искусственные».

Впервые изданная в 1954 году, книга выходит и в наши дни. В ней раскрыто увлекательное научное исследование, которое началось практически из ничего, а закончилось внимательным изучением и детальной классификацией снежинок - впечатляющего природного феномена.

Настоящим научным триумфом Накайя стало выращивание искусственных.

Страница 2  
**Снежинка под микроскопом (слайд10)**

**(слайд 11)**

В обычный снегопад мы не задумываемся, что обычная снежинка при изучении ее в микроскоп, может представлять из себя не менее прекрасное зрелище и поражать нас правильностью и сложностью форм. Здесь небольшая подборка фотографий снежинок, которая наверняка убедит вас в том, что так надоевшее за зиму явление выпадения снега состоит из такой вот красоты.

**(слайд 12)**

Кристаллография в настоящее время активно развивается в связи с потребностями электроники и физики твердого тела — в частности, свойства полупроводников, использующихся в наших повседневных электронных приборах, в значительной мере зависят от характеристик используемых в них кристаллов. Очередной шаг в изучении свойств наиболее известных природных кристаллов — снежинок — сделан профессором физики Кеннетом Либбрехтом (Kenneth Libbrecht) из Калифорнийского технологического института. В лаборатории профессора Либбрехта снежинки выращиваются искусственно.   
«Я пытаюсь выяснить динамику формирования кристаллов на молекулярном уровне, — комментирует профессор. — Это непростая задача, и ледяные кристаллы скрывают множество секретов».

**(слайд 12)**

Снежинка — сложная симметричная структура, состоящая из кристалликов льда, собранных вместе. Вариантов «сборки» множество — до сих пор не удалось найти среди снежинок двух одинаковых. Исследования, проведенные в лаборатории Либбрехта, подтверждают этот факт — кристаллические структуры можно вырастить искусственно или наблюдать в природе. Существует даже классификация снежинок, но, несмотря на общие законы построения, снежинки все равно будут чуть-чуть отличаться друг от друга даже в случае относительно простых структур.

**(слайд 13-14)**

Для изучения характеристик снежинок профессор Либбрехт с 2001 года начал делать фотографии образовавшихся естественным образом снежинок и проводить их сравнительную классификацию. Структура и внешний вид снежинок, как выяснилось, зависят от того, где именно их наблюдали. По мнению Либбрехта, самые красивые и сложные по структуре снежинки выпадают там, где климат суровее — к примеру, на Аляске, а вот в Нью-Йорке, где климат мягче, структуры снежных кристалликов гораздо проще.

Для того чтобы структура снежинки была хорошо видна на фотографии (а это очень важно для изучения ее кристаллического строения), образец подсвечивают специальным образом, и сама снежинка работает как сложная линза. Либбрехт разработал специальную камеру с встроенным микроскопом для «полевых» исследований. Фотографировать снежинки надо очень быстро — когда снежинка спустилась с неба, ее кристаллики перестают расти и почти сразу же начинают терять четкость граней.

**(слайд 15)**

Фотографии позволили ученому выявить нестабильности роста кристаллов у снежинок, что раньше еще никому не удавалось. «Эти нестабильности очень важны для понимания процесса роста кристаллов, но объяснить их с научной точки зрения пока еще сложно», — комментирует ученый.

Даже невооруженным взглядом рассматривая снежинки, можно заметить, что ни одна из них не повторяет другую. Предполагается, что в одном кубическом метре снега находится 350 миллионов снежинок, каждая из которых уникальна. Не бывает пятиугольный или семиугольных снежинок, все они имеют строго шестиугольную форму (хотя советских художников заставляли рисовать на плакатах пятиконечные снежинки). Полные идеальной гармонии конструкции снежных кристаллов уже на протяжении многих лет вызывают интерес людей. Еще в 1635 году французский философ и математик Рене Декарт, писал, что снежинки похожи на розочки, лилии и колесики с шестью зубцами.

Особенно математика поразила найденная им в середине снежинки «крошечная белая точка, точно это был след ножки циркуля, которым пользовались, чтобы очертить ее окружность». Великий астроном Иоганн Кеплер в своем трактате "Новогодний дар. О шестиугольных снежинках" объяснил форму кристаллов волей Божьей. Японский ученый Накая Укитиро называл снег "письмом с небес, написанным тайными иероглифами". Он первым создал классификацию снежинок. Именем Накая назван единственный в мире музей снежинок, расположенный на острове Хоккайдо.

**(слайд 16)**

Основа для формирования снежинки, её крошечное ядро - это ледяные или инородные пылинки в тучах. Молекулы воды, хаотично перемещающиеся в виде водяного пара, проходят через облака, то вместе с температурой они теряют и скорость. Все больше и больше шестиугольных молекул воды присоединяется к растущей снежинке в определенных местах, придавая ей отчетливую форму. При этом выпуклые участки снежинки растут быстрее. Так, из первоначально шестигранной пластинки вырастает шестилучевая звездочка.

**(слайд 17)**

По мнению специалистов в этой области, главная особенность, определяющая форму кристалла, - это крепкая связь между молекулами воды, подобная соединению звеньев в цепи. Кроме того, из-за различного соотношения тепла и влаги кристаллы, которые в принципе должны быть одинаковыми, приобретают различную форму. Сталкиваясь на своем пути с переохлажденными мелкими капельками, снежинка упрощается по форме, сохраняя при это симметрию.

**(слайд 18-20)**

Порхающую в воздухе снежинку подстерегают две опасности. Во-первых, она может растаять, оказавшись в более теплых воздушных слоях. Во-вторых, во время полета происходит постепенно испарение снежинки, усиливающееся в ветреную погоду и при уменьшении относительной влажности воздуха.

То, что одна снежинка практически невесома, любой из нас прекрасно знает: достаточно подставить ладошку под падающий снежок. Обычная снежинка весит около миллиграмма (очень редко 2-3 миллиграмма, хотя бывают и исключения - самые крупные снежинки выпали 30 апреля 1944 года в Москве. Пойманные на ладонь, они закрывали её почти всю целиком и напоминали страусиные перья).

Миллиарды "невесомых" снежинок способны повлиять даже на скорость вращения Земли. Только в августе, в период наименьшей заснеженности Земли, когда снегом бывает покрыто 8,7% всей поверхности планеты, снежный покров весит 7400 миллиардов тонн. А к концу зимы в северном полушарии масса сезонного снега достигает 13.500 миллиардов тонн. Но снег оказывает влияние на Землю не только своим весом. Снежный покров отражает в космос почти 90% лучистой энергии Солнца. Свободная от снега суша отражает только 10, максимум 20%.

Страница 3  
**Какого цвета снег? (слайд21)**

То, что снег имеет не чисто-белый, а слегка голубоватый оттенок, известно давно. На картине И. Левитана «Март» тени от деревьев на снегу — не черные, а голубые: их подсвечивает синее весеннее небо. Но снег и сам по себе способен окрашиваться в синий цвет. Чтобы увидеть эту окраску, нужно проделать в чистом снегу узкое отверстие глубиной около метра. Свет, пробившийся через толщу снега возле края этой ямки, будет казаться желтоватым, глубже он становится желтовато-зеленым, го¬лубовато-зеленоватым и, наконец, ярко синим. Отсвет голубого неба здесь ни при чем, и чтобы убедиться в этом, можно провести опыт в пасмурную погоду или заглянуть в отверстие через картонную трубку.

Цвет льда зависит от его возраста и может быть использован для оценки его прочности. Океанический лед в первый год своей жизни белый, потому что он насыщен воздушными пузырьками, от стенок которых свет отражается сразу же, не успев поглотиться. Летом поверхность льда тает, теряет прочность, и под тяжестью ложащихся сверху новых слоев пузырьки воздуха сжимаются и исчезают совсем. Свет внутри льда проходит больший путь, чем прежде, и выходит наружу, имея голубовато-зеленый оттенок. Голубой лед старше, плотнее и прочнее белого «пенистого», насыщенного воздухом. Полярные исследователи это знают и выбирают для своих плавучих баз, научных станций и ледовых аэродромов надежные голубые и зеленые льдины.

В 1951 году Международная Комиссия по Снегу и Льду приняла классификацию твёрдых осадков. Согласно ей все снежные кристаллы можно разделить на следующие группы: звёздчатые дендриты, пластинки, столбцы, иглы, пространственные дендриты, столбцы с наконечником и неправильные формы. К ним добавились еще три вида обледеневших осадков: мелкая снежная крупка, ледяная крупка и град.

Симметричные неповторяющиеся формы снежинок сильно зависят от температуры. Кстати, сам снег бывает не только белым. В арктических и горных регионах розовый или даже красный снег – обычное явление. Дело в том, что живущие между его кристаллов водоросли окрашивают целые участки снега. Но известны случаи, когда снег падал с неба уже окрашенный – в голубой, зеленый, серый и черный цвета. Так, на Рождество 1969 года в Швеции выпал черный снег. Скорее всего, это произошло из-за того, что снег при падении впитал из атмосферы копоть и промышленные загрязнения. Во всяком случае, лабораторная проверка проб воздуха выявила в черном снеге присутствие инсектицида ДДТ.

В 1955 году около Даны, штат Калифорния, выпал фосфоресцирующий зеленый снег. Жители, рискнувшие попробовать на язык его хлопья, вскоре скончались, а у людей, бравших снег в руки, появились сыпь и сильный зуд. Возникло предположение, что подобные ядовитые осадки явились результатом атомных испытаний в штате Невада. Однако комиссия по расследованию этого происшествия данное предположение отвергла. По сей день происхождение зеленых хлопьев остается тайной.

Скрип снега – это всего лишь шум от раздавливаемых кристалликов. Разумеется, человеческое ухо не может воспринять звук одной "сломанной" снежинки. Но мириады раздавленных кристалликов создают вполне явственный скрип. Скрипит снег лишь в мороз, а тональность скрипа меняется в зависимости от температуры воздуха – чем крепче мороз, тем выше тон скрипа. Ученые произвели акустические измерения и установили, что в спектре скрипа снега есть два пологих и не резко выраженных максимума – в диапазоне 250-400 Гц и 1000-1600 Гц. В большинстве случаев низкочастотный максимум на несколько децибел превышает высокочастотный. Если температура воздуха выше минус 6°C, высокочастотный максимум сглаживается и полностью исчезает. Усиление морозов делает ледяные кристаллики более твердыми и хрупкими. При каждом шаге ледяные иглы ломаются, акустический спектр скрипа смещается в область высоких частот.

Страница 4  
**Интересные факты из жизни снежинок**

- Снежинка - один из самых фантастических примеров самоорганизации материи из простого в сложное.   
- На Крайнем Севере снег бывает настолько твердым, что топор при ударе по нему звенит, словно ударили по железу.  
- Снежинки состоят на 95% из воздуха, что обуславливает низкую плотность и сравнительно медленную скорость падения (0,9 км/ч).   
- Снег можно есть. Правда, энергозатраты на поедание снега во много раз больше его калорийности.  
- Более половины населения земного шара никогда не видело снега, разве только на фотографиях.   
- Слой в один сантиметр слежавшегося за зиму снега дает 25-35 кубометров воды на 1 га.  
- Лед неодинаково холоден. Есть очень холодный лед, с температурой около минус 60 градусов, это лед некоторых антарктических ледников. Намного теплее лед гренландских ледников. Его температура равна примерно минус 28 градусам. Совсем "теплые льды" (с температурой около 0 градусов) лежат на вершинах Альп и Скандинавских гор.

- Количество воды, "законсервированной" в ледниках земного шара, в 50 раз меньше, чем вся масса океанских вод, и в 7 раз больше вод суши. Если бы ледники совсем растаяли, то уровень мирового океана повысился бы на 800 метров.   
- Два-три айсберга средней величины содержат в себе массу воды, равную годовому стоку Волги (годовой сток Волги - 252 кубических километра).   
- Бывают черные айсберги. Первое сообщение в печати о них появилось в 1773 г. Черный цвет айсбергов вызван деятельностью вулканов - лёд покрыт толстым слоем вулканической пыли, которая не смывается даже морской водой.  
- 26 400 000 $ американские ученые потратили на выяснение того факта, что снежинки образуются непосредственно из пара, минуя стадию дождя.

- Феодальный правитель Страны восходящего солнца Тосицура Онаками Дои с присущим японцам чувством точности и хрупкой красоты составил 97 рисунков «снежных цветков».

- Легенда о самом первом снеге - Восставшие ангелы в момент падения теряли свои белоснежные крылья, которые покрыли землю белым блестящим ковром. Так появился снег, и наступила первая зима.

Заключение

Если, читая этот материал, вы думаете, что ученые всю жизнь занимаются изучением снежинок, ради забавы, то глубоко ошибаетесь. Свойства снега необходимо изучать для прогнозирования климатических изменений.

**Про Снежинку**

|  |
| --- |
| Белая Снежинка хрусталём искрится...  Тихо опустилась на мои ресницы...  Лёгкая пушинка - вестница метели...  За метелью будут звонкие капели...  И согреет душу солнечный проказник...  Прыгает, резвится тот зеркальный зайчик..  А ....белая снежинка...капелькою станет...  И замрёт слезинкой, а потом растает... |