

# Калейдоскоп ТЕПЛОВЫХ ЯВЛЕНИЙ

Презентация подготовлена  
учеником 8 класса «А»  
МОУ Аннинский лицей  
Свистовым Сергеем  
2008

# Десять вопросов – десять ответов о снеге

О необъятная страна,  
Необозримая страна.  
И для тебя нашлась одежда,  
Никем не сшитая она,  
Как бы безбрежный дивный сон  
Вдруг успокоенной земли –  
Вокруг на десять тысяч ли  
Невиданная белизна.

Цюй Цюбо, «Снега России»

каждой зимой  
заснеженные  
поля, леса,  
городские  
улицы, площади,  
скверы, мы  
поневоле  
привыкаем к  
снегу и  
начинаем  
воспринимать  
его как нечто  
хорошо  
знакомое. Но так  
ли уж хорошо мы  
с ним знакомы?



## Вопрос 1

Чему равна  
масса  
снежинки и  
масса всего  
снега?



- Отдельная снежинка имеет маленькую массу — порядка миллиграмма.
- Однако масса всего «пухового одеяла» которое образуют упавшие на землю мириады снежинок, оказывается весьма солидной.
- Когда в Северном полушарии зима подходит к концу, общая площадь земного снежного покрова достигает  $10^8$  км<sup>2</sup> (20% поверхности земного шара).
- Масса этого покрова равна примерно  $1,35 \cdot 10^{16}$  кг (13500 млрд. т).

## Вопрос 2

Почему  
свежевыпавший  
снег белый?



- Свет, падающий на какое-либо вещество, частью поглощается в нём, а частью отражается. Кроме того, свет может частично проходить сквозь вещество (если оно в какой-то мере прозрачно).
- Как правило, поглощение света различными веществами сильно зависит от длины волны, именно поэтому мы видим все вокруг в цвете.
- Предположим, например, что рассматриваемый объект поглощает почти весь оптический диапазон длин волн и отражает лишь красные лучи; ясно, что такой объект освещаемый солнечным светом, будет представляться нам красным.
- Если объект поглощает лучи всех длин волн и практически ничего не отражает, то он выглядит чёрным.
- Если же, наоборот, объект практически все лучи отражает, он выглядит белым. Именно таков свежесвыпавший снег; он отражает более 90% падающих на него солнечных лучей.

- Падая на поверхность снега, солнечные лучи сравнительно легко проникают внутрь снеговых льдинок, находящихся вблизи поверхности. Проникнуть глубже в снег лучам не даёт полное внутреннее отражение от многочисленных поверхностей, отделяющих льдинки от воздуха, который заполняет внутренние поры в снегу.
- Когда эти поры исчезают (при образовании монолитного льда или в результате заполнения талой водой), отражение света существенно уменьшается в этом случае значительная часть солнечных лучей проникает достаточно глубоко внутрь покрова и там поглощается.



- Связь белизны с явлением полного внутреннего отражения света можно видеть на многих примерах.
- Раздробите на морозе кусок льда— и вы получите белый порошок.
- Взгляните на лужу, подернутую ледяной корочкой: она везде темная, но там, где подо льдом оказался воздушный пузырь, она белая.
- Проследите за падающей снежинкой. Вот она упала на вашу ладонь и тут же, еще не растаяв, утратила свою белизну — воздушные промежутки между снежинкой и поверхностью ладони оказались заполненными талой водой.

## Вопрос 3

Почему снег со временем темнеет?



- Снег темнеет прежде всего потому, что на нем осаждаются пыль и сажа, имеющиеся в воздухе.
- Но дело не только в этом. Потемнение снега означает, что он стал меньше отражать солнечных лучей и, значит, больше поглощать их. Оттепели и движение водяных паров из глубины снежного покрова к его поверхности — всё это приводит к заполнению воздушных пор поверхностного слоя талой водой и льдом, приводит к уплотнению этого слоя и к образованию наста. В результате усиливается проникновение солнечных лучей в глубь снежного покрова, возрастает поглощение света внутри покрова — снег ещё более темнеет.
- Весной увлажнение снега и загрязнение его поверхности уменьшают долю света, отражаемого снежным покровом, до 30%. То есть, за период с выпадения снега до весеннего таяния отражающая способность снежного покрова снижается более чем в 3 раза.

## Вопрос 4

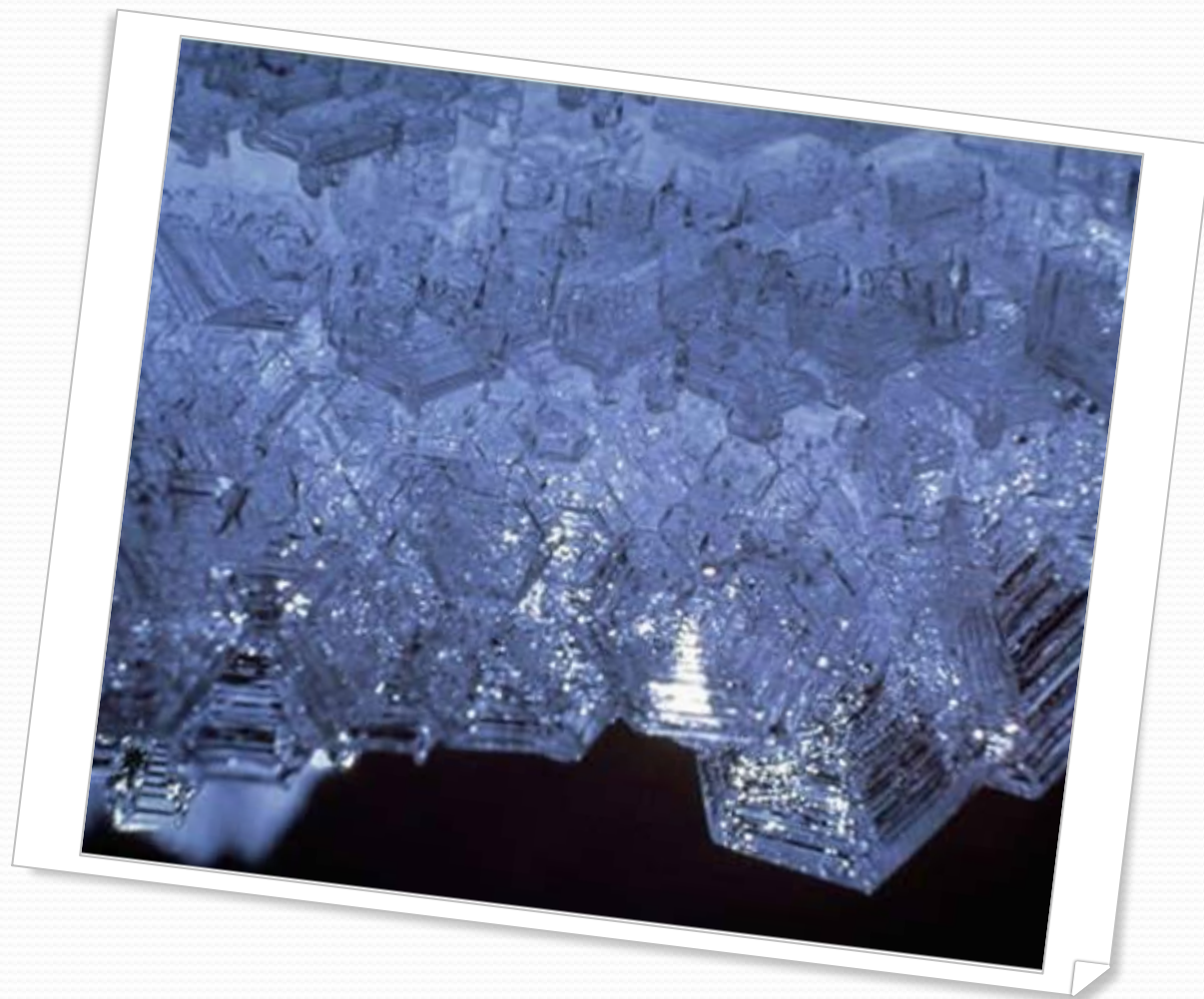
Почему  
зимой  
холодно?



- Снег выпадает из-за похолодания, вызванного тем, что ежегодно в течение нескольких месяцев те или иные области земной поверхности получают меньше энергии от Солнца. В свою очередь, выпадение снега приводит к еще большему сокращению получаемой от Солнца энергии и, следовательно, способствует усилению зимних холодов.
- Свежевыпавший снег отражает более 90% солнечных лучей, а свободная от снега суша отражает только 10-20% солнечного света. Отсюда видно, насколько меньше энергии получает Земля от Солнца благодаря высокой отражающей способности снежного покрова.
- Снежное покрывало спасает от морозов растения и диких животных, свежий снег благодаря обилию в нем воздушных пор обладает высокими теплоизоляционными свойствами.

## Вопрос 5

Почему снег  
в мороз  
скрипит под  
ногами?



- Скрип снега - это шум от раздавливаемых льдинок. Чем сильнее мороз, тем более твердыми и хрупкими делаются снеговые льдинки и поэтому более высоким становится тон скрипа.
- Проводились специальные акустические измерения при  $6^{\circ}\text{C}$  (слабый мороз) и при  $-20^{\circ}\text{C}$  (сильный мороз). В слабый мороз скрип снега характеризуется частотами в интервале примерно 200-400 Гц. В сильный же мороз, наряду с увеличением силы звука, наиболее «сильный» звук возникает при частоте 1000-1500 Гц.

## Вопрос 6

Как  
образуется  
сосулька?





- Представим себе солнечный зимний день, лёгкий мороз (температура воздуха всего на несколько градусов ниже нуля). Солнечные лучи падают почти отвесно на покрытый снегом скат крыши и неплохо прогревают его.
- Под снегом образуется талая вода, она стекает по скату крыши и достигает ее края. Там и начинают расти сосульки.
- Для простоты будем считать, что сосулька растёт скачками хотя на самом деле этот процесс непрерывен.
- Вот с края крыши начинает стекать крупная водяная капля. Она не может сразу оторваться и полететь вниз - мешает поверхностное натяжение воды.

- Капля как бы находится внутри поверхностной пленки, которая постепенно вытягивается и, уступая тяжести капли, все более провисает. А пока это происходит капля замерзает, теперь с края крыши свешивается надежно примерзший к нему кусочек льда, имеющий характерную форму.
- Следующая капля быстро стекает по уже замерзшей капле к самой нижней её точке и, провиснув, замирает. Вот-вот сила тяжести одолеет силу поверхностного натяжения и капля полетит вниз, но этого не происходит. Новая капля, как и предыдущая, замерзает, так и не оторвавшись от крыши.
- Такова же судьба и последующих капель. Все они последовательно намерзают одна на другую, в результате чего и образуется сосулька

## Вопрос 7

Почему снег  
задерживается  
на ветвях  
деревьев?



- Попробуйте сыпать песок на ветку дерева, лишённую листьев. Он на ней практически не задержится и почти целиком просыплется вниз на землю.
- В отличие от песка, снег может накапливаться на голых ветвях, образуя подчас такие тяжёлые шапки, что обламываются ветви. Снеговые наросты на деревьях образуются при снегопаде в тихую погоду, когда температура воздуха близка к  $0^{\circ}\text{C}$ .

- В этих условиях довольно интенсивно идут разнообразные процессы внутри снега: подтаивание и замерзание, испарение и кристаллизация. Они приводят к образованию связей между упавшими снежинками и поверхностью ветвей, а также между самими снежинками.
- Первые снежинки подтаивают и примерзают к ветвям, образуя на них тонкую наледь. Последующие снежинки примерзают уже к этой наледи.
- Так постепенно на ветвях нарастают большие снежные шапки, способные удерживаться даже при несильных порывах ветра

## Вопрос 8

Почему  
положенная на  
снег деревянная  
доска оказывается  
при оттепели как  
бы на снежном  
столбике, тогда  
как  
металлическая  
пластина еще  
глубже уходит в  
снег?



- Обычно к весне и снежный покров, и долго находившиеся на нём различные предметы становятся одинаково грязными, поэтому все они практически одинаково отражают (а значит, и поглощают) солнечные лучи. От нагреваемой солнечными лучами поверхности снега вглубь, по направлению к более холодному земляному грунту будет передаваться теплота. Скорость ее передачи тем выше, чем больше теплопроводность поверхностных слоев снежного покрова.
- Теплопроводность слежавшегося снега в 5-8 раз больше теплопроводности деревянной доски, поэтому вокруг доски снег будет таять быстрее, чем под доской. В результате доска через некоторое время оказывается лежащей на своеобразном снежном столбике, возвышающемся над остальной поверхностью снега. Можно сказать, что доска в данном случае выступает в роли хорошего теплоизолятора, она предохраняет находящийся под ней снег от быстрого таяния.
- Иное дело, когда на поверхности снега находится металлическая пластина. Теплопроводность пластины примерно в 100 раз больше теплопроводности слежавшегося снега, поэтому снег под пластиной будет таять быстрее, чем на открытом месте.

## Вопрос 9

Почему  
образуется  
лунка в  
снегу у  
подножия  
деревя?





- Подобные лунки образуются у подножия деревьев ранней весной, а также после кратковременных зимних оттепелей.
- На первый взгляд причина их возникновения очень проста. В течение погожего весеннего или зимнего дня солнечные лучи хорошо прогревают ствол дерева, чему способствует тёмный цвет его поверхности и то, что лучи низко стоящего солнца падают на поверхность ствола почти перпендикулярно.
- Теплопроводность дерева очень низкая, поэтому оно относительно медленно отдает теплоту. Примыкающие к стволу участки снежного покрова под действием этой теплоты постепенно подтаивают, и в результате формируется снежная лунка.
- С южной стороны, где ствол дерева получает больше солнечного света (в Северном полушарии) глубина лунки обычно больше — ведь южная сторона дерева прогревается сильнее.

- Является ли приведённое объяснение исчерпывающим?
- Оно не объясняет, почему у подножия деревянных столбов снежные лунки, как правило, меньше или вообще отсутствуют.
- Дело в том, что весной и во время зимних оттепелей дерево как бы «просыпается» — от его корней к ветвям начинают свое движение внутренние соки. Вместе с ними ствол дерева и ветви получают теплоту от подземных слоев, пронизанных корнями. Таким образом, ствол дерева нагревается не только извне (за счет поглощения энергии солнечных лучей), но и изнутри (благодаря подъему соков по капиллярам внутри ствола).

## Вопрос 10

Как слепить  
прочный  
снежок?



- Надо взять горсть снега и покрепче сжать её в ладонях.
- Ну, а почему же при этом образуется снежок?
- И на этот вопрос готов ответ: при сжатии снег уплотняется.
- Почему же в таком случае не удастся слепить снежок в морозный день? Если термометр показывает, скажем,  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , то как бы сильно вы ни сжимали горсть снега, она не превратится в плотный снежок. В чем же дело?
- Многие правильно отвечают, что снег должен быть мокрым, для чего необходимо, чтобы его температура была близка к  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Когда мы сжимаем такой снег, образуется некоторое количество воды. Вода заполняет воздушные промежутки внутри снега и, подмерзая, образует довольно прочные ледяные связи.
- Нам остается выяснить, почему же при сжимании в ладонях не слишком холодного снега образуется вода. На это часто отвечают так: снег под давлением тает.

- Действительно, температура плавления льда с увеличением давления понижается. В этом проявляется одна из особенностей льда - ведь у большинства веществ температура плавления понижается не с увеличением давления, а с уменьшением его.
- Однако роль указанного эффекта невелика: повышение давления на одну атмосферу понижает температуру плавления льда (иначе говоря, температуру таяния снега) лишь на  $0,0075\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Чтобы эта температура понизилась всего на один градус, требуется давление более 130 атм.
- Такого давления при помощи ладоней не создать. Так что одного только таяния снега под давлением в данном случае недостаточно.

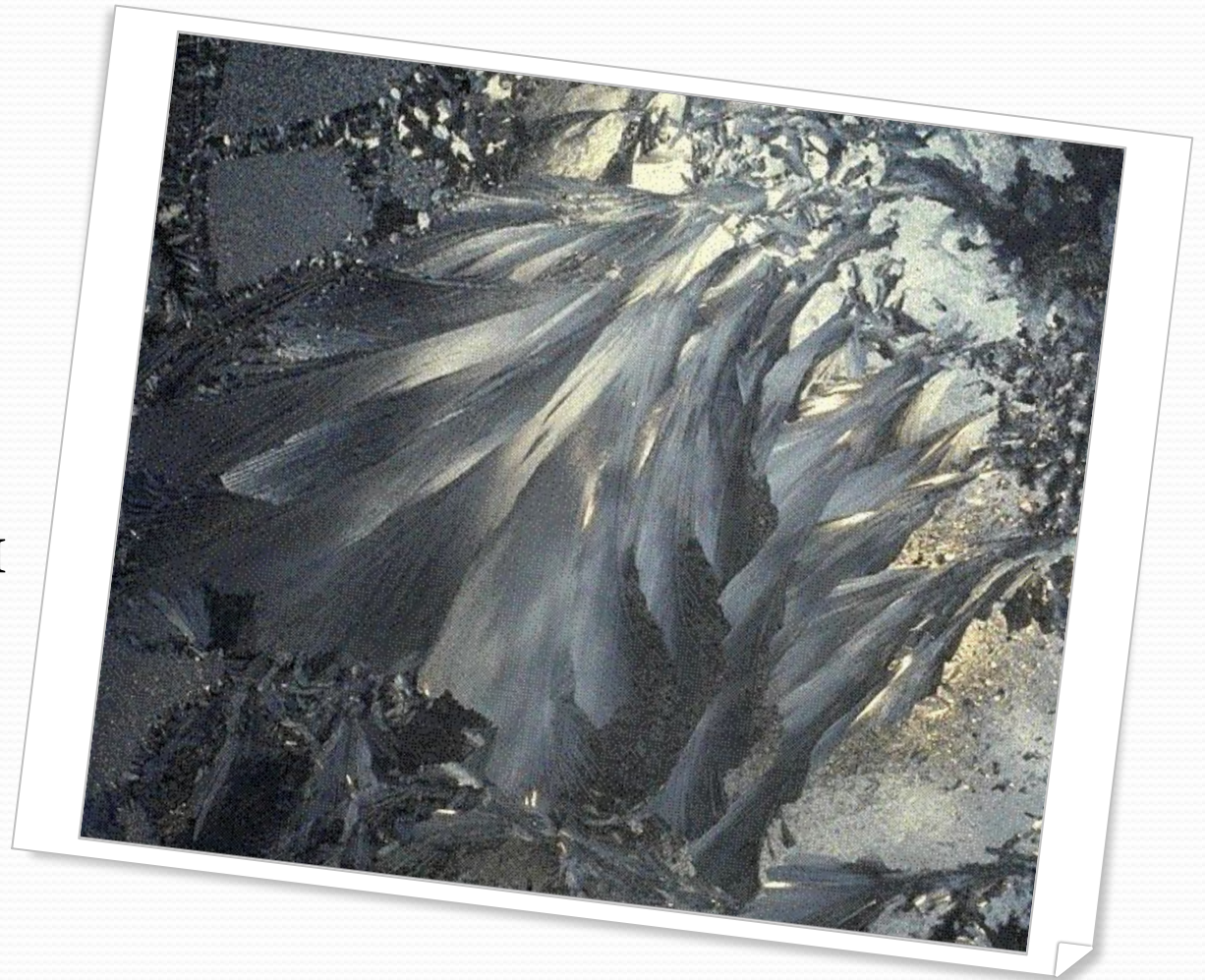
- Причин образования воды в сжимаемом ладонями снежке может быть несколько.
- Когда мы сжимаем в голых руках снежок, то происходит передача теплоты от наших ладоней к снежку. При сжимании снежка уменьшается общий объем внутренних пор, и часть насыщенных водяных паров, заполнявших эти поры, конденсируется.
- Наконец, может играть определённую роль тот факт, что при сжимании снежка трутся друг о друга и о наши ладони льдинки, образующие снег, при этом выделяется теплота.
- Как видите, слепить прочный снежок нетрудно, но зато не так-то просто объяснить физику происходящих при этом процессов.

# Физика тепловых явлений в вопросах

... Пора узнать, что в мироздании,  
Куда ни обратиться, - вопрос, а не ответ.

А. А. Фет

Почему  
ледяные  
узоры на  
стекле  
похожи на  
тропический  
лес или перья  
диких птиц?





С какой  
скоростью  
растёт  
толщина  
льда?  
Сможете ли  
вы оценить  
время  
становления  
льда на  
ближайшем  
водоёме?



Трещины на  
льду или  
стекле?  
Пронаблюдай  
те, как ведёт  
себя лёд при  
ударе.



Что делают  
вороны на  
льду в  
сильные  
морозы?



Температура  
воздуха зимой  
на улице ниже,  
чем в комнате.  
Почему же в  
некоторых  
старых домах  
стены  
обмерзают со  
стороны  
комнаты, а не  
улицы?



- Влияет ли ветер на показания термометра?
- Почему киты не замерзают?
- Почему море начинает замерзать от берегов, а молодой морской лёд настолько эластичен, что может изгибаться на волнах?
- Почему вода, получаемая при таянии многолетнего полярного льда, пригодна для питья?

# Использованные информационные ресурсы

- Л. В. Тарасов. Физика в природе. М.: Просвещение, 1988
- Детская энциклопедия Кирилла и Мефодия 2006 (2CD)
- Большая энциклопедия 2008 (3CD)
- Иллюстрированный энциклопедический словарь на CD и др.