

Аномальные свойства воды при замерзании.



Цель: Изучение причин изменения
плотности воды при снижении
температуры.

Как известно, вода во внешней среде бывает одновременно в трёх агрегатных

состояниях:

в жидком

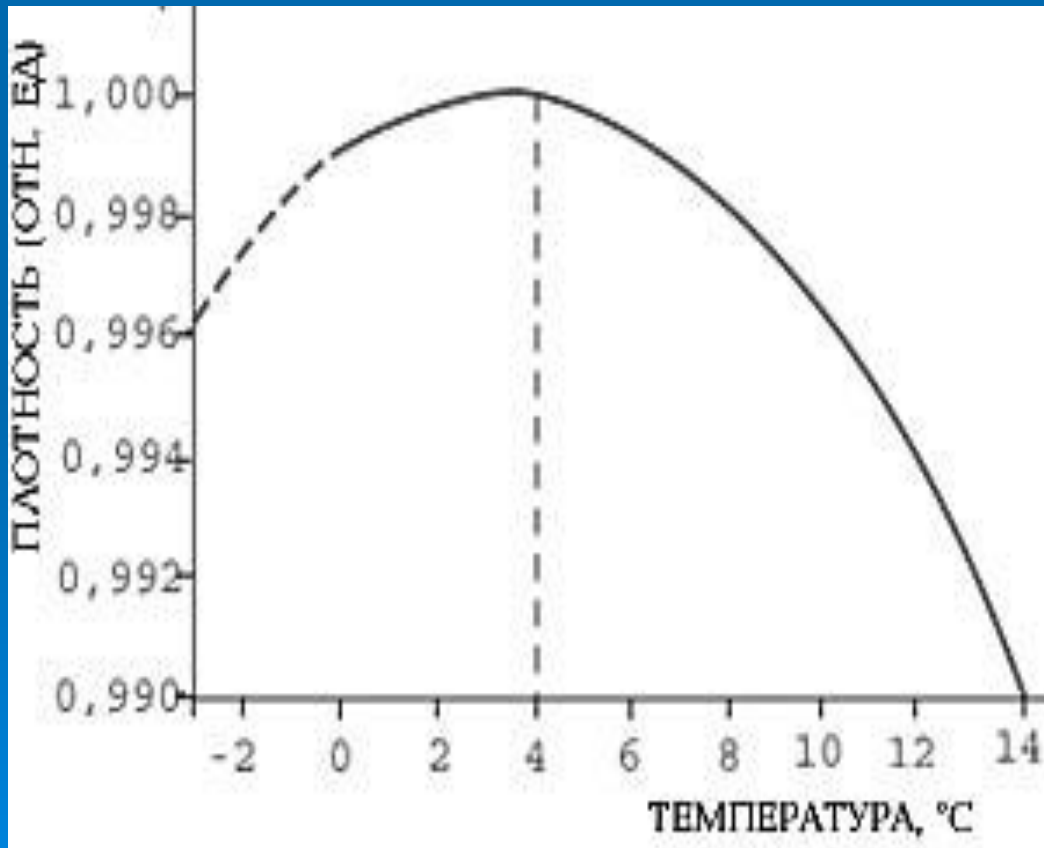
в твёрдом

в газообразном



Аномалия воды.

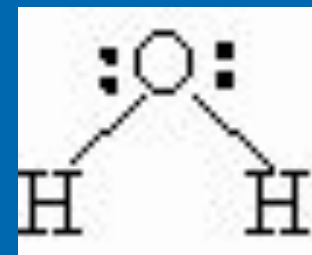
Удивительным свойством обладает вода:
это единственное вещество на земле,
которое при замерзании расширяется.



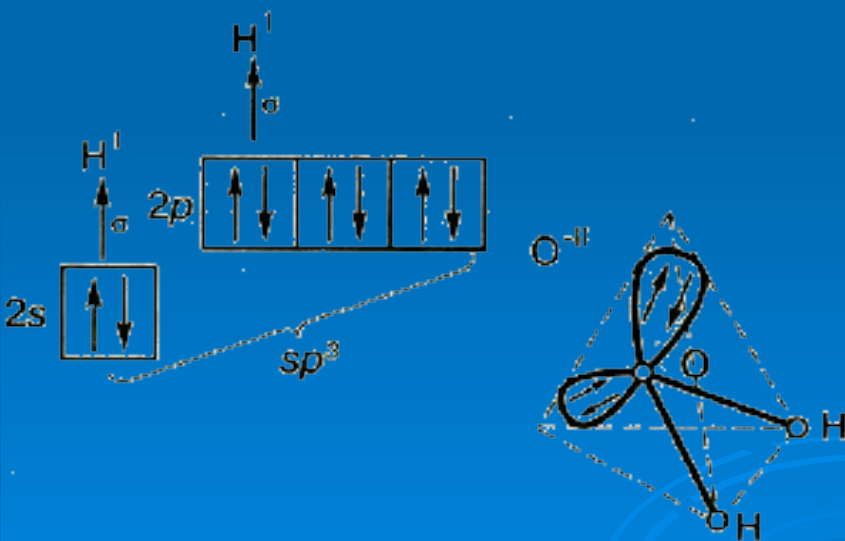
- Плотность воды при понижении температуры сначала возрастает, достигает максимума при 4°C и начинает уменьшаться.
- ПОЧЕМУ?

Строение воды.

Молекула воды имеет угловое строение, угол Н–О–Н составляет 104,5 градусов.



Одна молекула H₂O-газ, пар.



Две неподделенные электронные пары O, образуют две донорно-акцепторные связи с атомами водорода соседних молекул воды.

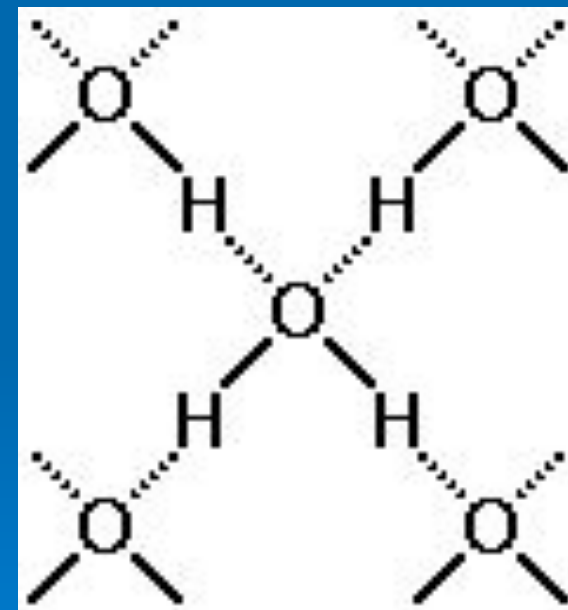
Это водородные связи.

Водородная связь.

ВОДОРОДНАЯ СВЯЗЬ-взаимодействие между двумя электроотрицательными атомами одной или разных молекул посредством атома водорода: $A-H...B$.

Наличием водородных связей обусловлены уникальные свойства воды. Трехатомная молекула H_2O образует четыре водородные связи. В их образовании принимают участие оба атома водорода, а атом кислорода образует две водородные связи с атомами водорода соседних молекул воды.

(Электронная плотность O распределяется равномерно)



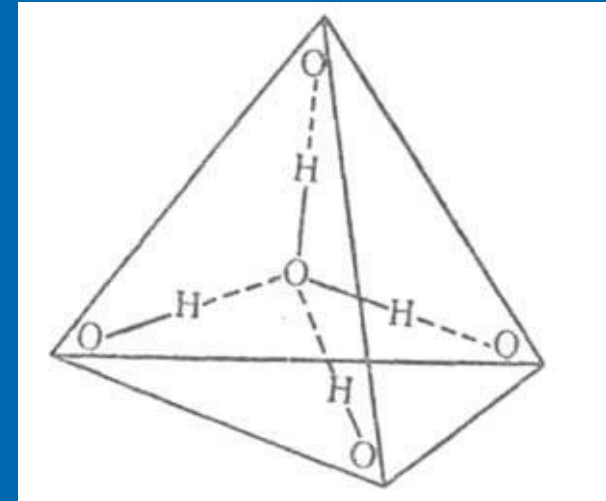
Кристаллическая
решетка H_2O - лед
(схема)

Кристаллическая решётка льда.

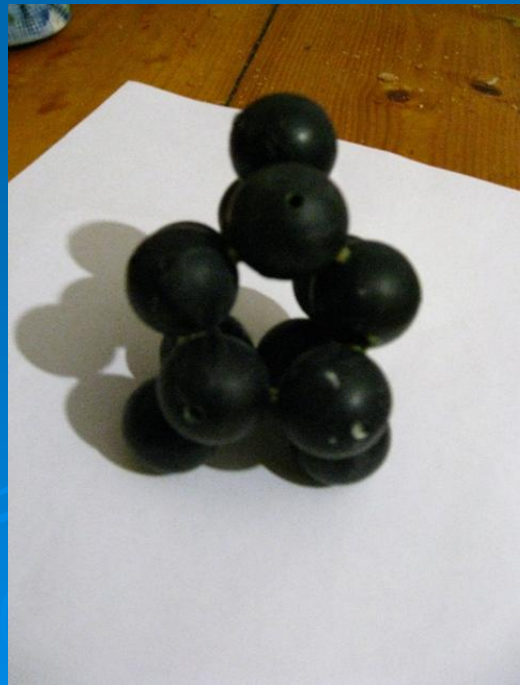
| Состояние воды | Длина связи О-Н, нм | Длина связи Н-Н, нм | Валентный угол Н-О-Н |
|------------------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| Лед | 0,100 | 0,163 | 109,5° |
| Пар (нижний колебательный уровень) | 0,096 | 0,152 | 104,5° |

льда.

тетраэдр.



- в структуре льда обычные связи О—Н и водородные О•••Н структурно неразличимы — длина связей и валентные углы совпадают.



Каждая молекула воды соединена с четырьмя ближайшими к ней другими молекулами. Образованные при этом пустоты в структуре льда приводят к уменьшению его плотности по сравнению с жидкой водой.

Величина пустот

Результаты эксперимента

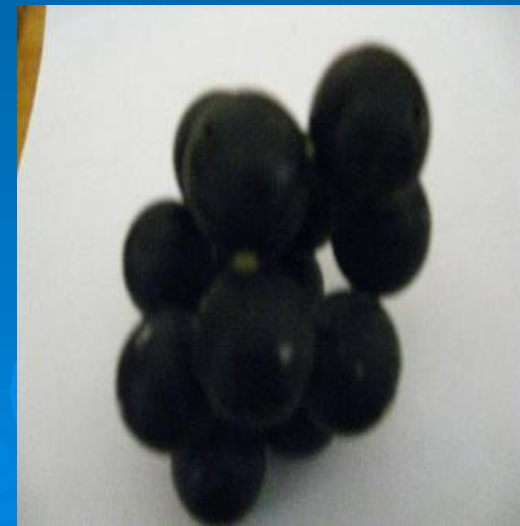
1. V пустоты : V H_2O = 2,25 : 1

Пустота удлиненная, (льдинки-иголочки)
толщина чуть больше диаметра
молекулы H_2O , длина = 2 диаметрам H_2O
Т.к. молекула H_2O самая маленькая среди
подобных молекул, то пустота не
позволяет заключать в себе частицы
других веществ

В структуре льда практически не
бывает примесей: при замерзании они
вытесняются в жидкость. Именно
поэтому снежинки всегда белые, а
льдинки на поверхности грязной лужи
практически прозрачные.



□ Большая пустота
образована 15
молекулами H_2O



Величина пустот

Результаты эксперимента

Максимальная плотность в интервале от 15 до 3 градусов:

V_{H_2O} при 4°C = 14,6 мл.

- V льда = 16,05 мл.
- Следовательно V льда увеличился на 9,932 %

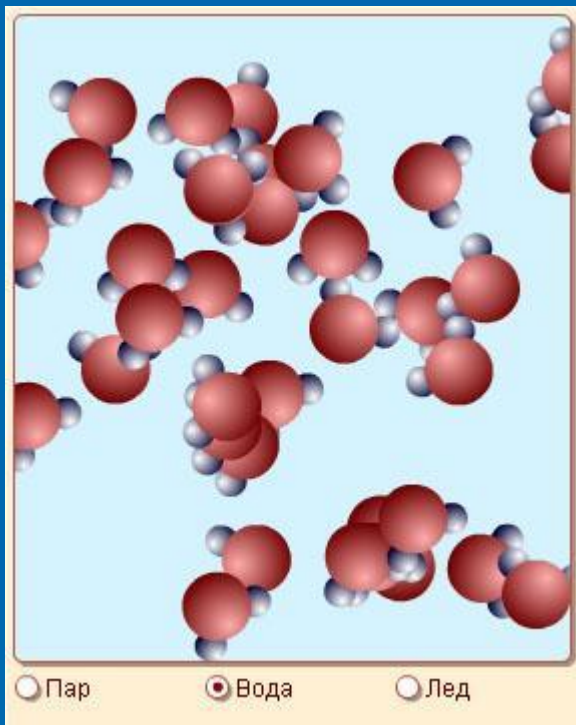
Вывод:

Теоретически объем льда увеличивается на 15%,
практически – на 10%.

Следовательно, при таянии льда водородные связи разрушаются на 2/3. Т.е. 30% водородных связей заключены в кластерах.

Теоретический расчет

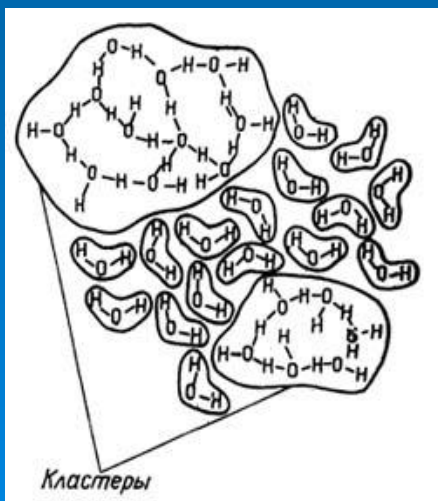
- $m_{H_2O} = 14,6$ г.; $n_{H_2O} = 0,811$ моль;
- n фрагментов из 15 молекул $H_2O = 0,054$ моль;
- это равно n пустот
- $V_{H_2O} = 0,811$ моль * 1 объем = 0,811 объема
- $V_{пустот} = 0,054$ моль * 2.25 объема = 0,1217 объема.
- Следовательно V льда увеличился на 15 %



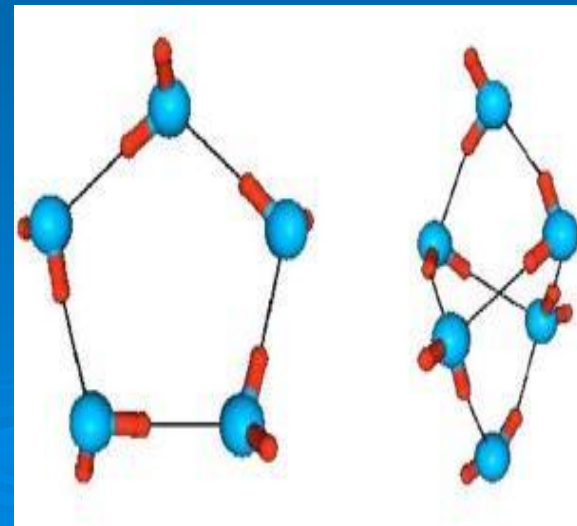
Кластеры.

При температуре 4°C общая формула кластера $H_{14}O_7$, а при комнатной температуре среднее между H_8O_4

Вода – смесь разных кластеров



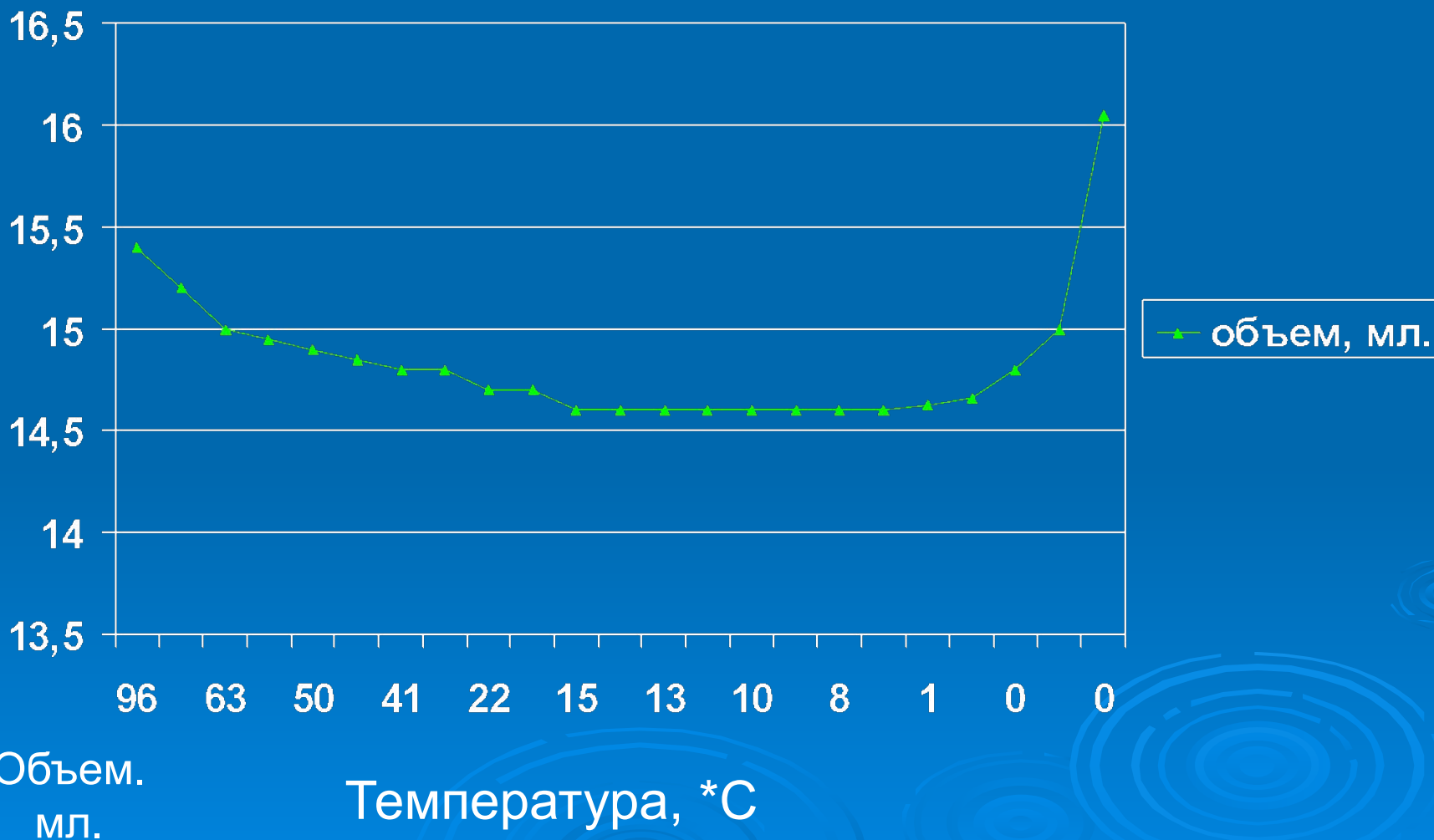
Молекулы воды могут объединяться в небольшие группы - кластеры. Их жизнь быстротечна, и потому они с трудом поддаются изучению.



Изменение объема воды при снижении температуры .


| № п/п | ВРЕМЯ | ОБЪЁМ мл. | Температура градус С | № п/п | ВРЕМЯ | ОБЪЁМ мл. | Температура градус С |
|----------|--------------|-------------|----------------------|-----------|--------------|----------------------------|----------------------|
| 1 | 10.32 | 15,4 | 96 | 14 | 11.52 | 14,6 | 12 |
| 2 | 10.35 | 15,2 | 76 | 15 | 11.58 | 14,6 | 10 |
| 3 | 10.38 | 15 | 63 | 16 | 12.04 | 14,6 | 9 |
| 4 | 10.41 | 14,95 | 54 | 17 | 12.10 | 14,6 | 8 |
| 5 | 10.44 | 14,9 | 50 | 18 | 12.16 | 14,6 | 3 |
| 6 | 10.47 | 14,85 | 44 | 19 | 12.52 | 14,63 | 1 - 0 |
| 7 | 10.50 | 14,8 | 41 | 20 | 13.01 | 14,66 | 1 - 0 |
| 8 | 11.02 | 14,8 | 32 | 21 | 13.22 | 14,8 | 1 - 0 |
| 9 | 11.26 | 14,7 | 22,5 | 22 | 13.40 | 15 | 1 - 0 |
| 10 | 11.29 | 14,7 | 17 | 23 | 13.58 | 16,05 ЛЁД | 0 |
| 11 | 11.35 | 14,6 | 15 | | | | |
| 12 | 11.40 | 14,6 | 14 | | | | |
| 13 | 11.46 | 14,6 | 13 | | | | |

Изменение объема воды при снижении температуры.



Выводы:

Образование кластеров и пустот в них объясняет расширение воды при замерзании. Отсутствие в пустотах материальных частиц не отрицает сохранение в них полей и волн, т. е. кластер может быть хранителем информации.



Заключение:

Результаты исследования могут быть полезны в расшифровке структуры воды. Особенность образования кластеров и кристаллической решётки льда - вытеснять все растворённые в воде вещества – может быть применима в разработке установок по очистке воды с помощью неполного замораживания.

Автор: Захаренкова Наталья

**МОУ « Коммунарковская средняя
общеобразовательная школа №1»
Гатчинский район, Ленинградская
область, Россия.**

**Руководитель: Петролай Валентина
Сафроновна**

