

# 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

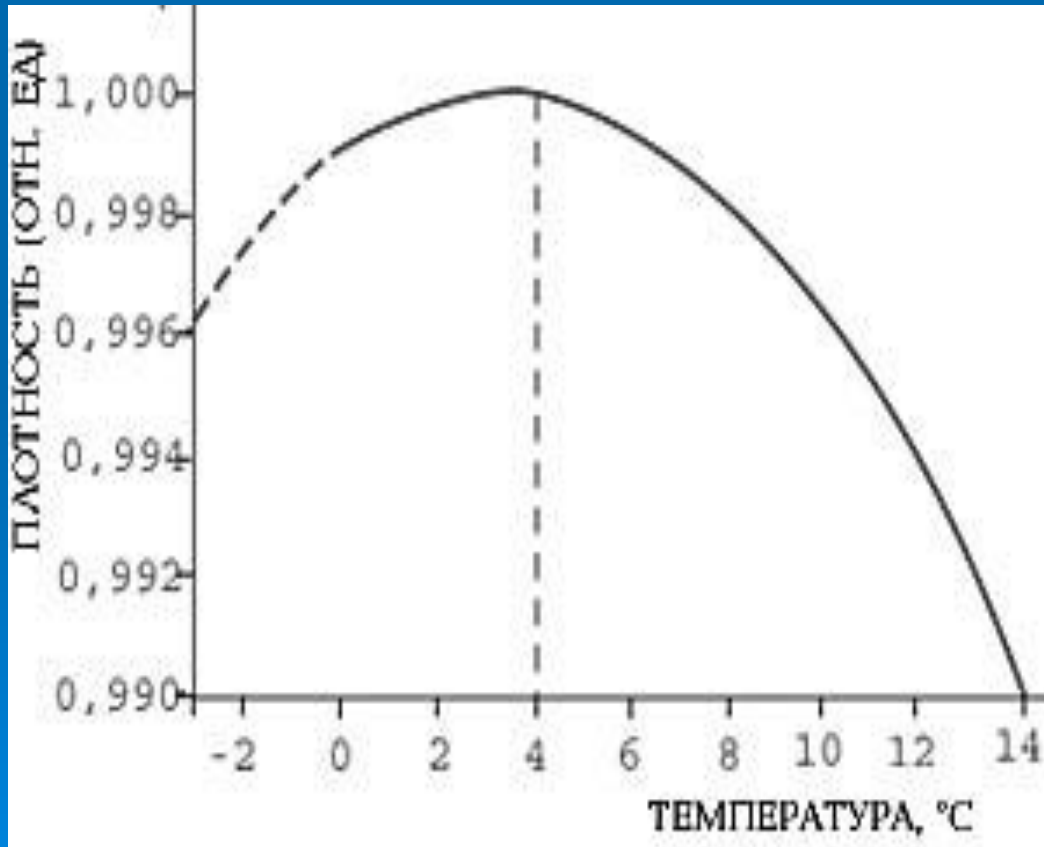
в твёрдом

в газообразном



# Аномалия воды.

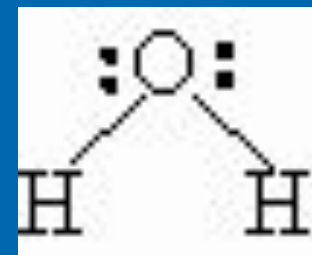
Удивительным свойством обладает вода:  
это единственное вещество на земле,  
которое при замерзании расширяется.



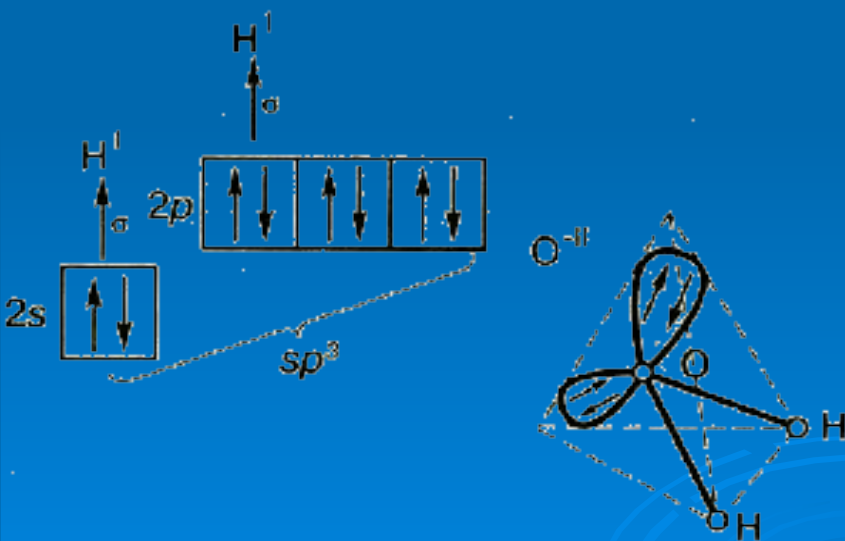
- Плотность воды при понижении температуры сначала возрастает, достигает максимума при 4°C и начинает уменьшаться.
- ПОЧЕМУ?

# Строение воды.

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



Одна молекула H<sub>2</sub>O-газ, пар.



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

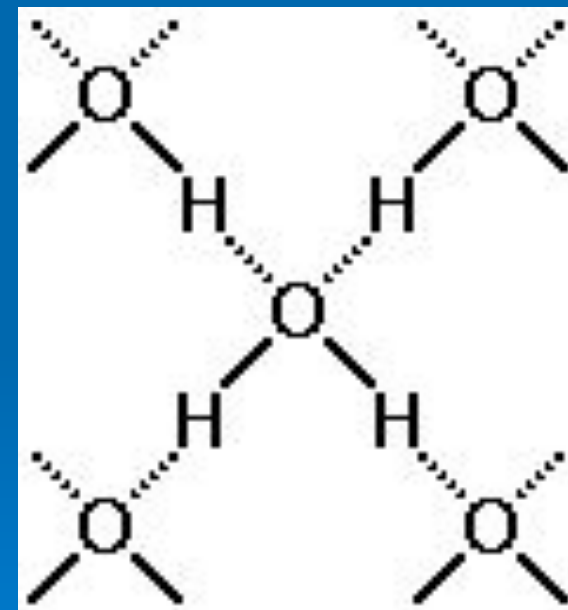
**Это водородные связи.**

# 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.

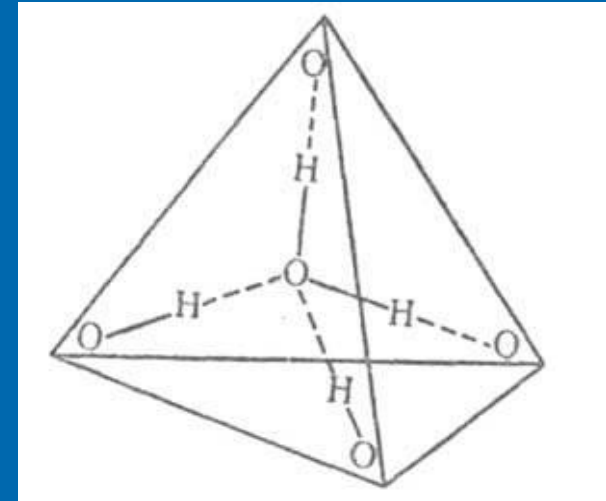
(Электронная плотность  $O$  распределяется равномерно)



Кристаллическая  
решетка  $H_2O$ - лед  
(схема)

# Кристаллическая решётка

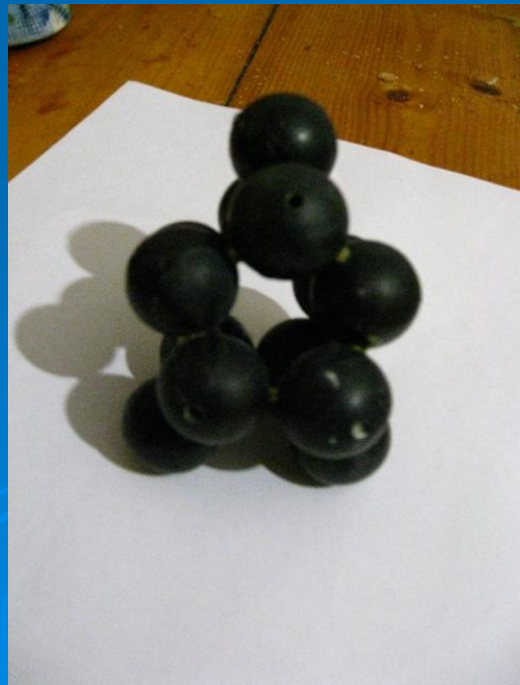
льда.



тетраэдр.

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°

- 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.

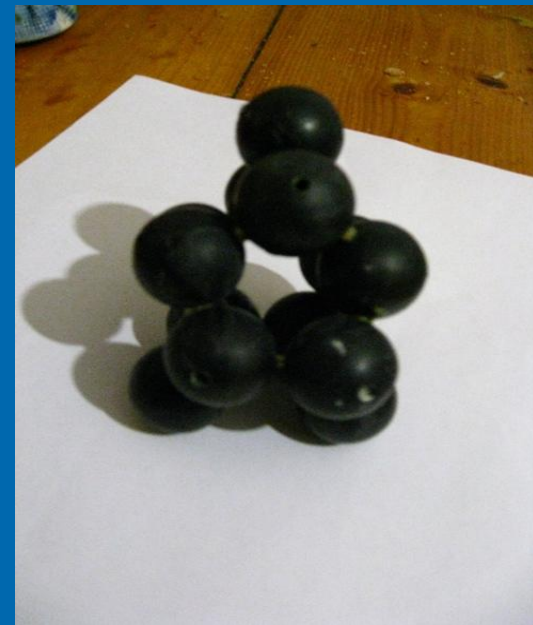
# Величина пустот

## *Результаты эксперимента*

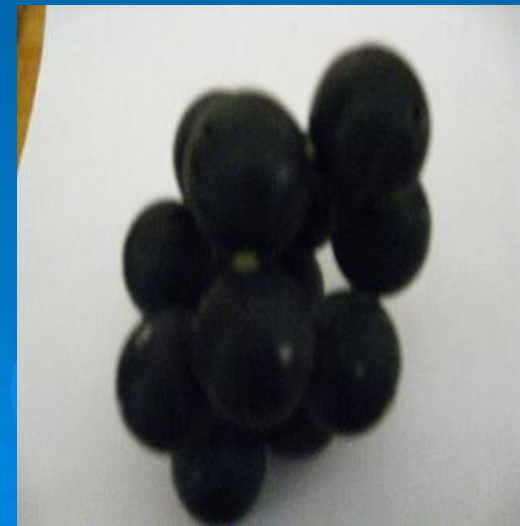
1.  $V$  пустоты :  $V$   $H_2O$  = 2,25 : 1

Пустота удлинённая, (льдинки-иглопочки)  
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:**

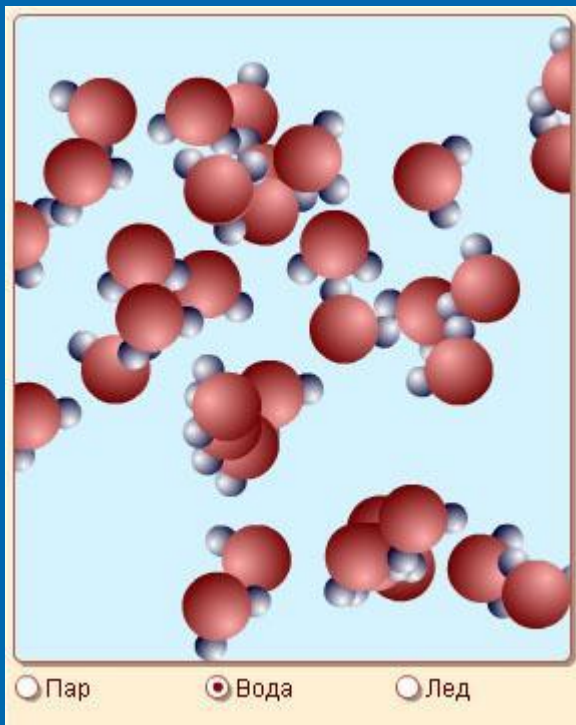
Теоретически объем льда увеличивается на 15%,  
практически – на 10%.

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 %

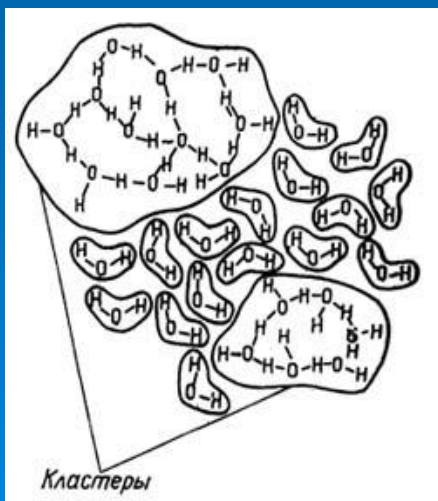




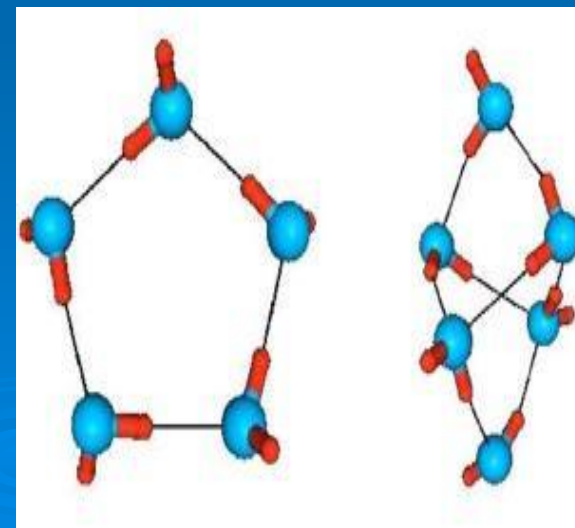
# Кластеры.

При температуре  $4^{\circ}\text{C}$  общая формула кластера  $\text{H}_{14}\text{O}_7$ , а при комнатной температуре среднее между  $\text{H}_8\text{O}_4$

Вода – смесь разных кластеров



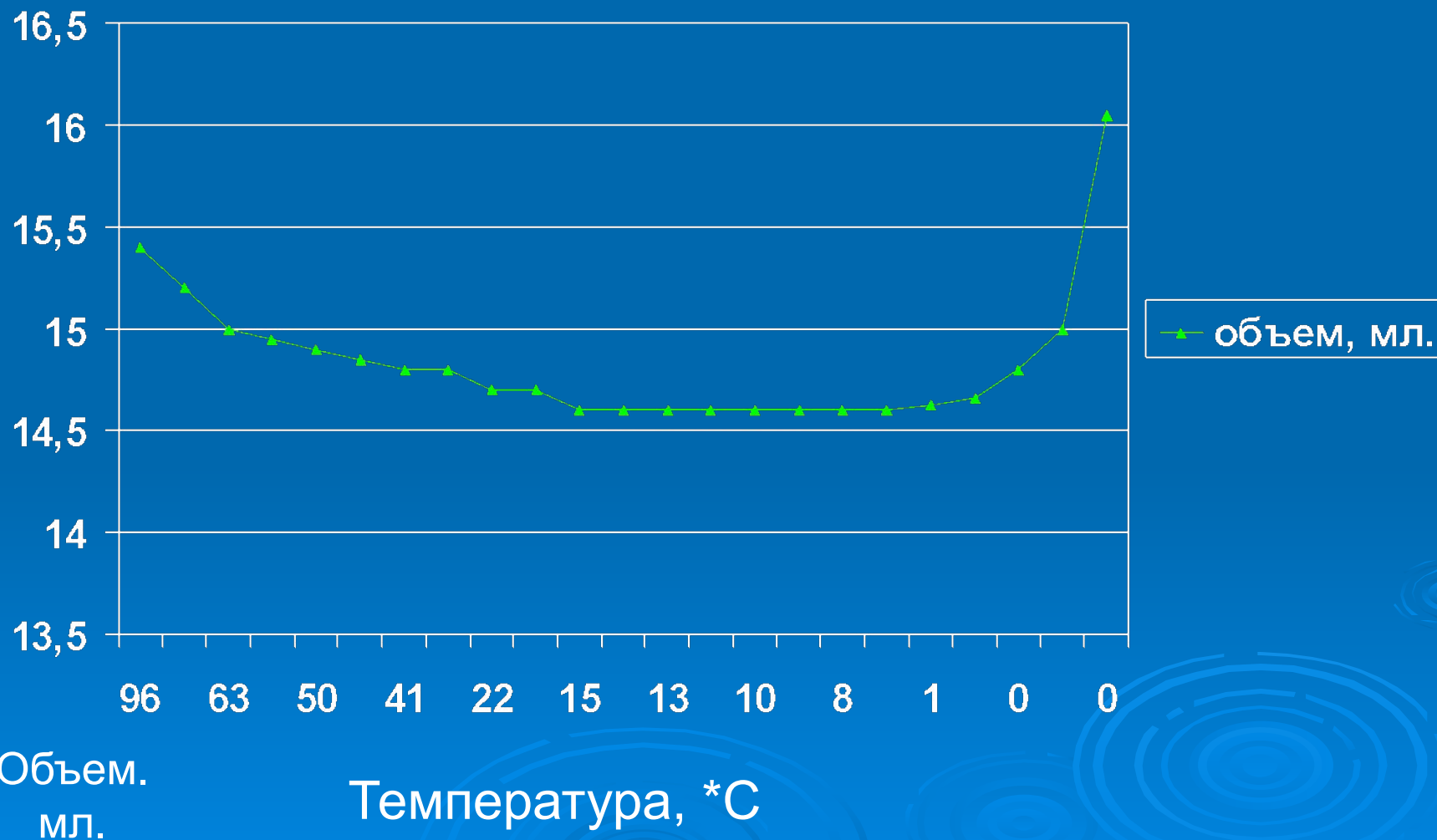
Молекулы воды могут объединяться в небольшие группы - кластеры. Их жизнь быстротечна, и потому они с трудом поддаются изучению.



# Изменение объема воды при снижении температуры .

№ п/п	ВРЕМЯ	ОБЪЁМ мл.	Температура градус С	№ п/п	ВРЕМЯ	ОБЪЁМ мл.	Температура градус С
<b>1</b>	<b>10.32</b>	<b>15,4</b>	<b>96</b>	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	<b>17</b>	<b>12.10</b>	<b>14,6</b>	<b>8</b>
5	10.44	14,9	50	<b>18</b>	<b>12.16</b>	<b>14,6</b>	<b>3</b>
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	<b>23</b>	<b>13.58</b>	<b>16,05</b> <b>ЛЁД</b>	<b>0</b>
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**

