

Аномальные свойства воды при замерзании.



Цель: Изучение причин изменения плотности воды при снижении температуры.

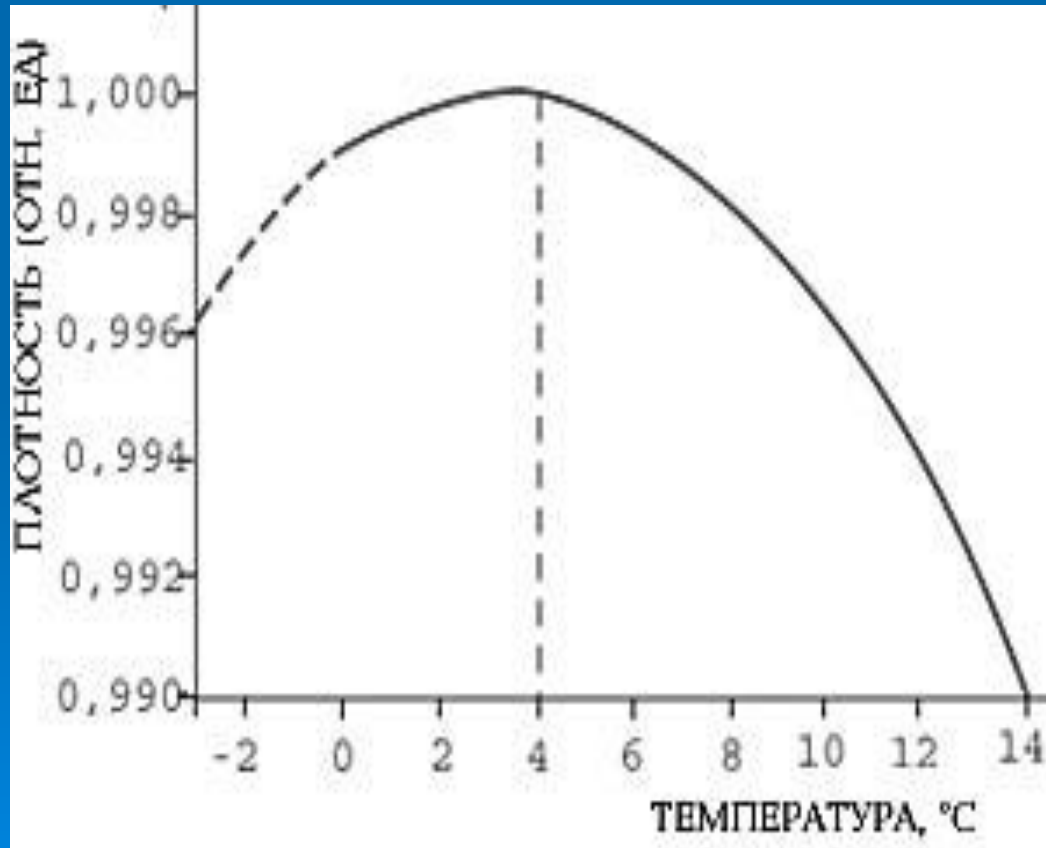
Как известно, вода во внешней среде бывает одновременно в трёх агрегатных состояниях:

- в жидком
- в твёрдом
- в газообразном



Аномалия воды.

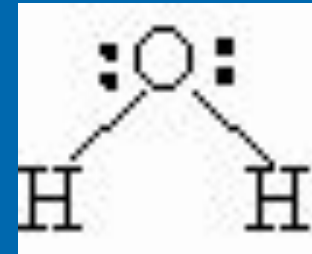
Удивительным свойством обладает вода:
это единственное вещество на земле,
которое при замерзании расширяется.



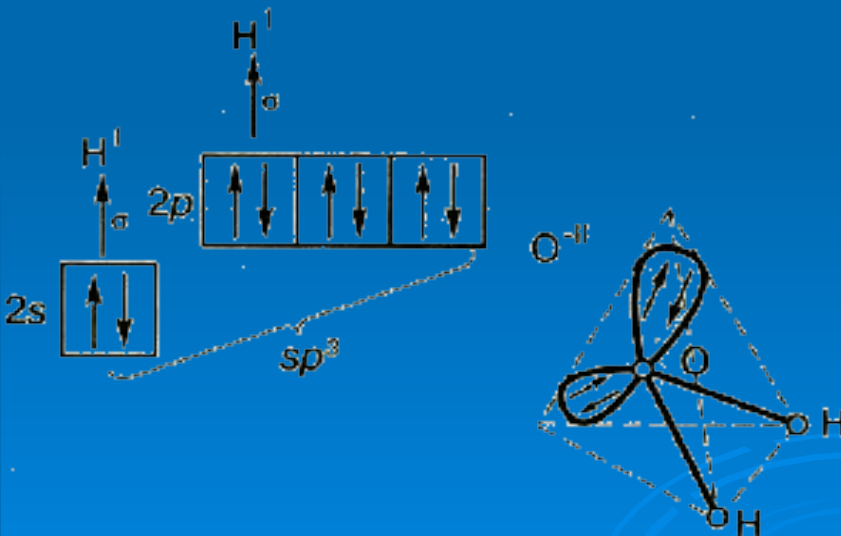
- Плотность воды при понижении температуры сначала возрастает, достигает максимума при 4°C и начинает уменьшаться.
- ПОЧЕМУ?

Строение воды.

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



Одна молекула Н₂О-
газ, пар.



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

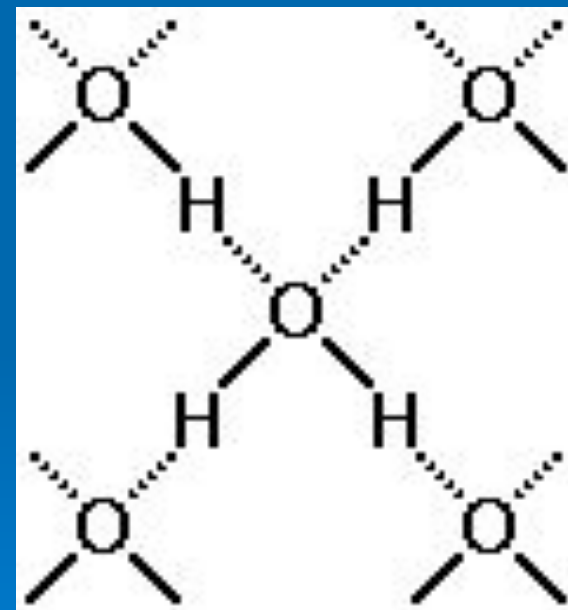
Это водородные связи.

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)

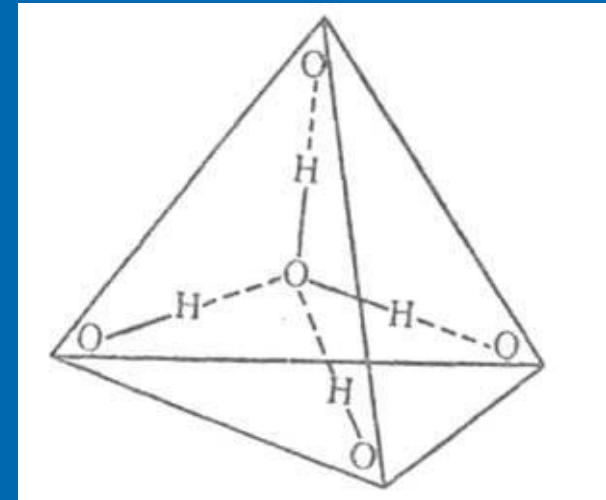


Кристаллическая
решетка H_2O - лед
(схема)

Кристаллическая решётка

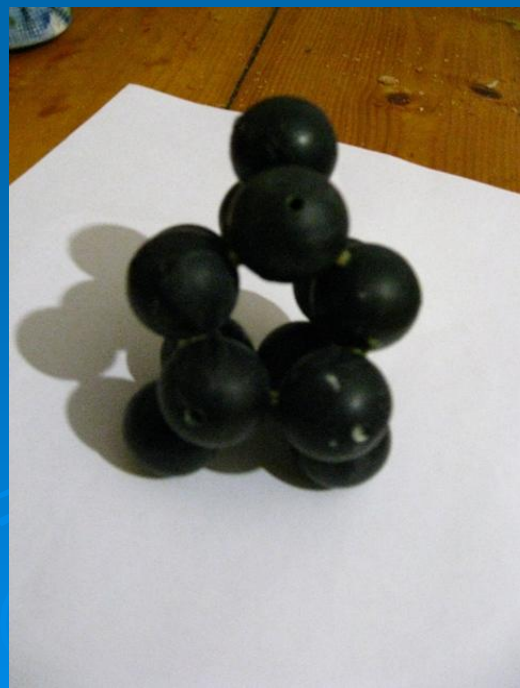
льда.

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.

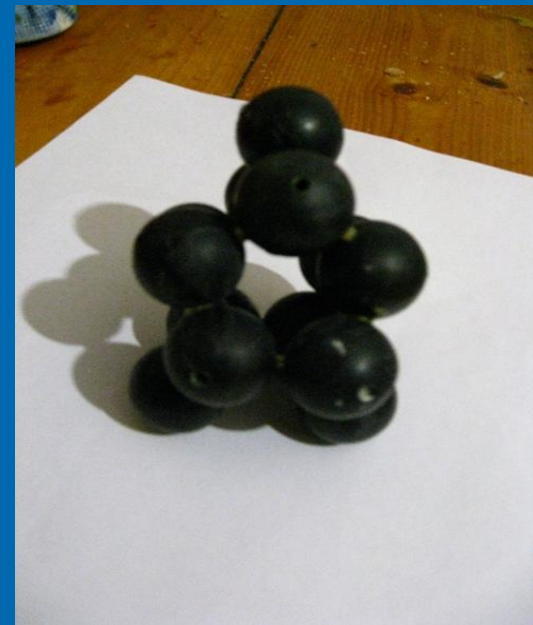
Величина пустот

Результаты эксперимента

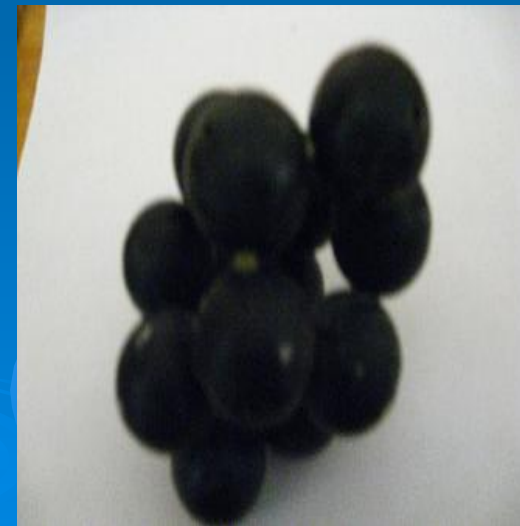
1. $V_{\text{пустоты}} : V_{\text{H}_2\text{O}} = 2,25 : 1$

Пустота удлинённая, (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.

□ $V_{\text{льда}} = 16,05$ мл.

□ Следовательно $V_{\text{льда}}$ 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;

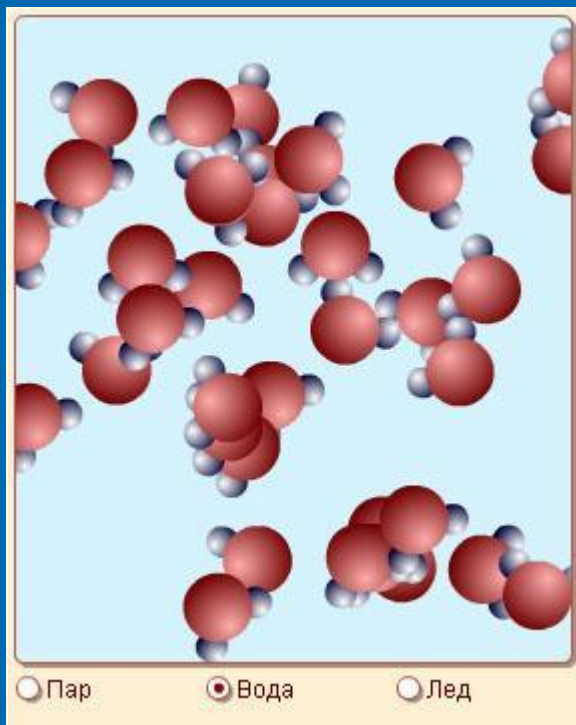
□ n фрагментов из 15
молекул $H_2O = 0,054$
моль;

□ это равно n пустот

□ $V_{H_2O} = 0,811$ моль * 1
объем = 0,811 объема

□ $V_{\text{пустот}} = 0,054$ моль *
2.25 объема = 0,1217
объема.

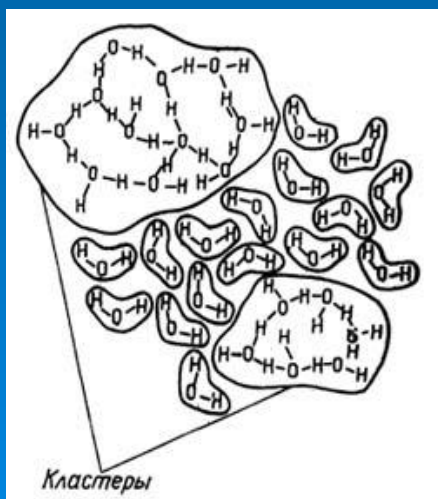
□ Следовательно $V_{\text{льда}}$
увеличился на 15 %



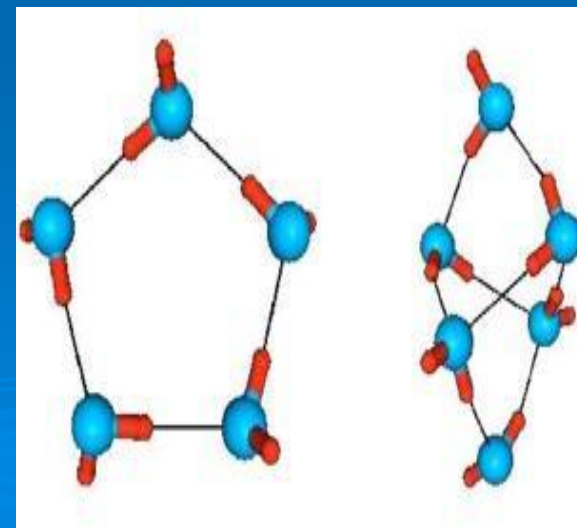
Кластеры.

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

Вода – смесь разных кластеров



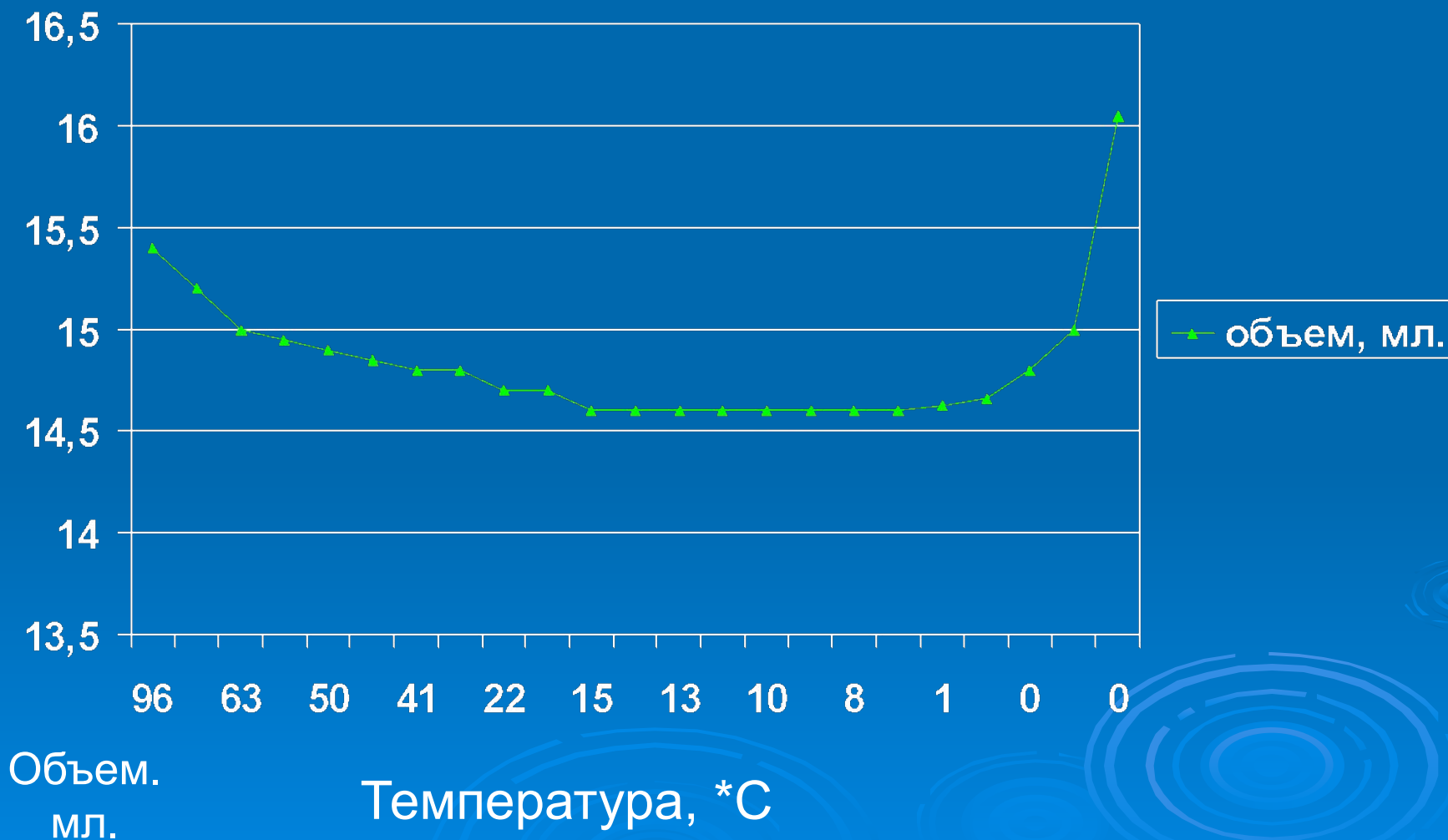
Молекулы воды могут объединяться в небольшие группы - кластеры. Их жизнь быстротечна, и потому они с трудом поддаются изучению.



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.



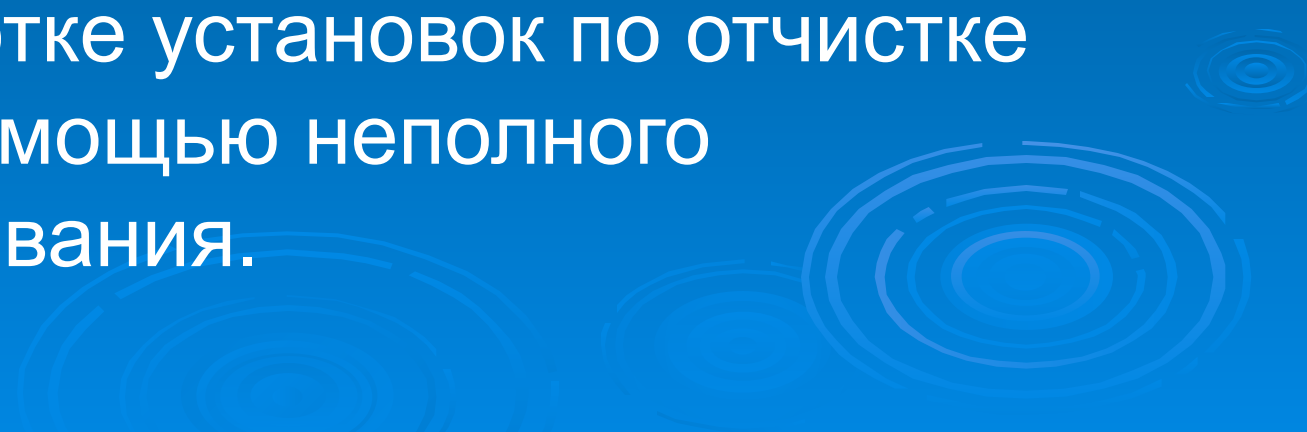
Выводы:

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

**Руководитель: Петролай Валентина
Сафроновна**

The background of the slide features several sets of concentric circles in a lighter shade of blue, resembling ripples on water. These circles are positioned in the lower right and bottom center areas of the slide.