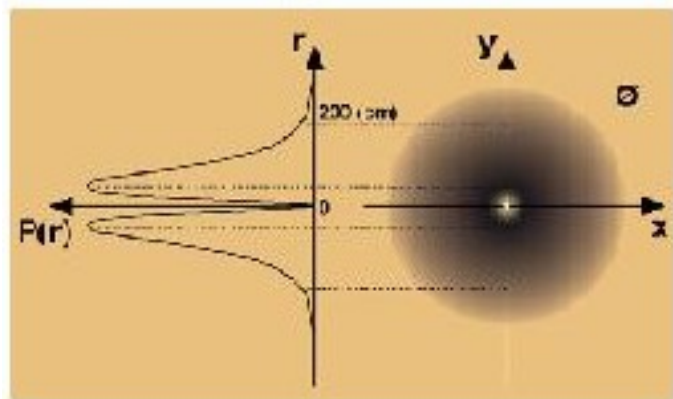


**Химия элементов.
Водород, кислород.
Вода. Пероксид водорода**

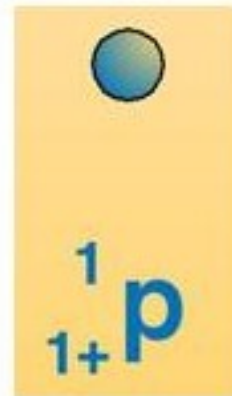
Лекция №6 курса

«Общая и неорганическая химия»
для биоинженеров и биофизиков

Изменение размеров при ионизации атома водорода



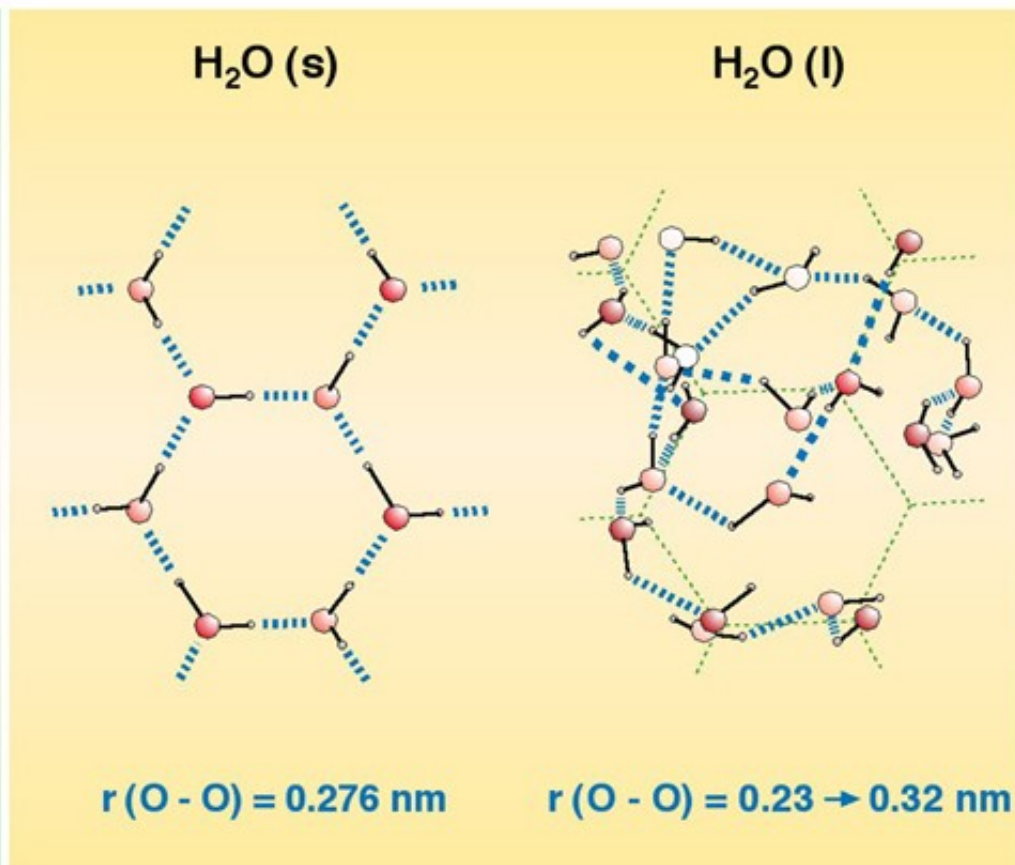
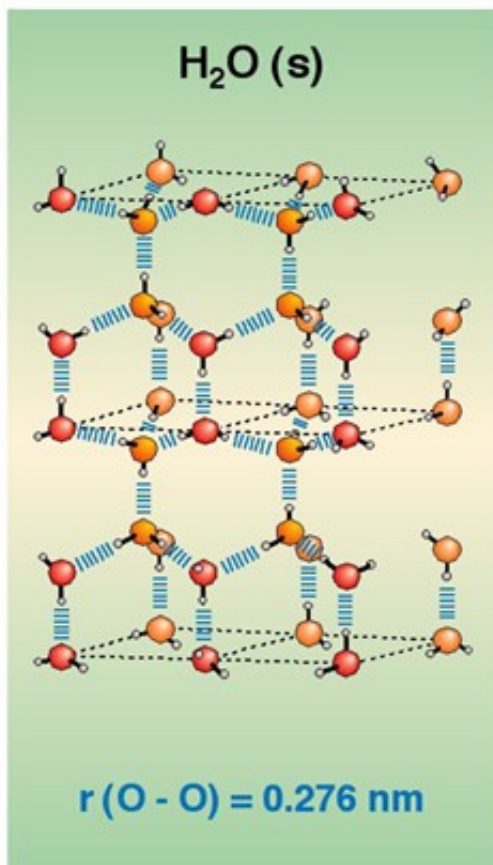
$$0,5 * 10^{-10} \text{ M}$$



$$1,2 * 10^{-15} \text{ M}$$



Водородные связи и структура воды



CB 07

AGFA 

Сверхкрупные атомы водорода

размеры атомов по Бору		переход	длина волны		р а д и о л и н и		
0,1 мм	1000		733 → 732	18 м		РИ АН УССР; 1983	
			632 → 631	11,5 м		РИ АН УССР; 1979	
			539 → 538	7,12 м		ФИАН, ГАИШ; 1983	
			428 → 427	3,56 м		ФИАН, ГАИШ; 1983	
10 ⁻³ мм	100		105 → 104	5,21 см		ГАО, 1964	
			91 → 90	3,38 см		ФИАН, 1964	
			57 → 56	8,23 мм		ФИАН, 1968	
10 ⁻⁵ мм	10	с е р и и				ультрафиолетовые, оптические и инфракрасные линии	
			7 → 6	12,3 мкм			Хамфри; 1953
			6 → 5	7,46 мкм	Пфунд; 1924		
			5 → 4	4,05 мкм	Брэкет; 1922		
			4 → 3	1,87 мкм	Папен; 1903		
			3 → 2	0,656 мкм	Бальмер; 1885		
			2 → 1	0,121 мкм	Лайман; 1906		
10 ⁻⁷ мм	1						

Влияние ядерного спина на свойства водорода

Поскольку протоны имеют спин $1/2$,

существуют три варианта молекул водорода:

ортоводород $o\text{-H}_2$ с параллельными ядерными спинами,

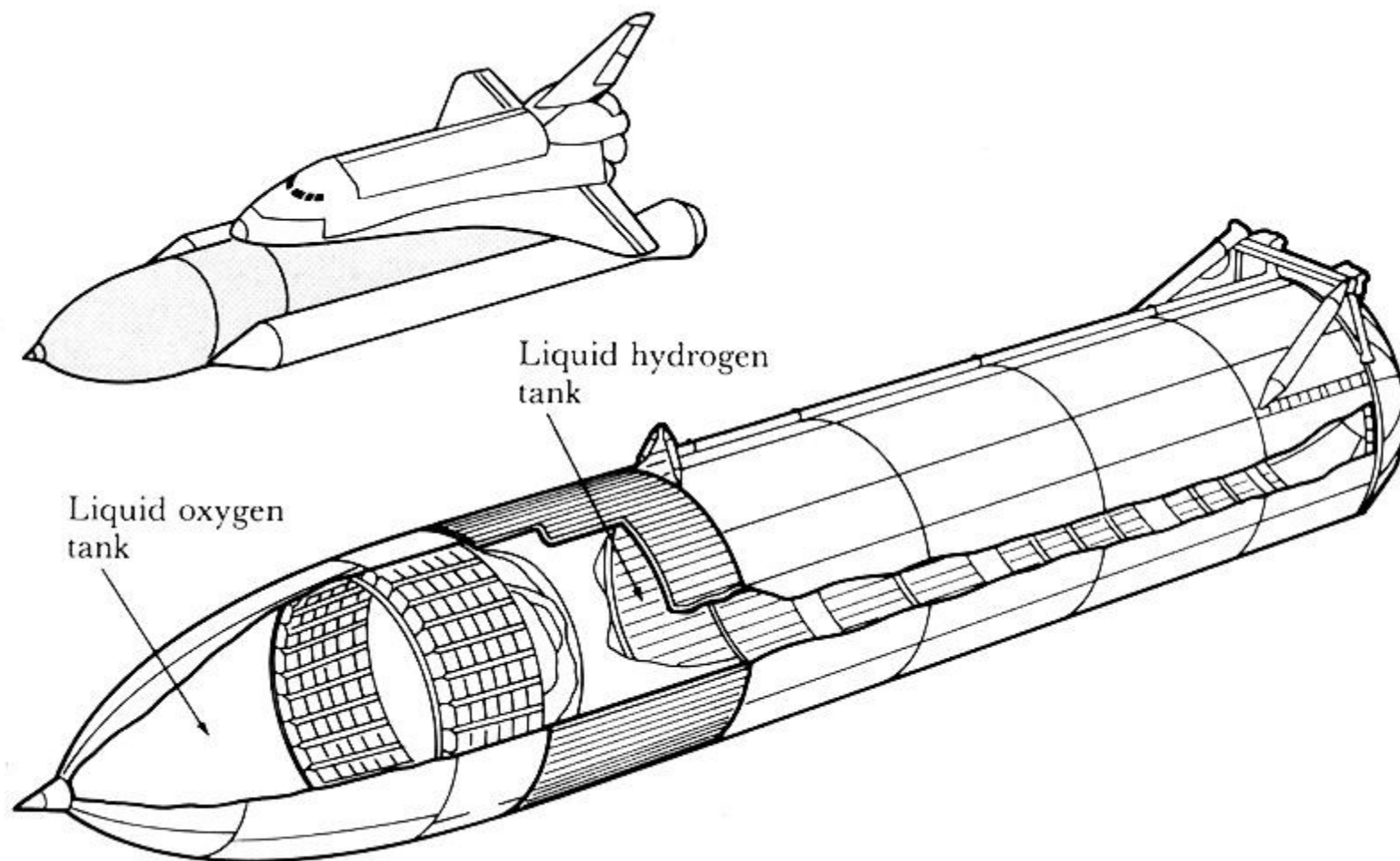
параводород $p\text{-H}_2$ с антипараллельными спинами и

нормальный $n\text{-H}_2$ – смесь 75% орто-водорода и 25% пара-водорода.

При превращении $o\text{-H}_2 \rightarrow p\text{-H}_2$ выделяется 1418 Дж/моль.

Водород	$T_{\text{крит.}}, \text{ К}$	$T_{\text{кип.}}, \text{ К}$	$T_{\text{плав.}}, \text{ К}$	Плотн., г/л (20 К)
$n\text{-H}_2$	33,244	20,39	13,967	71,35
$p\text{-H}_2$	32,994	20,26	13,813	71,08
$o\text{-H}_2$	33,24	20,45	14,05	

Топливные баки «Шаттла» для жидких H_2 и O_2

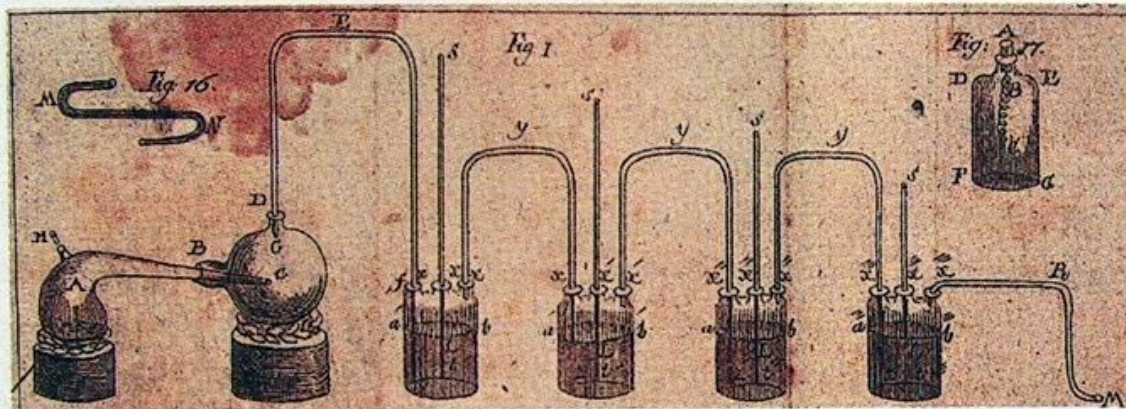


Самолет Ту-155 с топливом - жидким водородом (1988 г)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ САМОЛЕТ ТУ-155

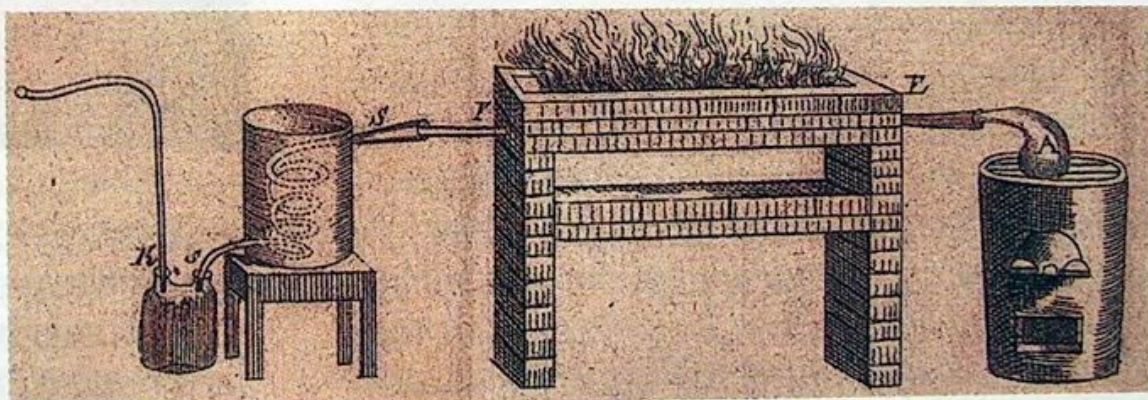


Опыты А.Л.Лавуазье - получение водорода



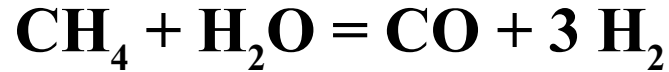
Приборы для получения водорода действием кислоты на металл (1) и для разложения воды (2). Из книги А. Л. Лавуазье «Основы антифлогистонной химии». Издание 1792 г.

▶ 2
Пары воды, нагретой до кипения в реторте А, пропускают через накалённую на жаровне железную трубку EF. Образующийся водород собирают над водой в сосуд К. Пары воды, не вступившие в реакцию, охлаждаются в холодильнике S, вода конденсируется в сосуде К.



Получение водорода

Основной метод получения водорода в промышленности – **конверсия метана** при 800-1100°C (катализатор):



«Водяной газ»:

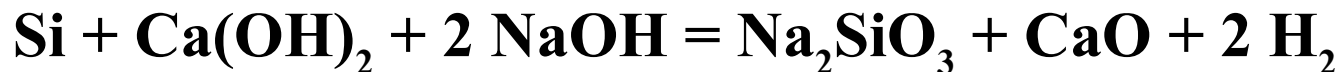


Затем конверсия CO:



Коксовый газ: около **55% водорода**, 25% метана, до 2% тяжелых углеводородов, 4-6% CO, 2% CO₂, 10-12% азота.

Водород, как продукт горения:



На 1 кг пиротехнической смеси выделяется до 370 л H₂

Жесткий дирижабль LZ-129 "Гинденбург" (1936)

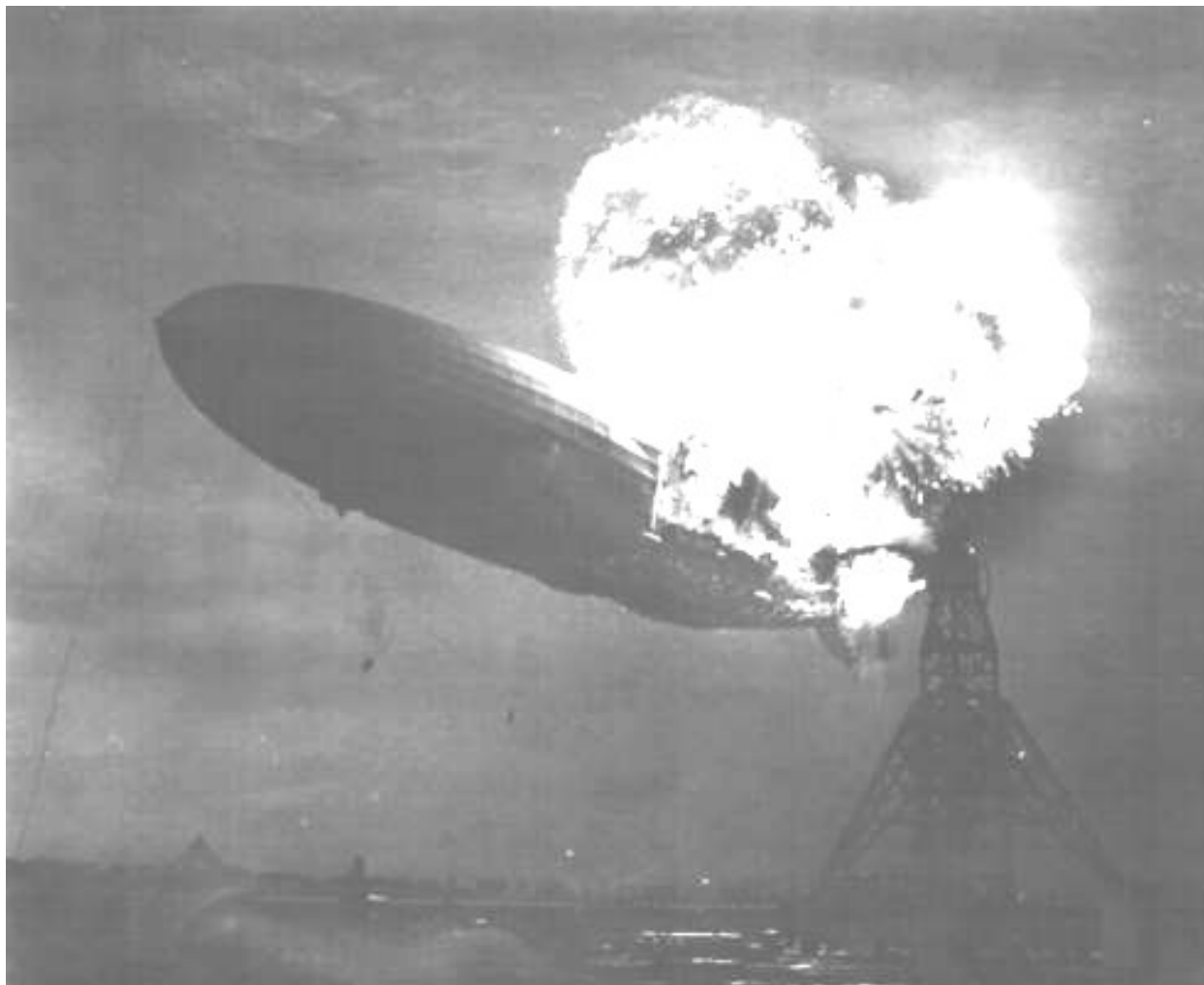
Объем 200.000 куб.м, длина 248 м, диаметр 41 м,
грузоподъемность - 120 т, скорость - 135 км/ч.

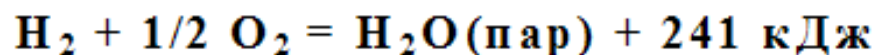


Ресторан на дирижабле LZ-129 "Гинденбург"



Взрыв дирижабля «Гинденбург» 06.05.1937





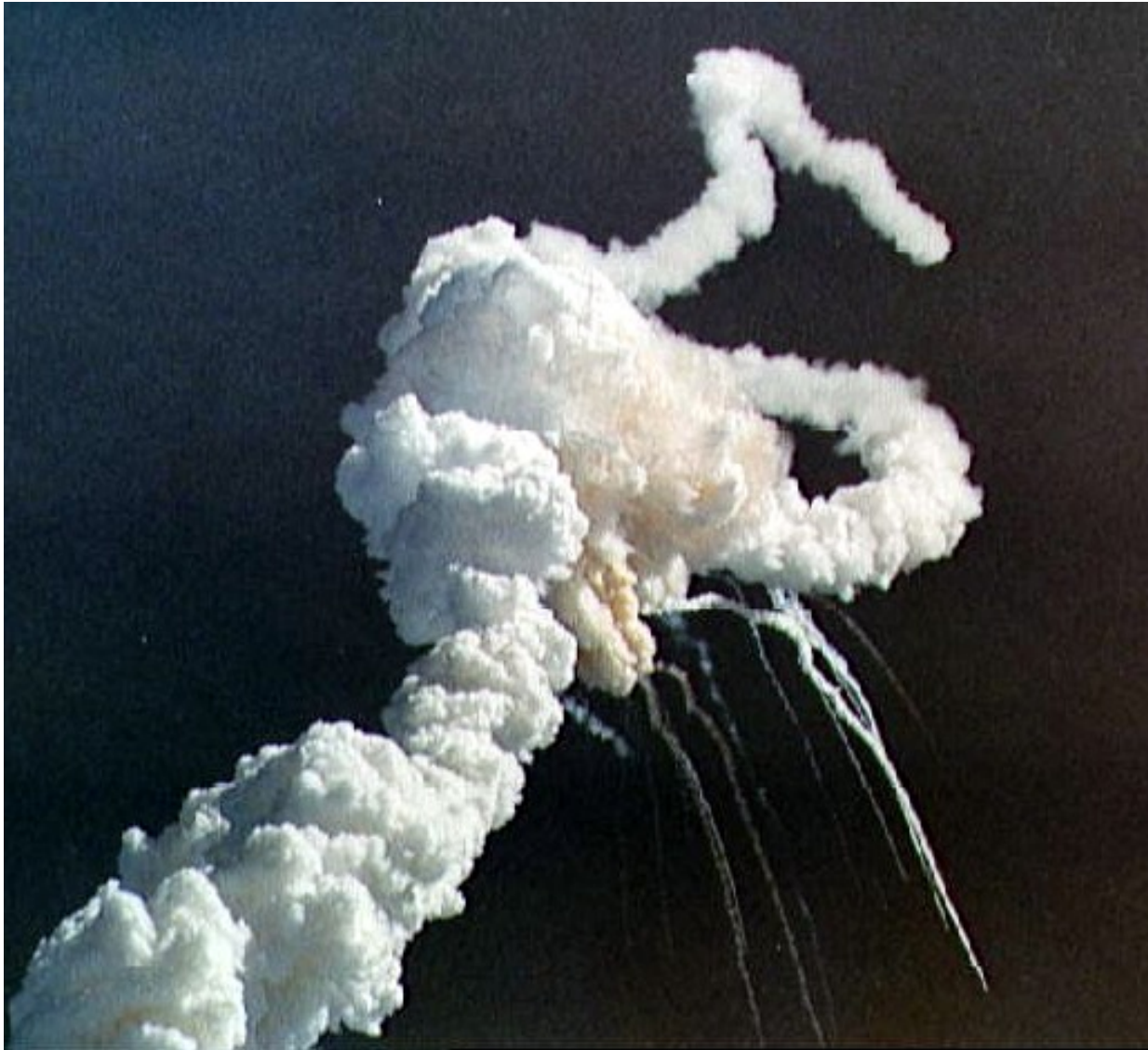
Последовательность процессов при горении водорода в кислороде:

- | | | | |
|-----|---|--|---|
| 1) | $\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \cdot\text{OH}$ | | Зарождение цепи |
| 2) | $\text{H}_2 + \text{M} \rightarrow 2 \text{H}\cdot + \text{M}$ | | |
| 3) | $\text{O}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{O} + \text{O}_3$ | | |
| 4) | $\cdot\text{OH} + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}$ | | Продолжение цепи |
| 5) | $\text{H}\cdot + \text{O}_2 \rightarrow \cdot\text{OH} + \text{O}$ | | Разветвление цепи |
| 6) | $\text{O} + \text{H}_2 \rightarrow \cdot\text{OH} + \text{H}\cdot$ | | |
| 7) | $\text{H}\cdot + \text{стенка} \rightarrow$ | | Обрыв цепи на стенке |
| 8) | $\cdot\text{OH} + \text{стенка} \rightarrow$ | | |
| 9) | $\text{H}\cdot + \text{O}_2 + \text{M} \rightarrow \text{HO}_2\cdot + \text{M}$ | | Обрыв в объеме |
| 10) | $\text{HO}_2\cdot + \text{стенка} \rightarrow$ | | $1/2 \text{H}_2\text{O}_2 + 1/2 \text{O}_2$ |
| 11) | | | $1/2 \text{H}_2\text{O} + 3/4 \text{O}_2$ |
| 12) | $\text{HO}_2\cdot + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}\cdot$ | | Продолжение цепи с помощью малоактивного радикала |
| 13) | $\text{HO}_2\cdot + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2 + \cdot\text{OH}$ | | |

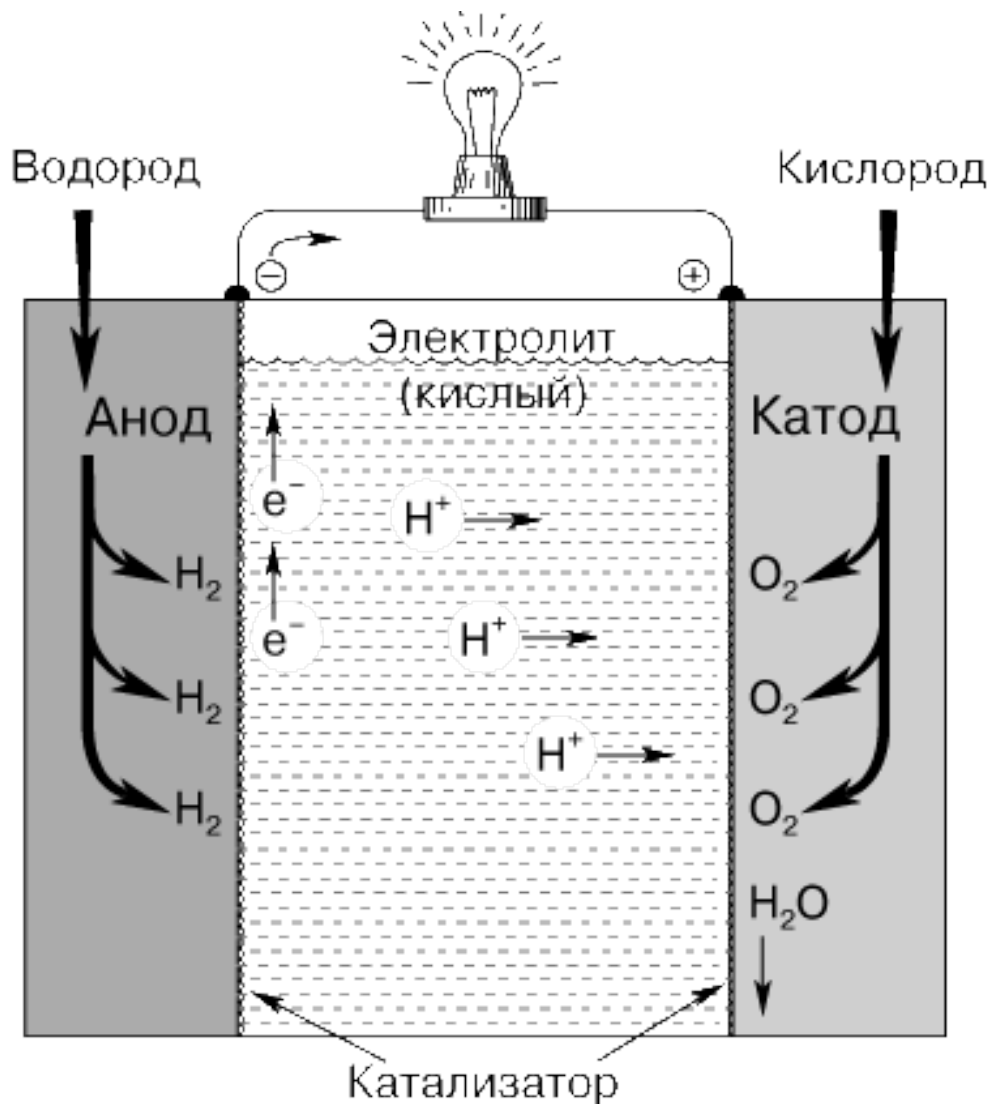
Старт «Челленджера» 28.01.1986



Старт «Челленджера» 28.01.1986



Топливный элемент



**электроокисление
водорода (анод):**
 $2 H_2 + 4 OH^- - 4 e^- = 4 H_2O$

**электровосстановление
кислорода (катод):**
 $O_2 + 2 H_2O + 4 e^- = 4 OH^-$

Суммарно:
 $2 H_2 + O_2 = 2 H_2O$

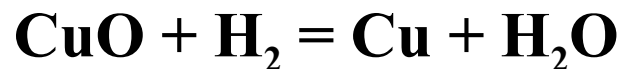


Электролизер с водородо-кислородной горелкой

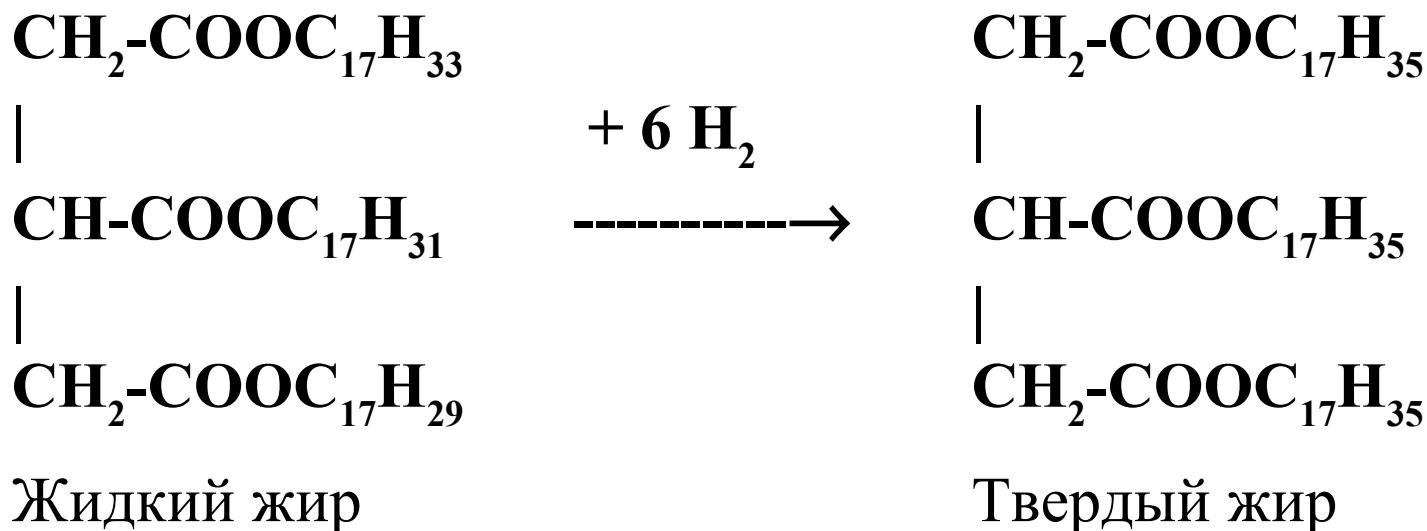


Применение водорода в химических процессах

Восстановление оксидов
до металлов:



Гидрирование растительных жиров:

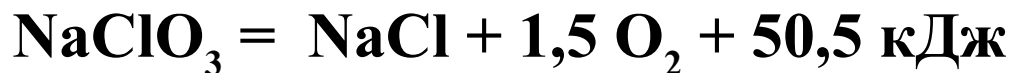


Кислород и озон

Получение кислорода в лаборатории:



Получение кислорода при горении пиросмеси:



В смеси до 80% NaClO_3 , до 10% железного порошка, 4% перекиси бария и стекловата.

Биологическая *озоновая защита* Земли.

На высоте 20-25 км устанавливается равновесие:

УФ < 280 нм

УФ 280-320 нм



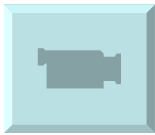
(M = N_2 , Ar)

Окисление в митохондриях



Вредный побочный процесс – неполное окисление до пероксида водорода:

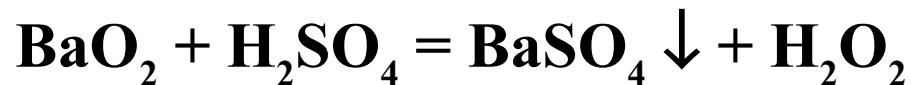




Пероксид водорода



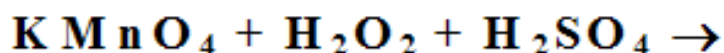
Получение H_2O_2



Получение кислорода по методу Бриана

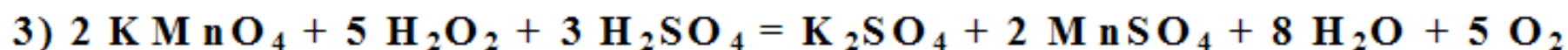
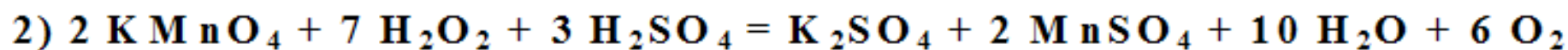
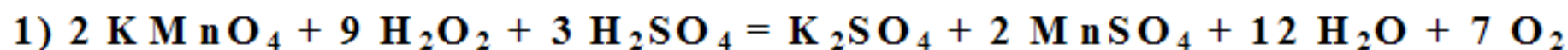


Известно, что для реакции:



можно написать бесконечное число формально "правильных" уравнений (числа атомов каждого элемента справа и слева равны).

Например:



Почему это возможно?

Перегретая вода

H2O-SVC-kr-tf1 1:10



BB3-07

Кристаллы льда (иней)



Кристаллы льда



Кристаллы льда (2)



(Наука?) Кристаллы льда.

Влияние внешних воздействий на рост (1)



Так выглядит кристалл воды,
прослушавшей «Пастораль»
Бетховена



Кристалл, образовавшийся после
прослушивания тяжелого
металлического рока

Фото: **Масару Эмото (Masaru Emoto)**
<http://avenue.h10.ru/water.html>
<http://www.hado.net>

(Наука?) Кристаллы льда.

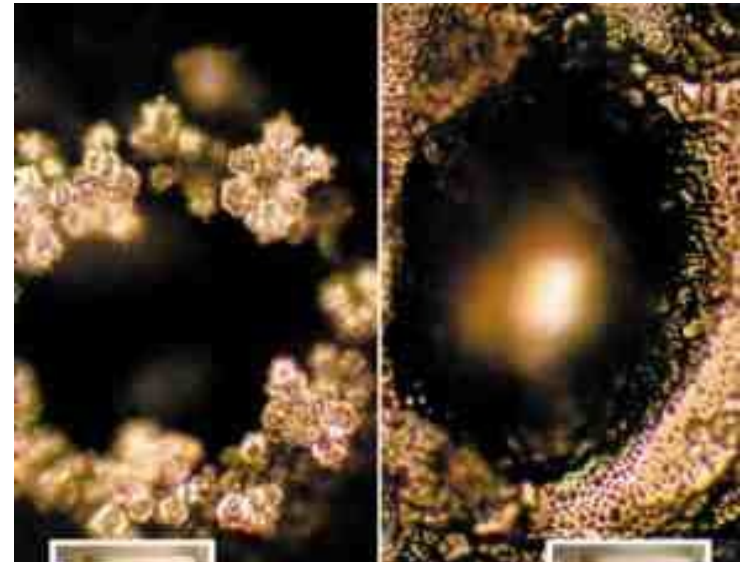
Влияние внешних воздействий на рост (2)



После воздействия
слов «Ты - дурак»



Слова «Любовь
и благодарность»



Слева слово «Ангел», справа – «Дьявол»

Фото: Масару Эмото (Masaru Emoto)
<http://avenue.h10.ru/water.html>
<http://www.hado.net>

(Наука?) Кристаллы льда.

Влияние внешних воздействий на рост (3) Техника экспериментов Масару Эмото



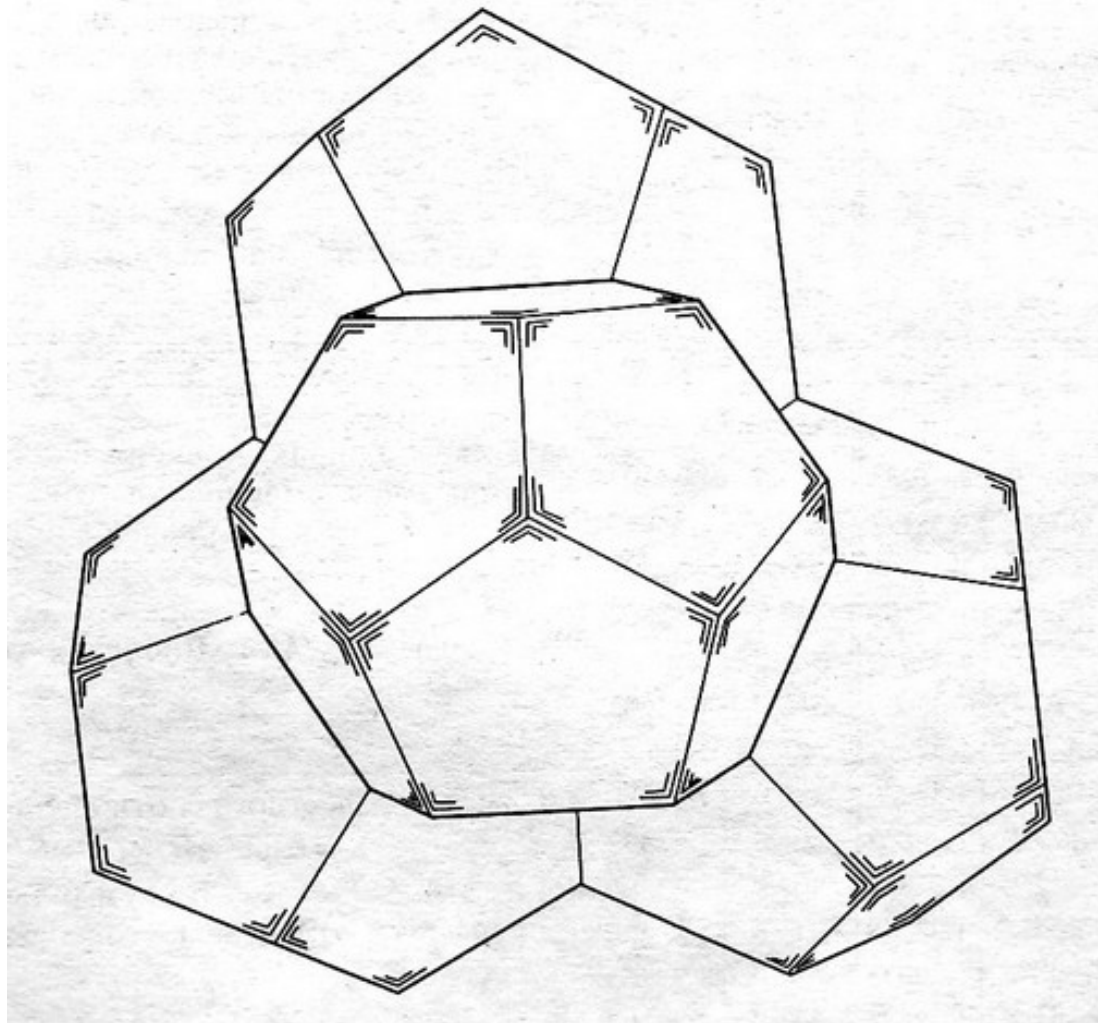
Эксперимент, где для воды проигрывается музыка.



Эксперимент, в котором воде были показаны слова.

Структура воды (1)

Зенин С.В., Тяглов Б.В., Гидрофобная модель структуры ассоциатов молекул воды. Журнал физической химии, 1994, т. 68, № 4, стр. 636-641



Модель ассоциата из 57 молекул воды - тетраэдр из 4-х додекаэдров

Структура воды (2)

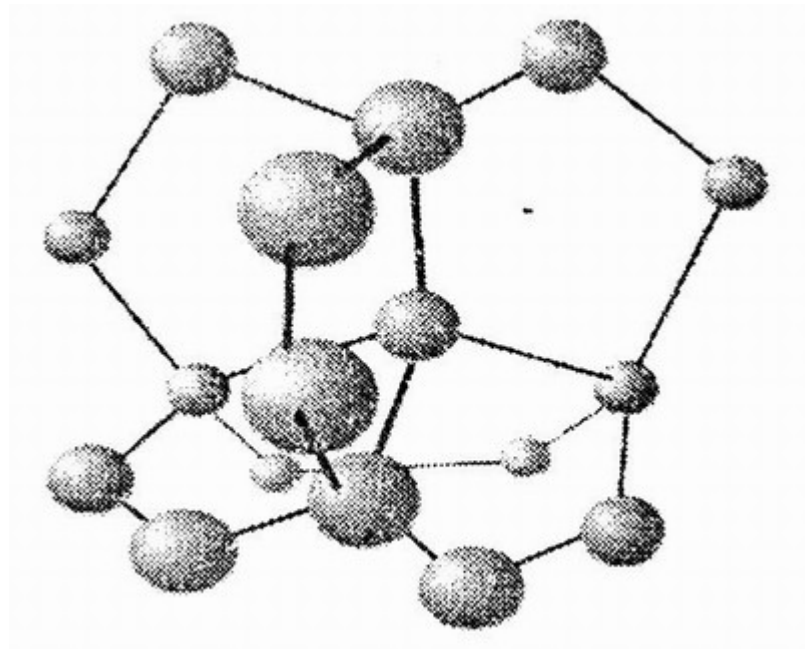


Рис. 57-1. 17-молекулярный ассоциат
(центральный каркас ассоциата-57)
с шестью циклами

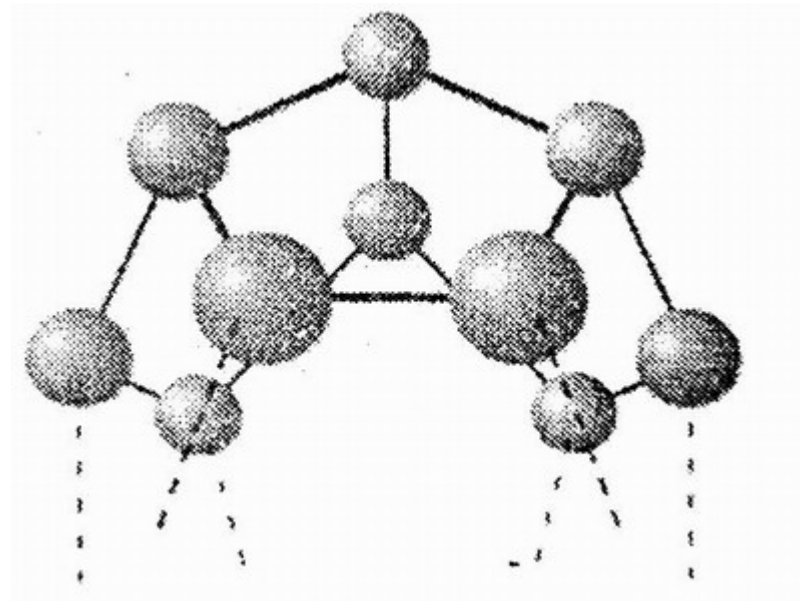


Рис. 57-2. Фрагмент полусферы
додекаэдра ассоциата-57

Структура воды (3)

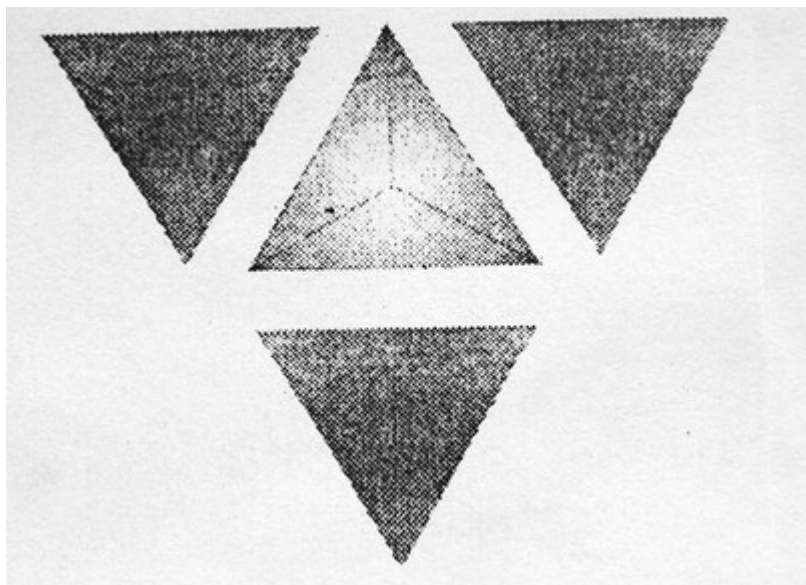


Рис. 57-3. Супертетраэдр из 5 «квантов» ассоциатов-57 вершиной к наблюдателю – «звезда»

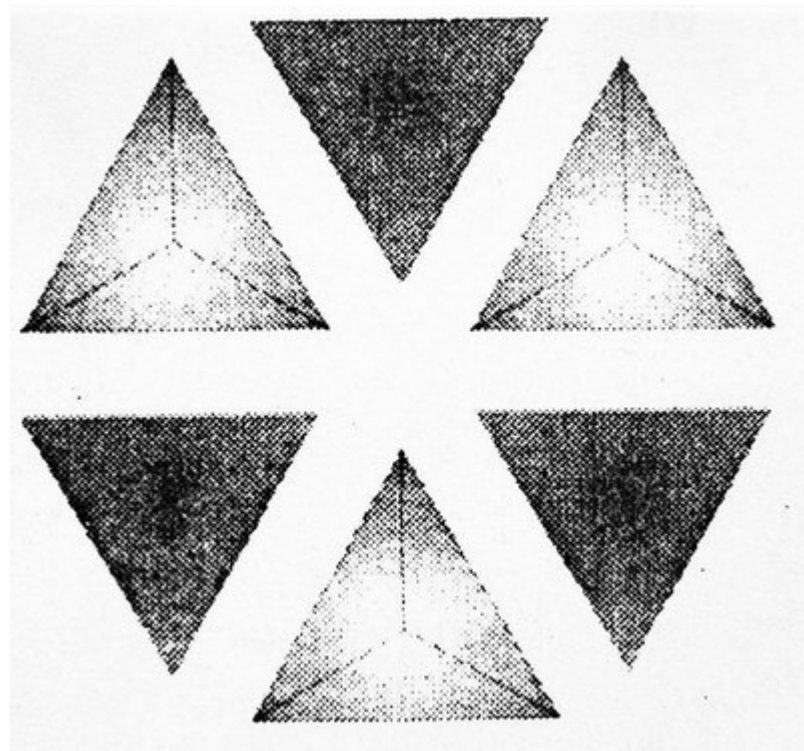


Рис. 57-4. Цикл из 6 «квантов» ассоциатов-57 – «снежинка»

Структура воды (4)

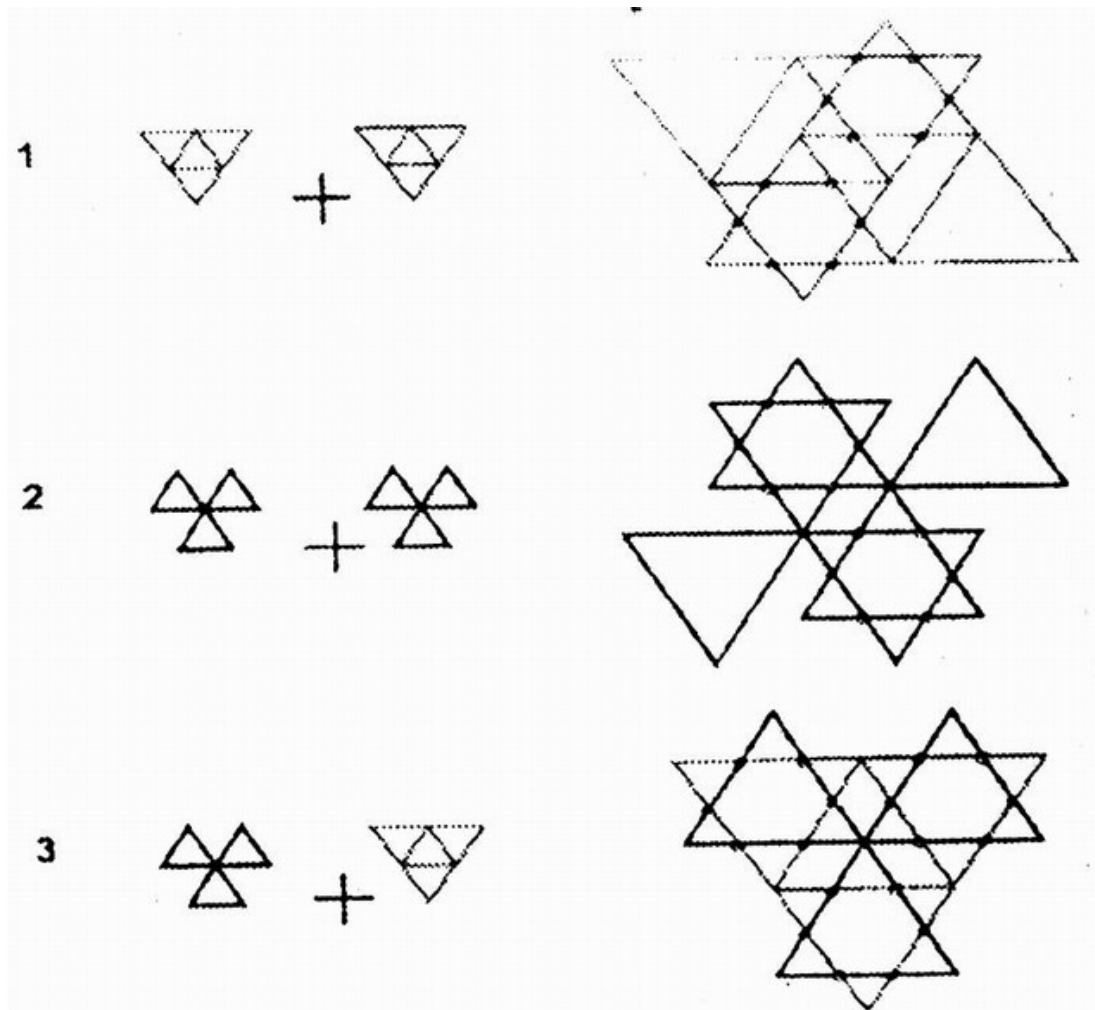


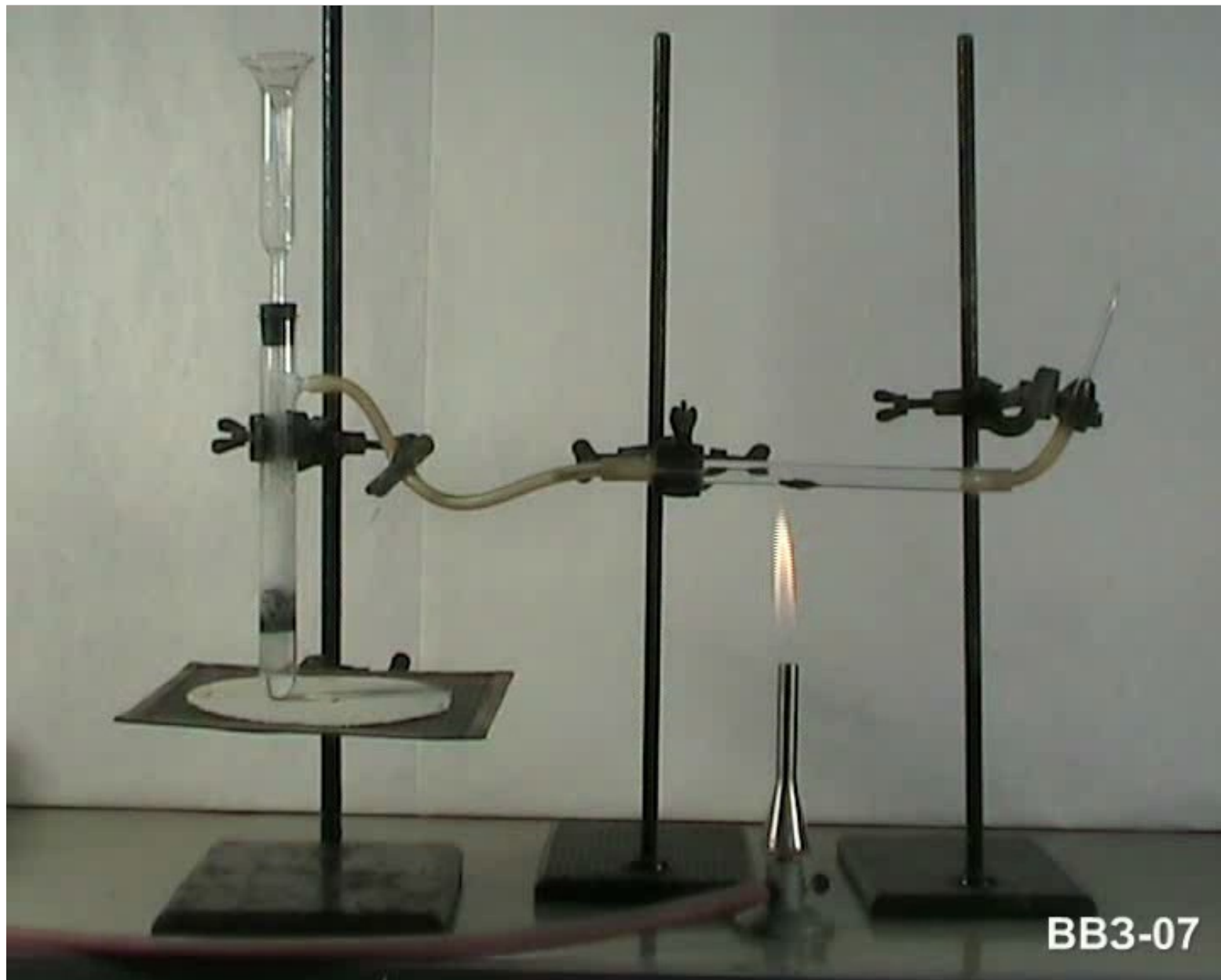
Рис. 57-5. Возможные наложения «снежинок» и «звезд»

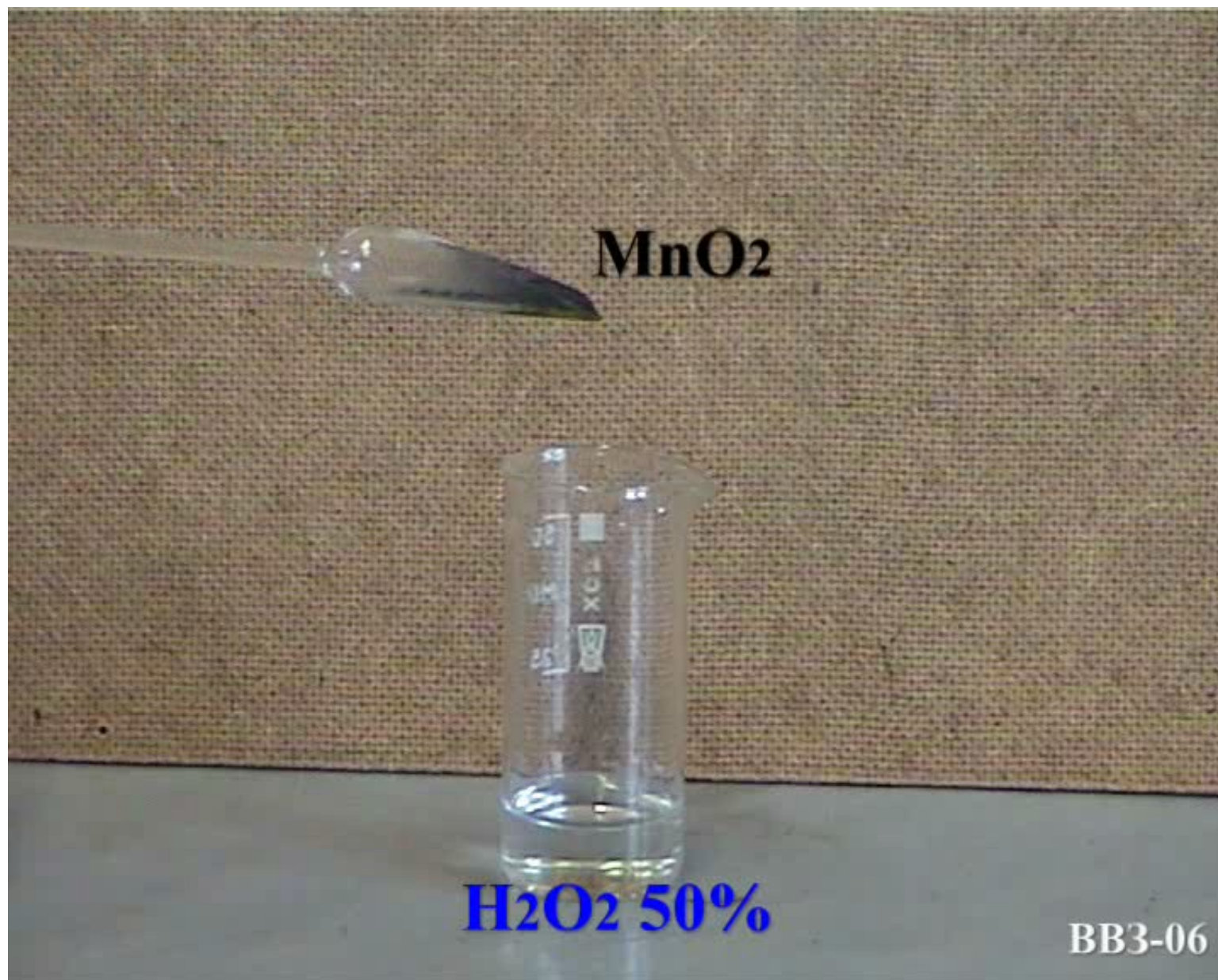






Восстановление оксида меди (порошок) водородом $H_2-CuO-t$ 1:22





Реактивная торпеда «Шквал» (1964 г)

