

# ОСНОВЫ ХИМИИ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ

Baroid  
a Halliburton Company

# Обзор

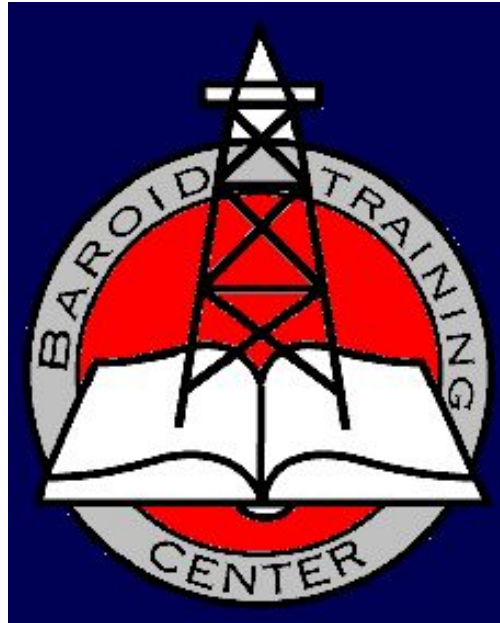
---

Химический состав бурового раствора определяет и влияет на

- Взаимодействие его дисперсионной и дисперсной сред
- Взаимодействие компонентов его дисперсной среды.
- Взаимодействие с породой вскрытых скважиной пластов

# Задачи

- Основные понятия и терминология
- Щелочность



# Основные понятия и терминология

Baroid  
a Halliburton Company

# Однородность и неоднородность

---

**Однородная система или вещество - полностью однородны, имеют одинаковые свойства в каждой пробной точке.**

**Неоднородная система или вещество - это система, которая обладает дисперсными свойствами, и по определению является смесью.**

**Смесь, обладающая дисперсионными свойствами, называется раствором.**

# Фазы

---

Отдельные части неоднородных систем отделяются поверхностью раздела, но каждая среда сама по себе будет являться однородной.

Эти физически выделяемые однородные части неоднородной системы называются фазами.

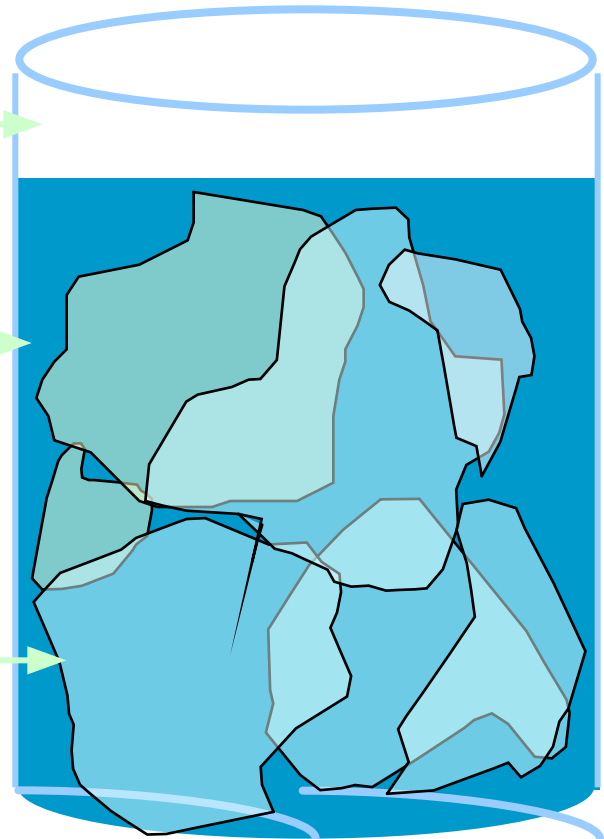
# 3 фазы чая со льдом

Жидкость (чайный раствор) называется дисперсионной средой, а твердое вещество (лед) называется дисперсной средой.

Водяной пар -  
газообразная фаза

Чай - жидкая фаза

Лед - твердая фаза



# 3 фазы бурового раствора

---

Буровой раствор - это смесь, которая состоит из

- Газов
- Жидкостей
- Твердых веществ, взвешенных в жидкости или газе.

Жидкость или газ - это дисперсионная среда бурового раствора. Капли жидкости или пузырьки газа, прикрепляющиеся к твердым частицам, образуют дисперсную среду.



# Элементы

---

Элемент - это химическое вещество, единственное в своем роде, которое нельзя упростить или образовать химическим способом.

Все известные нам вещества состоят из всего 106 элементов.

(Все элементы приведены в “Периодической таблице химических элементов”.)

# Соединение

---

- Образовано двумя или более элементарными частицами вещества при неизменном соотношении их масс
- Новое вещество с уникальными химическими и физическими свойствами
- Отличается от тех элементов или соединений элементов, из которых было образовано.

# Химическая формула

- Формулы представляют собой сочетание элементов, которые образуют молекулу:

Молекула - наименьшая частица, которая существует самостоятельно

Пример:  $\text{H}_2$  (газ) +  $\text{O}_2$  (газ) =  $\text{H}_2\text{O}$   
(жидкость)

- Вода - это соединение
- Химическое соединение 2 частиц водорода и 1 частицы кислорода
- $\text{H}_2\text{O}$  представляет собой наименьшую частицу воды, которая устойчива и существует самостоятельно.

# АТОМЫ

---

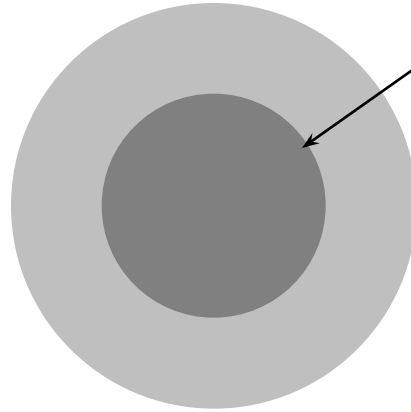
Атом - наименьшая частица элемента, которая участвует в образовании молекулы. Атомы состоят из более простых частиц:

- Нейтронов
  - Протонов
  - Электронов
- } 1 атомная единица массы  
Вес  $1.66 \times 10^{-24}$  г
- 1/1840 атомной  
единицы массы

# Упрощенная схема строения атома

---

Область  
отрицательного  
заряда,  
занимаемая  
электронами



Ядро содержит  
нейтроны и  
положительно  
заряженные  
протоны

Количество электронов равно количеству протонов, таким образом, атом электронейтрален.

# Относительная атомная масса

---

- Относительные атомные массы для всех элементов приведены в Периодической таблице с точностью до 0.01 атомной единицы массы.
- Масса электронов не учитывается.
- Относительные атомные массы - целые числа, т.к. они представляют собой сумму количества протонов и нейтронов в ядре.

# Относительная атомная масса

---

- Атомы одного элемента могут иметь различное количество нейтронов в ядре, соответственно и разные относительные атомные массы.
- Относительная атомная масса элемента углерода - среднее число всех возможных разновидностей (называемых изотопами).
- Углерод имеет 6, 7 или 8 нейтронов.

# Атомный номер

---

- Определяет атом, т.е. какой это элемент.
- Все 106 элементов имеют различное количество протонов в ядре атома.



# Атомы и элементы

---

- Железо имеет плотность 7.7 г/см<sup>3</sup> и является химическим элементом.
- Атомное число - 26, оно определяет элемент железо, в ядре которого имеется 26 протонов.

# Молекулярная масса

---

- Молекула - это частица, состоящая из двух или более атомов, соединенных вместе.
- Молекулярная масса - это сумма относительных атомных масс атомов, из которых она состоит.

Например:  $H_2O$  - относительная атомная масса водорода = 1

- относительная атомная масса

кислорода = 16

-  $(2 \times 1) + (1 \times 16) = 18$

- молекулярная масса воды = 18

# Постоянная Авогадро

---

- Число  $6.02 \times 10^{23}$  называется постоянной Авогадро для изотопа  $C^{12}$ .
- Это количество атомов или молекул вещества, которое требуется для определения относительной атомной или молекулярной массы этого вещества в граммах.
- Единицей количества атомов или молекул является грамм-моль (или просто моль).

# Постоянная Авогадро

---

- Один моль воды (молекулярная масса 18) весит 18 грамм, а один моль углерода (атомная масса 12) весит 12 грамм.
- При использовании других единиц веса постоянная Авогадро меняется - один кг-моль воды весит 18 кг и содержит  $6.02 \times 10^{26}$  молекул воды. ( $6.02 \times 10^{23} \times 1000 = 6.02 \times 10^{26}$ )

# Химические реакции

---

- Химические реакции приводят к изменению энергии и перераспределению электронов, окружающих атомы, участвующие в реакции.
  - В результате реакции образуется более устойчивая структура веществ.
  - Химическая реакция связывает атомы, устанавливая химическую связь.
- Два типа связи:
  - Ионная - перемещение электронов
    - потеря или приобретение электронов для сохранения суммарного заряда
    - + (катионы) например,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$
    - - (анионы) например,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{S}^{2-}$
  - Ковалентная - распределение электронов
    - наложение электронных облаков

# Ионная связь - катионы и анионы

---

- В результате ионной связи происходит перемещение одного или более электронов от одного атома к другому.
- Атомы, которые утратили или приобрели электроны и получили таким образом заряд, называются ионами.
- Электроны имеют отрицательный заряд - атом, который утратил электрон, становится положительно заряженным, т.к. в ядре становится больше протонов, чем электронов вокруг его.

# Катион

---

Положительно заряженный ион называется катионом, графически обозначается надстрочным знаком “+”, который пишется после химического знака. Так  $\text{Na}^+$  - ион натрия (один положительный заряд),  $\text{Mg}^{+2}$  - ион магния (два положительных заряда, т.е. утрачено два электрона).

# АНИОН

---

- Атомы, которые приобрели электроны и таким образом стали отрицательно заряженными ионами, называются анионами.
- Так  $\text{Cl}^-$  - ион хлора (один отрицательный заряд),  $\text{S}^{2-}$  - ион серы (два отрицательных заряда, т.е. приобретено два электрона).



# Пример соединения

---

- Соединение натрия с хлором, хлорид натрия, - это кристаллическое вещество, структура которого поддерживается за счет положительно заряженных ионов.
- Натрий легко отдает один электрон, при этом образуя ион  $\text{Na}^+$ . Хлор легко принимает один электрон, образуя ион  $\text{Cl}^-$ .
- $\text{NaCl}$  по своему составу представляет самое простое соединение этих ионов.

# Ковалентная связь

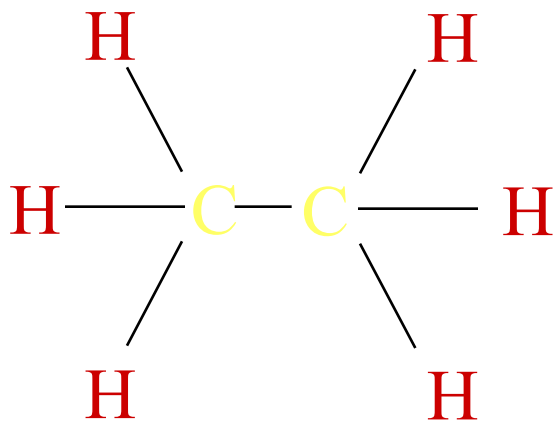
---

- Ковалентная связь возникает, когда электроны распределяются между атомами.
- Два отдельных атома в одной и той же молекуле могут делить один, два или три электрона, тем самым образуя одиночную, двойную или тройную связь.
- Эти связи различаются линиями, соединяющими два атома вместе.

# Ковалентная связь

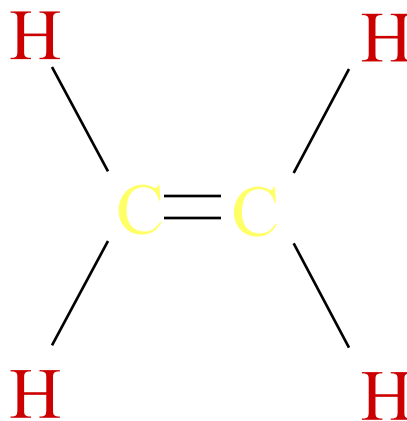
Углерод может образовывать следующие соединения.

Одиночная связь

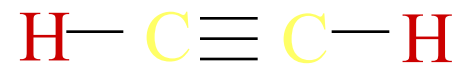


Этан

Двойная связь      Тройная связь



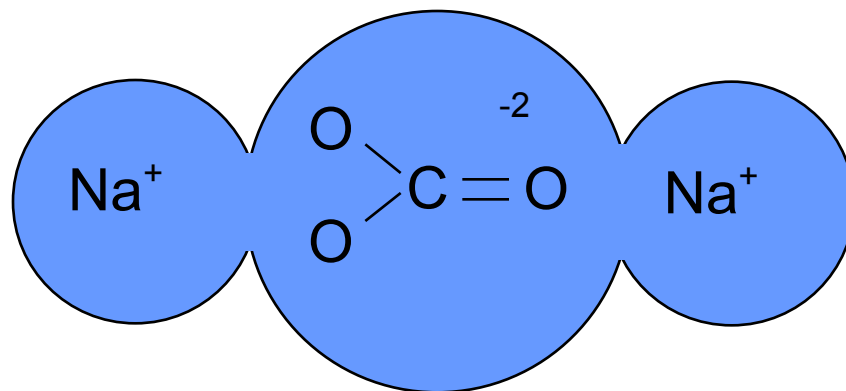
Этилен



Ацетилен

# СВЯЗЬ

В одном и том же соединении может присутствовать как ионная, так и ковалентная связь, как, например, в молекуле карбоната натрия.



Карбонат натрия

Во многих ковалентных связях проявляются различные степени ионного взаимодействия.

# Полярная ковалентная связь

---

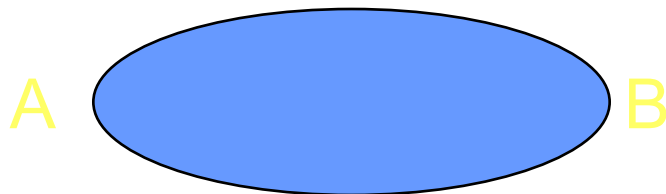
- Различные виды атомов имеют неодинаковое электронное сродство.
- Когда образуется ковалентная связь, распределение электронов нарушается в сторону атомов, имеющих наибольшее электронное сродство.
- В молекуле появляются области с положительным и отрицательным зарядом.

# Неполярная ковалентная связь

---

Когда электроны распределяются равномерно, частичных зарядов не возникает, и молекула является неполярной.

Распределение электронов  
не нарушено



Равномерное распределение,  
неполярная молекула

# Растворы

---

- Растворы - это однофазные смеси различных веществ.
- Два вещества образуют дисперсионную жидкую фазу раствора, известную как растворитель.
- Вещество, растворенное в растворителе, называется растворенным веществом, оно может быть твердым веществом, жидкостью или газом.
- Если две жидкости растворятся друг в друге , они называются смешиваемыми.
- Раствор образуется, когда одно вещество равномерно диспергируется в другом.

# Растворы

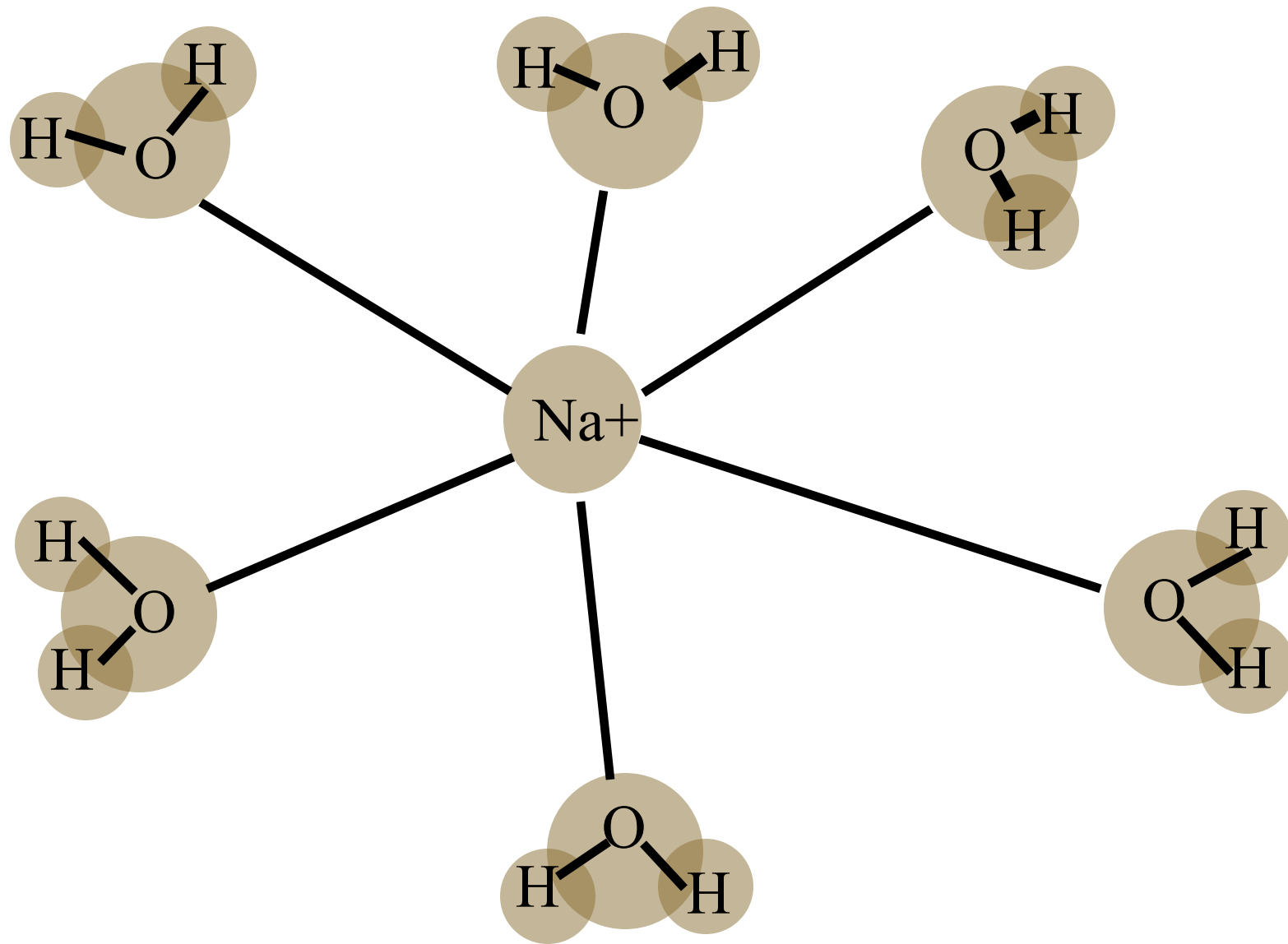
---

- Вода является универсальным растворителем.
- Многие ионные соединения растворимы в воде, потому что сила притяжения между противоположно заряженными ионами уменьшается за счет молекул воды таким образом, что отдельные ионы могут отделяться от кристаллической решетки.
- Каждый ион обычно сольватируется, т.е. он окружен оболочкой из молекул воды.

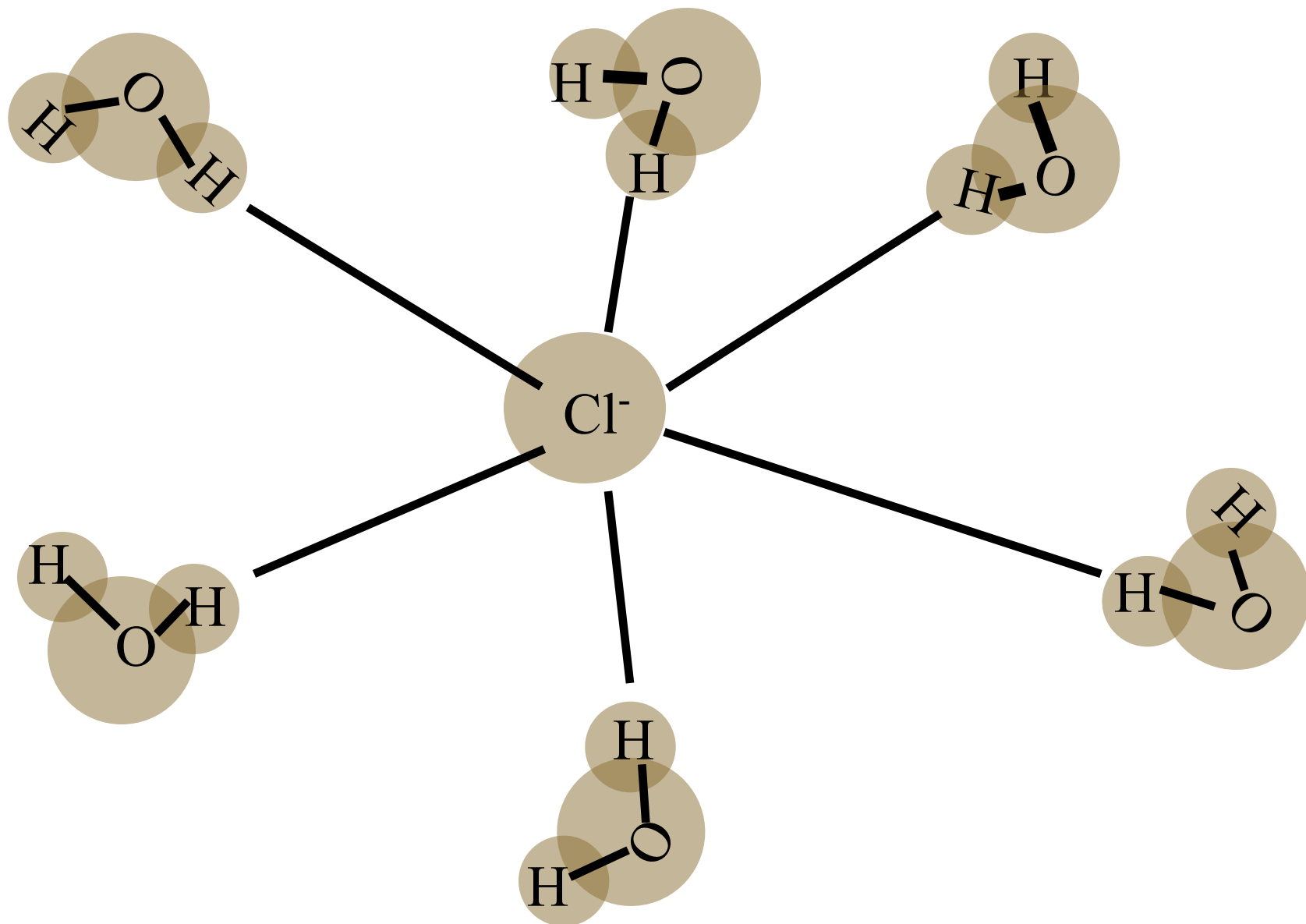


# Сильное притяжение

---



# Слабое притяжение



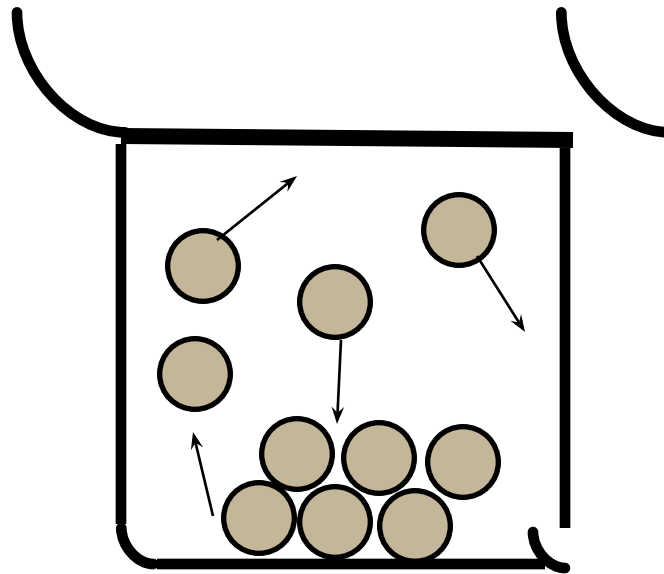
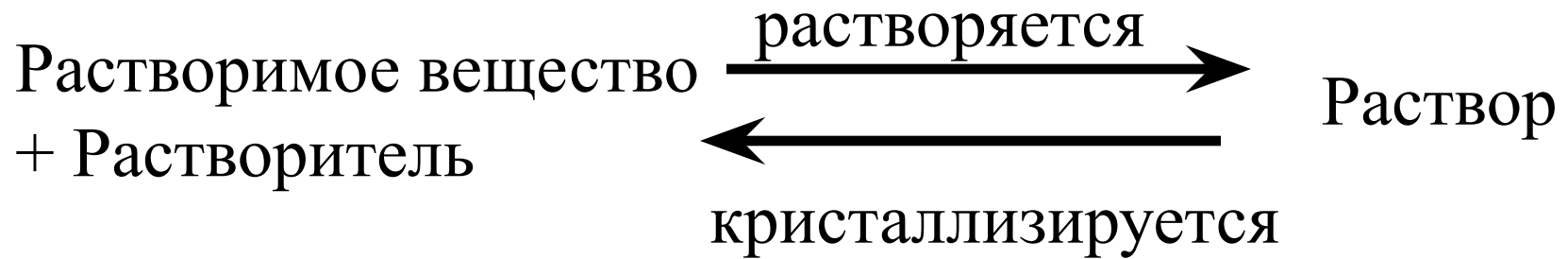
# Неполярные растворители

---

## Дизельное топливо

- Не сольватирует ионы
- Ионные соединения не растворимы в дизельном топливе.

# Насыщенные растворы



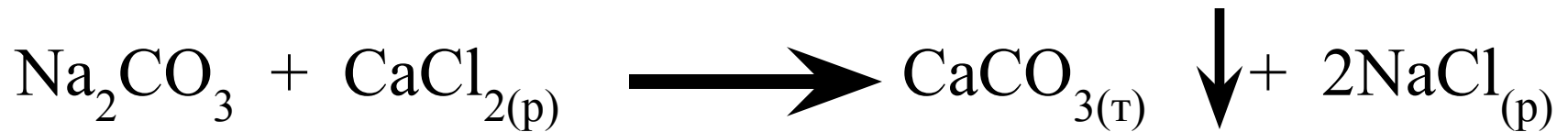
# Растворимость

---

- Растворимость NaCl в воде при температуре 0°F - 35.7 г на 100см<sup>3</sup>
  - Насыщенный раствор
  - Ненасыщенный раствор
  - Перенасыщенный раствор
- Растворимость зависит от природы растворимого вещества и растворителя
- Растворимость зависит от количества и вида других растворимых веществ в растворе

# Образование нерастворимых веществ

---



- Если между двумя компонентами возникает реакция, тогда их растворимость будет взаимозависима.
- Карбонат натрия используется для выделения  $\text{Ca}^2$

# Кислоты и основания

---

## КИСЛОТА

- вещество, в состав которых входит водород, который может заменяться металлами с образованием солей.
- Кислоты диссоциируют в воде с образованием ионов ионы водорода  $\text{H}_3\text{O}^+$ , которые обычно обозначаются  $\text{H}^+$ .
- $\text{pH} \leq 5$

## ОСНОВАНИЕ

- Вещество, которое вступает в реакцию с кислотой с образованием соли и воды.
- $\text{pH} \geq 9$

# Щелочность



**Baroid**

**a Halliburton Company**



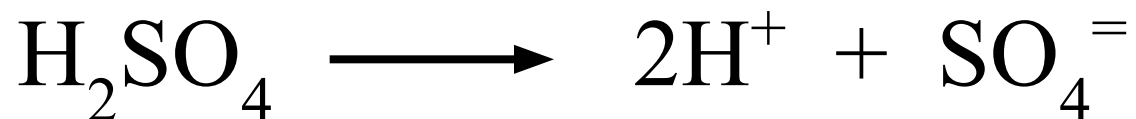


# Щелочность

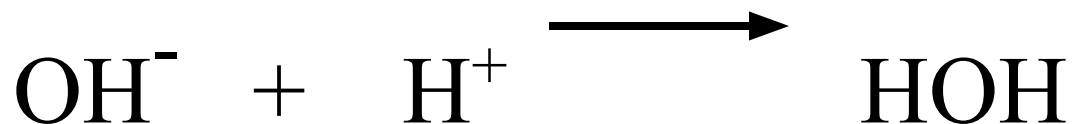
---

Определяется растворимыми в воде ионами, которые нейтрализуют кислоту

- ионы, которые отдают протон ( $\text{H}^+$ )



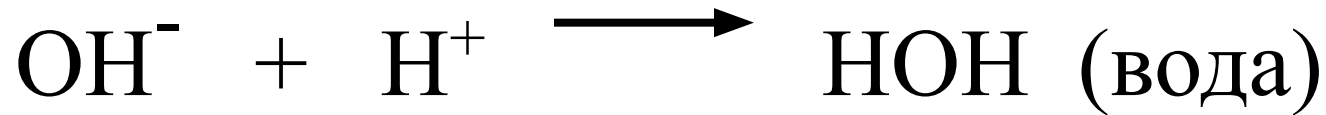
- ионы, которые присоединяют протон ( $\text{H}^+$ )



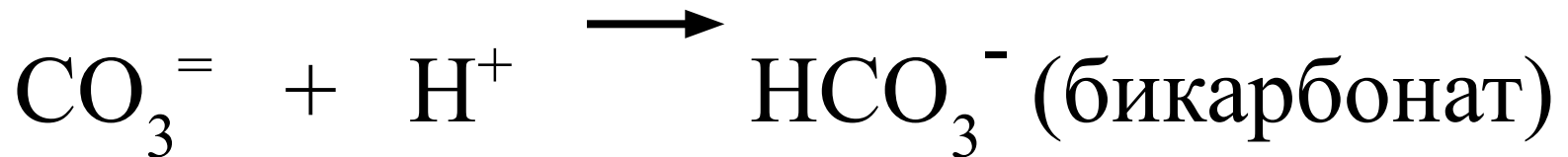
# Буровой раствор на водной основе

---

- $(\text{OH}^-)$  — гидроксильный ион



- $(\text{CO}_3^{=})$  — ион карбоната



# Гидроксильный ион

---

$(\text{HCO}_3^-)$  ион бикарбоната



# pH

---

$$\text{pH} = -\log (\text{H}^+)$$

$$(\text{OH}^-) (\text{H}^+) = 10^{-14}$$

$$(\text{OH}^-) (\text{H}^+) = K_{\text{В}} = 1 \times 10^{-14} \text{ моль/литр}$$

# pH

---

$$(\text{H}^+) = 1 \times 10^{-4} \text{ моль/литр}$$

$$\text{pH} = 4$$

$$(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-10} \text{ моль/литр}$$

# Источники щелочности $\text{OH}^-$

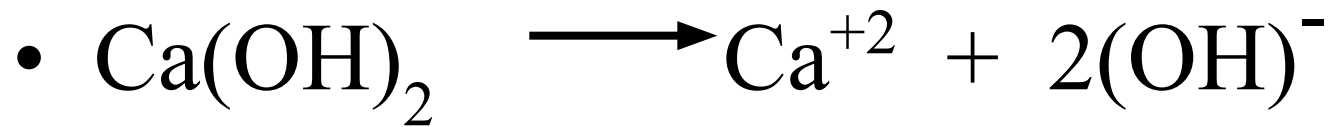
---

- $(\text{Mg}(\text{OH})_2)$  гидроксид магния
- $(\text{Ca}(\text{OH})_2)$  гидроксид кальция (известь)
- $(\text{NaOH})$  гидроксид натрия (едкий натр)
- $(\text{KOH})$  гидроксид калия

# Источники щелочности $\text{OH}^-$

---

Цемент

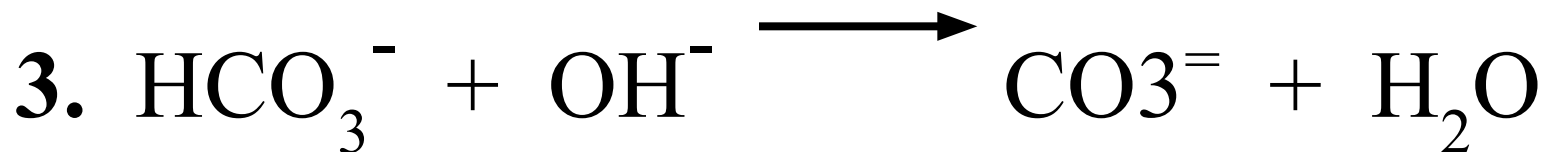
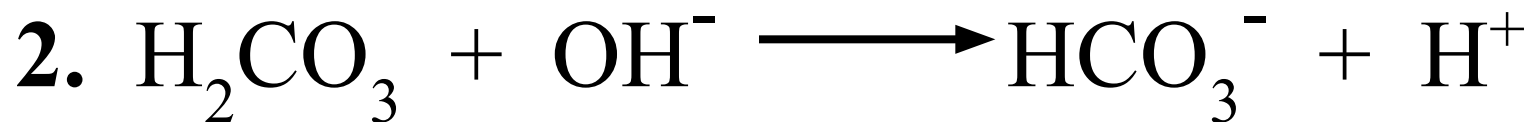
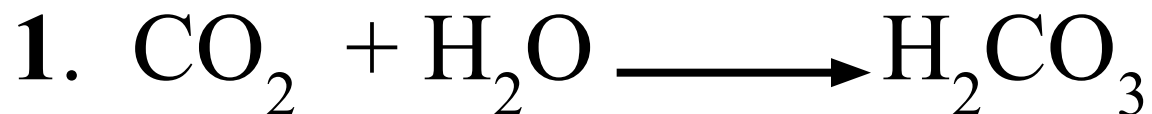


известь  $\longrightarrow$  кальций + гидроксил

# Источники щелочности $\text{CO}_3^{=}$

---

- $\text{K}_2\text{CO}_3$  поташ
- $\text{CO}_2$  газ





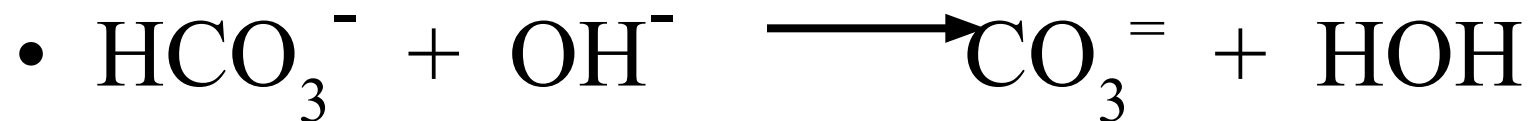
# Источники CO<sub>2</sub>

---

- Понижители водоотдачи бурового раствора, такие как KWIK SEAL и PHENO SEAL
- желатинизированный крахмал или крахмал
- пластовые флюиды
- вода для приготовления бурового раствора

# Зависимость рН в $\text{НСО}_3^-$

---



$$\text{рН} > 10.3$$

- Максимальное значение

$$\text{рН } 7.0 < \text{НСО}_3^- < 10.5 \text{ рН}$$

# Уровень pH щелочного иона

- $6.3 < \text{pH} < 10.3$   $\text{HCO}_3^-$  ион бикарбоната
- $\text{pH} > 10.3$   $\text{CO}_3^{=}$  ион карбоната
- $4.3 < \text{pH} < 6.3$   $\text{CO}_2$  газ
- $8.5 < \text{pH} < 9.5$  маловероятно  $\text{CO}_3^{=}$
- $11.5 < \text{pH} < 12.0$  маловероятно  $\text{CO}_2$  или  $\text{HCO}_3^-$

# Щелочность фильтрата бурового раствора по фенолфталеину

- мл N/50  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , для получения рН = 8.3
- $\text{CO}_3^{=}$  +  $\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{HCO}_3^{-}$  +  $\text{HSO}_4$   
карбонат + кислота  $\longrightarrow$  бикарбонат + бисульфат

- 8.5 < рН < 9.5 маловероятно  $\text{CO}_3^{=}$
- 11.5 < рН < 12.0 маловероятно  $\text{CO}_2$  или  $\text{HCO}_3^{-}$

# Щелочность фильтрата бурового раствора по фенолфталеину

• мл N/50  $\text{H}_2\text{SO}_4$  для получения  $\text{pH} = 8.3$



карбонат+кислота  $\longrightarrow$  бикарбонат + бисульфат

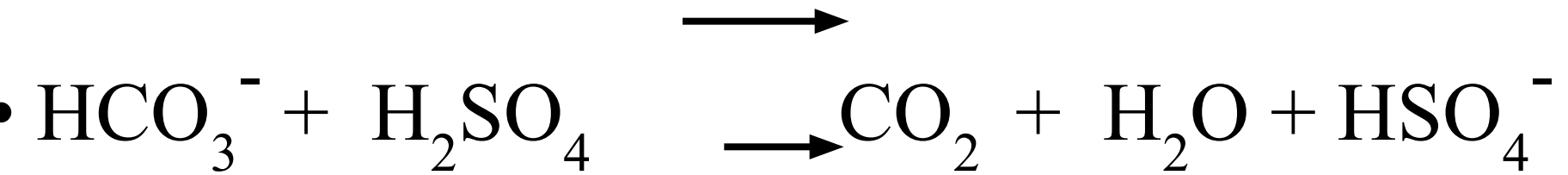


гидроксил+кислота  $\longrightarrow$  вода + сульфат

- большая часть  $\text{CO}_3^{=}$  преобразуется в  $\text{HCO}_3^{-}$
- большая часть  $\text{OH}^{-}$  преобразуется в  $\text{HON}$

# Щелочность фильтрата бурового раствора по метилоранжу

- мл N/50  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , чтобы получить уровень  $\text{pH} = 4.3$



бикарбонат + кислота    карбонат + бисульфат

Большая часть  $\text{HCO}_3^-$  преобразуется в  $\text{CO}_2$  при  $\text{pH} = 4.3$

$\text{HCO}_3^-$  может образоваться в результате титрования фильтрата бурового раствора или изначально содержался в фильтрате.

# Доминирующий ион

---

- Высокая щелочность фильтрата бурового раствора по фенолфталеину и по метилоранжу
  - $\text{CO}_3^{=}$
- Высокая щелочность фильтрата бурового раствора по фенолфталеину и относительно неизменная по метилоранжу
  - $\text{OH}^-$
- Относительно невысокая щелочность фильтрата бурового раствора по фенолфталеину, а по метилоранжу - низкая
  - $\text{HCO}_3^-$

КОНЕЦ