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.

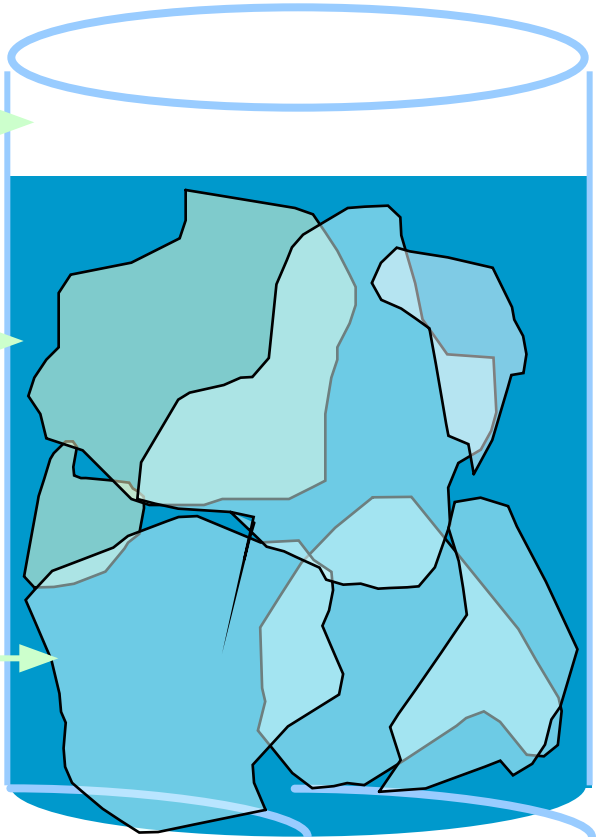
3 фазы чая со льдом

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: H_2 (газ) + O_2 (газ) = H_2O (жидкость)

- Вода - это соединение
- Химическое соединение 2 частиц водорода и 1 частицы кислорода
- H2O 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:

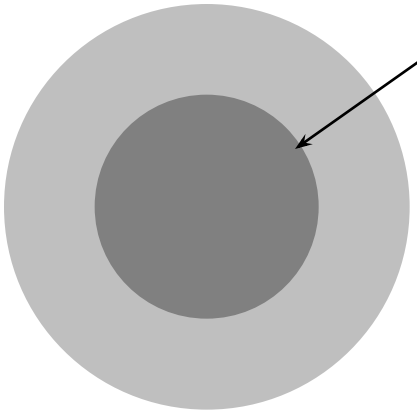
- Нейтронов
- Протонов

} 1 атомная единица массы
Вес 1.66×10^{-24} г

- Электронов - 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/см3 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 x 1) + (1 x 16) = 18

- молекулярная масса воды = 18

Постоянная Авогадро

- Число 6.02×10^{23} называется постоянной Авогадро для изотопа С12.
- 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 6.02×10^{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, Na^{+}, K^{+}, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Al^{3+}
    - - (анионы) например, Cl^{-}, CO_3^{2-}, NH^{4-}, 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 Na^{+} - ион натрия (один положительный заряд), 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 Cl^{-} - ион хлора (один отрицательный заряд), S^{-2} - ион серы (два отрицательных заряда, т.е. приобретено два электрона).

Пример соединения

- Соединение натрия с хлором, хлорид натрия, - это кристаллическое вещество, которое структура которого поддерживается за счет положительно заряженных ионов.

- Натрий легко отдает один электрон, при этом образуя ион Na^+. Хлор легко принимает один электрон, образуя ион Cl^-.

- NaCl по своему составу представляет самое простейшее соединение этих ионов.

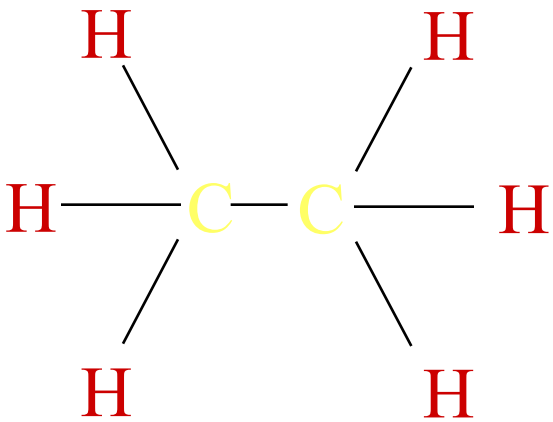
Ковалентная связь

- 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

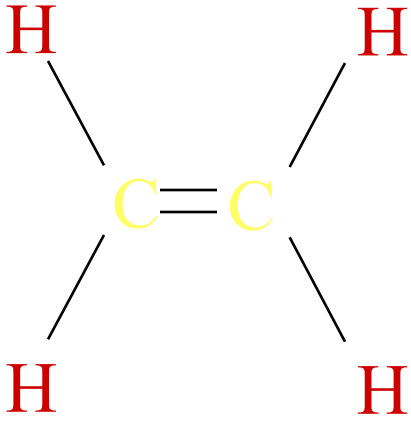
Углерод может образовывать следующие соединения.

Одиночная связь



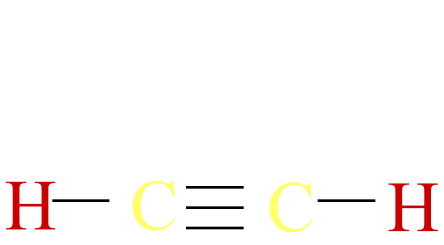
Этан

Двойная связь



Этилен

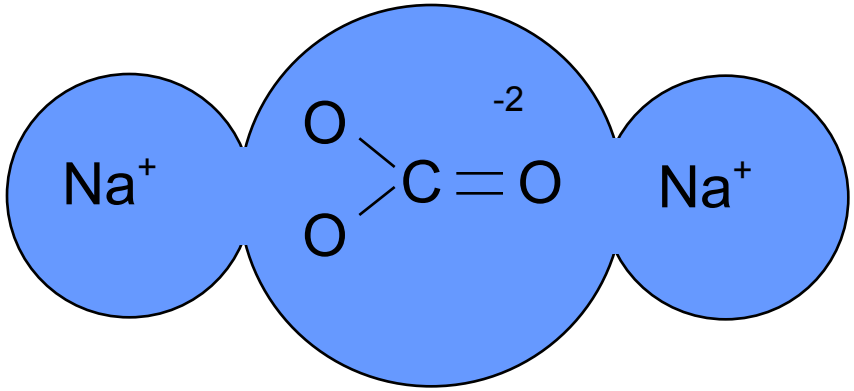
Тройная связь



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.

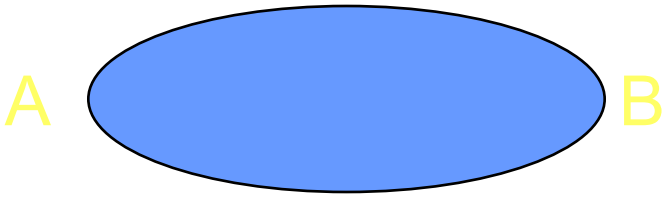
Полярная ковалентная связь

- 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

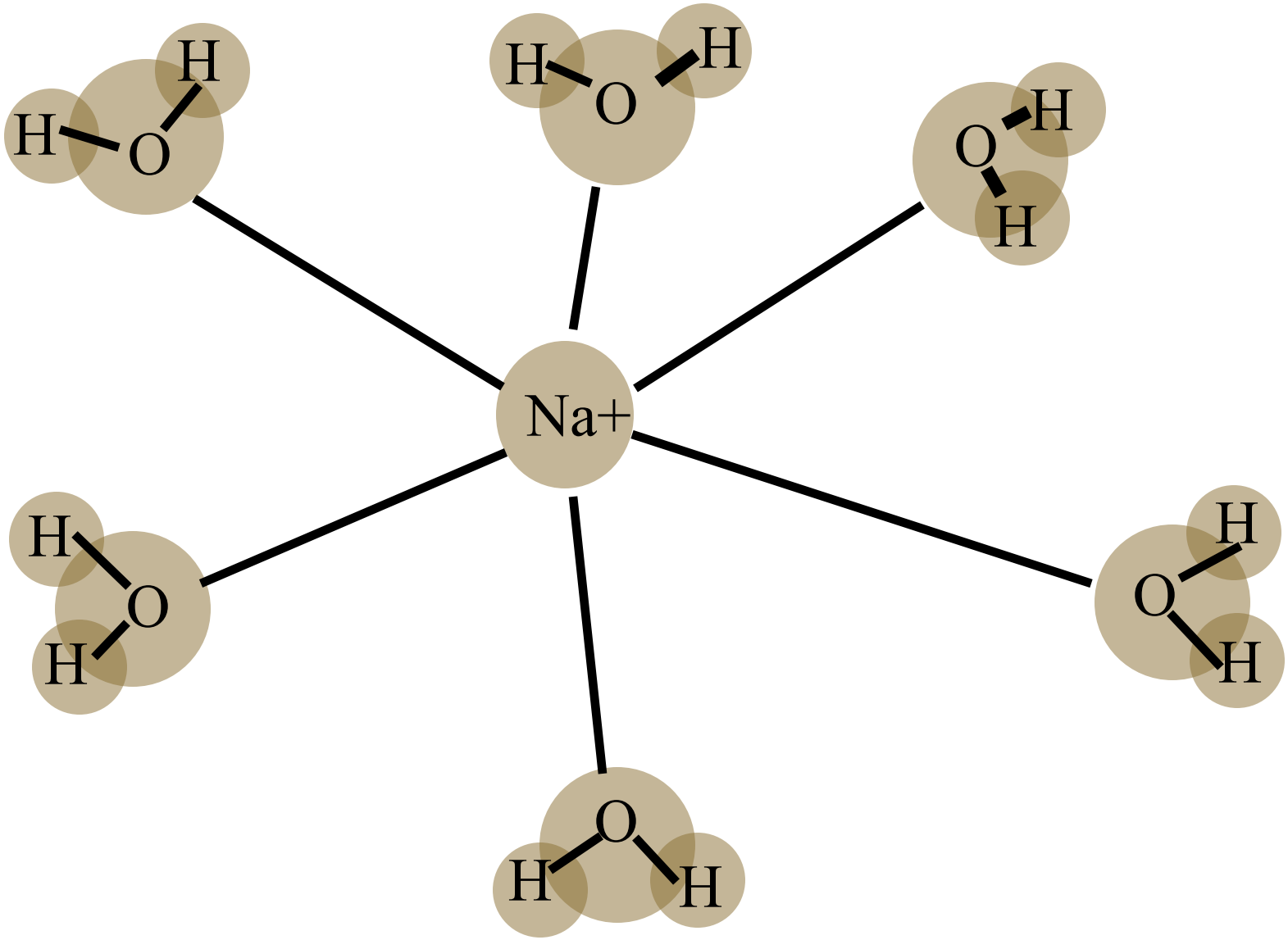
Растворы

- 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.

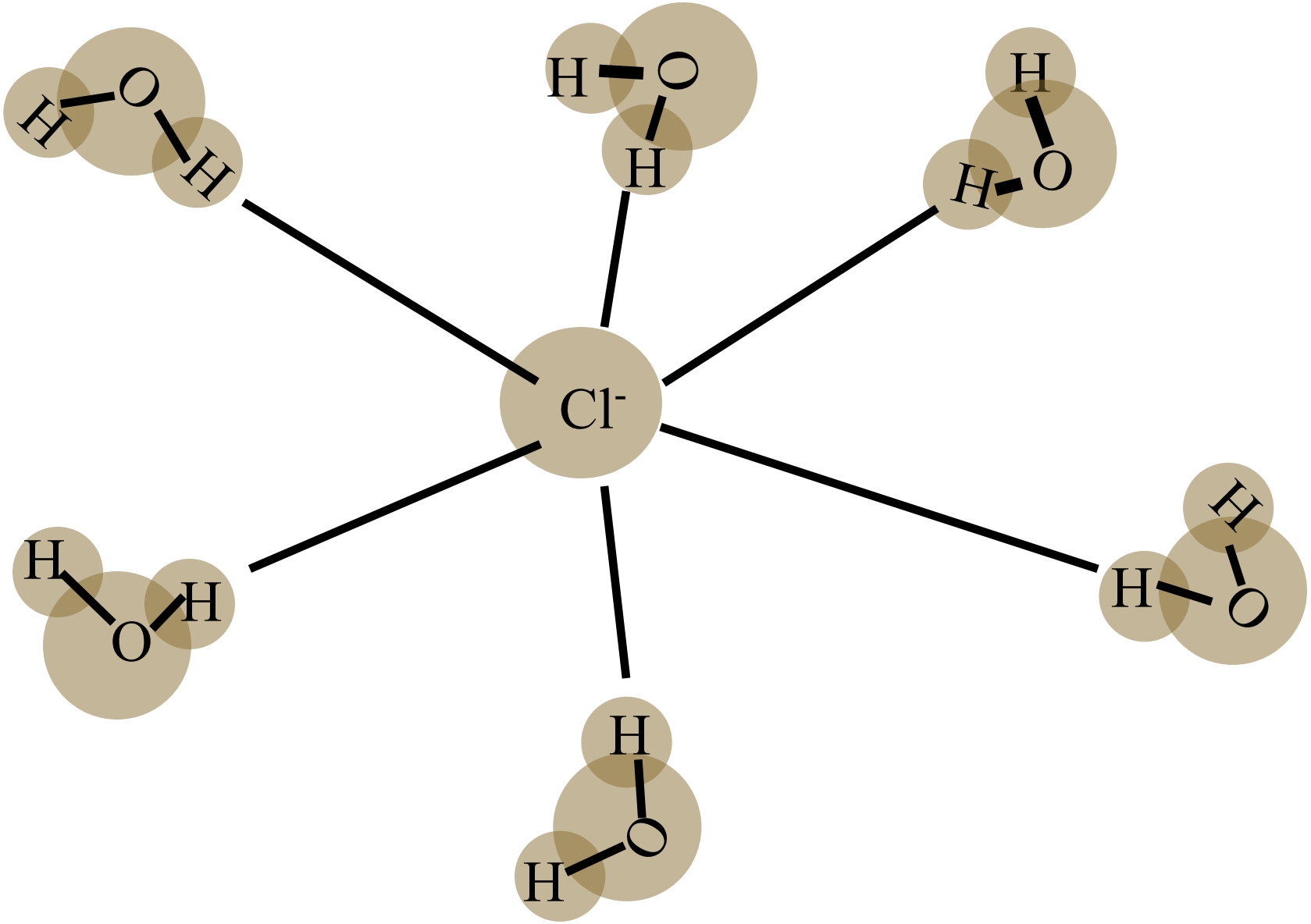
Растворы

- 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.

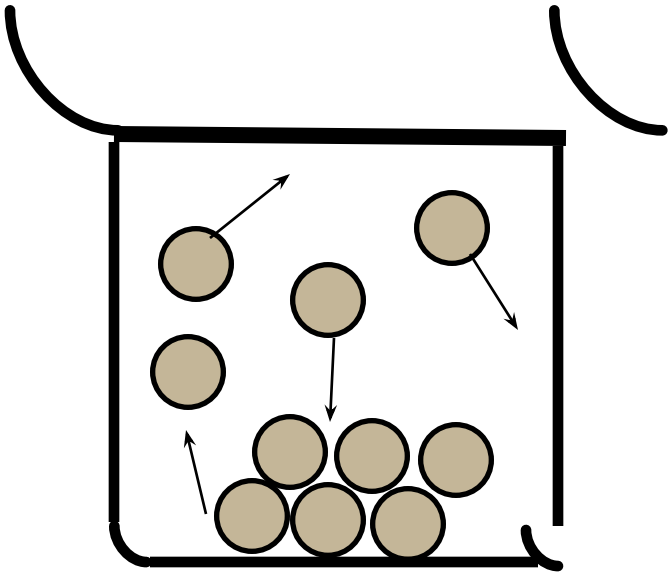
Насыщенные растворы

Растворимое вещество
+ Растворитель

растворяется →

← кристаллизируется

Раствор



Растворимость

- Растворимость NaCl в воде при температуре 0°F - 35.7 г на 100см^3
  - Насыщенный раствор
  - Ненасыщеннный 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

$$Na_2CO_3 + CaCl_{2(р)} \longrightarrow CaCO_{3(т)} \downarrow + 2NaCl_{(р)}$$

- Если между двумя компонентами возникает реакция, тогда их растворимость будет взаимозависима.

- Карбонат натрия используется для выделения 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 H_3O^+, которые обычно обозначаются H^+.
- pH $\leq$ 5

ОСНОВАНИЕ

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

Щелочность

Baroid

a Halliburton Company

Щелочность

Определяется растворимыми в воде ионами, которые нейтрализуют кислоту

- ионы, которые отдают протон (H^+)

$$H_2SO_4 \longrightarrow 2H^+ + SO_4^{=}$$

- ионы, которые присоединяют протон (H^+)

$$NaOH \longrightarrow Na^+ + OH^-$$

$$OH^- + H^+ \longrightarrow HOH$$

Буровой раствор на водной основе

- (OH^-) $\longrightarrow$ гидроксильный ион

$$OH^- + H^+ \longrightarrow HOH \text{ (вода)}$$

- $(CO_3^=)$ $\longrightarrow$ ион карбоната

$$CO_3^= + H^+ \longrightarrow HCO_3^- \text{ (бикарбонат)}$$

Гидроксильный ион

(HCO_3^-) ион бикарбоната

$$HCO_3^- + H^+ \longrightarrow CO_2 + HOH \text{ (вода)}$$

pH

$$pH = -\log(H^+)$$

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

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

pH

$(H^+) = 1 \times 10^{-4}$ моль/литр

pH = 4

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

Источники щелочности OH^-

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

Источники щелочности OH^-

Цемент

- $Ca(OH)_2 \longrightarrow Ca^{+2} + 2(OH)^-$

  известь $\longrightarrow$ кальций + гидроксил

Источники щелочности $CO_3^{=}$

- K_2CO_3 поташ
- CO_2 газ

1. $CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3$

2. $H_2CO_3 + OH^- \longrightarrow HCO_3^- + H^+$

3. $HCO_3^- + OH^- \longrightarrow CO3^{=} + H_2O$

Источники CO_2

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

Зависимость pH в HCO_3^-

- $HCO_3^- + OH^- \longrightarrow CO_3^= + HOH$

  pH > 10.3

- Максимальное значение

  pH 7.0 < HCO_3^- < 10.5 pH

Уровень pH щелочного иона

- $6.3 < pH < 10.3$ HCO_3^- ион бикарбоната
- $pH > 10.3$ $CO_3^=$ ион карбоната
- $4.3 < pH < 6.3$ CO_2 газ
- $8.5 < pH < 9.5$ маловероятно $CO_3^=$
- $11.5 < pH < 12.0$ маловероятно CO_2 или HCO_3^-

Щелочность фильтрата бурового раствора по фенолфталеину

- мл N/50 H_2SO_4, для получения pH = 8.3
- $CO_3^{=} + H_2SO_4 \longrightarrow HCO_3^{-} + HSO_4$

карбонат +кислота → бикарбонат +бисульфат

- $8.5 < pH < 9.5$ маловероятно $CO_3^{=}$
- $11.5 < pH < 12.0$ маловероятно CO_2 или HCO_3^{-}

Щелочность фильтрата бурового раствора по фенолфталеину

- мл N/50 H_2SO_4 для получения pH = 8.3
- $CO_3^{=} + H_2SO_4 \longrightarrow HCO_3^{-} + HSO_4$

карбонат+кислота $\longrightarrow$ бикарбонат +бисульфат

- $OH^{-} + H_2SO_4 \longrightarrow HOH + SO_4^{=}$

гидроксил+кислота $\longrightarrow$ вода + сульфат

- большая часть $CO_3^{=}$ преобразуется в HCO_3^{-}
- большая часть OH^{-} преобразуется HOH

Щелочность фильтрата бурового раствора по метилоранжу

- мл N/50 H_2SO_4, чтобы получить уровень pH = 4.3

- $HCO_3^- + H_2SO_4 \longrightarrow CO_2 + H_2O + HSO_4^-$

бикарбонат + кислота карбонат + бисульфат

Большая часть HCO_3^- преобразуется в CO_2 при pH = 4.3

HCO_3^- может образоваться в результате титрирования фильтрата бурового раствора или изначально содержался в фильтрате.

Доминирующий ион

- Высокая щелочность фильтрата бурового раствора по фенолфталеину и по метилоранжу
    - $CO_3^{=}$
- Высокая щелочность фильтрата бурового раствора по фенолфталеину и относительно неизменная по метилоранжу
    - OH^-
- Относительно невысокая щелочность фильтрата бурового раствора по фенолфталеину, а по метилоранжу - низкая
    - HCO_3-

КОНЕЦ