

Повседневные чудеса коллоидной химии

Дикарева Анастасия Сергеевна, Потапова Ольга Владимировна
Химия

*9 класс МБОУ Сеченовская средняя школа, с. Сеченово Сеченовского
муниципального округа Нижегородской области*

*Научный руководитель: В.К. Шишканова МБОУ Сеченовская средняя школа, с.
Сеченово Сеченовского муниципального округа Нижегородской области*

Введение [8]

За названием «коллоидная химия» скрывается область науки, ставшая, в своё время, революционной и давшая объяснение многим явлениям, которые мы наблюдаем каждый день, но до того не знали почему они происходят. Шоколадный кекс — не слишком сложное блюдо, но из духовки он выходит поразному. В некоторых случаях его серединка пышная, глубоко коричневого цвета, в других — тусклая и серовато-коричневая. Шоколад в тесто клали одинаковый, мука — одна и та же, молоко и другие ингредиенты тоже не слишком различались. Но почему кексы разного цвета? Ответ даёт коллоидная химия. Тысячи пожилых людей по всему миру чувствуют, что медленно слепнут. Врачи называют это заболевание катарактой — медленным помутнением хрусталика глаза. Что вызывает катаракту? Учебники по офтальмологии утверждают, что причины возникновения катаракты — в изменившихся коллоидных процессах. **Основная цель данной работы:** выяснить, что собой представляют коллоидные системы, какими свойствами они обладают. Для достижения поставленной цели требуется решение следующих **задач:**

- ✓ пользуясь литературными источниками и сетью Интернет, изучить понятие “коллоидные растворы”, которые имеют большое значение в химических и биологических процессах;
- ✓ исследовать свойства коллоидных растворов;
- ✓ сформулировать ответ на вопрос: почему природа отдаёт предпочтение именно коллоидному состоянию.

Объект исследования: коллоидные системы.

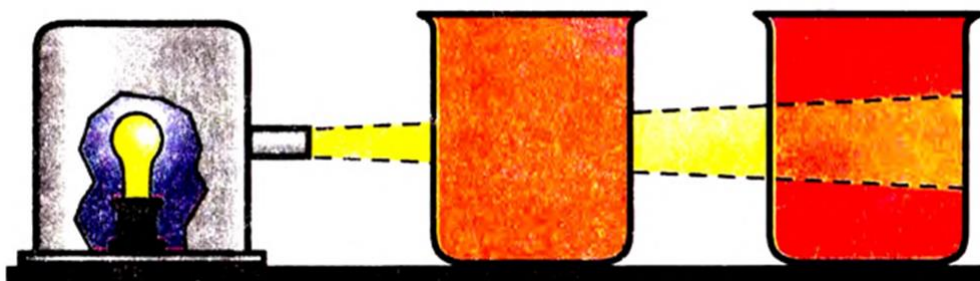
Предмет исследования: свойства коллоидных систем.

Методы исследования: теоретический, анализ и синтез, эксперимент, наблюдение, описание.

Что такое коллоиды [5]

Коллоидная химия – химия реальных тел. Вся природа – гидросфера и атмосфера, земная кора, ее недра, организмы растений и животных – сложная совокупность грубодисперсных и коллоиднодисперсных систем (золей). Диспергирование – это дробление одного вещества в другом, в результате получается дисперсная система, состоящая из частиц этого вещества, распределенных в однородной среде другого вещества, т. е. гетерогенная система. Размер коллоидных частиц от 1 до 100 нм (10^{-7} – 10^{-5} см) в поперечнике, т. е. это ультрамикрогетерогенные системы. Свидетельства о применении человеком коллоидных процессов стары, как само человечество, а сама коллоидная химия так же стара, как и сама жизнь — фактически, всё живое состоит из коллоидов. Слово «коллоид» буквально означает «похожий на клей» (от греческих слов $\kappa\acute{o}\lambda\lambda\alpha$ — «клей» и $\epsilon\acute{\iota}\delta\omicron\varsigma$ — «схожий»). Так, по внешнему виду, обозначили коллоидные вещества, когда они впервые привлекли внимание исследователей — ведь они понятия не имели об их истинном строении. Всё, что они могли сказать: типичный коллоид — бесформенная масса, часто липкая, как клей, яичный белок или жевательная резинка, что-то прямо противоположное кристаллам, таким как сахар или сода. Коллоидная химия появилась в результате изучения строения аморфных веществ, как кристаллохимия возникла из изучения твёрдых. Уже десять тысяч лет назад гончары умели превратить мокрый кусок глины в горшок или тарелку; во времена Юлия Цезаря виноделы знали способ осветления вина с помощью белой глины. Не знали они того, что это — коллоидная химия. Ремёсла развивались методом проб и ошибок, поэтому так трудно было что-либо предпринять для улучшения производства. Ключ к пониманию был сделан из золота. В конце XIX века английский физик Джон Тиндаль, научно-популярные лекции которого сделали его богатым и известным, демонстрировал своей аудитории эксперимент, до сих пор называющийся

«эффект Тиндаля». Мощный пучок света пропускать сквозь жидкость, которая казалась обычной водой, но, внезапно, она начинала светиться, словно путь луча сквозь воду был охвачен огнём. Похожее явление можно увидеть, когда луч проектора проходит сквозь воздух в пыльной комнате.



Источник света

Истинный раствор

Коллоидный раствор

Растворы меняют цвет [8]. Никто не мог разгадать этой загадки, пока немецкий химик, профессор Рихард Жигмонди, не начал работать с растворами и взвесями золота. Если листочки сусального золота были измельчены в тончайший порошок, а затем этот порошок добавляли в воду, образовывалась временная суспензия золота в воде — постепенно крупинки золота оседали на дне колбы, оставляя воду совершенно чистой. Точно таким же способом средневековые монахи изготавливали несколько редких и дорогих спиртных напитков. Но если металлическое золото сначала растворить в царской водке, а затем смешать этот раствор с водой — золото никогда не осядет. Получится слегка желтоватый раствор хлорида золота, который когда-то использовался фотографами для тонирования отпечатков в золотистые цвета. Главное различие между этим раствором и золотой суспензией — размер отдельных частиц. В древних напитках с «золотыми искрами» отдельные крупинки были достаточно большими, чтобы их можно было увидеть, и довольно быстро садились на дно. В растворе частички золота настолько маленькие, что они невидимы и никогда не оседают. Многие из них — отдельные атомы золота. Кроме того, профессор Жигмонди знал, что можно приготовить и другие примечательные растворы золота, отличающиеся и от кислотных растворов, и от взвесей частичек металлического золота в воде. Некоторые из этих растворов имеют розовый или

алый цвет, другие — небесно-голубой. Чтобы понять, что в действительности представляют собой эти растворы, профессор Жигмонди и его ассистент, доктор Зидентопф, сконструировали ультрамикроскоп — один из наиболее полезных научных инструментов. С его помощью Рихард Жигмонди не только объяснил, почему растворы золота могут иметь красный и синий цвета, но и обосновал фундаментальные положения коллоидной химии, подтвердив, что эти цветные растворы на самом деле являются коллоидами.

Однажды раскрытый, секрет оказался таким же простым, какими обычно и являются величайшие загадки Природы. Цвет раствора напрямую зависит от размера взвешенных в нём частиц. Крупные частицы придают раствору жёлтый цвет, и быстро оседают на дно сосуда. Очень малые частицы золота, размером в атом, остаются навсегда взвешенными в бесцветном растворе. Между этими двумя крайностями имеется промежуточная группа, частицы которой больше отдельных атомов, но меньше видимых невооружённым глазом частиц. Эти частицы промежуточного размера, ни карлики, ни гиганты, образуют коллоиды. Самые мелкие, размером всего в несколько атомов, окрашивают раствор в розовый цвет, частицы побольше делают жидкость алой, ещё чуть больше — и она становится фиолетовой. Самые крупные, но всё ещё не видимые без микроскопа, придают раствору золота голубой цвет. Знание о коллоидных свойствах золота получило практическое применение — в производстве рубинового стекла, лучшие сорта которого обязаны своими яркими рубиново-пурпурными тонами присутствию мириад частичек коллоидного золота.

Эти частицы слишком малы, чтобы их можно было увидеть в оптический микроскоп, даже ультрамикроскоп не обнаруживает их присутствия. Принцип действия ультрамикроскопа другой. Он пропускает мощный, сильно сфокусированный пучок света сквозь тонкий слой коллоидного раствора, что во многом напоминает опыт Тиндаля с пучком света, видимым в воде. Этот подсвеченный образец затем рассматривают сквозь сильную оптическую систему. Тогда глазу становится видно множество двигающихся светящихся

точек, напоминающих рой светлячков. Это коллоидные частицы, которые сами по себе не видимы, но обнаруживающие своё присутствие рассеиванием света.

Броуновское движение. Бесконечный танец этих частиц — пример знаменитого «Броуновского движения», которое впервые обнаружил в начале XIX века шотландский врач, доктор Роберт Броун, заметивший непрерывное хаотическое движение пылинок в жидкости, рассматриваемой под микроскопом. Пылинки медленно вращались, словно танцевали вальс, но крохотные частички коллоидных растворов стремительно перемещаются в разных направлениях, будто участники балета. Причина броуновского движения — постоянные толчки и удары, которые твёрдые частицы получают от атомов и молекул жидкости.

Флоккуляция. Танец ярких точек в коллоидном растворе золота можно прервать — добавьте к нему совсем немного кислоты, и балет моментально придёт к своему трагическому финалу. Частицы устремятся друг к другу и собьются в комки, слишком крупные для танца, словно гости на балу, где что-то произошло. Растворы коллоидного золота в пробирках, куда добавили кислоту, теряют свой цвет, а на их дне постепенно оседает коричневый порошок. Это выпадает в осадок хлорид золота, до того находившийся в коллоидном состоянии. Такое слипание отдельных частиц в комки — этот процесс называется «флоккуляция» — происходит, и, если добавить в кофе сырое яйцо. И белок, и желток яйца представляют собой коллоидные вещества. Вылитое в горячий кофе коллоидное вещество яйца сворачивается, после чего крупные комки и хлопья яичного белка оседают, захватив с собой мелкие частицы кофейной гущи, которые слишком лёгкие, чтобы осесть самим по себе.

Отсутствие флоккуляции является объяснением, почему некоторые шоколадные кексы получаются лучше, насыщенного коричневого цвета. Слипанию частиц какао мешает один из ингредиентов муки для кексов, а именно — пищевая сода. Сода препятствует флоккуляции коллоидов и, при изготовлении теста, не даёт образовываться комочкам шоколада, делая выпечку равномерно коричневой. Если соды положено слишком мало, кислота,

содержащаяся в молоке, вызывает слипание крупинок какао, и хорошего цвета не выходит.

Практическая часть [1]

1.1. Получение золя йодида серебра

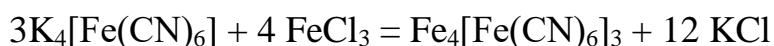
Мицелла – это структурная коллоидная единица. В пробирку налили примерно 5 мл 0,05н раствора нитрата серебра AgNO_3 и затем медленно, при сильном перемешивании, добавили 3 капли 0,05н раствора йодида калия KI . Образуется золь с положительно заряженными частицами. Получили желтоватый золь йодида серебра. Он образуется согласно реакции: $\text{AgNO}_3 + \text{KI} \rightarrow \text{AgI} + \text{KNO}_3$. Мицелла в целом электронейтральна, заряжена только коллоидная частица. Строение мицеллы удобно представлять в виде формулы. Для золя AgI формула мицеллы пишется следующим образом:



Рис.1. Опыт 1.1.

1.2. Получение золя берлинской лазури.

Гидрозоль берлинской лазури $(\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3)$ получили при смешивании растворов хлорного железа и железисто-синеродистого калия $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Образуется отрицательный золь берлинской лазури.



1.3. Получение турнбулевой сини

Гидрозоль турнбулевой сини $(\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_4)$ получили при смешивании растворов сульфата железа (II) и гексацианоферрата

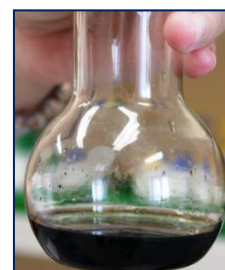


Рис.2. Опыт 1.2.



Рис.3. Опыт 1.3.

(III) калия $K_3[Fe(CN)_6]$. Наблюдали образование синей окраски турнбулевой сини: $3FeSO_4 + 2K_3[Fe(CN)_6] = Fe_3[Fe(CN)_6]_2 + 3K_2SO_4$

1.4. Получение гидрозоля жедезистосинеродистой меди.

К 100 мл 0,1 %-го раствора $K_4[Fe(CN)_6]$ прибавили при взбалтывании 8-10 мл 0,5 % раствора $CuSO_4$. Получается очень устойчивый красно-бурый золь.

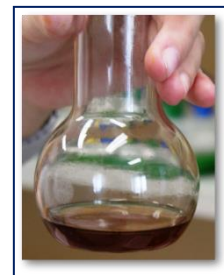
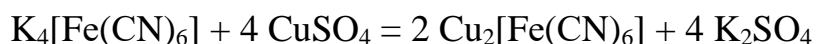
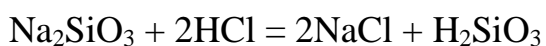


Рис.4. Опыт 1.4.

1.5. Получение кремниевой кислоты.

В колбу прилили 20-50 мл силикатного клея (силикат натрия) и добавили 2-3 мл раствора соляной кислоты (1:1) и тут же перемешали стеклянной палочкой. В результате взаимодействия силиката натрия с соляной кислотой образуется нерастворимый гель кремниевой кислоты - коллоид. При взаимодействии силиката натрия с соляной кислотой происходит выделение в раствор свободной метакремниевой кислоты, которая переходит в раствор в виде золя, состоящего из отрицательно заряженных мицелл кремниевой кислоты. Реакция протекает по схеме:



$2H^+ + SiO_3^{2-} = H_2SiO_3$ Кремниевая кислота выпадает в виде студенистого осадка.

1.6. Растворение белков в воде и их коагуляция.

1.6.1. Растворение белков. Разбили куриное яйцо и отделили аккуратно белок от желтка. Белок поместили в колбу вместимостью 100 мл и залили холодной водой, размешивая стеклянной палочкой. Прибавили к раствору избыток кристаллического хлорида натрия до растворения хлопьев яичного глобулина. Отфильтровали раствор.

1.6.2. Разрушение коллоидных растворов. Коагуляция белков. [2]

Коагуляция — слипание частиц коллоида и выпадение в осадок. Вещества, вызывающие коагуляцию коллоидов, называются **коагулянтами**.

1.6.2.1. Действие солей тяжелых металлов. Налили в каждую пробирку по 1 мл раствора белка. Прилили в одну пробирку избыток раствора сульфата меди (II),

а в другую – ацетата свинца. Оставили пробирки на 2 минуты. Прилили избыток дистиллированной воды в каждую пробирку. Наблюдали образование белых осадков.

1.6.2.2. Взаимодействие раствора белка с гидроксидом меди (II) – биуретовая реакция. К 0,5 мл раствора яичного белка добавили 4 капли гидроксида натрия и 2 капли раствора сульфата меди (II). Раствор окрасился в фиолетовый цвет.



Рис.5. Опыт 1.6.2.2.

1.6.2.3. Взаимодействие раствора белка с азотной

кислотой – ксантопротеиновая реакция. В пробирку внесли 0,5 мл раствора яичного белка. Добавили 5 капель раствора азотной кислоты. Образовавшийся осадок нагрели. Осадок приобретает ярко-желтый цвет. При попадании на кожу концентрированная азотная кислота также вызывает появление желтых пятен.

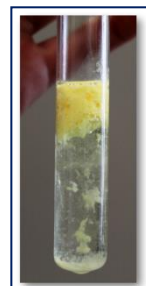


Рис.6. Опыт 1.6.2.3.

1.7. Гидролиз силикатного клея

В колбу на 1000 мл поместили несколько грамм силикатного клея, затем прилили дистиллированную воду и довели до метки. В результате гидролиза силиката натрия образуется нерастворимый гель кремниевой кислоты - коллоид. Вследствие гидролиза этот раствор имеет щелочную реакцию. Силикат натрия гидролизует по схеме:

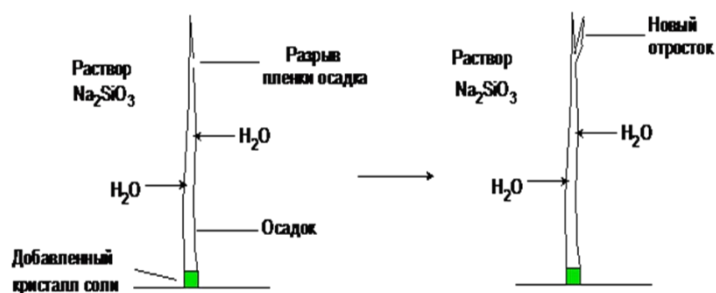
Первая ступень: $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{HOH} \leftrightarrow \text{NaHSiO}_3 + \text{NaOH}$

Вторая ступень: $\text{NaHSiO}_3 + \text{HOH} \leftrightarrow \text{H}_2\text{SiO}_3 + \text{NaOH}$



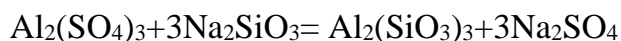
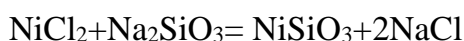
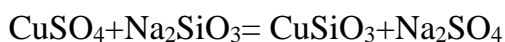
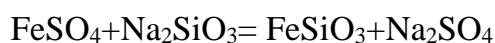
Рис.7. Опыт 1.7.

1.8. Коллоидный сад или «силикатные водоросли». В четыре пробирки налили по 5 мл силикатного клея, разбавив его водой в соотношении 1:1. В каждую пробирку добавили по 0,1 г солей меди, железа, никеля и алюминия. Наблюдали рост «химических водорослей», которые состоят из нерастворимых силикатов металлов и напоминают настоящие нитчатые водоросли. Цвет



водорослей зависит от металла. Через 30 минут в стакане появились «заросли», напоминающие водоросли. Из кристалла опущенной соли

вытягивается тоненькая полая трубочка, стенки которой состоят из образующегося осадка. Трубочка представляет собой полупроницаемую мембрану, через которую вода проникает во внутрь. Наблюдается осмос-одностороннее перемещение вещества через полупроницаемую мембрану. В результате этого в некоторых местах трубочка рвется. Вновь образуется осадок.



Из анализа наблюдений за ростом «химических водорослей» были получены следующие результаты. Соли, содержащие в качестве аниона Cl^- росли быстрее, чем соли содержащие SO_4^{2-} и NO_3^- (исключение соли никеля). Это объясняется тем, что растворимость хлоридов в воде выше, чем растворимость сульфатов и нитратов. Соли в порядке возрастания их скорости роста можно записать в ряд: $\text{Cl}^-, \text{NO}_3^-, \text{SO}_4^{2-}$.

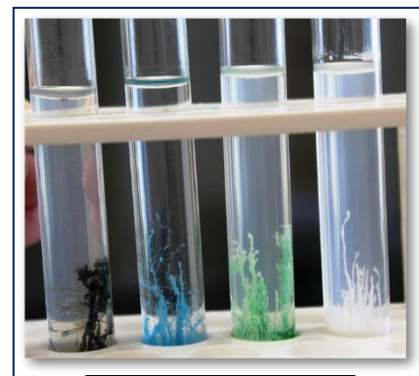


Рис.8. Опыт 1.8.

Заключение. Можно сказать, только одно, что без коллоидной химии нельзя представить повседневную жизнь человека. Сам человек это и есть коллоидная система. Множество процессов и реакций происходят за счет коллоидной химии. Мы думаем, что люди должны знать о коллоидных системах и уметь применять эти знания, так как от этого зависит жизнь будущих поколений [3].

- Коллоидные растворы — это физико-химические системы, содержащие нерастворимое измельчённое вещество, размеры частиц которого составляют от 1 до 500 нм.
- Коллоидный раствор можно определить с помощью эффекта Тиндаля.
- Разрушение коллоидных растворов связано с потерей зарядов коллоидными частицами, в результате они слипаются и выпадают в осадок. Происходит коагуляция коллоида. Коагулянтами могут быть растворы кислот, солей и т. д.
- Коллоиды окружают нас повсеместно. Однако они могут иметь как положительное, так и отрицательное значение.
- Природа в качестве носителя эволюции выбрала именно коллоидные системы. Коллоидные системы обеспечивают большую поверхность раздела между фазами, а это способствует лучшему протеканию обмена веществ.

Список использованных источников и литературы:

1. ПРАКТИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ ПО КОЛЛОИДНОЙ ХИМИИ. - В.В. Горбачук, В.А. Загуменнов, В.А. Сироткин, Д.А. Суслов, Е.В. Никитин. Казань – 2001
2. КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ. МИЦЕЛЛЯРНЫЕ РАСТВОРЫ. - Методические указания для выполнения лабораторных работ. Омск: Издательство ОмГТУ -2014
3. Зимон А. Д. Занимательная коллоидная химия. 4-е изд., доп. и пере-раб. —М.: Агар, 2002. — 168 с.
4. Б. Д.Сумм — 2-е изд., стер. -М.: Издательский центр «Академия», 2007. — 240 с.
5. Т. А. Савицкая, Д. А. Котиков. Коллоидная химия: вопросы, ответы и упражнения. – Минск: БГУ, 2009. – 140 с.
6. Габриелян О.С. Химия 11 класс. Учебник. М., Дрофа, 2005 г.
7. Глинка Общая химия. М., Наука, 1986 г.
8. https://www.etolen.com/index.php?option=com_content&view=article&id=7770:повседневные-чудеса-коллоидной-химии&catid=8&Itemid=101