

КОЛЛОИДНЫЕ ЧАСТИЦЫ (Colloid Nanoparticles)

*В погоне за открытjem он был слишком воспален,
И миг настал, когда нажал на крантик Кокильон.
И закричал безумный: «Да это же коллоид!
Не жидкость это, братцы, — коллоидальный газ!»
Вот так, блеснув в науке, как в небе астероид,
Простой безвестный гений безвременно угас.*

В. Высоцкий



Демонстрация эффекта Тиндаля

Взгляните на растворы, изображенные на рисунке. Внешне они кажутся практически одинаковыми – бесцветные и прозрачные. Впрочем, есть одно «но»: лазерный луч беспрепятственно проходит сквозь правый стакан, а в левом сильно рассеивается, оставляя красный след. В чем секрет?

В правом стакане – обычная вода, а вот в левом – коллоидный раствор серебра. В отличие от обычного или, как говорят химики, «истинного» раствора, коллоидный раствор содержит не молекулы или ионы растворенного вещества, а его мельчайшие частицы. Эти частицы настолько малы, что их невозможно увидеть невооруженным глазом и, более того, бывает сложно наблюдать даже с использованием новейших электронных микроскопов. Впрочем, даже мельчайшие частицы могут рассеивать свет. В физике это яв-

ление известно как «эффект Тиндаля». По этой же причине видны пылинки в солнечном луче, падающем через щель между занавесками в темную комнату. Правда, размеры и форму каждой частицы в растворе разглядеть не удастся, но все в целом они дают возможность проследить путь света.

То, что мы не сразу различили истинный раствор и коллоидный – неудивительно. Шотландский химик Томас Грэм (1805–1869), изучавший коллоидные растворы, долгое время называл их «псевдорасторами». Поскольку при выпаривании таких растворов, как правило, вместо кристаллов образуется аморфная масса, похожая на канцелярский клей, он и дал им название «коллоидных» (от греч. kolla – клей, kollodes – клейкий и eidos – вид). Кстати, каждый легко может купить концентрированную взвесь мельчайших частиц серебра в аптеке под названием «коллоидий», она обладает отличными бактерицидными свойствами.

Каким же должен быть размер частиц, чтобы их раствор можно было назвать «коллоидным»? В различных учебниках коллоидными предлагается считать частицы, размер которых составляет от 1 нм до 100 нм, от 1 нм до 200 нм, от 1 нм до 1 мкм... (рис. 1). Впрочем, классификация по размерам, как и любая другая, весьма условна. Частицы должны быть настолько малы, чтобы вследствие малой массы вклад силы тяжести в их поведение был сопоставим с броуновским движением. Таким образом, под действием силы тяжести частицы либо совсем не оседают (такие

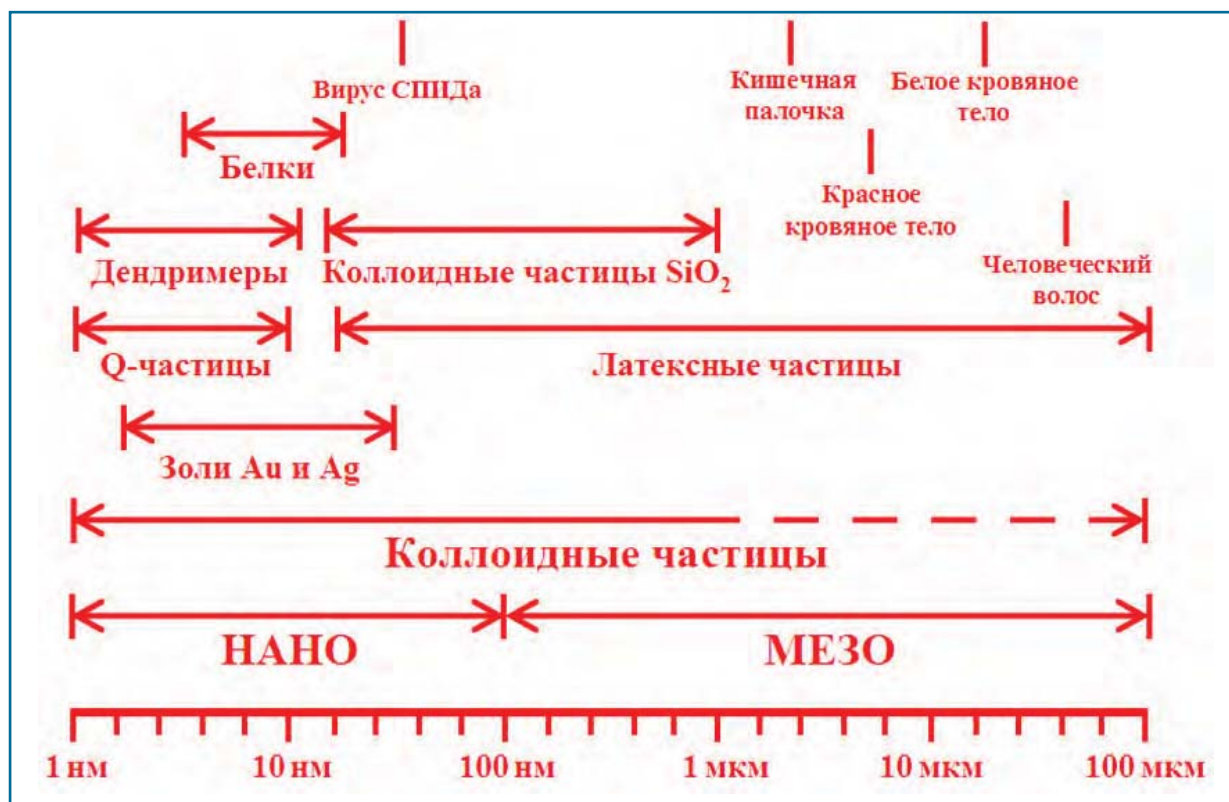


Рис. 1. Некоторые коллоидные системы и характеристические размеры распространенных биологических объектов. На данной диаграмме диапазон размеров коллоидных частиц существенно расширен за счет полимерных (латексных) частиц, обладающих низкой плотностью. Адаптировано на основе *Microscopy & Histology Catalog*, Polysciences, Warrington, PA 1993–1994

коллоидные растворы называют «стабильными»), либо оседают очень медленно (расслаивание происходит в течение дней или даже месяцев, что в большинстве случаев также позволяет работать с такими растворами как со стабильными). Уже отсюда понятно, что привязка к размерам условна – в случае тяжелых веществ (например, металлов) коллоидный раствор будет стабильным лишь тогда, когда размер частиц не будет превышать несколько нанометров, а для веществ с малой плотностью (например, полимеров) даже при размере частиц более ста нанометров раствор будет оставаться стабильным. Дисперсные среды, содержащие частицы настолько крупные, что они распределяются в диспергирующей среде при перемешивании, но быстро оседают, называются взвесями. Не менее важно отметить, что вне зависимости от размера частиц коллоидный раствор не будет стабильным, если частицы не несут электрический заряд. Одноименно заряженные частицы отталкиваются, и раствор

остается стабильным, тогда как если частицы не несут заряд, они быстро слипаются и оседают.

Коллоидные растворы окружают нас повсюду. В огромном количестве их можно увидеть на кухне – это растворы желатина, крахмала, яичного белка и даже кисель. Помимо продуктов питания, коллоидные частицы могут быть найдены в таких промышленных продуктах, как лакокрасочные изделия, бумага, канцелярские принадлежности, косметические товары, различные покрытия, фотопленки и др. Дым (например, дымовая завеса на поле боя) тоже образован коллоидными частицами, формирующими аэрозоли. Кстати, во время боевых действий в Афганистане использовали бомбы объемного взрыва – в воздух распылялась перекись ацетона, в которую выстреливали детонаторы. В результате это облако взрывалось, а взрывная волна (в 3–4 раза более сильная, чем при обычной детонации) уничтожала противника даже в окопах. Обычные кучерявые облака – это тоже коллоидная система, но состоящая из взвеси капелек воды в воздухе.

Все крема, мази и эмульсии – тоже коллоиды, в которых жидкие капли (или твердые частицы) распределены в жидкой среде. Еще один пример коллоидной системы – кварные зыбучие пески, состоящие из мельчайших частиц, «перемешанных» с воздухом. Это пример тиксотропного коллоида. Не менее важную роль коллоидные частицы играют в научных исследованиях.

Как видно из рисунка, размер различных коллоидных частиц полностью перекрывает весь нано- и мезодиапазон, что позволяет решать с их помощью самые разнообразные методологические задачи – от калибровки электронных микроскопов (см. *Сканирующая электронная микроскопия*) до изучения биологических объектов (см. *Бионанотехнологии* и *Оптический пинцет*).

Как уже отмечалось, во многих случаях размер коллоидных частиц не превышает 100 нм, а значит, их можно смело называть *наночастицами*. По этой причине многие выдающиеся нанотехнологические эксперименты современности

являются современными вариациями на тему коллоидной химии. Среди важнейших примеров коллоидных наночастиц, активно используемых в современных нанотехнологиях, – коллоидные частицы полупроводников A_2B_6 , обладающие яркой люминесценцией (см. *Квантовые точки*), магнитные коллоидные частицы (Fe/Pt, различные оксиды железа) для лечения раковых заболеваний методом магнитной гипертермии (см. *Наномедицина*), коллоидные частицы золота (см. *Плазмонный резонанс*) для медицинских применений, сферические коллоидные частицы на основе полистирола или оксида кремния для получения фотонных кристаллов и двумерных упорядоченных структур (см. *Фотонные кристаллы*, *Самоорганизованные системы* и *Наносферная литография*) и многие другие.

Литература:

1. Зимон А.Д. Занимательная коллоидная химия. М.: Агар, 2002. 168 с.