ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ХИМИИ

Лекция 6. Дисперсные системы. Свойства коллоидных растворов.

1. Молекулярно-кинетические свойства коллоидных растворов.
2. Оптические свойства коллоидных растворов.
3. Дисперсные системы организма

Молекулярно-кинетические свойства обусловлены хаотическим тепловым движением частиц (броуновское движение, диффузия, осмос, седиментация).

Броуновское движение – беспрерывное, хаотичное движение частиц. Его интенсивность зависит от размера частиц, вязкости среды, температуры и др. факторов.

Диффузия – процесс самопроизвольного выравнивания концентрации диспергированного вещества под влиянием теплового хаотичного движения частиц. Скорость диффузии коллоидных частиц (из-за больших размеров) во много раз меньше скорости диффузии молекул и ионов низкомолекулярных веществ. Поэтому по скорости диффузии можно определить радиус и степень дисперсности коллоидных частиц.

Осмотическое давление (π) определяется законом Вант-Гоффа:

$$\boldsymbol{\pi = K_Б\, C_\nu\, T} \quad [\text{Па}],$$

где $К_Б$ - константа Больцмана.

$К_Б = 1{,}38\ 10^{-23}$ [Дж $К^{-1}$]

C_ν -частичная концентрация частиц золя [$м^{-3}$];

Т - абсолютная температура [К].

Осмотическое давление коллоидных растворов имеет две особенности:

- является низким (из-за больших размеров частиц и низкой концентрации);

- непостоянно (из-за агрегации коллоидных частиц).

Седиментацией называется оседание коллоидных частиц под действием сил разной природы (гравитационной, центростремительной и др.).

Состояние системы, при котором сила тяжести и сила диффузии уравновешивают друг друга называется седиментационным равновесием.

Седиментационное равновесие характеризуется уравнением Лапласа:

$$\mathbf{\ln n_0 / n_h = N_A\ m\ g\ h / RT},$$ где

n_0 – общее число коллоидных частиц;

n_h - число коллоидных частиц на высоте h;

N_A - постоянная Авогадро. $N_A = 6{,}02\ 10^{23}$ моль$^{-1}$;

m – масса частиц [кг];

g – ускорение свободного падения. g = 9,8 м с$^{-2}$;

h – высота [м];

R – универсальная газовая постоянная. R = 8,314 Дж моль$^{-1}$К$^{-1}$;

Т - абсолютная температура [К].

Из уравнения следует, что с увеличением высоты концентрация коллоидных частиц уменьшается, причем наиболее выражена эта зависимость для более тяжелых частиц.

Способность дисперсной системы сохранять равномерное распределение частиц по всему объему называется **седиментационной или кинетической устойчивостью.**

Седиментационное равновесие можно нарушить, например, центрифугированием.

Оптические свойства коллоидных растворов. Для коллоидных растворов диаметр частиц примерно равен длине волны падающего света. В этом случае преобладает дифракционное рассеяние света, так как каждая коллоидная частица становится вторичным источником света.

При боковом освещении коллоидного раствора образуется светящийся конус, получивший название конуса Тиндаля-Фарадея.

Математически рассеяние света выражают уравнением Рэлея:

$$\mathbf{I = I_0\, k\, C_\nu\, V^2 / \lambda^4},$$ где

I - интенсивность рассеяного света [Вт $м^{-2}$];

I_0 - интенсивность падающего света[Вт $м^{-2}$];

C_ν - частичная концентрация коллоидных частиц [$м^{-3}$];

V – объем одной коллоидной частицы [$м^3$];

λ – длина волны падающего света [м];

k – константа, зависящая от показателей преломления ДС и ДФ.

2. Оптические свойства коллоидных растворов

Из уравнения Рэлея следует, что интенсивность светорассеяния обратно пропорциональна длине волны. Таким образом, лучше рассеивается коротковолновая часть спектра (синяя и фиолетовая), хуже – длинноволновая (оранжево-красная).

Визуально наблюдают ***опалесценцию*** – окраска коллоидных растворов в рассеянном свете (при рассмотрении сбоку) и в проходящем свете неодинакова.

Конус Тиндаля при рассмотрении сбоку имеет голубой оттенок, на просвет – красный.

2. Оптические свойства коллоидных растворов

Оптические явления лежат в основе методов изучения дисперсных систем – нефелометрии и ультрамикроскопии.

Нефелометрия – метод, используемый для изучения дисперсных систем по интенсивности рассеянного света, которая прямо пропорциональна частичной концентрации коллоидных частиц.

2. Оптические свойства коллоидных растворов

Коллоидные частицы видны только в ультрамикроскоп (прибор, позволяющий наблюдать отсветы частиц на темном фоне при боковом освещении). С помощью этого прибора были экспериментально подтверждены броуновское движение, определено число Авогадро.

- Один из основателей российской школы коллоидной химии И.И. Жуков в свое время произнес афористическую фразу: «Человек – это ходячий коллоид».
- Действительно, в любом животном или растительном организме представлены практически все коллоидные дисперсные системы: как лиофильные, так и лиофобные, связаннодисперсные и свободнодисперсные.

- К <u>лиофильным</u> относятся системы, содержащие белки, полисахариды, нуклеиновые кислоты. В организме эти биополимеры находятся или в виде связаннодисперсных систем, или в виде истинных растворов. Примерами связаннодисперсных систем такого типа являются цитоплазма, вещество мозга, водянистое содержимое глазного яблока и др. органы. Белки в виде растворов входят в состав крови, лимфы, спинномозговой жидкости.

- В состав <u>лиофобных</u> дисперсных систем входят труднорастворимые фосфат и карбонат кальция, соли мочевой кислоты, холестерин, билирубин, жиры, липиды.

- Неорганические фосфаты участвуют в образовании аденозинтрифосфата, костного матрикса, неорганического вещества зубов. Холестерин образует сложные эфиры, входящие в липидную часть клеточных мембран, является предшественником стероидных гормонов, витамина D_3 и желчных кислот. Клеточные мембраны, оболочки нервных волокон образуются из коллоидных ПАВ – фосфолипидов, которые существуют в виде мицеллярных дисперсных систем.

- Наиболее широко коллоидные системы представлены в сложнейшей биологичской системе организма – крови. Наряду с истинными молекулярными растворами сахаров, электролитов, аминокислот, высокомолекулярных соединений – белков, различных гормонов и других биорегуляторов в крови находятся и ультрамикрогетерогенные системы – золи фосфатов кальция, холестерина, билирубина, уратов, жиров, фосфолипидов.

Кроме того, в составе крови представлены и газовые эмульсии кислорода, азота и диоксида углерода.

Таким образом, цельную кровь можно рассматривать как дисперсную систему, в которой форменные элементы: эритроциты, лейкоциты, тромбоциты составляют ДФ, а плазма является ДСр.

Эритроциты достаточно крупные частицы. В норме они седиментируют с определенной скоростью (СОЭ). При патологиях биохимический состав крови меняется. Эритроциты сорбируют крупные молекулы белков, их масса увеличивается и поэтому СОЭ возрастает.

Кроме того, другие биологические жидкости организма – спинномозговая жидкость, лимфа, слюна и др. – это сложные растворы, содержащие ионы электролитов, коллоидные частицы и макромолекулы ВМВ.

3. Дисперсные системы организма

Задания по теме «Дисперсные системы»

- Золь сульфата бария получен добавлением 8 мл водного раствора $BaCl_2$ с концентрацией 0,05 моль/л к 10 мл раствора Na_2SO_4 с концентрацией 0,02 моль/л. Схематически изобразите строение мицеллы полученного золя, укажите какие ионы будут входить в плотный адсорбционный, а какие – в диффузный слой. Какой заряд гранулы полученного золя?

Задания по теме «Дисперсные системы»

- Частицы золя берлинской лазури $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ перемещаются при электрофорезе к положительно заряженному электроду. Предложите методику приготовления такого золя из хлорида железа (III) и гексацианоферрата (II) $K_4[Fe(CN)_6]$ и изобразите строение его мицеллы.