

Лекция №6 Оптические свойства коллоидных систем

Учение об оптических свойствах ультра- и микрогетерогенных систем является одним из основных разделов коллоидной химии. С помощью ультрамикроскопических наблюдений коллоидных систем удалось проверить основные молекулярно-кинетические представления, долгое время носившие гипотетический характер. Изучение оптических свойств способствовало количественному истолкованию таких процессов как диффузия, броуновское движение, седиментация и коагуляция. Учение об оптических свойствах коллоидных систем имеет важное практическое значение. В связи с достижениями в этой области созданы оптические методы установления качества продуктов нефтяной и пищевой промышленности.

При падении луча света на коллоидную систему возможны следующие явления:

1. прохождение света через систему;
2. преломление света частицами дисперсной фазы;
3. отражение света частицами дисперсной фазы;
4. рассеяние света (это явление проявляется в виде опалесценции);
5. абсорбция света (поглощение света дисперсной фазой с превращением световой энергии в тепловую).

Прохождение света характерно для неокрашенных систем молекулярной или ионной степени дисперсности (газы, истинные растворы, большинство индивидуальных жидкостей, стекла, кристаллы).

Преломление и отражение света характерно для микрогетерогенных систем. Если взять крупную частицу, диаметр которой больше половины длины световой волны, происходит преломление (для оптически прозрачных веществ) или отражение света (для оптически непрозрачных веществ) частицами дисперсной фазы.

Рассеивание света дисперсными системами. Эффект Тиндаля. Уравнение Рэлея, его анализ. Опалесценция.

Если диаметр частички меньше половины длины волны падающего на нее света, то отражение не происходит, а происходит рассеяние - наблюдается дифракция света, т.е. огибание световой волной стоящей на пути частицы (опалесценция). Опалесценция не исключает возможности абсорбции света частицами. **В случае рассеяния света мы видим вместо геометрической формы частицы только светящуюся точку, частица как бы сама становится источником света.**

Впервые опалесценция золя золота была исследована в 1857 году Фарадеем. В 1868 году исследования опалесценции проводил Тиндаль. Он показал, что **при прохождении яркого пучка лучей света через газообразную или жидкую среду, в которой взвешены мельчайшие частицы, путь его виден при наблюдении сбоку на темном фоне в виде опалесцирующей полосы.** Это явление получило название эффекта Тиндаля (иногда называют конус Тиндаля).

Эффект арактерен для растворов коллоидных систем (например, золь металлов, разбавленных латексов, табачного дыма), в которых частицы и окружающая их среда различаются по показателю преломления. На эффекте Тиндаля основан ряд оптических методов определения размеров, формы и концентрации коллоидных частиц и макромолекул.

Демонстрация эффекта Тиндаля

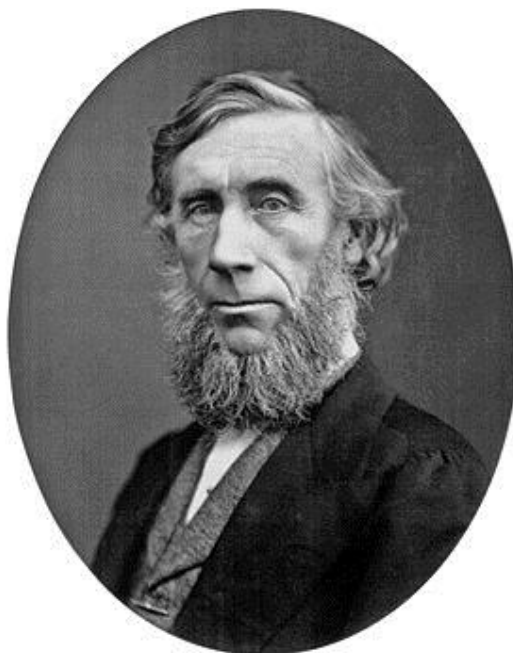
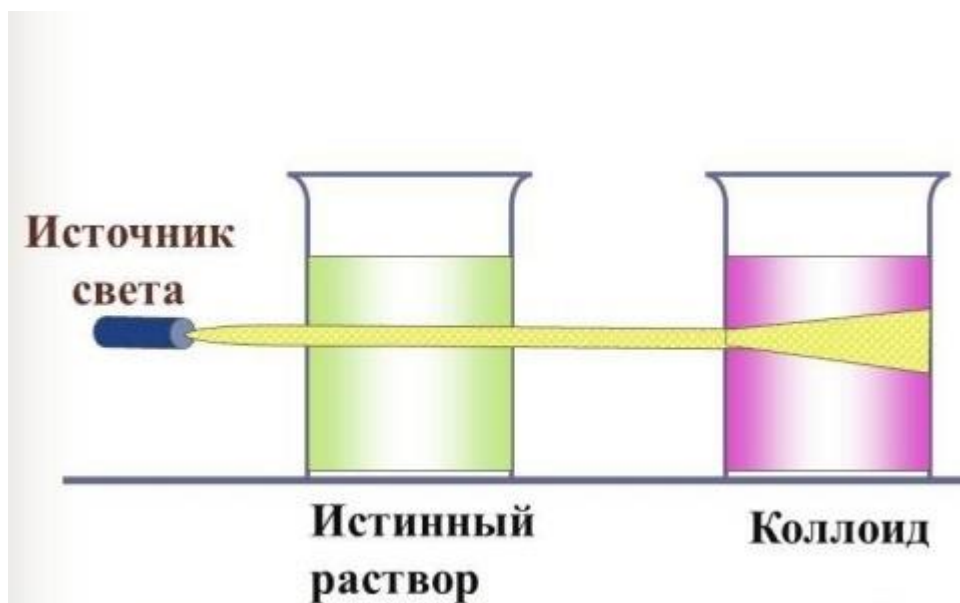
В жидкостях эффект Тиндаля можно легко увидеть с помощью лазерной указки. Если вы разбавляете молоко до почти прозрачного состояния или если у вас есть золь любого типа, например, коллоидное серебро, то луч лазера можно легко увидеть, когда он проходит через жидкость.



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 невоз-

можно увидеть невооруженным глазом и, более того, бывает сложно наблюдать даже с использованием новейших электронных микроскопов. Впрочем, даже мельчайшие частицы могут рассеивать свет. Размеры и форму каждой частицы в растворе разглядеть не удастся, но все в целом они дают возможность проследить путь света.



Джон Тиндаль (англ. *John Tyndall*) английский физик.. Основные труды по магнетизму, акустике, поглощению теплового излучения газами и парами, рассеянию света в мутных средах

Теория рассеяния света была дана Рэлеем и развита Ми и Гансом для металлических и несферических частиц.

Рэлей дает следующее уравнение, связывающее интенсивность падающего света I_0 с интенсивностью рассеянного света I_p , рассеиваемого единицей объема системы:

$$I_p = 24\pi^3 \left(\frac{n_1^2 - n_2^2}{n_1^2 + 2n_2^2} \right)^2 \frac{vV^2}{\lambda^4} I_0 \sin^2 \alpha, \quad (1)$$

где n_1, n_2 - показатели преломления дисперсной фазы и дисперсионной среды;

v - частичная концентрация;

V - объем частицы;

λ - длина световой волны.

Уравнение выведено при следующих допущениях:

- 1) частицы имеют сферическую форму и не проводят электрический ток;
- 2) размер частиц не должен быть более 1/10 от λ (40-50 мкм); при увеличении размера частиц показатель степени λ уменьшается; при очень больших размерах показатель степени превращается в нуль и светорассеивание переходит в отражение света;
- 3) большое расстояние между частицами (разбавленная система). При больших концентрациях возникает многократное рассеивание и прямая зависимость между I_p/I_0 и концентрацией нарушается.

Анализ уравнения Рэля

- 1) Интенсивность рассеянного света в соответствии с уравнением Рэля (1) зависит от угла между направлением наблюдения и падения света (α):

$$I_p = f(\sin^2 \alpha)$$

Если $\alpha = 0^\circ$, то $I_p = 0$. Если $\alpha = 90^\circ$, то $I_p = I_{\max}$.

2) $I_p = f(V^2)$

Это означает, что для сферических частиц опалесценция пропорциональна радиусу в шестой степени (r^6). Зависимость I_p от размера частиц показана на рис.1

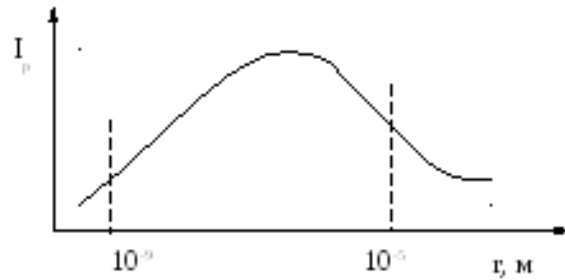


Рис. 1 - Зависимость интенсивности рассеянного света I_p от радиуса частиц (r) дисперсной фазы.

Кривая имеет вид параболы. Максимум рассеянного света приходится на коллоидную степень дисперсности (1 - 100 нм). При уменьшении радиуса рассеяние света уменьшается в соответствии с уравнением Рэля. **Отсутствие опалесценции наступает для растворов молекулярной степени дисперсности.** Уменьшение рассеяния после максимума кривой наступает в связи с тем, что рассеяние переходит для частиц более 100 нм в отражение.

3) $I_p = f(1/\lambda^4)$

Человеческий глаз видит электромагнитные колебания только с длиной волны 400 - 700 нм. Это синий ... красные цвета. В соответствии с уравнением Рэля больше рассеивается свет с длиной волны 400 нм (синий цвет), а не длиной 700 нм (красный цвет). **Бесцветные коллоидные системы под действием белого света при боковом освещении обнаруживают синеватую окраску. Наоборот, в проходящем свете эти системы окрашены в красноватый цвет.**

!!! Преимущественное рассеяние света с малой длиной волны объясняется цвет неба и морской воды.

4) $I_p = f\left(\frac{n_1^2 - n_2^2}{n_1^2 + 2n_2^2}\right)^2$

Такая зависимость обуславливает максимальное рассеяние света при значительных различиях показателей преломления фазы и среды. Если показатели преломления равны, то рассеяние света не происходит. Примером эмульсий не рассеивающих свет является эмульсия глицерина в четыреххлористом углероде. Показатели преломления в этой дисперсной системе равны и поэтому она не рассеивает свет.

5) $I_p = f(v)$

Поскольку $v V = c$ (концентрации), то это зависимость $I_p = f(c V)$ позволяет использовать уравнение Рэлея для определения концентрации и размеров частиц золь.

Применение уравнения Рэлея к определению концентрации и размеров частиц золь

Если учесть, что

$$a) v V = c_{об},$$

где $c_{об}$ - объемная концентрация;

$$б) K = 24\pi^3 \left(\frac{n_1^2 - n_2^2}{n_1^2 + 2n_2^2} \right)^2 \frac{1}{\lambda^4}; \quad (2)$$

в) в фотокolorиметрах, в которых исследуется рассеяние света, всегда $\alpha = 90^\circ$ ($\sin^2 \alpha = 1$), то запишем:

$$V c_{об} = \frac{1}{K} \frac{I_p}{I_0}. \quad (3)$$

На измерительной шкале электрофотокolorиметра верхняя шкала соответствует выражению

$$\tau = \frac{I_p}{I_0} \cdot 100,$$

где τ - коэффициент светопропускания.

Уравнение (3) позволяет определить концентрацию частиц золь при $V = const$:

$$\frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{c_1}{c_2}. \quad (4)$$

Это же уравнение (3) в форме:

$$V = \frac{1}{k} \frac{\tau}{c_{об}} \quad (5)$$

используется для определения объема частиц V и для сферических частиц из уравнения $V = 4/3\pi r^3$ определить радиус частиц. Для этого измеряется τ для золь с разной $c_{об}$. Расчет V и r проводится для значений $\tau/c_{об}$ при $c_{об} = 0$ (или $c_{об} \rightarrow 0$).

Отличие опалесценции от флуоресценции

Явление опалесценции коллоидных растворов по внешнему виду сходно с явлением **флуоресценции**, которое обнаруживают молекулярно растворенные вещества. При опалесценции и флуоресценции пучок света обнаруживается в виде яркой полосы. Но это только внешнее сходство. **Флуоресценция - это внутримолекулярный процесс, состоящий в том, что молекулы флуоресцирующего вещества селективно поглощают свет определенной длины волны.** Причем флуоресценция поглощается только лучами определенной для данного вещества частоты спектра. Между длиной падающего света $\lambda_{\text{пад}}$ и длиной света опалесценции $\lambda_{\text{оп}}$ и флуоресценции $\lambda_{\text{фл}}$ существует зависимость:

$$\lambda_{\text{пад}} = \lambda_{\text{оп}}, \lambda_{\text{пад}} < \lambda_{\text{фл}}. \quad (6)$$

Абсорбция света. Закон Ламберта - Бугера - Беера

Абсорбция света - явление индивидуальное для каждого вещества. Индивидуально оно потому, что зависит от индивидуальных химических свойств данного вещества, кроме того, оно селективно. Селективность заключается в то, что всякое вещество поглощает только определенную часть спектра электромагнитного излучения. Для молекулярных растворов абсорбция света подчиняется закону Ламберта - Бугера - Беера, которое связывает интенсивность прошедшего света I с интенсивностью падающего света I_0 , с концентрацией c и толщиной раствора h :

$$I = I_0 e^{-kch}, \quad (7)$$

где k - молярный коэффициент поглощения.

Для коллоидных растворов необходимо учитывать опалесценцию. Этот учет сводится к введению в уравнение абсорбции коэффициента ϵ , который в отличие от молярного коэффициента поглощения называется коэффициентом фиктивной абсорбции:

$$I = I_0 e^{-(k+\epsilon)ch} \quad (8)$$

Десятичный логарифм отношения интенсивности падающего света через раствор света к интенсивности прошедшего называется оптической плотностью D или экстинцией: $\lg(I/I_0) = D$.

Поскольку для неокрашенных растворов поглощением света можно пренебречь, то для них можно написать:

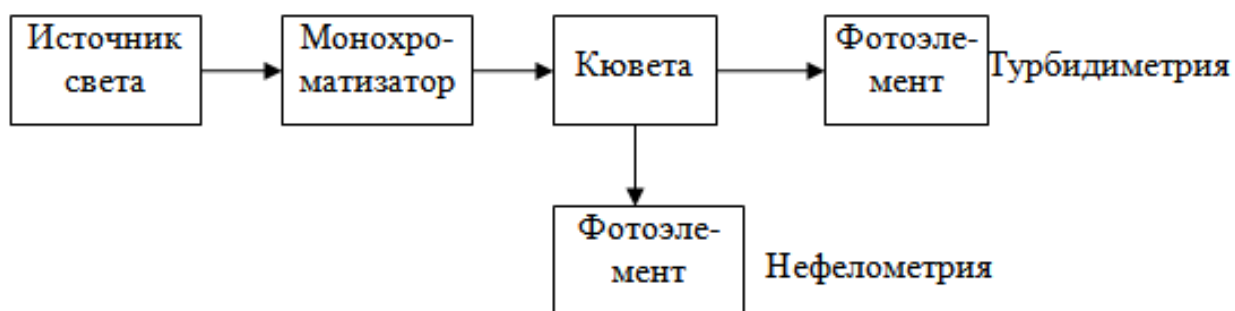
$$2,3 D = -\epsilon ch \quad (9)$$

Уравнение (9) позволяет определять концентрации зелей. Для этого строят калибровочный график зависимости $D = f(c)$. Концентрация зелей неизвестной концентрации определяется по этому графику с использованием установленного значения оптической плотности D .

Оптические методы исследования коллоидных систем.

Нефелометрический и турбидиметрический анализ

В нефелометрическом и турбидиметрическом анализе используется явление рассеяния света твердыми частицами, находящимися в растворе во взвешенном состоянии.



Пробу освещают потоком света с интенсивностью I_0 , а затем измеряют интенсивность прошедшего излучения I_t или определяют интенсивность излучения, рассеянного под определенным углом (например, I_{90} при 90°).

Метод, в котором используют интенсивность прошедшего света I_t , называют *турбидиметрией*, а метод с измерением под углом 90° (или каким-либо другим) – *нефелометрией*.

При турбидиметрических измерениях величина, называемая *мутностью*, соответствует оптической плотности и может быть определена из соотношения, аналогичного основному закону светопоглощения:

$$S = \lg(I_0/I) = k b N,$$

где S – мутность; k – коэффициент пропорциональности, называемый *коэффициентом мутности*; b – длина пути; N – число рассеивающих частиц в единице объема.

Для турбидиметрических измерений можно использовать любой фотометр или спектрофотометр. Если растворитель и рассеивающие частицы бесцветны, максимальная чувствительность достигается при использовании излучения голубой или ближней ультрафиолетовой области. Для окрашенных систем оптимальную длину волны необходимо подбирать экспериментально.

Используемое в нефелометрии расчетное соотношение следующее:

$$I = K_a c I_0,$$

где K_a – эмпирическая константа системы (a – угол, под которым проводят измерения); c – концентрация.

Применение методов, основанных на измерении рассеяния света, достаточно ограничено, прежде всего потому, что на измеряемый сигнал сильно вли-

яет размер частиц. Поэтому необходимо строгое соблюдение идентичности условий построения градуировочного графика и анализа исследуемого раствора.

ТУРБИДИМЕТРИЯ	НЕФЕЛОМЕТРИЯ
<p>Мутность – аналог поглощения</p> $S = \lg I_0/I = k b N$ <p>N – число рассеивающих частиц в единице объема; k – коэффициент мутности; b – длина пути. Максимальная чувствительность – голубой или ближний УФ свет.</p>	<p>Интенсивность рассеянного света</p> $I_{рас} = k_{\alpha} I_0 C;$ <p>k_{α} - коэффициент пропорциональности для угла наблюдения α.</p>

Конструкции и принцип действия приборов

ТУРБИДИМЕТРИЯ

Фотометр или фотоэлектроколориметр

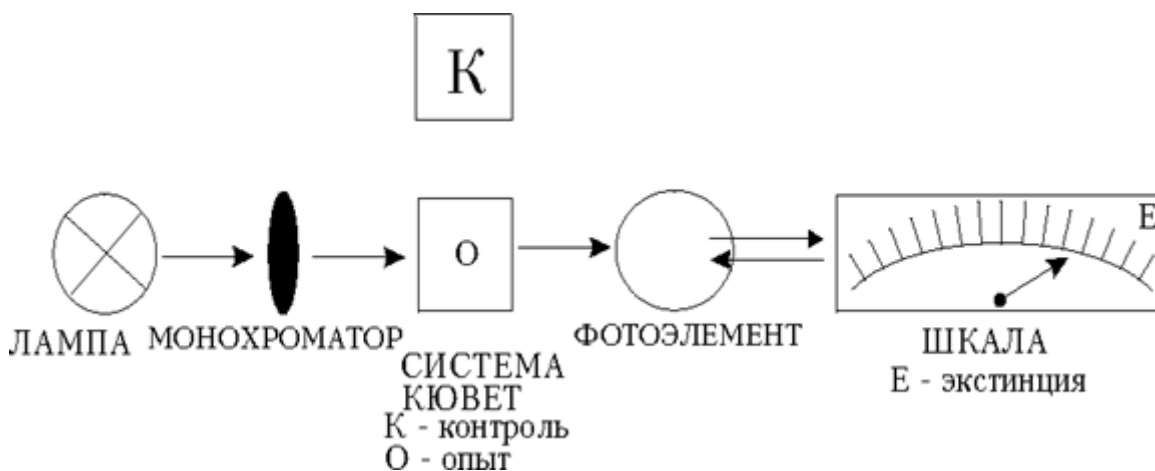


Рис. 2 – Схема фотоэлектроколориметра ФЭК

Фотоэлектроколориметр ФЭК служит для определения концентраций окрашенных растворов по поглощению света этими растворами. Принципиальная схема однолучевого фотоэлектроколориметра:

Луч света от источника проходит через светофильтр-монокроматор. Полученный монокроматический свет проходит через кювету с раствором. Кюветы – сосуды, в которые помещают анализируемый раствор и раствор сравнения. Они представляют собой прямоугольные сосуды с определённым расстоянием между стенками. Для аналитических измерений важен не общий объём раствора, помещённого в кювету, а толщина слоя раствора, которая определяется расстоянием между передней и задней стенками. Кюветы изготавливают из стекла, пропускающего все лучи видимого спектра. Для анализа в ультрафиолетовой области спектра применяют кюветы из кварца, пропускающего не только видимые, но и ультрафиолетовые лучи.

Прошедший через раствор свет, попадает на фотоэлемент, который преобразует энергию световой волны в электрический ток. Сигнал усиливается и поступает на измерительный элемент, где находятся две шкалы. На нижней шкале нанесены значения оптической плотности раствора, а на верхней – коэффициента пропускания в процентах.

Принцип измерения коэффициента пропускания и оптической плотности состоит в том, что на фотоприёмник направляют поочерёдно световые потоки – полный и прошедший через анализируемый раствор. Вначале в световой поток помещают кювету с раствором сравнения (растворитель или дистиллированная вода). Изменением чувствительности фотоэлектроколориметра добиваются, чтобы отсчёт по шкале коэффициентов пропускания был равен 100 делениям (или был равен нулю по шкале оптической плотности). Таким образом, полный световой поток условно принимается за 100%. Затем в световой поток помещают кювету с исследуемым раствором. Вследствие поглощения света раствором световой поток ослабляется, и стрелка гальванометра отклоняется от нуля. По показаниям стрелки на шкале определяют значение оптической плотности или коэффициента пропускания исследуемого раствора.

НЕФЕЛОМЕТРИЯ (от греч. *nephelē* — облако и *metreo* — измеряю * а. *nephelometry*; н. *Nephelometrie*; ф. *nephelometric*; и. *nefelometria*) — метод исследования и анализа веществ, основанный на измерении интенсивности светового потока, рассеянного взвешенными частицами определяемого вещества.

Интенсивность рассеянного светового потока, определяемая по закону Рэлея, зависит от многих факторов, в т.ч. от количества и объёма частиц в анализируемой пробе. Большое значение при нефелометрии имеет объём частиц, рассеивающих свет. Поэтому при аналитическом определении обязательны одинаковый порядок сливания реагентов, как при приготовлении стандартного раствора сравнения, так и при подготовке раствора пробы. Важнейшие требования к реакциям, используемым при нефелометрии: продукт реакции должен быть практически нерастворим и находиться не в виде осадка, а в виде взвеси (суспензии). Для удержания твёрдых частиц во взвешенном состоянии, т.е. для сохранения высокой первичной дисперсности, применяют стабилизаторы (например, желатин), которые предотвращают коагуляцию частиц.

Нефелометрию используют также для определения размеров и формы диспергированных частиц, молекулярной массы полимеров, изучения коагуляции.

Для измерения интенсивности рассеянного света используют специальные приборы — **нефелометры**, действие которых основано на уравнивании двух световых потоков: одного от рассеивающей взвеси, другого от матового или молочного стеклянного рассеивателя прибора.

УЛЬТРАМИКРОСКОПИЯ

Коллоидные растворы, частички которых меньше $\frac{1}{2} \lambda$, опалесцируют и это явление Зидентопф и Зигмонди использовали для рассмотрения частиц в ультрамикроскопе. При использовании обычного для человеческого глаза света (400 - 700 мкм) наименьшие видимые частицы 0,2 мк, т.е. коллоидные частицы в обычный микроскоп не видимы. В ультрамикроскоп мы видим их в виде светящихся точек. При чем согласно закону Рэля наилучшие условия наблюдения под углом 90° к лучу зрения. Это реализовано в ультрамикроскопе. В поле зрения ультрамикроскопа на темном фоне видны светящиеся частицы. Принципиальная схема ультрамикроскопа представлена на рис. 3.

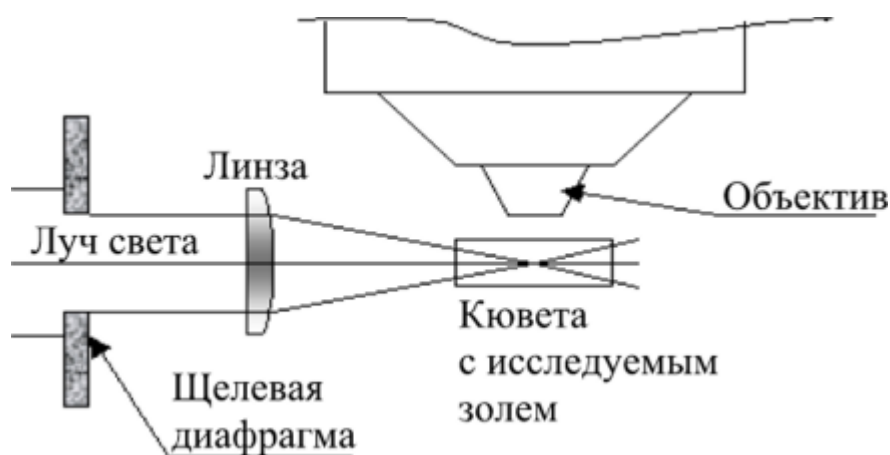


Рис. 3 - Принципиальная схема микроскопа

Метод разработан Р. Зигмонди и Г. Зидентопфом (1903), создавшими первый щелевой ультрамикроскоп.

Содержащая изучаемое вещество кювета освещается (с помощью системы источник света - конденсор или линза - осветит. объектив) через прямоугольную щель, изображение которой проецируется в зону наблюдения. В окуляр микроскопа видны светящиеся точки, находящиеся в плоскости изображения щели.



Рихард Адольф Зигмонди (Жигмонди, нем. *Richard Adolf Zsigmondy*; 1 апреля 1865, Вена — 23 сентября 1929, Гёттинген) — австро-венгерский, а затем немецкий химик, лауреат Нобелевской премии по химии в 1925 году «за установление гетерогенной природы коллоидных растворов и за разработанные в этой связи методы, имеющие фундаментальное значение в современной коллоидной химии, так как все проявления органической жизни в конечном счете связаны с коллоидной средой протоплазмы».



Генри Фридрих Вильгельм Зидентопф (1872—1940) — немецкий физик.

В 1896 г. получил степень доктора философии в Гёттингенском университете. С 1899 г. работал в оптических мастерских Цейсса (в 1907—1938 гг. — директор лаборатории микроскопии), с 1918 г. — также профессор Йенского университета.

Научные исследования посвящены главным образом микроскопии. Совместно с Р.Зигмонди изобрёл в 1903 г. щелевой ультрамикроскоп. Сконструировал капиллярный микроскоп. Является пионером ультрамикроскопии и микрофотографии.

Это интересно!!!

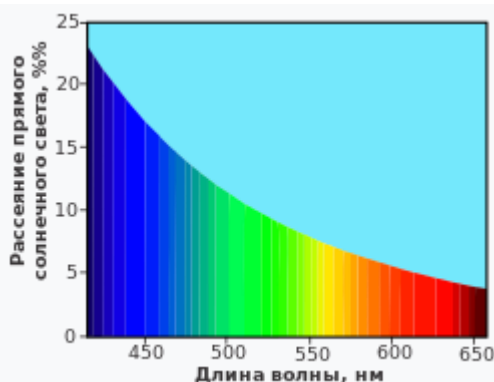
Коллоидные растворы вокруг нас

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 кучевые облака — это тоже коллоидная система, но состоящая из взвеси капелек воды в воздухе. Все кремы, мази и эмульсии — тоже коллоиды, в которых жидкие капли (или твердые частицы) распределены в жидкой среде.

Тиксотропные коллоиды

Еще один пример коллоидной системы — коварные 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 рис.1 размер различных коллоидных частиц полностью перекрывает весь *нано- и мезодианазон*, что позволяет решать с их помощью самые разнообразные методологические задачи — от калибровки электронных микроскопов до изучения биологических объектов. 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.

Объяснение цвета неба



Отношение интенсивности рассеяния солнечного света атмосферой для различных длин волн

Рэлеевским рассеянием солнечного света на неоднородностях атмосферы (флуктуационные неоднородности плотности воздуха) объясняется голубой цвет

неба. Лучи Солнца рассеиваются в каждой точке атмосферы — и больше рассеивается коротковолновый свет. Глаз видит все рассеиваемые волны — от красного (длинноволнового), до фиолетового (коротковолнового). На фиолетовом коротковолновом краю оптического спектра идёт нарастание. Поэтому интегральная картинка воспринимается глазом как голубой цвет, отодвинутая от фиолетового края, но тяготеющая именно к этой стороне спектра.

На закате же при малых углах Солнца относительно линии горизонта наблюдаются иные явления. Если в точке неба вдалеке от Солнца наблюдатель видит всё тот же голубой цвет, то вблизи Солнца — красный. Дело в том, что в любой точке неба вдалеке от Солнца наблюдатель по-прежнему видит рассеянный, то есть коротковолновый (интегральный голубой) свет. А на малых углах рассеяния, где больше прямых лучей Солнца, до наблюдателя гораздо больше доходит длинноволновый, то есть красный цвет. Это объясняется тем, что, по сравнению с положением Солнца в кульминации, свет проходит в несколько раз большую толщину атмосферы, и от фиолетового света не остаётся практически ничего

Повторим еще раз

Опалесценция – свойство дисперсной системы, которое заключается в наблюдаемом переливчатом (голубоватом или желтоватом) свечении высокодисперсной системы, особенно хорошо видное при боковом освещении на темном фоне. *Окраска бесцветных дисперсных систем зависит от угла их освещения*

Рэлеевское рассеяние – рассеяние света без изменения длины волны (называемое также *упругим рассеянием*) на частицах, неоднородностях или других объектах, когда частота рассеиваемого света существенно меньше собственной частоты рассеивающего объекта или системы. Эквивалентная формулировка – рассеяние света на объектах, размеры которых меньше его длины волны.

Выводы:

1. При уменьшении размера частиц опалесценция резко уменьшается (в 3-ей степени), поэтому при облучении истинных растворов опалесценция не наблюдается. Однако она будет наблюдаться, если для облучения будут использованы излучения с малой длиной волны (например, рентгеновское).
2. Для частиц данного размера мутность I_p/I_0 прямо пропорциональна концентрации частиц коллоидной системы. Это позволяет определять концентрацию по мутности раствора.
3. При облучении бесцветных коллоидных систем белым светом рассеиваются главным образом короткие волны (синие), т.к. I_p обратно пропорцио-

нально λ^4 . Поэтому при боковом освещении бесцветные коллоидные системы имеют синеватую окраску, а в проходящем свете – красноватую (дополнительный к синему цвет).



Джон Уильям Стретт, третий барон Рэлей (англ. *John Strutt, 3rd Baron Rayleigh*; 12 ноября 1842 — 30 июня 1919), более известный как лорд Рэйли (*Рэлей*) — британский физик и механик, открывший (с Уильямом Рамзаем) газ аргон и получивший за это Нобелевскую премию по физике в 1904 году. Открыл также явление, ныне называемое рассеянием Рэля, и предсказал существование поверхностных волн, которые также называются волнами Рэля.

Тест для самоконтроля знаний «Молекулярно-кинетические и оптические свойства дисперсных систем»

1. Все молекулярно-кинетические свойства коллоидных систем являются следствием...

А) Броуновского движения. Б) Кинетической теории газов. В) Теплового движения частиц. Г) Основных законов термодинамики.

2. Установите соответствие:

	Молекулярно-кинетическое свойство коллоидной системы	Сущность этого свойства
А	Диффузия	Самопроизвольное отклонение плотности или концентрации от среднего равновесного значения в микрообъемах системы
Б	Флуктуация	Самопроизвольный процесс переноса молекул дисперсионной среды через полупро-

		нищаемую мембрану
В	Осмоз	Явление неравномерного распределения электролита по обе стороны полупроницаемой мембраны под влиянием коллоидного электролита
Г	Мембранное равновесие Доннана	Самопроизвольный процесс выравнивания концентрации частиц за счет их броуновского движения

3. Какие оптические явления не присущи коллоидным растворам?

А) Опалесценция. Б) Флюоресценция. В) Люминисценция. Г) Полихромия.

4. Как отличить истинный раствор от коллоидного?

А) По окраске. Б) По эффекту Фарадея – Тиндаля. В) Визуально. Г) По размеру растворенных частиц.

5. Какие золи называются «белыми»?

А) Мутноватые. Б) Имеющие голубоватый цвет сбоку и красноватый на про-свет. В) Бесцветные. Г) Не поглощающие свет.

6. Чем отличаются частички красного золя золота от синего?

А) Формой. Б) Степенью дисперсности. В) Временем существования: синий золь «старше» красного. Г) Они одинаковы, но наблюдаются под разным углом зрения.

7. Светорассеяние или опалесценция наблюдается в следующих случаях:

А) Частички дисперсной фазы (неоднородности) находятся друг от друга на расстоянии, превышающем длину световой волны.

Б) Частички дисперсной фазы (неоднородности) имеют размеры, совпадающие с длиной световой волны.

В) Частички дисперсной фазы (неоднородности) имеют размеры, составляющие менее 0,1 длины световой волны.

Г) Частички дисперсной фазы (неоднородности) имеют размеры, намного пре-вышающие длину световой волны.

8. В каких случаях может наблюдаться опалесценция в коллоидных систе-мах?

А) При наблюдении в проходящем свете. Б) При наблюдении в отраженном свете. В) На темном фоне. Г) При искусственном освещении.

9. С чем связаны голубой цвет неба и морской воды?

А) Присутствием в атмосфере и морской воде твердых частиц коллоидного размера. Б) Наличием флуктуаций плотности. В) Расположением наблюдателя под определенным углом зрения к источнику света. Г) Присутствием окрашенных веществ.

10. Устройство каких приборов основано на явлении опалесценции?

А) Фотозлектроколориметр (ФЭК). Б) Ультрамикроскоп. В) Электронный микроскоп. Г) Нефелометр.

11. Какой параметр служит количественной оценкой Броуновского движения частиц дисперсной фазы?

А) Вязкость дисперсионной среды. Б) Размер частиц дисперсной фазы. В) Величина среднего сдвига частицы. Г) Разность плотностей дисперсной фазы и дисперсионной среды.

12. Как соотносятся между собой осмотическое давление истинных и коллоидных растворов при одинаковой массовой концентрации (г /моль)?

А) Они одинаковы. Б) Осмотическое давление коллоидного раствора примерно на 7 порядков меньше. В) Осмотическое давление коллоидного раствора примерно на 7 порядков больше. Г) Осмотическое давление коллоидных растворов не поддается измерению.

13. Флуктуация – случайное отклонение какого-либо параметра системы от среднего равновесного значения в микрообъемах системы. Это явление противоположно...

А) Осмосу. Б) Диффузии. В) Седиментации. Г) Броуновскому движению.

14. В каком диапазоне лежит размер коллоидных частиц?

А) 1 – 100 нм. Б) $10^{-9} - 10^{-7}$ м. В) 0,1 – 0,001 мк. Г) $10^{-7} - 10^{-5}$ см.

Д) $10^{-7} - 10^{-5}$ м.

15. Какие оптические явления связаны с наличием межфазной поверхности, т. е. гетерогенностью коллоидных систем?

А) Отражение света. Б) Преломление света. В) Рассеяние света (опалесценция). Г) Неодинаковое поглощение света сопряженными фазами.

16. Какие оптические явления связаны с фазовой неоднородностью (дисперсностью) коллоидных систем?

А) Отражение света. Б) Преломление света. В) Рассеяние света (опалесценция). Г) неодинаковое поглощение света сопряженными фазами.

17. Как соотносятся между собой длины падающего и излучаемого, рассеянного коллоидными частицами света?

А) Длина волны падающего света равна длине волны рассеянного света. Б) Длина волны падающего света меньше длины волны рассеянного света. В) Длина волны падающего света больше длины волны рассеянного света.

18. Чем отличаются «белые» золи от цветных?

А) «Белые золи» поглощают свет. Б) «Белые золи» не поглощают свет. В) «Белые золи» поглощают и рассеивают свет. Г) «Белые золи» прозрачны для световой волны.

19. Почему в светофорах нет синего цвета?

А) Синий цвет – цвет светомаскировки. Б) Синие лучи обладают наименьшей длиной волны в видимой области. В) Синий цвет является дополнительным по отношению к красному Г) Синие лучи хорошо рассеиваются.

20. Что представляет собой «рубиновое стекло»?

А) Твердый коллоидный раствор золота в корунде. Б) Твердый золь золота (0,1%) в кварце. В) Тонкие прозрачные пластины драгоценного камня – рубина. Г) Подкрашенное красным красителем обычное стекло.