



**ФГБОУ ВО**

**«Красноярский государственный медицинский университет  
имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации**

**Кафедра биологической химии с курсами медицинской, фармацевтической и  
токсикологической химии**

# **ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ**

**К.х.н., доцент Ендржиевская –Шурыгина  
Виктория Юлиановна**



**ЛЕКЦИЯ № 15 по дисциплине «Физическая и коллоидная химия» для студентов 2 курса, обучающихся по специальности 33.05.01 - Фармация**

# **Микрогетерогенные системы**



## План

- 1. Классы микрогетерогенных систем**
- 2. Аэрозоли и порошки**
- 3. Суспензии**
- 4. Эмульсии**
- 5. Литература**

**Классы**

**микроретерогенных**

**систем**

*Микрогетерогенных  
системы – это системы с  
размером частиц от  
 **$10^{-7}$  до  $10^{-4}$  м.***

**Частицы дисперсной фазы  
можно наблюдать в  
обычный **СВЕТОВОЙ  
МИКРОСКОП****

# Микрогетерогенные системы:

- 1) системы с *газообразной* дисперсионной средой (*аэрозоли, порошки*);
- 2) системы с *жидкой* дисперсионной средой (*суспензии, эмульсии, пены*)

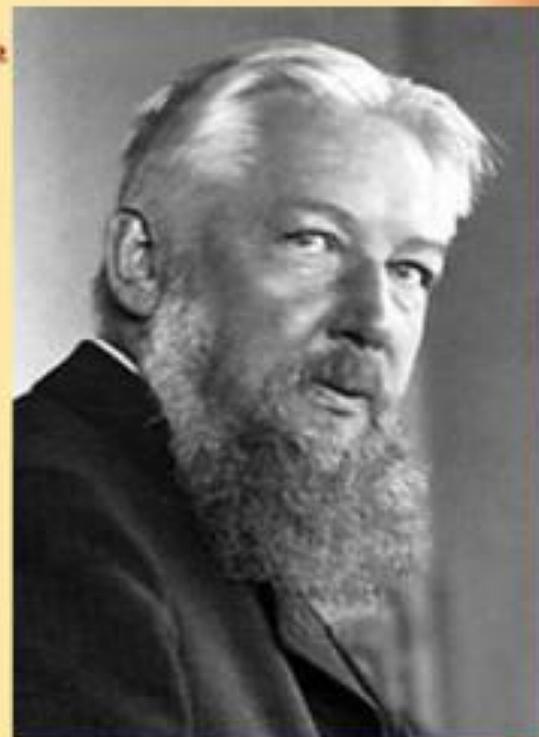
**Свойства указанных систем во  
многом определяются  
поверхностными явлениями —**

**адсорбцией,  
смачиванием, адгезией.**

**Для них характерны и свои  
особенности, обусловленные как  
природой границы раздела,  
так и дисперсностью**

## Классификация по агрегатному состоянию

Впервые дисперсные системы по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды классифицировал В. Оствальд в 1891 г. Согласно этой классификации возможны девять комбинаций дисперсной фазы и дисперсионной среды, каждая из которых может находиться в виде газа, жидкости и твердого тела. На практике реализуются только восемь комбинаций, поскольку газы в нормальных условиях неограниченно растворимы друг в друге и, следовательно, образуют гомогенную систему.



# Аэрозоли и порошки

**Аэрозоли**

**Аэрозоли - свободно-дисперсные системы с газообразной дисперсионной средой и дисперсной фазой, состоящей из твердых или жидких частиц. Аэрозоли образуются при **взрывах, дроблении, распылении веществ**, а также в процессах **конденсации при охлаждении пересыщенных паров воды и органических жидкостей**. Аэрозоли получают и с помощью **химических реакций**, протекающих в газовой фазе**

По агрегатному состоянию частиц аэрозоли классифицируют:

на туманы (Ж/Г) — дисперсная фаза состоит из капелек жидкости, дымы (Т/Г) — аэрозоли с твердыми частицами *конденсационного* происхождения, пыли (Т/Г) — твердые частицы, образованные путем *диспергирования*. Возможны системы смешанного типа, когда на твердых частицах конденсируется влага - «СМОГ» — *туман, образовавшийся на частичках дыма*

Для аэрозолей характерна крайняя **агрегативная неустойчивость** (**НИЗКАЯ ВЯЗКОСТЬ ВЯЗДУХА - БЫСТРЫЕ ДИФФУЗИЯ И СЕДИМЕНТАЦИЯ** ).

**Их длительное существование связано с высокой дисперсностью и малой концентрацией.** Это значит, что **устойчивость аэрозолей является лишь кинетической,** термодинамические факторы **устойчивости отсутствуют**

**К нарушению  
устойчивости аэрозолей  
приводят 3 основных  
процесса:**

**1) седиментация частиц;**

**2) коагуляция частиц, протекающая в газовой среде благодаря весьма интенсивному броуновскому движению с большой скоростью, которая еще более возрастает с увеличением концентрации аэрозоля. Ускорению коагуляции способствует повышенная влажность среды, поскольку частицы аэрозоля выступая в качестве центров конденсации, укрупняются и коагулируют. Коагуляция ускоряется также в случае разноименно заряженных частиц и при наложении электрического поля;**

**3) влияние температуры, особенно на устойчивость туманов, так как образование жидкости из пара возможно при условии насыщения паров ( $p_0$ ). Поскольку получается капля небольшого радиуса с выпуклой поверхностью, то капли жидкости обладают повышенным давлением по сравнению с  $p_0$  и поэтому испаряются, следовательно, образование туманов происходит в условиях пересыщения. За счет последующего оствальдовского созревания возможно испарение мелких капель и образование крупных с последующим выпадением дождя.**

**Образование аэрозолей в виде пыли, дымов и туманов часто**

**нежелательно и вредно для живых организмов. Борьба с дымами и промышленной пылью ведется с помощью фильтрации газов через тканевые фильтры, осаждения частиц в установках типа циклонов и т.д.**

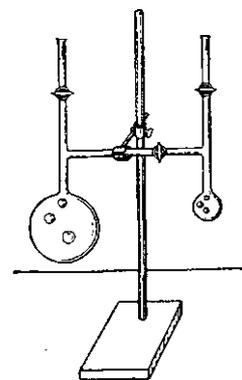
**Переконденсация** или **Оствальдовское созревание**<sup>[1]</sup> — процесс конденсации пересыщенной фазы вещества на поздних временах развития, когда закончен этап нуклеации, а рост крупных зёрен новой фазы (например, капель из пара) происходит за счёт более мелких в условиях «подавления без поедания», то есть растворения капель без их слипания.

# «Оствальдовское созревание» осадка

Одним из процессов, происходящих с осадком, является растворение мелких и рост крупных частиц, т. е.

Таблица VI-1. Растворимость хромата свинца в зависимости от размера частиц

Препарат	Время встряхивания, мин	Рассчитанный радиус частиц, мкм	Растворимость, (моль/л) · 10 <sup>4</sup>
Состаренный	1	—	1,30
	6	—	1,28
	1440	0,45	1,28
Свежеосажденный, состоящий из мелких частиц	1	0,086	2,10
	5	—	1,85
	20	0,28	1,41
	1440	0,30	1,24



«оствальдовское созревание». Мелкие кристаллы имеют на своей поверхности больше активных мест (границы, углы), обладают высокой поверхностной энергией и, следовательно, они более растворимы, чем крупные кристаллы, и быстрее растворяются. В результате этого средний размер кристаллов с течением времени увеличивается (табл. VI-1) [13]. Следует отметить, что **зависимость растворимости от размера частиц более четко выражена у осадков с высокой свободной поверхностной энергией** (сульфат бария, хромат свинца и др.), чем у осадков с низкой поверхностной энергией (хлорид серебра).

**К особенностям физических  
свойств аэрозолей, связанным с  
газообразной дисперсионной  
средой, относятся явления:**

***-термофореза;***

***-фотофореза;***

***-термопреципитации***

**Термофорез** – это движение частиц аэрозоля в направлении области более низких температур. Причиной этого служит то, что более нагретую сторону частицы молекулы газа бомбардируют с большей скоростью, чем менее нагретую. **Частица** получает импульс для движения в сторону более низкой температуры

*Фотофорезом* называют  
перемещение частиц  
аэрозоля при одностороннем  
освещении. Направление  
движения зависит от многих  
свойств частиц — размера,  
формы, прозрачности и т.д.

***Термопреципитация*** — это осадждение частиц аэрозоля на холодных поверхностях за счет потери частицами кинетической энергии. Этим объясняется, например, осадждение пыли на стенах и потолке около обогревательных устройств

**Явления *термофореза и фотофореза* чрезвычайно сильно проявляются в атмосферных аэрозолях при *образовании и передвижении облаков и туманов***

**Роль аэрозолей** в природе, быту и промышленности чрезвычайно велика. Например, *влияние* облаков и туманов на *климат, перенос ветром семян и пыльцы растений, пневматические способы окраски и покрытие поверхностей распыленными металлами, применение распыленного топлива, внесение удобрений* и т.д.

***Отрицательные* свойства**  
**аэрозолей связаны с загрязнением**  
**окружающей среды**  
**высокодисперсными вредными**  
**веществами, вызывающими**  
**легочные заболевания и**  
**различные виды аллергии.**

**Поэтому широко разрабатываются**  
**методы улавливания и**  
**разрушения аэрозолей**

**Аэрозоли** нашли широкое применение в **медицине и фармации.**

**Стерильные аэрозоли** в специальных упаковках типа баллонов применяют для *стерилизации операционного поля, ран и ожогов*; **ингаляционные аэрозоли**, содержащие антибиотики и другие лекарственные вещества, — для лечения дыхательных путей; **аэрозоли локального применения** используют вместо перевязочных средств; **аэрозоли в виде клея** — в хирургической практике для склеивания ран, кожи, **бронхов, сосудов** и т.д.

**Порошки**

**Порошки** представляют собой свободно-дисперсные системы с *газообразной дисперсионной средой* и *твердой дисперсной фазой*, которая состоит из частиц размером от  $10^{-8}$  до  $10^{-4}$  м.

# Способы получения

## порошков:

- физико-механические;
- физико-химические.

**Физико-механические**

**способы получения**

**порошков основаны на**

**процессах измельчения**

**твердых материалов**

**дроблением, а жидких**

**материалов — распылением**

В основе физико-химических способов производства порошков лежат процессы окисления, восстановления, электролиза. Поэтому химический состав исходных материалов и порошков не одинаков. Так, порошки *сажи* и *силикагеля* получают путем сжигания соответственно *углеводородов* до *элементарного углерода* и *тетрахлорида кремния* до  $SiO_2$

# Свойства порошков

характеризуют: *насыпной плотностью, слипаемостью, сыпучестью (текучестью), гигроскопичностью, смачиваемостью, абразивностью, удельным электрическим сопротивлением, горючестью, взрываемостью.*

**Очень важным свойством порошков является способность к гранулированию.**

**Гранулированием называют процесс образования в порошкообразной массе конгломератов (гранул) шарообразной или цилиндрической формы, более или менее однородных по величине. Этот процесс может идти самопроизвольно, так как приводит к уменьшению поверхностной энергии Гиббса**

Процесс гранулирования играет большую роль в **фармацевтической** промышленности, так как гранулы являются одной из лекарственных форм. Кроме того, гранулы **служат промежуточным продуктом, из которого путем прессования получают таблетки.** Номенклатура лекарств, выпускаемых в виде порошков, гранул и таблеток, довольно широка и составляет до 80% готовых лекарственных средств, в том числе порошков — до 20%

Дисперсность порошков,  
применяемых в фармации,  
существенно влияет на *качество  
продукции, скорость и силу  
фармакологического эффекта*: **чем  
мельче частицы, тем они *легче*  
*растворяются, быстрее всасываются,  
равномернее смешиваются с другими  
компонентами и точнее дозируются***

Пример: таблетки гризеофульвина с размером частиц  $5 \cdot 10^{-6}$  м и менее в 2-3 раза эффективнее обычных таблеток с размером частиц  $10^{-5}$  м. В эксперименте установлено, что с уменьшением частиц порошка *сульфодиметоксина, дигоксина и ацетилсалициловой кислоты* скорость и степень их всасывания из таблеток и суппозиторий *увеличиваются почти 1,5 раза*. Замечено, что наличие частиц в порошке сульфадимезина размером более 10 мкм уменьшает всасывание порошка. Однако слишком сильное увеличение дисперсности способно и уменьшить фармацевтическую активность.

# Суспензии

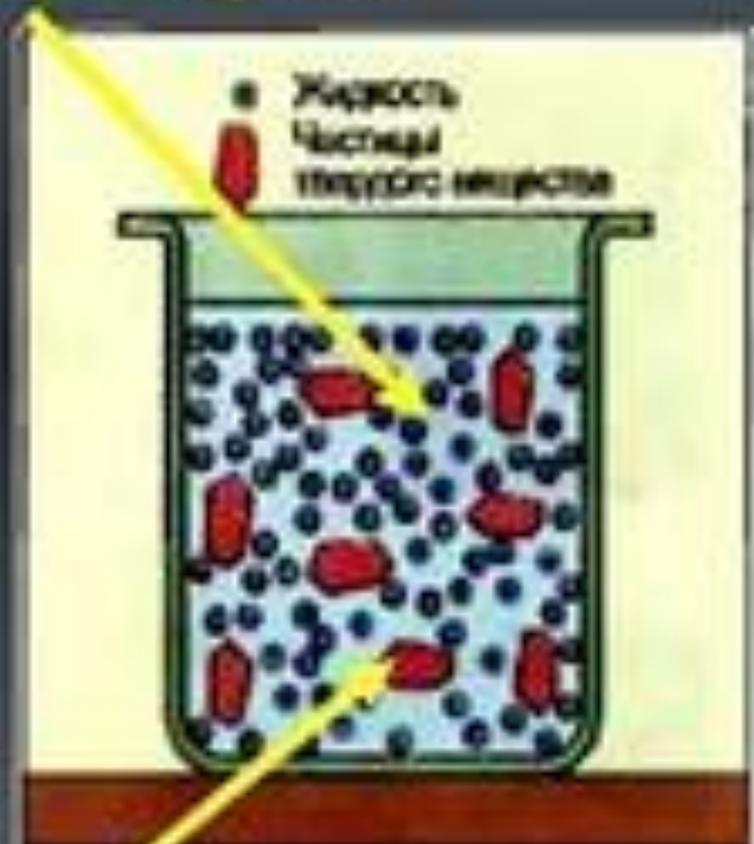
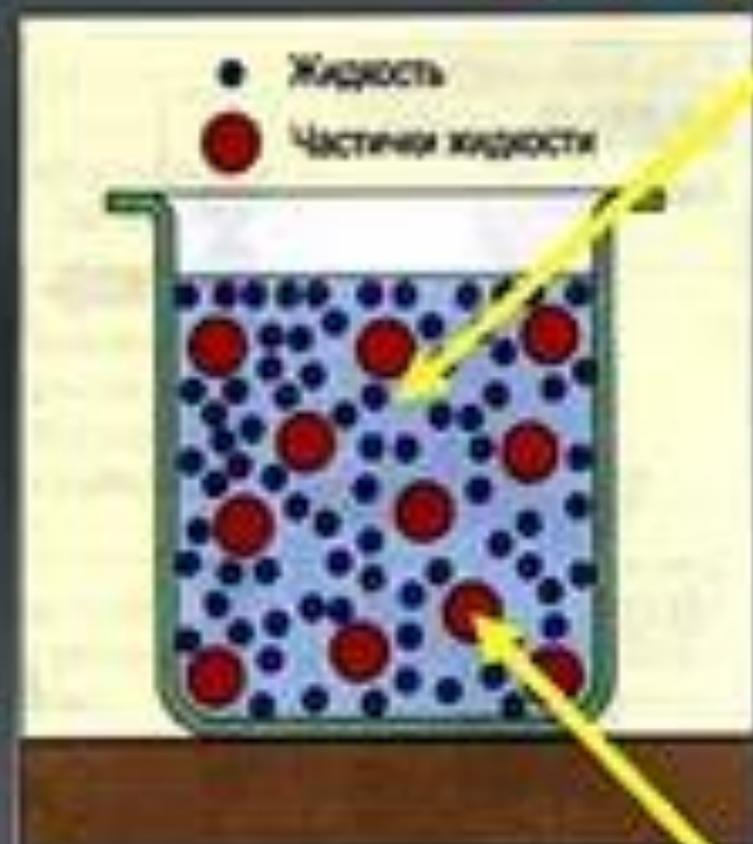
Суспензии (от лат. suspensio —  
подвешивание) - это  
микрогетерогенные системы с жидкой  
дисперсионной средой и твердой  
дисперсной фазой с размерами частиц  
выше, чем в коллоидных растворах, т.е. в  
диапазоне  $10^{-7}$  -  $10^{-4}$  м. Наиболее  
*грубодисперсные* системы называют  
*взвесьями*, наиболее *мелкие* —  
 $5 \cdot 10^{-7}$  -  $10^{-7}$  м — *мутями*

**СРС: А.П.Беляев, §28.2, Суспензии**

# Эмульсия

# Суспензия

Дисперсионная среда



Дисперсная фаза

# Суспензии



**Взвешенная в  
воде мука**



**Эмалевые краски**

**«Известковое молочко»**



**Желетельный планктон**

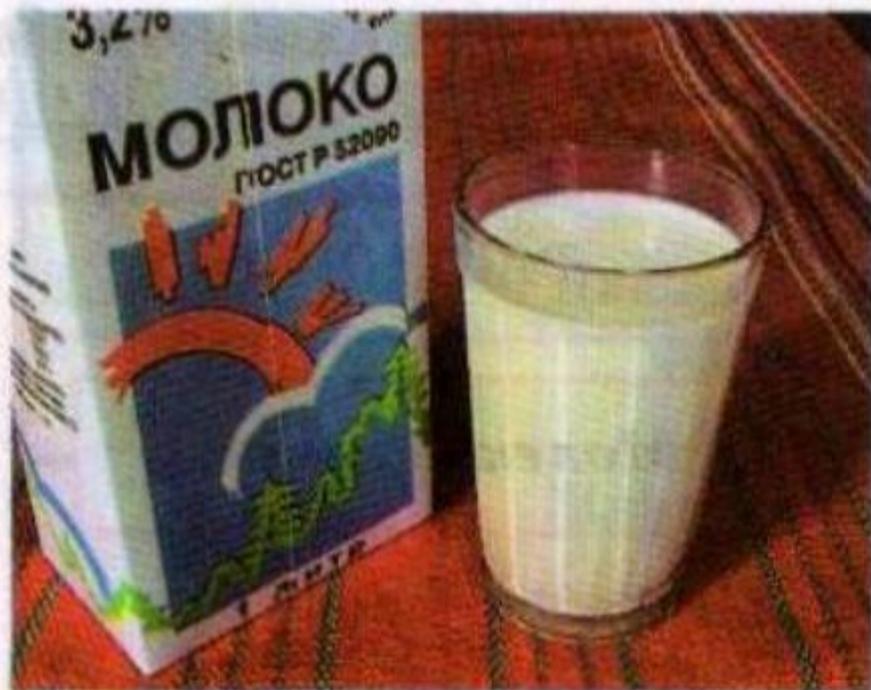


**Строительный раствор**



**Эмульсии**

Эмульсии –это дисперсная система с жидкой дисперсионной средой и жидкой дисперсной фазой



*а)*



*б)*

Рис. 81. Природные эмульсии: *а* — молоко; *б* — нефть

Эмульсии — свободно-  
дисперсные системы.

В них дисперсионная  
среда и дисперсная  
фаза являются  
*жидкостями*

# Условие образования

## ЭМУЛЬСИИ:

**полная или частичная**

**взаимная нерастворимость**

**веществ дисперсной фазы и  
среды**

*Следовательно, вещества, образующие различные фазы, сильно отличаются по полярности. Одна из жидкостей, образующих эмульсию, полярная; наибольшее распространение получили эмульсии, где *полярной* жидкостью является *вода (в)*. Вторая жидкость — *неполярная*; ее принято называть *«маслом» (м)*. Жидкость, являющаяся дисперсной фазой, находится в диспергированном состоянии в виде капель размером от  $10^{-7}$  м до видимых невооруженным глазом*

**Эмульсии играют важную роль в природе (молоко, млечный сок растений и т.д.), имеют чрезвычайно большое практическое значение во многих областях деятельности человека: *широко применяются в медицине, фармации*, косметике, в строительном деле, текстильной, кожевенной, пищевой, химической промышленности**

# Скипидарные эмульсии (белая эмульсия, желтый раствор)

Скипидарные эмульсии используются для приготовления скипидарных ванн по методу доктора Залманова

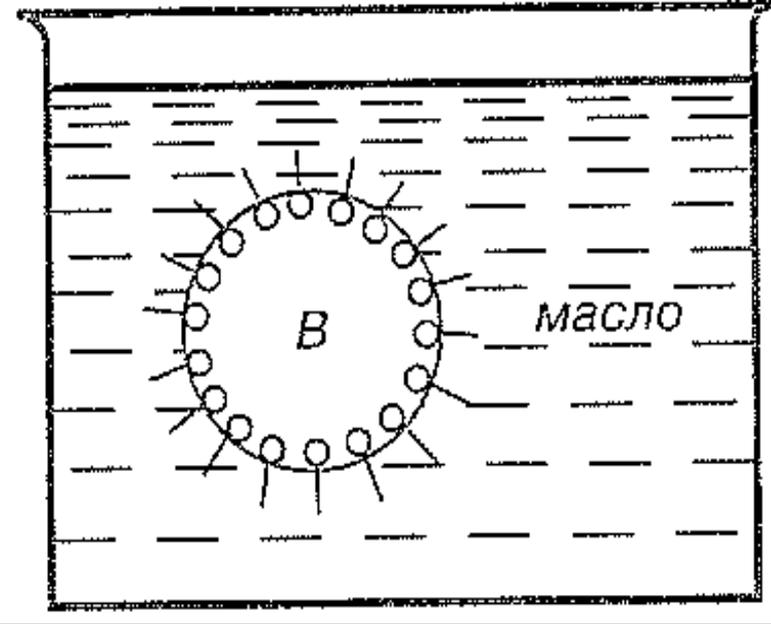
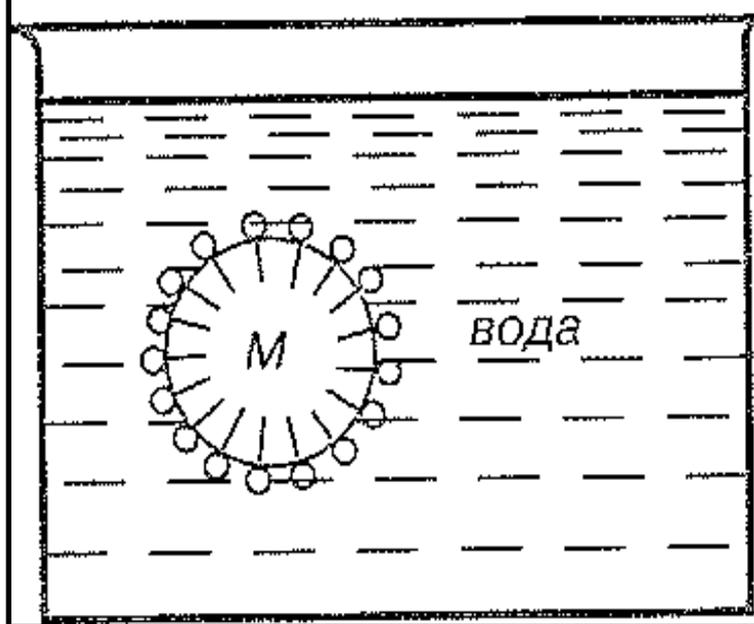


# Классификация эмульсий

**1. В зависимости от полярности фаз различают два типа эмульсий:**

**1) *прямые (эмульсии I рода)***, которые состоят из полярной дисперсионной среды и неполярной дисперсной фазы; их обозначают условно ***м/в***;

**2) *обратные (эмульсии II рода)*** имеют неполярную дисперсионную среду и полярную дисперсную фазу; их условное обозначение ***в/м***



## Типы эмульсий:

слева — прямая эмульсия

(M/V),

справа — обратная эмульсия

(B/M)

**Тип эмульсий определяют методами:**

**— Разбавление или смешение.**

**Эмульсия может быть разбавлена тем компонентом, который образует дисперсионную среду. Так, если при добавлении эмульсии в воду наблюдается смешение капель эмульсии с водой, то эмульсия прямая, при отсутствии смешения — обратная**

— Избирательное окрашивание одной из фаз эмульсии красителями.

Водорастворимые красители (например, метиленовая синь, метилоранж) окрашивают водную фазу, а жирорастворимые красители (типа судан III, фуксин) — «масло». При наблюдении в микроскоп легко установить тип эмульсии. При визуальном наблюдении за **не слишком концентрированной эмульсией** видно, что **вся эмульсия окрашивается тем красителем, который растворяется в дисперсионной среде**

***—Инструментальные  
физико-химических методы.***

**Например, измерения  
*электрической проводимости.***

**Высокие значения электрической  
проводимости указывают на  
прямой тип эмульсии (м/в).**

**Обратные эмульсии имеют очень  
малую проводимость**

## **— *Смачивание.***

**Капля эмульсии смачивает ту поверхность, которая близка по полярности с дисперсионной средой; так, прямая эмульсия смачивает гидрофильную поверхность**

**— *Смачивание***

***фильтровальной бумаги.***

**Если при нанесении эмульсии  
жидкость легко  
распространяется по  
поверхности бумаги, оставляя в  
центре небольшую каплю, то  
это прямая эмульсия.**

***2. В зависимости  
от концентрации  
дисперсной фазы***

**От концентрации  
дисперсной фазы зависят  
все основные свойства  
эмульсий, в первую очередь,  
*устойчивость эмульсий и  
методы их стабилизации***

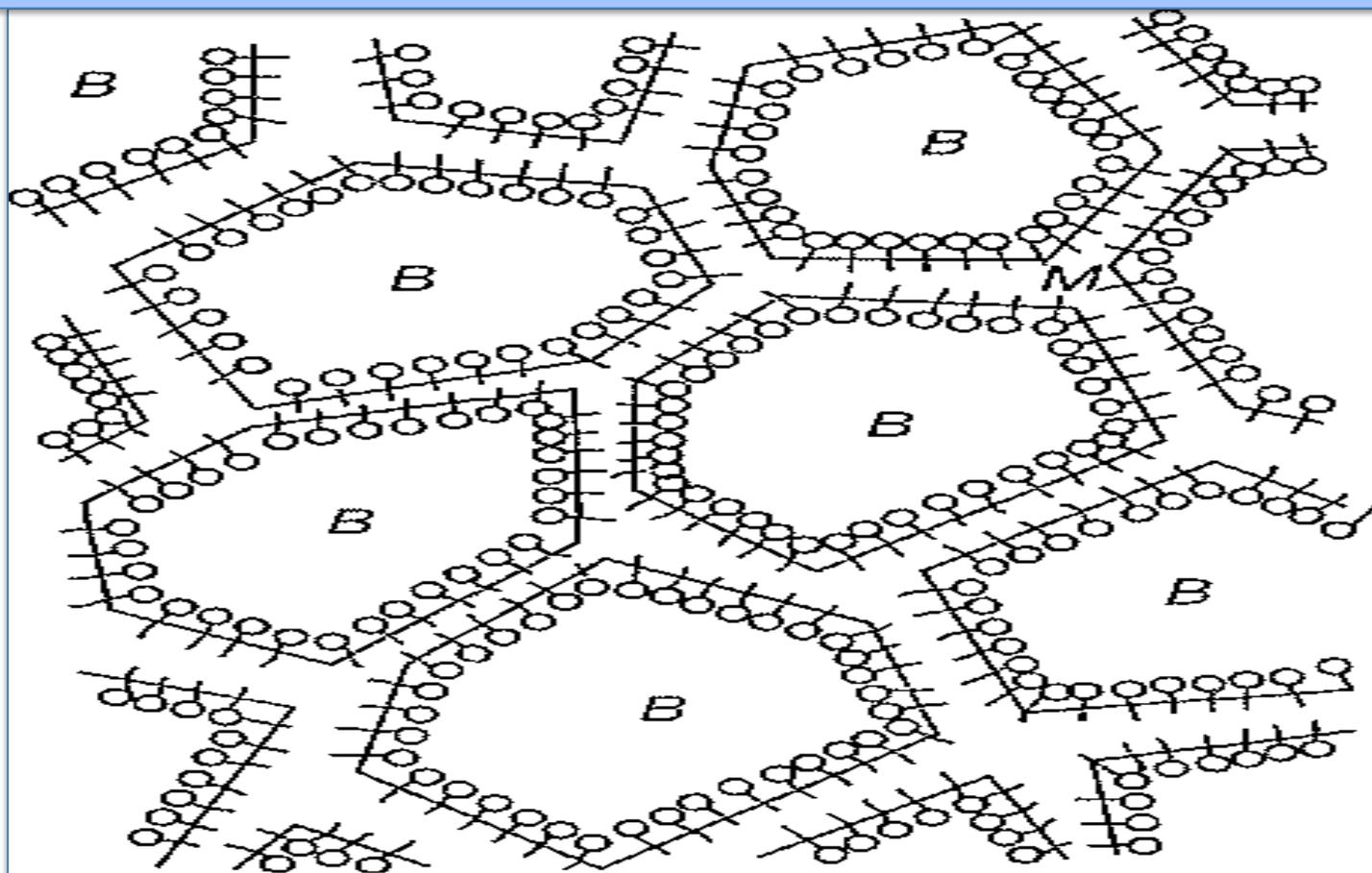
**По концентрации эмульсии**  
**подразделяют на три группы:**

**1) разбавленные** — с концентрацией дисперсной фазы не более 0,1% от объема эмульсии;

**2) концентрированные** — с концентрацией дисперсной фазы от 0,1 до 74% объема;

**3) высококонцентрированные** — с содержанием дисперсной фазы свыше 74% объема.

**Высококонтентрированные эмульсии, в которых достигнута максимально возможная концентрация дисперсной фазы, называют *предельными* или предельно концентрованными (в/м)**



**Устойчивость эмульсий.**

**Эмульгаторы и**

**механизм их действия**

**В эмульсиях различают  
*седиментационную и  
коагуляционную*  
**(агрегативную)**  
**устойчивость****

**Характерной именно для данного вида дисперсных систем является еще один вид агрегативной устойчивости — устойчивость по отношению к коалесценции — слиянию мелких капель в крупные с конечным выделением вещества жидкой фазы в гомогенный слой. Процесс коалесценции приводит к необратимому разрушению данной эмульсии.**

При *коагуляции (или флокуляции)* эмульсии происходит образование агрегатов капель с сохранением их индивидуальных размеров, данный процесс может быть обратимым — при определенных условиях капли снова расходятся

## *Седиментационная устойчивость*

**Эмульсий определяется их дисперсностью, различием плотностей жидкостей, составляющих отдельные фазы, вязкостью среды, концентрацией дисперсной фазы. Высокодисперсные эмульсии седиментационно более устойчивы, чем грубодисперсные.**

*Агрегативная устойчивость* эмульсии количественно определяется **скоростью расслоения**, которую определяют, измеряя объем отслоившейся фазы через определенные промежутки времени. Этот вид устойчивости тесно связан с концентрацией дисперсной фазы, а точнее — *с числом капель в единице объема эмульсии и частотой их столкновений.*

*Разбавленные эмульсии могут существовать длительное время.*

**Концентрированные эмульсии нуждаются в применении эмульгаторов.**

*Эмульгаторы* — это  
растворимые ПАВ и ВМС  
или нерастворимые  
порошкообразные вещества,  
добавление которых к  
эмульсиям делает их  
устойчивыми

**Общие закономерности  
стабилизирующего действия  
эмульгаторов характеризуются**

**правилом Банкрофта:**

**гидрофильные эмульгаторы  
стабилизируют прямые эмульсии  
типа м/в; гидрофобные  
эмульгаторы — стабилизируют  
обратные эмульсии типа в/м.**

**Согласно правилу Банкрофта,  
молекулы или частицы  
эмульгатора располагаются  
преимущественно со стороны  
дисперсионной среды, т.е.  
главным образом на наружной  
поверхности капель эмульсии**

# Обращение фаз эмульсий

# *Обращением фаз*

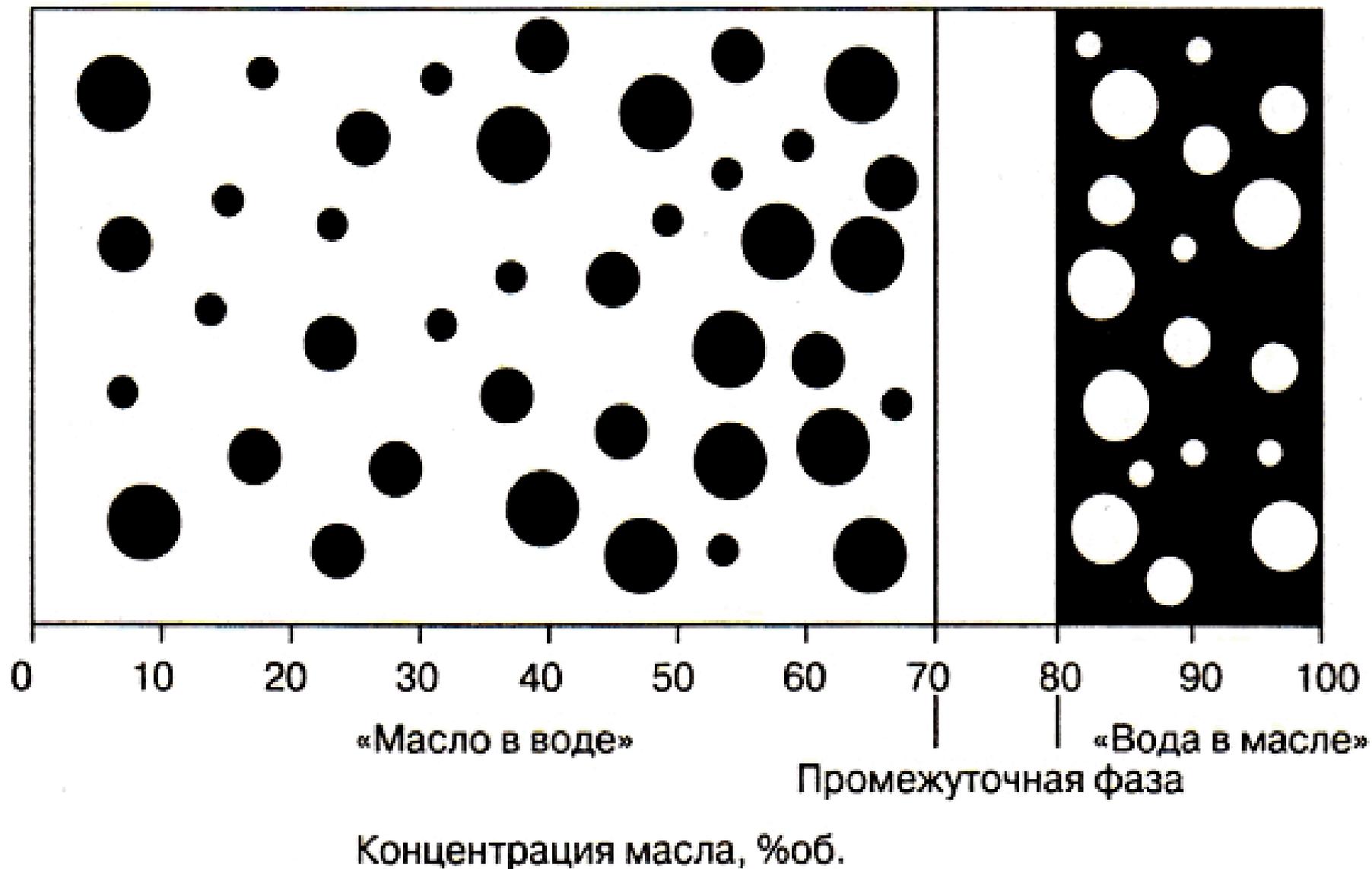
**ЭМУЛЬСИИ НАЗЫВАЮТ**

**ПЕРЕХОД ЭМУЛЬСИИ ИЗ**

**ПРЯМОГО ТИПА В ЭМУЛЬСИЮ**

**ОБРАТНОГО ТИПА И**

**НАОБОРОТ**



**Рис. 3.** Зависимость фазовой обратимости дисперсных систем «масло в воде» и «вода в масле» от концентрации масла

# **Значение эмульсий для фармации**

Эмульсии получили широкое распространение в качестве фармацевтических препаратов для ***внутреннего, наружного или инъекционного применения***. Как правило, для ***внутреннего применения*** используют ***прямые эмульсии***, наиболее совместимые с организмом, для ***наружного*** — как ***прямые, так и обратные***

## **Косметические эмульсии.**

**Одним из основных требований, предъявляемых к косметическим эмульсиям, является их совместимость с кожей, кожными липидами. Из практики известно, что обратные эмульсии обычно хорошо совместимы с кожей**

С образованием устойчивых эмульсий тесно связаны процессы **микрокапсулирования**, широко используемые при получении фармацевтических препаратов. Преимущества микрокапсулирования связаны с **предохранением неустойчивых лекарственных препаратов от воздействия внешней среды** (витамины, антибиотики, ферменты, вакцины, сыворотки и др.), маскировкой вкуса, высвобождением лекарственных веществ в нужном участке желудочно-кишечного тракта (кишечно-растворимые микрокапсулы), пролонгированием действия и т.д.

**СРС :**

**Физическая и коллоидная химия: учебник/ Под ред. проф. А. П. Беляева. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 704 с.: (2 изд., 2014. - 752 с.)**

**§29.4. Пены**

# Контрольные вопросы

**Приведите примеры  
практического использования в  
фармацевтической практике  
микрогетерогенных систем.**



# Основная литература

- 1. Физическая и коллоидная химия: учебник/ Под ред. проф. А.П.Беляева. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 704 с.: (2изд., 2014. - 752 с.)**
- 2. Слесарев В.И. Химия: Основы химии живого: Учебник для вузов. – СПб, 2007. – 784 с.**
- 3. Физическая и коллоидная химия. Задачник: учеб.пособие для вузов / А.П.Беляев, А.С.Чухно, Л.А.Бахолдина, В.В.Гришин; под ред. А.П. Беляева. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. – 288с.**
- 4. Электронные ресурсы**

# Дополнительная литература

- 1. Типовые расчеты по физической и коллоидной химии [Электронный ресурс] : учеб. пособие. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/45679/> А. Н. Васюкова, О. П. Задачаина, Н. В. Насонова [и др.] СПб. : Лань, 2014. ЭБС Лань**
- 2. Типовые расчеты по физической и коллоидной химии : учеб. пособие А. Н. Васюкова, О. П. Задачаина, Н. В. Насонова [и др.] СПб. : Лань, 2014.**
- 3. Физическая и коллоидная химия [Электронный ресурс] : учеб. для мед. вузов (с задачами и решениями). - Режим доступа: <http://ibooks.ru/reading.php?productid=351894> Н. Н. Муш камбаров М.: Флинта , 2015. ЭБС iBooks**

# Дополнительная литература

4. Физическая и коллоидная химия. Задачник : учеб. пособие . А. П. Беляев, А. С. Чухно, Л. А. Бахолдина [и др.] ; ред. А. П. Беляев М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014.

5. Физическая и коллоидная химия. Задачник [Электронный ресурс] : учеб. пособие. - Режим доступа:

<http://www.studmedlib.ru/ru/book/ISBN9785970428443.html> А. П. Беляев, А. С. Чухно, Л. А. Бахолдина [и др.] ; ред. А. П. Беляев М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. ЭБС  
Консультант студента (ВУЗ)

6. Физическая и коллоидная химия. Практикум обработки экспериментальных результатов : учеб. пособие А. П. Беляев М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015.

# Дополнительная литература

7. Физическая и коллоидная химия. Руководство к практическим занятиям : учеб. пособие ред. А. П. Беляев М. : ГЭОТАР-Медиа, 2012.

8. Физическая и коллоидная химия. Руководство к практическим занятиям [Электронный ресурс] : учеб. пособие. - Режим доступа:

<http://www.studmedlib.ru/ru/book/ISBN9785970422076.html>

ред. А. П. Беляев М. : ГЭОТАР-Медиа, 2012.

ЭБС Консультант студента (ВУЗ)

9. Физическая химия [Электронный ресурс] : учебник. - Режим доступа:

<http://www.studmedlib.ru/ru/book/ISBN9785970423905.html>

Ю. Я. Харитонов М. : ГЭОТАР-Медиа, 2013.

ЭБС Консультант студента (ВУЗ)

10. Химия: Основы химии живого : учеб. для вузов В. И. Слесарев СПб. : Химиздат, 2007. 299

# Спасибо за внимание

**Багульник болотный**

[https://yandex.ru/images/search?text=багульник%20фото&img\\_url=https%3A%2F%2Fkak2z.ru%2Fmy\\_tagimg%2Fimg%2F2015%2F06%2F02%2F63776.jpg&po](https://yandex.ru/images/search?text=багульник%20фото&img_url=https%3A%2F%2Fkak2z.ru%2Fmy_tagimg%2Fimg%2F2015%2F06%2F02%2F63776.jpg&po)