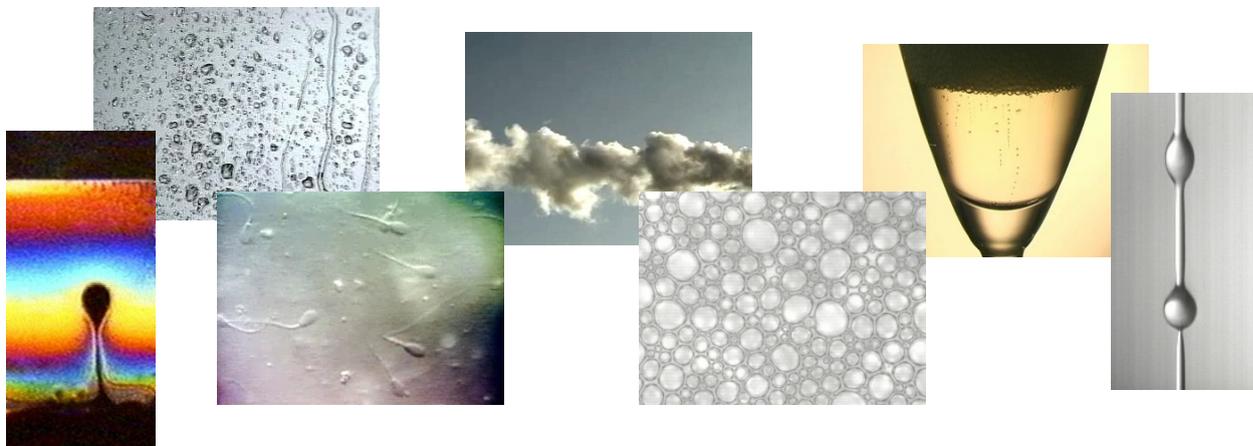


Обязательный курс «КОЛЛОИДНЫЕ СИСТЕМЫ»

Составитель: проф., д.ф.м.н. О.И.Виноградова, Физический факультет МГУ и ИФХЭ РАН



АННОТАЦИЯ

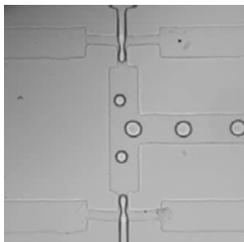
Наука о коллоидах и поверхностях (Colloid and Interface Science в англоязычной литературе) изучает микро- и наногетерогенные системы, в которых взаимодействия между фазами и/или явления на межфазной границе являются доминирующим аспектом поведения. Коллоидными системами является большинство окружающих нас объектов, от агропочв, пищевых продуктов, косметики и лекарств, до биологических клеток. Цель курса – дать междисциплинарное представление об основных явлениях, определяющих поведение таких систем и лежащих в основе современных нанотехнологических приложений. В курс включены разделы, посвящённые термодинамике поверхности, капиллярности и смачиванию, гидродинамике тонких плёнок, межфазным транспортным явлениям, поверхностным силам, устойчивости коллоидов и тонких плёнок, мицеллам, эмульсиям и пенам, адгезии. Курс состоит из вводной лекции и нескольких тематических блоков.

Основная литература

1. Capillarity and Wetting Phenomena: Drops, Bubbles, Pearls, Waves by P.-G. de Gennes, F.Brochard-Wyart, D.Quere
2. The Colloidal Domain: Where Physics, Chemistry, Biology, and Technology Meet (Advances in Interfacial Engineering) by D.F.Evans, H.Wennerström
3. Intermolecular and Surface Forces, Second Edition: With Applications to Colloidal and Biological Systems (Colloid Science) by J.N.Israelachvili
4. Foundations of Colloid Science. 2nd ed.; Oxford University Press: Oxford, by R. J. Hunter
5. Contact, Adhesion, and Rupture of Elastic Solids by D.Maugis

ПРОГРАММА КУРСА

Лекция 1. Введение



Междисциплинарность. Классификация и примеры коллоидных объектов и систем, их особенности. Современные приложения: микрофлюидика, искусственные гекконы и др.

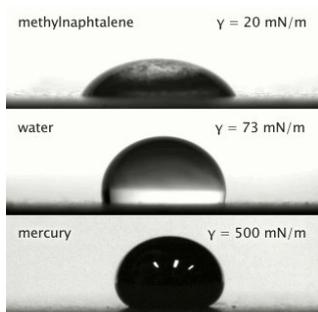
Блок 1: Капиллярность и смачивание.

Лекция 2. Поверхностное натяжение



Поверхностная энергия жидкостей. Структура поверхностного слоя жидкости. Поверхностное натяжение. Уравнение адсорбции Гиббса. Поверхностное натяжение растворов поверхностно-активных веществ и электролитов. Влияние температуры на поверхностное натяжение. Уравнение Лапласа. Гомогенная и гетерогенная нуклеация. Уравнение Кельвина. Капиллярность и сила тяжести. Капиллярная длина. Число Бонда.

Лекция 3. Смачивание. Статика



Основные наблюдения и понятия. Неполное смачивание и контактный (краевой) угол. Полное смачивание. Параметр растекания. Закон Юнга. Высоко- и низкоэнергетические поверхности. Критерий Зисмана. Способы изменения краевого угла (химическая и физическая модификация поверхностей, температура, электрический потенциал) Гидрофобные и гидрофильные поверхности. Мениск жидкости. Капиллярный подъем и закон Дзюрина. Капиллярное притяжение. Эластокапиллярность. Методы измерения поверхностного натяжения.

Лекция 4. Реальные поверхности



Наступающий и отступающий краевой угол. Гистерезис контактного угла и pinning. Химическая неоднородность и шероховатость как причина гистерезиса. Следствия pinning и гистерезиса (stick-slip, эффект кофейных пятен и др.). Шероховатые поверхности. Комбинация шероховатости и гидрофобности: супергидрофобность. Эксперимент Деттре и Джонсона. Состояние и уравнение Венцеля. Эффект «Лотоса», состояние и уравнение Касси. Периодические поверхностные текстуры. Подвижность капель на поверхностях Касси. Переход Касси-Венцель. Условие пропитки поверхностных текстур.

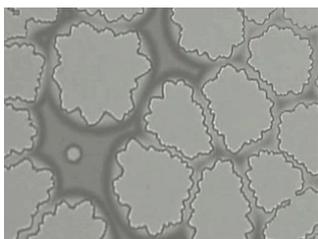
Лекция 5. Межфазная гидродинамика



Основы гидродинамики. Уравнения Навье-Стокса. Инерционные и вязкие эффекты. Число Рейнольдса. Граничные условия: три типа межфазных границ. Инерционные течения. Число Вебера. Вязкие течения. Теория смазки. Точные и скейлинговые решения одномерных задач гидродинамики. Спонтанное смачивание. Капиллярная пропитка (закон Вашбурна). Капиллярное растекание (закон Таннера). Вынужденное смачивание. Капиллярное число. Динамический краевой угол.

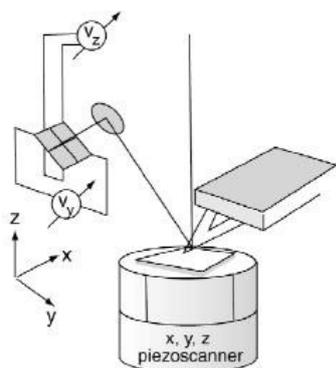
Блок 2: Плёнки и прослойки. Устойчивость

Лекция 6. Поверхностные силы, раскливающее давление и смачивание



Смачивание и дальнедействующие силы. Изменение толщины плёнки, энергия взаимодействия и раскливающее давление. Натяжение тонкой плёнки. Типы плёнок и их устойчивость. Проявления дальнедействующих сил в явлениях смачивания: Dewetting, структура трёхфазного контакта, плёнки на шероховатой поверхности

Лекция 7. Типы поверхностных сил и их измерение. Устойчивость коллоидов и тонких плёнок

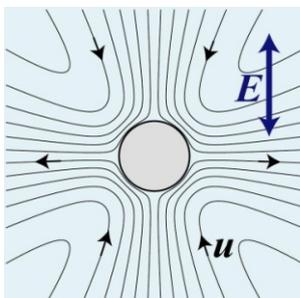


Аппроксимация Дерягина. Дисперсионное раскливающее давление (ван-дер-Ваальса) между макроскопическими телами. Константа Гамакера. Электростатика в soft matter и биологии. Примитивная модель электролита. Длина Бьерума. Теория среднего поля. Уравнение Пуассона-Больцмана. Длина Дебая (-Хюккеля). Двойной электрический слой. Модель «только противоионы» Гуи-Чепмена. Длина Гуи-Чепмена. Двойной слой в присутствии соли: решение Пуассона-Больцмана и предел Дебая-Хюккеля. Электростатическое раскливающее давление. Связь с осмотическим давлением.

Теория держина-ландау-Фервея-Овербека (ДЛФО). Поверхностные силы и раскливающее давление не-ДЛФО природы: энтропийное отталкивание липидных бислоев, стерическое отталкивание и depletion притяжение в полимерных жидкостях, гидрофобное притяжение, осциллирующие взаимодействия. Гидродинамические силы (задачи Тейлора и Рейнольдса). Принципы измерения поверхностных сил (равновесный и динамический методы, метод «захлопывания»). Устойчивость коллоидов и тонких плёнок. Быстрая и медленная коагуляция (теория Смолуховского).

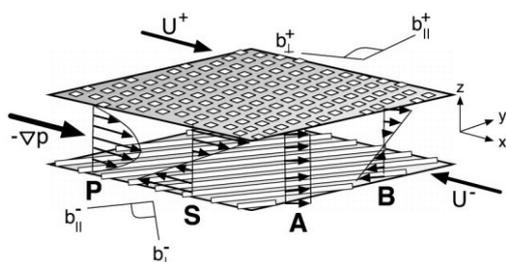
Блок 3: Электрокинетические (и другие межфазные транспортные) явления.

Лекция 8. Электрокинетические явления



«Классические» линейные электрокинетические явления. Двойной слой как плоский конденсатор (модель Гельмгольца). Дзета-потенциал. Плоскость скольжения. Электроосмос (теория Смолуховского). Токи и потенциалы течения. Электрофорез. Электрокинетика в наноканалах. Современные направления. Электроосмос индуцированного заряда и другие нелинейные электрокинетические явления (диэлектрофорез, электрокинетика второго рода и т.д.).

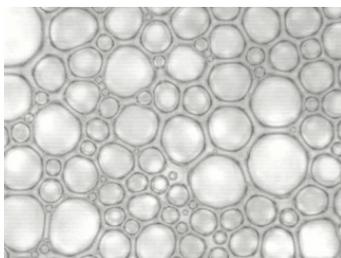
Лекция 9. Другие межфазные транспортные явления (2 часа)



Проблемы течения и перемешивания в каналах малой толщины. Гидрофобное скольжение. Гидродинамические течения вблизи гладких гидрофобных поверхностей и супергидрофобных текстур. Электрокинетические течения вблизи гидрофобных поверхностей. «Классические» межфазные транспортные явления: капиллярный осмос и диффузиофорез, термоосмос и термофорез.

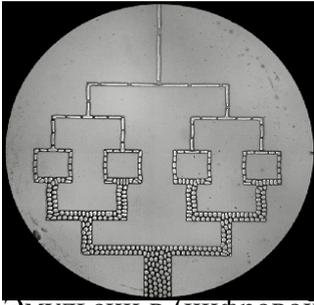
Блок 4. Мицеллы и эмульсии

Лекция 10. Поверхностно-активные вещества. Мицеллы



Поверхностно-активные вещества (ПАВ). Принципы действия и составляющие. Классификация. Гидрофильный-липофильный баланс (HLB). Практические свойства, ассоциированные с интервалом HLB. Агрегация ПАВ. Сферические мицеллы как простейшие самоорганизованные структуры. Критическая концентрация мицеллообразования (СМС).

Лекция 11. Эмульсии



Принципы эмульгирования («дробление» и «конденсация»). Правило Банкрофта. Эмульсии Пикеринга. Многократные эмульсии. Деграция эмульсий (сепарация фаз, эффект Оствальда, агрегация, инверсия фаз). Микроэмульсии и миниэмульсии, связь с размером капель. Термодинамическая устойчивость и самоорганизованные структуры в микроэмульсиях. Приготовление миниэмульсий. Миниэмульсии как нанореакторы (синтез наночастиц, реакции полимеризации, биохимические реакции).

Эмульсии в (цифровой) микрофлюидике. Принципы приготовления эмульсий, управление коалесценцией, размером капель и перемешиванием в микроканалах. Приложения (непрерывный синтез микрочастиц, химическая стимуляция и регистрация, капсулирование клеток, «капли на чипе»)